

Aus dem Institut für Vermittlungskompetenz in den Sportarten
Abteilung Didaktik und Methodik der Sportarten
der Deutschen Sporthochschule Köln
Geschäftsführender Leiter: Jun.-Prof. Dr. Tobias Vogt

Handstandvermittlung im Turnen

- Praktische Auswirkungen forschungsgeleiteter Lehrkonzepte auf das
Bewegungslernen von Novizen und Nachwuchsathleten -

Von der Deutschen Sporthochschule Köln
zur Erlangung des akademischen Grades

Doktor der Sportwissenschaft
(Dr. Sportwiss.)

angenommene kumulative Dissertation

vorgelegt von

JONAS ROHLER
aus Siegen

Köln, 2019

Erster Gutachter:	Jun.-Prof. Dr. Tobias Vogt
Zweite Gutachterin:	apl. Prof. Dr. Swantje Scharenberg
Vorsitzender des Promotionsausschusses:	Univ.-Prof. Dr. Mario Thevis
Datum der Disputation:	18. Juli 2019

Eidesstattliche Erklärung gem. § 7 Abs. 2 Nr. 4 und 5:

Hierdurch versichere ich:

Ich habe diese Arbeit selbständig und nur unter Benutzung der angegebenen Quellen und technischen Hilfen angefertigt; sie hat noch keiner anderen Stelle zur Prüfung vorgelegen. Wörtlich übernommene Textstellen, auch Einzelsätze oder Teile davon, sind als Zitate kenntlich gemacht worden.

Hierdurch erkläre ich, dass ich die „Leitlinien guter wissenschaftlicher Praxis“ der Deutschen Sporthochschule Köln eingehalten habe.

Köln, August 2019

JONAS ROHLER

“The fundamental essence of science, which I think we've lost in our education system, is poking something with a stick and seeing what happens. Embrace that process of inquiry.”

Philippe Cousteau, Jr.

Danksagungen

Die vorliegende Dissertation basiert auf der großzügigen Unterstützung meiner Mitmenschen, ohne die der erfolgreiche Abschluss dieser Arbeit nicht möglich gewesen wäre.

Zu aller erst bin ich meinem Supervisor Jun.-Prof. Dr. Tobias Vogt zu großem Dank verpflichtet. Tobias, Deine wissenschaftliche und kollegiale Führung hat mich in der zurückliegenden Zeit mit den wertvollen Kompetenzen und Ambitionen ausgestattet, um meine individuellen Ziele konsequent verfolgen zu können. Deine eigene Motivation, einem immensen Arbeitspensum mit der nötigen Gelassenheit und Freude zu begegnen, ist und war ansteckend sowie vorbildhaft.

Des Weiteren möchte ich mich aufrichtig bei meinem japanischen Kollegen und Freund Yu Ozawa sowie seinem Mentor Prof. Kazuyuki Kanosue bedanken. Als ursprünglicher Sportpraktiker hat Eure zuvorkommende wissenschaftliche Betreuung während meines Aufenthalts an der Waseda Universität meine akademische Entwicklung enorm vorangetrieben. Yu, wie bereits in zahlreichen Gesprächen und Emails mitgeteilt, Deine großzügige Unterstützung bei der Datenerhebung und -verarbeitung innerhalb unseres gemeinsamen Projektes schätze ich sehr. Die wesentlichen Erkenntnisse dieser Dissertation wären ohne Deine Hilfe nicht möglich gewesen.

Weiterhin danke ich meinen zahlreichen Kolleg*innen des Instituts für Vermittlungskompetenz in den Sportarten der Deutschen Sporthochschule Köln. Besonders möchte ich hier meine Mitstreiterinnen Ilka Staub und Maria Becker erwähnen, die jederzeit bereit waren, im Falle bestehender Probleme (arbeitsbezogen oder auch privat) ihre wertvolle

Acknowledgements

The present thesis has been collaborative work which was only made possible due to generous support of my fellow human beings.

Especially, I am indebted to Jun.-Prof. Dr. Tobias Vogt, whose scientific supervision and collegial guidance has provided invaluable expertise as well as personal encouragement to promote my career goals. Tobias, your impressive motivation to meet extensive workload with composure and pleasure has been contagious.

Furthermore, I would like to express my sincerest thanks to my Japanese colleague and friend Yu Ozawa and his mentor Prof. Kazuyuki Kanosue. As an origin sport practitioner, your kind guidance during my stay at the Waseda University has advanced my academic development tremendously. Yu, as already disclosed for several times, your support in data collecting and processing within our cooperative project is much appreciated. The essentials of this thesis would not have been possible without your help.

I am also grateful to all of my further colleagues from the Institute of Professional Sport Education and Sport Qualifications of the German Sport University Cologne. I wish to particularly mention my combatants Ilka Staub and Maria Becker who gave up their valuable time in favour of assisting me in the case of work-related or private difficulties. Special thanks are also due to my colleagues of the University's department of teaching and research in gymnastics (Maria Becker, Ilona E. Gerling, Dr. Axel Kupfer, Dr. Alexander Pizzera, Dr. Anna-Maria Platschek, Ilka Popp, Hedi Richter, Kathrin Schad & Juliane Veit) who relieved me from several remits allowing me to concentrate on my academic qualification.

Zeit zu opfern, um sich meiner Situation anzunehmen. Ein besonderer Dank gilt zudem meinen gegenwärtigen und ehemaligen Kolleg*innen des Lehr- und Forschungsgebiets Turnen (namentlich Maria Becker, Ilona E. Gerling, Dr. Axel Kupfer, Dr. Alexander Pizzera, Dr. Anna-Maria Platschek, Ilka Popp, Hedi Richter, Kathrin Schad & Juliane Veit), die mich von zahlreichen Aufgaben befreit haben, um mir die nötigen Zeitkapazitäten zu verschaffen, meine akademische Qualifikation voranzutreiben.

Nicht zuletzt danke ich allen Sportstudierenden, allen Turner*innen sowie allen Expert*innen, die im Namen meines Dissertationsprojektes unzählige Handstände entweder selbst ausgeführt bzw. fachkundig bewertet haben. Insbesondere gilt mein Dank den Vereinsführungen des Turnzentrums der Deutschen Sporthochschule Köln (TZ DSHS Köln) und der Siegerländer Kunstturn-Vereinigung (SKV) für die unkomplizierte Kommunikation im Zuge meiner Studienplanungen.

Rückblickend schließt mein Dank zudem meine frühere Mentorin Prof. Dr. habil. Sandra Ückert mit ein, die mich ursprünglich ermutigt hat, den Schritt zu einer Promotion und einer akademischen Laufbahn an der Deutschen Sporthochschule Köln zu wagen. Sandra, Deine animierenden Worte haben eine nachhaltige Motivation in mir ausgelöst, die Idee dieser Dissertation zu voranzutreiben und zum Abschluss zu bringen.

Im Zuge der Umsetzung dieser Dissertation war niemand wichtiger für mich als meine Familie und Freunde. Ich danke Euch für Euer Verständnis hinsichtlich der reduzierten Zeit, die wir gemeinsam verbringen konnten, während ich in meiner Arbeit vertieft war.

My further gratitude goes to all participating sport students, gymnasts and experts who performed or judged myriad of handstands in the name of my research projects, respectively. I wish to thank the club managements and coaches of the Siegerländer Kunstturn-Vereinigung (SKV) and the Turnzentrum Deutsche Sporthochschule Köln (TZ DSHS Köln) for straightforward communication in the course of planning my research.

Retrospectively, my thanks also include my former supervisor Prof. Dr. habil. Sandra Ückert who initially encouraged me to go for the doctorate and my academic career at the German Sport University Cologne. Sandra, your animating words have continuously triggered strong motivation to advance the present thesis.

In the pursuit of this thesis, no one has been more important to me than family and friends. Thank you so much for your understanding regarding the reduced time we spent together as a unit during the last years because I got lost in work.

Generelle Anmerkungen

Die vorliegende kumulative Dissertation beinhaltet eine Zusammenstellung von drei wissenschaftlichen Manuskripten, die jeweils in englischer Sprache verfasst und bei internationalen Fachzeitschriften publiziert bzw. zur Publikation akzeptiert sind. Gemäß § 6 Absatz 2 der Promotionsordnung der Deutschen Sporthochschule Köln (überarbeitete Version vom 20. Februar 2013) ist der Rahmentext dieser Dissertationsschrift in deutscher Sprache verfasst. Eine Zusammenfassung der Dissertation ist zusätzlich in englischer Sprache beigelegt.

Aus urheberrechtlichen Gründen können gemäß den individuellen Richtlinien und Standards der jeweiligen Fachzeitschrift geringfügige Unterschiede hinsichtlich des Layouts der Manuskripte auftreten. Vereinzelt wurden im Sinne einer korrekten Schreibweise und eines einheitlichen Zitationsstandards und Sprachstils (z. B. zur Vereinheitlichung auf britisches Englisch) Anpassungen vorgenommen, die von der Originalpublikation abweichen. Zur Vermeidung von Dopplungen bei der Nummerierung von Abbildungen und Tabellen wurden hochgestellte römische Ziffern genutzt, um die entsprechende Abbildung bzw. Tabelle der jeweiligen Studie zuzuordnen zu können.

Aus weiteren Gründen des Urheberrechts finden sich in dieser in Print-Version, veröffentlicht in der Zentralbibliothek der Sportwissenschaften, lediglich Verweise in Form von Quellenangaben zu den drei publizierten Manuskripten.

Zugunsten einer einfachen Leseart des Textes wurde im deutschsprachigen Rahmentext auf die Nennung beider Geschlechter verzichtet. Bei allgemeinen Personenbezügen sind jeweils beide Geschlechter gemeint.

Bedeutende Teile der vorliegenden kumulativen Dissertation wurden durch Projektgelder des Deutschen Akademischen Austauschdienstes (DAAD, Projekt-Nr. 57320531, Projektleitung: Jun.-Prof. Dr. Tobias Vogt) gefördert.

Publikationen

Nachfolgend werden die der vorliegenden kumulativen Dissertationsschrift zu Grunde liegenden Publikationen aufgelistet. Insgesamt integriert diese Dissertationsschrift drei Originalartikel mit Erstautorenschaft, die bereits in internationalen peer-reviewed Fachzeitschriften publiziert bzw. zur Publikation in einer der nächsten Ausgaben akzeptiert wurden. Im Folgenden erfolgt die Auflistung der Publikationen in chronologischer Reihenfolge.

- [1] **Rohleder, J. & Vogt, T. (2018).** Teaching novices the handstand: A practical approach of different sport-specific feedback concepts on movement learning. *Science of Gymnastics Journal*, 10(1), 29-42.

- [2] **Rohleder, J. & Vogt, T. (2018).** Performance control in handstands: challenging entrenched coaching strategies for young gymnasts. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 18(1), 17-31.

- [3] **Rohleder, J. & Vogt, T. (2019).** Efficacy of wrist strategy coaching on handstand performances in novices: Inverting explicit and implicit learning of skill-related motor tasks. *Science of Gymnastics Journal*, 11(2), 209-222.

Inhaltsverzeichnis

Eidesstattliche Erklärung gem. § 7 Abs. 2 Nr. 4 und 5:	II
Danksagungen Acknowledgements	IV
Generelle Anmerkungen	VI
Publikationen	VII
Inhaltsverzeichnis	VIII
Abkürzungsverzeichnis	IX
Abbildungsverzeichnis	X
Tabellenverzeichnis	XI
1 EINLEITUNG	12
2 THEORETISCHER HINTERGRUND UND FORSCHUNGSSTAND	15
2.1 Der Handstand: Charakteristik und praktische Relevanz.....	15
2.2 Die Know-that-Perspektive: Posturale Kontrolle im Handstand.....	18
2.3 Die Know-how-Perspektive: Vermittlung und motorisches Lernen.....	20
2.3.1 Werkzeuge für Turnlehrer und -trainer: Instruktion und Feedback.....	20
2.3.2 Praktische Beurteilung motorischen Lernfortschritts.....	23
2.3 Forschungslücken und abgeleitete Zielstellungen.....	25
3 EIGENE EMPIRISCHE FORSCHUNGSARBEITEN.....	30
3.1 Studie I: Teaching novices the handstand: A practical approach of different sport-specific feedback concepts on movements learning.....	30
3.2 Studie II: Performance control in handstands: Challenging entrenched coaching strategies for young gymnasts.....	31
3.3 Studie III: Efficacy of wrist strategy coaching on handstand performances in novices: Inverting explicit and implicit learning of skill-related motor tasks.....	32
4 ZENTRALE ERKENNTNISSE UND SCHLUSSFOLGERUNGEN.....	33
4.1 Hauptergebnisse.....	33
4.2 Ausblick und Handlungsempfehlungen für Praxistransfer und weiterführende Forschung.....	35
4.3 Generelle Limitationen	39
5 LITERATUR.....	41
7 ZUSAMMENFASSUNG SUMMARY	51

Abkürzungsverzeichnis

Im Falle einer fremdsprachigen Abkürzung wird bei der Erläuterung zunächst die englischsprachige Langversion und in Folge dessen die deutschsprachige Übersetzung in Klammern dargestellt:

ANOVA	Analysis of variance (Varianzanalyse)
ARW	Arm-Rumpf-Winkel
BRW	Bein-Rumpf-Winkel
cm	centimetre (Zentimeter)
CoM	centre of mass (Massenschwerpunkt)
CON	control group (Kontrollgruppe)
CoP	centre of pressure (Körperschwerpunkt)
<i>d</i>	Cohen's <i>d</i> (Effektstärke Cohen's <i>d</i>)
DTB	Deutscher Turner-Bund
E1-E6	exercises 1-6 (Übung 1-6)
e.g.	exempli gratia (zum Beispiel)
EL	explicit learning (explizites Lernen)
EMG	electromyography (Elektromyographie)
FIG	Fédération International de Gymnastique (Internationaler Turnverband)
GPT	guided postural training (angeleitete Haltungsschulung)
i.e.	id est (das heißt)
IL	implicit learning (implizites Lernen)
kg	kilogram (Kilogramm)
KSP	Körperschwerpunkt
M	mean (arithmetischer Mittelwert)
<i>n</i>	sample size (Stichprobengröße)
OL	observational learning (Beobachtungslernen)
<i>p</i>	error probability (Signifikanz-Niveau)
<i>s</i>	seconds (Sekunden)
SD	standard deviation (Standardabweichung)
TVF	tactile-verbal feedback (taktil-verbale Rückmeldung)
VCF	visual-comparative feedback (visuell-vergleichende Rückmeldung)

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1. Anforderungen an das Aufschwingen zum Handstand gemäß der Athletischen Tests des Deutschen Turner-Bundes (DTB) für männliche Turner der Altersklassen 9/10 (Selbst erstellte Illustration in Anlehnung an DTB, 2018, S. 23).....	16
--	----

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1. Kriterien und Parameter zur Ermittlung eines motorischen Lernfortschritts bei der Aneignung des Handstandes.....	24
--	----

1 EINLEITUNG

Unabhängig von seiner sportspezifischen Intention, Athleten zur Herausforderung ihrer individuellen Bestleistung zu ermutigen, scheint der olympische Slogan *citius, altius, fortius* weite Teile unserer modernen Gesellschaft zu durchdringen. Quervergleiche zu weiteren gesellschaftlichen Bereichen, beispielsweise zwischen den Entwicklungen des Leistungssports und dem bestehenden Drang nach einem konstanten Wachstum im wirtschaftlichen Kontext (vgl. Ückert, 2015), erscheinen legitim. Abgesehen von diesem exemplarischen Phänomen vermag das Streben nach unbegrenztem Fortschritt die beiden übergeordneten Gegenstandsbereiche der vorliegenden Arbeit zu prägen: Den Bildungssektor und die Welt des Turnens.

