

Karlsruher Institut für Technologie (KIT)
Fakultät für Geistes- und Sozialwissenschaften

**Differenzielle Aspekte zur Entwicklung
der motorischen Leistungsfähigkeit
bei Kindern und Jugendlichen**

Zur Erlangung des akademischen Grades eines
DOKTORS DER PHILOSOPHIE (Dr. phil.)
von der KIT-Fakultät für Geistes- und Sozialwissenschaften des
Karlsruher Instituts für Technologie (KIT)
angenommene

DISSERTATION

von **Andreas Roth** (M.Sc.)
geboren in Zell a. H.

1. Gutachter: Prof. Dr. Klaus Bös
2. Gutachterin: apl. Prof. Dr. Swantje Scharenberg

Tag der mündlichen Prüfung: 17.06.2020

Inhaltsverzeichnis

1	Motorische Leistungsfähigkeit, motorische Entwicklung und Talent	1
1.1	Vorwort: Zur Relevanz der Diagnostik motorischer Leistungsfähigkeit	2
1.2	Einleitung und Problemstellung	3
1.3	Ziel- und Fragestellungen der Arbeit	6
1.4	Methodische Vorgehensweise	8
2	Theoretische Grundlagen zur motorischen Leistungsfähigkeit, motorischen Entwicklung und Talent	13
2.1	Begriffsbestimmungen	13
2.2	Die Entwicklungspsychologie der Lebensspanne	15
2.3	Talententwicklung und Talentkriterien	17
3	Motorische Entwicklung von sportlichen Kindern und Jugendlichen: Ein Literaturreview	21
4	Übersetzte Zusammenfassungen	35
4.1	Stabilität der motorischen Leistungsfähigkeit von Grundschulkindern in Trier: Eine vierjährige Längsschnittstudie	35
4.2	Nachwuchsleistungssport an den NRW-Sportschulen – Talentsichtung unter Berücksichtigung sportartübergreifender, sportartspezifischer und sportpsychologischer Testverfahren	36
4.3	Veränderung der motorischen Leistungsfähigkeit der zehn besten Jungen und Mädchen in Sportschulen: Eine zehnjährige Kohortenanalyse	37
4.4	Entwicklung der motorischen Leistungsfähigkeit unter Berücksichtigung talentspezifischer Aspekte	38
5	Diskussion	39
5.1	Motorische Entwicklung an der Grundschule	39
5.2	Motorische Leistungsfähigkeit und deren Entwicklung an den NRW-Sportschulen	41
5.3	Stärken und Schwächen der Untersuchung	47
6	Schlussfolgerungen und Empfehlungen für die Sportpraxis	51
7	Literaturverzeichnis	55
8	Anhang	

Folgende vier Publikationen wurden für die kumulative Dissertation eingereicht:

- (1) Roth, A., Schmidt, S.C.E., Seidel, I., Woll, A., & Bös, K. (2018). Tracking of Physical Fitness of Primary School Children in Trier. A 4-Year Longitudinal Study. *BioMed Research International*, 2018, 1-10. DOI:10.1155/2018/7231818
- (2) Roth, A., Moll, C., Seidel, I., & Bös, K. (2017). Nachwuchsleistungssport an den NRW-Sportschulen – Talentsichtung unter Berücksichtigung sportartübergreifender, sportartspezifischer und sportpsychologischer Testverfahren. *Leipziger Sportwissenschaftliche Beiträge*, 58(1), 132-157.
- (3) Roth, A., Schmidt, S.C.E., Hartmann, S., Seidel, I., Scharenberg, S., & Bös, K. (2019). Development of Physical Fitness among the Top 10 Boys and Girls in Sport Schools: A 10-Year Cohort Analysis. *Sports*, 7(222), 1-13. DOI: 10.3390/sports7100222
- (4) Roth, A., Schmidt, S.C.E., Hartmann, S., Scharenberg, S., Seidel, I., Altmann, S., Jekauc, D., & Bös, K. (2020). Development of Physical Fitness at Sport Schools under Consideration of Talent Specific Aspects. *Journal of Human Sport and Exercise*, 15(3), 608-622. DOI: 10.14198/jhse.2020.153.11

Danksagung

Ich möchte mich bei allen Personen herzlich bedanken, die mich bei meiner Promotion in irgendeiner Form unterstützt haben.

Zuerst gilt mein Dank Prof. Dr. Klaus Bös für die Unterstützung und fachliche Beratung bei der Promotion und als Projektleitung. Ich konnte bei Sitzungen und Besprechungen sowohl fachlich als auch persönlich viel lernen und mich entsprechend weiterbilden und weiterentwickeln.

Bedanken möchte ich mich auch bei apl. Prof. Dr. Swantje Scharenberg. Sie hat mich als FoSS-Geschäftsführerin während meiner Zeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter immer unterstützt und es mir ermöglicht, eine Dissertation am FoSS zu schreiben.

Danken möchte ich Dr. Steffen Schmidt, der mich methodisch und statistisch sehr gut beraten hat. Zudem gilt mein Dank Prof. Dr. Darko Jekauc, der mich im Rahmen des Publikations-Workshops sowie bei anderen Beratungsterminen sehr gut betreut hat.

Darüber hinaus möchte ich mich bei meiner Familie bedanken. Bei meiner Mutter Martha, meinem Stiefvater Xaver sowie meiner Tante Hildegard für die finanzielle und moralische Unterstützung, insbesondere während des Studiums. Ohne diese Unterstützung wäre eine Promotion nicht möglich gewesen. Mein Dank gilt auch meinem Bruder Philipp für anregende Gespräche.

Karlsruhe, im März 2021

Abkürzungsverzeichnis

ADD	Aufsichts- und Dienstleistungsdirektion
BMI	Body-Mass-Index
DFB	Deutscher Fußball-Bund
DHB	Deutscher Handball-Bund
DMT	Deutscher Motorik-Test 6-18
FoSS	Forschungszentrum für den Schulsport und den Sport von Kindern und Jugendlichen
MoMo	Motorik-Modul Studie
MT1	Motorischer Test 1
MT2	Motorischer Test 2
NRW	Nordrhein-Westfalen
RAE	Relativer Alterseffekt
SOQ	Sport Orientation Questionnaire

1 Motorische Leistungsfähigkeit, motorische Entwicklung und Talent

Die vorliegende Dissertation ist am Forschungszentrum für den Schulsport und den Sport von Kindern und Jugendlichen (FoSS) entstanden. Ziel dieser Arbeit ist es, differentielle Aspekte zur Entwicklung der motorischen Leistungsfähigkeit von Kindern und Jugendlichen im Alter von sechs bis 14 Jahren zu analysieren und die Ergebnisse in den aktuellen Forschungsstand einzuordnen.

Diese Mantelschrift bildet den Rahmen für die eingereichten Publikationen und verfolgt insbesondere drei Ziele: erstens die Formulierung der Ziel- und Fragestellungen der Arbeit, zweitens die Einordnung in einen für die Thematik übergeordneten, theoretischen Bezugsrahmen und drittens die Diskussion der vorliegenden Ergebnisse.

Die Arbeit ist in sechs Teile gegliedert: Kapitel eins beinhaltet das Vorwort sowie die Einleitung und Problemstellung. Darüber hinaus werden die Ziel- und Fragestellungen der Arbeit formuliert sowie die methodische Herangehensweise beschrieben. In Kapitel zwei werden die zentralen Begriffe dieser Arbeit definiert und die dem Thema zugrunde liegende Rahmentheorie vorgestellt. In einem weiteren Schritt wird auf die Talententwicklung und Talentkriterien eingegangen. Kapitel drei enthält ein Literaturreview zur Entwicklung der motorischen Leistungsfähigkeit bei sportlichen Kindern und Jugendlichen.

Kapitel vier umfasst die übersetzten Zusammenfassungen der vier eingereichten Artikel. In Kapitel fünf werden die Ergebnisse diskutiert sowie eine Stärken- und Schwächen-Analyse durchgeführt. Kapitel sechs enthält die Schlussfolgerungen und die aus den Untersuchungen abgeleiteten Empfehlungen für die Sportpraxis. Die veröffentlichten Artikel befinden sich im Anhang.

Bei der vorliegenden Arbeit handelt es sich um eine Grundlagenarbeit, die sich mit der motorischen Leistungsfähigkeit und der motorischen Entwicklung von Kindern und Jugendlichen in Verbindung mit dem Thema Talentsichtung beschäftigt. Als Diagnoseinstrument wird der Deutsche Motorik-Test 6-18 (DMT; Bös et al., 2016) eingesetzt. Der DMT ist eine valide und reliable Testbatterie zur Überprüfung der allgemeinen motorischen Fähigkeiten.

1.1 Vorwort: Zur Relevanz der Diagnostik motorischer Leistungsfähigkeit

Der Begriff Diagnostik beim Menschen bezeichnet die Methodik zur Diagnose (unterscheidende Beurteilung) von Merkmalen und basiert auf der Annahme, dass Unterschiede in den Persönlichkeitsmerkmalen (z.B. Fähigkeiten, Fertigkeiten) vorliegen. Zu den wichtigsten Diagnoseverfahren in der Trainingswissenschaft gehören die Beobachtung, die Befragung, apparative Verfahren sowie Tests (vgl. Bös, 2017, S. 120). Diagnoseverfahren existieren auch im Bereich motorische Leistungsfähigkeit bzw. Fitness.

Der DMT ist eine mehrdimensionale Fitness-Testbatterie und wurde entwickelt, um flächendeckende, repräsentative und methodisch vergleichbare Screenings zu ermöglichen. So kann auf Grundlage einer wissenschaftlich abgesicherten Methode, ein zuverlässiger Überblick über die motorische Leistungsfähigkeit von Kindern und Jugendlichen erhalten werden, um daraus gegebenenfalls notwendige Handlungsempfehlungen abzuleiten. Zudem können Auswahlentscheidungen im Rahmen von Talentsichtungsmaßnahmen vorbereitet werden (vgl. Seidel & Bös, 2012). Durch die Aufnahme von sportartübergreifenden Bewegungs-Checks in das Nachwuchsleistungssportkonzept 2020 ist in den letzten Jahren eine deutliche Aktivierung dieses Themas in Deutschland zu erkennen (Spahl, 2018).

Außerdem kann durch eine Prozessdiagnostik anhand von DMT-Wiederholungsmessungen die Leistungsentwicklung von Kindern und Jugendlichen überprüft und die eingesetzten Interventions- bzw. Trainingsmaßnahmen evaluiert werden (vgl. Seidel & Bös, 2012).

Im Bereich der motorischen Leistungsfähigkeit besteht die Annahme, dass Begabungen in der Bevölkerung normalverteilt sind (Hohmann, 2009). Aus statistischer Sicht liegen 95,44% der Testpersonen im Bereich von zwei Standardabweichungen und 99,74% im Spektrum von drei Standardabweichungen über bzw. unter dem Bevölkerungsdurchschnitt (siehe Abbildung 1; vgl. Kronthaler, 2014).

Schüler¹, die deutlich schlechter als der Bundesdurchschnitt abschneiden, sollten sportlich aktiver sein und Angebote im Bereich der Bewegungsförderung, z.B. an Gesundheitszentren, Volkshochschulen, im Schulsonderturnen oder in Sportvereinen, wahrnehmen. Sportliche Kinder und Jugendliche und potentielle Talente

¹ Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichwohl für beiderlei Geschlecht.

liegen deutlich über dem Durchschnitt und kommen grundsätzlich für eine Talentförderung in Sportvereinen oder an Sportschulen mit passenden Wettkampfmöglichkeiten in Frage (vgl. Herrmann et al., 2016). Die Höhe des Cut-Off-Wertes (z.B. zwei oder drei Standardabweichungen über dem Durchschnitt), die für eine weiterführende Talentförderung erreicht werden muss, kann variieren (vgl. Hohmann & Carl, 2003) und hängt vor allem von der Selektionsstrategie und den zur Verfügung stehenden Plätzen in Talentförderprogrammen ab.

Abbildung 1 zeigt ein einfaches Beispiel, wie anhand der Daten eines validen Screening-Instrumentes zielgruppenspezifisch Interventionen geplant und umgesetzt werden können.

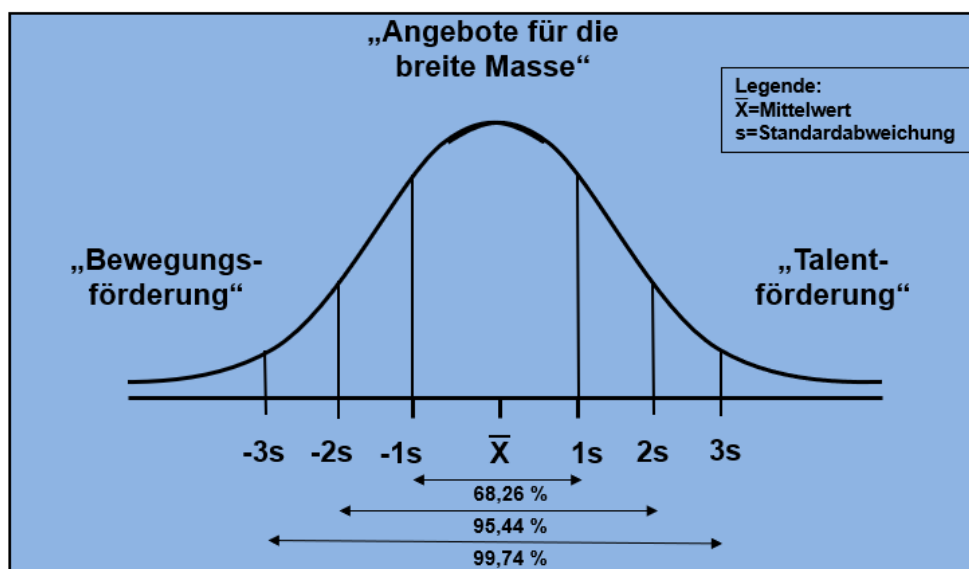


Abbildung 1: Ziele eines flächendeckenden DMT-Screenings (mod. nach Seidel & Roth, 2012, S. 4) (vgl. Kronthaler, 2014)

1.2 Einleitung und Problemstellung

In den letzten Jahren hat sich das Leben im gesellschaftlichen, familiären und schulischen Kontext für Kinder und Jugendliche verändert.

Aktuelle Ergebnisse der Motorik-Modul Studie (MoMo) zeigen einerseits einen Anstieg des organisierten Sporttreibens in der Schule und im Verein. Andererseits sind das unorganisierte Sporttreiben (Freizeit) sowie das Spielen im Freien zurückgegangen (Schmidt et al., 2017; Woll et al., 2019). Zudem ist die Nutzung digitaler Medien durch Jugendliche in den letzten Jahren deutlich angestiegen (Bucksch et al., 2014). In den Haushalten mit Kindern von sechs bis 13 Jahren existiert

Vollausstattung bezüglich Fernseher, Internetzugang und Handy (Feierabend, Planckenhorn, & Rathgeb, 2017).

Die Bewegungszeiten im Freien von Kindern und Jugendlichen gehen zurück, während die Sitzzeiten zunehmen (Pate et al., 2011; Ruiz et al., 2011). Bewegungsmangel ist zu einem führenden Risikofaktor für gesundheitliche Probleme geworden. Ungefähr zwei Drittel der Jugendlichen bewegen sich zu wenig (McDermott, 2007; Woll et al., 2019). Besonders Stadtkindern fehlt es an freien Bewegungserfahrungen. Weiter eingeschränkt werden die Bewegungsmöglichkeiten durch die fortschreitende Technisierung und Motorisierung in der Gesellschaft, wodurch der Mensch im Alltag nur noch selten auf körperliche Betätigung angewiesen ist.

Diese veränderte Lebenswelt von Kindern und Jugendlichen trägt auch dazu bei, dass die Häufigkeit von Übergewicht einschließlich Adipositas bei Jungen und Mädchen im Alter von drei bis 17 Jahren 15,4% (Adipositas: 5,9%) beträgt und sich in den letzten zehn Jahren auf hohem Niveau stabilisiert hat (Schienkiewitz et al., 2018).

Die motorische Leistungsfähigkeit stellt gemäß eines salutogenetischen Gesundheitsverständnisses eine wichtige Schutzfunktion dar (Bös et al., 2009a; Cantell, Crawford, & Tisch, 2008). Positive Effekte auf die körperliche (Ortega et al., 2008; Lopes et al., 2012) und psychische (Ortega et al., 2008; Smith et al., 2014) Gesundheit sind unbestritten. Ortega und Kollegen (2008, S. 1) bezeichnen die motorische Leistungsfähigkeit sogar als „one of the most important health markers, as well as predictor of morbidly and mortality for cardiovascular disease and for all causes“. Auch im Bereich der Talentdiagnose und Talentförderung spielen die motorische Leistungsfähigkeit und motorische Entwicklung eine bedeutende Rolle (Hohmann, 2009) und werden – neben der Utilisation und Belastungsfähigkeit – als Talentkriterien bezeichnet (Hohmann & Carl, 2003).

Die motorische Leistungsfähigkeit im Kindes- und Jugendalter unterliegt einer ständigen, durch Wachstums- und Reifeprozesse bedingten Veränderung, die insbesondere durch individuelle entwicklungs- und trainingsbedingte Faktoren beeinflusst wird. Aber auch in Abhängigkeit von den betrachteten Fähigkeiten Ausdauer, Kraft, Schnelligkeit, Koordination und Beweglichkeit zeigen sich unterschiedliche Leistungsverläufe im Kindes- und Jugendalter. Im Entwicklungsverlauf liegen zudem geschlechtsspezifische Unterschiede vor, die mit dem Eintritt in die Pubertät

bedeutender werden (Beunen & Malina, 1988; Papaiakevou et al., 2009; Wagner et al., 2010).

Durch inter- und intraindividuelle Unterschiede in der motorischen Entwicklung ist die zukünftige motorische Leistungsfähigkeit eines Kindes schwierig zu prognostizieren. Die Stabilität der motorischen Leistungsfähigkeit (Tracking) bezeichnet den Zusammenhang der Ergebnisse eines bestimmten Merkmals einer Population zu zwei verschiedenen Messzeitpunkten (Malina, 1996). Dieser Korrelationskoeffizient zeigt an, ob fitte Kinder auch zu einem später Zeitpunkt fit sind. Die Stabilität der motorischen Leistungsfähigkeit im Kindesalter wurde in verschiedenen Studien untersucht (z.B. Falk et al., 2001; Mc Millan & Erdmann, 2010; Vandorpe et al., 2012). Für Deutschland lag für den Zeitraum des Grundschulalters mit jährlich durchgeführten Testungen keine Studie vor. Hier setzt die vorliegende Forschungsarbeit an. Zum Thema Veränderung der motorischen Leistungsfähigkeit über die letzten Jahrzehnte liegen eine Vielzahl von nationalen und internationalen Studien vor, die einen Rückgang der motorischen Leistungsfähigkeit ab den 1970er Jahren bis zu Beginn des 21. Jahrhundert, insbesondere im Bereich der aeroben Ausdauer, bestätigen (Bös, 2003; Bös et al., 2008; Tomkinson & Olds, 2007). In den letzten zehn Jahren stagniert die motorische Leistungsfähigkeit (Tomkinson, Lang, & Tremblay, 2017) auf eher geringem Niveau oder steigt teilweise wieder leicht an (Albrecht et al., 2016). Wie sich die motorische Leistungsfähigkeit von sportlichen Kindern und Jugendlichen und potentiellen Talenten an Sportschulen in den letzten zehn Jahren in Deutschland verändert hat, wurde bisher nicht ausreichend geklärt und wird im Rahmen dieser Arbeit genauer untersucht.

Heutzutage entsteht vermehrt eine Drucksituation, potentielle Talente möglichst früh zu erkennen und zu rekrutieren (Buekers, Borry, & Rowe, 2015), denn im absoluten Top-Bereich steigen die motorische Leistungsfähigkeit und die Leistungsdichte in allen Altersgruppen an (Wick, 2014). Eine treffsichere Auswahl von potentiellen Talenten ist jedoch nicht einfach, denn die Talentprognose und -förderung sind komplexe, langfristige Vorgänge, und die individuelle biologische, psychosoziale und soziale Entwicklung verläuft nicht linear (vgl. Hohmann & Seidel, 2017, S. 306f.).

Die deutschen Nachwuchssportler weisen bereits in den Etappen des Aufbautrainings und Anschlussstrainings teilweise erhebliche Rückstände zur Weltspitze auf

(DOSB, 2013; Wick, 2014). Erschwerend kommt hinzu, dass durch den demographischen Wandel in Deutschland der Anteil der Jugendlichen an der Gesamtbevölkerung sinkt und somit auch die Anzahl an Talenten zurückgehen wird (Steinbach & Hartmann, 2007). Ein weiteres Problem entsteht dadurch, dass es gegenwärtig keiner Vereinsmitgliedschaft mehr bedarf, um Sport auf einem höheren Niveau zu treiben, denn „die Option sportlicher Eigenständigkeit ist allgegenwärtig“ (Wick, Golle, & Ohlert, 2013, S. 25; vgl. DOSB, 2013). Dies könnte dazu führen, dass potentielle Talente nicht mehr im Sportverein trainieren, wo die Basisarbeit im Nachwuchssport stattfindet (Güllich, Anthes, & Emrich, 2005).

Diese Problematik unterstreicht den Bedarf weiterer Forschungsarbeit in der Nachwuchsförderung sowie die Notwendigkeit, Kinder und Jugendliche frühzeitig für den organisierten Sport zu begeistern.

Bei der Talentauswahl bzw. Talentidentifikation sind die juvenile motorische Leistungsfähigkeit und deren Entwicklungstempo wichtige Prädiktoren für spätere Spitzenleistungen (Hohmann & Carl, 2003). Umso mehr überrascht es, dass bisher wenige Studien vorliegen, die die motorische Entwicklung unter Einfluss eines regelmäßigen sportlichen Trainings untersuchen (vgl. Hohmann, 2009; Pauer, 2001), zumal die Trainierbarkeit in dynamischen Konzepten sportlichen Talents eine bedeutende Rolle spielt (Hohmann, 2009). Aus diesem Grund sollten das allgemeine und spezifische Trainingsalter (Fröhlich al., 2011) sowie die Trainingsumfänge (vgl. Seidel et al., 2014) für die Talentauswahl erhoben werden, um die trainingsbedingten Leistungsverbesserungen besser beurteilen zu können. Daher beschäftigt sich eine weitere Studie dieser Dissertation mit der Eingangsleistung und der Entwicklung der motorischen Leistungsfähigkeit unter Berücksichtigung des Trainingsalters, des Trainingsumfangs sowie der Sportdisziplin.

1.3 Ziel- und Fragestellungen der Arbeit

Ziel dieser Arbeit ist es, differentielle Aspekte (Entwicklung, Veränderung, Einflussfaktoren) zur Entwicklung der motorischen Leistungsfähigkeit bei Kindern im Alter von sechs bis 14 Jahren zu analysieren und die Ergebnisse in den aktuellen Forschungsstand einzuordnen.

Die vorliegende Dissertation umfasst vier wissenschaftliche Artikel, deren Ziel- und Fragestellungen nachfolgend dargestellt sind.

Artikel (1) ist eine Längsschnittstudie, die sich mit der Entwicklung und der Stabilität der motorischen Leistungsfähigkeit im Grundschulalter beschäftigt. Folgende Fragestellungen werden bearbeitet:

1. Wie ist der Verlauf der motorischen Leistungsfähigkeit im Grundschulalter?
2. Wie stabil ist die motorische Leistungsfähigkeit im Grundschulalter?

Artikel (2) beinhaltet eine NRW-Projektübersicht, in der die Talentsichtung an den NRW-Sportschulen näher beleuchtet wird. Folgende Fragestellungen werden bearbeitet:

1. Wie sieht das Talentkonzept der NRW-Sportschulen aus?
2. Wie sehen die eingesetzten Testverfahren aus?
3. Wie ist der aktuelle Stand an den Sportschulen?

Artikel (3) beinhaltet Kohortenvergleiche in Klasse 4 und 7 und untersucht die zeitliche Veränderung der motorischen Leistungsfähigkeit an den NRW-Sportschulen. Neben den Mittelwerten werden die zehn besten Jungen und die zehn besten Mädchen eines Jahrganges genauer betrachtet. Die nachstehenden Fragestellungen werden beantwortet:

1. Wie hat sich die motorische Leistungsfähigkeit an den NRW-Sportschulen in den letzten zehn Jahren in Klasse 4 verändert (2007-2017)?
2. Wie hat sich die motorische Leistungsfähigkeit in den letzten acht Jahren in Klasse 7 verändert (2009-2017)?

Artikel (4) analysiert den Einfluss von talentrelevanten Aspekten auf die motorische Leistungsfähigkeit in Klasse 4 sowie auf die motorische Entwicklung zwischen Klasse 4 und 7. Folgende Fragestellungen werden bearbeitet:

1. In welchem Umfang beeinflussen die Sportdisziplin, das Trainingsvolumen und Trainingsalter die initiale motorische Leistungsfähigkeit?
2. In welchem Umfang beeinflussen die Sportdisziplin, das Trainingsvolumen und Trainingsalter die Entwicklung der motorischen Leistungsfähigkeit?

In den vorliegenden wissenschaftlichen Studien werden die DMT-Ergebnisse im Querschnitt-, im Kohorten- und im Längsschnittdesign alters- und geschlechtsspezifisch ausgewertet. Bezüglich der Untersuchungsstichprobe lassen sich drei Gruppen unterscheiden: Grundschul Kinder, Sportschulbewerber der Klasse 4 und Sportschüler der Klasse 7. Die Sportschulbewerber und vor allem die Sportschüler

schneiden normalerweise deutlich besser als die Durchschnittsbevölkerung ab und befinden sich hinsichtlich des Testergebnisses auf der rechten Seite der Normalverteilungskurve (siehe Abb. 1).

Tabelle 1 gibt einen Überblick über die in den Vergleichsgruppen analysierten Aspekte zur Entwicklung der motorischen Leistungsfähigkeit.

Tabelle 1: Untersuchte Aspekte zur Entwicklung der motorischen Leistungsfähigkeit (mot. LF.) getrennt nach Vergleichsgruppen

Stichprobe Aspekt	Grundschulkind Klasse 1-4	Sportschulbewerber Klasse 4	Sportschüler Klasse 7
Motorische Entwicklung	X		X
Veränderung mot. LF		X	X
Einflussfaktoren mot. LF/ motorische Entwicklung		X	X

1.4 Methodische Vorgehensweise

Im Folgenden werden die für die Dissertation relevanten Forschungsprojekte „Triekis“ und „NRW-Projekt“ beschrieben sowie die Stichprobe und das Untersuchungsdesign thematisiert. Anschließend wird auf die Testbatterie und Testauswertung eingegangen.

Triekis-Projekt

Triekis (ein Modellprojekt für Trierer Kinder) ist ein abgeschlossenes Forschungsprojekt, das sich mit der Bewegung, Gesundheit und Leistung von Trierer Grundschulkindern beschäftigt.

Das Projekt startete mit ersten organisatorischen Maßnahmen im Juli 2007 und endete mit dem Abschlussbericht im September 2013. Die Projektorganisation und -durchführung stellte insbesondere die Steuerungsgruppe des Projektes sicher. Diese setzte sich aus dem Landessportbund Rheinland-Pfalz, der Aufsichts- und Dienstleistungsdirektion in Trier (ADD), der Sportakademie Trier und dem FoSS zusammen. Die Projektleitung oblag Theodor Lamberts von der ADD (Roth & Seidel, 2013). An 23 Trierer Grundschulen wurden zwei Untersuchungskohorten jährlich mit dem DMT (Bös et al., 2016) getestet. Für die Testdurchführung und die Dateneingabe waren die Auszubildenden der Sportakademie Trier zuständig. Das FoSS war für die Auswertung der Testergebnisse sowie für die Qualitätssicherung der Testungen verantwortlich.

NRW-Projekt

Das NRW-Projekt ist ein laufendes Projekt, das an 18 NRW-Sportschulen umgesetzt wird. Es ist Teil des Konzeptes „Talentsuche und Talentförderung“, das im Rahmen der Kampagne „Leistungssport 2020 – Förderung von Eliten und Nachwuchs“ (Innenministerium NRW & Landessportbund NRW, 2010) in NRW etabliert wurde.

Erste organisatorische Maßnahmen starteten im Jahr 2006. Zu Projektbeginn wurden fünf NRW-Sportschulen aufgenommen. Im Jahr 2011 wurde entschieden, die Anzahl der NRW-Sportschulen zu erhöhen. Ab dem Schuljahr 2015/2016 existieren 18 NRW-Sportschulstandorte (Düsseldorf, Minden, Solingen, Dortmund, Köln, Münster, Paderborn, Essen, Leverkusen, Mönchengladbach, Dormagen, Gelsenkirchen, Bochum, Winterberg, Duisburg, Bonn, Mülheim, und Bielefeld/Herford). Insgesamt sind 32 Schulen am Projekt beteiligt (vgl. MFKJKS, 2015).

Das NRW-Projekt definiert sich durch Aufträge der Staatskanzlei NRW, die vom FoSS (Projektleitung: Prof. Dr. Klaus Bös) gemeinsam mit den Vertretern der NRW-Sportschulen, umgesetzt werden. Zu den Hauptaufgaben des FoSS gehören sowohl die Organisation und Durchführung als auch die Auswertung, Qualitätssicherung und Weiterentwicklung der motorischen Tests.

Der DMT (wird in NRW auch als Motorischer Test 1 (MT1) bezeichnet) wird an den NRW-Sportschulen als ein Aufnahmekriterium für die fünften Klassen eingesetzt. Drei Jahre später findet die Wiederholungsmessung, neben weiteren Tests, in Klasse 7 statt. Weiterführende Informationen zum NRW-Projekt finden sich in Artikel (2).

Stichprobe und Untersuchungsdesign

Im Triekis-Projekt wurden zwei Grundschul-Kohorten jährlich mit dem DMT getestet. Insgesamt nahmen 23 Trierer Grundschulen an dem Projekt teil. Kohorte 1 wurde von Klasse 1 bis 4 getestet; Kohorte 2 von Klasse 1 bis 3. Insgesamt wurden 1768 (m=853, w=915) verschiedene Personen getestet. Die Anzahl der insgesamt durchgeführten Testungen beträgt 4266 (m=2082, w=2184). Artikel (1) ist eine Längsschnittstudie, die die Testpersonen berücksichtigt, die zu allen Messzeitpunkten – von Klasse 1-4 (Kohorte 1) bzw. von Klasse 1-3 (Kohorte 2) – mit dem DMT überprüft wurden. Die Kohorte 1 umfasst 253 Schüler (m=137, w=116). Die Kohorte 2 setzt sich aus 315 (m=149, w=166) Schülern zusammen.

Im Rahmen des NRW-Projektes finden seit dem Schuljahr 2007/2008 DMT-Testungen in Klasse 4 und seit dem Schuljahr 2009/2010 in Klasse 7 statt. Durch die schrittweise Eingliederung der NRW-Sportschulen in das Projekt erhöhte sich die Anzahl der jährlich getesteten Personen im Projektzeitraum. Bis zum Schuljahr 2018/2019 wurden insgesamt 15146 (m=9865; w=5281) Sportschulbewerber in Klasse 4 getestet. In Klasse 7 beträgt die Anzahl der getesteten Sportschüler 4380 (m=2698; w=1682). Insgesamt haben 3420 (m=2114; w=1306) Schüler den DMT sowohl in Klasse 4 als auch in Klasse 7 absolviert. In den Methodik-Teilen der Artikel (2), (3) und (4) sind die analysierten Teilstichproben genau beschrieben.

In den Artikeln (2), (3) und (4) werden die Testergebnisse des NRW-Projektes analysiert. Artikel (2) ist ein Projekt-Übersichtsartikel. Es werden deskriptive Ergebnisse u.a. zum BMI im Querschnittsdesign präsentiert. Dieser Beitrag berücksichtigt Daten vom Schuljahr 2007/08 bis zum Schuljahr 2015/16. Artikel (3) ist eine Kohortenanalyse, die Daten von 2007/08 bis 2016/17 einbezieht. In Artikel (4) werden die Testergebnisse von 2007/08 bis 2017/18 analysiert. Bei dieser Studie handelt es sich um eine kombinierte Quer- und Längsschnittstudie. In Abbildung 1 ist das Untersuchungsdesign der Dissertation schematisch dargestellt.

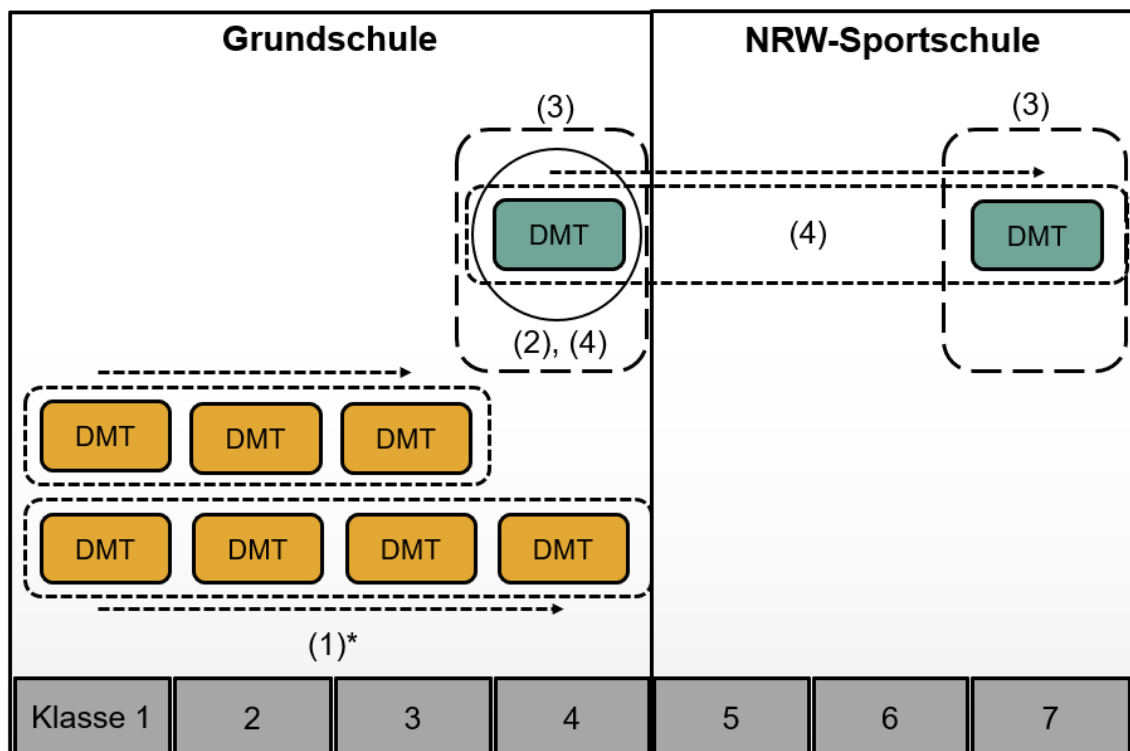


Abbildung 2: Schematisches Untersuchungsdesign der Dissertation differenziert nach Schulart und Klassenstufe
 Legende: * = Artikelnummer; \dashrightarrow = Längsschnitt; \bigcirc = Querschnitt; $\{ \}$ = Kohortenvergleich

Testbatterie

Der DMT ist eine fähigkeitsorientierte Testbatterie, die in vielen Projekten national und international zur Überprüfung der allgemeinen motorischen Fähigkeiten Ausdauer, Kraft, Schnelligkeit, Koordination und Beweglichkeit von Kindern im Alter von 6-18 Jahren eingesetzt wird. Zu den größten DMT-Projekten in Deutschland gehören „Berlin hat Talent“, „Sportplatz Kommune“ (früher: KommSport), Turnbeutelbande (früher: Bewegte Kommune), Fuldaer Bewegungsscheck sowie das NRW-Projekt. International wurden u.a. Studien in Kenia (Panchryz, 2019) und Ägypten (Karim et al., 2015) durchgeführt.

Der DMT basiert auf der Taxonomie sportmotorischer Testaufgaben (Bös, 1987, S. 103) und beinhaltet folgende acht Testaufgaben: 20m-Sprint, Standweitsprung, Liegestütz, Sit-ups, Balancieren rückwärts, Seitliches Hin- und Herspringen, Rumpfbeuge und 6-Minuten-Lauf (Bös et al., 2016). Die Zuordnung der Testaufgaben nach Fähigkeiten und Aufgabenstruktur erfolgt in Kapitel 2 von Artikel (2). Die Testbeschreibungen sind in den Methodik-Teilen der Artikel (1), (2), (3) und (4) nachzulesen.

Die Objektivitätskoeffizienten für die acht Testaufgaben sind gut bis sehr gut. Im Durchschnitt beträgt der Objektivitätskoeffizient 0,95. Reliabilitätsstudien zeigen für die acht Testaufgaben einen durchschnittlichen Wert von 0,82. Die Inhaltliche Validität wurde anhand eines Experten-Ratings überprüft. Hinsichtlich der Aussagekraft wird der DMT im Mittel mit 2,1 (Skala 1-5) bewertet. Die Durchführbarkeit wird mit der Note 1,8 beurteilt (vgl. Bös et al., 2016, S. 46ff.). Auf alternative Testbatterien bzw. Testaufgaben wird in Kapitel 3 eingegangen.

Testauswertung

Für den DMT liegt eine statistische Normierung vor, d.h. die Normierung basiert auf einem Vergleich mit empirischen Daten und erfolgt alters- und geschlechtsspezifisch (Bös et al., 2016). Die Datenbasis dafür stammt aus der für Deutschland repräsentativen MoMo-Studie (Bös et al., 2009a). Für sechs der acht Testaufgaben des DMT (Standweitsprung, seitliches Hin- und Herspringen, Balancieren rückwärts, Rumpfbeuge, Liegestütz, Sit-ups) existieren repräsentative Normwerte. Für die beiden anderen Testaufgaben (20m-Sprint, 6-Minuten-Lauf) liegen vergleichbare Normwerte aus verschiedenen Stichproben vor.

Durch die Transformation der DMT-Ergebnisse in Z-Werte (Standardnormen) kann somit ein Vergleich zum Bundesdurchschnitt erfolgen. Die Formel dafür lautet:

$Z = 100 + 10 \times (\text{individueller Wert} - \text{Mittelwert}) / \text{Standardabweichung}$ (Bös et al., 2016, S. 57).

Die Grundschul-Studie (Artikel (1)) wurde aus methodischen Gründen anhand der Rohwerte (unnormiert) ausgewertet. Hier findet kein Vergleich zum Bundesdurchschnitt statt. Bei den Artikeln (3) und (4) werden die Z-Werte analysiert.

2 Theoretische Grundlagen zur motorischen Leistungsfähigkeit, motorischen Entwicklung und Talent

2.1 Begriffsbestimmungen

Die „motorische Leistungsfähigkeit“, die „motorische Entwicklung“, „Talent“ und „Talentsichtung“ sind zentrale Begriffe dieser Dissertation und werden im Folgenden definiert.

Motorische Leistungsfähigkeit

In dieser Arbeit werden die Innenaspekte der Motorik fokussiert und damit „das Gesamtsystem jener körperinternen Prozesse [...], die den Vollzügen zu Grunde liegen“ (Roth & Willimczik, 1999, S. 11). Unter motorischer Leistungsfähigkeit wird die Überprüfung der nicht beobachtbaren motorischen Fähigkeiten Ausdauer, Kraft, Schnelligkeit, Koordination und Beweglichkeit verstanden. Auf der Messebene können zehn weiter ausdifferenzierte Beschreibungskategorien (aerobe Ausdauer, anaerobe Ausdauer, Kraftausdauer, Maximalkraft, Schnellkraft, Aktionsschnelligkeit, Reaktionsschnelligkeit, Koordination unter Zeitdruck, Koordination unter Präzisionsdruck, Beweglichkeit) unterschieden werden (Bös et al., 2016) (siehe auch Einleitung Artikel (4)).

Fähigkeiten werden im vorliegenden Konzept als Leistungsvoraussetzungen für beobachtbare spezifische Leistungsäußerungen (Fertigkeiten) bezeichnet (Bös & Mechling, 1983). Nach Bös (1987, S. 102) besteht zwischen „Fähigkeiten und Fertigkeiten eine enge gegenseitige Wechselbeziehung. Über die Anwendung der Fertigkeit wird eine Verbesserung der Fähigkeit erreicht, diese tragen ihrerseits über die Handlungsregulation zur qualitativen Verbesserung der Fertigkeiten bei“.

In den englischen Artikeln (1), (3) und (4) wird der Begriff „physical fitness“ verwendet.

Motorische Entwicklung

Die motorische Entwicklung im Sinne der Ontogenese wird als lebenslanger Prozess angesehen (Goodway, Ozmun, & Gallahue, 2019). Moderne Entwicklungskonzeptionen gehen davon aus, dass der Mensch, unter Berücksichtigung seiner genetischen Voraussetzungen, seinen Entwicklungsverlauf selbstständig beeinflussen und gestalten kann (Hirtz & Forschungszirkel „N.A. Bernstein“, 2007).

„Unter motorischer Entwicklung wird eine Reihe von miteinander zusammenhängenden, auf den motorischen Persönlichkeitsbereich bezogenen Veränderungen verstanden, die bestimmten Orten des zeitlichen Kontinuums eines individuellen Lebenslaufes, vorzugsweise operationalisiert über das kalendarische Alter, zuzuordnen sind“ (Willimczik & Singer, 2009a, S. 21). Das Lebensalter wird nicht als Ursache von Veränderungen angesehen werden, sondern dient der beschreibenden Kennzeichnung von Veränderungen (vgl. Pauer, 2001).

Als Gegenstand der motorischen Entwicklung gelten die motorischen Fähigkeiten und die damit in Verbindung stehenden elementaren Fertigkeiten (wie Gehen, Laufen, Springen, Werfen usw.) sowie sportmotorische Fertigkeiten (z.B. Diskuswurf) (Willimczik & Singer, 2009a).

In dem englischen Artikel (4) wird die die motorische Entwicklung mit „development of physical fitness“ übersetzt.

Talent

Der Begriff Talent gilt als multidimensional und dynamisch (Faber et al., 2016). Dieser Begriff ist keinesfalls auf die Sportwissenschaft begrenzt, sondern wird auch in anderen Bereichen wie Musik oder Kunst diskutiert. Die folgende Definition von Hohmann (2009, S. 11) beschreibt den Begriff Talent für den Sportbereich:

„Als Talent im Spitzensport wird eine Person bezeichnet, die (a) aus retrospektiver Sicht in ihrer Sportkarriere bereits nachweislich Spitzenleistungen erbracht hat oder die (b) unter Berücksichtigung des bereits realisierten Trainings im Vergleich mit Referenzgruppen ähnlichen biologischen Entwicklungsstandes und ähnlicher Lebensgewohnheiten überdurchschnittlich sportlich leistungsfähig ist und bei der man unter Berücksichtigung personenbezogener (endogener) Leistungsdispositionen und verfügbarer kontextueller (exogener) Förderbedingungen in prospektiver Hinsicht begründbar annimmt oder mathematisch-prognostisch ermittelt, dass sie in einem nachfolgenden Entwicklungsabschnitt sportliche Spitzenleistungen erbringen kann“ (Hohmann, 2009, S. 11).

Talentsichtung

Für die Auswahlverfahren zur Aufnahme in die Sportklassen ab den Klassen 5 und 8 ist der Begriff Talentsichtung relevant. Unter Talentsichtung kann die initiale Diagnose der Merkmale eines Kindes zu Beginn seines sportlichen Trainings verstanden

werden. Diesbezüglich werden die inhaltlichen Aspekte der Begutachtung und Bewertung eines Talents betont. Neben dem Begriff Talentsichtung haben sich Termini wie Talentsuche, Talententdeckung oder auch Talentscreening etabliert, die eher die organisatorische Seite der initialen Talentdiagnose fokussieren (vgl. Hohmann, 2009, S. 20).

Im Vergleich zur Talentsichtung bezieht sich der Begriff Talentidentifikation eher auf die Erkennung von Talenten (Moll, 2016), welche meist im sportartspezifischen Kontext mit sportartspezifischen Diagnoseinstrumenten stattfindet (Johnston et al., 2018; Pearson, Naughton, & Torode, 2006).

In den englischen Artikeln (3) und (4) werden die Begriffe „talent screening“ sowie „talent identification“ verwendet.

2.2 Die Entwicklungspsychologie der Lebensspanne

Nach Wollny (2002) können unterschiedliche Perspektiven in der Entwicklungspsychologie anhand der Strukturierungsgröße „Mensch-Umwelt Beziehung“ differenziert werden. Gemäß der Einflussnahme des Subjektes bzw. der Umwelt (aktiv vs. passiv) werden organismische, konstruktivistische, systemische sowie kontextualistische Konzeptionen unterschieden. Detaillierte Ausführungen finden sich bei Willimczik und Singer (2009b) sowie Wollny (2002).

Seit den 1980er Jahren haben sich weltweit kontextualistische Entwicklungskonzeptionen durchgesetzt (Willimczik & Singer, 2009b), bei denen eine hohe Einflussnahme des Subjektes und der Umwelt angenommen wird (vgl. Wollny, 2002, S. 24f). Hierzu zählt auch die Entwicklungspsychologie der Lebensspanne (Baltes, 1990). Diese Konzeption ist seit den 1990er Jahren in Deutschland anerkannt und wird auch in der sportwissenschaftlichen Diskussion berücksichtigt (Wollny, 2002). Die Entwicklungspsychologie der Lebensspanne verbindet allgemeine Aussagen über die Struktur des Lebenslaufs mit funktions- sowie altersspezifischen entwicklungspsychologischen Forschungsprogrammen (Lindenberger, 2000).

Die Entwicklung wird in diesem Modell als Resultat des Zusammenspiels von drei verschiedenen Einflussystemen (Dreifaktorenmodell) betrachtet. Diesbezüglich werden ontogenetische und lebenszyklische, evolutionäre sowie nicht-normative Einflüsse unterschieden. Ontogenetische und lebenszyklische Einflüsse stehen in engem Zusammenhang mit dem Lebensalter und können biologisch oder

umweltdeterminiert sein. Evolutionäre Einflüsse bezeichnen allgemeine und historische Ereignisse, die ganz bestimmte kulturelle Systeme betreffen. Diese Kohorteneffekte können auch durch Ereignisse wie Naturkatastrophen und Epidemien ausgelöst werden. Als nicht-normativ gelten biologische oder umweltbezogene Ereignisse, die nicht vorhersehbar sind (z.B. Krankheit) und die Entwicklung der Einzelperson betreffen (vgl. Brandstädter, 2007, S. 45ff.). Über den Lebenslauf hinweg verändern sich die relativen Gewichte der Einflussssysteme (Baltes, 1990).