Unzureichende Zeitkontingente für den Sportunterricht (Hardman, 2007), insbesondere mit Implementierung des Bologna-Prozesses, sowie stetige Steigerungen des Schwierigkeitsgrades bei Turnern der Weltspitze (Naundorf, Brehmer, Körner & Seidel, 2017) erfordern sowohl in der schulischen bzw. universitären Turnausbildung als auch im leistungsorientierten Turnen Anstrengungen zur Verfolgung eines primären Ziels: Die Optimierung der Wirksamkeit von Lehr- und Lernkonzepten zur Beschleunigung und Effektivierung von (motorischen) Lernprozessen (vgl. Fetzer, Milbradt, Karg, Hirsch & Naundorf, 2017).

Geleitet durch diese Zielstellung definieren sich wesentliche Anforderungen an den Turnunterricht und an das Training im leistungsorientierten Turnen u. a. über die Suche nach zielführenden Vermittlungs- und Coaching-Strategien für effektives Bewegungslernen. Nicht zuletzt gründen Lernprozesse beim Erwerb motorischer Fertigkeiten auf der professionellen Qualifikation und insbesondere der Vermittlungskompetenz der Trainer oder Lehrkräfte als Turnlehrer (Arkaev & Suchilin, 2004). Zudem teilen der Turnsport und die Lehre im Allgemeinen eine weitere Gemeinsamkeit, die als Fundament nachhaltigen Erfolgs angesehen werden kann: Das wesentliche Erfordernis einer breit angelegten Grundlagenausbildung zur Gewährleistung notwendiger Voraussetzungen für weiteren Lernfortschritt (vgl. Koch et al., 2017).

Als integraler Bestandteil zahlreicher turnerischer Bewegungen (Hedbávný, Sklenaříková, Hupka, & Kalichová, 2013) erweist sich das Lehren und Lernen des Handstandes als elementarer Gegenstand des schulischen und universitären Sportunterrichts sowie insbesondere des leistungsorientierten Gerätturntrainings.

Betrachtet man die gegenwärtig vorliegende wissenschaftliche Literatur, die sich mit dem Basiselement Handstand auseinandersetzt, so befasst sich die breite Mehrheit der Studien mit der Biomechanik des Handstandes und dem motorischen Verhalten mit dem Ziel der Identifikation posturaler Kontrollstrategien (Kerwin & Trewartha, 2001; Yeadon & Trewartha, 2003). Unlängst geschah dies unter Berücksichtigung variierender Untersuchungsbedingungen, beispielsweise durch den Vergleich gestörter und ungestörter Balance (Blenkinsop, Pain & Hiley, 2017) oder die Ausführung des Handstandes an verschiedenen Turngeräten (z. B. Boden vs. Ringe, Kochanowicz et al., 2017). Allgemein weist die Studienlage darauf hin, dass in Abhängigkeit vom Leistungsniveau unterschiedliche fertigkeitsspezifische Bewegungsmuster zur Stabilisierung der Handstandbalance ausgeprägt sind (Kochanowicz et al., 2018; Gautier, Marin, Leroy & Thouvarecq, 2009). Abgesehen von einem biomechanischen Blickpunkt erforschten vereinzelte Studien weiterhin den Einfluss verschieden gerichteter externer Information auf die Handstandleistungen von Schülern und erfahrenen Turnern (Croix, Lejeune, Anderson & Thouvarecq, 2010; Maleki, Nia, Zarghami & Neisi, A., 2010; Masser, 1993). Aus psychologischer Perspektive betonen diese Studien grundlegend externe Instruktionen und Feedback als essentielle Instrumente des Trainers und der Lehrkraft zur Unterstützung motorischer Lernprozesse (Schmidt & Lee, 2011; Veit, Jeraj & Lobinger, 2016). So liefert beispielsweise Uzunov (2008) einerseits ein umfassendes und systematisches Trainingsmodell zur Ausprägung wesentlicher Bewegungsmuster eines qualitativ hochwertigen Handstandes. Andererseits bleibt hier nahezu unberücksichtigt, wie dieses Wissen sprachlich vom Lehrenden zum Lernenden transportiert werden soll.

Während Fachwissen zu posturalen Kontrollmechanismen und Balancemustern im Handstand als das *Know-that* der Handstandcharakteristik beschrieben werden kann, so repräsentieren Kenntnisse zum Einfluss verschiedener Feedback- und Lehrstrategien auf einen zielführenden Erwerb motorischer Fertigkeiten das *Know-how* für eine erfolgreiche Arbeit als Turntrainer oder -lehrer (vgl. Sands, 2018b). Unter Bezugnahme zur angestrebten Optimierung von Lehrkonzepten zum Erlernen des Handstandes wird deutlich, dass für eine schnelle und zielorientierte Handstandvermittlung sowohl das *Know-that* als auch das *Know-how* von Bedeutung ist. Da derartige Ansätze bisweilen in der praxisorientierten Forschung kaum Berücksichtigung finden, erscheinen anwendungsbezogene und interdisziplinär ausgerichtete Forschungsdesigns zielführend, um das motorische Erlernen des Handstandes mit all seinen quantitativen (z. B. die

Balancezeit im Handstand) und qualitativen Facetten (z. B. die Linearität der Handstandposition) aus einer ganzheitlichen Perspektive zu durchleuchten.

2 THEORETISCHER HINTERGRUND UND FORSCHUNGSSTAND

2.1 Der Handstand: Charakteristik und praktische Relevanz

Der Handstand auf dem Boden gilt als eine der wichtigsten Basisfertigkeiten des Turnens (Uzunov, 2008). Unabhängig vom turnerischen Leistungsniveau ist der Handstand als wesentlicher Trainingsinhalt zu berücksichtigen, da er sowohl die Ausgangs- als auch die finale Endposition zahlreicher turnerischer Elemente unterschiedlichen Schwierigkeitsgrades verkörpern kann (Bessi, 2009; Hedbávný, Sklenaříková et al., 2013). Komplexe turnerische Bewegungsabläufe, in denen die Hand als Schnittstelle zwischen dem kopfüber-gerichteten Körper und dem Gerät bzw. dem Untergrund dient, erfordern eine ausgeprägte motorische Kontrolle bis hin zur variablen Verfügbarkeit dieser Fertigkeit, die von Beginn einer turnerischen Ausbildung an erarbeitet werden sollte (Hedbávný, Sklenaříková et al., 2013).

Ein guter Handstand erfordert die systematische Erarbeitung verschiedener Bewegungsmerkmale. In Anbetracht unterschiedlicher Kontextbedingungen (im Schulsport, im Breiten- oder Leistungssport) steigt die Bedeutsamkeit dieser Merkmale mit dem angestrebten Leistungsniveau (Uzunov, 2008). Grundsätzlich ist ein qualitativ hochwertiger Handstand charakterisiert durch eine gestreckte lineare Körperkomposition ohne erkennbare Winkelabweichungen entlang der Longitudinalachse (vgl. Bessi, 2009). Im leistungsorientierten Gerätturnen ist die Erarbeitung eines technisch perfekten (das heißt: stabilen und linearen) Handstandes aufgrund seiner Funktionsweise als Übergangsposition zwischen aufeinanderfolgenden Turnelementen erforderlich. Fließend zu turnende Fertigkeiten müssen nicht selten die vertikal gerichtete Handstandlinie ohne erkennbare Unterbrechung des Bewegungsflusses passieren, um Punktabzüge für technische Fehler durch das Kampfgericht zu vermeiden (Hedbávný, Sklenaříková et al., 2013).

Unabhängig davon, dass eine lineare Körperhaltung die Ästhetik des Handstandes verbessert und die dynamische Verbindung turnerischer Elemente erleichtert, gilt eine robuste Körperlinie als essentielle Voraussetzung für eine Aufrechterhaltung der Handstandbalance (Jemni, 2018). Neben der gestreckten Handstandposition ist demnach die Fähigkeit zur Aufrechterhaltung der Balancekontrolle als zweites elementares Attribut hochwertiger Handstandleistungen zu nennen (Uzunov, 2008). Jungen Turnern, die nach einer leistungsorientierten Karriere im Gerätturnen streben, begegnet die Aufgabe des

freien Handstandes auf dem Boden als obligatorische Testanforderung im Rahmen der Athletischen Tests (Gerätturnen männlich) des Deutschen Turner-Bundes (DTB) erstmals im Alter von neun Jahren (DTB, 2018). Um die Maximalpunktzahl von zehn Punkten bei dieser Aufgabe zu erzielen, muss der Turner nach dem Ausfallschritt und Aufschwingen für zehn Sekunden im Handstand verweilen und dabei jegliche Ausgleichsbewegungen, z. B. in Form von Korrekturen im Ellbogengelenk, vermeiden (vgl. Abbildung 1).

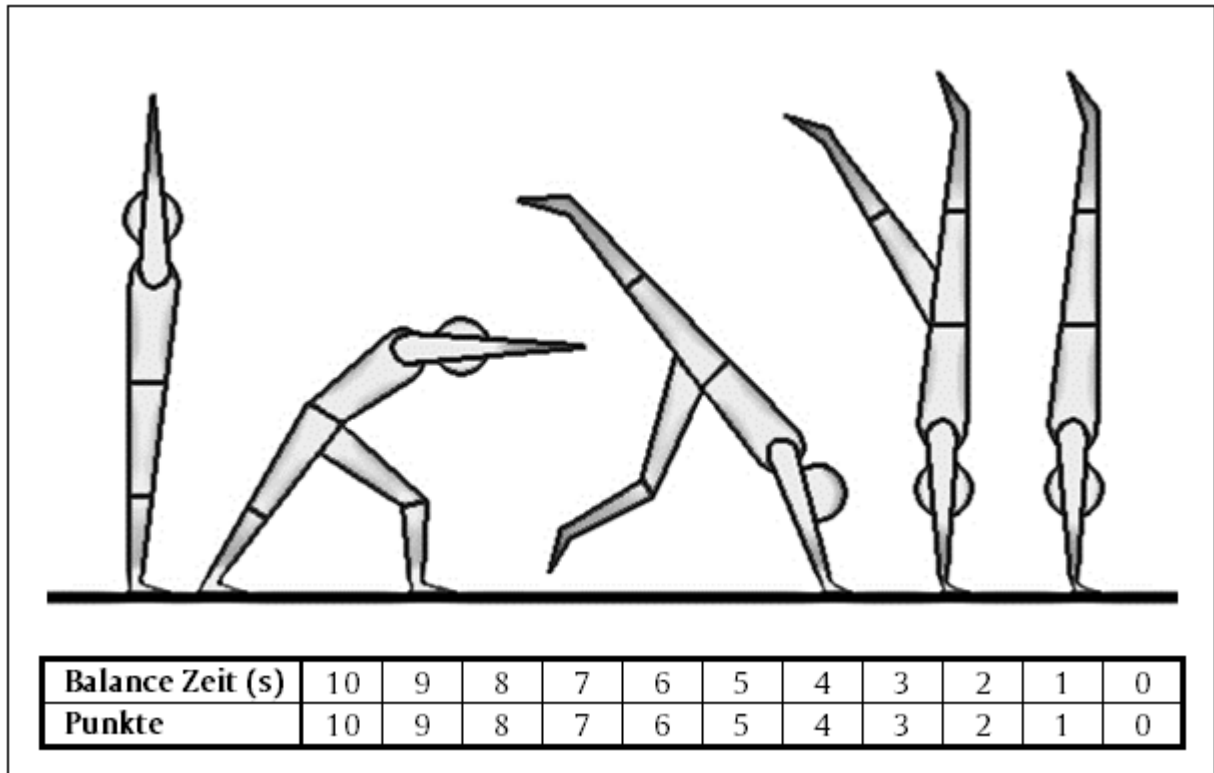


Abbildung 1. Anforderungen an das Aufschwingen zum Handstand gemäß der Athletischen Tests des Deutschen Turner-Bundes (DTB) für männliche Turner der Altersklassen 9/10 (Selbst erstellte Illustration in Anlehnung an DTB, 2018, S. 23).

Durch die frühzeitige Implementierung dieser Anforderung in die Athletischen Tests als eine fundamentale Voraussetzung für die weitere verbandsinterne Förderung im langfristigen Leistungsaufbau werden die erforderlichen Grundlagen gelegt, um sich im weiteren Trainingsprozess komplexeren turnerischen Elementen kontinuierlich erfolgreich annähern zu können (Bessi, 2009). Um nachhaltig internationale Konkurrenzfähigkeit zu sichern bzw. wiederherzustellen, strebt der DTB in seinem aktuellen Spitzensportkonzept „eine forcierte Grundlagenausbildung und professionelle Schulung“ (DTB, 2013, S. 1) des Nachwuchses an. Frühere Auswertungen ergaben, dass „die Grundlagenarbeit bei Basiselementen“ (Rost & Pfützner, 2006, S. 36) als Garant des sportlichen Erfolges der Deutschen Juniorenturner bis hin zum Junioren-

Europameistertitel 2006 anzusehen war (vgl. Milbradt, 2007). Aktuelle Analysen zum Status quo im deutschen Männerturnen bestätigen hingegen, dass insbesondere im Bereich der Leistungsvoraussetzungen technische und konditionelle Defizite im Athletenpool festzustellen sind, die sich als leistungslimitierend für eine weitere turnerische Entwicklung erweisen (vgl. Naundorf et al., 2017). Demnach ist bereits im Grundlagentraining „ein Arbeiten auf einem qualitativ hochwertigen Niveau mit den Turnern erforderlich, um kurz-, mittel- und langfristig alle wesentlichen Bewegungsstrukturen auszubilden und deren virtuose Ausprägung zu ermöglichen“ (Naundorf et al., 2017, S. 140). Im Bezugsrahmen der zuletzt kontinuierlich gesunkenen Leistungsfähigkeit deutscher Turner im internationalen Vergleich konstatiert der DTB in seiner aktualisierten Rahmentrainingskonzeption (Geräturnen männlich),

„dass über eine weiter zu verbessernde Trainingsmethodik der Ausbildungsinhalte [...] die Zeiträume für den stabilen Erwerb von aktuellen und prognostisch relevanten Basisstrukturen bei Leistungsvoraussetzungen und Bewegungsfertigkeiten (Grundbausteine des Turnens) verkürzt werden müssen. Diese Effektivierung und Optimierung muss [...] im Grundlagen- und der 1. Phase des Aufbautrainings (AK 8 - 12) schwerpunktmäßig in Angriff genommen werden. Für das Nachwuchstraining generell bedeutet das, dass [...] sich noch mehr als bisher, auf die Erlernung bis zum Seniorenbereich wichtiger gerätspezifischer Grundstrukturen zu konzentrieren ist. [...] Das betrifft [...] die exakte Erarbeitung grundlegender Körperpositionen (z. B. Handstände [...]) und deren aktive Wahrnehmung im Raum.“ (Fetzer et al., 2017, S. 12-13).