Auf Basis dieses Dreifaktorenmodells hat Baltes (1990) sieben thesenähnliche Grundannahmen als Leitsätze zusammengefasst:

1. lebenslange Entwicklung
2. Multidirektionalität und -dimensionalität
3. Entwicklung als Gewinn und Verlust
4. Plastizität
5. Geschichtliche Einbettung
6. Kontextualismus
7. Multidisziplinäre Betrachtungsweise

Insgesamt sind nicht die einzelnen Leitsätze, sondern vielmehr die Gesamtzusammenhänge von Bedeutung (Baltes, 1990).

Willimczik und Conzelmann (1999) haben die Entwicklungspsychologie der Lebensspanne auf die motorische Entwicklung in der Sportwissenschaft übertragen und zusätzlich eine Einteilung in endogene und exogene Einflussfaktoren vorgenommen. In der nachfolgenden Tabelle 1 finden sich die Leitorientierungen sowie die damit in Verbindung stehenden Annahmen (mod. nach Willimczik & Conzelmann, 1999, S. 64):

Tabelle 2: Leitorientierungen und Annahmen zum Forschungsprogramm „Motorische Entwicklung in der Lebensspanne“ (mod. nach Willimczik & Conzelmann, 1999, S. 64)

Leitorientierung	Annahme
Motorische Entwicklung als Gewinn und Verlust	Motorische Entwicklung wird als Veränderung des Verhaltens und der Verhaltensmöglichkeiten im Persönlichkeitsbereich über die Zeit verstanden. Sie orientiert sich am Lebensalter. Veränderungen können positiv (Gewinn) und negativ (Verlust) auftreten.
Einflussssysteme auf die motorische Entwicklung (Kontextualismus)	Die Einflussfaktoren auf die motorische Entwicklung lassen sich einerseits in endogene und exogene und andererseits in altersbezogene, geschichtliche und nicht-normative Entwicklungseinflüsse differenzieren.

2 Theoretische Grundlagen zur motorischen Leistungsfähigkeit, motorischen Entwicklung und Talent

Multidirektionale Entwicklung motorischer Persönlichkeitsmerkmale	Die einzelnen motorischen Merkmale (Fähigkeiten, Fertigkeiten) entwickeln sich multidirektional. Dies bedeutet, dass der Grad der Zunahme bzw. Abnahme sowohl zwischen als auch innerhalb der motorischen Merkmale in den einzelnen Entwicklungsabschnitten (sehr) unterschiedlich, im Extremfall gegenläufig sein kann.
Plastizität der motorischen Entwicklung	Die motorische Entwicklung in der Lebensspanne ist durch eine hohe intraindividuelle Plastizität (Veränderbarkeit innerhalb einer Person) gekennzeichnet. Entsprechend kommt dem Aspekt der Modifizierbarkeit motorischer Entwicklungsverläufe durch die Variation exogener Bedingungen eine große Bedeutung zu.
Einflussfaktoren auf die motorische Entwicklung	Die für die Entwicklung relevanten endogenen und exogenen Einflussgrößen können in direkte und indirekte Faktoren unterschieden werden. Direkte Einflussgrößen können körperliche Belastungen in Beruf, Alltag und Training sein; als indirekt anzusehen sind Persönlichkeitsmerkmale (z.B. Motivdisposition) und das soziale Umfeld (z.B. Freundeskreis), die Einfluss auf die direkten Faktoren (z.B. Teilnahme am Training) nehmen können. In einer weiteren Differenzierung können die exogenen Einflussfaktoren in intentionale (z.B. Anpassungserscheinungen nach Belastungen) oder nicht-intentionale (z.B. Alltagserfahrungen) unterschieden werden.

Für die vorliegende Arbeit ist die Systematisierung in endogene und exogene Faktoren relevant. Die endogenen (inneren) Ursachen für Leistungsänderungen im Kindes- und Jugendalter stehen mit der körperlichen Reifung und dem Wachstum in Zusammenhang. Für die exogenen (äußeren) Faktoren sind die biologische Adaption sowie das Lernen grundlegend (Willimczik & Conzelmann, 1999). Alter, Geschlecht und BMI werden in diesem Zusammenhang als direkte, endogene Einflussfaktoren (vgl. Albrecht, 2015) bezeichnet. Trainingsdisziplin, Trainingsumfang, und Trainingsalter sind als direkte exogene Einflussgrößen anzusehen. Der Jahrgang (Kohorte) wirkt als indirekter exogener Einflussfaktor.

2.3 Talententwicklung und Talentkriterien

Die Talententwicklung stellt einen komplexen und langfristigen Prozess dar, der durch eine Verknüpfung von trainingswissenschaftlichen und trainingspraktischen Aufgaben gekennzeichnet ist (Hohmann & Seidel, 2017). Das wichtigste Ziel in der Talententwicklung besteht darin, die sportliche Leistungsfähigkeit von Nachwuchsathleten auszubilden und zu entwickeln (Hoffmann, 2014; Martindale, Collins, & Daubney, 2005).

2 Theoretische Grundlagen zur motorischen Leistungsfähigkeit, motorischen Entwicklung und Talent

In dem langfristigen Prozess der Talententwicklung steht am Ende eine adulte Endleistung (Hohmann & Seidel, 2017). Experten gehen davon aus, dass das Zusammenwirken von Begabung und genetischen Faktoren bis zu 50 % der späteren Endleistung erklären kann. Der verbleibende Teil des Leistungspotentials wird aus dem Zusammenwirken von den sich entwickelnden Fähigkeiten mit persönlichen Umgebungsfaktoren und dem ständigen Feedback des Umfeldes realisiert (vgl. Nordmann, 2009, S. 30f.). In der Abbildung 1 ist das Modell der Talententwicklung nach Hohmann und Seidel (2017, S. 305) dargestellt.

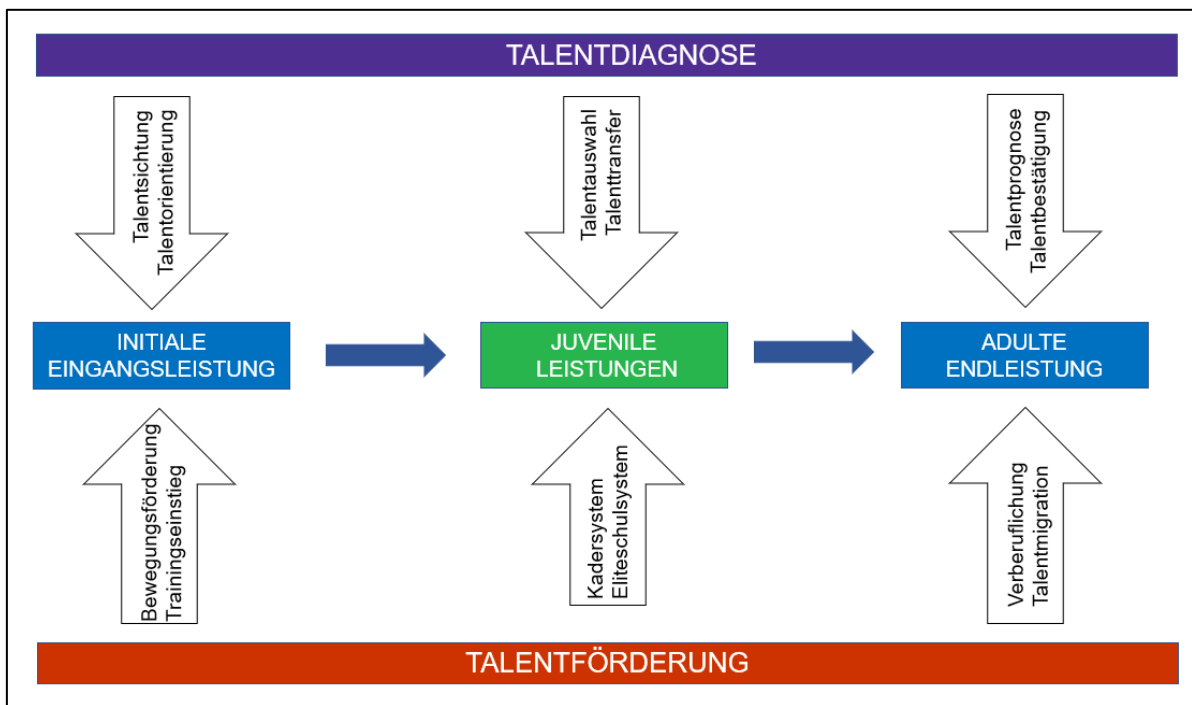


Abbildung 3: Modell der Talententwicklung als langjähriger und gestufter Prozess aus Talentdiagnose und Talentförderung (Hohmann & Seidel, 2017, S. 305)

Die Talententwicklung ist gekennzeichnet durch die zwei Säulen Talentdiagnose und Talentförderung. Die Talentdiagnose beruht auf zwei Grundannahmen: Erstens, Talent ist identifizierbar, und zweitens, Höchstleistung im Erwachsenenalter kann durch juvenile Leistung prognostiziert werden (vgl. Cobley, Schorer, & Baker, 2012, S. 8).

Im Bereich Talentdiagnose sind im Grundschulalter Talentsichtungsmaßnahmen wie an den NRW-Sportschulen erforderlich. Diese können durch Sportartenempfehlungen ergänzt werden. In einem weiteren Schritt findet die Talentauswahl, kombiniert mit einem möglichen Talenttransfer aus anderen Sportarten, statt. Die Talentdiagnose schließt mit der langfristigen Talentbestätigung ab, um die Qualität der Talentprognose beurteilen zu können. Im Bereich Talentförderung ist zu Beginn der

Zeitpunkt des Trainingseinstiegs relevant. Darauf folgt im Jugendalter die Talentförderung im Verbundsystem Sportverein, Sportschule und Kadersystem. Der letzte Abschnitt ist durch die berufliche und sportliche Unterstützung an den zentralisierten Stützpunkten gekennzeichnet (vgl. Hohmann & Seidel, 2017, 305f.).

Bei der Talentauswahl liegen die folgenden vier diagnostische Prädiktoren oder Talentkriterien vor (Hohmann, 2009; Hohmann & Carl, 2003):

1. Leistungsauffälligkeit in Bezug auf Wettkampfleistung und sportmotorischer Leistungsfähigkeit bzw. Leistungsmerkmale
2. Leistungsentwicklungstempo und Trainierbarkeit
3. Utilisation (Ausnutzungsgrad) von Leistungsvoraussetzungen
4. Psychophysische Belastbarkeit

Die Leistungsauffälligkeit ist ein wichtiges Kriterium, denn häufig wird dadurch erst der Zugang zu Talentfördermaßnahmen ermöglicht. Jedoch ist es schwierig, insbesondere vor der Pubertät, die Leistungsentwicklung zuverlässig einzuschätzen (Hoffmann, 2014). Wichtige Informationen können Leistungsmerkmale liefern, die während der Pubertät relativ stabil bleiben (z.B. Wurftechnik oder Körpergröße) (Hohmann & Seidel, 2003).

Bei dem Leistungsentwicklungstempo kommt der Trainierbarkeit eine Schlüssel-funktion zu, da die Leistungsentwicklung neben der sportmotorischen Entwicklung und unspezifischen Alltagsanforderungen insbesondere vom Trainingseinfluss abhängt (Hohmann, 2009). Es gilt jedoch zu berücksichtigen, dass bei unterschiedlichen Athleten individuelle Leistungsanstiege zu beobachten sind (Pauer, 2001). Darüber hinaus liegt bei diesem Talentkriterium ein methodisches Problem vor. Je besser die Leistungsfähigkeit eines Athleten ist, desto schwieriger wird es, weitere Leistungssteigerungen in der Zukunft zu erreichen (Hohmann & Seidel, 2003).

Die Utilisation wird als Ausnutzungsgrad der individuellen Leistungsvoraussetzungen bezeichnet. Gemäß diesem Ansatz gelten die Athleten als geeignet, die eine hohe Wettkampfleistung bei altersbezogen eher wenig entwickelten Leistungsvoraussetzungen erbringen (Hohmann, 2009). Somit schöpfen talentierte Sportler ihre Leistungspotentiale besser aus als nicht-talentierte. Das Potential eines Sportlers wird im Trainingsprozess in tatsächliche sportliche Leistung umgesetzt. Diese Entwicklungsmöglichkeiten eines Sportlers nehmen mit zunehmendem Alter ab (Nordmann, 2009).

Bei dem Kriterium Belastbarkeit ist die physische und psychische Komponente zu unterscheiden. Das grundlegende Ziel im Nachwuchsleistungssport aus orthopädischer Sicht ist, die Sicherung und Entwicklung der Belastbarkeit bei Verbesserung der sportlichen Leistung. Das bedeutet, dass biologische Funktionen und Strukturen gegenüber mechanischen Belastungen tolerant sind und sich gut regenerieren. Neben den Strukturen von Bindegewebe, Faszien, Sehnen und Bändern sind auch neuromuskuläre Zustandsgrößen von Bedeutung (vgl. Fröhner, 2017, S. 330).

Mit den wachsenden physischen Anforderungen steigen auch die psychischen Belastungen, die die Nachwuchsathleten tolerieren müssen, um ihr sportliches Potential auszuschöpfen. In diesem Zusammenhang sind insbesondere motivationale und volitionale Kompetenzen sowie die Selbstregulationskompetenz (vgl. Heiss et al., 2009) von Bedeutung.

3 Motorische Entwicklung von sportlichen Kindern und Jugendlichen: Ein Literaturreview

Diese wissenschaftliche Arbeit beschäftigt sich schwerpunktmäßig mit den sportlichen Kindern und Jugendlichen der NRW-Sportschulen. Im nachfolgenden Literaturreview werden Studien zur Leistungsentwicklung bzw. zur Trainierbarkeit (2. Talentkriterium; Hohmann, 2009) recherchiert und analysiert. Dieses Review stellt eine Ergänzung zu Artikel (4) „Development of Physical Fitness at Sport Schools under Consideration of Talent Specific Aspects“ dar.

Für Artikel (1) „Tracking of Physical Fitness of Primary School Children in Trier. A 4-Year Longitudinal Study“ wird auf die Literaturübersicht in der Einleitung von Artikel (1) verwiesen. Insbesondere die Studien von Falk et al. (2001), Mc Millan & Erdmann (2010) sowie Vandorpe et al. (2012) sind für diese Arbeit interessant, da diese sich gleichermaßen mit dem Grundschulalter auseinandersetzen.

Artikel (2) befasst sich mit der Talententwicklung im NRW-Sportschulprojekt. Eine Übersicht zu verschiedenen Modellen der Talententwicklung ist bei Gulbin und Mitarbeiter (2013) dargestellt.

Für das Thema „Veränderung der motorischen Leistungsfähigkeit“ (Artikel (3)) liefern die Reviews von Tomkinson (2007), Tomkinson und Olds (2007) sowie Tomkinson, Lang und Tremblay (2017) umfangreiche Ergebnisse aus internationaler Perspektive. Für Deutschland sind die Reviews von Bös (2003) und Bös und Mitarbeitern (2008) sowie die für Deutschland repräsentative Studie von Albrecht und Kollegen (2016) bedeutsam.

Einleitung:

Allgemeine motorische Leistungsfähigkeit ist Grundvoraussetzung für sportmotorisches Können in den verschiedenen Disziplinen (Kramer et al., 2016b; Seidel & Bös, 2011). Wachstum, Entwicklung und Training sind wichtige Faktoren, die es bei sportlichen Kindern und Jugendlichen, insbesondere im zeitlichen Umfeld der Pubertät, zu berücksichtigen gilt (vgl. Fransen et al., 2014; Zhao et al., 2020).

Für die Talentdiagnose bedarf es standardisierter Testverfahren, um die motorische Leistungsfähigkeit zuverlässig erfassen zu können. Im Kontext der Talentdiagnose werden grundsätzlich allgemeine Talentsichtungsmaßnahmen auf der ersten Stufe und sportartspezifische Auswahlverfahren auf der zweiten Stufe des Talententwicklungsmodells (siehe Abb. 3; Hohmann & Seidel, 2017) unterschieden.

Das Ziel dieses Reviews ist eine überblicksartige Zusammenstellung der recherchierten Panelstudien zum Thema „Entwicklung der motorischen Leistungsfähigkeit von sportlichen talentierten Kindern und Jugendlichen“. In einem weiteren Schritt sollen die in den vorliegenden Untersuchungen eingesetzten motorischen Tests sowie die erfassten Trainingsparameter betrachtet werden. Diese Vorgehensweise mündet in die folgenden drei Fragestellungen:

1. Sind die angewandten Tests standardisierte allgemeine Testverfahren oder werden sportartspezifische Testverfahren eingesetzt?
2. Welche Überschneidungsbereiche hinsichtlich der motorischen Tests gibt es bei der Sportart Fußball?
3. Werden Angaben zu den Trainingsparametern (quantitativ/qualitativ) in den Analysen berücksichtigt?

Methodik:

Nachfolgend werden Studien dokumentiert, die sich mit der Leistungsentwicklung von Kindern und Jugendlichen mit Talentbezug auseinandersetzen und in den letzten 20 Jahren veröffentlicht wurden (Jahr der Veröffentlichung: 2000-2020). Talentbezug bedeutet in diesem Zusammenhang, dass eine Sportvereinsmitgliedschaft bzw. eine Sportschulzugehörigkeit vorhanden ist. Außerdem werden nur Untersuchungen eingeschlossen, die einen „echten Längsschnitt“ beinhalten, d.h. die gleichen Studienteilnehmer werden an aufeinanderfolgenden Messzeitpunkten getestet. Trendstudien werden in diesem Kontext nicht berücksichtigt. Auch Interventionsstudien und experimentelle Studien werden ausgeklammert. Das Review wurde mit den Datenbanken PubMed und Scopus durchgeführt.

Im Titel, im Abstract und in den Schlagwörtern wurde im Oktober und November 2020 stufenweise nach den folgenden Begriffen gesucht: „physical fitness“, „motor performance“, „motor skills“, „children“, „adolescent“, „youth“, „development“, „growth“, „talent“, „athlete“ und „motor test“. In einem weiteren Schritt wurden die Treffer durch eine Abstractanalyse weiter eingegrenzt. Abschließend erfolgte eine Überprüfung der Literaturverzeichnisse der ausgewählten Artikel auf weitere relevante Studien. In der folgenden Abbildung ist der Ablauf des Reviewverfahrens mit den in den Datenbanken erzielten Treffern dargestellt.

3 Motorische Entwicklung von sportlichen Kindern und Jugendlichen: Ein Literaturreview

<u>Studiendesign:</u>	Längsschnittstudie	
<u>Datenbanken:</u>	<u>PubMed</u>	<u>Scopus</u>
<u>Treffer:</u>	1. Schritt: „ <u>physical fitness</u> “ or „ <u>motor performance</u> “ or „ <u>motor skills</u> “ and PubMed: 324.021	Scopus: 287.363
<u>Treffer:</u>	2. Schritt: „ <u>child</u> “ or „ <u>adolescent</u> “ or „ <u>youth</u> “ and PubMed: 59.551	Scopus: 51.383
<u>Treffer:</u>	3. Schritt: „ <u>development</u> “ or „ <u>growth</u> “ and PubMed: 18.752	Scopus: 17.395
<u>Treffer:</u>	4. Schritt: „ <u>talent</u> “ or „ <u>athlete</u> “ and PubMed: 613	Scopus: 578
<u>Treffer:</u>	5. Schritt: „ <u>motor test</u> “ PubMed: 155	Scopus: 140
<u>Treffer:</u>	6. Schritt: <u>Abstractanalyse</u> 22	
<u>Treffer:</u>	7. Schritt: Analyse Literaturverzeichnis 25	
Anzahl relevante Studien (gesamt): 25		

Abbildung 4: Ablauf und Treffer des Reviewverfahrens

Nach einer fünfstufigen Abfrage anhand der ausgewählten Begriffe und anschließender Abstractanalyse wurden insgesamt 22 Längsschnittstudien identifiziert. Durch die Analyse der Literaturverzeichnisse konnten weitere drei Studien ergänzt werden. Somit liegen im Ergebnisteil 25 Studien vor.

Ergebnisse:

In der nachfolgenden Tabelle 3 sind die 25 recherchierten Studien aufgeführt. Die Recherche hat keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Tabelle 3: Übersicht über Längsschnittstudien zur Entwicklung der motorischen Leistungsfähigkeit von sportlichen Kindern und Jugendlichen

Autor, Jahr und Land	Untersuchungsstichprobe		Zeitraum	Messzeitpunkte	Sportart	Motorische bzw. sportartspezifische Tests	Trainingsparameter
	N/ Geschlecht	Alter (Jahre) Baseline					
Zhao et al., 2020, China	N=39 (m)	12-14 Jahre	2016-2018	5 (halbjährlich)	Schwimmen, Tischtennis, Badminton	Kreuzheben, Reaktionsstest	Umfang, Inhalt
Leyhr et al., 2020, Deutschland	N=737 (w)	U12	2004-2014	4 (jährlich)	Fußball	20m-Sprint, Agility-Test, Dribbeltest, Ballkontrolle, Schusstest	---
Leyhr et al., 2018, Deutschland	N=1134 (m)	U12 11,42 ± 0,28	2004-2009	4 (jährlich)	Fußball	20m-Sprint, Agility-Test, Dribbeltest, Ballkontrolle, Schusstest	---
Te Wierike et al., 2018, Holland	N=73 (m)	16,56 ± 1,96	2008-2012	bis zu 9	Basketball	Ballkontrolle (STAR-test)	---
Granacher & Borde, 2017, Deutschland	N=20	9,5 ± 0,5	2014-2015	1 (1 Jahr)	Sport-schule	20m-Sprint, 1kg Medizinballstoßen, Star-Agility-Test, 6-Min-Lauf, Standweitsprung, Single leg-stance-Test, Stand and reach	Umfang, Intensität, Inhalt
Fransen et al., 2017, Belgien	N=2228	5-19 Jahre 13,8 ± 0,8	2007-2013	bis zu 14	Fußball	Balancieren rückwärts, Seitl.	---

3 Motorische Entwicklung von sportlichen Kindern und Jugendlichen: Ein Literaturreview

						Umsetzen, Seitl. Hin- und Herspringen, Handkraftmessung, Sit & reach, Standweitsprung, 30m-Sprint, Yo-Yo-Test, T-Test	
Forsman et al., 2016, Finnland	N=288 (m)	12,7 ± 0,6	Keine Angabe	3 (halbjährlich)	Fußball	Dribbeltest, Passtest, 30m-Sprint, Achterlauf mit Ball	Umfang
Kramer et al., 2016 (a), Holland	N=256 (m)	10-15	keine Angabe	uneinheitlich	Tennis	Countermovement jump, 5m-Sprint	---
Kramer et al., 2016 (b), Holland	N=196 m=113, w=83	U14 12,5 ± 0,3 (m) 12,4 ± 0,3 (w)	2005-2012	3 (jährlich)	Tennis	Squad jump, Countermovement jump, Medizinballweitwurf, Ballwurftest, Agility-Test (Spider), 10m-Sprint	Umfang
Deprez et al., 2015 (a), Belgien	N=388 (m)	U10	2007-2012	6 (jährlich)	Fußball	Standweitsprung, Countermovement Jump; Yo-Yo-Test, 30m-Sprint, Dribbeltest, Seitl. Hin- und herspringen, Balancieren rückwärts, Seitl. Umsetzen	Umfang, Inhalt
Deprez et al., 2015 (b), Belgien	N=555 (m)	11.4 ± 3,4	2007-2013	uneinheitlich	Fußball	Seitliches Umsetzen, Balancieren rückwärts, Seitl. Hin- und Herspringen, Standweitsprung, Countermovement Jump	Umfang
Hirose & Seki, 2016, Japan	N=58 (m)	U13 13,2 ± 0,2 U15	keine Angabe	2 (2 Jahre)	Fußball	40m-Sprint, Fünferhopp, 10x5m-Wechselsprint	---

3 Motorische Entwicklung von sportlichen Kindern und Jugendlichen: Ein Literaturreview

		15,2 ± 0,2					
Höner et al., 2015, Deutschland	N=68159 (m)	U12	2004-2012	8 (halbjährlich)	Fußball	20m-Sprint, Agility-Test, Dribbeltest, Ballkontrolle, Schusstest, Jongliertest	---
Cobley et al., 2014, England	N=6 (m)	U13	2005-2008	3 (jährlich)	Rugby	60m-Sprint, Medizinballweitwurf, Agility-Test 505, Yo-Yo-Test, Squad jump,	---
Deprez et al., 2014, Belgien	N=162 (m)	12,2 ± 1,3	2007-2012	uneinheitlich	Fußball	Seitliches Umsetzen, Balancieren rückwärts, Seitl. Hin- und Herspringen, Yo-Yo-Test	---
Till et al., 2014, England	N=81 (m)	13.62 ± 0.24	2005-2008	3 (jährlich)	Rugby	60m-Sprint, Agility-505-Test, Medizinballwerfen, Countermovement jump,	---
Fransen et al., 2014, Belgien	N=501 m=268, w=233	6-10 Jahre	keine Angabe	2 (2 Jahre)	versch. Sportarten	Sit and reach, Sit-ups, Knie-Liegestütz, Handgreiftest, Standweitsprung, 10x5m Shuttle run, Yo-Yo-Test	
Prukner & Sigmondova, 2014, Tschechien	N=176 m=109, w=67	6. Klasse	2000-2007	2 (4 Jahre)	Sport-schule	30m-Sprint, 4x10m Shuttle run, Cooper-Test, Standweitsprung, Sechserhopp, Medizinballweitwurf, Sit-ups, Liegestütz, 60m-Sprint, 1500m-Lauf, Kugelstoßen, Sechserhopp, Weitsprung	---

3 Motorische Entwicklung von sportlichen Kindern und Jugendlichen: Ein Literaturreview

Zuber & Conzelmann, 2014, Schweiz	N=160 (m)	12,26 ± 0,29	keine Angabe	2 (sieben Monate)	Fußball	Dribbeltest, Jonglier- test, Ballkontrolle, Agility-Test, 40m- Sprint, Yo-Yo-Test, Countermovement jump	Umfang
Huijgen et al., 2010, Holland	N=267 (m)	13.50-14.49	2001-2008	7 (jährlich)	Fußball	Spez. Shuttle-Sprint, Dribbeltest, Slalom- Sprint und Dribbeltest	---
Elferink-Gemser et al., 2007, Holland	N=126 m=63; w=63	13,9 ± 1,3	2000-2003	3 (jährlich)	Feldho- ckey	spez. Shuttle-Sprint- und Shuttle-Run- Tests, Dribbeltests	Umfang, Inhalt
Lidor et al., 2007, Israel	N=15 (m)	16,4 ± 0,82	keine An- gabe	6 (ca. 3 Mo- nate)	Volleyball	20m-Sprint, Agility- Test, Medizinballweit- wurf, Standweit- sprung, Jump & reach, Yo-Yo-Test, Aufschlagtest	---
Philippaerts et al., 2006, Belgien	N=232 (m)	12.2 ± 0,7	1996-2000	5 (jährlich)	Fußball	Flamingo Balance- Test, Halten im Hang, Standweitsprung, Sit- ups, 10 x 5m Shuttle run, Plate tapping Test, Sit & reach, Yo- Yo-Test, Jump & reach, 5x10m Shuttle Sprint, 300m (STEMPO)	Umfang, Inhalt
Falk et al., 2004, Israel	N=24 (m)	12-14	1994-1996	3 (jährlich)	Wasser- ball	Freistil (50m, 100m, 200m, 400m), Brust- schwimmen (100m), Butterfly (100m), Drib- beltest, Wurfetest, Dis- tanzwurf, Sprungtest	---

3 Motorische Entwicklung von sportlichen Kindern und Jugendlichen: Ein Literaturreview

Eisenmann & Malina, 2003, USA	N=54 m=27, w=27	8,0 – 15,1	1982-1986	6 (jährlich)	Langstreckenlauf	Achterlauf, Standweitsprung, Jump & reach, Halten im Hang, Sit & reach, Quadrantensprünge, Sit-ups	---
-------------------------------	--------------------	------------	-----------	--------------	------------------	--	-----

Die ausgewählten Untersuchungen wurden mit Athleten aus elf verschiedenen Ländern in den Sportarten Fußball (12 Studien), Tennis (2), Rugby (2), Basketball (1), Feldhockey (1), Volleyball (1), Wasserball (1) und Langstreckenlauf (1) durchgeführt. In vier weiteren Studien werden Jugendliche aus verschiedenen Sportarten berücksichtigt.

Bezüglich der Anzahl der untersuchten (potentiellen) Talente ($N \geq 6$; $N \leq 68.159$) liegen erhebliche Unterschiede vor. Auch der Untersuchungszeitraum (1 bis 10 Jahre) und die Anzahl der Messzeitpunkte (1 - 14) variieren.

Der Mehrzahl der Studien beschäftigt sich mit Probanden, die zu Studienbeginn mindestens zehn Jahre alt waren. Granacher und Borde (2017), Eisenmann und Malina (2003) sowie Fransen und Kollegen (2014, 2017) erfassen auch jüngere Teilnehmer im Rahmen der Baseline-Messung. Die Studie von Granacher & Borde (2017) ist in Bezug auf das Probandengut mit dem vorliegenden Artikel (4) „Development of Physical Fitness“ (Roth et al., 2020) vergleichbar. Diese Untersuchung berücksichtigt ebenfalls Viertklässler von Sportschulen aus Deutschland ($9,5 \pm 0,5$ Jahre).

1. Sind die angewandten Tests standardisierte allgemeine Testverfahren oder werden sportartspezifische Testverfahren eingesetzt?

Abhängig von der Fragestellung und den untersuchten Athleten werden sowohl allgemeine standardisierte Test sowie sportartspezifische Testverfahren eingesetzt. Bei den Studien, die Athleten aus verschiedenen Sportarten messen (Fransen et al., 2014; Granacher & Borde, 2017; Prukner & Sigmundova, 2014; Zhao et al., 2020), wird allgemein getestet. Im Gegensatz dazu liegen Untersuchungen vor, die fast ausschließlich sportartspezifische Tests verwenden (z.B. Falk et al., 2004; Forsman et al., 2016; Höner et al., 2015).

Oft beinhalten die Untersuchungen eine Kombination aus semispezifischen und sportartspezifischen Tests (z.B. Hirose & Seki, 2016; Kramer et al., 2016b). Semispezifisch bedeutet in diesem Zusammenhang, dass der Test nicht eine sportartspezifische Technik überprüft, jedoch die Bewegungshandlung einen gewissen Verwandtschaftsgrad mit den Techniken der Zielsportart aufweisen (vgl. Seidel et al., 2014).

Unter Berücksichtigung der Fragestellung, werden sowohl motorische Einzeltests ausgewählt (z.B. Kramer et al., 2016a) als auch komplette Testbatterien, wie die

EUROFIT-Testbatterie (Council of Europe, 1988), durchgeführt (vgl. Fransen et al., 2014). Die Testaufgaben zur Überprüfung der allgemeinen motorischen Leistungsfähigkeit 20m-Sprint, Standweitsprung, Sit-ups, Rumpfbeuge (Stand & reach) sind standardisierte und bekannte Testaufgaben, die im DMT (Bös et al., 2016) enthalten sind und auch in den vorliegenden Untersuchungen häufig, teilweise in abgewandelter Form (z.B. 30m-Sprint oder Sit & Reach), verwendet werden (siehe auch Oberger, 2015). Außerdem verwenden die Wissenschaftler häufig koordinative Tests wie Seitliches Hin- und Herspringen, Balancieren rückwärts sowie Seitliches Umsetzen, die dem Körperkoordinationstest für Kinder (Kipphard & Schilling, 1974) entstammen.

Die Liegestütz-Aufgabe wird lediglich in zwei Studien (Fransen et al., 2014; Prukner & Sigmundova, 2014) berücksichtigt. Als Alternative zur Liegestütz-Aufgabe ist das Halten im Hang zu nennen, das bei Philippaerts und Kollegen (2006) sowie Eisenmann und Malina (2003) zum Testinstrumentarium gehört.

Der 6-Minuten-Lauf überprüft die aerobe Ausdauerfähigkeit (Bös et al., 2016) und wird vor allem in deutschen Testbatterien (z.B. DMT, Düsseldorfer Check; Allgemeiner Sportmotorischer Test; vgl. Bös et al., 2016) verwendet. Bei internationalen Studien werden vermehrt der Shuttle Run (Primärquelle: Léger et al., 1988) oder Yo-Yo-Test genutzt. Diese Testaufgabe berücksichtigt die intermittierenden Belastungen beim Laufen, die vor allem für die Ballsportspiele charakteristisch sind.

Des Weiteren fällt auf, dass Agility-Tests (Koordination unter Zeitdruck), Weitwurf- oder Stoßtests mit Medizinbällen (Schnellkraft obere Extremitäten) sowie Sprungkrafttests (z.B. Jump & reach oder Countermovement jump) in den Studien weit verbreitet sind.

2. Welche Überschneidungsbereiche hinsichtlich der motorischen Tests gibt es bei der Sportart Fußball?

Insgesamt wurden zwölf Längsschnittstudien in der Sportart Fußball identifiziert. Die Daten der Fußballstudien von Höhner et al. (2015) sowie Leyhr et al. (2018, 2020) wurden in Deutschland erhoben. Die in den Studien praktizierten Testaufgaben (20m-Sprint, Agility-Test, Dribbeltest, Ballkontrolle, Schusstest, Jongliertest) entstammen dem Testmanual für die technomotorische Leistungsdiagnostik des Deutschen Fußball-Bundes (DFB, 2013). Es handelt sich hierbei, bis auf den 20m-Sprint, um fußballspezifische Testaufgaben.

Zuber & Conzelmann (2014) verwenden ebenfalls den Dribbeltest, die Ballkontrolle sowie den Jongliertest der DFB-Testbatterie (DFB, 2013). Ergänzend kommen der 40m-Sprint, der Countermovement jump sowie der Yo-Yo-Test hinzu.

Forsman und Kollegen (2016) verwenden ebenfalls fußballspezifische Tests (vgl. Vântinnen, 2013). Diese ähneln den Tests der DFB-Testbatterie und werden von dem Fußballspitzenverband in Finnland empfohlen. Bei der Studie von Huigen und Kollegen (2010) werden spezifische Shuttle-Sprints und Dribbeltests sowie Slalom-Sprints und Dribbeltests eingesetzt (vgl. Lemmink et al., 2004).

In den anderen sechs Artikeln berichten die Autoren vermehrt von allgemeinen Tests (z.B. Seitliches Hin- und Herspringen, Standweitsprung) berichtet. Hinzu kommen semispezifische Testaufgaben (Jump & reach oder 10x5 Shuttle-Run), welche fußballnahe Fertigkeiten abprüfen (z.B. Philippaerts et al., 2006).

3. Werden Angaben zu den Trainingsparametern (quantitativ/qualitativ) in den Analysen berücksichtigt?

In neun der 25 Studien werden Angaben zu den Trainingsparametern gemacht. Die Autoren beschreiben insbesondere den Trainingsumfang der Athleten in den Methodik-Teilen.

In der Studie von Zhao und Kollegen (2020) wird der Trainingsumfang von Rückschlagspielern (21 h/Woche) und Schwimmern (15 h/Woche) im Alter von 12-14 Jahren quantifiziert. Für die Schwimmer werden die Trainingsinhalte differenziert dargestellt: 67% aerobes Ausdauertraining, 28% gemischt aerob-anaerobes Training, 5% anaerob-laktazides Training sowie zusätzliches Krafttraining.

Granacher & Borde (2017) erfassen den Trainingsumfang, die Trainingsinhalte sowie die Trainingsintensität von 20 Elitesportschülern ($9,5 \pm 0,5$ Jahre) aus verschiedenen Sportarten. Der reguläre Sportunterricht, der sportartspezifische Komponenten beinhaltet, und das sportartspezifische Training ergeben durchschnittlich 620 Minuten Trainingszeit pro Woche. Zudem erfolgt eine Aufgliederung der Trainingsinhalte in Kraft (12%), Ausdauer (10%), Schnelligkeit (11%), Koordination (4%) und Technik (63%). Die Trainingsintensität wird auf einer zehnstufigen Skala (10=sehr hart) durchschnittlich mit 4,8 angegeben.

Die Untersuchung von Elferink-Gemser und Kollegen (2007) beschäftigt sich zu Beginn mit 14-jährigen Feldhockeyspielern ($m=63$, $w=63$). Zwei Jahre später wird die wöchentliche Trainingszeit der Spitzenspieler mit ca. 8,5 Stunden ($N=30$) angegeben. Der Anteil an hockeyspezifischem Training beträgt fünf Stunden. Des Weiteren wird die Trainingserfahrung in Jahren dargestellt. In diesem Kontext trainieren die Mädchen seit $8,9 (\pm 1,5)$ und die Jungen seit $8,4 (\pm 2,2)$ Jahren.

Deprez und Kollegen (2015a) berichten von vier wöchentlichen Trainingseinheiten bei 12-jährigen Fußballspielern. Neben zwei Taktikeinheiten werden eine Einheit Superkompensationstraining und eine Einheit Krafttraining durchgeführt.

Zuber & Conzelmann (2014) erfassen den Trainingsumfang von Fußballern ($N=160$; $12,26 + 0,29$ Jahre) per Fragebogen. Die durchschnittliche Trainingszeit pro Woche beträgt $10,34 (\pm 3,24)$ Stunden.

Bei Philipaerts et al. (2006) sind für die talentierten Fußballspieler 4-5 Trainingseinheiten mit ca. sechs Stunden Gesamttrainingszeit vorgesehen. Das Training berücksichtigt sowohl allgemeine als auch sportartspezifische Trainingsinhalte.

Die Studie von Forsman et al. (2016) beinhaltet Orientierungswerte für das durchgeführte Fußballtraining. Inklusive Ligaspielen werden 8-10 Stunden Fußballtraining veranstaltet (Alter: $12,7 \pm 0,6$). Bei der Arbeitsgruppe um Deprez et al. (2015b) sind für die Fußballer der U8 drei Einheiten und für die U21 fünf Einheiten (Alter: $11,4 \pm 3,4$ Jahre) vorgesehen.

Die Arbeitsgruppe um Kramer (2016b) beziffert das sportartspezifische Training von Tennisspielern (13-15 Jahre) mit sechs Stunden pro Woche. Darüber hinaus werden drei allgemeine Trainingsstunden angesetzt.

Beim Großteil der Studien werden die gemessenen Trainingsparameter zur Stichprobenbeschreibung genutzt. Bei der Studie von Granacher und Borde (2017) wird der Trainingsumfang und auch die Trainingsintensität zwischen zwei Vergleichsgruppen im Längsschnitt analysiert. Bei Zuber & Conzelmann (2014) fließt der Trainingsumfang als Variable in die Analysen mit ein.

Fazit:

Die recherchierten Studien sind gemäß dem Modell der Talententwicklung (Hohmann & Seidel, 2017, S. 305) im Bereich Talentauswahl oder Talentidentifikation anzusiedeln. Die untersuchten Probanden sind bereits Sportvereinsmitglieder oder gehören dem Elitesportschulsystem an.

Bei der Diagnose der motorischen Leistungsfähigkeit existieren eine Vielzahl von Testverfahren, die die allgemeine sowie die sportartspezifische Leistungsfähigkeit überprüfen. Bös (2017) dokumentiert im „Handbuch Motorische Tests“ bereits 300 Testverfahren, viele weitere Testverfahren werden in dem Nachschlagewerk aufgelistet. Der Einsatz der Testbatterie oder Einzeltests sind insbesondere von der Fragestellung und den untersuchten Testpersonen abhängig. Die allgemeinen Testaufgaben des DMT wurden von einem Expertengremium zusammengestellt, mit dem Ziel, die motorischen Fähigkeiten möglichst umfassend abzudecken. Alternativen zu den ausgewählten Tests sind vorhanden, bspw. hätte man das Stand and reach durch Sit and reach oder die Liegestütz-Aufgabe durch das Halten im Hang ersetzen können (vgl. Bös et al., 2016). Es ist zu konstatieren, dass der DMT im Hinblick auf das Spektrum an zur Verfügung stehenden Testverfahren eine praktikable und wissenschaftlich fundierte Testbatterie darstellt, die zwar ursprünglich nicht zur Talent-sichtung/ -auswahl entwickelt wurde, sich jedoch aufgrund der mittellangen Durchführungsdauer mit semispezifischen Inhalten ergänzen lässt.

Wird allgemein bzw. fähigkeitsorientiert getestet ist die Bewegungsaufgabe einfach strukturiert (z.B. Laufen oder Springen) und es liegt ein hohes Transferpotential vor. Wird sportartspezifisch gemessen, so ist die motorische Aufgabe bewegungsgebunden und kann nur mit einer gewissen sportspezifischen Vorerfahrung umgesetzt werden. Hier liegt ein geringes Transferpotential vor (vgl. Roth, 1999). Die Auswahl der richtigen Diagnoseinstrumente stellt somit für den Wissenschaftler wie auch für den Praktiker eine Herausforderung dar.

In Artikel (4) der vorliegenden Dissertation wird die Entwicklung der motorischen Leistungsfähigkeit von verschiedenen Sportarten miteinander verglichen und diesbezüglich allgemeine Tests eingesetzt. Die vorliegenden Recherchen zeigen, dass auch in der Sportart Fußball, zumindest teilweise, allgemein getestet wird. Durch Berücksichtigung von semispezifischen Tests, die im NRW-Projekt im Rahmen des MT2-A in Klasse 7 durchgeführt werden (vgl. Seidel et al., 2014), hätte man den

Grad der Spezifität erhöhen können. Diese Daten liegen jedoch nur im Querschnitt für Klasse 7 vor.

Die Erfassung von Trainingsparametern bei der Leistungsentwicklung von talentierten Sportlern ist wichtig, um entwicklungs- und trainingsbedingte Leistungsverbesserungen besser einschätzen zu können (vgl. Zhao, 2020). Neun Studien, die in diesem Review dargestellt sind, stellen den Trainingsumfang der Testpersonen dar. Von diesen Studien gehen fünf Studien explizit auf Trainingsinhalte ein und eine Studie (Granacher & Borde, 2017) befasst sich zudem mit der Trainingsintensität. Die Erfassung der Trainingsparameter ist bedeutsam, denn die Frage, ob Kinder und Jugendliche bereits „austrainiert“ sind, oder sich noch am Anfang seines Leistungsspektrums befinden, ist für die weitere Leistungsentwicklung elementar. Aufgrund dessen werden die Trainingsparameter im NRW-Projekt bei den Auswahlgesprächen in Klasse 7 besprochen (siehe Artikel (2)). Die Analyse der Leistungsentwicklung in Verbindung mit den Trainingsparametern sollte auch in weiterführenden Studien untersucht werden.

4 Übersetzte Zusammenfassungen

Auf den nachfolgenden Seiten sind die übersetzten Zusammenfassungen der vier eingereichten und veröffentlichten Artikel aufgeführt.

4.1 Stabilität der motorischen Leistungsfähigkeit von Grundschulkindern in Trier: Eine vierjährige Längsschnittstudie

Roth, A., Schmidt, S.C.E., Seidel, I., Woll, A., & Bös, K. (2018)

BioMed Research International, Pediatrics

Impact Factor: 2,20

Zusammenfassung

Ziel: Ziel dieser Studie ist es, die motorische Entwicklung und die Stabilität der motorischen Leistungsfähigkeit von Grundschulkindern in Trier (Deutschland) zu messen.

Methodik: Es wurden zwei Untersuchungskohorten mit insgesamt 1768 Kindern ($w=915$, $m=853$) im Alter von 5 bis 11 Jahren getestet. In Kohorte 1 wurden 116 weibliche und 137 männliche Testteilnehmer (Alter Baseline: $6,80 \pm 0,42$ Jahre) jährlich von Klasse 1 bis 4 (Response: 40,4%) mit dem Deutschen Motorik-Test 6-18 (DMT) gemessen. Die Teilnehmer der zweiten Kohorte 2 ($w=166$, $m=149$; Alter Baseline: $6,70 \pm 0,36$ Jahre) wurden jährlich von Klasse 1 bis 3 (Response: 42,6%) mit dem DMT überprüft.

Ergebnisse: Die motorische Leistungsfähigkeit steigt in allen Fähigkeitsbereichen, außer bei der Beweglichkeit, im Studienverlauf an. Geschlechterspezifische Unterschiede liegen beim 20m-Sprint, 6-Minuten-Lauf, Balancieren rückwärts, seitlichen Hin- und Herspringen sowie bei der Rumpfbeuge-Aufgabe vor.

74,4% der Stabilitätskoeffizienten waren moderat ($r=0,30$ bis $0,60$). Die Stabilität der motorischen Leistungsfähigkeit verringerte sich bei größer werdenden Zeitspannen. Bei den Mädchen wurden höhere Stabilitäten als bei den Jungen identifiziert. Bei den Testaufgaben zeigte sich bei der Rumpfbeuge-Aufgabe der höchste Zusammenhang der Ergebnisse ($r>0,50$). Beim Body-Mass-Index wurde mit $r>0,7$ insgesamt die höchste Stabilität gemessen.

Fazit: Bezüglich der motorischen Leistungsfähigkeit zeigten sich geschlechtsspezifische Unterschiede. Diese konnten aber nicht immer statistisch nachgewiesen werden. Die Stabilität der motorischen Leistungsfähigkeit war insgesamt nur moderat. Die inter-individuellen und intra-individuellen Unterschiede im Zeitpunkt und Tempo der Wachstumsschübe und der Geschlechtsreife beeinflussen die Stabilität der motorischen Leistungsfähigkeit. Die Ergebnisse der Kohorte 2 bestätigen größtenteils die Ergebnisse der Kohorte 1.

4.2 Nachwuchsleistungssport an den NRW-Sportschulen – Talentsichtung unter Berücksichtigung sportartübergreifender, sportartspezifischer und sportpsychologischer Testverfahren

Roth, A., Moll, C., Seidel, I., & Bös, K. (2017)

Leipziger Sportwissenschaftliche Beiträge

kein Impact Factor

Zusammenfassung

In diesem Beitrag werden drei Fragestellungen näher beleuchtet. Zunächst (Fragestellung 1) wird das Talentförderkonzept an den 18 Sportschulen in Nordrhein-Westfalen (NRW) detailliert beschrieben.

Fragestellung 2 befasst sich mit den diagnostischen Verfahren, die im Rahmen des Auswahl- und Förderprozesses eingesetzt werden. Auf der Basis zwei Jahre langer Recherchen in der nationalen und internationalen Fachliteratur zur Talentthematik und mit Hilfe von Experten aus Wissenschaft und Praxis wurden der Motorische Test 1 (MT1) und der Motorische Test 2 (MT2) für die Talentsichtung an 18 Sportschulen entwickelt. Insgesamt wurden von 2006 bis zum Schuljahr 2015/16 rund 9.500 Kinder in Klasse 4 und ca. 1.800 Kinder in Klasse 7 getestet.

Im dritten Kapitel (Fragestellung 3) werden Ergebnisse berichtet. Die Überprüfung des MT2 zeigt, dass die berechneten Reliabilitätskennziffern der Testaufgaben im MT2-A sowie im MT2-B für Schwimmen und Leichtathletik zwischen 0,67 bis 0,98 streuen. Eine weitere vorgestellte Untersuchung umfasst die Evaluation der Normwerte des sportpsychologischen Fragebogens Sport Orientation Questionnaire (SOQ). Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass der SOQ geschlechtsspezifisch differenziert und mit Gewinn in den Auswahlgesprächen eingesetzt werden kann.

Das gemeinsame langfristige Ziel aller Beteiligten ist es, die vorhandenen Institutionen und Netzwerke für die Talentförderung einschließlich des Verbundsystems Schule – Leistungssport weiter zu entwickeln, um neben der sportlichen Entwicklung auch eine erfolgreiche schulische Bildungskarriere zu ermöglichen.

4.3 Veränderung der motorischen Leistungsfähigkeit der zehn besten Jungen und Mädchen in Sportschulen: Eine zehnjährige Kohortenanalyse

Roth, A., Schmidt, S.C.E., Hartmann, S., Seidel, I., Scharenberg, S., & Bös, K. (2019)

MDPI sports

kein Impact Faktor

Zusammenfassung

Diese Studie zielt darauf ab, die Veränderung der motorischen Leistungsfähigkeit von zehn verschiedenen Kohorten in Klasse 4 und acht verschiedenen Kohorten in Klasse 7 an 18 Sportschulen in Nordrhein-Westfalen (Deutschland) zu analysieren.

Insgesamt wurden 11451 Testteilnehmer (3979 Mädchen, 7472 Jungen) im Alter von acht bis zwölf Jahren in den letzten zehn Jahren mit dem Deutschen Motorik-Test 6-18 (DMT) in Klasse 4 gemessen. Zudem wurden 2614 Testteilnehmer (1032 Mädchen, 1582 Jungen) im Alter von elf bis 15 Jahren in den letzten acht Jahren mit dem DMT in Klasse 7 überprüft. Die potentiellen Talente im Bereich motorische Leistungsfähigkeit werden als die Top-10-Jungen/Mädchen jeder Kohorte definiert. Die Entwicklung der motorischen Leistungsfähigkeit wurde mittels linearer Regression berechnet.

Die motorische Leistungsfähigkeit aller Testteilnehmer stabilisierte sich in Klasse 4 und ging in Klasse 7 zurück. Die motorische Leistungsfähigkeit der Top-10-Jungen/Mädchen stieg in beiden Klassen an. Die Verbesserungen in Klasse 7 (weiblich: Veränderungsrate $\beta=0,80$; männlich: $\beta=0,76$) waren höher als in Klasse 4 (weiblich: $\beta=0,36$; männlich: $\beta=0,32$). Die Testaufgaben Sit-ups und Liegestütz zeigten die höchsten Änderungsraten.

Der Anstieg der motorischen Leistungsfähigkeit der Top-10-Jungen/Mädchen kann als Erfolg für die Sportschulen interpretiert werden. Aufgrund der steigenden Anzahl an Testteilnehmern erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, Top-Talente zu finden. Der

Anstieg der motorischen Leistungsfähigkeit wird aber nur teilweise durch die steigende Anzahl an Testpersonen erklärt.

4.4 Entwicklung der motorischen Leistungsfähigkeit unter Berücksichtigung talentspezifischer Aspekte

Roth, A., Schmidt, S.C.E., Hartmann, S., Scharenberg, S., Seidel, I., Altmann, S., Jekauc, S., & Bös, K. (2020)

Journal of Human Sport and Exercise

Impact Factor: 0,26

Zusammenfassung

Ziel: Messung des Ausgangsniveaus und der Entwicklung der motorischen Leistungsfähigkeit bei Sportschülern zwischen der 4. und 7. Klasse unter Berücksichtigung der Sportdisziplin, des Trainingsvolumens und des Trainingsalters.

Methodik: Insgesamt wurden 1590 (1075 weibliche, 515 männliche) Sportschüler in Nordrhein-Westfalen (Deutschland) in der 4. und in der 7. Klasse mit dem Deutschen-Motorik-Test 6-18 getestet. Zudem wurde in der 7. Klasse die Sportdisziplin, der Trainingsumfang sowie das Trainingsalter mittels Fragebogen erhoben.

Ergebnisse: Das Ausgangsniveau der motorischen Leistungsfähigkeit der Jungen und Mädchen lag über dem Bundesdurchschnitt und wurde durch die Sportdisziplin und den Trainingsumfang beeinflusst. Die Leichtathleten zeigten die besten Ergebnisse im Vergleich zu den anderen Sportdisziplinen. Im Verhältnis zum Bevölkerungsschnitt zeigte sich bei den Jungen ein leichter Rückgang der motorischen Leistungsfähigkeit von Klasse 4 zu Klasse 7 ($F=8,3$; $p=0,004$; $\eta^2=0,009$), wohingegen die motorische Leistungsfähigkeit der Mädchen im Vergleich zum Bundesdurchschnitt stabil blieb ($F=1,1$; $p=0,290$; $\eta^2=0,003$). Die Entwicklung der motorischen Leistungsfähigkeit wird durch die Sportdisziplin, das Trainingsvolumen sowie durch die Wechselwirkung von Trainingsvolumen und Zeit beeinflusst. Insgesamt liegen eher geringe Effektstärken vor.

Fazit: Es existiert noch Potenzial, um das Training und den Sportunterricht an den Sportschulen weiter zu verbessern. Mittelfristig sollte das Niveau der motorischen Leistungsfähigkeit weiter erhöht werden. In Folgestudien wären weitere Informationen über die Art des Trainings und Trainingsinhalte nützlich.

5 Diskussion

In diesem Kapitel werden die wichtigsten Ergebnisse der Grundschul-Studie (5.1) und den Studien der NRW-Sportschulen (5.2) zusammengefasst, auf Basis der theoretischen Grundlagen diskutiert und in den aktuellen Forschungsstand eingeordnet. Anschließend werden die Stärken und Schwächen der Arbeit (5.3) aufgezeigt.

5.1 Motorische Entwicklung an der Grundschule

Entwicklung

Die Ergebnisse (Rohwerte) zeigen signifikante Verbesserungen bei allen Testaufgaben, außer bei der Rumpfbeuge-Aufgabe. Der Anstieg der motorischen Leistungsfähigkeit im Grundschulalter konnte bereits in vielen anderen Studien nachgewiesen werden (z.B. Eiben, Barabás, & Németh, 2005; Wagner et al., 2010).

Das Kindesalter ist durch erhebliche Wachstumsprozesse, Änderungen der Körperformen sowie die vollständige Entwicklung der inneren Organe gekennzeichnet (vgl. Bös & Ulmer, 2003, S. 18; Zaichkowsky & Larson, 1995). Insbesondere im Bereich der Koordination liegen durch die Reifung des Zentralnervensystems gute Voraussetzungen vor, um hohe Leistungsverbesserungen zu erzielen (Roth & Roth, 2009). Die Beweglichkeit ist größtenteils durch anatomisch determinierte personale Leistungsvoraussetzungen der passiven Systeme der Energieübertragung bestimmt (Bös & Mechling, 1983). Bei der Beweglichkeit sind im Kindes- und Jugendalter insgesamt leichte Verbesserungen festzustellen (Wydra, 2009). Im Vergleich zu den anderen Fähigkeitsbereichen liegen jedoch geringere Leistungsveränderungen vor (Wagner et al., 2010). Bei der Untersuchung der Trierer Grundschul Kinder ist im Altersbereich von sieben bis zehn Jahren sogar ein leichter Rückgang der Beweglichkeit festzustellen (Längsschnitt 1: $F=8,74$ $p<0,01$ $\eta^2=0,034$; Längsschnitt 2: n.s.), was vor allem mit den Ergebnissen der Jungen zusammenhängt. Dies könnte mit den immensen Wachstums- und Änderungsprozessen im Grundschulalter (endogen) zusammenhängen sowie von exogenen Faktoren beeinflusst werden. Die Ergebnisse bestätigen, dass die motorische Entwicklung multidirektional verlaufen kann und der Grad der Zunahme bzw. Abnahme sowohl zwischen als auch innerhalb der motorischen Merkmale in den einzelnen Entwicklungsabschnitten

unterschiedlich, im Extremfall gegenläufig, sein kann (vgl. Willimczik & Conzelmann, 1999, S. 64).

Bei Betrachtung der geschlechtsspezifischen Unterschiede fällt auf, dass die Jungen bei den Testaufgaben 20m-Sprint und 6-Minuten-Lauf besser abschneiden als die Mädchen. Im Gegensatz dazu, erzielten die Mädchen beim seitlichen Hin- und Herspringen, Balancieren rückwärts sowie bei der Rumpfbeuge-Aufgabe bessere Leistungen. Diese Ergebnisse sind konform mit anderen Untersuchungen, die den Jungen bei konditionellen Aufgaben (Ahnert & Schneider, 2007; Falk et al., 2001) und den Mädchen bei koordinativen Aufgaben sowie bei der Beweglichkeit (Baquet et al., 2006; Bös et al., 2009a) Vorteile einräumen.

Bei den Kraftausdauer-Tests (Sit-ups und Liegestütz) sind die Ergebnisse uneinheitlich. Während die Entwicklungsverläufe von Mädchen und Jungen bei der Kraft im Grundschulalter nahezu identisch verlaufen, sind ab der Pubertät, insbesondere durch die Freisetzung des Sexualhormons Testosteron, geschlechtsspezifische Unterschiede zu Gunsten der Jungen zu erwarten (vgl. Bös & Ulmer, 2003, S. 18).

Stabilität

Bezüglich der Stabilität der motorischen Leistungsfähigkeit im Grundschulalter wurden insgesamt lediglich mittlere Stabilitäten gemessen. Knapp 75% der 90 berechneten Pearson-Moment-Korrelationen liegen im Bereich von $r=0,3$ bis $r=0,6$. Die Korrelationen verringerten sich literaturkonform bei größer werdenden Zeitspannen (vgl. Malina, 1996). Wie bei der Arbeitsgruppe um Falk (2001) wurden bei den Jungen etwas höhere Stabilitäten als bei den Mädchen im Grundschulalter gemessen. Das könnte mit dem früheren Eintritt der Mädchen in die Pubertät zusammenhängen.

Bei der Rumpfbeuge-Aufgabe wurde die höchste und bei der Liegestütz-Aufgabe die geringste Stabilität festgestellt. Die Beweglichkeit ist vor allem von den anatomischen Voraussetzungen abhängig und bleibt im Kindes- und Jugendalter relativ stabil (Wagner et al., 2010). Die geringen Stabilitäten bei der Liegestütz-Aufgabe könnten damit zusammenhängen, dass die Durchführungsobjektivität bei dieser Testaufgabe eine Rolle spielt. Der Testleiter muss bei der Liegestütz-Aufgabe die korrekte Ausführung beurteilen. Der jährliche Wechsel der Testleiter könnte dazu geführt haben, dass unterschiedliche Bewertungen hinsichtlich der korrekten Durchführung vorliegen. Des Weiteren konnte mittels der TrieKis-Daten bestätigt werden,

dass der BMI im Kindes- und Jugendalter stabiler ($r < 0,7$) ist als die motorische Leistungsfähigkeit (vgl. Pate et al., 1999).

Falk und Kollegen (2001), McMillan und Erdmann (2010) sowie Vandorpe et al. (2012) haben die motorische Leistungsfähigkeit im Kindesalter auch mit Feldtests gemessen und die Stabilität analysiert. Bei den Trierer Kindern (Erhebungszeitraum: 2008-2012) liegen ähnliche Stabilitäten wie bei den Vergleichsstudien vor. Auffallend ist allerdings die deutlich höhere Stabilität beim BMI ($r < 0,70$) im Vergleich zur Studie von Falk und Kollegen (2001; $r = 0,52$). Zudem wurde im Bereich der Koordination deutlich geringere Korrelationen ($r = 0,27-0,59$) als bei Vandorpe et al. (2012; $r > 0,8$) gemessen. Woran das genau liegt, kann hier nicht abschließend geklärt werden. Grundsätzlich ist die Stabilität der motorischen Leistungsfähigkeit aus verschiedenen Studien schwierig miteinander zu vergleichen, denn Aspekte wie der Zeitraum zwischen den Messzeitpunkten, das Alter der Stichprobe zum ersten Messzeitpunkt (Malina, 1996), die Stichprobengröße, die gemessene motorische Fähigkeit sowie die eingesetzten Testaufgaben (Ahnert & Schneider, 2007) sind bedeutende Einflussfaktoren. Darüber hinaus wirken die Variabilität, das Timing und die Geschwindigkeit der Wachstumsschübe und der sexuellen Reifung auf die Stabilität ein.

5.2 Motorische Leistungsfähigkeit und deren Entwicklung an den NRW-Sportschulen

Artikel (2) Nachwuchsleistungssport an den NRW-Sportschulen

In dem Übersichtsartikel wurden das Talentkonzept der NRW-Sportschulen sowie die eingesetzten Testverfahren Motorischer Test 1 (MT1; der MT1 ist identisch mit dem DMT) und Motorischer Test 2 (MT2) beschrieben und die dazugehörigen theoretischen Grundlagen thematisiert. In einem weiteren Schritt erfolgt die Präsentation der Ergebnisse. Diesbezüglich wurden u.a. eine Studie der Dissertation von Cornelia Moll (2016; Trainererfahrungen mit sportartspezifischen Tests am Beispiel der Leichtathletik) sowie eine Studie von Ilka Seidel und Jonas Meissner (2016) zu den Normwerten des Sport Orientation Questionnaire (SOQ; Elbe, Wenhold, & Beckmann, 2009) vorgestellt.

An dieser Stelle werden die in Artikel (2) dargestellten Ergebnisse zum BMI zusammengefasst und diskutiert. Der BMI wird in dieser Arbeit als direkter endogener Einflussfaktor der motorischen Entwicklung betrachtet.

Gemäß aktuellen Zahlen der KiGGS-Studie, haben sich die Übergewichts- und Adipositasprävalenzen von Kindern und Jugendlichen in Deutschland in den letzten zehn Jahren auf hohem Niveau stabilisiert (Schienkiewitz et al., 2018). Bei der Altersgruppe von sieben bis zehn Jahren sind aktuell 14,9% der Mädchen und 16,1% der Jungen übergewichtig (einschließlich Adipositas). Der Anteil an adipösen Mädchen beträgt 4,7% und bei den Jungen 6,8% (vgl. Schienkiewitz et al., 2018, S. 18f.).

Im Vergleich dazu schneiden die NRW-Sportschulbewerber der Klasse 4 (Alter: 9,4 Jahre) deutlich besser ab. Von den aufgenommenen Schülern (m=3029; w=1736) sind 8,5% der Jungen und 8,5% der Mädchen übergewichtig. Davon sind 2,1% der Jungen und 2,6% der Mädchen adipös. In der Gruppe der abgelehnten Bewerber (m=2888; w=1354) liegt die Übergewichtsprävalenz (einschließlich Adipositas) bei 12,4% (Jungen) und 12,8%. Der Anteil an adipösen Kindern beträgt 4% (Jungen) bzw. 4,6%.

Bei den NRW-Sportschulbewerbern liegt eine selektierte Gruppe von sportinteressierten Kindern vor, die zum Großteil in Sportvereinen aktiv sind und regelmäßig Sport treiben. Die Sportschulbewerber weisen im Vergleich zum Bundesdurchschnitt eine deutlich bessere Konstitution auf. Wie anhand der Z-Werte bestätigt werden konnte, zeigen die Sportschulbewerber im Vergleich zum Bundesdurchschnitt auch eine deutlich höhere motorische Leistungsfähigkeit (siehe Artikel (3) und (4)).

Beim Vergleich der aufgenommenen und abgelehnten Bewerber zeigt sich ein deutlicher Unterschied zugunsten der Kinder, die bei dem DMT-Aufnahmeverfahren in Klasse 4 besser abschneiden und in die Sportklassen kommen. Die vorliegenden Zahlen bestätigen die Ergebnisse aus anderen Studien, wonach Kinder mit einer schlechteren Körperkonstitution auch eine verminderte motorische Leistungsfähigkeit aufweisen (z.B. Deforche et al., 2003; Greier et al., 2015;). Das trifft vor allem auf Testaufgaben zu, bei denen das eigene Körpergewicht getragen werden muss (Korsten-Reck et al., 2007).

Artikel (3) Veränderung der motorischen Leistungsfähigkeit

Bei der Analyse aller Testteilnehmer auf Basis der Z-Werte in Klasse 4 sind keine Veränderungen im Verlauf der Studie zu erkennen. In Klasse 7 ist die motorische Leistungsfähigkeit bei Jungen und Mädchen zurückgegangen. Für die selektierte Stichprobe der Sportschulbewerber und Sportschüler liegen somit konträre Ergebnisse im Vergleich zur für Deutschland repräsentativen Studie von Albrecht und Kollegen (2016) vor, die einen leichten Anstieg der motorischen Leistungsfähigkeit im Zeitraum von 2003-2012 erkannt haben.

Bei den Top-10-Jungen/Mädchen (potentielle Talente) stieg die motorische Leistungsfähigkeit sowohl in Klasse 4 als auch in Klasse 7 an, wobei die Änderungsraten in Klasse 7 (m: $\beta=0,76$; w: $\beta=0,80$; $p<0,01$) höher waren als in Klasse 4 (m: $\beta=0,32$; w: $\beta=0,36$; $p<0,01$). Die Mädchen hatten leicht höhere Steigerungsraten als die Jungen. Die Leistungsverbesserungen, insbesondere in Klasse 7, können als Erfolg gewertet werden, denn die Sportschulen sind daran interessiert, potentielle Talente langfristig an die Schulen zu binden und zu fördern.

Der Anstieg der motorischen Leistungsfähigkeit kann auf verschiedene Einflussfaktoren zurückgeführt werden. Durch Erfahrungswerte der verantwortlichen Personen an den Sportschulen und durch entstandene Kooperationen mit Sportvereinen gelang es möglicherweise mit den Jahren besser, potentielle Talente zu identifizieren und für die Sportschulen zu begeistern. Durch die Einstellung von neuen Trainern und Lehrer-Trainern hat sich wahrscheinlich die Qualität des Sportunterrichtes und Betreuung der Athleten an den Sportschulen verbessert. Dies könnte dazu geführt haben, dass sich die besten Sportschüler der siebten Klasse im Bereich der allgemeinen motorischen Fähigkeiten weiter verbesserten.

Eine Überlagerung der Testergebnisse durch Übungseffekte kann allerdings auch nicht ausgeschlossen werden. Das Testkonzept der Sportschulen hat einen gewissen Bekanntheitsgrad erreicht und die Testaufgaben des DMT stehen seit einigen Jahren online zur Verfügung. Teilweise entsteht bei den Testungen vor Ort der Eindruck, dass sich vor allem die Sportschulbewerber intensiv auf die Tests vorbereiten.

Darüber hinaus muss berücksichtigt werden, dass sich durch die steigende Anzahl der Testteilnehmer im Untersuchungsverlauf die Wahrscheinlichkeit erhöht hat, dass potentielle Talente gefunden werden. Um dieses Artefakt zu kontrollieren,

wurde die Anzahl der getesteten Jungen und Mädchen pro Jahrgang als Kovariate in die Analyse (abhängige Variable: durchschnittlicher Z-Wert; unabhängige Variable: Jahrgang) einbezogen. Dabei stellte sich heraus, dass der Anstieg der motorischen Leistungsfähigkeit sowohl in Klasse 4 als auch in Klasse 7 bei beiden Geschlechtern nur teilweise durch die steigende Anzahl der Testpersonen erklärt wird. Das bedeutet, dass Steigerungsraten auch unter Berücksichtigung der Stichprobenverteilung signifikant bleiben.

Artikel (4) Einflussfaktoren der motorischen Leistungsfähigkeit

Ausgangsniveau

Die Ergebnisse (Z-Werte) zeigen, dass das Ausgangsniveau der motorischen Leistungsfähigkeit bei beiden Geschlechtern von der Sportdisziplin (m: $F=17,8$; $p<0,01$; $\eta^2=0,057$; w: $F=8,0$; $p<0,01$; $\eta^2=0,054$) und dem Trainingsvolumen (m: $F=16,3$; $p<0,01$; $\eta^2=0,018$; w: $F=6,9$; $p<0,01$; $\eta^2=0,016$) beeinflusst wird. Das Trainingsalter ist als Einflussfaktor statistisch nicht relevant. Die Effektgrößen sind bei Jungen und Mädchen in etwa gleich und als gering einzustufen. Die durchschnittlichen Z-Werte zeigen, dass das Ausgangsniveau deutlich (ca. eine Standardabweichung) über dem Bundesdurchschnitt liegt.

Dass die Leichtathleten im Vergleich zu den anderen Sportarten beim DMT am besten abschneiden, liegt vermutlich daran, dass Leichtathletik eine Allround-Sportart ist, in der viele verschiedene Bewegungstechniken enthalten sind (Güllich et al., 2004). Vor allem die Testaufgaben 20m-Sprint, 6-Minuten-Lauf sowie Standweitsprung weisen hohe Ähnlichkeiten zu den leichtathletischen Disziplinen auf.

Die Handballspieler liegen knapp hinter den Leichtathleten. Im Handballsport wird besonderen Wert auf eine vielseitige Grundausbildung gelegt. Kraft, Schnelligkeit, Koordination, Ausdauer und Beweglichkeit sind in der Rahmentrainingskonzeption des Deutschen Handballbundes (DHB) als elementare Leistungsvoraussetzungen des Athletiktrainings fest verankert (DHB, 2019; vgl. Wilke & Uhrmeister, 2009).

Die Fußballer schneiden im Vergleich zu Handballern und Leichtathleten etwas schlechter ab. Das könnte damit zusammenhängen, dass neben allgemeinen motorischen Fähigkeiten vor allem auch fußballspezifische Fertigkeiten (Kannekens et al., 2009) sowie taktische Fähigkeiten (Ali, 2011) trainingsrelevant sind. Darüber hinaus liegen bei Fußballern häufig Muskelverkürzungen vor

(Kreckel, Eysel, & König, 2004). Bei Betrachtung der Ergebnisse der Rumpfbeuge-Aufgabe fallen die Fußballer im Vergleich zu den anderen Sportarten ab.

Neben den Leichtathleten, Handballern, Fußballern wurden Sportschüler aus insgesamt zwölf verschiedenen Disziplinen (Badminton, Basketball, Fechten, Turnen, Hockey, Judo, Rudern, Schwimmen, Tischtennis, Tennis, Volleyball und Ringen) in eine weitere Gruppe zusammengefasst. Sowohl die Sportarten als deren Teilstichproben unterscheiden sich erheblich. Insgesamt liegt diese Gruppe bezüglich des Z-Wert-Niveaus ungefähr gleich auf mit den Fußballern. Warum das so ist, kann ich hier nicht abschließend geklärt werden.

In Übereinstimmung mit der Literatur hat das Trainingsvolumen einen Effekt auf die motorische Leistungsfähigkeit (Baker & Horton, 2004; Bomba, 1999). Hohe Trainingsumfänge im Junioren- sowie im Spitzensportbereich können zu kurzfristigen Erfolgen führen (vgl. Emrich & Gülich, 2005). Für mittel- und langfristige Erfolge ist ein hoher Trainingsumfang jedoch nicht ausreichend. Hier sind vermehrt Faktoren wie die verfügbaren Ressourcen (z.B. Trainer), die Motivation der Athleten und der optimale Trainingsreiz von Bedeutung (Baker & Coté, 2006).

Entwicklung

Die Resultate (Z-Werte) zeigen, dass die motorische Entwicklung bei beiden Geschlechtern von der Sportdisziplin (m: $F=19,1$; $p<0,01$; $\eta^2=0,062$; w: $F=12,6$; $p<0,01$; $\eta^2=0,083$) und dem Trainingsvolumen (m: $F=30,9$; $p<0,01$; $\eta^2=0,034$; w: $F=16,0$; $p<0,01$; $\eta^2=3,7$) beeinflusst wird. Im Vergleich zum Bundesdurchschnitt erfolgt allerdings keine Verbesserung über die Zeit. Bei den Mädchen bleibt die motorische Leistungsfähigkeit stabil ($F=1,1$; $p=0,290$; $\eta^2=0,003$), bei den Jungen ($F=8,3$; $p<0,01$; $\eta^2=0,009$) ist ein leichter Rückgang festzustellen.

Dass in Relation zum Bundesdurchschnitt keine Leistungsverbesserungen vorliegen, ist überraschend. Der relative Rückgang der motorischen Leistungsfähigkeit bei den Jungen wird, aufgrund der großen Stichprobe ($m=895$), signifikant. Der Unterschiedsbetrag ist jedoch relativ gering und praktisch nicht relevant. Die vorliegenden Ergebnisse zeigen, dass an den NRW-Sportschulen noch Potenzial existiert, um das Training und den Sportunterricht an den 18 Sportschulen weiter zu verbessern. Mittelfristig sollte das Niveau der allgemeinen motorischen Leistungsfähigkeit weiter erhöht werden. Es muss jedoch berücksichtigt werden, dass die motorische Entwicklung im Kindes- und Jugendalter nie linear verläuft (Abott et al., 2005;

Vayens et al., 2008). Insbesondere nach der Pubertät, sind vor allem bei den Jungen weitere Leistungsschübe zu erwarten (Papaiakovou et al., 2009; Wagner et al., 2010). Zudem trainiert ein Großteil der Sportschüler mehrmals in der Woche sportartspezifisch im Verein und erzielt dort Leistungsentwicklungen. Der DMT ist ein Diagnoseinstrument zur Überprüfung der allgemeinen motorischen Leistungsfähigkeit. Je allgemeiner das Messverfahren konzipiert ist, umso geringer ist die sportartspezifische Aussagekraft (Farrow, 2012; Hohmann, Fehr, & Voigt, 2015).

Dazu kommt, dass nicht alle Sportschüler Ambitionen für den Leistungssport mitbringen und sich vielleicht schon vor der Klasse 7 anderweitig orientieren und nicht mehr regelmäßig Sport treiben. Gerade die Zeit der Pubertät ist durch eine hohe Drop-out-Quote im Sportverein und durch eine geringere körperlich-sportliche Aktivität (vgl. Bös et al., 2009b) gekennzeichnet.

Bei Betrachtung der verschiedenen Disziplinen sind kleine Unterschiede in der motorischen Entwicklung zu erkennen. Die Sportler aus den anderen zwölf Disziplinen schneiden hier am besten ab. Die Unterschiede zwischen den Vergleichsgruppen sind als gering einzustufen und könnten auch durch die Tagesform oder Müdigkeit der Athleten durch Trainingseinheiten entstanden sein (Lidor, Coté, & Hackford, 2009).

Die motorische Entwicklung wird erwartungsgemäß durch das Trainingsvolumen und die Interaktion zwischen Trainingsvolumen und Zeit beeinflusst. Vor allem zu Beginn des Trainings sind gewöhnlich schnelle Leistungsverbesserungen zu beobachten. Trotz eines Rückgangs der Steigerungsraten im Laufe der Zeit beeinflussen sich die Trainingsumfänge und die Entwicklungsraten positiv (Baker & Coté, 2006).

Das Trainingsalter hat weder Einfluss auf das Ausgangsniveau noch auf die motorische Entwicklung. In weiterführenden Studien sollten mehr Informationen über die Art (Gesamtraining, Vereinstraining, Auswahltraining, Einzeltraining; vgl. Baker et al., 2012) und Intensität des Trainings vorliegen. Außerdem sollten die Angaben zum Training am Testtag von den Testleitern erfasst werden. Somit könnten fehlende Werte minimiert und nicht plausible Angaben direkt überprüft werden.

5.3 Stärken und Schwächen der Untersuchung

Stärken

Mit dem DMT liegt eine valide und reliable Testbatterie vor (Bös et al., 2016), die die motorischen Grundeigenschaften Ausdauer, Kraft, Schnelligkeit Koordination und Beweglichkeit misst. Der DMT ist in Deutschland weit verbreitet und wird in verschiedenen Settings eingesetzt. Der DMT eignet sich insbesondere für das Setting Schule, da die Testdurchführung wenig spezielle Testmaterialien (Balancierbalken, Rumpfbeugeschiene, evtl. Lichtschranke) erfordert und die Testaufgaben nach einer Testleiterschulung relativ einfach umzusetzen sind.

In Deutschland liegen für den DMT repräsentative Normwerte vor (Bös et al., 2009a). Außerdem ist eine gute Testökonomie vorhanden, sodass bis zu zwölf Kinder in einer Stunde getestet werden. Darüber hinaus existieren evaluierte Durchführungsvarianten (vgl. Schlenker, 2012), die eine Testung mit größeren Gruppen (z.B. eine Schulklasse) nach einem standardisierten Procedere ermöglichen. Die Literaturrecherche hat zudem gezeigt, dass die Testaufgaben des DMT auch in anderen Studien, sowohl national als auch international weit verbreitet und anerkannt sind (z.B. Standweitsprung, Seitliches Hin- und Herspringen).

Bezüglich der erfassten Trainingsparameter konnte anhand des Literaturreviews gezeigt werden, dass bisher wenige Studien vorliegen, die die Trainingsparameter in Verbindung mit der Entwicklung der motorischen Leistungsfähigkeit analysieren. Dies könnte ein interessanter Ansatz für zukünftige Untersuchungen sein.

Positiv zu bewerten ist zudem die hohe Anzahl an Probanden, die in den beiden Projekten getestet wurden. Im TrieKis-Projekt beträgt die Anzahl der insgesamt getesteten Personen 4266 (m=2082, w=2184). Im NRW-Projekt wurden bis zum Schuljahr 2018/2019 insgesamt 15146 (m=9865; w=5281) Sportschulbewerber in Klasse 4 und 4380 (m=2698; w=1682) Sportschüler in Klasse 7 mit dem DMT überprüft.

Die Grundschul-Studie in Trier zeigt repräsentativen Charakter bezüglich Alter, Geschlecht, Anthropometrie und motorische Leistungsfähigkeit für eine mittelgroße Stadt in Deutschland (Einwohner Trier: ca. 115.000). Da insgesamt 23 von 24 Grundschulen in Trier am Projekt teilnahmen, ist darüber hinaus Repräsentativität hinsichtlich sozialer Status und Migrationshintergrund gegeben. Bezüglich der

Stichprobe liegt hier eine besondere Studie vor. Denn zum Thema motorische Entwicklung sind nur sehr wenige Vollerhebungen in Deutschland zu finden.

Das NRW-Projekt besitzt in Deutschland ein Alleinstellungsmerkmal, da alle 18 NRW-Sportschulen eines Bundeslandes die identischen Aufnahmeverfahren mit DMT-Testungen in den Klasse 4 und 7 umsetzen. Lediglich die sportartspezifischen Tests unterscheiden sich. Diese Vergleichbarkeit liegt bei anderen Sportschulformen nicht vor.

Positiv hervorzuheben ist überdies die Qualität der Testdaten. Im TrieKis-Projekt wurden jährlich Testleiterschulungen organisiert und am ersten Testtag eine Qualitätssicherung durchgeführt. In diesem Kontext, wurden die Testleiter vor Ort unterstützt und bei Messfehlern korrigiert. An den NRW-Sportschulen fand mindestens eine Schulung pro Standort statt. Zudem wird jährlich am ersten Testtag der 18 NRW-Standorte eine Supervision (Qualitätssicherung) durchgeführt. Dementsprechend ist von einer guten Qualität und Vergleichbarkeit der Daten auszugehen.

Eine weitere Stärke der Studie liegt im methodischen Ansatz. Im Bereich der motorischen Entwicklung basiert ein Großteil der Forschungsergebnisse auf querschnittlichen Designs. Hierbei ergibt sich das Problem, dass intra-individuelle und inter-individuelle Unterschiede in der motorischen Entwicklung nicht erfasst werden können (Schneider, 1992) und kausale Zusammenhänge nur sehr schwer zu überprüfen sind (Steinhage & Blossfeld, 1999). In der vorliegenden Untersuchung konnte eine Längsschnittstudie mit zwei Untersuchungskohorten, sowie eine kombinierte Quer- und Längsschnittstudie durchgeführt und für das Thema motorische Entwicklung analysiert werden.

Schwächen

Die vorliegende Arbeit konzentriert sich auf die motorische Leistungsfähigkeit und die motorische Entwicklung bei Grundschulkindern und potentiellen Talenten. Um dem Begriff „Talent“ vollumfänglich gerecht zu werden, müssten die anderen beiden Talentkriterien – der Ausnutzungsgrad der individuellen Leistungsressourcen (Utilisation) sowie die Belastbarkeit (vgl. Hohmann, 2009) – in der Arbeit berücksichtigt werden. Darüber hinaus könnte durch die Integration von semispezifischen Testaufgaben im DMT der Grad der Spezifität erhöht werden und Beurteilung von potentiellen Talenten noch besser gelingen.

Ein allgemeines Problem, das bei der Überprüfung der motorischen Leistungsfähigkeit, insbesondere bei der Talentsichtung und -identifikation auftritt, ist der relative Alterseffekt (RAE). Das bedeutet, dass Frühgeborene im Vergleich zu Spätgeborenen eines Jahrganges Vorteile haben und eher für weitere Fördermaßnahmen ausgewählt werden. Der RAE ist ein weltweites Phänomen und liegt in vielen, aber nicht in allen Sportarten vor (Musch & Grondin, 2001). Der RAE wurde in den NRW-Daten identifiziert und äußert sich dadurch, dass die Kinder und Jugendlichen, die im ersten Quartal geboren sind, in den Top-10 eines Jahrganges überrepräsentiert sind (siehe Diskussion Artikel (3)). Ob das Abschneiden der besten Sportler wirklich mit einem körperlichen Entwicklungsvorsprung oder mit einer besonderen Begabung zusammenhängt, sollte in Talentstudien genauer analysiert werden.

Insbesondere im zeitlichen Umfeld der Pubertät ist es schwierig, eine exakte Bewertung der motorischen Leistungsfähigkeit vorzunehmen, denn Jugendliche gleichen kalendarischen Alters können einen sehr unterschiedlichen biologischen Entwicklungsstand aufweisen (Altmann, 2018). Aus diesem Grund sollte das biologische Alter erfasst werden. Eine non-invasive zur Überprüfung des biologischen Reifegrades wird von Sherar und Kollegen (2005) vorgeschlagen. Diesbezüglich wird angenommen, dass die sich ändernde Beziehung von körperbaulichen Merkmalen (Körperhöhe, Sitzhöhe und Beinlänge) unter Berücksichtigung des chronologischen Alters den biologischen Reifestatus (früh entwickelt – durchschnittlich entwickelt – spät entwickelt; Mirwald et al., 2002) anzeigt. Deshalb sollten im NRW-Projekt und in anderen DMT-Projekten neben der Körperhöhe und dem Körpergewicht auch die Sitzhöhe und die Beinlänge erfasst und der biologische Reifegrad analysiert werden.

Ein weiterer Punkt bezieht sich auf das spezifische Trainingsalter. Das Höchstleistungsalter und der damit in Verbindung stehende Trainingsbeginn kann sich bei verschiedenen Disziplinen erheblich unterscheiden. Bei technisch-kompositorischen Sportarten (z.B. Turnen) ist ein früher Trainingsstart empfehlenswert, denn das Höchstleistungsalter wird normalerweise in den Teenager-Jahren erreicht (vgl., Lidor, Coté, & Hackfort, 2009). Zudem sollten in Sportarten wie Schwimmen oder Tischtennis schon in frühen Jahren große Trainingsumfänge erreicht werden, um eine realistische Chance für eine Leistungssportkarriere zu haben. Bei diesen Sportlern sind allgemeine motorische Tests eher nicht ausreichend. Hier werden

sportartspezifische Tests benötigt (Johnston et al., 2018). Demgegenüber stehen Ausdauersportarten (z.B. Triathlon) und Ballsportspiele (z.B. Basketball), bei denen der Trainingsbeginn deutlich später erfolgen kann, da das Höchstleistungsalter erst Ende 20 oder Anfang 30 zu erwarten ist (vgl. Lidor, Coté, & Hackfort, 2009). Häufig werden verschiedene Sportarten ausprobiert, bevor eine Spezialisierung erfolgt, was einen positiven Einfluss auf die allgemeine motorische Leistungsfähigkeit hat. Außerdem wären weitere Informationen zur körperlich-sportlichen Aktivität und zum Sportengagement wünschenswert gewesen, um die Einflussfaktoren der motorischen Leistungsfähigkeit und deren Entwicklung noch besser einschätzen zu können. Im TriKis-Projekt liegen Daten zur körperlich-sportlichen Aktivität und Sportvereinszugehörigkeit lediglich im ersten Untersuchungsjahr für einen Teil der Stichprobe vor. Im NRW-Projekt werden in Klasse 4 bisher keine zusätzlichen Daten erhoben. In Klasse 7 würden zusätzliche Angaben zur körperlich-sportlichen Aktivität und zu sportlichen Aktivitäten außerhalb organisierter Einrichtungen einen Mehrwert darstellen.

Bei der Grundschul-Studie konnten zwei Kohorten im Längsschnitt untersucht werden. Die Ergebnisse der zweiten Kohorte bestätigen größtenteils die Ergebnisse der ersten Kohorte. Allerdings liegen bei der zweiten Kohorte lediglich drei anstatt vier Messzeitpunkte vor, so dass ein Vergleich der beiden Kohorten nur von Klasse 1 bis 3 möglich ist.

6 Schlussfolgerungen und Empfehlungen für die Sportpraxis

Die motorische Leistungsfähigkeit sowie die motorische Entwicklung werden von endogenen und exogenen Faktoren beeinflusst (Willimczik & Conzelmann, 1999). Bei Grundschulern (Artikel (1)) sind das Alter und Geschlecht wichtige endogene Merkmale. Das Kindesalter ist durch unterschiedliche Entwicklungsverläufe in den einzelnen Fähigkeitsbereichen gekennzeichnet. Die motorische Leistungsfähigkeit steigt bei allen Fähigkeiten, außer bei der Beweglichkeit, an. Bei den Jungen wurde ein Rückgang der Beweglichkeit festgestellt; bei den Mädchen bleibt sie stabil. Dieses Ergebnis verdeutlicht, dass Veränderungen sowohl positiv als auch negativ auftreten können und die motorische Entwicklung auch multidirektional verlaufen kann (vgl. Willimczik & Conzelmann, 1999, S. 64).

Die Stabilität der motorischen Leistungsfähigkeit im Grundschulalter ist insgesamt als moderat zu bewerten und verkleinert sich mit größer werdenden Zeitspannen (vgl. Malina, 1996). Die Jungen weisen etwas höhere Stabilitäten als die Mädchen auf, was mit dem früheren Eintritt der Mädchen in die Pubertät zusammenhängen könnte. Die Beweglichkeit und vor allem der BMI sind die stabilsten Merkmale im Grundschulalter. Neben methodischen Aspekten (z.B. Testaufgaben; Ahnert & Schneider, 2007) wirken die Variabilität, das Timing und die Geschwindigkeit der Wachstumsschübe und sexuellen Reifung auf die Stabilität ein.

Der BMI ist ein endogener Einflussfaktor der motorischen Entwicklung. Kinder mit einer schlechteren Körperkonstitution weisen auch eine verminderte motorische Leistungsfähigkeit (Greier et al., 2015) auf. Dies konnte in Artikel (2) sowohl beim Vergleich vom Bundesdurchschnitt mit den Sportschulbewerben als auch bei der Gegenüberstellung der Ergebnisse von aufgenommen und abgelehnten Schülern gezeigt werden. In weiterführenden Untersuchungen sollte die Konstitution der Siebtklässler genauer betrachtet werden. Einen weiteren Erkenntnisgewinn liefert zudem die längsschnittliche Analyse der BMI-Daten von Klasse 4 bis 7. Zu diesem Thema beginnt am FoSS gerade eine Forschungsarbeit.

Die positive Veränderung der motorischen Leistungsfähigkeit bei den besten zehn Jungen und Mädchen der Klassen 4 und 7 im Studienverlauf (Artikel (3)) kann als Erfolg für die Sportschulen gewertet werden. Für den deutlichen Anstieg der motorischen Leistungsfähigkeit in Klasse 7 könnten Erfahrungswerte sowie verbesserte Rahmenbedingungen an den Sportschulen verantwortlich sein. Durch die

Einstellung von Trainern, Lehrer-Trainern und Athletiktrainern sollte die motorische Leistungsfähigkeit in Klasse 7 mittelfristig weiter ansteigen. Diesbezüglich ist insbesondere das Athletiktraining interessant, da hier normalerweise die allgemeinen motorischen Fähigkeiten trainiert werden. Dass ein Athletiktraining in Form eines hochintensiven Intervalltrainings sich positiv auf DMT-Testergebnisse auswirkt, konnte bereits von der Arbeitsgruppe um Engel (2018) bestätigt werden. Um einen besseren Überblick hinsichtlich Häufigkeit und Inhalte zu erhalten, sollte am FoSS eine Forschungsarbeit zum Thema „Athletiktraining an den NRW-Sportschulen“ gestartet werden.

Seit dem Schuljahr 2018/2019 werden an allen 18 Sportschulstandorten DMT-Testungen in Klasse 4 und 7 durchgeführt. Somit liegen zukünftig relativ stabile Stichproben vor, so dass die Veränderung der motorischen Leistungsfähigkeit in den kommenden Jahren genau analysiert werden kann.

In Artikel (4) konnte gezeigt werden, dass das Ausgangsniveau und die Entwicklung durch die exogenen Faktoren Sportdisziplin und Trainingsumfang beeinflusst werden. Die unterschiedlichen Anforderungsprofile und die damit in Verbindung stehenden Trainingsinhalte der Sportarten Leichtathletik, Handball und Fußball wirken sich auf die allgemeine motorische Leistungsfähigkeit aus. Auch der Trainingsumfang hat einen Effekt, der allerdings eher als gering einzuschätzen ist. Um die trainingspezifischen Leistungsverbesserungen besser beurteilen zu können, sollten die speziellen und auch die allgemeinen Trainingsumfänge jährlich an den NRW-Sportschulen registriert werden.

Dass im Vergleich zum Bundesdurchschnitt keine Verbesserung über die Zeit vorliegt, hängt u.a. mit dem Zeitpunkt der DMT-Wiederholungsmessung zusammen. Bei den Jungen sind trainingspezifische Leistungsverbesserungen vor allem nach der Pubertät zu erwarten (Beunen & Malina, 1988). Zudem könnten Dropouts im Sportverein und eine verminderte körperlich-sportliche Aktivität im frühen Jugendalter eine Rolle spielen (Bös et al., 2009b).

Das spezifische Trainingsalter hat weder einen Effekt auf das Ausgangsniveau noch auf die Entwicklung der motorischen Leistungsfähigkeit. Zukünftig sollten die Angaben zum Training von den Testleitern am Testtag erfasst und die Art und Intensität des Trainings abgefragt werden (vgl. Baker et al., 2012).

Der RAE ist ein Phänomen, das in vielen Sportarten existiert. Auch in den NRW-Daten konnte der RAE-Effekt identifiziert werden. In Studien zur motorischen Leistungsfähigkeit und motorischen Entwicklung sollte standardmäßig der biologische Reifegrad erfasst werden, um die Leistungen besser einschätzen zu können. Gemäß der Mirwald-Methode kann der Zeitpunkt des schnellsten Längenwachstums durch die Relativierung der Beinlänge und des Oberkörpers zur Körperhöhe bestimmt und der biologische Reifegrad (frühentwickelt – normalentwickelt – spätentwickelt) eingeschätzt werden (Altmann, 2018).

Der biologische Reifegrad sollte auch in der Trainingsplanung berücksichtigt werden. In der Phase des beschleunigten Wachstums ändern sich u.a. die Kraft- und Hebelverhältnisse der Athleten, was zu einem erhöhten Verletzungsrisiko führen kann. Dementsprechend sollten die Trainingsumfänge und -intensitäten angepasst werden. Spätentwickler sind im Training oft überfordert, da sie mit den normal und früh entwickelten Sportlern nicht mithalten können. Dies kann zu Motivationsverlusten führen. Im Gegensatz dazu kann bei Frühentwickelten das Problem auftreten, dass diese sich auf den körperlichen Vorteilen ausruhen und die Taktik und Technik vernachlässigen (vgl. Altman, 2018, S. 63ff.). Durch Informationen zum biologischen Reifegrad könnte der Trainer bei derartigen Schwierigkeiten frühzeitig intervenieren.

Der biologische Reifegrad sollte zukünftig im NRW-Projekt erhoben werden. In einer am FoSS geplanten Vorstudie müssten die Güte und die Praktikabilität des Messverfahrens überprüft werden.

Diese Arbeit setzt einen Schwerpunkt auf das Thema Talent. Um dem Begriff „Talent“ vollumfänglich gerecht zu werden, müssten der Ausnutzungsgrad der individuellen Leistungsressourcen sowie die physiologische und psychologische Belastbarkeit (vgl. Hohmann, 2009) beachtet werden. Im ersten Schritt können die im NRW-Projekt vorhandenen psychologischen Daten der Fragebögen Wettkampf-Angst-Inventar (Brand, Ehrlenspiel, & Graf, 2009), Leistungsorientierung im Sport (Elbe, Wenhold, & Beckmann, 2009) sowie Leistungsmotiv im Sport (Wenhold, Elbe, & Beckmann, 2009) mit den Motorik-Daten verknüpft und ausgewertet werden. Hierzu sollen erste Ergebnisse im Jahr 2020 vorliegen.