Der Einstieg dieses Zitats unterstreicht die in der Einleitung dieser kumulativen Dissertationsschrift erläuterte Notwendigkeit verkürzter Lernzeiten bei der nachhaltigen Aneignung turnerischer Basisfertigkeiten sowie die zentrale Rolle des Handstandes im Rahmen der Grundlagenausbildung im Leistungsturnen. Neben seinem beispiellosen Stellenwert in der leistungssportlichen Turnausbildung verkörpert der Handstand zudem in den Lehrplänen der Schulen und Universitäten einen zentralen Gegenstand der sportpraktischen Lehre. Exemplarisch wird bereits im Lehrplan Sport der Grundschulen in Nordrhein-Westfalen das Erlernen, Üben und Anwenden elementarer turnspezifischer Bewegungsformen unter ausdrücklicher Erwähnung des Handstandes auf dem Boden als wesentlicher Schwerpunkt im Bewegungsfeld *Bewegen an Geräten - Turnen* aufgeführt (Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2008). Die zu priorisierende Entwicklung der Fähigkeit, „den Körper im Gleichgewicht [zu] halten“ (Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen, 2008, S. 116), geht mit diesem Aspekt einher. Entsprechend dieser inhaltlichen Ausrichtung sind

die zu erwerbenden Kompetenzbereiche in den Turnmodulen der Lehramtsausbildung an der Deutschen Sporthochschule Köln formuliert. Der Erwerb einer ausgewiesenen „Fach- und Vermittlungskompetenz“ ist hier eng mit der „Entwicklung des bewegungstechnischen Könnens turnerischer Grundfertigkeit und dem Nachweis der Demonstrationsfähigkeit der turnerischen Grundelemente“ verknüpft (Deutsche Sporthochschule Köln, 2018, S. 10). Das Überkopfturnen am Boden findet unter den zentralen Inhaltsbereichen explizit Erwähnung (Deutsche Sporthochschule Köln, 2018). Ausgehend von dieser inhaltlichen Gestaltung der turnerischen Grundlagenmodule ist der Handstand wesentlicher Bestandteil der Lernerfolgskontrollen, der praktischen Turnprüfungen und ist bereits in der Sparteignungsfeststellung notwendige Voraussetzung für die Zulassung zum Studium an der Deutschen Sporthochschule Köln.

2.2 Die Know-that-Perspektive: Posturale Kontrolle im Handstand

Das vestibuläre System des menschlichen Innenohrs ist konzipiert, um den Körper in aufrechter, anatomisch normaler Position zu stabilisieren. Dennoch erfordern zahlreiche turnerische Fertigkeiten kopfüber-gerichtete Bewegungshandlungen (Salmela, 2018). Eine Vielzahl von Studien befasste sich nach der Jahrtausendwende mit dem Vergleich zwischen den biomechanischen (insbesondere dynamischen) Mechanismen des Balancierens im Handstand und den Strategien der posturalen Kontrolle im aufrechten Stand (vgl. Gautier, Thouwarecq, & Chollet, 2007). Aus trainingspraktischer Sicht erscheint dabei die Stabilisation des Handstandes in der Sagittalebene von größerer Bedeutung als die Balance in der Frontalebene. Längst gilt als belegt, dass die kompensierenden Reaktionen bei Störungen des Gleichgewichts abhängig sind von der Beschaffenheit der Unterstützungsfläche und vom Ausmaß der Schwankung (vgl. Taube, 2013). Bei lediglich geringen Beeinträchtigungen der Stabilisation in der Sagittalebene sind die höchsten Drehmomente in denjenigen Gelenken zu registrieren, die der Stützoberfläche am nächsten gelegen sind. Dies ist im aufrechten Stand das Sprunggelenk (Gatev, Thomas, Kepple & Hallett, 1999; Horak, 1987). Bei ausbleibenden Veränderungen anderer Gelenkwinkel, deren Quantifizierung in kinematischen Untersuchungen bevorzugt per Videoaufzeichnung erfolgt (vgl. Gatev et al., 1999; Gautier et al., 2007; Kerwin & Trewartha, 2001), „gleicht der Körper einem invertierten Pendel“ (Taube, 2013, S. 57), dem die Sprunggelenke als antero-posterior-gerichtete Rotationsachse dienen. Erst, wenn die Aktivität in diesem Gelenk nicht mehr ausreicht bzw. gestört ist, wird die entfernter gelegene Gelenkpartie der Hüfte für Ausgleichsstrategien hinzugezogen (vgl. Gatev et al.,

1999; Runge, Shupert, Horak & Zajak, 1999). „Der Körper ähnelt dabei einem invertierten Pendel mit 2 Segmenten, die an der Hüfte miteinander verbunden sind“ (Taube, 2013, S. 57). Im aufrechten Stand greift demnach zunächst die *ankle strategy*, bevor die *hip strategy* in den Balance-Mechanismus mit eingreift (vgl. Kuo & Zajak, 1993). EMG-Untersuchungen konnten ein Einsetzen von Drehmomenten in der Hüfte ohne einhergehende *ankle strategy* nicht bestätigen (Runge et al., 1999).

Im Vergleich zum aufrechten Stand ist die Aufrechterhaltung der posturalen Kontrolle im Handstand u. a. durch folgende Aspekte erschwert; 1: erhöhte Lage des Körperschwerpunktes (KSP), 2: mehr zu stabilisierende Gelenke, 3: kleinere Unterstützungsfläche, 4: geringere Drehmomente in den Handgelenken im Vergleich zu den Sprunggelenken (vgl. Hedbávný, Sklenaříková et al., 2013). Dennoch belegen Studien für den Handstand äquivalente Balance-Mechanismen zur posturalen Kontrolle im aufrechten Stand (z. B. Blenkinsop et al., 2017). Auch im Gerätturnen führen die unterschiedlichen Eigenschaften der Turngeräte nachweislich zu spezifischen Muskelaktivitäten bei der Stabilisation des Handstandes (Kochanowicz et al., 2017). Bei lediglich geringen Beeinträchtigungen der Stabilisation in der Sagittalebene sind die höchsten Drehmomente auch im Handstand in denjenigen Gelenken zu registrieren, die der Stützoberfläche am nächsten gelegen sind. Stabile Handstandleistungen auf ebener Fläche werden entsprechend mittels *wrist strategy* vorherrschend über die Palmarflexion der Handgelenke ausbalanciert. Das Modell des invertierten Ein-Segment-Pendels ist demnach auch auf den Handstand übertragbar (vgl. Taube, 2013; vgl. Blenkinsop et al., 2017). Dabei muss der KSP vertikal über dem Handsegment positioniert werden (Kerwin & Trewartha, 2001; Yeadon & Trewartha, 2003, vgl. Abb. 1). Blenkinsop et al. (2017) konnten in einer aktuellen Studie mit turnerfahrenen Testpersonen feststellen, dass über 88% der Balancezeit im ungestörten Handstand die *wrist strategy* eingesetzt wird. Selbst bei bewusster Störung der Balance durch Bewegungen des Untergrundes liegt dieser Wert bei 75% (Blenkinsop et al., 2017). Bei ausbleibenden Veränderungen anderer Gelenkwinkel dienen die Handgelenke im Handstand somit als antero-posterior-gerichtete Rotationsachse. Erst wenn die Aktivität in diesem Gelenk nicht mehr ausreicht bzw. gestört ist, werden entfernter gelegene Gelenkpartien für Ausgleichsstrategien hinzugezogen (Gautier et al., 2009; Runge et al., 1999). Als Äquivalent zum Hüftgelenk im aufrechten Stand (*hip strategy*) fungiert das Schultergelenk im Handstand (Gautier et al., 2007). Turnerinnen und Turner, die sich auf einem hohen Leistungslevel bewegen, steuern den Handstand vermehrt über eine optimierte Koordination der Handgelenks- und

Schulterarbeit. Erst bei massiv gestörter Balance greift das Hüftgelenk in diesen Ausgleichmechanismus mit ein und kennzeichnet das geringere turnerische Niveau labiler Handstandpositionen (Gautier et al., 2009; Kerwin & Trewartha, 2001). Die Einflussnahme des Ellenbogengelenks auf die Stabilisation des Handstandes in der Sagittalebene ist zu vernachlässigen (vgl. Kerwin & Trewartha, 2001).

2.3 Die Know-how-Perspektive: Vermittlung und motorisches Lernen

2.3.1 Werkzeuge für Turnlehrer und -trainer: Instruktion und Feedback

Instruktion und Feedback sind wesentliche Instrumente in der Bewegungsvermittlung zur Beeinflussung motorischer Lernprozesse (Magill & Anderson, 2012; Olivier, Rockmann & Krause, 2013). Die Instruktion transportiert Informationen zur aktiven Veränderung der (zukünftigen) Bewegungsausführung, wohingegen das Feedback zunächst als Rückmeldung zur bereits ausgeführten Bewegungshandlung zu verstehen ist (Olivier et al., 2013). Feedback von extern (z. B. durch den Trainer oder Sportlehrer) fördert die Verarbeitung inhärenter Informationen zur Bewegungshandlung, die über sensorische Kanäle wahrgenommen werden (Schmidt & Lee, 2011). Neben verbalen Hinweisen kann Feedback beispielsweise visuell (z. B. mittels Bildreihe oder Videoanalyse) und/oder taktil übermittelt werden (Olivier et al., 2013). Grundsätzlich werden ergebnis- und verlaufsorientierte Rückmeldungen unterschieden. Ergebnisorientiertes Feedback (*knowledge of results*) beschreibt das Resultat einer Bewegungshandlung im Bezugsrahmen der Zielstellung. Verlauforientiertes Feedback (*knowledge of performance*) thematisiert die Bewegungsmuster, die den Handlungsvollzug charakterisiert haben (vgl. Olivier et al., 2013). Allgemein können Instruktion und Feedback positive Mechanismen in Form verbesserten motorischen Verhaltens bewirken. Die Wirksamkeit ist dabei abhängig von der Bedeutsamkeit und Präzision der Information im Zuge der Bewegungsoptimierung (Schmidt & Lee, 2011). Eine Vielzahl von Studien zeigt zudem, dass Zeitpunkt, Frequenz und Häufigkeit die Effizienz der Fremdinformation beeinflussen (z. B. Anderson, Magill, Sekiya & Ryan, 2005; Olivier et al., 2013; Sullivan et al., 2008; Wulf, Shea & Matschiner, 1998). Olivier et al. (2013) empfehlen eine Schnellinformation im Zeitraum von 5-30 Sekunden nach dem Bewegungsvollzug. Hohe Feedbackfrequenzen erweisen sich insbesondere bei komplexen motorischen Aufgaben als förderlich (Wulf et al., 1998). Anderson et al. (2005) belegten hingegen verbesserte Behaltensleistungen durch reduzierte Feedbackfrequenzen. Eine Feedback-Frequenz von etwa 50% (eine Rückmeldung auf zwei Bewegungsausführungen) wird nahegelegt, um

schnelle Aneignungsleistungen in nachhaltige Behaltensleistungen zu transferieren. Überhöhte Feedbackhäufigkeiten können sich folglich negativ auf Lernleistungen auswirken (Olivier et al., 2013). Unter Berücksichtigung der Zielgruppe (z. B. Kinder vs. Erwachsene) muss die Gestaltung der externen Information demnach die kognitive Kapazität zur Informationsverarbeitung berücksichtigen (Ferguson & Bowey, 2005). Im Vergleich zu Erwachsenen wird für Kinder eine sukzessive Reduzierung der Feedbackhäufigkeit empfohlen, um motorisches Lernen zu optimieren (Sullivan et al., 2008). Daneben kann deklaratives Wissen zur Bewegungsoptimierung allgemein dann leistungshinderlich sein, wenn auf diese Weise bereits automatisierte motorische Prozesse gestört werden (Masters & Maxwell, 2008).

Die aktuelle Forschung unterstreicht den positiven Einfluss externer Information auch auf posturale Kontrollmechanismen (u. a. Hasegawa et al., 2017). Nur wenige Studien befassen sich hingegen anwendungsorientiert mit der Effizienz verschiedener Fremdinformationsstrategien beim Erlernen des Handstandes (Croix et al., 2010; Ghavami, Hosseini, Mohammadzadeh, Maleki & Borhani, 2012; Maleki et al., 2010; Masser, 1993). Ghavami, Hosseini, Mohammadzadeh et al. (2012) konnten belegen, dass sich für den motorischen Lernprozess der Handstandbalance die Betrachtung eines animierten Modells gegenüber der eines statischen Bildes als vorteilhaft erweist. Zudem gibt es Belege, dass das visuelle Erfassen der Bewegungsausführung zusätzlich effizienter ist, sofern der Prozess dieses observativen Trainings durch verbale Erläuterungen begleitet wird (Maleki et al., 2010). Die Arbeitsgruppe um Croix et al. (2010) konnte eine verbesserte Balancierfähigkeit beim Handstand registrieren, sofern durch leichten Fingerkontakt am seitlichen Oberschenkel taktile Reize ausgelöst wurden. Bereits 1993 stellte Masser fest, dass sich die Instruktion *shoulder over your knuckles* (zu Deutsch: Schulter über deine Fingerspitzen) für den motorischen Lernprozess des Handstandes als effizient erweist (Masser, 1993).

Die Trainingslehre des Gerätturnens greift zur Optimierung motorischen Verhaltens gerne auf externe Information zurück, die u. a. traditionell durch taktile Korrekturen oder verbale Hinweise erfolgen (Arkaev & Suchilin, 2004; Veit et al., 2016). Demgegenüber stehen, entsprechend dem gegenwärtigen Zeitgeist der Digitalisierung, der Einsatz technischer Hilfsmittel zur retrospektiven Visualisierung vollzogener Bewegungsabläufe. Abgesehen vom Leistungssport, wo Videoanalysen als Feedback-Methode fest etabliert sind, stellt sich auch an den Schulen und Universitäten, und in deren

Rahmen im Sportunterricht, „die Frage nach dem Stellenwert technischer Medien und der didaktischen Wertigkeit neuer Unterrichtsmaterialien“ (Größing, 2007, S. 201) im Zuge der Erweiterung des Repertoires der Lehrmittel und -methoden.