In der vorliegenden Arbeit wurden differentielle Aspekte (Entwicklung, Veränderung, Einflussfaktoren) zur Entwicklung der motorischen Leistungsfähigkeit unter

Berücksichtigung von Kindern und Jugendlichen im Alter von sechs bis 14 Jahren analysiert. Der DMT hat sich als Diagnoseinstrument zur Überprüfung der allgemeinen motorischen Leistungsfähigkeit bewährt und sollte deshalb auch zukünftig in Studien eingesetzt werden. Die Einbeziehung von semispezifischen Tests in Klasse 4 sollte jedoch diskutiert werden.

7 Literaturverzeichnis

- Abbott, A., Button, C., Pepping, G.-J., & Collins, D. (2005). Unnatural selection: talent identification and development in sport. *Nonlinear dynamics, psychology, and life sciences*, 9(1), 61–88.
- Abbott, A., & Collins, D. (2002). A Theoretical and Empirical Analysis of a 'State of the Art' Talent Identification Model. *High Ability Studies*, 13(2), 157–178. doi.10.1080/1359813022000048798
- Ahnert, J., & Schneider, W. (2007). Entwicklung und Stabilität motorischer Fähigkeiten vom Vorschul- bis ins frühe Erwachsenenalter. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 39(1), 12–24. doi.10.1026/0049-8637.39.1.12
- Albrecht, C. (2015). *Einflussfaktoren der Entwicklung der motorischen Leistungsfähigkeit im Kindes- und Jugendalter. (Dissertation)*. Karlsruhe: PH Karlsruhe.
- Albrecht, C., Hanssen-Doose, A., Bös, K., Schlenker, L., Schmidt, S., Wagner, M., Will, N., & Worth, A. (2016). Motorische Leistungsfähigkeit von Kindern und Jugendlichen in Deutschland. *Sportwissenschaft*, 46(4), 294–304. doi.10.1007/s12662-016-0421-4
- Ali, A. (2011). Measuring soccer skill performance: A review. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 21(2), 170–183. doi.10.1111/j.1600-0838.2010.01256.x
- Allen, S. V., & Hopkins, W. G. (2015). Age of peak competitive performance of elite athletes: a systematic review. *Sports Medicine*, 45(10), 1431–1441. doi.10.1007/s40279-015-0354-3
- Altmann, K. (2018). Bedeutung und Berücksichtigung der biologischen Reife und anthropometrischen Leistungsvoraussetzungen im Nachwuchsleistungssport. In A. Hoffmann & J. Wulff (Hrsg.), *Die Spitze im Blick. Tagungsband zum Nachwuchsleistungssport-Symposium vom 8.-10. Mai 2017 in Leipzig* (S. 56–69). Aachen: Meyer & Meyer.
- Baker, J., Bagats, S., Büsch, D., Strauss, B., & Schorer, J. (2012). Training Differences and Selection in a Talent Identification System. *Talent Development & Excellence*, 4(1), 23–32.
- Baker, J., Cobley, S., & Schorer, J. (Hrsg.). (2012). *Talent identification and development in sport*. London, New York: Routledge.
- Baker, J., & Côté, J. (2006). Shifting training requirements during athlete development: Deliberate practice, deliberate play and other sport involvement in the acquisition of sport expertise. In D. Hackfort (Hrsg.), *Perspectives on sport and exercise psychology: Essential processes for attaining peak performance* (S. 92–106). Oxford: Meyer & Meyer.
- Baker, J., & Horton, S. (2004). A review of primary and secondary influences on sport expertise. *High Ability Studies*, 15(2), 211–228. doi.10.1080/1359813042000314781
- Baltes, P. B. (1990). Entwicklungspsychologie der Lebensspanne: Theoretische Leitsätze. *Psychologische Rundschau*, 41, 1–24.
- Baquet, G., Twisk, J. W. R., Kemper, H. C. G., van Praagh, E., & Berthoin, S. (2006). Longitudinal follow-up of fitness during childhood: Interaction with physical activity. *American Journal of Human Biology*, 18(1), 51–58. doi.10.1002/ajhb.20466
- Baur, J., Bös, K., Conzelmann, A., & Singer, R. (Hrsg.). (2009). *Handbuch motorische Entwicklung* (2., kompl. überarb. Aufl.). Schorndorf: Hofmann.
- Beckmann, J. & Elbe, A.-M. (2008). *Praxis der Sportpsychologie im Wettkampf- und Leistungssport*. Balingen: Spitta Verlag.
- Beunen, G., & Malina, R. (1988). Growth and physical performance relative to the timing of the adolescent spurt. *Exercise & Sport Sciences Reviews*, 16(1), 503–540.

- Beunen, G., Ostyn, M., Simons, J., Renson, R., Claessens, A. L., Eynde, B., Levevre, J., Malina, R. M., & Van't Hof, M. A. (1997). Development and tracking in fitness components: Leuven longitudinal study on lifestyle, fitness and health. *International Journal of Sports Medicine*, 18(3), 171-178.
- BISp (2016). *Sportpsychologie für den Spitzensport*. Abgerufen unter http://www.bisp-sportpsychologie.de/SpoPsy/DE/Diagnostikportal/diagnostikportal_node.html (letzter Zugriff am 03.01.2020)
- Bompa, T. O. (1999). *Periodization Training for Sports: Programs for Peak Strength in 35 Sports*. Champaign: Human Kinetics.
- Bös, K. (1987). *Handbuch sportmotorische Tests*. Göttingen: Hogrefe.
- Bös, K. (1996). *Fitness testen und trainieren*. München: Copress Sport.
- Bös, K. (2001). *Handbuch motorische Tests. Sportmotorische Tests, motorische Funktionstests, Fragebogen zur körperlich-sportlichen Aktivität und sportpsychologische Diagnoseverfahren* (2., überarb. und erw. Aufl.). Göttingen: Hogrefe.
- Bös, K. (2003). Motorische Leistungsfähigkeit von Kindern und Jugendlichen. In W. Schmidt, I. Hartmann-Tews, & W.-D. Brettschneider (Hrsg.), *Erster Deutscher Kinder- und Jugendsportbericht* (S. 85–107). Schorndorf: Hofmann.
- Bös, K. (2017). Allgemeine Aspekte der Diagnostik. In K. Hottenrott & I. Seidel (Hrsg.), *Handbuch Trainingswissenschaft - Trainingslehre* (S. 120–123). Schorndorf: Hofmann.
- Bös, K. (Hrsg.) (2017). *Handbuch motorische Tests: Sportmotorische Tests, motorische Funktionstests, Fragebögen zur körperlich-sportlichen Aktivität und sportpsychologische Diagnoseverfahren* (3., überarb. und erw. Auflage). Göttingen: Hogrefe.
- Bös, K., & Mechling, H. (1983). *Dimensionen sportmotorischer Leistungen*. Schorndorf: Hofmann.
- Bös, K., Oberger, J., Lämmle, L., Opper, E., Romahn, N., Tittlbach, S., & Worth, A. (2008). Motorische Leistungsfähigkeit von Kindern. In W. Schmidt & R. Zimmer (Hrsg.), *Zweiter Deutscher Kinder- und Jugendsportbericht: Schwerpunkt: Kindheit* (S. 136–157). Schorndorf: Hofmann.
- Bös, K., Schlenker, L., Albrecht, C., Büsch, D., Lämmle, L., Müller, H., Oberger, J., Seidel, I., Tittlbach, S., & Woll, A. (2016). *Deutscher Motorik-Test 6-18: Manual und internetbasierte Auswertungssoftware* (2. Aufl.). Hamburg: Feldhaus.
- Bös, K., Schlenker, L., & Seidel, I. (2014). *Motorischer Test für Nordrhein-Westfalen. Testanleitung mit DVD* (3., erg. und überarb. Aufl.). Düsseldorf: MFKJKS.
- Bös, K., & Ulmer J. (2003). Motorische Entwicklung im Kindesalter. *Monatsschrift Kinderheilkunde*, 151(1), 14–21.
- Bös, K., Worth, A., Opper, E., Oberger, J., Romahn, N., Wagner, M., Jekauc, D., Mess, P., & Woll, A. (2009a). *Motorik-Modul: Eine Studie zur motorischen Leistungsfähigkeit und körperlich-sportlichen Aktivität von Kindern und Jugendlichen in Deutschland*. Baden-Baden: Nomos.
- Bös, K., Worth, A., Opper, E., Oberger, J., Wagner, M., Jekauc, D., & Woll, A. (2009b). Motorische Fähigkeit und Aktivität von Kindern und Jugendlichen – Ergebnisse der MoMo-Studie. *Diabetes aktuell*, 7(8), 367–371. doi.10.1055/s-0030-1247105
- Bottoni, A., Gianfelici, A., Tamburri, R., & Faina, M. (2011). Talent selection criteria for olympic distance triathlon. *Journal of Human Sport and Exercise*, 6(2, Suppl.), 293–304. doi.10.4100/jhse.2011.62.09
- Brand, R., Ehrlenspiel, F., & Graf, K. (2009). *Wettkampf-Angst-Inventar (WAI): Manual zur komprehensiven Eingangsdiagnostik von Wettkampfangst, Wettkampfangstlichkeit und Angstbewältigung im Sport*. Bonn: BISp.

- Brandtstädter, J. (Hrsg.). (2007). *Entwicklungspsychologie der Lebensspanne: Ein Lehrbuch* (1. Aufl.). Stuttgart: Kohlhammer.
- Brandtstädter, J. (2007). Entwicklungspsychologie der Lebensspanne: Leitvorstellungen und paradigmatische Orientierungen. In J. Brandtstädter (Hrsg.), *Entwicklungspsychologie der Lebensspanne: Ein Lehrbuch* (S. 34–66). Stuttgart: Kohlhammer.
- Buekers, M., Borry, P., & Rowe, P. (2015). Talent in sports. Some reflections about the search for future champions. *Movement & Sport Sciences - Science & Motricité*, 88, 3–12. doi:10.1051/sm/2014002
- Bucksch, J., Inchley, J., Hamrik, Z., Finne, E., & Kolip, P. (2014). Trends in television time, non-gaming PC use and moderate-to-vigorous physical activity among German adolescents 2002-2010. *BMC Public Health*, 14, 351-361. doi:10.1186/1471-2458-14-351
- Cantell, M., Crawford, S. G., & Tish Doyle-Baker, P. K. (2008). Physical fitness and health indices in children, adolescents and adults with high or low motor competence. *Human Movement Science*, 27(2), 344–362. doi:10.1016/j.humov.2008.02.007
- Caspersen, C. J., Powell, K. E., & Christenson, G. M. (1985). Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Reports*, 100(2), 126–131.
- Cobley, S. P., Schorer, J., & Baker, J. (2012). Identification and development of sport talent. In J. Baker, S. Cobley, & J. Schorer (Hrsg.), *Talent identification and development in sport* (S. 1–10). London, New York: Routledge.
- Cobley, S. P., Till, K., O'Hara, J., Cooke, C., & Chapman, C. (2014). Variable and changing trajectories in youth athlete development: further verification in advocating a long-term inclusive tracking approach. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(7), 1959–1970.
- Council of Europe (1988). *Handbook for the Eurofit Test of Physical Fitness*. Rom: Nationales Olympisches Komitee.
- Deforche, B., Lefevre, J., Bourdeaudhuij, de I., Hills, A. P., Duquet, W., & Bouckaert, J. (2003). Physical fitness and physical activity in obese and nonobese Flemish youth. *Obesity Research*, 11(3), 434–441. doi:10.1038/oby.2003.59
- Deprez, D. N., Valente-Dos-Santos, J., Coelho, E., Silva, M., Lenoir, M., Philippaerts, R. M., & Vaeyens, R. (2014). Modeling developmental changes in yo-yo intermittent recovery test level 1 in elite pubertal soccer players. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(6), 1006–1012. doi:10.1123/ijsp.2013-0368
- Deprez, D. N., Fransen, J., Lenoir, M., Philippaerts, R. M., & Vaeyens, R. (2015a). A retrospective study on anthropometrical, physical fitness, and motor coordination characteristics that influence dropout, contract status, and first-team playing time in high-level soccer players aged eight to eighteen years. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 29(6), 1692–1704
- Deprez, D. N., Valente-Dos-Santos, J., Coelho-E-Silva, M. J., Lenoir, M., Philippaerts, R., & Vaeyens, R. (2015b). Longitudinal Development of Explosive Leg Power from Childhood to Adulthood in Soccer Players. *International Journal of Sports Medicine*, 36(8), 672–679. doi:10.1055/s-0034-1398577
- Deutscher Fußball Bund (2013). *Testmanual für die technomotorische Leistungsdiagnostik*. Münster: Philippka-Verlag.
- Deutscher Handball Bund (2019). *DHB-Rahmentrainingskonzeption – Athletikkonzept des DHB*. Abgerufen unter <https://www.dhb-trainercenter.de/dhb-rahmentrainingskonzeption/einfuehrung-und-uebergreifende-hinweise/athletikkonzept-atk-des-dhb/?L=0> (letzter Zugriff am 03.01.2020)

- Deutscher Olympischer Sportbund (2013). *Nachwuchsleistungssportkonzept 2020. Unser Ziel: Dein Start für Deutschland*. Abgerufen unter https://www.blsv.de/fileadmin/user_upload/pdf/Leistungssport/Leistungssport_Nachwuchsleistungssportkonzept2020.pdf (letzter Zugriff am 03.01.2020)
- Eiben, O. G., Barabás, A., & Németh, Á. (2005). Comparison of Growth, Maturation, and Physical Fitness of Hungarian Urban and Rural Boys and Girls. *Journal of Human Ecology*, 17(2), 93–100. doi.10.1080/09709274.2005.11905762
- Eisenmann, J. C., & Malina, R. M. (2003). Age- and sex-associated variation in neuromuscular capacities of adolescent distance runners. *Journal of Sports Sciences*, 21(7), 551–557. doi.10.1080/0264041031000101845
- Elbe, A.-M., & Seidel, I. (2003). Die Bedeutung von psychologischen Faktoren bei der Auswahl von Sporttalenten an Eliteschulen des Sports. *Leistungssport*, 33, 59–62.
- Elbe, A.-M., Wenhold, F., & Beckmann, J. (2009). *Leistungsorientierung im Sport (SOQ) – Manual*. Köln: Strauß.
- Elbe, A.-M., Wenhold, F. & Müller, D. (2005). Zur Reliabilität und Validität des AMS-Sport – ein Instrument zur Bestimmung des sportspezifischen Leistungsmotivs. *Zeitschrift für Sportpsychologie*, 12 (2), 57–68.
- Elferink-Gemser, M. T., Visscher, C., Lemmink, K. A., & Mulder, T. (2007). Multidimensional performance characteristics and standard of performance in talented youth field hockey players: A longitudinal study. *Journal of Sports Sciences*, 25(4), 481–489. doi.10.1080/02640410600719945
- Emrich, E., & Gülich, A. (2005). Zur Evaluation des deutschen Fördersystems im Nachwuchsleistungssport. *Leistungssport*, 35(1), 79–86.
- Engel, F. A., Wagner, M., Roth, A., Scharenberg, S., Bossmann, T., Woll, A., & Sperlich, B. (2018). Hochintensives Intervalltraining im Sportunterricht. *Sportwissenschaft*, 48(1), 120-128.
- Faber, I. R., Bustin, P. M. J., Oosterveld, F. G. J., Elferink-Gemser, M. T., & Nijhuis-Van der Sanden, M. W. G. (2016). Assessing personal talent determinants in young racquet sport players: A systematic review. *Journal of Sports Sciences*, 34(5), 395–410. doi.10.1080/02640414.2015.1061201
- Falk, B., Cohen, Y., Lustig, G., Lander, Y., Yaaron, Y., & Ayalon, J. (2001). Tracking of physical fitness components in boys and girls from the second to sixth grades. *American Journal of Human Biology*, 13(1), 65–70.
- Falk, B., Lidor, R., Lander, Y., & Lang, B. (2004). Talent identification and early development of elite water-polo players: A 2-year follow-up study. *Journal of Sports Sciences*, 22(4), 347–355. doi.10.1080/02640410310001641566
- Farrow, D. (2012). Identifying and Developing Skill Expertise. In J. Baker, S. Cobley, & J. Schorer (Hrsg.), *Talent identification and development in sport* (S. 51–63). London, New York: Routledge.
- Feierabend, S., Plankenhorn, T., & Rathgeb, T. (2017). *KIM-Studie 2016. Kindheit, Internet, Medien*. Abgerufen von www.mpfs.de/fileadmin/files/Studien/KIM/2016/KIM_2016_Web-PDF.pdf (letzter Zugriff am 07.09.2019)
- Fischer, W. (2014, November). *Schule und Leistungssport in NRW – Angebote, Möglichkeiten und Perspektiven für Nachwuchsleistungssportler*. Vortrag am 17. November auf der Fachtagung Leistungssport in Duisburg.
- Flick, U., Kardorff, E. von, Keupp, H., Rosenstiel, L. von, & Wolff, S. (Hrsg.) (1995). *Handbuch qualitative Sozialforschung. Grundlagen, Konzepte, Methoden und Anwendungen*. Weinheim: Beltz.

- Forsman, H., Gråstén, A., Blomqvist, M., Davids, K., Liukkonen, J., & Konttinen, N. (2016). Development of perceived competence, tactical skills, motivation, technical skills, and speed and agility in young soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 34(14), 1311–1318. doi:10.1080/02640414.2015.1127401
- Fortier, M. D., Katzmarzyk, P. T., Malina, R. M., & Bouchard, C. (2001). Seven-year stability of physical activity and musculoskeletal fitness in the Canadian population. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(11), 1905–1911. doi:10.1097/00005768-200111000-00016
- Fransen, J., Deprez, D., Pion, J., Tallir, I. B., D'Hondt, E., Vaeyens, R., & Philippaerts, R. M. (2014). Changes in physical fitness and sports participation among children with different levels of motor competence: A 2-year longitudinal study. *Pediatric Exercise Science*, 26(1), 11–21. doi:10.1123/pes.2013-0005
- Fransen, J., Bennett, K. J. M., Woods, C. T., French-Collier, N., Deprez, D., Vaeyens, R., & Lenoir, M. (2017). Modelling age-related changes in motor competence and physical fitness in high-level youth soccer players: implications for talent identification and development. *Science and Medicine in Football*, 1(3), 203–208. doi:10.1080/24733938.2017.1366039
- Fröhlich, M., Klein, M., Pieter, A., Frenger, M., & Emrich, E. (2011). Trainingseffekte vs. motorische Entwicklung - Zur Veränderung der sportmotorischen Testleistung im Setting Schule. *Leipziger Sportwissenschaftliche Beiträge*, 52(1), 94–119.
- Fröhlich, M., Pieter, A., Gießing, J., Klein, M., Strack, A., Felder, H., Blischke, D., Stening, K., & Emrich, E. (2009). Kraft und Krafttraining bei Kindern und Jugendlichen – aktueller Stand. *Leistungssport*, 2 (Suppl.), 1–23.
- Fröhner, G. (2017). Belastbarkeit aus orthopädischer Sicht. In K. Hottenrott & I. Seidel (Hrsg.), *Handbuch Trainingswissenschaft - Trainingslehre* (S. 329–332). Schorndorf: Hofmann.
- Gagné, F. (2008). Building Gifts Into Talents: Brief Overview of the DMGT 2.0. *Gifted*, 152, 5–9.
- Goodway, J. D., Ozmun, J. C., & Gallahue, D. L. (2019). *Understanding motor development: Infants, children, adolescents, adults*. Burlington: Jones & Bartlett Learning.
- Granacher, U., & Borde, R. (2017). Effects of Sport-Specific Training during the Early Stages of Long-Term Athlete Development on Physical Fitness, Body Composition, Cognitive, and Academic Performances. *Frontiers in Physiology*, 8, 810. doi:10.3389/fphys.2017.00810
- Greier, K., Kaiser, S., Hager, A., & Scheu, A. (2015). Einfluss ausgewählter Risikofaktoren auf die motorische Leistungsfähigkeit von 10- bis 11-jährigen Schulkindern. *Bewegungstherapie und Gesundheitssport*, 31(2), 69–75. doi:10.1055/s-0035-1547419
- Gulbin, J. P., Croser, M. J., Morley, E. J., & Weissensteiner, J. R. (2013). An integrated framework for the optimisation of sport and athlete development: A practitioner approach. *Journal of Sports Sciences*, 31(12), 1319–1331.
- Güllich, A., Anthes, E., & Emrich, E. (2005). Talentförderung im Sportverein. *Leistungssport*, 35(6), 48–55.
- Güllich, A., Heß, W.-D., Jakobs, K., Lehmann, F., Mäde, U., Müller, F., Oltmanns, K., & Schön, R. (2004). *Offizieller Rahmentrainingsplan des Deutschen Leichtathletik-Verbandes für das Grundlagentraining*. Münster: Philippka.
- Hackfort, D. (Hrsg.). (2006). *Perspectives on sport and exercise psychology. Essential processes for attaining peak performance*. Oxford: Meyer & Meyer.
- Hackfort, D., & Tenenbaum, G. (Hrsg.). (2006). *Essential processes for attaining peak performance*. Oxford: Meyer & Meyer.

- He, Q.-q., Wong, T.-w., Du, L., Jiang, Z.-q., Yu, T.-s. I., Qiu, H., Gao, Y., Liu, W.-j., & Wu, J.-g. (2011). Physical activity, cardiorespiratory fitness, and obesity among Chinese children. *Preventive Medicine, 52*(2), 109–113. doi.10.1016/j.ypmed.2010.11.005
- Heiss, C., Engbert K., Gröpel, P., & Beckmann, P. (2009). Selbstführung - eine psychologische Schlüsselkompetenz zur Talententwicklung im Individualsport. In G. Neumann (Hrsg.), *Talentdiagnose und Talentprognose im Nachwuchsleistungssport* (S. 174–177). Köln: Strauss.
- Herrmann, S., Bartz, E., Lischka, B., & Spahl, O. (2016). Bewegungs-Checks in Deutschlands Grundschulen. *Leistungssport, 46*(3), 52–55.
- Hirose, N., & Seki, T. (2016). Two-year changes in anthropometric and motor ability values as talent identification indexes in youth soccer players. *Journal of Science and Medicine in Sport, 19*(2), 158–162. doi.10.1016/j.jsams.2015.01.004
- Hirtz, P., & Forschungszirkel "N.A. Bernstein". (2007). *Phänomene der motorischen Entwicklung des Menschen*. Schorndorf: Hofmann.
- Hoffmann, A. (2014). Leipziger Positionen zum Nachwuchsleistungssport in Deutschland. In A. Hoffmann & A. Pfützner (Hrsg.), *Wege an die Spitze. Tagungsband zum Nachwuchsleistungssport-Symposium vom 6.-8. Mai 2013 in Leipzig* (S. 29–49). Aachen: Meyer & Meyer.
- Hoffmann, A., & Pfützner, A. (Hrsg.). (2014). *Wege an die Spitze*. Tagungsband zum Nachwuchsleistungssport-Symposium vom 6.-8. Mai 2013 in Leipzig. Aachen: Meyer & Meyer.
- Hoffmann, A., & Wulff, J. (Hrsg.). (2018). *Die Spitze im Blick*. Tagungsband zum Nachwuchsleistungssport-Symposium vom 8.-10. Mai 2017 in Leipzig. Aachen: Meyer & Meyer.
- Hohmann, A. (2001). Leistungsdiagnostische Kriterien sportlichen Talents - dargestellt am Beispiel des leichtathletischen Sprints. *Leistungssport, 31*(4), 14–22.
- Hohmann, A. (2009). *Entwicklung sportlicher Talente an sportbetonten Schulen: Schwimmen, Leichtathletik, Handball*. Petersberg: Imhof.
- Hohmann, A., & Carl, K. (2003). Zum Stand der sportwissenschaftlichen Talentforschung. In A. Hohmann, D. Wick, & K. Carl (Hrsg.), *Talent im Sport* (S. 3–30). Schorndorf: Hofmann.
- Hohmann, A., Fehr, U., & Voigt, L. (2015). Heute im Talentpool. In Hamburg auf dem Podium. *Leistungssport, 45*(5), 5–11.
- Hohmann, A., & Seidel, I. (2003). Scientific Aspects of Talent Development. *International Journal of Physical Education, 40*, 9–20.
- Hohmann, A., & Seidel, I. (2017). Talententwicklung: Talentdiagnose und Talentförderung. In K. Hottenrott & I. Seidel (Hrsg.), *Handbuch Trainingswissenschaft - Trainingslehre* (S. 305–317). Schorndorf: Hofmann.
- Hohmann, A., & Seidel, I. (2003). Scientific aspects of talent development. *International Journal of Physical Education, 40*(1), 9–20.
- Hohmann, A., Wick, D., & Carl, K. (Hrsg.). (2003). *Talent im Sport*. Schorndorf: Hofmann.
- Höner, O., Votteler, A., Schmid, M., Schultz, F., & Roth, K. (2015). Psychometric properties of the motor diagnostics in the German football talent identification and development programme. *Journal of Sports Sciences, 33*(2), 145–159. doi.10.1080/02640414.2014.928416
- Hottenrott, K., & Seidel, I. (Hrsg.). (2017). *Handbuch Trainingswissenschaft - Trainingslehre*. Schorndorf: Hofmann.
- Howley, E. T. (2001). Type of activity: resistance, aerobic and leisure versus occupational physical activity. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 33*(6 Suppl), 364-369.

- Huijgen, B. C. H., Elferink-Gemser, M. T., Post, W., & Visscher, C. (2010). Development of dribbling in talented youth soccer players aged 12–19 years: A longitudinal study. *Journal of Sports Sciences, 28*(7), 689–698.
- Innenministerium Nordrhein-Westfalen & Landessportbund Nordrhein-Westfalen. (2010). *Leistungssport 2020. Teilkonzept Talentsuche und Talentförderung*. Duisburg: LSB NRW. abgerufen unter http://www.sportland.nrw.de/fileadmin/nachwuchsfoerderung/download/teilkonzept_talentsuche.pdf (letzter Zugriff am 03.04.2019).
- Isermann, K., & Wastl, P. (Hrsg.) (2018). *Leichtathletik in Training, Wettkampf und Ausbildung: Reader zur 12. Jahrestagung der dvs-Kommission in Kassel Leichtathletik (17.-18. Juni 2016)*. Hamburg: Feldhaus.
- Janz, K. F., Dawson, J. D., & Mahoney, L. T. (2000). Tracking physical fitness and physical activity from childhood to adolescence: the Muscatine study. *Medicine and Science in Sports and Exercise, 32*(7), 1250–1257.
- Johnston, K., Wattie, N., Schorer, J., & Baker, J. (2018). Talent Identification in Sport: A Systematic Review. *Sports Medicine, 48*(1), 97–109. doi:10.1007/s40279-017-0803-2
- Kalverboer, A. F., Hopkins, B., & Geuze, R. (Hrsg.). (1992). *Motor development in early and later childhood: Longitudinal approaches*. Cambridge: Cambridge Univ. Press.
- Kannekens, R., Elferink-Gemser, M. T., Post, W. J., & Visscher, C. (2009). Self-assessed tactical skills in elite youth soccer players: A longitudinal study. *Perceptual and Motor Skills, 109*(2), 459–472. doi:10.2466/PMS.109.2.459-472
- Karim, O. A., Ammar, A., Chtourou, H., Wagner, M., Schlenker, L., Parish, A., Gaber, A., Höckelmann, T., & Bös, K. (2015). A Comparative Study of Physical Fitness among Egyptian and German Children aged between 6 and 10 years. *Advances in Physical Education, 5*(1), 7–17. doi:10.4236/ape.2015.51002
- Khamis, H. J. & Roche, A. F. (1994). Predicting adult stature without using skeletal age: the Khamis-Roche method. *Pediatrics, 94* (4), 504–507.
- Kipphard, E. J., & Schilling, F. (1974). *Körperkoordinationstest für Kinder (KTK)*. Weinheim: Beltz.
- Korsten-Reck, U., Kaspar, T., Korsten, K., Kromeyer-Hauschild, K., Bös, K., Berg, A., & Dickhuth, H.-H. (2007). Motor abilities and aerobic fitness of obese children. *International Journal of Sports Medicine, 28*(9), 762–767. doi:10.1055/s-2007-964968
- Kramer, T., Valente-Dos-Santos, J., Coelho-E-Silva, M. J., Malina, R. M., Huijgen, B. C. H., Smith, J., Elferink-Gemser, M. T., & Visscher, C. (2016a). Modeling Longitudinal Changes in 5 m Sprinting Performance Among Young Male Tennis Players. *Perceptual and Motor Skills, 122*(1), 299–318. doi:10.1177/0031512516628367
- Kramer, T., Huijgen, B. C. H., Elferink-Gemser, M. T., & Visscher, C. (2016b). A Longitudinal Study of Physical Fitness in Elite Junior Tennis Players. *Pediatric Exercise Science, 28*(4), 553–564. doi:10.1123/pes.2016-0022
- Kreckel, V., Eysel, P., & König, D. P. (2004). Verletzungen und Muskelverkürzungen im Fußballsport. *Sportverletzung Sportschaden, 18*(3), 142–147. doi:10.1055/s-2004-813149
- Kromeyer-Hauschild, K. (2005). Definition, Anthropometrie und deutsche Referenzwerte für BMI. In M. Wabitsch, K. Zwiauer, J. Hebebrand & W. Kiess (Hrsg.), *Adipositas bei Kindern und Jugendlichen. Grundlagen und Klinik* (S. 3–16). Berlin: Springer.
- Kromeyer-Hauschild, K., Wabitsch, M., Kunze, D., Geller, F., Geiß, H.-C., Hesse, V., Hippel, A. v., Johnson, D., & Korte, W. (2001). Perzentile für den Body-mass-Index für das Kindes- und Jugendalter unter Heranziehung verschiedener deutscher Stichproben. *Monatsschrift Kinderheilkunde, 149*(8), 807–818.
- Kronthaler, F. (2014). *Statistik angewandt: Datenanalyse ist (k)eine Kunst*. Berlin: Springer Spektrum.

- Kurth, B.-M., & Schaffrath Rosario, A. (2007). Die Verbreitung von Übergewicht und Adipositas bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland. *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz*, 50, 736–743. doi.10.1007/s00103-007-0235-5
- Lämmle, L., Tittlbach, S., Oberger, J., Worth, A., & Bös, K. (2010). A Two-level Model of Motor Performance Ability. *Journal of Exercise Science & Fitness*, 8(1), 41–49. doi.10.1016/S1728-869X(10)60006-8
- Léger, L. A., Mercier, D., Gadoury, C., & Lambert, J. (1988). The multistage 20 metre shuttle run test for aerobic fitness. *Journal of Sports Sciences*, 6(2), 93–101. doi.10.1080/02640418808729800
- Lemmink, K., Elferink-Gemser, M. T., & Visscher, C. (2004). Evaluation of the reliability of two field hockey specific sprint and dribble tests in young field hockey players. *British Journal of Sports Medicine*, 38(2), 138–142.
- Lefevre, J., Philippaerts, R. M., Delvaux, K., Thomis, M., Vanreusel, B., Eynde, B. V., Claessens, A. L., Lysens, R., Renson, R., & Beunen, G. (2000). Daily physical activity and physical fitness from adolescence to adulthood: a longitudinal study. *American Journal of Human Biology: The Official Journal of the Human Biology Association*, 12(4), 487–497. doi.10.1002/1520-6300(200007/08)
- Leyhr, D., Kelava, A., Raabe, J., & Höner, O. (2018). Longitudinal motor performance development in early adolescence and its relationship to adult success: An 8-year prospective study of highly talented soccer players. *PloS One*, 13(5). doi.10.1371/journal.pone.0196324
- Leyhr, D., Raabe, J., Schultz, F., Kelava, A., & Höner, O. (2020). The adolescent motor performance development of elite female soccer players: A study of prognostic relevance for future success in adulthood using multilevel modelling. *Journal of Sports Sciences*, 38(11-12), 1342–1351. doi.10.1080/02640414.2019.1686940
- Lidor, R., Côté, J., & Hackfort, D. (2009). ISSP position stand: To test or not to test? The use of physical skill tests in talent detection and in early phases of sport development. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, 7(2), 131–146. doi.10.1080/1612197X.2009.9671896
- Lidor, R., Hershko, Y., Bilkevitz, A., Arnon, M., & Falk, B. (2007). Measurement of talent in volleyball: 15-month follow-up of elite adolescent players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 47(2), 159-168.
- Lima, R. A., Bugge, A., Pfeiffer, K. A., & Andersen, L. B. (2017). Tracking of gross motor coordination from childhood into adolescence. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 88(1), 52–59. doi.10.1080/02701367.2016.1264566
- Lindenberger, U. (2000). Intellektuelle Entwicklung über die Lebensspanne: Überblick und ausgewählte Forschungsbrennpunkte. *Psychologische Rundschau*, 51(3), 135–145. doi.10.1026//0033-3042.51.3.135
- London, R. A., & Castrechini, S. (2011). A longitudinal examination of the link between youth physical fitness and academic achievement. *Journal of School Health*, 81(7), 400–408. doi.10.1111/j.1746-1561.2011.00608.x
- Lopes, V. P., Maia, J. A. R., Rodrigues, L. P., & Malina, R. (2012). Motor coordination, physical activity and fitness as predictors of longitudinal change in adiposity during childhood. *European Journal of Sport Science*, 12(4), 384–391. doi.10.1080/17461391.2011.566368
- Maia, J. A., Lefevre, J., Claessens, A., Renson, R., Vanreusel, B., & Beunen, G. (2001). Tracking of physical fitness during adolescence: a panel study in boys. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(5), 765–771. doi. 10.1097/00005768-200105000-00014

- Malina, R. M. (1996). Tracking of physical activity and physical fitness across the lifespan. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, 67, 48-57. doi.10.1080/02701367.1996.10608853
- Martindale, R. J., Collins, D., & Daubney, J. (2005). Talent Development: A Guide for Practice and Research Within Sport. *Quest*, 57(4), 353-375. doi.10.1080/00336297.2005.10491862
- Matthys, S. P.J., Vaeyens, R., Franssen, J., Deprez, D., Pion, J., Vandendriessche, J., Vandorpe, B., Lenoir, M., & Philippaerts, R. (2013). A longitudinal study of multidimensional performance characteristics related to physical capacities in youth handball. *Journal of Sports Sciences*, 31(3), 325-334. doi.10.1080/02640414.2012.733819
- Matton, L., Thomis, M., Wijndaele, K., Duvigneaud, N., Beunen, G., Claessens, A. L., Vanreusel, B., Philippaerts, R., & Lefevre, J. (2006). Tracking of physical fitness and physical activity from youth to adulthood in females. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 38(6), 1114-1120. doi: 10.1249/01.mss.0000222840.58767.40
- McDermott, L. (2007). A Governmental Analysis of Children "At Risk" in a World of Physical Inactivity and Obesity Epidemics. *Sociology of Sport Journal*, 24(3), 302-324. doi.10.1123/ssj.24.3.302
- McMillan, C. S., & Erdmann, L. D. (2010). Tracking Adiposity and Health-Related Physical Fitness Test Performances from Early Childhood through Elementary School. *Pediatric Exercise Science*, 22(2), 231-244. doi.10.1123/pes.22.2.231
- Ministerium für Familie, Kinder, Jugend, Kultur und Sport des Landes Nordrhein-Westfalen (MFKJKS) (2006). *Rahmenvorgaben für NRW-Sportschulen*. Abgerufen von www.sportland.nrw.de/fileadmin/nachwuchsfoerderung/verbundsystem/rahmenvorgaben_nrw_sportschule.pdf (letzter Zugriff am 23.12.2016).
- Ministerium für Familie, Kinder, Jugend, Kultur und Sport des Landes Nordrhein-Westfalen (MFKJKS) (2011). *Rahmenvorgaben für NRW-Sportschulen*. Abgerufen von www.sportland.nrw.de/fileadmin/nachwuchsfoerderung/verbundsystem/rahmenvorgaben_nrw_sportschule_2011.pdf (letzter Zugriff am 23.12.2016).
- Ministerium für Familie, Kinder, Jugend, Kultur und Sport des Landes Nordrhein-Westfalen. (2015). *Duale Karriere in Nordrhein-Westfalen. Orientierungsleitfaden für eine erfolgreiche schulische/ berufliche Laufbahn*. Düsseldorf: MFKJKS.
- Mirwald, R. L., Baxter-Jones, A. D. G., Bailey, D. A., & Beunen, G. P. (2002). An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Medicine & science in sports & exercise*, 34(4), 689-694.
- Moll, C. (2016). *Sportmotorische Tests in der Nachwuchsleichtathletik. Revision eines leichtathletikspezifischen Testverfahrens (Blockübergreifender DLV-Talent-Sichtungstest für das Grundagentraining (AK 9 bis 14)) sowie Untersuchungen über Trainererfahrungen mit sportmotorischen Tests in der deutschen Nachwuchsleichtathletik. (Dissertation)*. Karlsruhe: KIT/FoSS.
- Moll, C., Seidel, I., & Bös, K. (2018). Trainererfahrungen mit sportmotorischen Tests im Nachwuchsleistungssport – Qualitative Experteninterviews mit Nachwuchstrainern der Leichtathletik. In K. Isermann & P. Wastl (Hrsg.), *Tagungsband zur 12. dvs-Tagung der Kommission Leichtathletik in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Leichtathletik-Verband vom 17. bis 18. Juni in Kassel*. Hamburg: Czwalina.
- Musch, J., & Grondin, S. (2001). Unequal Competition as an Impediment to Personal Development: A Review of the Relative Age Effect in Sport. *Developmental Review*, 21(2), 147-167. doi.10.1006/drev.2000.0516
- Neumann, G. (2009). (Hrsg.). *Talentdiagnose und Talentprognose im Nachwuchsleistungssport*. Köln: Strauss.

- Nordmann, L. (2009). Stuserhebung der Talentdiagnostik und Talentprognose in Spitzen- und Landesfachverbänden. In G. Neumann (Hrsg.), *Talentdiagnose und Talentprognose im Nachwuchsleistungssport* (S. 28–42). Köln: Strauss.
- Oberger, J. (2015). *Sportmotorische Tests im Kindes- und Jugendalter: Normwertbildung – Auswertungsstrategien – Interpretationsmöglichkeiten; Überprüfung anhand der Daten des Motorik-Moduls (MoMo)*. Karlsruhe: KIT Scientific Publishing. doi.10.5445/KSP/1000044654
- Ortega, F. B., Ruiz, J. R., Castillo, M. J., & Sjöröm, M. (2008). Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. *International Journal of Obesity*, 32(1), 1–11. doi.10.1038/sj.ijo.0803774
- Ostojic, S. M., & Ahmetovic, Z. (2008). Weekly training volume and hematological status in female top-level athletes of different sports. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 48, 398–403.
- Panchyryz, I. (2019). *Die Motorische Leistungsfähigkeit von Deutschen und Kenianischen Kindern im Alter von 10 Jahren. Eine ländervergleichende Studie unter besonderer Berücksichtigung der räumlichen und sozialen Herkunft. (Dissertation)*. Karlsruhe: KIT/IfSS.
- Papaiakovou, G., Giannakos, A., Michailidis, C., Patikas, D., Bassa, E., Kalopisis, V., Anthrakidis, N., & Kotzamanidis, C. (2009). The effect of chronological age and gender on the development of sprint performance during childhood and puberty. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 23(9), 2568–2573. doi.10.1519/JSC.0b013e3181c0d8ec
- Pate, R. R., Mitchell, J. A., Byun, W., & Dowda, M. (2011). Sedentary behaviour in youth. *British Journal of Sports Medicine*, 45(11), 906–913. doi.10.1136/bjsports-2011-090192
- Pate, R. R., Trost, S. G., Dowda, M., Ott, A. E., Ward, D. S., Saunders, R., & Felton, G. (1999). Tracking of Physical Activity, Physical Inactivity, and Health-Related Physical Fitness in Rural Youth. *Pediatric Exercise Science*, 11(4), 364–376. doi.10.1123/pes.11.4.364
- Pauer, T. (2001). *Die motorische Entwicklung leistungssportlich trainierender Jugendlicher*. Schorndorf: Hofmann.
- Pearson, D. T., Naughton, G. A., & Torode, M. (2006). Predictability of physiological testing and the role of maturation in talent identification for adolescent team sports. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 9(4), 277–287. doi.10.1016/j.jsams.2006.05.020
- Philippaerts, R. M., Vaeyens, R., Janssens, M., van Renterghem, B., Matthys, D., Craen, R., Burgois, J., Vrijens, J., Beunen, G., & Malina, R. M. (2006). The relationship between peak height velocity and physical performance in youth soccer players. *Journal of Sports Sciences*, 24(3), 221–230. doi.10.1080/02640410500189371
- Prader, A. (1981). Normales Wachstum und Wachstumsstörungen bei Kindern und Jugendlichen. *Klinische Wochenschrift München*, 57, 17, S. 977–984. doi.10.1007/978-3-662-38057-4_24
- Prukner, V., & Sigmundova, D. (2014). The analysis of a battery of motor tests as a predictor of future athletic performance in children of athletic school sport classes. *Acta Gymnica*, 44(3), 165–173. doi.org/10.5507/ag.2014.017
- Rodrigues, L. P., Leitão, R., & Lopes, V. P. (2013). Physical fitness predicts adiposity longitudinal changes over childhood and adolescence. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 16(2), 118–123. doi.10.1016/j.jsams.2012.06.008
- Roescher, C. R., Elferink-Gemser, M. T., Huijgen, B. C. H., & Visscher, C. (2010). Soccer endurance development in professionals. *International Journal of Sports Medicine*, 31(3), 174–179. doi.10.1055/s-0029-1243254

- Roth, A., Moll, C., Seidel, I., & Bös, K. (2017). Nachwuchsleistungssport an den NRW-Sportschulen - Talentsichtung unter Berücksichtigung sportartübergreifender, sportartspezifischer und sportpsychologischer Testverfahren. *Leipziger Sportwissenschaftliche Beiträge*, 58(1), 132–157.
- Roth, A., Schmidt, S. C. E., Hartmann, S., Seidel, I., Scharenberg, S., & Bös, K. (2019). Development of Physical Fitness among the Top 10 Boys and Girls in Sport Schools: A 10-Year Cohort Analysis. *Sports*, 7(10), 222-235. doi.10.3390/sports7100222
- Roth, A., Schmidt, S. C. E., Hartmann, S., Scharenberg, S., Seidel, I., Altmann, S., Jekauc, D., & Bös, K. (2020). Development of physical fitness under consideration of talent-specific aspects. *Journal of Human Sport and Exercise*, 15(3), 608-622. doi.10.14198/jhse.2020.153.11
- Roth, A., Schmidt, S. C. E., Seidel, I., Woll, A., & Bös, K. (2018). Tracking of Physical Fitness of Primary School Children in Trier: A 4-Year Longitudinal Study. *BioMed Research International*, 2018, 1-10. doi.10.1155/2018/7231818
- Roth, A., & Seidel, I. (2013). *Abschlussbericht im Projekt TrieKis. Gesundheit-Bewegungs-Leistung*. abgerufen von www.sport.kit.edu/foss/download/TrieKis-Bericht_AR_IS_10.13.pdf (letzter Zugriff am 04.11.2019).
- Roth, K. (1999). Die fähigkeitsorientierte Betrachtungsweise. In K. Roth & K. Willimczik (Hrsg.), *Bewegungswissenschaft* (S. 227-288). Ahrensburg: rororo.
- Roth, K., & Roth, C. (2009). Entwicklung koordinativer Fähigkeiten. In J. Baur, K. Bös, A. Conzelmann & R. Singer (Hrsg.), *Handbuch motorische Entwicklung* (2. Aufl., S. 197–226). Schorndorf: Hofmann.
- Roth, K., & Willimczik, K. (Hrsg.). (1999). *Bewegungswissenschaft*. Reinbek: Rowohlt.
- Ruiz, J. R., Ortega, F. B., Martínez-Gómez, D., Labayen, I., Moreno, L. A., Bourdeaudhuij, de I., & Sjörström, M. (2011). Objectively measured physical activity and sedentary time in European adolescents: The HELENA study. *American Journal of Epidemiology*, 174(2), 173–184. doi.10.1093/aje/kwr068
- Schienkiewitz, A., Brettschneider, A.-K., Damerow, S., & Schaffrath Rosario, A. (2018). Übergewicht und Adipositas im Kindes- und Jugendalter in Deutschland – Querschnittergebnisse aus KiGGS Welle 2 und Trends. *Journal of Health Monitoring* 3(1), 16-23. doi.10.17886/RKI-GBE-2018-005
- Schlenker, L. (2012). Durchführungsvarianten für den Deutschen Motorik-Test 6-18 im Sportunterricht. *Sportunterricht*, 61(8), 1–5.
- Schmidt, W., Hartmann-Tews, I., & Brettschneider, W.-D. (Hrsg.). (2003). *Erster Deutscher Kinder- und Jugendsportbericht*. Schorndorf: Hofmann.
- Schmidt, W., & Zimmer, R. (Hrsg.). (2008). *Zweiter Deutscher Kinder- und Jugendsportbericht: Schwerpunkt: Kindheit*. Schorndorf: Hofmann.
- Schmidt, S. C. E., Henn, A., Albrecht, C., & Woll, A. (2017). Physical Activity of German Children and Adolescents 2003-2012: The MoMo-Study. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 14(11), 1375. doi.10.3390/ijerph14111375
- Schneider, W. (1992). The longitudinal study of motor development: Methodological issues. In A. F. Kalverboer, B. Hopkins, & R. Geuze (Hrsg.), *Development in early and later childhood: Longitudinal approaches* (S. 317–340). Cambridge: Cambridge Univ. Press.
- Seidel, I., & Bös, K. (2011). Sportmotorische Tests im Nachwuchsleistungssport. In L. Vollbrecht (Hrsg.), *Sport ist Spitze. Leistungssport 2020 – Neue Antworten auf veränderte Wirklichkeiten. Reader zum 25. Internationalen Workshop im Rahmen der Ruhrolympiade am 31. Mai und 01. Juni 2009 in Duisburg* (S. 71–88). Aachen: Meyer & Meyer.