Einschlägige Literatur, die in der universitären Lehre im Gerätturnen und in der Trainerlizenzausbildung des DTB herangezogen wird, vermittelt weiterhin die methodischen Herangehensweisen zur Effektivierung motorischer Lernprozesse (vgl. Bessi, 2009; Gerling, 2014; Knirsch, 2000). Um einen stabilen Handstand mit linearer Körperposition erarbeiten zu können, führt die Hinführung zum Handstand über die Erarbeitung konditioneller und technischer Lernvoraussetzungen (Gerling, 2014; Uzunov, 2008). Als konditionelle Voraussetzungen werden die Halte- und Stützkraft, aber insbesondere und differenziert diejenigen Kraftfähigkeiten aufgeführt, die für die Stabilisation eines gestreckten Mittelkörpers und eines geöffneten Arm-Rumpf-Winkels (ARW) erforderlich sind (vgl. Gerling, 2014; Bessi, 2009; Knirsch, 2000). Verantwortliche muskuläre Agonisten wie u. a. der *Musculus erector spinae*, der *Musculus latissimus dorsi* und der *Musculus trapezius* werden namentlich aufgeführt. Auch die aufgezeigten technischen Voraussetzungen betonen den „gestreckten und gespannten Körper, bei dem die Lendenlordose durch das Aufrichten des Beckens abgeflacht wird“ (Bessi, 2009, S. 300). Aufbauend auf den geschilderten Lernvoraussetzungen und den anzustrebenden Merkmalen des Handstandes behandelt die Literatur die methodische Vorgehensweise, um einen zielführenden und effizienten Lernweg vorzugeben. Ohne die Methodik auf dem Weg zum Handstand hier detailliert darlegen zu können, sei an dieser Stelle auf folgende Auffälligkeit verwiesen: Lernvoraussetzungen, Merkmale und Methodik thematisieren primär die stabile und zugleich virtuose Körperposition des Handstandes. Vielfältige Vorübungen zielen darauf ab, „den ARW aktiv zu öffnen“ (Bessi, 2009, S. 301). Auch die aktive Kontrolle der Beckenstellung und die bewusste Ansteuerung der stabilisierenden Rückenstrecker werden methodisch vorbereitet (vgl. Gerling, 2014; Bessi, 2009).

Weder in den Voraussetzungen noch in der Methodik wird die Arbeit der Finger- bzw. der Handgelenkmuskulatur ausführlich behandelt und spezifisch auf die Balance-Aufgabe eingegangen. In den methodischen Wegen nach Gerling (2014, S. 94-103) und Knirsch (2000, S. 60-61) zum „Aufschwingen in den Handstand“ wird das erforderliche Anspannen der Rumpf- und Schultermuskulatur mehrfach angesprochen. Bemerkungen zur Stabilisierungsanforderung an die Hand- und Unterarmmuskulatur bleiben hingegen aus. Auch Bessi (2009, S. 301) führt u. a. vier vorbereitende Lernschritte an, die sich mit

dem „Erlernen der richtigen Handstandposition“ befassen. Die Funktion der Finger, Handgelenke und Unterarme wird hier nicht thematisiert. Neben zahlreichen Rumpf- und Schulter-bezogenen Anmerkungen erwähnt lediglich eines von insgesamt zehn zu vermeidenden Fehlerbildern den Hinweis zur gespreizten Positionierung der Finger zur Gewährleistung einer verbesserten Balancearbeit beim Handstand auf dem Boden (vgl. Bessi, 2009).

2.3.2 Praktische Beurteilung motorischen Lernfortschritts

Die Beurteilung motorischen Lernfortschritts bei der Aneignung des Handstandes verlangt nach einer kompakten Definition der Begrifflichkeit des *motorischen Lernens* und der damit einhergehenden Aspekte. Darauf aufbauend können entsprechende Kriterien und Parameter abgeleitet werden, anhand derer motorisches Lernen praxisorientiert quantifiziert und somit für die empirischen Untersuchungen dieser kumulativen Dissertationsschrift greifbar gemacht werden können.

Der Terminus des motorischen Lernens (engl.: Motor learning) kann in der vorliegenden Dissertationsschrift dem Begriff des Bewegungslernens (engl.: Movement learning) gleichgesetzt werden und definiert sich allgemein als trainingsbedingte Verhaltensänderung hinsichtlich der relativ beständigen Aneignung einer neuen Bewegungshandlung (Sands, 2018a). Erfolgreiches motorisches Lernen mündet in *motorischer Kontrolle* (engl.: Motor control), also im gezielten Zusammenwirken des zentralen und peripheren Nervensystems zur Bewegungssteuerung durch die gezielte Ansteuerung der Muskulatur (Sands, 2018a). Ist eine Bewegungshandlung im Sinne einer relativ beständigen Verhaltensänderung erlernt, charakterisiert dies die Aneignung bzw. den Erwerb einer motorischen *Fertigkeit* (engl.: Skill; Sands, 2018a).

Aus sportpsychologischer Perspektive ist der Fertigkeitserwerb (engl.: Skill acquisition) im Zuge motorischer Lernprozesse eng verknüpft mit der Entwicklung mentaler bzw. interner *Bewegungsrepräsentationen*. Zahlreiche Ansätze zur Charakterisierung des Bewegungsrepräsentationsbegriffs vereinen sich in der Definition als Summe aller impliziten und expliziten Gedächtnisinhalte, die eine erfolgreiche Bewegungsausführung begünstigen (vgl. Noth, 2012). Wiemeyer (1994) differenziert die interne Bewegungsrepräsentation in vier Repräsentationsstrukturen: 1. Exekutiv-prozedurales Bewegungswissen (implizite Muskelkontrolle und Bewegungsausführung), 2. Theoretisches Bewegungswissen (interdisziplinäre Bewegungserklärung aus der Außenperspektive), 3. Interpretatives Bewegungswissen

(Eigenbewegungswahrnehmung), 4. Präskriptives Bewegungswissen (Vorstellung vom Was und Wie der auszuführenden Bewegung).

Ausgehend von diesen kompakt dargestellten definitorischen Grundlagen lassen sich im Hinblick auf die Identifikation eines motorischen Lernfortschritts bei der Aneignung des Handstandes folgende praktische Kriterien herausstellen (vgl. Tabelle 1). Einhergehend werden nachfolgend entsprechende Parameter aufgeführt, die zur empirischen Untersuchung der jeweiligen Kriterien im Rahmen dieser Dissertationsschrift herangezogen werden:

Tabelle 1. Kriterien und Parameter zur Ermittlung eines motorischen Lernfortschritts bei der Aneignung des Handstandes

Kriterium	Parameter
[A] Qualität der linearen Handstandposition	Goniometrie entscheidender Körperwinkel (primär: Arm-Rumpf-Winkel [ARW]; Bein-Rumpf-Winkel [BRW])* ¹ Expertenurteil (Bewertung der technischen Qualität durch lizenzierte Kampfrichter und/oder Trainer im Gerätturnen)*
[B] Verweildauer und Balancekontrolle im Handstand	Erhebung der Balancezeit im Handstand* Perturbation bei der Stabilisierung des KSP Neuromuskuläre Aktivierung entscheidender Muskelgruppen (primär: Handgelenksflexoren)
[C] Selbstwahrnehmung der Bewegung	Justierung einer Bewegungspuppe entsprechend der Vorstellung der eigenen vollzogenen Bewegung*

Im Hinblick auf die Bewertung motorischer Lernprozesse ist neben der Wahl geeigneter Parameter das Ausgangsniveau der Lernenden zu berücksichtigen. Dieses „bestimmt in hohem Maße, wie schnell sich ein Lernprozess vollziehen wird, und ob er zum gegebenen Zeitpunkt überhaupt erfolgreich verlaufen kann“ (Meinel & Schnabel, 2007, S. 160). Demnach unterscheidet sich der Fertigkeitserwerbs eines sportartfremden Novizen in Anbetracht schlechterer motorischer Voraussetzungen vom Lernprozess eines fortgeschrittenen Athleten, der bereits eine Verfeinerung der erworbenen sportlichen Technik verfolgt. Neben koordinativen und intellektuellen Voraussetzungen sind diesbezüglich speziell die konditionellen Grundlagen (insbesondere Kraftfähigkeiten)

¹ Im Bezugsrahmen der Ausrichtung auf *praktische* Auswirkungen forschungsgeleiteter Lernkonzepte stellen die markierten Parameter die primär untersuchten Parameter in der vorliegenden Dissertationsschrift dar, da diese in der täglichen Trainings- und Lehrpraxis zu erheben und nachzuvollziehen sind.

maßgeblich und entscheiden über das mögliche Gelingen einer ersten, noch unvollkommenen Ausführung der Zielbewegung (Meinel & Schnabel, 2007).

Die Variabilität unterschiedlicher motorischer Ausgangsniveaus erfordert die Differenzierung verschiedener Stadien im motorischen Lernprozess. Unabhängig von der Verwendung teils unterschiedlicher Termini werden in der Literatur drei Phasen des motorischen Lernens, deren Übergänge als fließend zu betrachten sind, unterschieden: die kognitive [1], die assoziative [2] und die autonome [3] Lernphase (Sands, 2018c).

Sportartfremde Novizen bewegen sich zunächst auf dem Niveau des kognitiven Lernens [1]. In diesem Lernstadium wird versucht, mit Hilfe von Bewegungsbeschreibungen und -demonstrationen durch Trainer und/oder Sportler die Grundstruktur der Bewegung zu verinnerlichen und eine erste unvollkommene Bewegungsausführung umzusetzen. Im zweiten Schritt werden in der assoziativen Lernphase [2] die vollzogenen Bewegungsabläufe vertieft. Technische Mängel werden unter Einbeziehung des weitestgehend verinnerlichten Bewegungsablaufs reflektiert, zumal (Teil-) Bewegungen bereits unterbewusst ablaufen. Fortgeschrittene Athleten mit langjähriger Bewegungserfahrung verfügen bereits über eine nahezu vollständige, automatisierte Bewegungskontrolle, die unabhängig von kognitiven Interventionen abgerufen werden kann. Auf diesem autonomen Lernniveau [3] wird die Bewegung unter variierenden Umgebungsbedingungen perfektioniert. Dies erfordert ein hohes Maß an sensorischer Information im zentralen und peripheren Nervensystem, um Lernfortschritte zu ermöglichen (Sands, 2018c).

2.3 Forschungslücken und abgeleitete Zielstellungen

Unter Berufung auf die immense Bedeutung des Handstandes in der turnerischen Grundlagenausbildung befasst sich die vorliegende kumulative Dissertationsschrift mit den praktischen Auswirkungen forschungsgeleiteter Lehrkonzepte auf das Bewegungslernen bei Novizen und Nachwuchsathleten. Grundlage der in dieser Dissertationsschrift eingebetteten empirischen Untersuchungen sind die aktuellen Forschungsstände sowohl zu posturalen Kontrollmechanismen des Handstandes (Know-that-Perspektive) als auch zur Wirksamkeit von Fremdinformation in Form von Instruktion und Feedback (Know-how-Perspektive) im Verlauf motorischer Lernprozesse. In Gegenwart vorliegender Studien, die die zu Grunde liegende Mechanik der Balancekontrolle im Handstand mit Hilfe erfahrener Athleten (Lernphase [3]) erforscht

haben (vgl. Croix et al., 2010; Gautier et al., 2007; Kochanowicz et al., 2018), wagt die vorliegende Dissertation die explizite Implementierung dieser Erkenntnisse in praxisnahe Vermittlungskonzepte zur Aneignung des Handstandes. Trotz gesicherter Erkenntnisse über die motorische Charakteristik guter Handstandleistungen ist die Anwendung dieses Wissens im Trainingsrahmen mit unerfahrenen Novizen und Nachwuchsathleten (Lernphase [1] bis [2]) noch weitestgehend unerforscht. Mittels anwendungsorientierter Forschungsmethodik zur Analyse und Interpretation praktischer Veränderungen im motorischen Lernprozess beim Erlernen des Handstandes thematisiert die vorliegende Dissertation die folgende leitende Fragestellung:

Welchen Einfluss haben verschiedene forschungsgeleitete Lehrkonzepte, basierend auf biomechanischen und psychologischen Erkenntnissen zur Charakteristik und Vermittlung einer turnerischen Fertigkeit, auf den motorischen Lernprozess von Novizen und Nachwuchsathleten beim Erlernen des Handstandes auf dem Boden?

Geleitet durch diese übergeordnete Forschungsfrage wurden drei experimentelle, aufeinander aufbauende Studien durchgeführt, die in den anschließenden Kapiteln 3.1 bis 3.3 detailliert dargestellt werden. Die Charakteristik dieser Studien wird im Folgenden zunächst kompakt skizziert:

Studie I

Hintergrund zur Forschungslücke und Ableitung der Zielstellung¹:

Instruktion und Feedback sind für motorische Lernprozesse von besonderer Bedeutung (Olivier et al., 2013). Einige wenige Studien adressieren den Einfluss externer Information auf die Handstandleistung (z. B. Croix et al., 2010; Maleki et al., 2010; Masser et al., 1993). Meist wurden dabei mehrwöchige Interventionszeiträume in Kombination mit physischem Training genutzt. In Anbetracht immer kürzerer Lernzeiträume bleibt die Frage nach kurzfristigen Wegen zur Optimierung der Handstandleistung aus wissenschaftlicher Sicht jedoch weitestgehend unbeantwortet. Mit dem möglichen Nachweis kurzfristiger Begünstigungen der Handstandleistung durch verschiedene Feedbackstrategien (ohne physisches Training) könnten praktische Handlungsempfehlungen für Trainer und Lehrkräfte generiert werden, die eine verbesserte lineare Handstandposition sowie eine optimierte Körperwahrnehmung von Lernenden im Raum bewirken.

Charakteristik der Stichprobe[!]:

Sportstudierende ohne besondere turnerische Vorerfahrungen mit Ausnahme eventuellen Schulturnunterrichts sowie der Absolvierung der Sparteignungsfeststellung (Lernphase [1] bis [2])

Untersuchungsschwerpunkte[!]:

[A] Qualität der linearen Handstandposition

[C] Entwicklung einer Bewegungsvorstellung zur eigenen Handstandleistung

Interventionen[!]:

Vergleich zwischen der unmittelbaren Wirksamkeit eines visuell-vergleichenden Feedbacks mittels Videoanalyse (visual-comparative feedback, VCF) und der unmittelbaren Wirksamkeit traditioneller taktil-verbaler Information zur Stabilisierung der linearen Körperposition (tactile-verbal feedback, TVF)

Hypothesen[!]:

- (1) VCF erweist sich im Vergleich zu TVF als effektiver zur Verbesserung der Qualität der Handstandposition.
- (2) VCF erweist sich im Vergleich zu TVF als effektiver zur Verbesserung der Entwicklung einer Bewegungsvorstellung zur eigenen Handstandleistung.
- (3) Die Qualität der Handstandposition korreliert positiv mit der Entwicklung einer Bewegungsvorstellung zur eigenen Handstandleistung.