- Seidel, I., & Bös, K. (2012). Chancen und Nutzen motorischer Diagnostik im Schulsport am Beispiel des DMT 6-18. *sportunterricht*, 61(8), 228–233.
- Seidel, I., Grüneberg, C., Engel, F., Kurz, A.-K., Hientsch, A.-K., Moll, C., & Bös, K. (2014). *Motorischer Test 2 für die NRW-Sportschulen. Testanleitung MT2-A sportartübergreifend, MT2-B für 17 Sportarten (Badminton, Basketball, Eishockey, Fechten, Fußball, Handball, Hockey, Judo, Kanu, Leichtathletik, Ringen, Rudern, Schwimmen Taekwondo, Tennis, Tischtennis, Volleyball, Sportpsychologische Fragebögen)*. Düsseldorf: MFKJKS.
- Seidel, I., & Meissner, J. (2016, Mai). *Sportpsychologische Verfahren und Talentauswahl - der SOQ im Einsatz*. Vortrag am 06.05.2016 auf der Jahrestagung der ASP in Münster.
- Seidel, I., & Roth, A. (2012, Oktober). *TrieKis: Vergangenheit-Gegenwart-Zukunft*. Vortrag am 19.10.2012 auf der Abschlussveranstaltung im Projekt TrieKis in Trier.
- Sherar, L. B., Mirwald, R. L., Baxter-Jones, A. D. G., & Thomis, M. (2005). Prediction of adult height using maturity-based cumulative height velocity curves. *The Journal of Pediatrics*, 147(4), 508–514. doi.10.1016/j.jpeds.2005.04.041
- Smith, D. J. (2003). A framework for understanding the training process leading to elite performance. *Sports Medicine (N.Z.)*, 33(15), 1103–1126. doi.10.2165/00007256-200333150-00003
- Smith, J. J., Eather, N., Morgan, P. J., Plotnikoff, R. C., Faigenbaum, A. D., & Lubans, D. R. (2014). The Health Benefits of Muscular Fitness for Children and Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 44(9), 1209–1223. doi.10.1007/s40279-014-0196-4
- Spahl, O. (2018). Nachwuchsleistungssportkonzept 2020 - Halbzeitstand. In A. Hoffmann & J. Wulff (Hrsg.), *Die Spitze im Blick. Tagungsband zum Nachwuchsleistungssport-Symposium vom 8.-10. Mai 2017 in Leipzig* (S. 56–69). Aachen: Meyer & Meyer.
- Steinbach, D., & Hartmann, S. (2007). Demografischer Wandel und organisierter Sport – Projektionen der Mitgliederentwicklung des DOSB für den Zeitraum bis 2030. *Sport und Gesellschaft*, 4(3), 223–242. doi.10.1515/sug-2007-0302
- Steinhage, N., & Blossfeld, H.-P. (1999). *Zur Problematik von Querschnittsdaten. Methodische-statistische Beschränkungen von Querschnittsstudien bei der empirischen Überprüfung von Theorien*. Bremen: Universität Bremen.
- Strauss, A.L., & Corbin, J.M. (1996). *Grounded theory. Grundlagen qualitativer Sozialforschung*. Weinheim: Psychologie-Verl.-Union.
- Tanner, J. M., Whitehouse, R. H., Cameron, N., Marshall, W. A., Healy, M. J.R., & Goldstein, H. (1983). *Assessment of skeletal maturity and prediction of adult height (TW2 method)*. London: Academic Press.
- Te Wierike, S. C. M., Huijgen, B. C. H., Jonker, L., Elferink-Gemser, M. T., & Visscher, C. (2018). The importance and development of ball control and (self-reported) self-regulatory skills in basketball players for different positions. *Journal of Sports Sciences*, 36(6), 710–716. doi.10.1080/02640414.2017.1334954
- Till, K., Cobley, S., O' Hara, J., Cooke, C., & Chapman, C. (2014). Considering maturation status and relative age in the longitudinal evaluation of junior rugby league players. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 24(3), 569–576. doi.10.1111/sms.12033
- Tomkinson, G. R. (2007). Global changes in anaerobic fitness test performance of children and adolescents (1958-2003). *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 17(5), 497–507. doi.10.1111/j.1600-0838.2006.00569.x
- Tomkinson, G., Lang, J., & Tremblay, M. (2017). Temporal trends in the cardiorespiratory fitness of children and adolescents representing 19 high-income and upper middle-income countries between 1981 and 2014. *British Journal of Sports Medicine*, 53(8), 1545-1554. doi. 10.1136/bjsports-2017-097982

- Tomkinson, G. R., & Olds, T. S. (2007). Secular changes in pediatric aerobic fitness test performance: The global picture. *Medicine and Sport Science*, *50*, 46–66. doi.10.1159/000101075
- Trudeau, F., Shephard, R. J., Arsenault, F., & Laurencelle, L. (2003). Tracking of physical fitness from childhood to adulthood. *Canadian Journal of Applied Physiology*, *28*(2), 257–271. doi.10.1139/h03-020
- Twisk, J. W.R., Kemper, H. C.G., & Mellenbergh, G. J. (1994). Mathematical and analytical aspects of tracking. *Epidemiologic Reviews*, *16*(2), 165–183.
- Vaeyens, R., Lenoir, M., Williams, A. M., & Philippaerts, R. M. (2008). Talent Identification and Development Programmes in Sport. *Sports Medicine*, *38*(9), 703–714. doi.10.2165/00007256-200838090-00001
- Vandorpe, B., Vandendriessche, J., Vaeyens, R., Pion, J., Matthys, S., Lefevre, J., & Lenoir, M. (2012). Relationship between sports participation and the level of motor coordination in childhood: A longitudinal approach. *Journal of Science and Medicine in Sport*, *15*(3), 220–225. doi.10.1016/j.jsams.2011.09.006
- Vänttinen, T. (2013). *Growth-associated variation in body size, hormonal status, physical performance characteristics and perceptual-motor skills in Finnish young soccer players: a two-year follow-up study in the U11, U13 and U15 age groups.* (Dissertation). University of Jyväskylä: Studies in Sport, Physical Education and Health.
- Vollbrecht, L. (2011). *Leistungssport 2020-neue Antworten auf veränderte Wirklichkeit: Reader zum 25. internationalen Workshop im Rahmen der Ruhrolympiade am 31. Mai und 1. Juni 2009 in Duisburg.* Aachen: Meyer & Meyer.
- von Kries, R. (2005). Epidemiologie. In: In M. Wabisch, K. Zwiauer, J. Hebebrand, & W. Kiess (Hrsg.), *Adipositas bei Kindern und Jugendlichen. Grundlagen und Klinik.* (S. 16–27). Berlin: Springer.
- Wabitsch, M., Hebebrand, J., Kiess, W., Reinehr, T., & Wiegand, S. (2005). *Adipositas bei Kindern und Jugendlichen: Grundlagen und Klinik.* Berlin: Springer.
- Wagner, M., Worth, A., Schlenker, L., & Bös, K. (2010). Motorische Leistungsfähigkeit im Kindes- und Jugendalter. *Monatsschrift Kinderheilkunde*, *158*(5), 432–440. doi.10.1007/s00112-009-2121-8
- Weimann, E. (2002). Gender-related differences in elite gymnasts: the female athlete triad. *Journal of Applied Physiology*, *92*(5), 2146–2152. doi.10.1152/japophysiol.00572.2001
- Wendeborn, T., Drewicke, E., & Hummel, A. (2018). Verbundsysteme Schule – Leistungssport in der Bundesrepublik Deutschland : ein Überblick. *Sportunterricht*, *67*(10), 435–439.
- Wenhold, F., Elbe, A.-M., & Beckmann, J. (2009). *Fragebogen zum Leistungsmotiv im Sport (AMS-Sport).* Köln: Strauss.
- Wick, D., Golle, K., & Ohlert, H. (Hrsg.). (2013). *Körperliche und motorische Entwicklung Brandenburger Grundschüler im Längsschnitt: Ergebnisse der EMOTIKON-Studie 2006-2010.* Potsdam: Univ.-Verl.
- Wick, D., Hohmann, A., & Carl, K. (Hrsg.) (2002). *Talent im Sport.* Schorndorf: Hofmann.
- Wick, J. (2014). Aspekte des Nachwuchsleistungssport in den Ausdauersportarten. In A. Hoffmann & A. Pfützner (Hrsg.), *Wege an die Spitze. Herausforderungen und Schwerpunkte im deutschen Nachwuchsleistungssport; Tagungsband zum Nachwuchsleistungssport-Symposium vom 6.-8. Mai 2013 in Leipzig* (S. 78–92).
- Wiedemann, P.M. (1995). Gegenstandsnahe Theoriebildung. In U. Flick, E.v. Kardorff, H. Keupp, L.v. Rosenstiel, & S. Wolff (Hrsg.), *Handbuch qualitative Sozialforschung. Grundlagen, Konzepte, Methoden und Anwendungen* (S. 440–445). Weinheim: Beltz Psychologie-Verl.-Union.

- Wilke, G., & Uhrmeister, J. (2009). *Angriff*. Köln: Strauss.
- Willimczik, K., & Conzelmann, A. (1999). Motorische Entwicklung in der Lebensspanne. Kernannahmen und Leitorientierungen. *Psychologie und Sport*, 6(2), 60–70.
- Willimczik, K., & Singer, R. (2009a). Motorische Entwicklung: Gegenstandsbereich. In J. Baur, K. Bös, A. Conzelmann, & R. Singer (Hrsg.), *Handbuch motorische Entwicklung* (S. 15–24). Schorndorf: Hofmann.
- Willimczik, K., & Singer, R. (2009b). Motorische Entwicklung: Konzeptionen und Trends. In J. Baur, K. Bös, A. Conzelmann, & R. Singer (Hrsg.), *Handbuch motorische Entwicklung* (S. 25–46). Schorndorf: Hofmann.
- Woll, A., Oriwol, D., Anedda, B., Burchartz, A., Hanssen-Doose, A., Kopp, M., Niessner, C., Schmidt, S. C. E., Bös, K., & Worth, A. (2019). *Körperliche Aktivität, motorische Leistungsfähigkeit und Gesundheit in Deutschland: Ergebnisse aus der Motorik-Modul-Längsschnittstudie (MoMo)*. Karlsruhe: KIT/ IfSS. doi.10.5445/IR/1000095369
- Wollny, R. (2002). *Motorische Entwicklung in der Lebensspanne: Warum lernen und optimieren manche Menschen Bewegungen besser als andere?* Schorndorf: Hofmann.
- Wydra, G. (2009). Entwicklung der Beweglichkeit. In J. Baur, K. Bös, A. Conzelmann, & R. Singer (Hrsg.), *Handbuch motorische Entwicklung* (S. 187–196). Schorndorf: Hofmann.
- Zaichkowsky, L. D., & Larson, G. A. (1995). Physical, motor, and fitness development in children and adolescents. *Journal of Education*, 177(2), 55–79.
- Zhao, K., Hohmann, A., Faber, I., Chang, Y., & Gao, B. (2020). A 2-year longitudinal follow-up of performance characteristics in Chinese male elite youth athletes from swimming and racket sports. *PloS One*, 15(10). doi.10.1371/journal.pone.0239155
- Zuber, C., & Conzelmann, A. (2014). The impact of the achievement motive on athletic performance in adolescent football players. *European Journal of Sport Science*, 14(5), 475-483. doi.10.1080/17461391.2013.837513

8 Anhang

Anhangsverzeichnis

- Original-Artikel (1), (2), (3) und (4)
- Eidesstattliche Erklärung

Research Article

Tracking of Physical Fitness of Primary School Children in Trier: A 4-Year Longitudinal Study

Andreas Roth ¹, Steffen C. E. Schmidt ², Ilka Seidel,¹ Alexander Woll,² and Klaus Bös²

¹Research Centre for School Sports and the Physical Education of Children and Young Adults, Karlsruhe Institute of Technology, Karlsruhe, Germany

²Institute of Sport and Sport Science, Karlsruhe Institute of Technology, Karlsruhe, Germany

Correspondence should be addressed to Andreas Roth; andreas.roth@kit.edu

Received 5 January 2018; Accepted 13 March 2018; Published 22 April 2018

Academic Editor: Sabine Rohrmann

Copyright © 2018 Andreas Roth et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Objective. The aim of this study is to measure the motor development and tracking of physical fitness (PF) components of primary school children of Trier in Germany. **Methods.** Two longitudinal cohorts, of 1768 children (915 f, 853 m) aged 5–11, were measured. In longitudinal cohort 1, a total of 116 female and 137 male participants aged 6.80 ± 0.42 years at baseline were measured four times from grade 1 to grade 4 (response: 40.4%). Participants of longitudinal cohort 2 (166 f, 149 m; 6.70 ± 0.36 years at baseline, response: 42.6%) were examined three times from grade 1 to grade 3 with the German Motor Test 6–18 (DMT 6–18). **Results.** Physical fitness increased significantly over time in all test tasks except flexibility. Gender-specific differences were found in 20 m sprint, 6-minute run, balancing backwards, jumping sideways, and stand and reach. 74.4% of PF stability coefficients were moderate ($r = 0.30$ to 0.60). Stability of PF declined with increased time frames. Tracking was lower in girls than in boys. Flexibility showed the highest stability among PF variables ($r > 0.50$). BMI showed the overall highest stability coefficient with $r > 0.7$. **Conclusions.** Gender-specific differences of PF were obvious but cannot always be secured statistically in primary school. Tracking was only moderate. Variability in the timing and speed of the adolescent growth spurt and sexual maturation influence stability of PF. Results from longitudinal cohort 2 largely confirm those from longitudinal cohort 1.

1. Introduction

Regular physical activity (PA) and physical fitness (PF) are important factors for the health and social development of children and adolescents. PF is considered one of the most important health markers [1]. It is defined as a set of personal properties (i.e., cardiorespiratory endurance, skeletal muscle endurance, skeletal muscle power, flexibility, agility, balance, reaction time, and body composition) which people inherit or advance to perform PA. Cardiorespiratory endurance, muscular strength, endurance, body composition, and flexibility are referred to as health-related fitness. Balance, coordination, speed, agility, and power are often characterized as performance-related fitness [2].

There is consensus that high PF positively influences the physical and psychological health of children and adolescents. Studies show that cardiorespiratory fitness as well as muscular fitness reduce overall and abdominal obesity

and decrease cardiovascular risk factors [1, 3–6]. Moreover, cardiorespiratory fitness and muscular fitness can have a positive influence on mental health [1, 3] and are also positively associated with academic achievement [7]. An increase in PF is positively associated with bone health and higher quality of life after cancers and chemotherapy-induced treatments [1].

Motor performance, measured by PF components in childhood, is a process of change which is determined by development-related changes and by training-dependent performance improvements. In the early school years pupils are subject to extensive physical changes. Internal organs develop their full functionality, the body undergoes widespread sequential changes, and the central nervous system matures [8].

During physical development of childhood speed, endurance and strength increase in both genders [8–10]. However, especially at primary school age, the time of motor

ability development varies due to different maturation levels [11]. The development of speed and endurance is quicker than the development of muscular strength. Coordination is based on a large inter- and intraindividual range of performance because of the interplay of complex external and internal factors [8]. At primary school age, girls have better flexibility than boys [8, 9].

In adolescence, motor performance continues to improve and sex differences become more considerable. In speed, endurance, and strength, boys often achieve higher results than girls. These differences become significant at the age of 12 to 13 years [11]. Due to various developments of endocrinological processes in the context of puberty, the effects of training in males increase enormously, especially in strength [11, 12]. PF usually reaches its peak in late adolescence or early adulthood. Girls reach the plateau of conditionally based testing tasks earlier than boys [13].

In general, numerous internal and environmental factors can lead to several instabilities in individual development. Reported childhood development is heavily dependent on the sample and the test battery used. Particularly with coordination tasks, there are often low correlations between the results of different tasks [8].

Due to individual differences in development, future motor performance is hard to predict. Measuring a sample at different points in time is called tracking and provides a coefficient for the longitudinal stability of a certain variable [14]. These coefficients of motor performance stability demonstrate if fit children are also fit at a later point in life. This is an important question in talent promotion, but it also allows the early detection of clumsy and motor deficit children.

It has been confirmed that tracking coefficients depend on the time frame between different measures. In general, the correlation increases with a shorter time frame. The height of the coefficient also depends on the age of the sample at baseline [14]. At young school age the coefficients are mostly lower than after puberty [15]. Coefficients also depend on sample size, the claimed motor ability, and motor testing tasks used [15]. Studies show that boys reach slightly higher coefficients than girls [10]. There are also differences in the stability of anthropometric and motor skills, and Body Mass Index is usually more stable than PF [16].

PF components were tracked from childhood to adolescence [16–19], during adolescence [20], or from childhood or adolescence to adulthood [21–24], and during childhood [10, 25, 26].

Falk et al. [10] examined the tracking of field-assessed fitness components for 319 pupils (116 f 203 m) from the second grade, which corresponds to the age of 6–7 years, to the sixth grade. The correlations of fitness components over the 4-year period in both sexes varied between $r = .36$ and $.66$. Stability was generally lower in girls than in boys.

The study of McMillan and Erdmann [25] tracked health-related fitness components for 409 boys and 409 girls from kindergarten (6.1 ± 0.3 years) to the fifth grade. The correlations from kindergarten to the second grade lie in the range of $r = .39$ to $r = .82$, and from kindergarten to the third grade from $r = .37$ to $r = .84$. Vandorpe and colleagues

[26] examined 371 children between six and nine years of age at baseline regarding motor coordination and sports club participation in three consecutive years. Correlation coefficients ranging from $.66$ (6–8 years) to $.87$ (7–9 years) revealed that coordination of children is a highly stable factor in this study.

The main objective of the TrieKis project was to carry out a screening of all primary school children of Trier, in order to identify the students' strengths and weaknesses at different measurements points.

In the following paper the motor development and stability of motor performance in primary school age are the focus.

The main research questions are as follows:

- (i) What is the course of motor performance in primary school?
- (ii) How stable is motor performance in primary school?

2. Research Methods

2.1. Study Sample and Design. The data was collected during a community-based, longitudinal study in Trier (population approximately 115,000) with four measurements, during the school years 2008/2009, 2009/2010, 2010/2011, and 2011/2012. Participants were recruited from 23 out of 24 in Trier available primary schools in Trier and were tested mostly in physical education lessons. The study was a joint project of the sports association in Rhineland-Pfalz, the Supervision and Services Directorate in Trier, the Physical Education College of Trier, and the Research Center for School Sports and Physical Education of Children and Young Adults (FoSS).

Participation was mandatory for the pupils, and parents were informed early and could refuse participation for their children. The tests were organized and carried out by trained instructors of the Physical Education College of Trier in cooperation with FoSS.

A total of 1768 different subjects (915 f, 853 m) aged 5–11 were tested 4266 times over the course of the study. The total numbers of participants for each of the four measurement points were 2008/2009: 623, 2009/2010: 1404, 2010/2011: 1335, and 2011/2012: 1335. In the early stages of the study 623 pupils (313 f, 310 m) were measured in grade 1. That led to a total number of 252 (116 f, 137 m.; 6.80 ± 0.42 years at baseline) pupils who were tested at each of the four measurement points (longitudinal cohort 2008; LC 1). This represents 40.4% (37.1% girls; 44.2% boys) of the initial sample. In 2009/2010, 739 (381 f, 358 m) new pupils participated. From those, 315 (166 f, 149 m; 6.70 ± 0.36 years at baseline) were tested three times (longitudinal cohort 2009; LC 2). This represents 42.6% (43.6% girls; 41.6% boys) of the sample which started in 2009/2010. Descriptive statistics of the sample are shown in Table 1.

The sample shows representative characteristics regarding age, sex, anthropometrics, and PF of primary school children for a moderate-sized city in Germany. Since the sample was recruited from 23 out of 24 available primary schools in Trier, we assume that the sample is also representative in terms of social status and migration background.

TABLE 1: Descriptive statistics of participants of the longitudinal study in Trier, Germany.

Grade	Sex	2008/2009		2009/2010		2010/2011		2011/2012	
		N	Age	N	Age	N	Age	N	Age
1	Boys	310	6.86 ± 0.44	358	6.80 ± 0.42				
1	Girls	313	6.80 ± 0.45	381	6.76 ± 0.43				
2	Boys			321	7.84 ± 0.66	337	7.93 ± 0.46		
2	Girls			344	7.81 ± 0.47	360	7.91 ± 0.46		
3	Boys					309	8.95 ± 0.52	234	9.20 ± 0.46
3	Girls					312	8.98 ± 0.50	239	9.09 ± 0.75
4	Boys							204	10.16 ± 0.51
4	Girls							222	10.17 ± 0.52
<i>Total</i>		623	6.83 ± 0.45	1404	7.27 ± 0.72	1318	8.41 ± 0.71	899	9.63 ± 0.77

2.2. Measures

2.2.1. Physical Fitness. The German Motor Test (DMT 6–18) [13] was used to assess PF. One-week reliability of test tasks performed by a comparable team of trained instructors is on average $r = .82$. Test battery was successfully checked for validity [13].

Cardiorespiratory fitness was measured by the 6-minute run. Strength endurance of upper extremities was evaluated by number of push-ups in 40 seconds. Strength endurance of the torso muscles was evaluated by number of sit-ups in 40 seconds. Speed strength of lower extremities was checked by standing long jump. Action speed was evaluated by the 20 m sprint using a stop watch. Cross-motor coordination under time constraint was measured by jumping sideways. Backward balancing allowed the assessment of gross motor coordination during dynamic precision tasks. The number of steps on each beam was added. The stand and reach test was used for the assessment of trunk flexibility and the flexibility of the sciatic-crural muscle group [13].

In a 45-minute time frame, ten to twelve pupils were tested by a group of eight test instructors from the Physical Education College of Trier.

2.2.2. Body Mass Index. Height was measured, without shoes, to the nearest 0.1 cm using a tape measure. Weight was measured standardized to the nearest 0.1 kg using a Korona Alva digital metric scale (Sundern, North Rhine Westfalia, Germany). Body Mass Index (BMI) has been accepted as a viable diagnostic tool for estimating fat mass in children and adolescents and was also measured in the study [27]. BMI can be calculated as body weight (kg)/(body size (m))².

2.3. Statistical Analysis. Statistical analysis was performed using SPSS Statistics 24.0. Significance level was set to $p < .05$. To quantify stability, Pearson's correlation coefficients were calculated between grades. Tracking analyses included only subjects that participated in every measurement point. Significant PF changes over time and time*sex interactions were analysed via repeated measurement ANOVA (rmANOVA) and F -value and partial η^2 effect sizes are reported.

3. Results

3.1. Descriptive Statistics. Descriptive statistics of LC 1 are shown in Table 2, and descriptive statistics of LC 2 are shown in Table 3.

PF increased significantly over time in all test tasks for both longitudinal cohorts except for stand and reach. Means and confidence intervals of physical fitness for LC 1 and LC 2 are shown in Figures 1(a)–1(h).

In LC 1 the stand and reach performance decreased significantly and significant time*sex interaction shows that the decrease is mainly due to boys (time: $F = 8.74$; $p < .01$; $\eta^2 = .034$; sex: $F = 22.82$; $p < .01$; time*sex: $F = 7.95$; $p < .01$; $\eta^2 = .017$).

Girls achieved better results than boys in balancing backwards (LC 1: $F = 184.28$; $p < .01$; $\eta^2 = .033$ /LC 2: $F = 319.87$; $p < .01$; $\eta^2 = .937$), stand and reach (LC 1: $F = 22.82$; $p < .01$; $\eta^2 = .084$ /LC 2: $F = 29.07$; $p < .01$; $\eta^2 = .086$), and jumping sideways (LC 1: $F = 7.19$; $p < .01$; $\eta^2 = .028$ /LC 2: $F = 3.79$; $p = .05$; $\eta^2 = .012$). Boys achieved better results in the 20 m sprint (LC 1: $F = 5.69$; $p = .02$; $\eta^2 = .022$ /LC 2: $F = 6.38$; $p = .02$; $\eta^2 = .020$) and in the 6-minute run (LC 1: $F = 17.90$; $p < .01$; $\eta^2 = .029$ /LC 2: $F = 115.31$; $p < .01$; $\eta^2 = .078$).

Additional significant interactions between time and sex were found for LC 1 in sit-ups ($F = 9.52$; $p < .01$; $\eta^2 = .037$) and 6-minute run ($F = 7.25$; $p < .01$; $\eta^2 = .029$). In both test tasks, boys showed higher gains than girls. For LC 2, girls showed higher gains than boys in stand and reach ($F = 5.23$; $p = .02$; $\eta^2 = .029$).

F -values (F), significance (p), and partial eta squared (η^2) from rmANOVAS for both longitudinal cohorts (LC 1+ LC 2) are shown in Table 4.

3.2. Stability of Motor Performance. A measurement tracked if there was a positive relationship in subjects between measurement points [28]. The magnitude of the correlation coefficient can be estimated according to $r < 0.30$, low stability; $r = 0.30$ to 0.60 , moderate; $r > 0.60$, moderately high [14].

TABLE 2: Mean and standard deviation for longitudinal cohort 1 (LC1) in test tasks and BMI, $N = 253$.

Task	Sex	Grade 1	Grade 2	Grade 3	Grade 4
		(6.8 ± 0.4 years)	(7.8 ± 0.4)	(8.9 ± 0.4)	(10.1 ± 0.4)
		Mean ± s	Mean ± s	Mean ± s	Mean ± s
20 m sprint (sec)	<i>m</i>	4.97 ± 0.45	4.50 ± 0.34	4.32 ± 0.34	4.16 ± 0.35
	<i>f</i>	5.07 ± 0.38	4.58 ± 0.34	4.41 ± 0.26	4.22 ± 0.28
	Σ	5.02 ± 0.42	4.53 ± 0.34	4.36 ± 0.31	4.19 ± 0.32
Standing long jump (cm)	<i>m</i>	112.5 ± 18.0	119.0 ± 19.2	130.4 ± 19.0	137.3 ± 21.8
	<i>f</i>	109.3 ± 15.8	118.3 ± 16.8	126.5 ± 14.1	134.0 ± 18.2
	Σ	111.1 ± 17.1	118.7 ± 18.1	128.7 ± 17.0	135.8 ± 20.3
Balancing backwards	<i>m</i>	23.8 ± 8.7	26.7 ± 9.3	31.5 ± 10.6	36.3 ± 9.3
	<i>f</i>	24.8 ± 8.1	31.2 ± 8.8	34.5 ± 9.8	38.4 ± 8.0
	Σ	24.3 ± 8.4	28.8 ± 9.3	32.8 ± 10.3	37.2 ± 8.8
Sit-ups	<i>m</i>	12.5 ± 5.6	16.5 ± 6.1	19.4 ± 6.6	21.7 ± 5.9
	<i>f</i>	13.4 ± 4.9	16.2 ± 5.1	18.1 ± 4.8	20.6 ± 5.1
	Σ	12.9 ± 5.3	16.4 ± 5.6	18.8 ± 5.8	21.2 ± 5.6
Push-ups	<i>m</i>	9.4 ± 3.3	12.2 ± 3.8	14.5 ± 3.9	16.6 ± 4.0
	<i>f</i>	9.9 ± 3.5	12.3 ± 3.6	14.6 ± 3.0	16.4 ± 3.3
	Σ	9.6 ± 3.4	12.2 ± 3.7	14.5 ± 3.5	16.5 ± 3.7
Jumping sideways	<i>m</i>	17.2 ± 4.8	21.8 ± 6.1	28.6 ± 7.2	34.3 ± 8.6
	<i>f</i>	18.7 ± 5.2	23.5 ± 5.7	30.6 ± 6.9	36.1 ± 7.2
	Σ	17.9 ± 5.0	22.6 ± 6.0	29.5 ± 7.1	35.1 ± 8.0
Stand and reach (cm)	<i>m</i>	0.0 ± 5.8	-2.1 ± 6.3	-0.5 ± 6.4	-2.5 ± 7.4
	<i>f</i>	2.0 ± 5.9	1.6 ± 6.1	2.6 ± 6.6	2.1 ± 7.1
	Σ	0.9 ± 5.9	-0.4 ± 6.5	0.9 ± 6.7	0.9 ± 6.7
6-minute run (m)	<i>m</i>	921.4 ± 97.3	944.4 ± 112.7	994.1 ± 105.5	1021.6 ± 148.9
	<i>f</i>	902.4 ± 74.4	895.0 ± 97.0	944.3 ± 82.5	959.0 ± 106.6
	Σ	912.8 ± 88.1	922.1 ± 108.6	971.6 ± 98.8	993.3 ± 134.9
BMI	<i>m</i>	15.9 ± 2.2	16.6 ± 2.3	16.9 ± 3.0	17.9 ± 3.0
	<i>f</i>	15.5 ± 1.7	16.1 ± 1.9	16.3 ± 2.1	17.5 ± 2.5
	Σ	15.7 ± 2.0	16.4 ± 2.2	16.6 ± 2.6	17.7 ± 2.8

Table 5 shows the correlations of the two longitudinal cohorts separated by gender.

All correlations are significant at the level of $p < .01$. On average, boys showed slightly higher correlation coefficients than girls in both cohorts. Moreover, the coefficients for one period are, on average, of moderate stability. The highest correlation coefficients were found from grade 1 to grade 2, with each additional year decreasing.

The results from LC 2 largely confirm those from LC 1. Boys also showed higher coefficients than girls; however the reduction of r from grades 1-2 to grades 1-3 was less pronounced.

For both longitudinal cohorts, stand and reach and standing long jump showed the highest stability. The coefficients were constantly above $r = .50$. On the other hand, the correlations for push-ups were poor. Four correlations were below $r = 0.30$ and represented “low stability” according to Malina [14]. Correlations of BMI were considerably higher than correlations of motor tests. The values were higher than $r = 0.7$.

4. Discussion

The first goal of the TrieKis study was to present the motor development process of primary schoolchildren for a medium-sized city (Trier; population approximately 115,000) in Germany. The study showed that PF increased significantly over time in all test tasks for both longitudinal cohorts, except for stand and reach.

In the second part of the study, stability of children’s physical fitness during primary school period was assessed. PF usually generates higher correlations in comparison to PA [23]. In the course of the study the correlation coefficients decreased slightly, indicating an expected loss of stability when the observed time frame gets larger. Concerning gender differences, boys showed higher correlation coefficients than girls in nearly all test tasks.

4.1. Development of PF. PF increased significantly over time in all test tasks and BMI for both longitudinal cohorts, except in stand and reach. The girls in LC 1 and LC 2

TABLE 3: Mean and standard deviation for longitudinal cohort 2 (LC 2) in test tasks and BMI, $N = 315$.

Task	Sex	Grade 1	Grade 2	Grade 3
		(6.7 ± 0.4 years)	(7.8 ± 0.4)	(9.1 ± 0.4)
		Mean ± s	Mean ± s	Mean ± s
20 m sprint (sec)	<i>m</i>	4.78 ± 0.40	4.54 ± 0.37	4.29 ± 0.37
	<i>f</i>	4.87 ± 0.35	4.63 ± 0.35	4.37 ± 0.36
	Σ	4.83 ± 0.37	4.59 ± 0.36	4.33 ± 0.37
Standing long jump (cm)	<i>m</i>	111.2 ± 18.5	123.7 ± 17.9	130.0 ± 22.8
	<i>f</i>	108.7 ± 15.6	119.2 ± 17.0	127.4 ± 19.6
	Σ	109.9 ± 17.0	121.3 ± 17.5	128.6 ± 21.2
Balancing backwards	<i>m</i>	18.6 ± 8.7	25.7 ± 9.7	33.1 ± 8.8
	<i>f</i>	23.0 ± 9.0	29.2 ± 9.4	35.9 ± 8.6
	Σ	20.9 ± 9.1	27.5 ± 9.7	34.5 ± 8.8
Sit-ups	<i>m</i>	13.2 ± 6.1	17.1 ± 6.0	18.5 ± 5.3
	<i>f</i>	13.7 ± 5.7	16.4 ± 5.0	17.8 ± 5.2
	Σ	13.5 ± 5.9	16.7 ± 5.5	18.1 ± 5.3
Push-ups	<i>m</i>	8.8 ± 3.6	12.4 ± 3.2	14.5 ± 3.8
	<i>f</i>	9.3 ± 3.6	12.4 ± 3.5	14.5 ± 3.8
	Σ	9.1 ± 3.6	12.4 ± 3.4	14.6 ± 3.6
Jumping sideways	<i>m</i>	18.0 ± 5.9	24.4 ± 6.2	30.7 ± 7.4
	<i>f</i>	18.5 ± 4.9	25.9 ± 6.0	32.0 ± 6.7
	Σ	18.3 ± 5.4	25.2 ± 6.1	31.4 ± 7.1
Stand and reach (cm)	<i>m</i>	-1.2 ± 5.7	-1.6 ± 6.3	-2.3 ± 7.2
	<i>f</i>	1.3 ± 5.9	2.3 ± 6.8	1.7 ± 7.3
	Σ	0.1 ± 5.9	0.5 ± 6.8	-0.2 ± 7.5
6-minute run (m)	<i>m</i>	890.0 ± 108.0	950.1 ± 97.3	1000.0 ± 141.6
	<i>f</i>	842.3 ± 109.5	905.1 ± 87.5	937.0 ± 126.2
	Σ	865.0 ± 111.2	926.5 ± 94.8	967.0 ± 137.2
BMI	<i>m</i>	16.3 ± 2.6	16.2 ± 2.5	17.1 ± 2.7
	<i>f</i>	15.9 ± 1.8	16.0 ± 2.2	17.0 ± 2.6
	Σ	16.1 ± 2.2	16.1 ± 2.3	17.0 ± 2.7

achieved better results than boys in balancing backwards, jumping sideways, and stand and reach. The boys of both longitudinal cohorts had better results in the 20 m sprint and in the 6-minute run. These results confirm previous research and show that girls have an advantage in coordination-based tasks and flexibility [8, 9, 29] and boys perform better in conditioning-based test tasks [10, 15, 29]. However, in our study not every conditioning-based test task revealed significantly better performance for boys. For strength-based tasks, sit-ups and push-ups, results were inconsistent. The observed range of age in this study did not include puberty, where boys especially show increased effects from strength-based training [11, 12].

As a result of physical development there was also a recognizable increase of BMI over time in both cohorts (LC 1; $F = 183.79$; $p < .01$; LC 2: $F = 83.0$; $p < .01$).

The results for both longitudinal cohorts are comparable and the second cohort confirms the findings from cohort 1.

Besides the expected overall increase in motor performance during primary school, differentiated gender effects

were observed in this study. Although the observed age span did not include puberty, differences in the development of PF between genders were significant (20 m sprint; 6-minute run; stand and reach; jumping sideways; balancing backwards). Assuming that hormonal differences were not yet very pronounced in the observed age span, an explanation could be the fact that boys prefer different sports than girls, mainly due to social pressure. Additionally, even in comparable sports, training content differs between boys and girls [30].

4.2. Stability. Regarding the stability of children's PF during primary school, we found decreasing Pearson's correlation coefficients when the observed time span increased. The fact that boys showed higher correlation coefficients than girls has also been found in other studies [10]. Overall, the lowest correlations were found for push-ups. This finding may be due to the fact that during the push-up task instructors had to judge correct execution, and since instructors changed every year, this may have led to measurement errors.

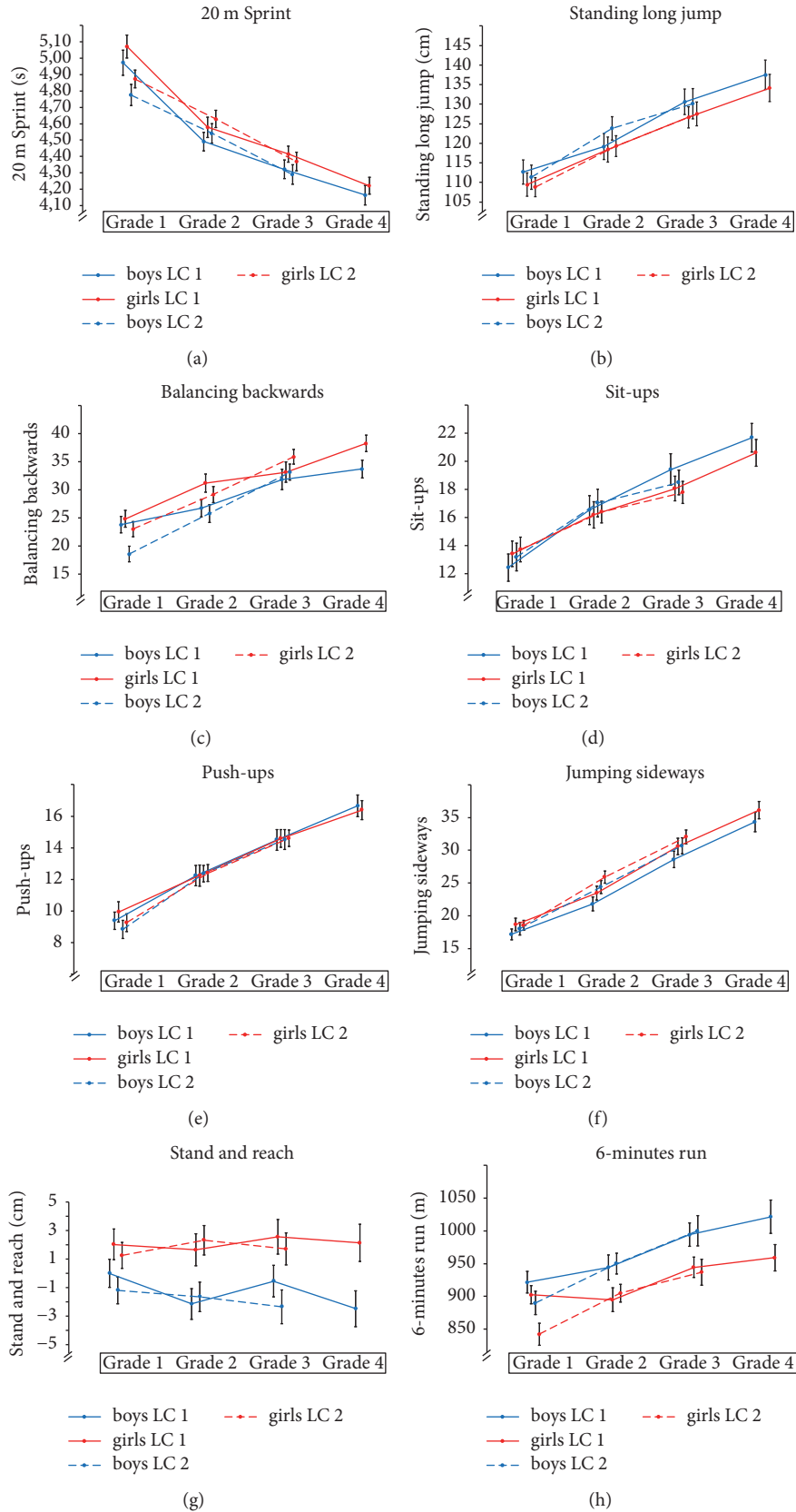


FIGURE 1: Means and confidence intervals of physical fitness for longitudinal cohort 1 (LC 1) and longitudinal cohort 2 (LC 2).

TABLE 4: rmANOVA results for longitudinal cohort 1 (LC 1) and longitudinal cohort 2 (LC 2).

Task	LC (start year)	Effects	$F =$	$p =$	$\text{Eta}^2 =$
20 m sprint (sec)	LC 1 (2008)	Time	552.18	<.01	.688
		Sex	5.69	.02	.022
		Time*sex	0.66	.42	.003
	LC 2 (2009)	Time	336.93	<.01	.518
		Sex	6.38	.02	.020
		Time*sex	0.25	.62	.001
Standing long jump (cm)	LC 1 (2008)	Time	207.79	<.01	.467
		Sex	2.05	.15	.009
		Time*sex	0.19	.66	.001
	LC 2 (2009)	Time	173.29	<.01	.369
		Sex	3.14	.08	.011
		Time*sex	0.002	.968	.000
Balancing backwards	LC 1 (2008)	Time	184.28	<.01	.423
		Sex	8.48	<.01	.033
		Time*sex	0.20	.66	.001
	LC 2 (2009)	Time	319.87	<.01	.505
		Sex	19.11	<.01	.937
		Time*sex	2.64	.11	.008
Sit-ups	LC 1 (2008)	Time	218.54	<.01	.469
		Sex	0.598	.44	.002
		Time*sex	9.52	<.01	.037
	LC 2 (2009)	Time	109.63	<.01	.261
		Sex	0.29	.59	.001
		Time*sex	3.48	.06	.011
Push-ups	LC 1 (2008)	Time	270.53	<.01	.523
		Sex	0.09	.77	.000
		Time*sex	1.84	.18	.007
	LC 2 (2009)	Time	276.31	<.01	.472
		Sex	0.35	.55	.001
		Time*sex	0.54	.46	.002
Jumping sideways	LC 1 (2008)	Time	630.16	<.01	.717
		Sex	7.19	<.01	.028
		Time*sex	0.12	.95	.000
	LC 2 (2009)	Time	1291.64	<.01	.807
		Sex	3.79	.05	.012
		Time*sex	1.34	.25	.004
Stand and reach (cm)	LC 1 (2008)	Time	8.74	<.01	.034
		Sex	22.82	<.01	.084
		Time*sex	7.95	<.01	.031
	LC 2 (2009)	Time	2.08	.13	.007
		Sex	29.07	<.01	.086
		Time*sex	5.23	.02	.017
6-minute run (m)	LC 1 (2008)	Time	61.52	<.01	.200
		Sex	17.90	<.01	.068
		Time*sex	7.25	<.01	.029
	LC 2 (2009)	Time	115.31	<.01	.273
		Sex	25.90	<.01	.078
		Time*sex	1.04	.36	.003
BMI	LC 1 (2008)	Time	183.79	<.01	.423
		Sex	13707.97	.09	.011
		Time*sex	0.04	.83	.000
	LC 2 (2009)	Time	83.0	<.01	.211
		Sex	1.12	.29	.004
		Time*sex	2.99	.09	.010

TABLE 5: Pearson correlation coefficients (r) of test tasks and BMI.

Longitudinal cohort 1		Boys ($N = 137$)	
Test task	Grades 1-2	Grades 1-3	Grades 1-4
20 m sprint	.552*	.633*	.569*
Standing long jump	.635*	.592*	.597*
Balancing backwards	.589*	.499*	.444*
Push-ups	.376*	.328*	.311*
Sit-ups	.679*	.534*	.548*
Jumping sideways	.489*	.469*	.317*
Stand and reach	.593*	.590*	.531*
6-minute run	.476*	.470*	.499*
BMI	.845*	.774*	.804*
		Girls ($N = 115$)	
Test task	Grades 1-2	Grades 1-3	Grades 1-4
20 m sprint	.494*	.456*	.340*
Standing long jump	.624*	.500*	.392*
Balancing backwards	.453*	.438*	.376*
Push-ups	.414*	.276*	.279*
Sit-ups	.585*	.438*	.377*
Jumping sideways	.501*	.428*	.268*
Stand and reach	.616*	.655*	.640*
6-minute run	.429*	.517*	.339*
BMI	.880*	.726*	.743*
Longitudinal cohort 2		Boys ($N = 149$)	
Test task	Grades 1-2	Grades 1-3	
20-meter sprint	.604*	.632*	
Standing long jump	.535*	.568*	
Balancing backwards	.323*	.467*	
Push-ups	.297*	.331*	
Sit-ups	.523*	.480*	
Jumping sideways	.583*	.512*	
Stand and reach	.576*	.512*	
6-minute run	.625*	.565*	
BMI	.727*	.707*	
		Girls ($N = 166$)	
Test task	Grades 1-2	Grades 1-3	
20 m sprint	.522*	.550*	
Standing long jump	.599*	.503*	
Balancing backwards	.548*	.433*	
Push-ups	.235*	.356*	
Sit-ups	.414*	.411*	
Jumping sideways	.456*	.481*	
Stand and reach	.624*	.615*	
6-minute run	.342*	.261*	
BMI	.878*	.897*	

* $p < .01$.

Correlations of stand and reach were high and constantly above $r = 0.50$. Correlations of BMI were considerably higher than the correlations of motor tests. This confirmed other study results [16]. The values were always above $r = 0.7$ and “moderately high” [14]. BMI and flexibility are probably quite stable in childhood and adolescence [15]. Falk et al.

[10], McMillan and Erdmann [25], and Vandorpe et al. [26] tracked quite similar test groups and also used field-tests in their studies.

Falk et al. [10] examined 319 children (297 boys and 116 girls) from the second to the sixth grade. He found gender-specific differences as in this study. The stability of BMI (boys:

$r = .52$; girls: $r = .47$) was clearly lower than in this study (LC1; boys: $r = .804$; girls: $r = .743$). Regarding standing long jump, the correlations (boys: $r = .43$; girls: $r = .40$) in this study were higher for boys (LC 1: boys: $r = .597$). The correlations among the girls were roughly same (LC 1: girls: $r = .392$).

McMillan and Erdmann [25] applied sit-ups and a sit and reach test to check strength and flexibility. Over three years of tracking (Kindergarten-Grade 2; 6.1 ± 0.3 years), they found correlations in sit-ups of $r = .44$ (m.) and $r = .39$ (f.) and in sit and reach $r = .48$ (m.) and $.52$ (f.). This study found similar and even slightly higher correlations: LC 1: sit-ups: $r = .548$ (m.), $r = .377$ (f.); LC 1: stand and reach: $r = .531$ (m.), $r = .640$ (f.). Flexibility tests seem to be more stable than strength-based tasks. This is also confirmed when the results of LC 2 are compared with McMillan and Erdmann [25].

Concerning the correlations of the coordination tests for a 2-year interval (8–10 years) at primary school age, Vandorpe et al. [26] found better stabilities ($r > 0.8$) than in the TrieKis study ($r = .428$ – $.512$).

Summarizing the results from our study, we have to state that PF in primary school is only of moderate stability. Besides form on the day, rather unstable PA behavior of primary school children could explain this finding. Other studies have shown that PF usually generates higher correlations in comparison to PA [22]. During primary school, many children change their PA from gymnastics or unorganized PA to organized team sports with different training forms and demands [9].