*Studie II***Hintergrund zur Forschungslücke und Ableitung der Zielstellung^{II}:**

Die in Studie I lediglich im Schultergelenk zu beobachtenden Interventionseffekte eröffnen die Frage, ob die Wirksamkeit von Instruktion und Feedback im Kontext posturaler Kontrollmechanismen im Handstand zu betrachten ist. Für die Aufrechterhaltung der Balancekontrolle im Handstand spielen die erzeugten Drehmomente im Handgelenk eine dominante Rolle (Blenkinsop et al., 2017; Kerwin & Trewartha, 2001). Dennoch befasst sich die Methodik zum Erlernen des Handstandes primär mit der Ausprägung der robusten Körperlinie (vgl. Bessi, 2009). Zumal im leistungsorientierten Turnen sowohl die Balancefähigkeit als auch die Virtuosität der Handstandposition leistungsrelevant sind,

widmet sich die vorliegende Studie der Fragestellung, ob ein ausschließliches Coaching zur linearen Handstandposition ausreicht, um sowohl die Qualität als auch die Balancezeit im Handstand zu optimieren.

Charakteristik der Stichprobe^{II}:

Junge Leistungsturner (weiblich und männlich) im Altersbereich zwischen sieben und elf Jahren (Lernphase [2])

Untersuchungsschwerpunkte^{II}:

[A] Qualität der linearen Handstandposition

[B] Aufrechterhaltung der Balancekontrolle im Handstand

Interventionen^{II}:

Ausschließliches Training und Coaching zur Ausprägung und Stabilisierung einer linearen Handstandposition im Vergleich zu einer Kontrollgruppe ohne zusätzliche Trainingsintervention

Hypothesen^{II}:

- (1) Ausschließliches Training und Coaching zur Ausprägung und Stabilisierung einer linearen Handstandposition resultiert in verlängerten Verweildauern (Balancezeiten) im Handstand.
- (2) Ausschließliches Training und Coaching zur Ausprägung und Stabilisierung einer linearen Handstandposition resultiert in einer verbesserten Qualität der linearen Handstandposition.
- (3) Die Verweildauer im Handstand (Balancezeit) korreliert positiv mit der Qualität der Handstandposition.

Studie III

Hintergrund zur Forschungslücke und Ableitung der Zielstellung^{III}:

Die Arbeit der handgelenksumspannenden Muskulatur spielt eine dominante Rolle bei der Aufrechterhaltung der Balancekontrolle im Handstand (Blenkinsop et al., 2017; Kerwin & Trewartha, 2001). Die bewährte Trainingsmethodik zur Vermittlung des Handstandes präferiert dennoch vorrangig die Erarbeitung der stabilen Linearität der Körperposition, die in Studie II nachweislich nicht zu einer verbesserten Balancezeit im

Handstand geführt hat. Da explizite Instruktionen zur bewussten Handgelenkssteuerung bisweilen im Trainingsprozess sekundär sind (Uzunov, 2008) und Balancestrategien abhängig zu sein scheinen vom Lernstadium (vgl. Studie II; Gautier et al., 2009), untersucht die vorliegende Studie den Einfluss expliziten Coachings zur Handgelenkssteuerung auf Handstandleistungen bei Novizen unterschiedlichen Leistungsniveaus.

Charakteristik der Stichprobe^{III}:

Sportstudierende ohne besondere turnerische Vorerfahrungen mit Ausnahme eventuellen Schulturnunterrichts sowie der Absolvierung der Sparteignungsfeststellung (Lernphase [1] bis [2])

Untersuchungsschwerpunkte^{III}:

[A] Qualität der linearen Handstandposition

[B] Aufrechterhaltung der Balancekontrolle im Handstand

Interventionen^{III}:

Video-Tutorial sowie explizites Coaching und physisches Training zur Handgelenkssteuerung im Handstand (Anwendung der wrist strategy) im Vergleich zwischen qualifizierteren und weniger qualifizierteren Turnanfängern

Hypothesen^{III}:

- (1) Weniger qualifizierte Turnanfänger zeigen im Vergleich zu qualifizierteren Turnanfängern verlängerte Verweildauern (Balancezeiten) im Handstand.
- (2) Weniger qualifizierte Turnanfänger zeigen im Vergleich zu qualifizierteren Turnanfängern eine verbesserte Qualität der linearen Handstandposition.

3 EIGENE EMPIRISCHE FORSCHUNGSARBEITEN

3.1 Studie I: Teaching novices the handstand: A practical approach of different sport-specific feedback concepts on movements learning

Reference¹

Rohleder, J. & Vogt, T. (2018c). Teaching novices the handstand: A practical approach of different sport-specific feedback concepts on movement learning. *Science of Gymnastics Journal*, 10(1), 29-42.

Contributing Institutions¹

Institute of Professional Sport Education and Sport Qualifications, German Sport University Cologne, Am Sportpark Müngersdorf 6, 50933 Cologne

3.2 Studie II: Performance control in handstands: Challenging entrenched coaching strategies for young gymnasts

Reference^{II}

Rohleder, J. & Vogt, T. (2018a). Performance control in handstands: Challenging entrenched coaching strategies for young gymnasts. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 18(1), 17-31.

Contributing Institutions^{II}

Institute of Professional Sport Education and Sport Qualifications, German Sport University Cologne, Am Sportpark Müngersdorf 6, 50933 Cologne

3.3 Studie III: Efficacy of wrist strategy coaching on handstand performances in novices: Inverting explicit and implicit learning of skill-related motor tasks

Reference^{III}

Rohleder, J. & Vogt, T. (2019). Efficacy of wrist strategy coaching on handstand performances in novices: Inverting explicit and implicit learning of skill-related motor tasks. *Science of Gymnastics Journal*, 11(2), 209-222.

Contributing Institutions^{III}

Institute of Professional Sport Education and Sport Qualifications, German Sport University Cologne, Am Sportpark Müngersdorf 6, 50933 Cologne

4 ZENTRALE ERKENNTNISSE UND SCHLUSSFOLGERUNGEN

4.1 Hauptergebnisse

Die übergeordnete Zielstellung der vorliegenden kumulativen Dissertationsschrift lag in der experimentellen Erforschung praktischer Auswirkungen von forschungsgeleiteten Lehrkonzepten zur Vermittlung des Handstandes auf das Bewegungslernen bei Novizen und Nachwuchsathleten. Angestrebt wurde die explizite Implementierung sowohl biomechanischer als auch sportpsychologischer Erkenntnisse in praxisnahe Vermittlungsstrategien zur Aneignung des Handstandes auf dem Boden. Im Fokus standen dabei aus biomechanischer Perspektive die zu Grunde liegenden posturalen Kontrollmechanismen im Handstand (Know-that der Handstandvermittlung; vgl. Sands, 2018b) und aus sportpsychologischer Perspektive gezielte Interventionen in Form von Fremdinformation (Instruktion und Feedback; Know-how der Handstandvermittlung; vgl. Sands, 2018b). Diese Dissertation hat somit erstmalig den Versuch gewagt, die anhand erfahrener Turner eruierte Mechanik des Handstandes mittels evidenzbasierter Fremdinformationsstrategien in ganzheitliche, weil interdisziplinär und zielgruppenadäquat designte Vermittlungskonzepte für Lernende mit geringem Ausgangsniveau (etwa Lernphase [1] bis [2]; vgl. Sands, 2018c) einzubetten.

Studie I der vorliegenden kumulativen Dissertationsschrift unterstreicht die praktische Bedeutsamkeit der Variabilität von Instruktion und Feedback bei Novizen für kurzfristige Lerneffekte bei der Aneignung des Handstandes. Die Ergebnisse dieser Studie zeigten entgegen unserer Hypothese keine kurzfristig verbesserte Handstandposition in Reaktion auf ein visuell-vergleichendes Feedback. Derartige Effekte waren in Form einer optimierten Schulterwinkeladjustierung lediglich in Folge taktil-verbaler Instruktionen zur Optimierung der linearen Körperposition zu erkennen. Diese Ergebnisse untermauern den positiven Einfluss taktiler und verbaler Informationen auf die Handstandleistung (Croix et al., 2010; Masser, 1993). Der visuelle Vergleich zwischen der eigenen Handstandposition und der eines technischen Leitbildes verhalf wiederum wie erwartet kurzfristig zu einer verbesserten Eigenbewegungswahrnehmung (vgl. Wiemeyer, 1994), die sich allerdings ebenfalls lediglich auf den Schulterwinkel beschränkte. Verschieden gestaltete Instruktions- und Feedbackstrategien vermögen somit unterschiedliche Aspekte motorischen Lernens bei der Aneignung des Handstandes (Qualität der Handstandposition; Selbstwahrnehmung der Bewegung) differenziert anzusprechen. Diese Tendenzen zeigen sich interessanterweise bereits in einem frühen Lernstadium

(kognitiv [1] bis assoziativ [2], vgl. Sands, 2018c) und ohne mittel- bis langfristige Trainingsintervention. Die Verknüpfung verschiedener Strategien sensorischer Information (vgl. Maleki et al., 2010) verspricht demnach einen ganzheitlichen motorischen Lerneffekt zur Optimierung der qualitativen Handstandleistung bei unerfahrenen Lernenden.

In Anbetracht der auf das Schultergelenk beschränkten Effekte der in Studie I untersuchten Interventionen galt es weiterführend zu hinterfragen, ob die Wirksamkeit von Instruktion und Feedback im Kontext posturaler Kontrollmechanismen im Handstand zu betrachten ist. Studie II befasste sich daher mit der Fragestellung, ob eine verbesserte Balancekontrolle und Handstandqualität durch reines Coaching zur Stabilisation der linearen Handstandposition erzielt werden kann, obgleich zur Aufrechterhaltung der Balancekontrolle im Handstand die Handgelenke die dominante Arbeit verrichten (Kerwin & Trewartha, 2001; Blenkinsop et al., 2017). Die durchgeführte Studie zeigte auf, dass die Testgruppe nach zwei Trainingseinheiten spezifischer Körperpositionsschulung im Vergleich zur Kontrollgruppe zwar signifikant verbesserte Punktwerte hinsichtlich der Ausführungsqualität der Handstandposition, jedoch keine verbesserten Balancezeiten im Handstand realisieren konnte (Nach vier Trainingseinheiten am Ende der Trainingswoche erschien die allgemeine Ermüdung mögliche Effekte zu egalisieren). Auch wenn die Studie einen grundlegenden Zusammenhang zwischen den Parametern Balancezeit und Ausführungsqualität des Handstandes bestätigt, so kann wider Erwarten durch eine reine Schulung der Körperposition keine kurzfristige Verbesserung der Verweildauer im Handstand erzielt werden. Ob die durch die Intervention veränderte Handstandposition zur Störung bereits automatisierter Prozesse zur Balancekontrolle im Sinne der *Reinvestment-Theorie* (vgl. Masters & Maxwell, 2008) zu interpretieren ist, kann zunächst nur vermutet werden. In Anbetracht der Bedeutsamkeit der Handgelenksarbeit zur Aufrechterhaltung der Handstandbalance (Kerwin & Trewartha, 2001; Blenkinsop et al., 2017) werfen die vorliegenden Ergebnisse dennoch die Frage auf, ob eine Vernachlässigung der Haltungsaspekte im Handstand zu Gunsten eines expliziten Trainingsfokus auf die Kontrollprinzipien der wrist strategy zielführend sein kann, um motorische Lerneffekte bei Novizen anzuregen.

Die entsprechende Ausrichtung des Untersuchungsdesigns in Studie III zielte auf die Verbesserung der komplexen Handstandleistung durch explizites Coaching zur Handgelenkssteuerung (Video-Tutorial und physisches Training) bei turnunerfahrenen Novizen ab. Gemäß der zu erwartenden Abhängigkeit der Interventionswirksamkeit vom

Leistungsvermögen der ProbandInnen (vgl. Studie II; Gautier et al., 2009) wurde die Stichprobe in qualifiziertere und weniger qualifiziertere Turnanfänger gegliedert. Entsprechend unserer Hypothese offenbarten Mittelwertvergleiche zwischen beiden Gruppen sowohl verbesserte Balancezeiten als auch gesteigerte Punktzahlen hinsichtlich der Qualität der Handstandposition in der Gruppe der weniger Qualifizierten. Die Handstandleistungen der qualifizierteren Probanden blieben nahezu unbeeinflusst. Diese Ergebnisse unterstreichen die Bedeutsamkeit der expliziten Vermittlung des mechanischen Verständnisses und der aktiven Handgelenksarbeit für eine Optimierung der Handstandleistung, sofern keinerlei implizit erlernte Vorerfahrungen hinsichtlich der Handgelenksarbeit vorhanden sind. Bemerkenswert erscheint insbesondere die offenbar implizit erzielte Optimierung der Handstandposition bei weniger Qualifizierten durch reine Aufmerksamkeitslenkung auf die Prinzipien der wrist strategy (Yeadon & Trewartha, 2003). Allgemein scheint Studie III zudem die Vorzüge einer Kombination aus beobachtendem Lernen und physischen Trainings zu bestätigen (Blandin et al., 1999; Hayes et al., 2006). Zumal eine gezielte Aufmerksamkeitslenkung und Konsistenz in der Vermittlung der posturalen Bewegungsstrategie im Video-Tutorial gewährleistet werden konnte (Breslin et al., 2009; Buchanan & Dean, 2014), bleibt bisweilen unbeantwortet, ob die im Tutorial vermittelten theoretischen Hintergründe oder aber das eigentliche praktische Training (oder doch die Kombination aus beiden Faktoren?) entscheidend waren für die gesteigerten Handstandleistungen der weniger Qualifizierten.

Zusammenfassend unterstreichen die Studien der vorliegenden kumulativen Dissertationsschrift allgemein den Stellenwert vielfältiger Feedback-Strategien zur Gewährleistung umfassender motorischer Lerneffekte beim Erlernen des Handstandes auch innerhalb kurzer Lernzeiträume. Basierend auf biomechanischem Hintergrundwissen zu posturalen Kontrollmechanismen im Handstand, für welchen die Stabilität der Körperlinie gleichermaßen bedeutsam ist wie die Aufrechterhaltung der Balance über die Finger- und Handgelenke, vermag eine Verschiebung der Trainingsschwerpunkte zu Gunsten einer verbesserten Handgelenkssteuerung vielversprechend zu sein zur Optimierung der komplexen Handstandleistung von Turnanfängern.

4.2 Ausblick und Handlungsempfehlungen für Praxistransfer und weiterführende Forschung

Die aus der vorliegenden Dissertationsschrift hervorgehenden Erkenntnisse offerieren einen Transfer in verschiedene praxisrelevante Anwendungsfelder des

Gerätturnens. Exemplarisch soll dafür an dieser Stelle das weibliche leistungsorientierte Gerätturnen in den Fokus rücken, wo aus Beobachtungen zahlreicher Trainings- und Wettkampfsituationen folgender Transfer der vorliegenden Forschungserkenntnisse zweckmäßig erscheint:

Einen zentralen Aspekt dieser Dissertationsschrift stellen die Erkenntnisse zum Stellenwert der expliziten Vermittlung der Handgelenkssteuerung für den Handstand auf dem Boden dar. Die bewusste muskuläre Ansteuerung bei der Palmarflexion des Handgelenks, die zur Stabilisation des KSP über der Unterstützungsfläche (= Handfläche) beim Handstand auf dem Boden erforderlich ist, erscheint in ähnlicher Form ebenfalls beim Handstand im Ristgriff im Seitverhalten auf einem Stufenbarrenholm erforderlich. Betrachtet man die Sportpraxis des leistungsorientierten Stufenbarrenturnens, so stellen Rückschwünge (z. B. aus der Schwebekippe am unteren Holm geturnt) sowie Felg- und Stalder-Umschwünge, die allesamt jeweils durch den Handstand auf einem Holm als Endposition definiert sind (vgl. Hedbávný, Sklenaříková et al., 2013), einen Kernaspekt modernen Stufenbarrenturnens dar (vgl. FIG, 2017b). Nicht zuletzt erweist sich in Training und Wettkampf das unfreiwillige, ventral gerichtete Überfallen aus der Handstandposition als häufig zu beobachtende Fehlerquelle einer Stufenbarrenübung. Reflektiert man die in kritischen Situationen (= drohendes Überfallen aus dem Handstand) zu vernehmenden Hinweise des Trainers oder auch die Anfeuerungsrufe der Mitstreiterinnen in Training und/oder Wettkampf, so erweist sich der verbale Ausruf „Fest!“ als klassische, häufig spontan verwendete Rückmeldung an die Turnerin zur Vermeidung des drohenden Fehlers. Die motorischen Reaktionen der Sportlerinnen äußern sich in der Regel durch den auch äußerlich sichtbaren Versuch der Stabilisation der linearen Körperposition (z. B. durch forcierte Kontraktion der Gesäßmuskulatur). Wie in der vorliegenden Dissertationsschrift dargestellt, ist die Arbeit an der gespannten Linearität der Handstandposition der primär und explizit thematisierte Gegenstandsbereich in der Praxis des Handstandtrainings, so dass Athletinnen folgerichtig in Situationen des drohenden Überfallens im Handstand bemüht sind, über den bekannten und erlernten Weg der Stabilisation der Körperlinie den externen Hinweis „Fest!“ umzusetzen, um so das drohende Überfallen zu vermeiden – nicht selten ohne Erfolg.

Aus der vorliegenden kumulativen Dissertationsschrift geht hervor, dass mangelnde Muskelspannung zur Stabilisation der linearen Handstandposition lediglich einen von zwei zentralen Aspekten verkörpert, die posturale Schwankungen im Handstand bedingen können. Betrachtet man die Biomechanik des Handstandes, so sollte ein

drohendes Überfallen aus der Handstandposition primär über Drehmomente in den inferiorsten Gelenken bzw. denjenigen Gelenken gesteuert werden, die der Unterstützungsfläche am nächsten gelegen sind: Die Handgelenke (Blenkinsop et al., 2017). In Anbetracht der vorliegenden Studienergebnisse gibt es daher Anlass zur Vermutung, dass ein expliziter Hinweis zur Aktivierung der Handgelenksarbeit im Handstand sich als zweckmäßig(er) erweisen könnte, um ein drohendes Überfallen aus der Handstandposition am Stufenbarren zu verhindern. Ähnlich der im aktuellen *Konzept Schwebebalken* des DTB verankerten Drills zur Optimierung von Körper- und Armpositionen (z. B. „Trainer-Anweisung: Arme!“; Koch, Bachmayer & Nissinen, 2016, S. 3) könnten am Stufenbarren ergänzende standardisierte Hinweise zur bewussten Aktivierung der Handgelenksarbeit im Handstand (z. B.: „Hand!“) in den Rückmeldeprozess integriert werden. Auf diese Weise kann ein externes Feedback implementiert werden, welches gemäß der biomechanischen Wirkmechanismen des Handstandes ausgerichtet ist und so eine zielgerichtete motorische Reaktion zur Vermeidung eines drohenden Überfallens im Handstand hervorrufen kann. Ob sich derartiges Feedback in Anbetracht des fortgeschrittenen Leistungsniveaus und entsprechender Erkenntnisse aus Studie III letztlich tatsächlich als zielführend erweist, gilt es zu erproben und liefert Anregungen für weiterführende Forschung.

Die aus den vorgestellten Studien hervorgehende Vielschichtigkeit zielführender und interdisziplinär fundierter Bewegungsvermittlung zeigt zudem über die vorliegende Dissertationsschrift hinausgehende Forschungsfragen auf:

Die aus Studie III resultierende Frage nach der Wirksamkeit eines Video-Tutorials in Vergleich zur reinen physischen Trainingsarbeit (vgl. Andrieux & Proteau, 2013) ist bereits Gegenstandsbereich einer weiteren Studie IV, an deren Auswertung zum Zeitpunkt der Einreichung dieser Dissertationsschrift noch gearbeitet wird. In dieser Interventionsstudie mit klassischem Kontrollgruppen-Design wird der alleinige Einfluss des in Studie III verwendeten Video-Tutorials auf die kurzfristige Verbesserung der Handstandleistung von Sportstudierenden ohne besondere turnerische Vorerfahrungen (Lernphase [1]) erforscht. Gemäß der aus Studie III gezogenen Rückschlüsse wird vermutet, dass die Interventionsgruppe signifikant verbesserte Balance- und Haltungparameter im Vergleich zur Kontrollgruppe aufweist.

Neben dem dieser Dissertationsschrift zu Grunde liegenden statischen Basiselement Handstand bietet der Facettenreichtum des Gerätturnens umfangreiche Möglichkeiten, um die Wirksamkeit verschiedener Feedback-Strategien im Bezugsrahmen

biomechanischer Wirkmechanismen auch bei dynamischen turnerischen Bewegungen zu eruieren. Insbesondere in der Sportlehrerausbildung wird hier Potential zur Optimierung der Rückmeldekompetenz gesehen, um beispielsweise am Gerät Sprung (unabhängig vom Sprunggerät Kasten, Bock, Pferd oder Sprungtisch) im Hinblick auf die zielführende Technikvermittlung bei Basissprüngen (z. B. Stützsprunghocke, Gerling, 2014; Handstütz-Sprungüberschlag, Gerling, 2015) ein effektiveres (motorisches) Lernen zu ermöglichen. In Anbetracht der enormen Bedeutsamkeit eines konstanten Anlauf-Absprung-Komplexes für den darauffolgenden Sprung erscheint das visuelle Erfassen der Bewegungsabläufe vor dem eigentlichen Zielelement durch die vermittelnde Person essentiell, um im anschließenden Feedback an die/den Lernenden nicht die *Symptome*, sondern bestenfalls die *Ursachen* bestehender Technikdefizite thematisieren zu können. Demnach wird bereits in der Gerichtetheit der Rückmeldung im Bezug zum zeitlichen Verlauf turnerischer Bewegungen ein weiterführender Forschungsgegenstand gesehen, um die Sportpraxisvermittlung im Turnunterricht zu verbessern. Des Weiteren wird in der Gestaltung der Verbalisierung von technischen Hinweisen (z. B. mittels Analogie oder Metapher) Optimierungspotential gesehen, um die zu Grunde liegende Biomechanik turnerischer Bewegungen der entsprechenden Zielgruppe (z. B. Schüler, Sportstudierende) praxisnah und verständlich zu vermitteln. Um im Beispiel zu bleiben könnten mittels Interventionsstudie verschiedene verbale Hinweise zur Effektivierung des Anlauf-Absprung-Komplexes vor dem Handstützsprungüberschlag untersucht werden. Derartige verbale Hinweise sollten in verständlicher und kompakter Weise das Ziel des exzentrischen Kraftstoßes auf der Absprunghilfe (Sprungbrett, Mini-Trampolin), also die Umwandlung der Horizontalgeschwindigkeit aus dem Anlauf in Breitenachsenrotation im Moment des Absprunghilfes, thematisieren (z. B. „Gegen das Brett!“, „Ins Brett reinsetzen!“ oder „Weiter Einsprung!“).

Im direkten Bezug zu den Potentialreserven im leistungsorientierten Gerätturnen in Deutschland wird das Problem erkannt, dass Erkenntnisse zu wissenschaftlich diagnostizierten Defiziten in der Leistungsentwicklung zu selten in vermittlungsmethodische Konsequenzen transferiert werden können (Rohleder & Vogt, 2018b). In diesem Zuge kann aus deutscher Sicht für den männlichen Bereich die Pauschenpferdproblematik in den Fokus des Forschungsinteresses rücken. Auch wenn bei deutschen Spitzenturnern die „Defizite in der Erarbeitung einer ausreichend hohen Schwierigkeit der Übungen“ primär im Bereich der Kondition gesehen werden (Naundorf et al., 2017, S. 139), so ist dennoch im Hinblick auf einen technisch ästhetischen und

effizienten (und damit ggf. ökonomischen und kraftsparenden) Kreisflankenschwung am Pauschenpferd zu hinterfragen, ob beim frühzeitigen Erlernen des Kreisflankenschwunges im Grundagentraining Potentialreserven in der Vermittlung und Rückmeldung entscheidender Technikaspekte auf kindgerechtem Sprachniveau gegenwärtig ungenutzt bleiben.

Von derartiger weiterführender Praxisforschung werden sich zielführende Tools für die sportpraktische Vermittlung des Turnens versprochen, die motorisches Lernen durch optimierte Rückmeldungsstrategien beschleunigen können.

4.3 Generelle Limitationen

Im Rahmen der separat vorgestellten Einzelstudien dieser kumulativen Dissertationsschrift wurden bereits wesentliche Limitationen der durchgeführten Untersuchungen aufgezeigt und erörtert. Dazu gehörten maßgeblich die jeweils geringen Stichprobengrößen, die kurzweiligen Interventionszeiträume sowie die Abweichung von einem klassischen Interventions- und Kontrollgruppendesign in den Studien I und III. Auch wenn sich das methodische Vorgehen der einzelnen durchgeführten Studien eng an der vorhandenen Literatur orientiert, so sind im Rahmen dieser kumulativen Dissertationsschrift dennoch weitere generelle Limitationen einzuräumen, die es sowohl bei der Interpretation der vorliegenden Ergebnisse als auch bei der Planung künftiger weiterführender Studien zu berücksichtigen und bestenfalls zu eliminieren gilt.

Die in allen Studien dieser Dissertationsschrift (Studie I, II und III) von den Probanden abverlangte Testaufgabe *Aufschwingen zum Handstand* stellte insbesondere für unerfahrene Studienteilnehmer (Sportstudierende ohne besondere turnerische Vorerfahrungen mit Ausnahme eventuellen Schulturnunterrichts sowie der Absolvierung der Sparteignungsfeststellung) eine Herausforderung dar. Besonders die Studien II und III zielten neben der linearen Körperposition primär auf eine verbesserte Balance bzw. Verweildauer im Handstand ab. Die Testaufgabe Aufschwingen zum Handstand verlangte somit von den Teilnehmern nicht nur die statische Balance, sondern zunächst das koordinierte Abbremsen der Aufschwungphase aus der Dynamik hin zur statischen Handstandposition. Dieser Umstand limitiert die Anzahl der erfolgreichen Testversuche, bei denen eine Platzierung des KSPs über der Unterstützungsfläche (= Hände) realisiert werden konnte.

Trotz dieser offensichtlichen Problematik erwies sich das Aufschwingen zum Handstand dennoch als bestmöglicher Kompromiss, um der Zielstellung einer praxisnahen

Studienausrichtung gerecht zu werden. Alternative Wege zum Erreichen der Handstandposition, wie zum Beispiel der s.g. *Schweizer-Handstand* (vgl. Bessi, 2009), schlossen sich in Anbetracht der nicht vorhandenen technischen sowie konditionellen Voraussetzungen (Kraft und Beweglichkeit) aus. Um weiterhin vergleichbare standardisierte Ausgangsbedingungen für alle Teilnehmer zu gewährleisten, wurde eine Hilfeleistung zur Stabilisation des Handstandes nach der dynamischen Aufschwungphase (durch die Studienleitung oder eine entsprechende bauliche Vorrichtung) ebenfalls ausgeschlossen. Allein der variierende zeitliche Faktor, der eine externe Unterstützung bei der vorangeschalteten Stabilisation der Handstandposition (vor dem Lösen zum freien Handstand) erfordert hätte, hätte die Kraftvoraussetzungen unerfahrener Probanden nicht selten überbeansprucht und zudem eine Vergleichbarkeit der Balancezeiten erschwert.

Ergänzend ist zu betonen, dass die konditionellen Voraussetzungen allgemein als limitierender Faktor genannt werden müssen, der motorische Lerneffekte innerhalb besagter kurzer Interventionszeiträume beschränkt (vgl. Meinel & Schnabel, 2007). Sofern beispielsweise in besonderen Fällen alleinig die erforderliche Stützkraft nicht in ausreichendem Maße vorhanden war, um das eigene Körpergewicht im Handstütz zu fixieren, erschienen die durchgeführten Interventionen (z. B. in Studie III) unangebracht, um einen zeitnahen Lernfortschritt zu erzielen. An diesem Punkt wurde die Problematik bei der Konzipierung der Studiendesigns deutlich, bei der sich letztlich gegen eine Individualisierung des Feedbacks zu Gunsten einer standardisierten Interventionsgestaltung entschieden wurde. Um dieser Limitation in zukünftigen Studien vorzubeugen, sollten Optionen zur Rekrutierung von Studienteilnehmern mit homogeneren konditionellen Voraussetzungen geprüft werden.