4.3. Strength and Limitations of the Study. The DMT 6–18 is a quality-proven test battery that allowed standardized assessment of the PF of the Trier primary school children at 23 different schools. The sample was representative for primary schools of Trier. It was possible to examine motor development and track health-related fitness test data from a large number of boys and girls in two longitudinal cohorts for a 1-, 2-, and 3-year period.

A limitation of the study is that 20 m sprint was measured manually and not by a light-barrier system; therefore measurement inaccuracies may have occurred. Test instructors also changed several times during the course of the study, and hence differences in test execution might have occurred.

A further limitation is that only 40% of the base line took part at all three following measurements, and therefore a bias in measured PF development may have occurred. Furthermore, the second longitudinal cohort only participated from grades 1 to 3 and not from grades 1 to 4.

How the variations in maturation and physical activity levels of participants influenced test results and tracking is unknown. For further investigation, level of activity should be collected annually. In this study, data existed only for the first study year.

Moreover gender differences in performance and development were discussed. These differences change substantial during puberty and we could not rule out the possibility that at least some of the measured children had already reached puberty. In future studies, biological age needs to be assessed in order to interpret gender differences more precisely.

Finally we have to state that the results are not unrestricted generalizable beyond Germany. The age groups in grades of primary schools differ in different countries. Moreover physical education and PA of pupils differ between countries; however the PA of German children and adolescents lies within the average of European countries [31].

4.4. Conclusion. Physical fitness increased over the course of the study. Gender-specific differences were obvious, but this could not always be observed (e.g., standing long jump). Consistent with literature, girls are undoubtedly superior in flexibility and boys are better in cardiorespiratory fitness.

The results also demonstrate significant tracking for young school children. Correlations decline with reduced time frames. It is possible that tracking was lower in girls than in boys because of their earlier maturation. In total, moderate stabilities were found. Six out of 90 correlations were only “low” and 17 out of 90 correlations were “moderately high” [14]. Stabilities of BMI were continuously higher than PF.

Studies are difficult to compare due to the variety of fitness tests used, different ages of the subjects at baseline, span of the longitudinal follow-up, and different sample sizes [10, 15]. Variability in the timing and speed of the adolescent growth spurt and sexual maturation will also influence tracking.

Abbreviations

BMI:	Body mass index
DMT 6–18:	German Motor Test 6–18
PA:	Physical activity
PF:	Physical fitness.

Conflicts of Interest

The authors declare no conflicts of interest.

Acknowledgments

The authors acknowledge support by Deutsche Forschungsgemeinschaft and Open Access Publishing Fund of Karlsruhe Institute of Technology.

References

- [1] F. B. Ortega, J. R. Ruiz, M. J. Castillo, and M. Sjöström, “Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health,” *International Journal of Obesity*, vol. 32, no. 1, pp. 1–11, 2008.
- [2] E. T. Howley, “Type of activity: resistance, aerobic and leisure versus occupational physical activity,” *Medicine & Science in Sports & Exercise*, vol. 33, no. 6, pp. 364–369, 2001.
- [3] J. J. Smith, N. Eather, P. J. Morgan, R. C. Plotnikoff, A. D. Faigenbaum, and D. R. Lubans, “The health benefits of muscular fitness for children and adolescents: A systematic review and meta-analysis,” *Sports Medicine*, vol. 44, no. 9, pp. 1209–1223, 2014.
- [4] L. P. Rodrigues, R. Leitão, and V. P. Lopes, “Physical fitness predicts adiposity longitudinal changes over childhood and adolescence,” *Journal of Science and Medicine in Sport*, vol. 16, no. 2, pp. 118–123, 2013.

- [5] Q.-Q. He, T.-W. Wong, L. Du et al., "Physical activity, cardiorespiratory fitness, and obesity among Chinese children," *Preventive Medicine*, vol. 52, no. 2, pp. 109–113, 2011.
- [6] V. P. Lopes, J. A. R. Maia, L. P. Rodrigues, and R. Malina, "Motor coordination, physical activity and fitness as predictors of longitudinal change in adiposity during childhood," *European Journal of Sport Science*, vol. 12, no. 4, pp. 384–391, 2012.
- [7] R. A. London and S. Castrechini, "A longitudinal examination of the link between youth physical fitness and academic achievement," *Journal of School Health*, vol. 81, no. 7, pp. 400–408, 2011.
- [8] K. Bös and J. Ulmer, "Motor development," *Monatsschrift für Kinderheilkunde*, vol. 151, no. 1, pp. 14–21, 2003.
- [9] K. B. A. Worth, E. Opper, J. Oberger, and A. Woll, "Motorik-Modul: A study on the motor performance and physical activity of children and adolescents in Germany," Final Report on the Research Project, Nomos, Baden-Baden, Germany, 2009.
- [10] B. Falk, Y. Cohen, G. Lustig et al., "Tracking of physical fitness components in boys and girls from the second to sixth grades," *American Journal of Human Biology*, vol. 13, no. 1, pp. 65–70, 2001.
- [11] G. Beunen and R. Malina, "Growth and physical performance relative to the timing of the adolescent spurt," *Exercise & Sport Sciences Reviews*, vol. 16, no. 1, pp. 503–540, 1988.
- [12] M. Fröhlich, A. Pieter, J. Gießing et al., "Strength and endurance training for children and adolescents in Germany. Current status," *Leistungssport*, vol. 39, no. 2, pp. 1–23, 2009.
- [13] K. Bös, L. Schlenker, D. Büsch et al., *German Motor Test*, Feldhaus, Hamburg, Germany, 2016.
- [14] R. M. Malina, "Tracking of physical activity and physical fitness across the lifespan," *Research Quarterly for Exercise and Sport*, vol. 67, no. 3, pp. 48–57, 1996.
- [15] J. Ahnert and W. Schneider, "Development and stability of motor abilities from preschool age to early adulthood," *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, vol. 39, no. 1, pp. 12–24, 2007.
- [16] R. R. Pate, S. G. Trost, M. Dowda et al., "Tracking of physical activity, physical inactivity, and health-related physical fitness in rural youth," *Pediatric exercise science*, vol. 11, no. 4, pp. 364–376, 1999.
- [17] R. A. Lima, A. Bugge, K. A. Pfeiffer, and L. B. Andersen, "Tracking of Gross Motor Coordination From Childhood Into Adolescence," *Research Quarterly for Exercise and Sport*, vol. 88, no. 1, pp. 52–59, 2017.
- [18] G. Beunen, M. Ostyn, J. Simons et al., "Development and tracking in fitness components: leuven longitudinal study on lifestyle, fitness and health," *International Journal of Sports Medicine*, vol. 18, no. 3, pp. S171–S178, 1997.
- [19] K. F. Janz, J. D. Dawson, and L. T. Mahoney, "Tracking physical fitness and physical activity from childhood to adolescence: The Muscatine study," *Medicine & Science in Sports & Exercise*, vol. 32, no. 7, pp. 1250–1257, 2000.
- [20] J. A. R. Maia, J. Lefevre, A. Claessens, R. Renson, B. Vanreusel, and G. Beunen, "Tracking of physical fitness during adolescence: A panel study in boys," *Medicine & Science in Sports & Exercise*, vol. 33, no. 5, pp. 765–771, 2001.
- [21] J. Lefevre, R. M. Philippaerts, K. Delvaux et al., "Daily physical activity and physical fitness from adolescence to adulthood: A longitudinal study," *American Journal of Human Biology*, vol. 12, no. 4, pp. 487–497, 2000.
- [22] L. Matton, M. Thomis, K. Wijndaele et al., "Tracking of physical fitness and physical activity from youth to adulthood in females," *Medicine & Science in Sports & Exercise*, vol. 38, no. 6, pp. 1114–1120, 2006.
- [23] M. D. Fortier, P. T. Katzmarzyk, R. M. Malina, and C. Bouchard, "Seven-year stability of physical activity and musculoskeletal fitness in the Canadian population," *Medicine & Science in Sports & Exercise*, vol. 33, no. 11, pp. 1905–1911, 2001.
- [24] F. Trudeau, R. J. Shephard, F. Arseneault, and L. Laurencelle, "Tracking of physical fitness from childhood to adulthood," *Canadian Journal of Applied Physiology*, vol. 28, no. 2, pp. 257–271, 2003.
- [25] C. S. McMillan and L. D. Erdmann, "Tracking adiposity and health-related physical fitness test performances from early childhood through elementary school," *Pediatric exercise science*, vol. 22, no. 2, pp. 231–244, 2010.
- [26] B. Vandorpe, J. Vandendriessche, R. Vaeyens et al., "Relationship between sports participation and the level of motor coordination in childhood: A longitudinal approach," *Journal of Science and Medicine in Sport*, vol. 15, no. 3, pp. 220–225, 2012.
- [27] K. Kromeyer-Hauschild, M. Wabitsch, D. Kunze et al., "Percentiles of body mass index in children and adolescents evaluated from different regional German studies," *Monatsschrift für Kinderheilkunde*, vol. 149, no. 8, pp. 807–818, 2001.
- [28] J. W. R. Twisk, H. C. G. Kemper, and G. J. Mellenbergh, "Mathematical and analytical aspects of tracking," *Epidemiologic Reviews*, vol. 16, no. 2, pp. 165–183, 1994.
- [29] G. Baquet, J. W. R. Twisk, H. C. G. Kemper, E. Van Praagh, and S. Berthoin, "Longitudinal follow-up of fitness during childhood: Interaction with physical activity," *American Journal of Human Biology*, vol. 18, no. 1, pp. 51–58, 2006.
- [30] E. Weimann, "Gender-related differences in elite gymnasts: The female athlete triad," *Journal of Applied Physiology*, vol. 92, no. 5, pp. 2146–2152, 2002.
- [31] S. C. E. Schmidt, A. Henn, C. Albrecht, and A. Woll, "Physical activity of German children and adolescents 2003–2012: The MoMo-study," *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 14, no. 11, article no. 1375, 2017.

Andreas Roth, Cornelia Moll, Ilka Seidel & Klaus Bös

Nachwuchsleistungssport an den NRW-Sportschulen – Talentsichtung unter Berücksichtigung sportartübergreifender, sportartspezifischer und sportpsychologischer Testverfahren

Summary

In this paper, three questions are discussed. At first (question 1) the talent promotion concept is described at the 18 Sport Schools in North Rhine Westfalia in more details. Question 2 deals with the diagnostic procedures used in the selection and promotion process. Based on two years of investigation in national and international talent literature and supported by numerous experts of science and practice, Motor Test 1 (MT1) and Motor Test 2 (MT2) have been developed for talent search at the 18 Sport Schools. Altogether up to the school year 2015/16 approx. 9,500 children in class 4 and approx. 1,800 children in class 7 were tested.

In the third chapter (question 3) results are reported. The examination of MT2 shows, that the calculated reliability coefficients of tests in MT2-A, MT2-B Swimming and MT2-B Athletics strew from 0.67 to 0.98. A further presented study includes the evaluation of standard values of the Sport Orientation Questionnaire (SOQ). The results indicate that the SOQ differentiates gender-specific and can be used succesfully in the selection talks.

The common long-term goal of all participants is to develop existing institutions and networks for the promotion of talent, including the integrated system school-competitive sports, in order to enable a successful school carrer in addition to sporting development.

Zusammenfassung

In diesem Beitrag werden drei Fragestellungen näher beleuchtet. Zunächst (Fragestellung 1) wird das Talentförderkonzept an den 18 Sportschulen in Nordrhein-Westfalen (NRW) detailliert beschrieben.

Fragestellung 2 befasst sich mit den diagnostischen Verfahren, die im Rahmen des Auswahl- und Förderprozesses eingesetzt werden. Auf der Basis zwei Jahre langer Recherchen in der nationalen und internationalen Fachliteratur zur Talentthematik und mit Hilfe von Experten aus Wissenschaft und Praxis wurden der Motorische Test 1 (MT1) und der Motorische Test 2 (MT2) für die Talentsichtung an 18 Sportschulen entwickelt. Insgesamt wurden von 2006 bis zum Schuljahr 2015/16 rund 9.500 Kinder in Klasse 4 und ca. 1.800 Kinder in Klasse 7 getestet.

Im dritten Kapitel (Fragestellung 3) werden Ergebnisse berichtet. Die Überprüfung des MT2 zeigt, dass die berechneten Reliabilitätskennziffern der Testaufgaben im MT2-A sowie im MT2-B für Schwimmen und Leichtathletik zwischen 0,67 bis 0,98 streuen. Eine weitere vorgestellte Untersuchung umfasst die Evaluation der Normwerte des sportpsychologischen Fragebogens *Sport Orientation Questionnaire* (SOQ). Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass der SOQ geschlechtsspezifisch differenziert und mit Gewinn in den Auswahlgesprächen eingesetzt werden kann.

Das gemeinsame langfristige Ziel aller Beteiligten ist es, die vorhandenen Institutionen und Netzwerke für die Talentförderung einschließlich des Verbundsystems Schule – Leistungssport weiter zu entwickeln, um neben der sportlichen Entwicklung auch eine erfolgreiche schulische Bildungskarriere zu ermöglichen.

Schlagnworte: motorische Leistungsfähigkeit, MT1, MT2, sportartspezifische Tests, sportpsychologische Verfahren

1. Das Verbundsystem Schule und Leistungssport in Nordrhein-Westfalen

1.1 Ziele der Arbeit

Das deutsche Leistungssportsystem steht aktuell vor großen Herausforderungen. Aufgrund der zunehmenden Konkurrenzsituation im internationalen Spitzensport und um die Anschlussfähigkeit des deutschen Leistungssports auch zukünftig zu gewährleisten, wurden für das Leistungssportfördersystem grundlegende Reformen beschlossen (<https://www.dosb.de/leistungssport/leistungssportreform/>).

Dabei sind auch im Nachwuchsleistungssport einige Schwerpunkte zu bewältigen (Hoffmann, Pfützner, Wick, Büsch, Seidel, Wolfarth, Wulff & Henschel, 2014). Ein bereits im Kindes- und Jugendalter wichtiger Bestandteil des Nachwuchsleistungssportsystems ist die duale Karriere. Deshalb gewinnt das Verbundsystem von Schule und Leistungssport generell und so auch in Nordrhein-Westfalen (NRW) an Bedeutung.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, am Beispiel des Förderkonzeptes in NRW, die folgenden drei Fragestellungen zu bearbeiten:

1. Wie sieht das Talentkonzept der NRW-Sportschulen aus? (Kapitel 1.2)
2. Wie sehen die eingesetzten Testverfahren aus? (Kapitel 2)
3. Wie ist der aktuelle Stand an den NRW-Sportschulen? (Kapitel 3)

Ergänzend dazu werden in einem Exkurs die Trainererfahrungen mit sportartspezifischen Tests am Beispiel Leichtathletik dargestellt.

1.2 Das Konzept der NRW-Sportschulen

Durch veränderte Rahmenbedingungen – hier sind vor allem die Verschärfung der Situation von der Gewinnung von Kindern und Jugendlichen für den Nachwuchsleistungssport, gepaart mit der Ausweitung des Schultages an Ganztageschulen in Deutschland, zu nennen (Fischer, 2014) – bedarf es einer noch stärkeren interinstitutionellen Zusammenarbeit.

Durch die Vernetzung des Landessportbundes NRW und seiner Mitgliedsverbände, der *Nordrhein-westfälischen Stiftung zur Nachwuchsförderung im Leistungssport* (Sportstiftung), der Olympiastützpunkte, der sportwissenschaftlichen Einrichtungen, Wirtschaftsunternehmen, Schulen und Hochschulen in Kooperation mit der Landesregierung wurde mit dem Programm *Leistungssport 2020* eine vielversprechende Weiterentwicklung im organisierten Sport zur Förderung des Spitzen- und Nachwuchsleistungssports in NRW eingeleitet. Möglichst vielen Kindern soll der Zugang zum Sportfördersystem ermöglicht werden. Ein umfangreiches Breitensportangebot in den Vereinen und ein anspruchsvoller Sportunterricht stellen hierfür die Grundlage dar (Innenministerium NRW & Landessportbund NRW, 2010).

Potentielle Nachwuchsleistungssportler¹ müssen auf dem langen und anspruchsvollen Weg vom Talent zum Spitzensportler von Anfang an professionell begleitet werden. Neben einem adäquaten Trainingsprogramm und den dazugehörigen entwicklungsgemäßen Wettkämpfen benötigen die talentierten

¹ Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird auf die gleichzeitige Verwendung männlicher und weiblicher Sprachformen verzichtet. Sämtliche Personenbezeichnungen gelten gleichwohl für beiderlei Geschlecht.

Kinder und Jugendlichen eine solide schulische Ausbildung mit erfolgreichem Abschluss sowie eine gute pädagogische Betreuung.

Wie sieht das Förderkonzept in NRW konkret aus? (Fragestellung 1)

Die Landesregierung NRW hat am 12. September 2006 entschieden, das Verbundsystem Schule – Leistungssport in NRW durch den Schultyp der NRW-Sportschulen zu erweitern (MFKJKS, 2006).

Zu den ersten fünf NRW-Sportschulen gehörten das Lessinggymnasium in Düsseldorf, das Besselgymnasium in Minden, die Friedrich-Albert-Lange-Schule in Solingen, das Pascal-Gymnasium in Münster und das Goethe-Gymnasium in Dortmund. 2011 beschloss die Landesregierung die Erweiterung des Projektes (MFKJKS, 2011). Neben Einzelschulen wie dem Tannenbusch-Gymnasium in Bonn, der Gesamtschule Berger Feld in Gelsenkirchen, dem Geschwister Scholl-Gymnasium in Winterberg, dem Landrat-Lucas-Gymnasium in Leverkusen und der Luisenschule in Mülheim ergänzen die Kooperationsverbände Paderborn, Dormagen, Essen, Mönchengladbach, Duisburg, Bielefeld/Herford, Köln und Bochum die mittlerweile 18 Sportschulstandorte.

Neben den 18 NRW-Sportschulen komplettieren drei Eliteschulen des Fußballs, und 22 Partnerschulen des Leistungssports die NRW-Sportschullandschaft. Mit den Kooperationspartnern des Verbundsystems Schule und Leistungssport wird eine nachhaltige Kooperation in den jeweiligen Schwerpunktsportarten der NRW-Standorte angestrebt (Fischer, 2014).

Für die Schüler, die den Motorischen Test 1 (MT1) als Aufnahmekriterium für die NRW-Sportschulen erfolgreich absolvieren und von den Schulverantwortlichen an die NRW-Sportschule aufgenommen werden, steht ab Klassenstufe 5 eine vielseitige sportliche Grundausbildung im Fokus. Neben fünf Pflichtstunden Sportunterricht pro Woche wird das Sportangebot durch zusätzliche Schulsportgemeinschaften, die von Lehrkräften oder Übungsleitern umgesetzt werden, ergänzt. Im Rahmen der Schulsportgemeinschaften sollen sportartspezifische Neigungen weiter gefördert sowie neue Sportarten ausprobiert werden. Alternativ kann auch ein sportliches Training in Zusammenarbeit mit Vereinen und Verbänden am Nachmittag wahrgenommen werden. Das ist vor allem für die Sportarten relevant, die gemäß den Rahmentrainingskonzeptionen eine frühzeitige Spezialisierung erfordern (z. B. Rhythmische Sportgymnastik, Schwimmen, Tischtennis, Wasserspringen) (MFKJKS, 2011). Grundsätzlich wird ein hoher Vernetzungsgrad mit den Kooperationspartnern der Schwerpunktsportarten angestrebt.

Zum Ende der vierten Jahrgangsstufe werden von den Sportschulbewerbern die Kinder für die NRW-Sportschulen selektiert (Auswahlstufe 1). Die Auswahl erfolgt mit Hilfe des Motorischen Tests 1 sowie weiterer Kriterien, die von den einzelnen Schulen festgelegt werden. Das jeweilige Auswahlverfahren an den

Schulen muss transparent sein und rechtlichen Anforderungen genügen. Bis zum Schuljahr 2015/16 wurden 4847 Bewerber (53,0 %) an die NRW-Sportschulen aufgenommen. 4301 Bewerber (47 %) mussten abgelehnt werden.

Zum Ende der siebten Jahrgangsstufe wird mithilfe des Motorischen Tests 2 (MT2) entschieden, welche Schülerinnen und Schüler für eine weitere leistungssportliche Entwicklung geeignet sind (Auswahlstufe 2). Die Nachwuchssportler, die durch ein zielstrebiges und langfristig orientiertes Training auf ein höheres sportliches Leistungsniveau hinarbeiten, können in speziellen Sportklassen gefördert werden. Inhaltlich findet eine gemäß den Rahmentrainingsplänen der jeweiligen Sportarten sportartspezifische Unterrichtsgestaltung in enger Abstimmung mit den Vereinen und Verbänden statt (MFKJKS, 2011).

Grundsätzlich sollen diese begabten Sportler zwei Stunden täglich am Sportunterricht oder an Trainingseinheiten während der Regelunterrichtszeit teilnehmen. Die Schule ist in die regionalen Leistungssportstrukturen integriert und kooperiert insbesondere mit den Sportverbänden und Vereinen, um Stundenpläne sowie Trainings- und Wettkampftermine abzustimmen (MFKJKS, 2011).

Neben der Unterstützung für das leistungssportliche Training erhalten die jungen Athleten an den NRW-Sportschulen Unterstützung bei der schulischen Ausbildung. Durch Förder- und Stützunterricht wird die Freistellung vom Unterricht für Wettkämpfe oder spezielle Trainingsmaßnahmen kompensiert. Darüber hinaus ist eine Verlängerung des ersten Schulhalbjahres oder die Streckung des Abiturs auf zwei Jahre möglich (Fischer, 2014). Weitere pädagogische und soziale Maßnahmen werden in den Sportinternaten gebündelt und umgesetzt. Langfristig sollen an allen NRW-Sportschulstandorten Vollzeitinternate eingerichtet werden (MFKJKS, 2011).

1.3 Auswahlverfahren und Auswahlstufen an den NRW-Sportschulen

An den NRW-Sportschulen wird die Talentsichtung durch die Durchführung standardisierter sportmotorischer Testverfahren unterstützt.

So wird der Motorische Test 1 (MT1) in Klasse 4 als eines von mehreren Auswahlkriterien zur Aufnahme in die fünfte Jahrgangsstufe der NRW-Sportschulen eingesetzt (Stufe 1). Neben den Testleistungen werden weitere Faktoren wie die schulische Empfehlung, die sportmedizinische Unbedenklichkeit sowie weitere standortspezifische Bedingungen bei den Auswahlentscheidungen von den Schulverantwortlichen berücksichtigt.

Der MT2 wird in Klasse 7 durchgeführt, mit der Intention, die Eignung für eine weitere leistungssportliche Förderung festzustellen und eine sportartspezifische Talentsichtung vorzunehmen (Stufe 2). Der MT2 wurde als Instrument

sportartspezifischer Talentidentifikation am Forschungszentrum für den Schulsport und den Sport von Kindern und Jugendlichen (FoSS) unter der Leitung von Ilka Seidel und Klaus Bös in Zusammenarbeit mit zahlreichen Experten entwickelt (Seidel & Bös, 2011).

Neben dem Kaderstatus und der Lehrereinschätzung ist der MT2 ein wesentliches Kriterium für die Auswahl und die damit verbundene spezielle Förderung in den Sportklassen (MFKJKS, 2011). Eine Gesamtübersicht der eingesetzten Testverfahren ist in Abbildung 1 dargestellt (mod. nach Seidel, Grüneberg, Engel, Kurz, Hientzsch, Moll, Netz & Bös, 2014, S. 9).

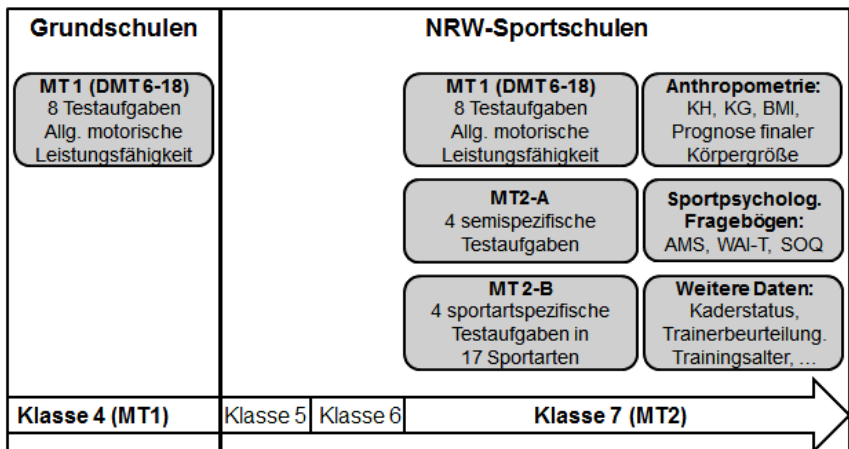


Abb. 1. Testverfahren an den NRW-Sportschulen (mod. nach Seidel et al., 2014, S. 9)

Insgesamt kommen sechs verschiedene Bausteine bei der Talentsichtung an den NRW-Sportschulen zum Einsatz:

1. Motorischer Test 1
2. Motorischer Test 2-A
3. Motorischer Test 2-B
4. Anthropometrie
5. Sportpsychologische Fragebögen
6. Weitere Daten

Der MT1 findet in der Klasse 4 als Aufnahmekriterium statt und wird in Klasse 7 wiederholt. In Klasse 7 werden außerdem der MT2-A sowie MT2-B durchgeführt. In einem weiteren Baustein werden sportpsychologische Daten mittels drei verschiedenen Fragebögen erhoben. Zudem werden die anthropometri-

schen Merkmale Körperhöhe und Körpergewicht der Testperson sowie die Körperhöhe der biologischen Eltern erfasst, um die finale Körperhöhe (z. B. Khamis-Roche, 1994) zu prognostizieren. Weitere Daten wie der Kaderstatus, das Trainingsalter insgesamt und in der aktuellen Sportart, die Trainingshäufigkeit sowie Trainerbeurteilungen werden ebenfalls per Fragebogen erfasst und in die Entscheidungen für die weitere Talentförderung und Aufnahme in die Sportklasse ab der 8. Jahrgangsstufe einbezogen (Seidel et al., 2014).

2. Testverfahren an den NRW-Sportschulen

In diesem Kapitel wird die zweite Fragestellung (*Wie sehen die eingesetzten Testverfahren an den NRW-Sportschulen aus?*) bearbeitet. Dazu werden die Testverfahren detailliert beschrieben. In einem Exkurs (nach Kap. 2.3) wird eine Studie zu Trainererfahrungen mit sportmotorischen Tests in der Leichtathletik vorgestellt.

2.1 Motorischer Test 1

Der MT1 ist ein fähigkeitsorientierter Test und identisch mit dem Deutschen Motorik-Test 6–18 (DMT 6–18) (Bös, Schlenker, Albrecht, Büsch, Lämmle, Müller, Oberberger, Seidel, Tittlbach & Woll, 2016; Bös, Schlenker & Seidel, 2014). Der MT1 überprüft die allgemeinen motorischen Fähigkeiten Ausdauer, Kraft, Schnelligkeit, Koordination und Beweglichkeit (Bös, 1987). Zudem werden die Körperhöhe und das Körpergewicht erfasst, um den Body-Mass-Index (BMI) zu berechnen. Der MT1 wird an den NRW-Sportschulen als erster Schritt in einem Aufnahmeverfahren (Ist-Diagnose) in Klasse 4 durchgeführt und dann in Klasse 7 wiederholt, um die Leistungsentwicklung (Veränderungsdiagnose) einschätzen zu können.

Beim fähigkeitsorientierten Ansatz wird mithilfe von standardisierten sportmotorischen Tests nicht auf der Prozessebene (Steuerungs- und Funktionsebene) gemessen, sondern, anhand von sichtbaren Bewegungsleistungen (Außenperspektive) wie Laufen und Springen wird auf die motorischen Fähigkeiten geschlossen (Bös et al., 2016). Die allgemeinen motorischen Merkmale sind auswahlrelevant, weil sie zu diesem Entwicklungszeitpunkt mit den sportartspezifischen Fertigkeiten korrelieren (Seidel & Bös, 2011). In Tabelle 1 sind die Testaufgaben entsprechend der Analogie zum DMT 6–18 hinsichtlich Fähigkeits- und Aufgabenstruktur dargestellt.

Der 6-Minuten-Lauf misst die aerobe Ausdauer. Der Standweitsprung testet die Schnellkraft bei Sprüngen. Der 20m-Sprint überprüft die Aktionsschnelligkeit der unteren Extremitäten. Die Testaufgabe Liegestütz überprüft die Kraftausdauerfähigkeit der oberen Extremitäten. Bei den Sit-ups wird die Kraftausdauerfähigkeit des Rumpfes gemessen. Das Balancieren rückwärts dient der

Überprüfung der Koordinationsfähigkeit unter Präzisionsdruck. Bei der Rumpfbeuge-Aufgabe wird die maximale Dehnfähigkeit der rückwärtigen Oberschenkelmuskulatur erfasst.

Tab. 1. *Aufgabenklassifikation des MT1 nach Fähigkeiten- und Aufgabenstruktur (Bös et al., 2016, S. 10). Legende: 6-Min = 6-Minuten-Lauf; SU = Sit-ups; RB = Rumpfbeuge; SW = Standweitsprung; 20 m = 20-Meter-Sprint; Balrw = Balancieren rückwärts; SHH = Seitliches Hin- und Herspringen; LS = Liegestütz)*

Aufgabenstruktur		Struktur motorischer Fähigkeiten				passive Systeme der Energieübertragung
		Ausdauer	Kraft	Schnelligkeit	Koordination	Beweglichkeit
		AA	KA SK	AS	KZ KP	B
Lokomotionsbewegungen	Gehen, Laufen	6-Min		20 m	Balrw	
	Sprünge		SW		SHH	
Teilkörperbewegungen	obere Extremitäten		LS			
	Rumpf		SU			RB

Der DMT 6–18 (MT1) ist deutschlandweit verbreitet und wird in vielen Projekten (z. B. Berlin hat Talent, Fuldaer Bewegungsscheck, KommSport, MT1) eingesetzt. Für den DMT existieren für Deutschland repräsentative Normwerte für die Altersklassen 6-18 (Bös et al., 2016).

2.2 Motorischer Test 2-A

Der MT2-A überprüft komplexe motorische Fähigkeiten, die von den Experten als relevant für alle Sportarten eingestuft wurden und die Aspekte der Schnelligkeit und Kraft überprüfen. Der Motorische Test 2-A setzt sich aus vier semi-spezifischen Einzelaufgaben zusammen. Wichtig war es, um für alle Sportarten relevant zu sein, dass vor allem die konditionellen, weniger die sporttechnischen Anforderungen abgedeckt werden. Darüber hinaus sollten die Testaufgaben in der Praxis gut umsetzbar sein. Im folgenden Raster sind die MT2A-Testaufgaben hinsichtlich der Fähigkeits- und Aufgabenstruktur dargestellt.

Tab. 2. *Aufgabenklassifikation MT2-A nach Fähigkeiten- und Aufgabenstruktur (Seidel et al., 2014, Teil MT2-A, S. 3) (Legende: JR = Jump an Reach; MBW = Medizinballweitwurf; TP = Tapping; FL = Fächerlauf)*

Aufgabenstruktur		Struktur motorischer Fähigkeiten						passive Systeme der Energieübertragung
		Ausdauer	Kraft		Schnelligkeit		Koordination	Beweglichkeit
		AA	KA	MK	SK	AS	RS	KZ
Lokomotionsbewegungen	Gehen, Laufen						FL	
	Sprünge			JR				
Teilkörperbewegungen	obere Extremitäten			MBW				
	Rumpf							
	untere Extremitäten				TP			

Mit der Testaufgabe *Tapping* kann die Frequenzschnelligkeit der Beine bei alternierenden Bewegungen beurteilt werden. Beim *Jump and Reach* wird die vertikale Schnellkraft bei Sprüngen überprüft. Die Medizinballweitwürfe dienen der Erfassung der Schnellkraftfähigkeiten der oberen Extremitäten. Der *Fächerlauf* testet die koordinativen Fähigkeiten unter Zeitdruck sowie die Schnelligkeit bei Sprintbelastungen mit Richtungswechseln. Die spezifischen Fertigungs- und Technikanteile sind bei den Testaufgaben *Jump and Reach*, *Medizinballweitwurf* und *Tapping* gering ausgeprägt. Beim Fächerlauf liegt ein höherer Technikanteil vor, da die Koordination unter Zeitdruck sowie die Schnelligkeitsausdauer bei Richtungswechseln in Kombination getestet wird (Seidel et al., 2014).

2.3 Motorischer Test 2-B

Der MT2-B ist eine Sammelbezeichnung für jeweils vier sportartspezifische Tests für insgesamt 17 Sportarten. Die Einzeltests wurden so ausgewählt, dass sie das Spektrum der motorischen Fähigkeiten, die für die jeweilige Sportart relevant sind, möglichst umfänglich abdecken und zudem in der Praxis gut durchführbar sind (Seidel et al., 2014). An den NRW-Sportschulen wird der MT2-B in den jeweiligen Schwerpunktsportarten, durchgeführt. (Tab. 3).

Tab. 3. Aufgabenübersicht MT2-B für 17 Sportarten (vgl. Seidel et al., 2014)

Sportart	Testaufgaben im MT2-B
Badminton	Hoher Aufschlag, Clear, Smash, Schnelligkeitsausdauer
Basketball	20-m-Pendelsprint, Brustpassweite, Halbdistanz-Wurftest, Multistage Fitness Test
Eishockey	Sprint vorwärts/rückwärts, Slalom mit Puck, Transition mit Puck, Repeat Sprint Skate
Fechten	Wechselausfälle zwischen Pylonen, Stoß auf den Fechthandschuh, Fallstabtest, Stöße aus mittlerer Distanz mit Ausfallschritt und Ausdauerbelastung
Fußball	Soccer Run, Ballkontrolle, Torschuss, Laufgewandtheit und Dribbling
Handball	Wurfpräzisionstest, Ballwurfgeschwindigkeit, Technikbewertung Schlagwurf mit Stemmschritt, Handkraftmessung
Hockey	Slalom Sprint and Dribble Test, Ballannahme/Torschuss, Umspielen, Zielschlenzen
Judo	Beinschwingen, Medizinball-Rotation, Technikdemonstration, Vereinfachter Dreh-Test
Kanu	Bankziehen, Medizinball-Rotation, 200-m-Zeitfahren, 2000-m-Zeitfahren
Leichtathletik	50-m-Sprint, Ballweitwurf, Dreierhop, 1.000-m-Lauf
Ringern	Klimmziehen, Kniebeuge hinten, Technikdemonstration, Linienlauf
Rudern	500-m-Zeitfahren, 500-m-Ruderergometerest, 6.000-m-Ruderergometerest
Schwimmen	25 m Kraul-Tempo-Beinschlag, 15 m Delfin-Tempo-Beinschlag, 15 m Delfin-Tempo-Beinschlag, 7,5 m Gleiten, 25 m Kraul/Rückenkraul
Taekwondo	Zick-Zack-Sprünge, Schlagpolstertest, Seit- und Querspagat, Linienlauf
Tennis	Richtungswechselsprint, Aufschlagtest, Tennis-Ballwandtest, Hit & Turn-Tennistest
Tischtennis	Seilspringen, Medizinball-Rotation, Technikdemonstration, Tischtenniswettspiel
Volleyball	Aufschlagtest, Grundtechniktest, Gewandtheitstest, Flugbahneinschätzung

Die Testaufgaben entstanden federführend am FoSS in Karlsruhe in Zusammenarbeit mit anerkannten Sportartenexperten. In Tabelle 3 sind die Testaufgaben der 17 Sportarten aufgelistet. Bei der Konstruktion des MT2 wurden zuerst umfassend die physiologischen und psychologischen Anforderungen von insgesamt 17 Sportarten recherchiert. Anschließend wurden bereits existierende Testaufgaben ermittelt. Weiterhin wurden Experten aus Sportwissenschaft

und Sportpraxis gewonnen, um die Ergebnisse der Recherchen auf der unter Berücksichtigung der verschiedenen Anforderungen an den MT2 zu bewerten.

Abschließend erfolgte ebenfalls in Zusammenarbeit mit den Experten die Auswahl bzw. Entwicklung der Tests (Seidel & Bös, 2011). Für die Praxis wurden umfangreiche Testmanuale entwickelt, in denen neben der Beschreibung der Testaufgaben auch wichtige Hinweise für die Vorbereitung, Durchführung und Auswertung der einzelnen Testaufgaben zu finden sind. Abgerundet wird dies durch Erfassungsbögen, die für die Testdurchführung direkt verwendet werden können. Im Rahmen von Begleitstudien werden sukzessive die Gütekriterien berechnet (vgl. Kapitel 3).

Im nachfolgenden Schema sind exemplarisch die Testaufgaben für die Sportart Leichtathletik unter Beachtung der zu überprüfenden Fähigkeit und Aufgabenstruktur abgebildet. Mit dem 50-m-Sprint kann die Aktionsschnelligkeit bei Lokomotionsbewegungen beurteilt werden. Beim Ballweitwurf werden die Schnellkraft der oberen Extremitäten sowie die Wurfgewandtheit getestet. Der Dreierhop überprüft die Schnellkraft der unteren Extremitäten sowie die Sprunggewandtheit. Der 1000-m-Lauf dient der Überprüfung der aeroben und anaeroben Ausdauer.

Tab. 4. *Aufgabenklassifikation MT2-B Leichtathletik nach Fähigkeiten und Aufgabenstruktur (Seidel et al., 2014, Teil Leichtathletik, S. 3) (Legende: 1.000 m = 1.000-m-Lauf; 50 m = 50-m-Sprint; BW = Ballweitwurf; DH = Dreierhop)*

Aufgabenstruktur		Struktur motorischer Fähigkeiten								passive Systeme der Energieübertragung	
		Ausdauer		Kraft			Schnelligkeit		Koordination		Beweglichkeit
		AA	AnA	KA	MK	SK	AS	RS	KZ	KP	B
Lokomotionsbewegungen	Gehen, Laufen	1.000 m					50 m				
	Sprünge			DH							
Teilkörperbewegungen	obere Extremitäten			BW							
	Rumpf										
	untere Extremitäten										

Exkurs: Trainererfahrungen mit sportartspezifischen Tests am Beispiel Leichtathletik – eine qualitative Interviewstudie²

Fragestellungen

Welche Erfahrungen und Meinungen haben Trainer in der Nachwuchsleichtathletik mit bzw. zu sportmotorischen Tests? Wie stellt sich die tatsächliche Situation in den Leichtathletikvereinen und Leichtathletikverbänden dar?

Da hierzu bislang keine Forschungsergebnisse vorliegen, wurden im Rahmen einer Dissertation (Moll, 2016) mit einer Interviewstudie erste Hypothesen generiert und ein Entwurf einer Trainertypologie in Bezug auf sportmotorische Tests entwickelt.

Folgende Forschungsfrage stand dabei im Mittelpunkt: *Welche Erfahrungen haben Trainer mit sportmotorischen Tests im Nachwuchsleistungssport der Leichtathletik?*

Methodik und Stichprobenbeschreibung

Die Beantwortung dieser Frage erfolgte explorativ mittels qualitativer, offener, problemzentrierter und leitfadengestützter Experteninterviews. Die Interviewdaten wurden über das offene, das selektive und das axiale Codieren kategorisiert (Strauss & Corbin, 1996; Auswertung mittels MAXQDA 11©). Im Ergebnis entstand so der Entwurf einer Trainertypologie in Bezug auf sportmotorische Tests in der Nachwuchsleichtathletik.

Die Expertenauswahl für die Interviews geschah über das theoretische Sampling (Wiedemann, 1995). Insgesamt wurden im Zeitraum von Dezember 2012 bis November 2013 18 Trainer folgender Leistungsebenen interviewt: neun DLV-Bundestrainer, drei Landes-trainer, fünf Vereinstrainer der besten 10 Vereine Deutschlands und sechs weitere regionale Vereinstrainer.

Ergebnisse der Interviews

Es konnten fünf Trainertypen kategorisiert werden (s. Abb. 3): Der Typ *Balance* hat eine positive Meinung über sportmotorische Tests, ohne deren Reichweite zu überschätzen. Dieser Trainertyp kann als mindestens ausreichend kompetent in Bezug auf die Durchführung von sportmotorischen Tests und in Bezug auf die Reflexion über sportmotorische Tests eingeschätzt werden. Der Typ *Leistung* hat ebenfalls eine positive Meinung über sportmotorische Tests, neigt allerdings dazu, deren Reichweite zu überschätzen. Dieser Trainertyp kann ebenfalls als mindestens ausreichend kompetent in Bezug auf die Durchführung sportmotorischer Tests eingeschätzt werden. Das auffälligste Merkmal des Typs *DIY* ist die eigenständige Konstruktion sportmotorischer Tests mit der Begründung, dass keine (geeigneten) Verfahren vorhanden sind. Aus den Aussagen kann abgeleitet werden, dass dieser Trainertyp keine ausreichende Kompetenz hat, sportmotorische Tests selbst zu konstruieren. Der Typ *Training* spricht sich generell gegen die Durchführung sportmotorischer Tests aufgrund mangelnder Zeit dafür im Training aus. Dieser Trainertyp hat kein ausreichendes Wissen über Tests, um die Möglichkeiten und Grenzen sportmotorischer Tests einzuordnen. Der Typ *Zweifler* als ein Untertyp des Typs *Training* zweifelt generell an der Sinnhaftigkeit sportmotorischer Tests.

² Diese Studie wurde im Rahmen einer Dissertation durchgeführt (Moll, 2016; vgl. auch Moll, Seidel & Bös, 2017, in Druck)

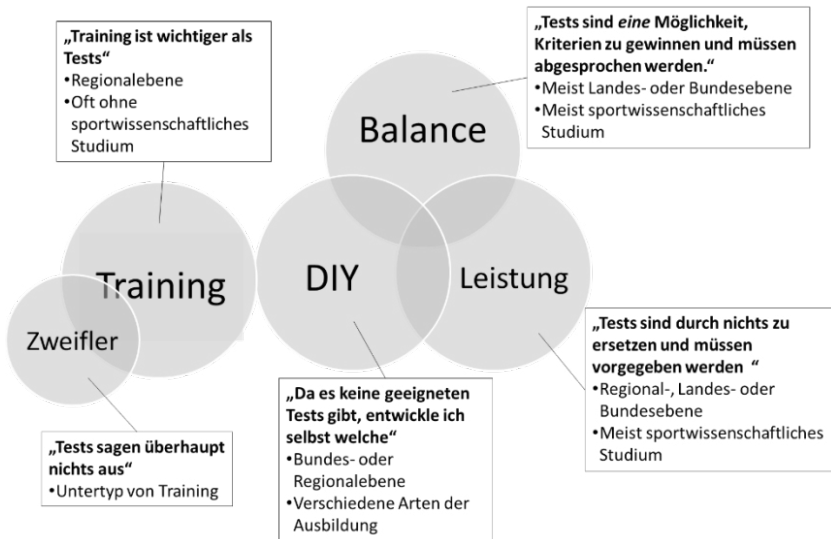


Abb. 2. Trainertypologie in Bezug auf sportmotorische Tests (Moll, 2016; Moll, Seidel & Bös, 2017, in Druck)

Diskussion

Die breit gefächerte Meinungsvielfalt, die bei Trainern in der Nachwuchsleichtathletik über sportmotorische Tests herrscht, ist vermutlich zum großen Teil über die individuelle diagnostische Kompetenz zu erklären, welche wiederum eng mit der jeweils durchlaufenen Ausbildung des Trainers zusammenhängen kann. Die Ergebnisse dieser Studie deuten darauf hin, dass eine verbesserte Trainerausbildung eine Möglichkeit zur Erhöhung der diagnostischen Kompetenz von Trainern darstellt und dadurch implizit die Qualität der Talentsichtung verbessert wird. Die bislang erfragten Meinungen und Abschätzungen der diagnostischen Kompetenz müssten nun empirisch überprüft werden, um den Zusammenhang zwischen der Meinung über sportmotorische Tests mit der diagnostischen Kompetenz der Trainer und dann wiederum mit dem Erfolg des Trainers zu prüfen.

2.4 Anthropometrie

Übergewicht und Adipositas im Kindes- und Jugendalter haben in den letzten Jahren weltweit zugenommen. Auch für Deutschland konnte eine Zunahme der Prävalenz von Übergewicht und Adipositas belegt werden (von Kries, 2005). In Deutschland sind laut der KiGGS-Studie 15,4 % der Kinder im Alter von 7–10 Jahren übergewichtig (Jungen: 15,9 %; Mädchen: 14,7). Davon sind 6,4 % adipös (Jungen: 7,0 %; Mädchen: 5,7 %). In der Altersgruppe von 11–13 Jahren liegt der Anteil der übergewichtigen Kinder bei 18,6 % (Jungen:

18,3 %, Mädchen: 18,9 %). 7,2 % dieser Kinder sind adipös (Jungen: 7,0 %; Mädchen: 7,3 %) (vgl. Kurth & Schaffrath, 2007).

Übergewicht liegt vor wenn das körperhöhenbezogene Körpergewicht ein bestimmtes Maß übersteigt. Bei Adipositas ist die erhöhte Fettmasse maßgebend und diese muss bestimmt werden. Zudem muss festgelegt werden, ab welchem Ausmaß Adipositas besteht (Kromeyer-Hauschild, 2005).

Bei der Beurteilung der Fettmasse bei Kindern und Jugendlichen hat sich der Body-Mass-Index (BMI) als praktikables Diagnoseinstrument durchgesetzt. Der BMI kann mit der Körpergröße sowie mit dem Körpergewicht berechnet werden. Die Formel lautet: Körpergewicht (kg)/(Körpergröße (m))².

Die Einordnung des BMI erfolgt anhand der Perzentilkurven, welche die altersspezifischen und geschlechtsspezifischen Änderungen der Körperzusammensetzung im Kindes- und Jugendalter berücksichtigen. Die Perzentile wurden auf Basis von Querschnittsdaten von 17147 Jungen und 17275 Mädchen aus 17 Untersuchungen in verschiedenen Regionen in Deutschland erstellt. Liegt der BMI zwischen dem 90.–97. Perzentil wird die entsprechende Altersgruppe als übergewichtig eingestuft. Befindet sich der BMI über dem 97. Perzentil wird Adipositas diagnostiziert (Kromeyer-Hauschild, 2005).

An den NRW-Sportschulen wird der BMI alters- und geschlechtsspezifisch in die fünf folgenden Gruppen eingeteilt: Anorex, untergewichtig, normalgewichtig, übergewichtig und adipös.

Ein weiterer wichtiger Aspekt, den es bei der Talentsichtung und Talentförderung zu beachten gilt, ist die finale Körperhöhe.

Im Volleyball und Basketball beispielsweise sind große Spieler im Vorteil, wohingegen beim Turnen eine mittelgroße oder kleine Körperhöhe eher chancenreicher ist. Anhand der Perzentilkanäle (z. B. Kromeyer-Hauschild et al., 2001) kann abgeschätzt werden, wie die zukünftige Entwicklung ablaufen wird. Vor allem im zeitlichen Umfeld der Pubertät unterscheiden sich die Wachstumsgeschwindigkeiten sowie unterschiedliche Entwicklungsverläufe teilweise erheblich. Um diesen Schätzfehler zu berücksichtigen, werden die Körperhöhen der Eltern in eine mathematische Berechnungsformel mit einbezogen, um so die prognostische Körperhöhe zu ermitteln. Bei der Khamis-Roche-Methode (1994) werden die folgenden vier Faktoren berücksichtigt: Aktuelles chronologisches Alter, aktuelle Körpergröße, aktuelles Körpergewicht und Mittelwert der Körpergröße der Eltern. Zur Prognose der finalen Körpergröße können auch die Verfahren von Tanner und Kollegen (1983) sowie Prader (1981) verwendet werden.

2.5 Psychologische Fragebögen

Kinder und Jugendliche stehen insgesamt vor umfangreichen Entwicklungsaufgaben. Diese gelten in gleicher oder vor dem Hintergrund der dualen Karriere von Bildung und Leistungssport sogar in verschärfter Weise auch für Nachwuchsleistungssportler. Sie müssen ebenfalls ein gesundes Selbstvertrauen und eine adäquate Anforderungs- und Stressbewältigung entwickeln, benötigen ein sehr hohes Maß an Motivation und Selbststeuerung, um mittel- und langfristig auch vor dem Hintergrund einer riskanten Sportlerkarriere dennoch eine gesunde Lebenszufriedenheit zu entwickeln.

Einigkeit besteht, dass Persönlichkeitsmerkmale per se nicht über eine so hohe zeitliche Stabilität verfügen, als dass sie für die Talentauswahl im Sinne der Selektion entscheidungsrelevant sind. Andererseits bilden seriöse diagnostische Befunde zur aktuellen Ausprägung der verschiedenen psychologischen Eigenschaften eine wichtige Basis für eine an der ganzheitlichen Entwicklung der Nachwuchsathleten ausgerichtete Talentförderung. Diese muss auch Aspekte des psychologischen bzw. mentalen Trainings beinhalten.

Entsprechend wurden in der jüngsten Vergangenheit Testverfahren entwickelt (vgl. Beckmann & Elbe, 2008), um darauf aufbauend Hinweise für sportpsychologische Interventionen im Rahmen der Talentförderung ableiten zu können. Deshalb sollten solche Aspekte bei der Talentsichtung und -förderung stärker berücksichtigt werden (Elbe & Seidel, 2003; BISp, 2016).

Dies wurde für das Instrumentarium des MT2 berücksichtigt. Unter Einbeziehung von Experten aus der Sportpsychologie wurden drei Verfahren als Bestandteile des MT2 ausgewählt: Die Achievement Motive Scale (AMS) (Elbe, Wenhold & Müller, 2005) misst das Leistungsmotiv im Sport und überprüft die beiden Leistungsmotivkomponenten Hoffnung auf Erfolg (HE) und Furcht vor Misserfolg (FM). Aus dem gesamten Wettkampf- und Angst-Inventar (WAI) (Brand, Ehrlenspiel & Graf, 2009) wird der Trait-Test (WAI-T) durchgeführt, welcher die bereichsspezifische Ausprägung der Wettkampfangstlichkeit in den Dimensionen somatische Ängstlichkeit, kognitive Ängstlichkeit und Konzentrationsstörungen misst. Der Sport Orientation Questionnaire (SOQ) (Elbe, Wenhold & Beckmann, 2009) misst die Bezugspunkte zur Beurteilung der eigenen sportlichen Leistung in den Bereichen Wettkampforientierung (WO), Sieg-/Gewinnorientierung (GO) und Zielorientierung (ZO).

Die Verfahren werden bei allen Schülern in Klasse 7 seit dem Schuljahr 2010/2011 begleitend eingesetzt. Die Ergebnisse werden durch das FoSS für jeden einzelnen Schüler ausgewertet und in den Beratungsgesprächen für die Auswahlentscheidungen vorgestellt und besprochen (vgl. Kapitel 3).

Die bisherigen Erfahrungen in der Praxis zeigen, dass die Verfahren von Lehrern und Eltern als wertvoll erachtet werden. Die Ergebnisse liefern den Lehrern wertvolle Hinweise für ihre Gespräche mit den Eltern/Kindern aber auch

mit den Trainern. Darüber hinaus werden die umfangreichen Beratungsgespräche, in denen auch die Ergebnisse aus den sportmotorischen Tests besprochen werden, für die Auswahlentscheidungen an den NRW-Sportschulen als sehr wertvoll eingeschätzt.

Abschließend bleibt hierzu festzuhalten, dass die sportpsychologischen Verfahren im MT2 kein Instrument der Talentauswahl sind, sondern für die individuelle Analyse und Beratung dienen.

2.6 Weitere Daten

Der Kaderstatus, die Vereinszugehörigkeit sowie das Trainingsalter insgesamt und in der aktuellen Sportart, die Trainingshäufigkeit sowie Trainerbeurteilungen werden im Rahmen des MT2 in Klasse 7 erfasst und in die Entscheidungen für die weitere Talentförderung und Aufnahme in die Sportklasse ab der 8. Jahrgangsstufe einbezogen (Seidel et al., 2014).

Grundsätzlich sollten die Sportklassen ab Klasse 8 mit möglichst vielen Kaderathleten besetzt sein, um eine hohe Qualität im Sportunterricht, z. B. im Athletiktraining, zu gewährleisten. Darüber hinaus ist bei Kaderathleten bereits die Leistungssportorientierung (vgl. MFKJKS, 2011) vorhanden.

Betrachtet man die Trainingshäufigkeit in der Hauptsportart, so können hohe Trainingsumfänge im Juniorenbereich sowie im Spitzensportbereich zu kurzfristigen Erfolgen führen. Langfristige Erfolge werden nicht mit einer hohen Trainingshäufigkeit assoziiert (vgl. Emrich & Gülich, 2005). Deshalb eignen sich die Jugendlichen mit geringeren Trainingsumfängen und ähnlichen Leistungen wie die Jugendlichen mit hohen Trainingsumfängen eher für eine weiterführende leistungssportliche Förderung. Auch ein später Trainingsbeginn in der Hauptsportart kann sich bei ähnlichen Leistungen im Vergleich zu Langzeittrainierenden positiv auf die Auswahlentscheidung auswirken. Die Trainerbeurteilungen liefern zudem wichtige Informationen. Somit können Formkrisen oder gesundheitliche Probleme besser identifiziert und bei der Auswahlentscheidung berücksichtigt werden.

3. Ergebnisse

Nachfolgend wird die dritte Fragestellung *Wie sieht der aktuelle Stand an den NRW-Sportschulen aus?* bearbeitet. Dazu werden Ergebnisse der motorischen Testverfahren (3.1), Anthropometrie (3.2) und psychologischen Fragebögen (3.3) vorgestellt. Der Abschnitt Testverfahren (3.1) wird unterteilt in die Unterpunkte Stichprobe zu den motorischen Tests (3.1.1) sowie zu Gütekriterien zu den motorischen Tests (3.1.2).

3.1 Motorische Testverfahren



3.1.1 Stichprobe zu den motorischen Tests

Die Anzahl der NRW-Sportschulen und die Anzahl der Testungen hat sich seit der Einführung der NRW-Sportschulen im Schuljahr 2007/2008 kontinuierlich erhöht. Seit dem Schuljahr 2015/16 sind alle geplanten NRW-Sportschulstandorte aktiv. Ab dem Schuljahr 2018/2019 werden dann flächendeckend auch an allen 18 NRW-Sportschulen die MT2-Testungen (MT2-A/ MT2-B) absolviert.

Tabelle 5 gibt einen Überblick über die an den Standorten durchgeführten Testungen.

Tab. 5. Testungen an den NRW-Sportschulen

Legende:

 = MT1
 = MT2

Standort/Schuljahr	07/08	08/09	09/10	10/11	11/12	12/13	13/14	14/15	15/16
Düsseldorf									
Minden									
Solingen									
Dortmund									
Münster									
Bonn									
Paderborn									
Gelsenkirchen									
Leverkusen									
Bochum									
Winterberg									
Essen									
Dormagen									
Köln									
M'gladbach									
Duisburg									
Bielefeld/Herford									
Mülheim									

Bis zum Schuljahr 2015/16 wurden insgesamt 9580 Schülerinnen und Schüler (m: 6222; w: 3358) mit dem MT1 in Klasse 4 überprüft.

Beim MT1 in Klasse 7 nahmen 1858 Schülerinnen und Schüler (m: 1120; w: 738) teil.

1419 Schülerinnen und Schüler haben beide MT1-Testungen (m: 851; w: 568) in Klasse 4 und in Klasse 7 absolviert.

Den MT2-A in Klasse 7 haben 1891 Schülerinnen und Schüler (Jungen: 1104; Mädchen: 787) durchgeführt, beim MT2-B liegt die Anzahl der Testteilnehmer bei 1312 (Jungen: 885; Mädchen: 427).

3.1.2 Gütekriterien zu den motorischen Tests

Die Gütekriterien des DMT (MT1) wurden in mehreren Studien überprüft. Die Objektivitätskoeffizienten sind als gut bis sehr gut zu bewerten und liegen im Durchschnitt bei 0.95. Die inhaltliche Validität liegt bei einer Gesamtbewertung von 1,88 (Notenskala 1–5). Die durchschnittliche Test-Retest-Reliabilität der acht Testaufgaben beträgt 0,82 und zeigt eine insgesamt gute Testzuverlässigkeit (vgl. zusammenfassend Bös et al., 2016).

Tab. 6. *Geschlechtsspezifische Reliabilitätskoeffizienten beim MT2-A, MT2B-Leichtathletik und MT2-B Schwimmen (Legende: r = Reliabilitätskoeffizient; * = Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant)*

Sportart	Stichprobe	Test 1 + r	Test 2 + r	Test 3 + r	Test 4 + r
MT2-A	n = 58 m = 30 w = 28 Alter: 12,69 ±0,68	Tapping m: r = .85* w: r = .71*	Jump and Reach m: r = .89* w: r = .87*	Medizinballweitwurf m: rechter Arm: r. = .91* linker Arm: r. = .81* beide Arme r = .93* w: rechter Arm: r. = .74* linker Arm: r. = .68* beide Arme r = .85*	Fächerlauf m: r = .90* w: r = .92*
Leichtathletik	n = 73 m = 42 w = 31 Alter: 13,10 ± 0,51	30 m fliegend m: r = .95* w: r = .89*	Ballwurf m: r = .89* w: r = .91*	Dreierhop m: r = .94* w: r = .88*	1000 m m: r = .85* w: r = .70*
Schwimmen	n = 16 m = 9 w = 7 Alter: 12,9 ± 0,32	25 m Kraul-Tempo-Beinschlag m: r = .95* w: r = .91*	15 m Delphin-Beinschlag m: r = .98* w: r = .97*	7,5 m Gleiten m: r = .88* w: r = .67*	25 m Kraul/Rückenkraul m: r = .94* w: r = .93*

Die Reliabilität der MT2-A und MT2-B-Testverfahren wurde im Rahmen von studentischen Forschungsarbeiten und einer Dissertation (Moll, 2016) untersucht. In Tabelle 6 sind die Reliabilitätskoeffizienten des MT2-A sowie der sportartspezifischen Tests in der Leichtathletik und im Schwimmen dargestellt:

Insgesamt liegen die untersuchten Reliabilitätskoeffizienten in einem Bereich von 0,67 bis 0,98. Der Mittelwert aller Koeffizienten beträgt 0,86. Die Jungen erzielen im Durchschnitt bessere Ergebnisse (0,90) als die Mädchen (0,83).

Eine Beurteilung der Reliabilitätskoeffizienten kann nach Bös (2001, S. 548) vorgenommen werden:

Tab. 7. Beurteilung der Reliabilitätskoeffizienten nach Bös (2001, S. 548)

Reliabilitätskoeffizienten	Beurteilung
≥ 0.90	ausgezeichnet
0.80–0.90	sehr gut
0.70–0.80	annehmbar
0.60–0.70	mäßig
≤ 0.60	gering

Gemäß der vorliegenden Einteilung können 13 von 28 (46,4 %) Koeffizienten als *ausgezeichnet* und zehn Kennzahlen (35,7 %) als *sehr gut* beurteilt werden. Zwei Koeffizienten (7,2 %) fallen in die Kategorie *annehmbar* und drei (10,7 %) in die Kategorie *mäßig*. Insgesamt konnten für die untersuchten Testaufgaben im MT2-A, MT2-B Leichtathletik und MT2-B Schwimmen gute Reliabilitätskoeffizienten festgestellt werden. Beim Schwimmen lag jedoch eine kleine Untersuchungsstichprobe vor. Hier müssen die Kennzahlen in weiteren Untersuchungen bestätigt werden.

3.2 Anthropometrie

In der Altersgruppe der 7–10-jährigen Kinder sind in der für Deutschland repräsentativen KiGGS-Studie (Kurth & Schaffrath, 2007) 15,9 % der Jungen und 14,7 % der Mädchen übergewichtig, davon sind 7 % der Jungen und 5,7 % der Mädchen adipös.

In Abbildung 4 und 5 sind die Verteilungen der aufgenommenen und der abgelehnten NRW-Sportschulbewerber in die BMI-Gruppen dargestellt.

Sowohl die Stichprobe der aufgenommenen SportschülerInnen als auch die abgelehnten Jungen und Mädchen sind deutlich weniger übergewichtig und adipös als die Kinder der KiGGS-Stichprobe.

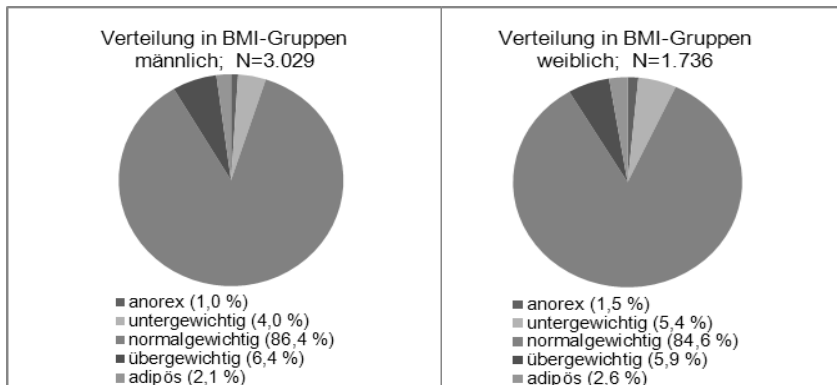


Abb. 3. Verteilung in BMI-Gruppen der aufgenommenen Schülerinnen und Schüler

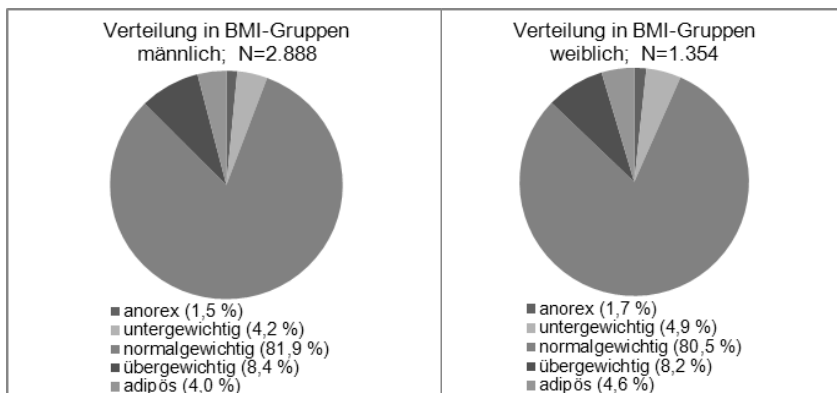


Abb. 4. Verteilung in BMI-Gruppen der nicht aufgenommenen Schülerinnen und Schüler

Das liegt daran, dass die NRW-Sportschulbewerber eine selektierte Gruppe von sportinteressierten Kindern im Alter von 9–11 Jahren darstellen, die meist in Sportvereinen sind und regelmäßig Sport treiben.

Vergleicht man die Konstitution der aufgenommenen, mit denen der abgelehnten Bewerber, so zeigt sich ein deutlicher Unterschied zugunsten der Kinder, die bei den Auswahltests besser abgeschnitten haben.

Von den aufgenommenen Kindern sind bei den Jungen 8,5 % übergewichtig (davon 2,1 % adipös), bei den Mädchen sind ebenfalls 8,5 % übergewichtig (davon 2,6 % adipös). Bei den abgelehnten Jungen betragen diese Prozentsätze 12,4 % bzw. 4 %, bei den abgelehnten Mädchen 12,8 % bzw. 4,6 %.

Die Daten für die Sportschulkinder liegen damit sogar unter den von Kromeyer-Hauschild (2005) ermittelten Referenzwerten von 10 % übergewichtigen Kindern (davon 3 % adipös). Das zeigt, dass die ausgewählten Sportschulkinder über hervorragende körperbauliche Voraussetzungen verfügen.

3.3 Psychologische Fragebögen

Beim MT2 kommen die psychologischen Fragebögen Achievement Motive Scale (AMS) (Elbe, Wenhold & Müller, 2005), der Trait-Test aus dem Wettkampf- und Angst-Inventar (WAI-T) (Brand, Ehrlenspiel & Graf, 2009) sowie der Sport Orientation Questionnaire (SOQ) (Elbe, Wenhold & Beckmann, 2009) zum Einsatz. Nachfolgende Studie beschäftigt sich mit den Normwerten des SOQ (Seidel & Meissner, 2016).

3.3.1 Einleitung und Vorüberlegungen

Elbe (2009) hat gezeigt, dass der SOQ zwischen Leistungs- und Nicht-Leistungssportler_innen diskriminiert. Ob er auch zwischen Nachwuchsleistungssportlern verschiedener Sportarten und unterschiedlichen Leistungsniveaus differenziert, soll anhand der 2010–2015 bei den NRW Sport-schülern erhobenen Daten exemplarisch geprüft werden (Seidel & Meissner, 2016). Darüber hinaus sollte die Gültigkeit der bislang vorliegenden Normwerte für die jungen Nachwuchsleistungssportler an den NRW-Sportschulen untersucht werden.

3.3.2 Methodik und Stichprobe

Die Daten von 408 männlichen ($13,1 \pm 0,5$ Jahre) und 143 weiblichen ($13,1 \pm 0,5$ Jahre) Nachwuchsathleten im Fußball (FB), Handball (HB) und Schwimmen (SW) wurden analysiert. Die Athleten wurden anhand von Förderkriterien (u. a. Kader, Stützpunkt, Auswahl) in zwei Leistungsgruppen eingeteilt (LG 1: Förderung; LG 2: keine Förderung), so dass sich folgende Verteilung ergibt: FB $n = 313$ (53 LG1), HB $n = 182$ (67 LG1) und SW $n = 58$ (14 LG1). Die Unterschiedsprüfung zwischen den Sportarten und innerhalb der Sportarten zwischen Leistungsgruppen und Geschlecht erfolgte durch eine MANOVA für die drei SOQ-Subskalen Wettkampforientierung (WO), Gewinnorientierung (GO) und Zielorientierung (ZO) mittels IBM-SPSS Package 22.

3.3.3 Ergebnisse

Zwischen den Sportarten zeigt sich ein signifikanter Unterschied in der Wettkampforientierung ($p = .004$; $\eta_{\text{part}^2} = .020$) und in der Gewinnorientierung ($p = .000$; $\eta_{\text{part}^2} = .077$). Im Scheffé-Test zeigen sich Unterschiede in der WO zwischen Fußball und Schwimmen ($MW_{\text{Diff.}} = 3,26$; $p = .011$). In der GO unter-

scheiden sich Fußballer und Handballer ($MW_{Diff.} = 2,57$; $p = .000$) sowie Fußballer und Schwimmer ($MW_{Diff.} = 3,84$; $p = .000$) (Abb. 5).

Die Analysen für die Leistungsgruppen zeigen nur im Handball für die LG1 eine höhere Wettkampforientierung ($p = .030$; $\eta_{part^2} = .030$). Geschlechtsspezifisch weisen die Mädchen in allen drei Sportarten eine geringere WO auf (FB: $p = .000$; $\eta_{part^2} = .055$; HB: $p = .000$; $\eta_{part^2} = .113$; SW: $p = .007$; $\eta_{part^2} = .132$). Eine geringere Gewinnorientierung haben sie darüber hinaus auch im Fußball ($p = .006$; $\eta_{part^2} = .025$) und HB ($p = .007$; $\eta_{part^2} = .040$). Bis auf die Geschlechtsunterschiede für die WO im Handball und Schwimmen ist die praktische Bedeutsamkeit eher gering. Der im Fußball bereits im Alter von 13–14 Jahren vorhandene Selektionsdruck kann die Unterschiede für die Wettkampforientierung und Gewinnorientierung im Vergleich zu Handball und Schwimmen erklären.

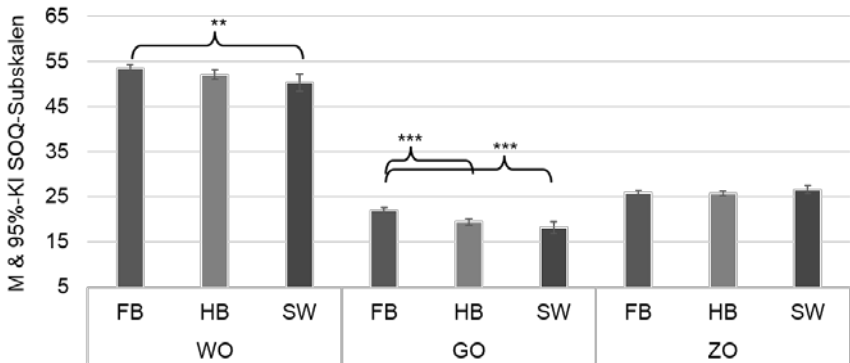


Abb. 5. Vergleich zwischen den drei Sportarten Fußball (FB), Handball (HB) und Schwimmen (SW) in den drei SOQ-Subskalen

3.3.4 Diskussion

Aufgrund der ausbleibenden Unterschiede zwischen den Leistungsgruppen muss geschlussfolgert werden, dass der SOQ zwischen Nachwuchsleistungssportlern unterschiedlicher Leistungsstärke im Alter von 13–14 Jahren nicht differenziert. Die Befunde deuten aber auf eine geschlechtsspezifische Differenzierung hin, die bei der Interpretation der Daten zu berücksichtigen ist.

Die Ergebnisse der hier analysierten Sportler liegen im Mittel der Normstichprobe LN2 (Elbe, Wenhold & Beckmann, 2009). Für die Wettkampforientierung bedeutet der Prozentrang von $PR = 46-35$, dass sich die NRW-Sportschüler zur Bewertung ihrer eigenen Leistung gerne mit anderen messen. In der Gewinnorientierung ($PR = 43-17$) hat das Gewinnen eine hohe Bedeutung. Und in der Zielorientierung ($PR = 55-33$) hat der Vergleich mit eigenen Leistungen einen sehr hohen Stellenwert.

Verfahren wie der SOQ stellen somit auch für die NRW-Sportschüler ein Instrument für die individuelle Analyse dar, durch deren regelmäßigen und kontinuierlichen Einsatz darüber hinaus kritische Veränderungen individuell festgestellt werden können, um so mit entsprechenden Interventionen rechtzeitig anzusetzen.

4. Zusammenfassung und Ausblick

Die Rahmenbedingungen für den Nachwuchsleistungssport unterliegen national und international einem permanenten Veränderungsprozess. Für das deutsche Leistungssportsystem ist zu konstatieren, dass die Spitzenfachverbände zunehmend vor der Herausforderung stehen, ausreichend motivierte und ausreichend leistungsfähige Kinder und Jugendliche für den Leistungssport zu gewinnen und sie an ihn zu binden.

Ein wesentlicher Faktor für eine gelingende Talentförderung besteht darin, die geeigneten Kinder und Jugendlichen zu identifizieren und sie dann in ihrer leistungssportlichen Karriereentwicklung zu unterstützen. Im Rahmen dieser Arbeit wird das Fördersystem in Nordrhein-Westfalen an Hand von drei Fragestellungen genauer beleuchtet.

Das mehrstufige Konzept mit bisher 18 NRW-Sportschulen befindet sich seit 10 Jahren in einer praktischen Bewährungsphase und wird im Rahmen dieser Arbeit genauer vorgestellt (Kapitel 1).

Das Herzstück für die Auswahl in der Klassenstufe 4 ist der Motorische Test 1, der identisch ist mit dem Deutschen Motorik Test (DMT 6–18), zu dem inzwischen über 100.000 Testanwendungen vorliegen und der sich für die Identifizierung von motorischen Stärken und Schwächen von Sportschulbewerbern sehr gut eignet. Im Verlaufe des weiteren Förderkonzeptes kommen weitere motorische Tests sowie anthropometrische und sportpsychologische Tests zur Anwendung, die ebenfalls genauer beschrieben wurden (vgl. Kapitel 2).

Im Rahmen wissenschaftlicher Begleitforschung, zu der im Kapitel 3 erste Ergebnisse vorgestellt werden, werden die Testverfahren überprüft und deren Einbettung in den Auswahl- und Förderprozess optimiert.

Dazu befindet sich die wissenschaftliche Arbeitsgruppe am Forschungsinstitut für den Schulsport und den Sport mit Kindern und Jugendlichen (FoSS) in permanentem Dialog mit dem zuständigen Ministerium in NRW sowie mit den Sportschulen.

Das gemeinsame langfristige Ziel ist es, die vorhandenen Institutionen und Netzwerke für die Talentförderung einschließlich des Verbundsystems Schule – Leistungssport weiter zu entwickeln, um neben der sportlichen Entwicklung auch eine erfolgreiche schulische Bildungskarriere zu ermöglichen.

Literatur

Beckmann, J. & Elbe, A.-M. (2008). *Praxis der Sportpsychologie im Wettkampf- und Leistungssport*. Balingen: Spitta Verlag.

BISp (2016). *Sportpsychologie für den Spitzensport*. Zugriff am 10.01.2017 unter http://www.bisp-sportpsychologie.de/SpoPsy/DE/Diagnostikportal/diagnostikportal_node.html

Bös, K. (1987). *Handbuch motorische Tests*. Göttingen: Hogrefe.

Bös, K. (2001). *Handbuch motorische Tests. Sportmotorische Tests, motorische Funktionstests, Fragebogen zur körperlich-sportlichen Aktivität und sportpsychologische Diagnoseverfahren* (2. vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage). Göttingen: Hogrefe.

Bös, K., Schlenker, L. & Seidel, I. (2014). *Motorischer Test für Nordrhein-Westfalen. Testanleitung mit DVD* (3., ergänzte und überarbeitete Aufl.). Düsseldorf: MFKJKS.

Bös, K., Schlenker, L., Albrecht, C., Büsch, D., Lämmle, L., Müller, H., Oberger, J., Seidel, I., Tittlbach, S. & Woll, A. (2016). *Deutscher Motorik-Test 6–18 (DMT 6–18)*. Hamburg: Feldhaus.

Brand, R., Ehrlenspiel, F. & Graf, K. (2009). *Wettkampf-Angst-Inventar (WAI). Manual zur komprehensiven Eingangsdiagnostik von Wettkampfangst, Wettkampftätigkeit und Angstbewältigung im Sport*. Bonn: Bundesinstitut für Sportwissenschaft.

Elbe, A.-M. & Seidel, I. (2003). Die Bedeutung von psychologischen Faktoren bei der Auswahl von Sporttalenten an Eliteschulen des Sports. *Leistungssport*, 33, 59–62.

Elbe, A.-M., Wenhold, F. & Müller, D. (2005). Zur Reliabilität und Validität des AMS-Sport – ein Instrument zur Bestimmung des sportspezifischen Leistungsmotivs. *Zeitschrift für Sportpsychologie*, 12 (2), 57–68.

Elbe, A.-M., Wenhold, F. & Beckmann, J. (2009). *Leistungsorientierung im Sport (SOQ) – Manual*. Köln: Strauß.

Emrich, E. & Gülich, A. (2005). Zur Evaluation des deutschen Fördersystems im Nachwuchsleistungssport. *Leistungssport*, 35 (1), 79–86.

Fischer, W. (2014, November). *Schule und Leistungssport in NRW – Angebote, Möglichkeiten und Perspektiven für Nachwuchsleistungssportler*. Vortrag auf der Fachtagung Leistungssport am 17. November in Duisburg.

Hoffmann, A., Pfützner, A., Wick, J., Büsch, D., Seidel, I., Wolfarth, B., Wulff, J. & Henschel, K. (2014). Leipziger Positionen zum Nachwuchsleistungssport in Deutschland. *Zeitschrift für Angewandte Trainingswissenschaft*, 21 (1), 29–49.

Innenministerium Nordrhein-Westfalen & Landessportbund Nordrhein-Westfalen (2010). *Leistungssport 2020. Teilkonzept Talentsuche und Talentförderung*. Duisburg: LSB NRW.

Khamis, H.J. & Roche, A.F. (1994). Predicting adult stature without using skeletal age: the Khamis-Roche method. *Pediatrics*, 94 (4), 504–507.

Kromeyer-Hauschild et al., (2001). Perzentile für den Body-Mass-Index für das Kindes- und Jugendalter unter Heranziehung verschiedener deutscher Stichproben. *Monatsschrift Kinderheilkunde*, 149, 807–818.

Kromeyer-Hauschild, K. (2005). Definition, Anthropometrie und deutsche Referenzwerte für BMI. In M. Wabisch, K. Zwiauer, J. Hebebrand & W. Kiess (Hrsg.), *Adipositas bei Kindern und Jugendlichen. Grundlagen und Klinik* (S. 3–16). Berlin: Springer.

Kurth, B.-M. & Schaffrath Rosario, A. (2007). Die Verbreitung von Übergewicht und Adipositas bei Kindern und Jugendlichen in Deutschland. *Bundesgesundheitsblatt – Gesundheitsforschung – Gesundheitsschutz*, 50, 736–743.

Ministerium für Familie, Kinder, Jugend, Kultur und Sport des Landes Nordrhein-Westfalen (MFKJKS) (2006). *Rahmenvorgaben für NRW-Sportschulen*. Zugriff am 23.12.2016 unter http://www.sportland.nrw.de/fileadmin/nachwuchsfoerderung/verbundsystem/rahmenvorgaben_nrw_sportschule.pdf

Ministerium für Familie, Kinder, Jugend, Kultur und Sport des Landes Nordrhein-Westfalen (MFKJKS) (2011). *Rahmenvorgaben für NRW-Sportschulen*. Zugriff am 23.12.2016: http://www.sportland.nrw.de/fileadmin/nachwuchsfoerderung/verbundsystem/rahmenvorgaben_nrw_sportschule_2011.pdf

Moll, C., Seidel, I. & Bös, K. (2017, in Druck). Trainererfahrungen mit sportmotorischen Tests im Nachwuchsleistungssport – Qualitative Experteninterviews mit Nachwuchstrainern der Leichtathletik. In K. Isermann & P. Wastl (Hrsg.), *Tagungsband zur 12. dvs-Tagung der Kommission Leichtathletik in Zusammenarbeit mit dem Deutschen Leichtathletik-Verband vom 17. bis 18. Juni in Kassel*. Hamburg: Czwalina.

Moll, C. (2016). *Sportmotorische Tests in der Nachwuchsleichtathletik. Revision eines leichtathletikspezifischen Testverfahrens (Blockübergreifender DLV-Talent-Sichtungstest für das Grundlagentraining (AK 9 bis 14)) sowie Untersuchungen über Trainererfahrungen mit sportmotorischen Tests in der deutschen Nachwuchsleichtathletik*. Dissertation. Karlsruhe: Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Institut für Sport und Sportwissenschaft.

Prader, A. (1981). Normales Wachstum und Wachstumsstörungen bei Kindern und Jugendlichen. *Klinische Wochenschrift München*, 57, 17, S. 977–984.

Seidel, I. & Bös, K. (2011). Sportmotorische Tests im Nachwuchsleistungssport. In M. Brach & L. Vollbrecht (Red.), *Sport ist Spitze. Leistungssport 2020 – Neue Antworten auf veränderte Wirklichkeit. Reader zum 25. Internationalen Workshop im Rahmen der Ruhrolympiade am 31. Mai und 01. Juni 2009 in Duisburg* (S. 71–88). Aachen: Meyer & Meyer.

Seidel, I., Grüneberg, C., Engel, F., Kurz, A.-K., Hientzsch, A.-K., Moll, C. & Bös, K. (2014). *Motorischer Test 2 für die NRW-Sportschulen. Testanleitung MT2-A sportartübergreifend, MT2-B für 17 Sportarten (Badminton, Basketball, Eishockey, Fechten, Fußball, Handball, Hockey, Judo, Kanu, Leichtathletik, Ringen, Rudern, Schwimmen Taekwondo, Tennis, Tischtennis, Volleyball, MT2 Sportpsychologische Fragebögen)*. Düsseldorf: MFKJKS.

Seidel, I. & Meissner, J. (2016, Mai). *Sportpsychologische Verfahren und Talentauswahl – der SOQ im Einsatz*. Abstract & Vortrag 48. Jahrestagung der asp am 05.–07. Mai 2016 in Münster.

Strauss, A.L. & Corbin, J.M. (1996). *Grounded theory. Grundlagen qualitativer Sozialforschung*. Weinheim: Psychologie-Verl.-Union.

Tanner J.M., Whitehouse, R.H., Cameron, N., Marshall, W.A., Healy, M.J.R. & Goldstein, H. (1983). *Assesement of Skeletal Maturity and Prediction of adult Height* (TW2 Method). London: Academic Press, 2nd Edition.

von Kries, R. (2005). Epidemiologie. In: In M. Wabisch, K. Zwiauer,

J. Hebebrand & W. Kiess (Hrsg.), *Adipositas bei Kindern und Jugendlichen. Grundlagen und Klinik*. (S. 16–27). Berlin: Springer.

Wiedemann, P.M. (1995). Gegenstandsnahe Theoriebildung. In U. Flick, E.v. Kardorff, H. Keupp, L.v. Rosenstiel & S. Wolff (Hrsg.), *Handbuch qualitative Sozialforschung. Grundlagen, Konzepte, Methoden und Anwendungen* (S. 440–445). Weinheim: Beltz Psychologie-Verl.-Union.

Verfasser_innen

Roth, Andreas, M. Sc., Forschungszentrum für den Schulsport und den Sport von Kindern und Jugendlichen des Karlsruher Instituts für Technologie

Moll, Cornelia, Dr., Institut für Sport und Sportwissenschaft des Karlsruher Instituts für Technologie

Seidel, Ilka, Prof. Dr., Institut für Sport und Sportwissenschaft des Karlsruher Instituts für Technologie

Bös, Klaus, Prof. Dr., Institut für Sport und Sportwissenschaft des Karlsruher Instituts für Technologie

Article

Development of Physical Fitness among the Top 10 Boys and Girls in Sport Schools: A 10-Year Cohort Analysis

Andreas Roth ^{1,*}, Steffen CE Schmidt ² , Sina Hartmann ¹, Ilka Seidel ¹, Swantje Scharenberg ¹ and Klaus Bös ²

¹ Research Centre for School Sports and the Physical Education of Children and Young Adults, Karlsruhe Institute of Technology, 76131 Karlsruhe, Germany; sina.hartmann@kit.edu (S.H.); seidel@osp-niedersachsen.de (I.S.); swantje.scharenberg@kit.edu (S.S.)

² Institute of Sports and Sports Science, Karlsruhe Institute of Technology, 76131 Karlsruhe, Germany; steffen.schmidt@kit.edu (S.C.E.S.); klaus.boes@kit.edu (K.B.)

* Correspondence: andreas.roth@kit.edu; Tel.: +49-721-608-48484; Fax: +49-721-608-44841

Received: 3 September 2019; Accepted: 11 October 2019; Published: 12 October 2019



Abstract: In this study, we aimed to measure the development of physical fitness (PF) of 10 different cohorts in grade 4 and 8 different cohorts in grade 7 at 18 sport schools of North Rhine-Westphalia, Germany. A total of 11,451 subjects (3979 female, 7472 male) aged 8–12 from the past 10 years were assessed using the German Motor Test (DMT) in grade 4. We tested 2614 subjects (1032 girls, 1582 boys) aged 11–15 from the past eight years using the DMT in grade 7. PF talents were defined as the top 10 boys and top 10 girls of each cohort. Linear regression was calculated to assess the development of PF. The PF of all subjects remained stable in grade 4 and declined in grade 7. The PF of the top 10 boys and top 10 girls increased in both grades. The improvements were stronger in grade 7 (female: rates of change (β) = 0.80; male: β = 0.76) than in grade 4 (female: β = 0.36; male: β = 0.32). Sit-ups and push-ups showed the highest change rates. The increase in PF of the top 10 boys and girls can be interpreted as a success for sport schools. Due to the increasing number of test participants, the likelihood of finding top talent increased. However, the increase in PF in the top talents was only partly explained by an increase in the number of tested individuals.

Keywords: talent identification; motor test; German Motor Test

1. Introduction

Due to the increasing pressure to recruit talent as early as possible [1], finding efficient methods to identify potential talents among increasingly large populations is important. However, talent is a complex and dynamic matter and depends on many factors [2]. Hohmann and Seidel [3] proposed four talent criteria: juvenile performance, speed of performance development, use of performance conditions, and load tolerance. The first two criteria are based on the measurement of physical fitness (PF). The use of performance conditions is linked to the assumption that young athletes should achieve their performance with economical use of resources. In the long term, full resources should be used to achieve maximum performance. Load tolerance is understood as the potential to manage physical and psychological stress [3]. This paper addresses juvenile performance.

In North Rhine-Westphalia (NRW) in Germany, a total of 18 sport schools were established to support the sports career of potential sport talent. Candidates have to pass two selection stages to join the sport classes starting from grade 8. In grade 4, which corresponds usually to the ages of 9 to 11 years, the German Motor Test (DMT 6–18) [4] is performed to measure general PF. In grade 7, which corresponds to the age of 12 to 14 years, pupils are re-tested to measure PF development [3].

Many talent-specific test batteries are available, but these talent batteries are usually sport-specific and are not suitable for testing across several sport disciplines [5]. The DMT is a widely spread test battery that is designed to use the available materials in school settings in Germany.

The change in PF between different time intervals has been widely discussed internationally and in Germany. A comprehensive review by Tomkinson and Olds [6] compared studies from 27 countries between 1958 and 2003 with a total of more than 25 million 6- to 19-year-old subjects in the dimension of cardiorespiratory fitness. They found that cardiorespiratory fitness first increased and then decreased, and that cardiorespiratory fitness showed an overall decrease at an annual average rate of -0.36% . In contrast, speed and strength improved slightly [7]. In a further study, the cardiorespiratory fitness of nearly one million children and adolescents from different countries was analyzed between 1981 and 2014; the results showed a moderate decline but that this decline diminished with each decade and stabilized near zero around the year 2000 [8].

Bös [9] wrote a review of many German studies from 1965 to 2002 assessing cardiorespiratory fitness, flexibility, strength endurance, fast force, and sprinting speed of several hundred thousand children aged 6 to 17 years. After a slight increase, an average decline of 10% occurred from 1975 to 2002 across all parameters. The most obvious changes were differences in flexibility and cardiorespiratory fitness. Following this review, 51 studies from 2002 to 2006 were analyzed in a second review [10] that confirmed the decline in PF. Also, Bös et al. [10] showed that the decline in children aged 6 to 11 years (5.5%) is lower than that of 12- to 17-year-olds (12.5%).

A representative German study [11] analyzed changes in the PF of children and adolescents aged 4–17 years. A baseline cohort (2003–2006; 2205 girls and 2323 boys) was compared to cohort 1 (2009–2012; 1378 girls and 1442 boys) in terms of seven test tasks widely used in Germany (stand-and-reach, standing long jump, push-ups, bicycle ergometer test, jumping sideways, backward balancing, and pins stuck). Results showed that 24 out of 52 mean values increased, but the other 28 values did not change significantly. After a decline in PF at the end of the 20th century compared to previous decades, PF, in recent years, appears to be stable or even rising in Germany.

Regarding the development of PF at sport schools, special conditions must be mentioned. First, the PF of sport pupils is above the German average. Second, the number of sport schools and the number of belonging pupils have increased over time; therefore, changes in the general PF of pupils at sport schools, as well as that of top talent, are likely.

We aimed to analyze the development of physical fitness (PF) of 10 different cohorts in grade 4 and 8 different cohorts in grade 7 at 18 sport schools to reveal potential changes in the overall PF of sports school candidates and pupils. The top 10 PF talents in each cohort were defined and analyzed for differences in overall PF and the performance in different test tasks to track the 10-year development of talents in sport schools.

2. Materials and Methods

2.1. Study Sample and Design

The data were obtained annually from pupils in grade 4 and 7 across 18 sports schools in NRW: Düsseldorf, Minden, Solingen, Dortmund, Münster, Cologne, Paderborn, Mönchengladbach, Dormagen, Essen, Leverkusen, Gelsenkirchen, Bochum, Bonn, Winterberg, Duisburg, Mülheim, and Bielefeld/Herford. Each sport school differed slightly in terms of talent promotion, number of applicants, catchment areas, and main sport disciplines (soccer, track and field, handball, badminton, basketball, fencing, gymnastics, hockey, judo, rowing, swimming, table tennis, tennis, volleyball, and wrestling) [12]. The tests were organized and administered by trained instructors of the sport schools and the Research Centre of School Sports and the Physical Education of Children and Young Adults (FoSS).

The number of test participants increased during the course of the study due to the increase in the number of participating sport schools and pupils. In grade 4, measurements were recorded from

November to April in 2007/2008 to 2016/2017. A total of 11,451 children (3979 girls, 7472 boys) aged 8–12 years were tested.

In grade 7, measurements were recorded from February 2009 to May 2010 to February 2016 to May 2017 leading to data from a total of 2614 children (1032 girls, 1582 boys) aged 11–15 years. The study was approved by the review board of the Institute of Sports and Sport Science, Karlsruhe Institute of Technology.

2.2. Measures

2.2.1. Physical Fitness

DMT 6–18 is based on the differentiation of motor abilities (endurance, strength, speed, coordination, flexibility) [13] and is used to measure the PF of boys and girls in grades 4 and 7. The 1-week test-retest reliability (Pearson correlation coefficient r) of test tasks performed by a comparable team of trained instructors was on average 0.82 (20 m sprint: $r = 0.90$; backward balancing: $r = 0.52$; sideways jump: $r = 0.89$; stand-and-reach-test: $r = 0.94$; push-ups: $r = 0.69$; sit-ups: $r = 0.78$; standing long jump: $r = 0.89$; 6 min run: $r = 0.92$). The test battery was successfully checked for validity [4].

For six of the eight tasks (standing long jump, sideways jump, backward balancing, stand-and-reach test, push-ups, and sit-ups), representative data for Germany are available (norm sample). For the other two tasks (20 m sprint and 6 min run), comparative data were obtained from different samples [4].

The sprinting speed was captured via a 20 m sprint using a Brower light timing system (Brower Timing Systems, Utah 84020, Draper, UT, USA) or a stop watch. Cardiorespiratory fitness was measured with a 6 min run. The test participants had to run for six minutes around the volleyball field marked with pylons. The total distance was recorded. The strength endurance of the torso muscles was examined by the number of sit-ups achieved in 40 s on a gym mat. The strength endurance of the upper extremities was measured by the number of push-ups achieved in 40 s on a gym mat. Speed strength of the lower extremities was examined by the distance achieved with a standing long jump. The distance from the starting line to the heel of the foot closest back after landing was measured (cm) with a fixed tape measure. Cross motor coordination under time constraint was measured by a sideways jump. The aim is to jump sideways with both legs over the center line of a field (50 × 100 cm) marked with masking tape. Backward balancing allows the assessment of gross motor coordination during dynamic precision tasks. The test participants must walk backward and keep their balance on beams 300 cm long and of width 3, 4.5, and 6 cm. The total number of steps was used for evaluation. The stand-and-reach test was used to assess the flexibility of the trunk and sciatic crural muscle group. The test person stands on a long bench and slowly bends the upper body forward. The hands are led parallel along a centimeter-scale as far down as possible and the distance reached was captured [4].

2.2.2. Body Mass Index (BMI)

Height was measured barefoot to the nearest 0.1 cm using a fixed tape measure. Weight was measured standardized to the nearest 0.1 kg using a Korona Alva digital metric scale (Sundern, North-Rhine Westphalia, Germany).

2.2.3. Talent Diagnostics

PF talents were defined as the top 10 boys and top 10 girls in each cohort based on the overall Z-score. The formula is: $Z = 100 + 10 \times (\text{individual value} - \text{mean of the norm sample}) / \text{standard deviation of the norm sample}$. No consensus exists in the discussion about how many people are considered to be talents. The increase or decrease in a selection limit directly impacts possible talent promotion [14]. The selection limit of 10 for the sport schools of NRW has a practical implication regarding high-performance sports in Germany and cannot be generalized for other countries.

2.2.4. Statistical Analysis

Statistical analysis was performed using IBM SPSS Statistics version 25 (IBM, Armonk, New York, NY, USA) and the significance level was set to $p < 0.05$. Test performance was converted to Z-scores. The development of PF was analyzed using linear regression and rates of change (β) were calculated.

Since an increase in performance among top PF talent is likely a function of the number of tested individuals (N), we added post hoc analysis of covariance (ANCOVAs) to analyze which differences between the cohorts (cohort effects) can be explained by differences in N .