5 LITERATUR

- Anderson, D. I., Magill, R. A., Sekiya, H. & Ryan, G. (2005). Support for an explanation of the guidance effect in motor skill learning. *Journal of Motor Behavior*, 37(3), 231-238.
- Andrieux, M. & Proteau, L. (2013). Observation learning of a motor task: who and when?. *Experimental Brain Research*, 229(1), 125-137.
- Andrieux, M., & Proteau, L. (2016). Observational Learning: Tell Beginners What They Are about to Watch and They Will Learn Better. *Frontiers in Psychology*, 7, 51.
- Arkaev, L. I. & Suchilin, N. G. (2004). *Gymnastics. How to Create Champions*. Oxford, UK: Meyer & Meyer.
- Asseman, F. & Gahéry, Y. (2005). Effect of head position and visual condition on balance control in inverted stance. *Neuroscience Letters*, 375(2), 134-137.
- Bessi, F. (Hrsg.). (2009). *Materialien für die Trainerausbildung im Geratturnen: 1. Lizenzstufe* (3rd ed.). Freiburg: Eigenverlag.
- Blandin, Y., Lhuisset, L. & Proteau, L. (1999). Cognitive Processes Underlying Observational Learning of Motor Skills. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 52(4), 957-979.
- Blenkinsop, G. M., Pain, M. T. G. & Hiley, M. J. (2016). Evaluating feedback time delay during perturbed and unperturbed balance in handstand. *Human Movement Science*, 48, 112-120.
- Blenkinsop, G. M., Pain, M. T. G. & Hiley, M. J. (2017). Balance control strategies during perturbed and unperturbed balance in standing and handstand. *Royal Society Open Science*, 4(7), 161018.
- Braun, C. (2016). Observational Learning in the Context of Skill Acquisition. In T. Heinen, I. Čuk, R. Goebel & K. Velentzas (Hrsg.), *Gymnastics Performance and Motor Learning: Principles and Applications* (S. 34-43). New York: Nova Science Publishers, Inc.
- Breslin, G., Hodges, N. J. & Williams, A. M. (2009). Effect of information load and time on observational learning. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 80(3), 480-490.

- Buchanan, J. J. & Dean, N. (2014). Consistently modeling the same movement strategy is more important than model skill level in observational learning contexts. *Acta Psychologica*, 146, 19–27.
- Chuah, Y. L. & Maybery, M. T. (1999). Verbal and spatial short-term memory: Common sources of developmental change? *Journal of Experimental Child Psychology*, 73(1), 7–44.
- Croix, G., Lejeune, L., Anderson, D. I. & Thouvarecq, R. (2010). Light fingertip contact on thigh facilitates handstand balance in gymnasts. *Psychology of Sport and Exercise*, 11(4), 330–333.
- Darden, G. & Shimon, J. (2000). Revisit an “Old” Technology Videotape Feedback for Motor Skill Learning and Performance. *Strategies*, 13(4), 17–21.
- d'Arippe-Longueville, F., Hars, M., Debois, N. & Calmels, C. (2009). Perceived development of psychological characteristics in male and female elite gymnasts. *International Journal of Sport Psychology*, 40(3), 424–455.
- Deutscher Turner-Bund (2013). *Konzept Olympischer Spitzensport*. Frankfurt/Main: DTB.
- Deutscher Turner-Bund (2015a). *Anforderungen Athletische Tests. Gerätturnen männlich*. Frankfurt/Main: DTB.
- Deutscher Turner-Bund (2015b). *Athletische Normen. Gerätturnen weiblich*. Frankfurt/Main: DTB.
- Deutscher Turner-Bund (2018). *Anforderungen Athletische Tests. Gerätturnen männlich*. Frankfurt/Main: DTB.
- Deutsche Sporthochschule Köln (2018). *Modulhandbuch Lehramt an Haupt-, Real-, Sekundar- und Gesamtschulen. Fach Sport. Stand Juni 2018*. Köln: Deutsche Sporthochschule Köln.
- Fédération Internationale de Gymnastique (Hrsg.). (2017a). *2017 code of points men's artistic gymnastics*. Lausanne: FIG.
- Fédération Internationale de Gymnastique (Hrsg.). (2017b). *2017 code of points women's artistic gymnastics*. Lausanne: FIG.

- Ferguson, A. N. & Bowey, J. A. (2005). Global processing speed as a mediator of developmental changes in children's auditory memory span. *Journal of Experimental Child Psychology*, 91(2), 89–112.
- Fetzer, J., Milbradt, J., Karg, S., Hirsch, A. & Naundorf, F. (2017). *Rahmentrainingskonzeption Nachwuchs - Gerätturnen männlich*. Frankfurt am Main: DTB.
- Frank, C., Land, W. M. & Schack, T. (2015). Perceptual-cognitive changes during motor learning: The influence of mental and physical practice on mental representation, gaze behavior, and performance of a complex action. *Frontiers in Psychology*, 6, 1981.
- Gatev, P., Thomas, S., Kepple, T. & Hallett, M. (1999). Feedforward ankle strategy of balance during quiet stance in adults. *The Journal of Physiology*, 514(3), 915–928.
- Gautier, G., Marin, L., Leroy, D. & Thouvarecq, R. (2009). Dynamics of expertise level: Coordination in handstand. *Human Movement Science*, 28(1), 129–140.
- Gautier, G., Thouvarecq, R. & Chollet, D. (2007). Visual and postural control of an arbitrary posture: The handstand. *Journal of Sports Sciences*, 25(11), 1271–1278.
- Gerling, I. E. (2009). *Teaching children's gymnastics* (2. Aufl.). Maidenhead, UK: Meyer & Meyer Sport.
- Gerling, I. E. (2014). *Basisbuch Gerätturnen* (8. überarbeitete Aufl.). Aachen: Meyer & Meyer.
- Gerling, I. E. (2015). *Gerätturnen für Fortgeschrittene. Band 02 – Sprung-, Hang- und Stützgeräte* (2. überarbeitete Aufl.). Aachen: Meyer & Meyer.
- Ghavami, A., Hosseini, F. & Mohammadzadeh, H. (2012). The effect of animated model observation and verbal instruction on motor learning of handstand balance skill. *International Journal of Sport Studies*, 2(2), 84–88.
- Ghavami, A., Hosseini, F. S., Mohammadzadeh, H., Maleki, B. & Borhani, H. (2012). The effect of observing animated model and static images and combined model on motor learning of handstand balance skill. *Development and Motor Learning*, 4(10), 143–156.
- Größing, S. (2007). *Einführung in die Sportdidaktik* (9. überarbeitete und erweiterte Aufl.). Wiebelsheim: Limpert.

- Hardman, K. (2007). An International Perspective Physical Education in Schools: Issues, Messages and Policy Recommendations. In N. Cerrahoglu & H. Ö. Yurdakul (Hrsg.), *Symposium Proceedings. The International Symposium on Training Teachers of Physical Education and Sports in Bologna Process* (S. 23-46). Ankara: Nobel Yayincilik.
- Hasegawa, N., Takeda, K., Sakuma, M., Mani, H., Maejima, H., & Aasaka, T. (2017). Learning effects of dynamic postural control by auditory biofeedback versus visual biofeedback training. *Gait & Posture*, 58, 188-193.
- Hayes, S. J., Hodges, N. J., Scott, M. A., Horn, R. R. & Williams, A. M. (2006). Scaling a motor Skill through observation and practice. *Journal of Motor Behavior*, 38(5), 357–366.
- Hedbávný, P., Bago, G. & Kalichová, M. (2013). Influence of strength abilities on quality of the handstand. *International Journal of Medical, Health, Biomedical, Bioengineering and Pharmaceutical Engineering*, 7(10), 602–608.
- Hedbávný, P., Sklenářková, J., Hupka, D. & Kalichová, M. (2013). Balancing in handstand on the floor. *Science of Gymnastics Journal*, 5(3), 69-80.
- Horak, F. B. (1987). Clinical measurement of postural control in adults. *Physical Therapy*, 67(12), 1881-1885.
- Horton, S. & Deakin, J. M. (2004). Expert coaches in action. In D. Farrow, J. Baker, & C. MacMahon (Hrsg.). *Developing Sport Expertise. Researchers and Coaches Put Theory into Practice* (S. 75-88). London: Routledge.
- Housner, L. D. (1990). Selecting master teachers: Evidence from process-product research. *Journal of Teaching in Physical Education*, 9(3), 201-226.
- Ingram, T. G., Kraeutner, S. N., Solomon, J. P., Westwood, D. A. & Boe, S. G. (2016). Skill acquisition via motor imagery relies on both motor and perceptual learning. *Behavioral Neuroscience*, 130(2), 252.
- Janelle, C. M., Champenoy, J. D., Coombes, S. A. & Mousseau, M. B. (2003). Mechanisms of attentional cueing during observational learning to facilitate motor skill acquisition. *Journal of Sports Sciences*, 21(10), 825–838.
- Jeannerod, M. (1994). The representing brain: Neural correlates of motor intention and imagery. *Behavioral and Brain Sciences*, 17(2), 187-202.

- Jemni, M. (2018). Specific Physical and Physiological Assessments of Gymnastics. In M. Jemni (Hrsg.), *The Science of Gymnastics* (2. Aufl., S. 55-61). New York, NY: Routledge.
- Johnson, B. L. & Garcia, M.J. (1976). *Gymnastics for the beginner: A coeducational approach*. Sterling, Texas: Sterling Swift.
- Kerwin, D. G. & Trewartha, G. (2001). Strategies for maintaining an handstand in the anterior-posterior direction. *Medicine & Science in Sports & Exercice*, 33(7), 1182-1188.
- Knirsch, K. (2000). *Lehrbuch des Gerät- und Kunstturnens. Band 1: Technik und Methodik in Theorie und Praxis für Schule und Verein*. Kirchzellinsfurt: Knirschverlag.
- Koch, U., Bachmayer, T. & Nissinen, P. (2016). *Konzept Schwebebalken*. Frankfurt/Main: DTB.
- Koch, U., Lehmann, T., Rohleder, J., Nissinen, P., Karg, S., Schunk, C., Probst-Hindermann, M.-L. & Bachmayer, T. (2017). *Rahmentrainingskonzeption Nachwuchsleistungssport. Deutscher Turner-Bund Gerätturnen weiblich*. Frankfurt am Main: DTB.
- Kochanowicz, A., Niespodziński, B., Marina, M., Mieszkowski, J., Biskup, L. & Kochanowicz, K. (2018). Relationship between postural control and muscle activity during a handstand in young and adult gymnasts. *Human Movement Science*, 58, 195–204.
- Kochanowicz, A., Niespodziński, B., Marina, M., Mieszkowski, J., Kochanowicz, K. & Zasada, M. (2017). Changes in the muscle activity of gymnasts during a handstand on various apparatus. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Advance online publication.
- Kuo, A. D. & Zajac, F. E. (1993). Human standing posture: Multi-joint movement strategies based on biomechanical constraints. *Progress in Brain Research*, 97, 349–358.
- Krause, D. & Kobow, S. (2013). Effects of model orientation on the visuomotor imitation of arm movements: the role of mental rotation. *Human Movement Science*, 32(2), 314-327.
- Krishnamoorthy, V., Slijper, H. & Latash, M. L. (2002). Effects of different types of light touch on postural sway. *Experimental Brain Research*, 147, 71-79.

- Laguna, P. L. (2008). Task complexity and sources of task-related information during the observational learning process. *Journal of Sports Sciences*, 26(10), 1097–1113.
- Lam, W. K., Maxwell, J. P. & Masters, R. (2009). Analogy Learning and the Performance of Motor Skills under Pressure. *Journal of Sport and Exercise Psychology*, 31(3), 337–357.
- Lee, A. M., Keh, N. C. & Magill, R. A. (1993). Instructional effects of teacher feedback in physical education. *Journal of Teaching in Physical Education*, 12(3), 228–243.
- Lee, T. D. & White, M. A. (1990). Influence of an unskilled model's practice schedule on observational motor learning. *Human Movement Science*, 9(3), 349–367.
- Magill, R. A. (2014). *Motor learning and control. concepts and applications* (10th ed.). Boston: McGraw-Hill.
- Magill, R. A. & Anderson, D. I. (2012). The roles and use of augmented feedback in motor skill acquisition. In N. J. Hodges & A. M. Williams (Hrsg.), *Skill Acquisition in Sport. Research, Theory and Practice* (2. Ausg., S. 3–21). Abingdon, Oxon, New York: Routledge.
- Maleki, F., Nia, P., Zarghami, M. & Neisi, A. (2010). The comparison of different types of observational training on motor learning of gymnastic handstand. *Journal of Human Kinetics*, 26, 13–19.
- Malhotra, N., Poolton, J. M., Wilson, M. R., & Omuro, S. (2015). Dimensions of Movement-Specific Reinvestment in Practice of a Golf Putting Task. *Psychology of Sport and Exercise*, 18, 1–8.
- Masser, L. S. (1993). Critical cues help first-grade students' achievement in handstands and forward rolls. *Journal of Teaching in Physical Education*, 12(3), 301–312.
- Masters, R. & Maxwell, J. (2008). The theory of reinvestment. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 1(2), 160–183.
- Meinel, K. & Schnabel, G. (2007). *Bewegungslehre – Sportmotorik*. Aachen: Meyer & Meyer.
- Milbradt, J. (2007). Analyse und Vorbereitung zur Junioreneuropameisterschaft (JEM) 2006 im Turnen der Männer. *Zeitschrift für Angewandte Trainingswissenschaft*, 14(1), 134–140.

- Ministerium für Schule und Weiterbildung des Landes Nordrhein-Westfalen (2008). *Richtlinien und Lehrpläne für die Grundschule in Nordrhein-Westfalen*. Frechen: Ritterbach Verlag.
- Mohammadi, M. & Yazici, A. G. (2016). A Dynamic Model for Handstand in Gymnastics. *Journal of Sports and Physical Education*, 3(6), 8-11.
- Morris, T., Spittle, M. & Watt, A. P. (2005). *Imagery in Sport*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Naundorf, F., Brehmer, S., Körner, S. & Seidel, I. (2017). Analyse aktueller Entwicklungstendenzen im Gerätturnen. In J. Wick, I. Seidel & D. Büsch (Hrsg.), *Olympiaanalyse Rio 2016. Olympiazyklusanalysen und Auswertungen der Olympischen Spiele 2016* (S. 129-141). Aachen: Meyer & Meyer.
- Noth, N. (2012). *Mentale Bewegungsrepräsentation und Techniktraining*. Hamburg: Dr. Kovač.
- Olivier, N., Rockmann, U. & Krause, D. (2013). *Grundlagen der Bewegungswissenschaft und -lehre*. Schorndorf: Hofmann.
- Phillips, E., Farrow, D., Ball, K. & Helmer, R. (2013). Harnessing and understanding feedback technology in applied settings. *Sports Medicine*, 43(10), 919-925.
- Post, P. G., Aiken, C. A., Laughlin, D. D. & Fairbrother, J. T. (2016). Self-control over combined video feedback and modeling facilitates motor learning. *Human Movement Science*, 47, 49-59.
- Rogers, M. W., Wardman, D. L., Lord, S. R. & Fitzpatrick, R. C. (2001). Passive tactile sensory input improves stability during standing. *Experimental Brain Research*, 136, 514-522.
- Rohbanfard, H. & Proteau, L. (2011). Learning through observation: A combination of expert and novice models favors learning. *Experimental Brain Research*, 215(3-4), 183-197.
- Rohleder, J. & Vogt, T. (2018a). Performance control in handstands: Challenging entrenched coaching strategies for young gymnasts. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 4(10), 1-15.

- Rohleder, J. & Vogt, T. (2018b). Rahmenbedingungen männlichen Gerätturnens im deutschen Spitzensportsystem: Disziplinspezifische Anmerkungen zur nationalen Debatte. *German Journal of Exercise and Sport Research*, 48(4), 587-592.
- Rohleder, J. & Vogt, T. (2018c). Teaching novices the handstand: A practical approach of different sport-specific feedback concepts on movement learning. *Science of Gymnastics Journal*, 10(1), 29-42.
- Rohleder, J. & Vogt, T. (2019). Efficacy of wrist strategy coaching on handstand performances in novices: Inverting explicit and implicit learning of skill related motor tasks. *Science of Gymnastics Journal*, 11(2), 209-222.
- Rost, K. & Pfützner, A. (2006). Zur Weiterentwicklung des deutschen Nachwuchstrainingssystems. *Zeitschrift für Angewandte Trainingswissenschaft*, 13(1), 20-39.
- Runge, C. F., Shupert, C. L., Horak, F. B. & Zajac, F. E. (1999). Ankle and hip postural strategies defined by joint torques. *Gait & Posture*, 10(2), 161-170.
- Salmela, J. H. (2018). OMSAT-3 Mental Skills Assessment. In M. Jemni (Hrsg.), *The Science of Gymnastics* (2. Aufl., S. 162-185). New York, NY: Routledge.
- Sands, W. A. (2018a). Fundamental Concepts and Definitions in Motor Learning. In M. Jemni (Hrsg.), *The Science of Gymnastics* (2. Aufl., S. 226-227). New York, NY: Routledge.
- Sands, W. A. (2018b). Motor Learning Versus Pedagogy. In M. Jemni (Hrsg.), *The Science of Gymnastics* (2. Aufl., S. 225). New York, NY: Routledge.
- Sands, W. A. (2018c). Stages of Motor Learning. In M. Jemni (Hrsg.), *The Science of Gymnastics* (2. Aufl., S. 229). New York, NY: Routledge.
- Schack, T. (2003). The relationship between motor representation and biomechanical parameters in complex movements: towards an integrative perspective of movement science. *European Journal of Sport Science*, 3(2), 1-13.
- Schack, T. & Mechsner, F. (2006). Representation of motor skills in human long-term memory. *Neuroscience Letters*, 391(3), 77-81.
- Schmidt, R. A. & Lee, T. D. (2005). *Motor Control and Learning. A Behavioral Emphasis* (4. Ausg.). Champaign, IL: Human Kinetics.

- Schmidt, R. A. & Lee, T. D. (2011). *Motor Control and Learning. A Behavioral Emphasis* (5. Ausg.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Schmidt, R. A. & Wrisberg, C. A. (2008). *Motor learning and performance: situation-based learning approach* (4. Ausg.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Shea, C. H., Wright, D. L., Wulf, G. & Whitacre, C. (2000). Physical and observational practice afford unique learning opportunities. *Journal of Motor Behavior*, 32(1), 27-36.
- Simonsmeier, B. A. & Frank, C. (2016). Imagery in gymnastics: Theories and empirical findings. In T. Heinen, I. Čuk, R. Goebel & K. Velentzas (Hrsg.), *Gymnastics Performance and Motor Learning. Principles and Applications* (S. 53-69). New York: Nova Science Publishers.
- Sobera, M., Siedlecka, B., Piestrak, K., Sojka-Krawiec, K. & Graczykowska, B. (2007). Maintaining body balance in extreme positions. *Biology of Sport*, 24(1), 81-88.
- Stephens, M. J., Frank, J. S., Burleigh, A. L. & Winter, D. A. (1992). Mechanical properties of postural strategies in controlling erect stance. In M. Woollacott & F. B. Horak (Hrsg.), *Posture and gait: Control mechanisms* (S. 432-435). Corvallis, OR: University of Oregon Books.
- Sullivan, K. J., Katak, S. S. & Burtner, P. A. (2008). Motor learning in children: feedback effects on skill acquisition. *Physical Therapy*, 88(6), 720-732.
- Sun, R., Merrill, E. & Peterson, T. (2001). From implicit skills to explicit knowledge: a bottom-up model of skill learning. *Cognitive Sciences*, 25, 203-244.
- Taube, W. (2013). Neuronale Mechanismen der posturalen Kontrolle und der Einfluss von Gleichgewichtstraining. *Journal für Neurologie, Neurochirurgie und Psychiatrie*, 14(2), 55-63.
- Tipper, S. P., Bourque, T. A., Anderson, S. H. & Brehaut, J. C. (1989). Mechanisms of attention: A developmental study. *Journal of Experimental Child Psychology*, 48(3), 353-378.
- Ückert, S. (2015). Das Ressourcenproblem im Sport – Anmerkungen zu den Grenzen des Wachstums im internationalen Spitzensport. In S. Ückert, A. Mues, & W. Joch (Hrsg.), *Ethische Aspekte des Sports: Enhancement, Doping, Spitzensport*. Münster: Verlag Peter Lang.
- Uzunov, V. (2008). The handstand: A four stage training model. *Gym Coach*, 2, 52-59.

- Veit, J., Jeraj, D. & Lobinger, H. (2016). Augmented feedback for movement error correction in gymnastics. In T. Heinen, I. Čuk, R. Goebel & K. Velentzas (Hrsg.), *Gymnastics Performance and Motor Learning. Principles and Applications* (S. 45-52). New York: Nova Science Publishers.
- Verburgh, L., Scherder, E. J. A., van Lange, P. A. M., & Oosterlaan, J. (2016). The key to success in elite athletes? Explicit and implicit motor learning in youth elite and non-elite soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 34(18), 1782–1790.
- Vogt, T., Kato, K., Schneider, S., Türk, S. & Kanosue, K. (2017). Central neuronal motor behaviour in skilled and less skilled novices - Approaching sports-specific movement techniques. *Human Movement Science*, 52, 151–159.
- Wiemeyer, J. (1994). *Interne Bewegungsrepräsentation. Grundlagen, Probleme und Perspektiven*. Köln: bps.
- Wulf, G., Shea, C. H. & Matschiner, S. (1998). Frequent feedback enhances complex motor skill learning. *Journal of Motor Behavior*, 30(2), 180-192.
- Yeadon, M. R. & Trewartha, G. (2003). Control strategy for a hand balance. *Motor control*, 7(4), 421-442.

7 ZUSAMMENFASSUNG

Der Bildungssektor und der Leistungssport haben gemeinsam, dass den beteiligten Akteuren innerhalb kurzer Zeiträume immer schnellerer Fortschritt abverlangt wird, zumal fundamentale Grundlagen die Voraussetzung für nachhaltigen Erfolg verkörpern. Der Turnunterricht an Schulen und Universitäten und auch das leistungsorientierte Gerätturntraining stellen folglich zwei Gegenstandsbereiche dar, die durch diese Begebenheiten charakterisiert sind. Unabhängig von den Intentionen sportlichen Handelns im Bezugsrahmen dieser beiden Settings ist die Vermittlung und das Erlernen des Handstandes auf dem Boden als Basiselements des Turnens wesentlich. In Anbetracht steigenden Weltniveaus im leistungsorientierten Gerätturnen sowie zeitlich eng geschnürter Curricula in den Bildungseinrichtungen sind effiziente Lehrmethoden und -konzepte erforderlich, um innerhalb kurzer Zeiträume (motorischen) Lernfortschritt zu erzielen. Beim Erlernen des Handstandes stehen neben der Erarbeitung einer hinreichenden Bewegungsvorstellung die Schulung einer linearen Körperposition sowie die Aufrechterhaltung der Balancekontrolle im Fokus. Um entsprechende Lehrkonzepte zur Handstandvermittlung forschungsgeleitet zu optimieren, werden zwei Aspekte als essentiell eingestuft, 1: Fundierte Kenntnisse der biomechanischen Charakteristik und der posturalen Kontrollmechanismen des Handstandes (Das „Know-that“ der Handstandvermittlung), 2: Fundierte Kenntnisse zur Wirksamkeit externer Informationen (verbale, visuelle und/oder taktile Instruktion und Feedbackstrategien) im motorischen Lernprozess (Das „Know-how“ der Handstandvermittlung). Die drei im Rahmen der

SUMMARY

The education sector and competitive sport have in common that ever accelerating progress within short periods of time are demanded of the involved actors. Furthermore, fundamental basics represent a prerequisite for sustainable success. With this, gymnastics education at schools and universities as well as training in competitive gymnastics are characterised by these properties. Regardless of the intention of sports activities within the framework of these two settings, the teaching and the acquisition of the handstand on the floor is a fundamental in gymnastics. Considering increasing world-class standards in competitive gymnastics as well as comprehensive curricula at educational institutions, efficient teaching methods and concepts are required to gain learning progress within short periods of time. Besides developing sufficient motor imagery, handstand acquisition calls for working on an aligned rigid body configuration as well as maintenance of balance control. Aiming for optimised educational concepts on handstand acquisition, two aspects are suggested as being essential, 1: Well-accepted knowledge regarding biomechanical characteristics and postural control mechanisms of handstand performances (The “Know-that” of handstand education), 2: Well-accepted knowledge regarding the efficacy of external information (verbal, visual and/or tactile instructions and feedback strategies) for motor learning processes (The “Know-how” of handstand education). Thus, the three studies included in the present cumulative doctoral thesis address the following leading research question: What practical implications do altered educational concepts, based on biomechanical and psychological knowledge regarding the characteristics and teaching of an gymnastics skill, have on movement learning of the

vorliegenden kumulativen Dissertationsschrift integrierten Studien stehen somit im Zeichen der folgenden leitenden Forschungsfrage: Welchen Einfluss haben verschiedene forschungsgeleitete Lehrkonzepte, basierend auf biomechanischen und psychologischen Erkenntnissen zur Charakteristik und Vermittlung einer turnerischen Fertigkeit, auf den motorischen Lernprozess von Novizen und Nachwuchssportlerinnen beim Erlernen des Handstandes auf dem Boden?

Ergebnisse der Studie I zeigten positive Effekte eines visuell-vergleichenden Feedbacks hinsichtlich der Eigenbewegungswahrnehmung der individuellen Schulterwinkelposition im Handstand von Sportstudierenden, zumal standardisierte taktil-verbale Instruktionen zur Stabilisation der Körperlinie positive Effekte hinsichtlich eines geöffneten Arm-Rumpf-Winkels im Handstand bewirkten. Die Ergebnisse dieser Studie, die das „Know-how“ der Handstandvermittlung in den Fokus stellte, unterstreichen somit die Bedeutsamkeit unterschiedlicher Strategien der Rückmeldung für verschiedene Gegenstandsbereiche des motorischen Lernprozesses beim Erlernen des Handstandes. In Anbetracht der gelenkspezifisch zu differenzierenden Wirksamkeit der in Studie I untersuchten Rückmeldestrategien adressierten die Studien II und III primär das „Know-that“ der Handstandvermittlung. Mit Blick auf die herausragende Bedeutsamkeit der Handgelenksarbeit zur Aufrechterhaltung der Balancekontrolle im Handstand (*wrist strategy*) konnte mit Studie II gezeigt werden, dass eine ausschließliche, im Turntraining regelmäßig priorisierte Schulung der linear stabilisierten Körperposition nicht ausreichend zu sein scheint, um kurzfristig eine verlängerte Verweildauer im Handstand bei jungen Nachwuchssportlerinnen realisieren zu können. In der Konsequenz dieser Erkenntnisse aus Studie II untersuchte Studie III

handstand on the floor in novices and young athletes?

Results in study I show positive effects of a visual-comparative feedback in terms of enhanced motor imagery in sport students regarding shoulder angle positioning during handstand. Furthermore, standardised tactile-verbal instructions aiming for a stabilised body line revealed enhanced shoulder angle adjustments during the practical execution of the handstand skill. Addressing the “Know-how” of handstand education, these results support the relevance of different feedback strategies for different matters of motor learning in handstand acquisition. Considering the joint-specific efficacy of explored feedback strategies in study I, the following studies II and III primarily addressed the “Know-that” of handstand education. In view of the prominent importance of wrist work (i.e., *wrist strategy*) for maintaining balance control in handstands, study II revealed that an exclusive postural training addressing an aligned body configuration (as it is preferred in gymnastics training) seems to be insufficient to obtain short-term increased maintenance in young athletes' handstand performances. As a consequence of these findings in study II, study III explored the impact of explicit wrist strategy coaching on handstand performances in novices at different skill levels. For less skilled novices, the results indicate that explicit coaching of wrist usage during handstand induced increased balance times as well as enhanced postural linearity in handstands. However, handstand performances of more experienced novices with implicit knowledge regarding handstand balances remained unaffected.

To summarise, the present findings of this cumulative doctoral thesis confirm the significance of manifold external information in the form of feedback and instruction to facilitate motor learning processes in handstand

den Einfluss einer expliziten Schulung zur Handgelenkssteuerung auf die Handstandleistung von turnunerfahrenen Novizen unterschiedlichen Leistungsniveaus. Für gänzlich unerfahrene Novizen deuten die Ergebnisse an, dass eine explizite Schulung zur Aktivierung der Handgelenkssteuerung im Handstand sowohl positive Auswirkungen auf die Verweildauer im Handstand als auch auf die Optimierung der linearen Handstandposition zu bewirken vermag. Die Handstandleistungen von Novizen mit implizit vorhandener Vorerfahrung zum Ausbalancieren des Handstandes blieben unbeeinflusst.

Zusammenfassend unterstreichen die Studienergebnisse der vorliegenden kumulativen Dissertationsschrift die Bedeutsamkeit vielfältiger externer Information in Form von Feedback und Instruktion zur Förderung motorischer Lernprozesse beim Erlernen des Handstandes. Des Weiteren weisen die Ergebnisse darauf hin, dass sich bei der Vermittlung des Handstandes eine forcierte Orientierung an den posturalen Kontrollmechanismen des Handstandes (Handgelenkssteuerung) positiv auf die Handstandleistungen unerfahrener Lernender auswirken kann. Bemerkenswert sind die kurzen Interventionszeiträume, innerhalb derer durch gezielte Intervention positive Effekte hinsichtlich verbesserter Handstandleistungen erzielt werden konnten. Dennoch ist weiterführende Forschung erforderlich, um die gewonnenen Erkenntnisse aus der vorliegenden kumulativen Dissertationsschrift nachhaltig in eine fundierte Optimierung der praktischen und ganzheitlichen Handstandvermittlung integrieren zu können.

acquisition. Furthermore, present findings suggest handstand teaching to focus on postural control mechanisms of handstand balances (i.e., wrist control) in order to benefit handstand performances in unexperienced learners. With respect to the targeted interventions, the short periods of time initiating enhanced handstand performances were remarkable. However, pursuing applied research is necessary to integrate the findings of the present cumulative doctoral thesis into long-lasting optimisation of practical and comprehensive handstand education.