3. Results

3.1. Descriptive Results

On average, participants from grade 4 were 9.42 years old, 1.41 m tall, and weighed 34.5 kg with an average BMI of 17.2. The values changed only slightly during the study. Top 10 boys and girls were 9.08 years old, 1.39 m tall, and weighed 31.7 kg with an average BMI of 16.2. There was no significant age effect between the cohorts among those PF talents.

In grade 7, girls (50.5 ± 9.7 kg) were slightly heavier than boys (49.3 ± 10.3 kg) ($F = 7.4$; $p < 0.01$) and had a higher BMI (19.4 ± 3.1) than boys (18.9 ± 2.9) ($F = 17.4$; $p < 0.01$). The top 10 PF talents from grade 7 were 13.0 years old, 1.61 m tall, and weighed 47.3 kg with an average BMI of 18.3. No significant age effect was found between the cohorts among those PF talents.

3.2. Development of Physical Fitness

Overall Z-scores of the total sample and top 10 PF talents from grades 4 and 7 and regression coefficients are presented in Table 1.

Table 1. Overall Z-scores of physical fitness (PF) and regression coefficients of the total sample and the top 10 talents in grades 4 and 7.

Cohort	Grade 4	All	Top 10	Grade 7	All	Top 10
		mean Z \pm SD	mean Z \pm SD		mean Z \pm SD	mean Z \pm SD
07/08	male ($N = 226$)	108.3 ± 5.1	118.4 ± 1.7			
	female ($N = 136$)	108.8 ± 5.2	117.9 ± 1.6			
	Σ ($N = 362$)	108.5 ± 5.2	118.1 ± 1.6			
08/09	male ($N = 408$)	108.3 ± 5.3	117.8 ± 0.8			
	female ($N = 276$)	108.4 ± 5.5	120.3 ± 1.3			
	Σ ($N = 684$)	108.3 ± 5.3	119.1 ± 1.7			
09/10	male ($N = 360$)	109.5 ± 5.1	120.6 ± 1.7	m ($N = 30$)	108.2 ± 3.8	112.8 ± 2.2
	female ($N = 207$)	109.2 ± 5.5	119.0 ± 1.8	f ($N = 24$)	109.1 ± 4.9	113.9 ± 2.1
	Σ ($N = 567$)	109.4 ± 5.2	119.8 ± 1.9	Σ ($N = 54$)	108.6 ± 4.3	113.3 ± 2.2
10/11	male ($N = 335$)	108.5 ± 5.3	118.9 ± 1.4	m ($N = 108$)	110.1 ± 4.3	117.5 ± 0.6
	female ($N = 199$)	109.9 ± 5.4	120.3 ± 2.0	f ($N = 75$)	111.2 ± 3.7	117.3 ± 1.2
	Σ ($N = 534$)	109.0 ± 5.4	119.6 ± 1.8	Σ ($N = 183$)	110.6 ± 4.1	117.4 ± 0.9
11/12	male ($N = 529$)	107.4 ± 6.9	120.5 ± 1.6	m ($N = 132$)	109.6 ± 5.0	118.0 ± 1.2
	female ($N = 266$)	107.5 ± 7.6	119.7 ± 1.2	f ($N = 78$)	109.3 ± 4.6	115.6 ± 0.9
	Σ ($N = 795$)	107.4 ± 7.2	120.1 ± 1.5	Σ ($N = 210$)	109.5 ± 4.8	116.8 ± 1.7
12/13	male ($N = 773$)	108.0 ± 6.3	121.3 ± 1.3	m ($N = 131$)	108.8 ± 5.1	117.2 ± 1.2
	female ($N = 425$)	106.9 ± 6.9	120.6 ± 1.0	f ($N = 78$)	108.7 ± 5.8	116.9 ± 1.4
	Σ ($N = 1198$)	107.6 ± 6.5	121.0 ± 1.2	Σ ($N = 209$)	108.8 ± 5.4	117.0 ± 1.3
13/14	male ($N = 997$)	108.1 ± 5.5	119.6 ± 0.8	m ($N = 114$)	110.1 ± 4.6	118.1 ± 1.3
	female ($N = 515$)	108.4 ± 6.2	120.6 ± 1.3	f ($N = 82$)	110.8 ± 5.0	117.8 ± 1.5
	Σ ($N = 1512$)	108.2 ± 5.8	120.1 ± 1.2	Σ ($N = 196$)	110.4 ± 4.8	117.9 ± 1.4
14/15	male ($N = 1176$)	107.7 ± 5.8	120.7 ± 1.2	m ($N = 273$)	105.4 ± 7.7	119.0 ± 2.3
	female ($N = 609$)	107.9 ± 6.9	121.1 ± 0.8	f ($N = 163$)	106.5 ± 8.2	118.6 ± 1.3
	Σ ($N = 1785$)	107.7 ± 6.2	120.9 ± 1.0	Σ ($N = 436$)	105.8 ± 7.9	118.8 ± 1.8

Table 1. Cont.

Cohort	Grade 4	All	Top 10	Grade 7	All	Top 10
15/16	male (N = 1385)	108.6 ± 5.4	120.6 ± 0.8	m (N = 310)	107.3 ± 7.5	119.4 ± 1.3
	female (N = 705)	108.7 ± 6.5	122.3 ± 0.8	f (N = 221)	107.6 ± 8.1	119.9 ± 1.2
	Σ (N = 2090)	108.7 ± 5.8	121.5 ± 1.1	Σ (N = 531)	107.4 ± 7.7	119.7 ± 1.2
16/17	male (N = 1252)	108.4 ± 6.0	121.6 ± 0.5	m (N = 444)	108.5 ± 6.2	119.9 ± 0.9
	female (N = 619)	108.8 ± 6.6	121.6 ± 0.8	f (N = 270)	109.4 ± 6.8	120.2 ± 1.1
	Σ (N = 1871)	108.5 ± 6.2	121.6 ± 0.7	Σ (N = 714)	108.8 ± 6.5	120.0 ± 1.0
Rate of change (β = Z × year ⁻¹)	male (N = 7441)	-0.01	0.32 **	m (N = 1542)	-0.29 **	0.76 **
	female (N = 3957)	0.00	0.36 **	f (N = 991)	-0.24 *	0.80 **
	Σ (N = 11,398)	0.00	0.34 **	Σ (N = 2553)	-0.27 **	0.78 **
ANCOVA: Effect of cohort (controlled for N)	male: F =	5.71 (6.42)	10.52 (6.84)	m: F =	12.40 (13.05)	22.44 (10.08)
	p =	<0.01 (<0.01)	<0.01 (<0.01)	p =	<0.01 (<0.01)	<0.01 (<0.01)
Variance explained (p.Eta ²)	p.Eta ² =	0.007 (0.007)	0.513 (0.378)	p.Eta ² =	0.054 (0.049)	0.054 (0.049)
	female: F =	5.51 (6.19)	9.02 (2.08)	f: F =	6.29 (6.81)	23.33 (5.10)
	p =	<0.01 (<0.01)	<0.01 (0.046)	p =	<0.01 (<0.01)	<0.01 (<0.01)
	p.Eta ² =	0.012 (0.012)	0.474 (0.156)	p.Eta ² =	0.043 (0.040)	0.694 (0.298)

Abbreviation: ** p = < 0.01; * p = < 0.05.

The PF of the top 10 boys in grade 4 increased ($\beta = 0.32; p < 0.01$) during the study. The PF across all boys ($\beta = -0.01; p = 0.825$) remained stable. The PF of girls in grade 4 increased for the top 10 ($\beta = 0.36; p < 0.01$), but not overall ($\beta = 0.00; p = 0.961$). The top 10 boys in grade 7 showed a significant increase in PF ($\beta = 0.76; p < 0.01$) and a decrease across all participants ($\beta = -0.29; p < 0.01$).

The PF of the top 10 girls increased ($\beta = 0.80; p < 0.01$) but the average girl’s PF decreased ($\beta = -0.24; p < 0.05$). Differences between all test participants and the top PF talent were more pronounced in grade 4 than in grade 7. Looking at the PF talents, girls showed slightly higher change rates than boys. The development of PF among the total sample and PF talents is shown in Figure 1.

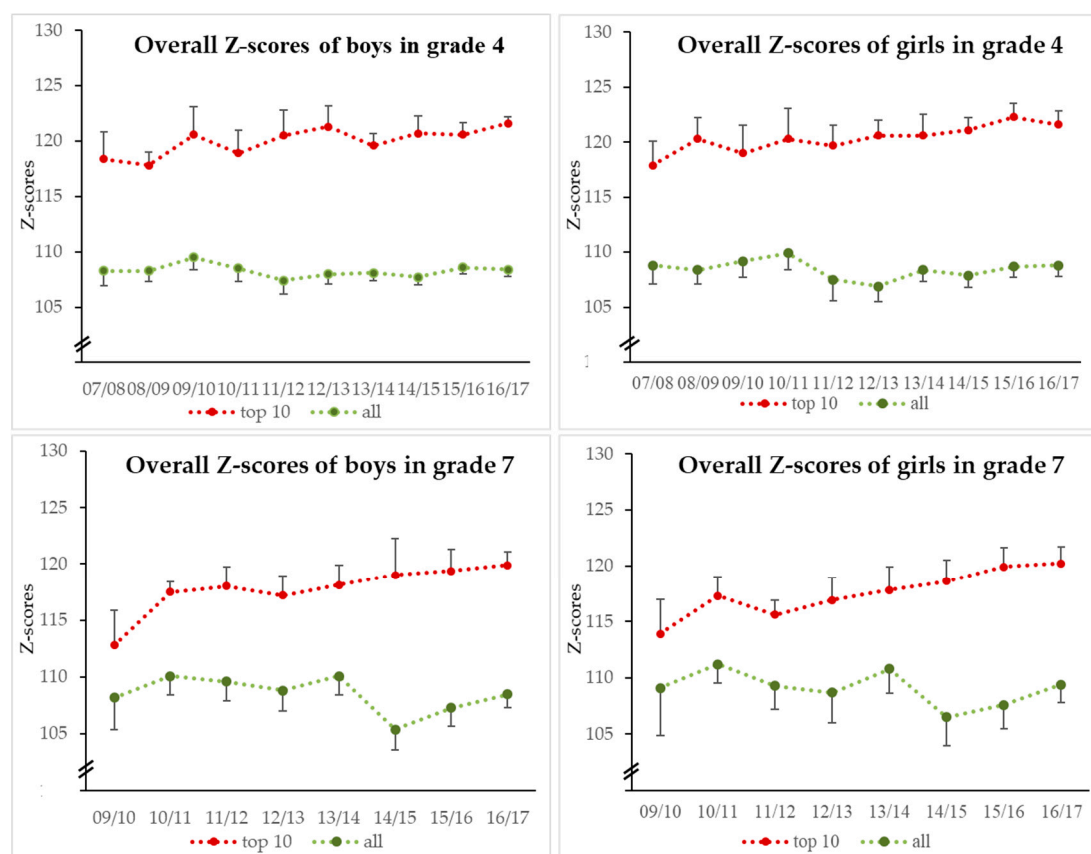


Figure 1. Means and 95% confidence of PF for different cohorts of boys and girls from grades 4 and 7.

3.3. Development of Physical Fitness of Top 10 Boys and Girls

The Z scores for different tasks for PF talents from grade 4 are shown in Table A1. The β for all tasks was positive except for sprint (boys: $\beta = -0.54$; $p < 0.01$; girls: $\beta = -0.24$; $p = 0.240$). Among the boys, the highest β was observed for push-ups ($\beta = 0.77$; $p < 0.01$). For girls, the highest β was observed for sit-ups ($\beta = 0.64$; $p < 0.01$) and stand-and-reach ($\beta = 0.64$; $p < 0.05$). This corresponds to a total improvement of more than four centimeters in the stand-and-reach task and three to four repeats in the sit-up task throughout the study.

For grade 7, Z-scores of PF talents are shown in Table A2. In grade 7, the β values for overall Z scores were positive for boys ($\beta = 0.76$; $p < 0.01$) and girls ($\beta = 0.80$; $p < 0.01$). The rates of change were positive across all tasks. Boys achieved the highest rate of change in push-ups ($\beta = 1.58$; $p < 0.01$), whereas girls achieved the highest rate of change in sit-ups ($\beta = 1.93$; $p < 0.01$). This corresponds to a total improvement of more than seven repeats in the sit-up task and a total improvement of four repeats in the push-up task.

The Z scores of different tasks for all boys and girls are provided in Table A3 (grade 4) and Table A4 (grade 7).

4. Discussion

The first goal of this study was to analyze the development of PF of the average pupil and the top 10 PF talents to reveal potential changes in overall PF of sports school candidates and pupils. Our study shows an increase in the PF of the top 10 talents in grades 4 and 7 in both sexes. The rates of change were higher in grade 7 than in grade 4. Looking at the average grade 4 pupil, no change occurred in PF over the course of the study; whereas for grade 7, average PF decreased for both sexes. These results are not in line with representative data from Germany [11], which show a slight increase in PF from 2003 to 2012. The reason for a declining PF among the average pupils at sport schools in NRW is possibly due to the fact that more less-talented children applied.

In the second part of the study, the development of PF among PF talents defined as the top 10 boys and the top 10 girls was analyzed in more detail. We found that the PF of talents increased in both sexes during the study, although the rates of change were a bit higher in girls than boys. In grade 4, the boys achieved the highest change rates for push-ups. The girls achieved the highest change rates in sit-ups and the stand-and-reach test. In grade 7, the largest increases were observed in push-ups (boys) and sit-ups (girls). Overall, the effects were stronger in grade 7 than in grade 4.

4.1. PF Talents

The increase in PF among the top 10 boys and girls, especially in grade 7, can be interpreted as a success for the sport schools because they are interested in attracting good athletes to their institutions. The observed increase in PF can be traced to several influential factors. The quality and content of overall physical education at the sport schools may have improved, as well as better identification of PF talent. For example, an increase in experience of the responsible persons at sports school makes facilitates the attraction of high-performance PF talents. Through coaches employed at the school, the quality of physical education and the care of athletes has improved.

The identification of PF talents may have also improved simply because more students applied to sport schools and new schools were integrated (increasing N over time). Post hoc analyses of covariance showed that adding the number of tested participants as a covariate reduces the variance in the PF of the top 10, which can be explained by the cohort but does not nullify it. For example, regarding the top 10 PF talents in grade 4, variance explained ($p.Eta^2$) decreased from 0.513 to 0.378 ($p < 0.01$) among boys and from 0.474 to 0.156 ($p < 0.01$) among girls. In grade 7, $p.Eta^2$ decreased from 0.686 to 0.457 ($p < 0.01$) among boys and from 0.694 to 0.298 ($p < 0.01$) among girls. The variance explained by the cohort is larger in boys than in girls.

An important point to consider in talent screening is the relative age effect (RAE). RAE refers to chronological age differences between individuals within annually age-grouped cohorts. Children who were born earlier within a cohort have advantages over those who were born later. RAE in sports is a worldwide phenomenon and exists in many, but not all, competitive sports [15]. Data from the current study show an RAE; children born earlier (relative to the test date) are over-represented in the top 10: 32 out of 100 boys (32%) and 39 out of 100 girls (39%) from grade 4 were born in the first quarter. In grade 7, 26 out of 80 boys (32.5%) and 32 out of 80 girls (40%) were born in the first three months of the calendar year.

Regarding the stability of PF over time, our study shows that 15 out of 70 boys (21.4%) and 12 out of 70 girls (17.1%) reached the top 10 in grades 4 and 7. This indicates that PF shows only moderate stability over time around puberty [16]. The range in variability between adolescents of the same chronological age in physical and anthropometric characteristics reached a maximum around the adolescent growth spurt. These circumstances underline the necessity of steady, periodical talent screening that also considers maturity. A noninvasive method to determine the biological age that is suitable for field testing was provided by Mirwald et al. [17]. They used the known differential timings of growth of height, sitting, and leg length, and expected that the changing relationship between leg length and sitting height with growth may provide an indication of maturational status [17]. The assessment of biological age can further improve talent diagnostics and prevent the sorting of children and adolescents with a lower biological age compared to their classmates.

4.2. Strength and Limitations of the Study

We examined the PF of more than 14,000 children and adolescents (grade 4: 11,451; grade 7: 2614) across 10 years in grade 4 and 8 years in grade 7. Additionally, the test data should be high quality because the FoSS conducted training for test instructors as well as provided supervision on the first day of testing at each school, and the DMT is a quality-proven test battery that allows a standardized assessment of PF [4].

From a talent perspective, only a single criterion, juvenile performance, was measured in this study. Aspects such as the speed of performance development, use of performance conditions, and load tolerance [3] were not measured. Given inter-individual differences in growth, training may have influenced the selection of talent in our study and development of the nonlinear performance determinants could not be considered [18].

Another aspect from a talent perspective is the age of peak performance in different sports. The age of best performance for events requiring explosive power and speed occurs at a younger age than for events requiring endurance [19]. Thus, non-specific testing of general motor abilities cannot provide sufficient information for sports with a low maximum performance age and sport-specific training. Specific test instruments need to be used to check relevant characteristics in specific sports [5].

We found a relative age effect in the present data regarding the top talents, which is currently not solved by the sport school system in NRW and its cohort recruitment of pupils. We recommend using the biological age to further define the talent diagnosis criteria in German sport schools.

In the course of the study, sport schools differed in terms of talent promotion, catchment areas, and applicable numbers. In the future, more stable samples will be available because all 18 sports schools in NRW have become steady partners of the project. Lastly, we the results are not generalizable without limitations. Four different types of sport schools exist in Germany consisting of 115 systems of schools linked with competitive sports. These 115 systems differ largely in terms of the basic philosophy and content-based orientation [20].

5. Conclusions

The PF of the top 10 boys and girls increased over the course of the study in both grade levels. The improvements were more pronounced in grade 7 than in grade 4, and differences between cohorts

were larger in girls than in boys. The overall PF of tested participants remained stable in grade 4 and decreased in grade 7.

The increase in PF of the top 10 boys and girls was only partly explained by an increase in the number of tested individuals over the course of the study. Schools appear to have optimized the concepts of talent identification and promotion. By creating one athletics coach job and one trainer-teacher job for each of the 18 sport schools, PF is likely to further increase.

Author Contributions: Conceptualization, A.R. and S.C.E.S.; methodology, A.R. and S.C.E.S.; formal analysis, A.R.; resources, S.S., I.S., and K.B.; data curation, A.R. and S.H.; writing—original draft preparation, A.R. and S.C.E.S.; writing—review and editing, A.R., S.C.E.S., S.H., S.S., I.S., and K.B.; visualization, A.R.; supervision, K.B.

Funding: We acknowledge support by Deutsche Forschungsgemeinschaft and the Open Access Publishing Fund of Karlsruhe Institute of Technology.

Acknowledgments: We acknowledge support by Staatskanzlei Nordrhein-Westfalen. The motor tests performed comply with the current laws in Germany.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

Appendix A

Table A1. Z scores of eight tasks of the top 10 boys and top 10 girls in grade 4.

Cohort	Task	20 m	Long Jump	Balancing	Sit-Ups	Push-ups	Jumping	Stand + Reach	6 min Run
		mean Z ± SD	mean Z ± SD	mean Z ± SD	mean Z ± SD	mean Z ± SD	mean Z ± SD	mean Z ± SD	mean Z ± SD
07/08	male (N = 10)	120.1 ± 5.3	118.4 ± 6.2	116.6 ± 3.1	118.6 ± 5.8	119.1 ± 10.6	122.8 ± 8.4	111.6 ± 5.8	119.7 ± 7.0
	female (N = 10)	118.4 ± 4.3	115.9 ± 7.3	114.4 ± 3.8	116.9 ± 5.0	123.0 ± 5.8	125.2 ± 5.7	110.0 ± 10.9	119.5 ± 5.6
	∑ (N = 20)	119.3 ± 4.8	117.2 ± 6.7	115.5 ± 3.6	117.8 ± 5.3	121.1 ± 8.6	124.0 ± 7.1	110.8 ± 8.5	119.6 ± 6.2
08/09	male (N = 10)	116.6 ± 5.0	113.9 ± 8.4	117.9 ± 6.0	115.5 ± 7.6	121.1 ± 8.9	125.6 ± 5.6	113.4 ± 7.6	118.6 ± 3.6
	female (N = 10)	119.7 ± 5.7	120.7 ± 6.8	116.5 ± 2.8	119.3 ± 7.4	122.1 ± 8.0	127.2 ± 6.1	116.8 ± 6.7	119.9 ± 5.9
	∑ (N = 20)	118.2 ± 5.5	117.3 ± 8.2	117.2 ± 4.7	117.4 ± 7.6	121.6 ± 8.3	126.4 ± 5.7	115.1 ± 7.2	119.3 ± 4.8
09/10	male (N = 10)	119.5 ± 4.8	122.2 ± 6.4	116.7 ± 3.5	117.3 ± 7.2	125.4 ± 5.0	124.9 ± 5.7	116.3 ± 6.1	122.2 ± 5.8
	female (N = 10)	118.1 ± 5.3	118.4 ± 6.3	115.0 ± 4.7	116.6 ± 6.6	123.8 ± 7.5	125.4 ± 7.2	115.4 ± 7.5	119.6 ± 5.1
	∑ (N = 20)	118.8 ± 5.0	120.3 ± 6.5	115.9 ± 4.1	117.0 ± 6.7	124.6 ± 6.3	125.2 ± 5.9	115.9 ± 6.7	120.9 ± 5.5
10/11	male (N = 10)	119.9 ± 5.8	119.4 ± 4.4	114.8 ± 4.8	115.4 ± 4.9	124.4 ± 7.7	125.8 ± 3.8	110.1 ± 4.7	121.1 ± 6.6
	female (N = 10)	114.5 ± 4.8	121.3 ± 6.0	115.4 ± 3.0	116.4 ± 5.8	127.7 ± 3.3	127.5 ± 3.0	116.5 ± 6.2	123.3 ± 5.4
	∑ (N = 20)	117.2 ± 5.9	120.4 ± 5.2	115.1 ± 3.9	115.9 ± 5.3	126.1 ± 6.0	126.7 ± 3.4	113.3 ± 6.3	122.2 ± 6.0
11/12	male (N = 10)	119.2 ± 4.2	115.4 ± 3.8	116.7 ± 5.6	121.1 ± 4.9	127.0 ± 6.9	127.4 ± 2.8	116.8 ± 6.2	120.1 ± 5.2
	female (N = 10)	116.2 ± 8.8	119.9 ± 5.0	115.2 ± 4.5	116.1 ± 6.0	125.4 ± 4.8	128.3 ± 3.2	115.2 ± 8.2	121.0 ± 3.6
	∑ (N = 20)	117.7 ± 6.9	117.7 ± 4.9	116.0 ± 5.0	118.6 ± 5.9	126.2 ± 5.9	127.9 ± 3.0	116.0 ± 7.1	120.6 ± 4.4
12/13	male (N = 10)	120.8 ± 3.8	117.3 ± 3.3	119.0 ± 3.5	122.7 ± 4.4	126.2 ± 4.5	129.1 ± 1.9	113.8 ± 7.5	121.8 ± 5.8
	female (N = 10)	120.2 ± 3.2	116.7 ± 4.0	116.8 ± 1.9	121.0 ± 8.8	124.2 ± 4.2	129.0 ± 1.9	114.4 ± 8.8	122.3 ± 4.3
	∑ (N = 20)	120.5 ± 3.5	117.0 ± 3.6	117.9 ± 3.0	121.9 ± 6.8	125.2 ± 4.4	129.1 ± 1.9	114.1 ± 8.0	122.1 ± 5.0
13/14	male (N = 10)	113.6 ± 4.0	118.2 ± 5.8	116.5 ± 4.2	122.0 ± 7.1	128.9 ± 2.0	126.2 ± 3.8	114.8 ± 9.3	116.9 ± 4.4
	female (N = 10)	116.0 ± 5.8	122.8 ± 3.3	114.4 ± 3.1	118.4 ± 7.8	122.1 ± 7.0	126.6 ± 4.8	118.7 ± 6.3	125.9 ± 4.7
	∑ (N = 20)	114.8 ± 5.0	120.5 ± 5.2	115.5 ± 3.8	120.2 ± 7.5	125.5 ± 6.1	126.4 ± 4.2	116.8 ± 8.0	121.4 ± 6.4
14/15	male (N = 10)	115.3 ± 4.7	118.1 ± 3.1	118.5 ± 3.4	122.5 ± 7.4	128.5 ± 2.9	126.4 ± 5.6	117.0 ± 6.1	119.4 ± 5.7
	female (N = 10)	118.0 ± 6.3	119.5 ± 5.9	118.0 ± 6.3	122.7 ± 7.6	122.4 ± 7.6	128.6 ± 3.1	118.7 ± 6.7	121.2 ± 5.5
	∑ (N = 20)	116.7 ± 5.6	118.8 ± 4.6	118.3 ± 3.0	122.6 ± 7.3	125.5 ± 6.4	127.5 ± 4.6	117.9 ± 6.3	120.3 ± 5.5
15/16	male (N = 10)	115.3 ± 4.4	117.1 ± 7.8	117.2 ± 5.3	122.2 ± 3.9	125.0 ± 5.0	129.0 ± 1.4	114.8 ± 5.4	124.4 ± 6.3
	female (N = 10)	118.1 ± 5.5	123.4 ± 5.2	116.6 ± 2.6	121.9 ± 6.0	125.3 ± 4.7	129.5 ± 1.6	119.0 ± 7.8	124.5 ± 2.6
	∑ (N = 20)	116.7 ± 5.1	120.3 ± 7.2	116.9 ± 4.1	122.1 ± 5.0	125.2 ± 4.7	129.3 ± 1.5	116.9 ± 6.9	124.5 ± 4.7
16/17	male (N = 10)	115.5 ± 3.6	120.1 ± 4.6	120.6 ± 0.8	120.1 ± 7.7	127.0 ± 2.8	128.8 ± 2.5	119.2 ± 4.8	121.7 ± 6.4
	female (N = 10)	114.4 ± 5.6	122.0 ± 6.5	116.3 ± 1.7	122.0 ± 5.0	128.6 ± 2.1	127.7 ± 4.4	117.5 ± 8.3	124.4 ± 4.2
	∑ (N = 20)	115.0 ± 4.6	121.1 ± 5.5	118.5 ± 2.6	121.1 ± 6.4	127.8 ± 2.6	128.3 ± 3.5	118.4 ± 6.7	123.1 ± 5.4
Rate of change (β = $Z \times \text{year}^{-1}$)	male (N = 100)	-0.54 **	0.09	0.29	0.65 **	0.77 **	0.54 **	0.56 *	0.20
	female (N = 100)	-0.24	0.49 *	0.19	0.64 **	0.29	0.32 *	0.64 *	0.57
	∑ (N = 200)	-0.39 **	0.29 *	0.24 *	0.65 **	0.53 **	0.43 **	0.60 **	0.39 **

Abbreviation: ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$.

Table A2. Z-scores of eight tasks of the top 10 boys and top 10 girls of grade 7.

Cohort	Task	20 m	Long Jump	Balancing	Sit-Ups	Push-Ups	Jumping	Stand + Reach	6 min Run
		mean Z ± SD	mean Z ± SD	mean Z ± SD	mean Z ± SD	mean Z ± SD	mean Z ± SD	mean Z ± SD	mean Z ± SD
09/10	male (N = 10)	108.4 ± 3.4	113.0 ± 7.5	111.9 ± 5.2	115.2 ± 6.0	114.5 ± 9.3	122.7 ± 7.8	104.8 ± 9.5	111.5 ± 5.0
	female (N = 10)	106.5 ± 5.5	113.6 ± 6.4	112.8 ± 3.1	112.9 ± 4.8	110.7 ± 10.6	122.5 ± 7.1	115.4 ± 10.1	116.5 ± 4.2
	∑ (N = 20)	107.5 ± 4.6	113.3 ± 6.8	112.4 ± 4.2	114.1 ± 5.4	112.6 ± 9.9	122.6 ± 7.2	110.1 ± 11.0	114.0 ± 5.2
10/11	male (N = 10)	122.1 ± 5.4	121.7 ± 5.4	116.0 ± 2.4	119.6 ± 7.8	113.1 ± 5.1	124.9 ± 5.2	109.4 ± 7.3	113.0 ± 3.9
	female (N = 10)	115.7 ± 6.1	119.8 ± 5.3	114.0 ± 1.9	113.7 ± 5.4	115.2 ± 3.2	127.5 ± 3.2	111.4 ± 10.8	121.3 ± 4.4
	∑ (N = 20)	118.9 ± 6.5	120.8 ± 5.3	115.0 ± 2.4	116.7 ± 7.2	114.2 ± 4.3	126.2 ± 4.4	110.4 ± 9.0	117.2 ± 5.9
11/12	male (N = 10)	118.4 ± 3.6	118.9 ± 7.0	115.1 ± 3.1	116.6 ± 7.9	122.8 ± 5.9	128.1 ± 2.6	109.5 ± 7.2	114.9 ± 4.3
	female (N = 10)	114.0 ± 7.0	119.3 ± 6.0	112.9 ± 4.7	114.0 ± 5.4	109.5 ± 5.3	128.3 ± 2.9	111.5 ± 8.9	115.0 ± 7.2
	∑ (N = 20)	116.2 ± 5.9	119.1 ± 6.4	114.0 ± 4.0	115.3 ± 6.7	116.2 ± 8.7	128.2 ± 2.6	110.5 ± 8.0	115.0 ± 5.8
12/13	male (N = 10)	112.8 ± 4.5	122.6 ± 6.4	114.6 ± 3.8	117.6 ± 7.3	119.5 ± 6.1	125.5 ± 4.5	114.0 ± 7.2	110.6 ± 5.1
	female (N = 10)	113.7 ± 2.7	120.6 ± 4.7	113.0 ± 4.3	118.6 ± 2.4	114.1 ± 11.7	125.0 ± 3.6	115.2 ± 7.8	115.0 ± 5.2
	∑ (N = 20)	113.3 ± 3.6	121.6 ± 5.6	113.8 ± 4.0	118.1 ± 5.3	116.8 ± 9.5	125.3 ± 3.9	114.6 ± 7.3	112.8 ± 5.5
13/14	male (N = 10)	119.0 ± 8.7	119.8 ± 5.3	116.4 ± 1.7	118.5 ± 5.1	120.7 ± 5.3	129.0 ± 1.6	107.2 ± 8.3	113.9 ± 5.6
	female (N = 10)	117.4 ± 6.3	121.7 ± 3.9	113.5 ± 2.3	119.5 ± 6.7	113.9 ± 7.4	128.6 ± 2.1	109.7 ± 10.5	118.3 ± 4.9
	∑ (N = 20)	118.2 ± 7.4	120.8 ± 4.6	115.0 ± 2.5	119.0 ± 5.8	117.3 ± 7.2	128.8 ± 1.8	108.5 ± 9.3	116.1 ± 5.6
14/15	male (N = 10)	121.7 ± 5.8	119.4 ± 7.7	116.6 ± 2.2	121.8 ± 6.2	118.5 ± 9.3	128.7 ± 3.1	111.4 ± 8.1	113.8 ± 3.2
	female (N = 10)	112.5 ± 6.5	122.8 ± 6.0	112.0 ± 5.6	120.9 ± 4.3	114.0 ± 8.4	128.7 ± 2.8	120.6 ± 6.1	116.9 ± 6.0
	∑ (N = 20)	117.1 ± 7.6	121.1 ± 6.9	114.3 ± 4.8	121.4 ± 5.2	116.3 ± 8.9	128.7 ± 2.9	116.0 ± 8.4	115.4 ± 4.9
15/16	male (N = 10)	119.3 ± 5.6	120.2 ± 6.4	114.2 ± 3.9	122.4 ± 6.6	123.9 ± 7.7	125.8 ± 5.4	112.1 ± 3.7	117.6 ± 4.7
	female (N = 10)	112.0 ± 4.4	118.5 ± 2.3	114.8 ± 0.4	125.2 ± 5.4	121.6 ± 9.3	129.2 ± 2.2	122.2 ± 7.0	115.5 ± 5.1
	∑ (N = 20)	115.7 ± 6.2	119.4 ± 4.8	114.5 ± 2.7	123.8 ± 6.0	122.8 ± 8.4	127.5 ± 4.4	117.2 ± 7.5	116.6 ± 4.9
16/17	male (N = 10)	114.2 ± 3.7	118.0 ± 7.8	116.2 ± 2.3	124.5 ± 5.7	127.7 ± 2.7	127.9 ± 4.0	116.6 ± 6.3	114.3 ± 7.4
	female (N = 10)	109.8 ± 3.7	119.9 ± 5.3	113.8 ± 2.4	124.7 ± 5.4	126.7 ± 4.9	126.8 ± 4.2	118.1 ± 5.4	121.5 ± 2.7
	∑ (N = 20)	112.0 ± 4.2	119.0 ± 6.6	115.0 ± 2.6	124.6 ± 5.4	127.1 ± 3.8	127.4 ± 4.0	117.4 ± 5.8	117.9 ± 6.5
Rate of change (β = $Z \times \text{year}^{-1}$)	male (N = 80)	0.51	0.32	0.33	+1.14 **	+1.58 **	0.55 *	+1.13 **	0.51 *
	female (N = 80)	0.05	0.59	0.11	+1.93 **	+1.87 **	0.52 *	+1.13 *	0.18
	∑ (N = 160)	0.28	0.45 *	0.22	+1.53 **	+1.73 **	0.53 **	+1.13 **	0.34

Abbreviation: ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$.

Table A3. Z-scores of the eight different tasks of all test participants in grade 4.

Cohort	Task	20 m	Long Jump	Balancing	Sit-Ups	Push-Ups	Jumping	Stand + Reach	6 min Run
		mean Z ± SD	mean Z ± SD	mean Z ± SD	mean Z ± SD	mean Z ± SD	mean Z ± SD	mean Z ± SD	mean Z ± SD
07/08	male (N = 226)	111.3 ± 6.7	106.2 ± 7.6	107.8 ± 8.9	104.9 ± 9.0	105.4 ± 9.5	115.3 ± 8.8	105.1 ± 8.1	110.6 ± 7.6
	female (N = 136)	109.7 ± 7.7	108.2 ± 7.9	108.1 ± 7.4	104.4 ± 9.9	106.9 ± 9.6	116.2 ± 9.5	104.4 ± 7.9	112.1 ± 7.8
	∑ (N = 362)	110.7 ± 7.1	106.9 ± 7.7	107.9 ± 8.4	104.7 ± 9.3	105.9 ± 9.5	115.6 ± 9.0	104.9 ± 8.0	111.2 ± 7.7
08/09	male (N = 408)	109.6 ± 7.2	105.1 ± 7.8	108.1 ± 8.8	106.5 ± 8.5	109.6 ± 11.1	113.3 ± 9.9	104.1 ± 9.0	109.6 ± 7.3
	female (N = 276)	108.4 ± 7.7	107.6 ± 8.1	108.5 ± 7.9	105.3 ± 8.9	107.9 ± 11.4	114.7 ± 10.2	104.2 ± 8.8	110.7 ± 7.9
	∑ (N = 684)	109.1 ± 7.5	106.1 ± 8.0	108.3 ± 8.5	106.0 ± 8.7	108.9 ± 11.2	113.9 ± 10.0	104.1 ± 8.9	110.1 ± 7.6
09/10	male (N = 360)	110.6 ± 7.3	107.3 ± 8.2	108.3 ± 8.6	105.7 ± 7.6	111.0 ± 10.0	116.2 ± 9.5	105.1 ± 8.5	112.3 ± 7.3
	female (N = 207)	108.8 ± 7.9	107.2 ± 8.9	108.7 ± 7.5	104.7 ± 8.4	108.5 ± 12.0	118.8 ± 9.7	104.7 ± 9.5	112.3 ± 8.7
	∑ (N = 567)	109.9 ± 7.5	107.3 ± 8.5	108.4 ± 8.2	105.4 ± 7.9	110.1 ± 10.8	117.1 ± 9.7	105.0 ± 8.9	112.3 ± 7.9
10/11	male (N = 335)	109.4 ± 7.4	105.7 ± 7.9	108.9 ± 8.6	105.0 ± 7.4	109.7 ± 10.4	113.4 ± 10.4	104.7 ± 8.8	111.1 ± 8.0
	female (N = 199)	108.1 ± 7.0	107.9 ± 8.6	109.2 ± 7.6	105.3 ± 7.6	111.7 ± 11.4	117.0 ± 10.5	106.4 ± 8.4	113.6 ± 7.9
	∑ (N = 534)	108.9 ± 7.3	106.6 ± 8.2	109.0 ± 8.2	105.1 ± 7.5	110.5 ± 10.8	114.7 ± 10.6	105.3 ± 8.7	112.0 ± 8.0
11/12	male (N = 529)	109.4 ± 9.1	104.3 ± 9.3	108.6 ± 9.1	106.7 ± 9.2	107.5 ± 12.8	111.0 ± 11.2	103.1 ± 9.4	108.5 ± 9.6
	female (N = 266)	106.2 ± 9.8	105.4 ± 9.8	108.2 ± 8.2	107.2 ± 10.2	107.6 ± 14.9	113.1 ± 12.2	103.3 ± 9.9	109.4 ± 10.4
	∑ (N = 795)	108.3 ± 9.5	104.7 ± 9.5	108.5 ± 8.8	106.9 ± 9.5	107.5 ± 13.5	111.7 ± 11.5	103.2 ± 9.6	108.8 ± 9.9
12/13	male (N = 773)	109.0 ± 8.6	104.4 ± 8.8	107.5 ± 8.9	106.3 ± 9.6	111.5 ± 10.8	112.8 ± 10.3	103.2 ± 9.3	109.5 ± 8.6
	female (N = 425)	105.7 ± 9.1	104.2 ± 9.9	107.3 ± 8.5	103.9 ± 10.0	109.3 ± 11.3	112.5 ± 12.0	103.0 ± 10.0	109.6 ± 9.4
	∑ (N = 1198)	107.8 ± 8.9	104.3 ± 9.2	107.4 ± 8.8	105.5 ± 9.8	110.7 ± 11.0	112.7 ± 10.9	103.2 ± 9.5	109.5 ± 8.9
13/14	male (N = 997)	106.5 ± 7.8	104.9 ± 8.5	109.3 ± 8.7	105.7 ± 8.6	108.6 ± 13.0	115.1 ± 10.1	103.8 ± 9.3	110.6 ± 8.1
	female (N = 515)	105.2 ± 8.7	106.9 ± 9.5	109.5 ± 8.3	105.9 ± 9.1	107.3 ± 12.3	116.4 ± 10.8	104.1 ± 10.0	112.0 ± 9.3
	∑ (N = 1512)	106.1 ± 8.2	105.6 ± 8.9	109.3 ± 8.6	105.7 ± 8.8	108.1 ± 12.8	115.5 ± 10.3	103.9 ± 9.5	111.1 ± 8.5
14/15	male (N = 1176)	106.9 ± 7.6	104.4 ± 8.7	108.6 ± 8.9	105.5 ± 9.2	107.2 ± 12.6	113.9 ± 10.8	104.6 ± 8.7	110.1 ± 8.2
	female (N = 609)	105.3 ± 9.0	105.1 ± 10.2	108.7 ± 8.9	105.4 ± 9.7	108.2 ± 12.6	115.2 ± 11.3	104.5 ± 10.2	110.5 ± 9.6
	∑ (N = 1785)	106.4 ± 8.2	104.7 ± 9.2	108.6 ± 8.9	105.4 ± 9.3	107.5 ± 12.6	114.3 ± 11.0	104.6 ± 9.2	110.2 ± 8.7
15/16	male (N = 1385)	107.7 ± 8.7	105.3 ± 8.1	108.3 ± 9.0	106.3 ± 8.4	109.0 ± 11.8	116.4 ± 9.6	105.0 ± 9.1	110.9 ± 8.2
	female (N = 705)	106.4 ± 7.9	106.7 ± 9.6	108.4 ± 8.5	105.5 ± 9.7	107.6 ± 12.8	116.7 ± 10.3	105.9 ± 10.2	112.5 ± 9.4
	∑ (N = 2090)	107.2 ± 7.2	105.8 ± 8.6	108.3 ± 8.8	106.0 ± 8.9	108.5 ± 12.1	116.5 ± 9.9	105.3 ± 9.5	111.5 ± 8.6
16/17	male (N = 1252)	106.8 ± 7.1	104.8 ± 8.6	108.7 ± 9.0	106.8 ± 9.0	106.9 ± 13.0	116.6 ± 10.7	105.2 ± 9.0	111.4 ± 8.6
	female (N = 619)	105.6 ± 7.7	106.9 ± 9.7	109.2 ± 7.8	106.4 ± 10.0	106.8 ± 13.6	117.2 ± 10.9	105.9 ± 9.4	112.2 ± 9.8
	∑ (N = 1871)	106.4 ± 7.3	105.5 ± 9.0	108.8 ± 8.6	106.7 ± 9.4	106.8 ± 13.2	116.8 ± 10.8	105.4 ± 9.1	111.7 ± 9.0
Rate of change (β = $Z \times \text{year}^{-1}$)	male N = 7441	-0.46 **	-0.11 **	0.05	0.08 *	-0.22 **	0.37 **	0.11 **	0.12 **
	female (N = 3957)	-0.38 **	-0.09	0.06	0.12 *	-0.17 *	0.16 *	0.19 **	0.10
	∑ (N = 11,398)	-0.42 **	-0.11 **	0.06	0.10 **	-0.20 **	0.29 **	0.14 **	0.10 **

Abbreviation: ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$.

Table A4. Z scores of the eight different tasks of all test participants in grade 7.

Cohort	Task	20 m	Long Jump	Balancing	Sit-Ups	Push-Ups	Jumping	Stand + Reach	6 min Run
		mean Z ± SD	mean Z ± SD	mean Z ± SD	mean Z ± SD	mean Z ± SD	mean Z ± SD	mean Z ± SD	mean Z ± SD
09/10	male (N = 30)	103.5 ± 7.6	107.2 ± 9.2	108.6 ± 7.2	111.2 ± 7.7	108.5 ± 9.0	119.3 ± 6.6	100.2 ± 10.3	107.3 ± 5.4
	female (N = 24)	101.9 ± 7.7	110.2 ± 6.9	107.4 ± 8.4	110.0 ± 6.7	105.8 ± 12.3	118.0 ± 8.8	108.9 ± 11.5	110.9 ± 6.6
	∑ (N = 54)	102.8 ± 7.6	108.5 ± 8.3	108.1 ± 7.7	110.6 ± 7.2	107.3 ± 10.6	118.7 ± 7.6	104.1 ± 11.6	108.9 ± 6.2
10/11	male (N = 108)	113.2 ± 7.3	110.6 ± 9.3	110.6 ± 6.7	106.6 ± 8.4	107.4 ± 8.3	119.0 ± 7.3	105.9 ± 8.7	108.0 ± 6.3
	female (N = 75)	109.7 ± 6.3	112.2 ± 6.7	109.4 ± 6.3	109.1 ± 6.4	106.7 ± 7.8	120.8 ± 6.7	108.0 ± 7.5	114.0 ± 6.5
	∑ (N = 183)	111.7 ± 7.1	111.2 ± 8.4	110.1 ± 6.6	107.6 ± 7.7	107.1 ± 8.0	119.7 ± 7.1	106.7 ± 8.2	110.4 ± 7.0
11/12	male (N = 132)	112.1 ± 6.6	109.5 ± 8.3	110.9 ± 6.5	109.2 ± 9.0	107.3 ± 12.0	119.8 ± 8.1	101.7 ± 9.8	106.1 ± 6.9
	female (N = 78)	103.5 ± 7.5	112.3 ± 7.7	109.1 ± 6.7	107.4 ± 7.6	100.3 ± 10.8	121.8 ± 7.6	104.7 ± 9.9	111.0 ± 6.4
	∑ (N = 210)	110.5 ± 7.0	110.6 ± 8.2	110.2 ± 6.6	108.5 ± 8.5	104.6 ± 12.0	120.6 ± 8.0	102.8 ± 9.9	107.9 ± 7.1
12/13	male (N = 131)	108.6 ± 6.7	108.3 ± 9.7	110.8 ± 6.8	109.1 ± 7.2	102.8 ± 14.1	120.2 ± 7.1	103.7 ± 8.6	106.2 ± 7.8
	female (N = 78)	103.5 ± 7.5	110.8 ± 8.7	108.7 ± 6.5	110.0 ± 8.1	96.0 ± 15.6	121.1 ± 6.8	108.1 ± 9.4	110.4 ± 6.2
	∑ (N = 209)	106.7 ± 7.4	109.3 ± 9.4	110.0 ± 6.8	109.4 ± 7.5	100.2 ± 15.0	120.6 ± 7.0	105.4 ± 9.1	107.8 ± 7.5
13/14	male (N = 114)	114.8 ± 7.0	108.9 ± 8.3	109.8 ± 8.0	109.9 ± 9.9	105.3 ± 11.0	120.8 ± 7.4	103.4 ± 8.0	107.3 ± 6.0
	female (N = 82)	109.7 ± 7.8	112.1 ± 7.4	109.2 ± 7.0	111.7 ± 8.9	101.7 ± 11.2	122.3 ± 7.6	108.4 ± 10.2	111.3 ± 6.9
	∑ (N = 196)	112.7 ± 7.8	110.3 ± 8.1	109.6 ± 7.6	110.7 ± 9.5	103.8 ± 11.2	121.4 ± 7.5	105.5 ± 9.3	109.0 ± 6.7
14/15	male (N = 273)	109.5 ± 8.8	104.5 ± 12.2	108.3 ± 9.2	103.1 ± 10.8	97.7 ± 13.0	116.7 ± 11.5	100.0 ± 10.0	103.7 ± 10.2
	female (N = 163)	102.9 ± 9.3	106.6 ± 11.8	108.8 ± 7.0	106.1 ± 11.8	95.1 ± 13.5	117.3 ± 12.2	107.1 ± 10.7	107.9 ± 10.9
	∑ (N = 436)	107.1 ± 9.5	105.3 ± 12.1	108.5 ± 8.4	104.2 ± 11.3	96.7 ± 13.2	116.9 ± 11.8	102.6 ± 10.8	105.3 ± 10.7
15/16	male (N = 310)	107.1 ± 8.7	104.7 ± 11.3	109.1 ± 8.4	105.9 ± 11.2	106.2 ± 15.8	118.0 ± 11.0	102.9 ± 9.6	104.7 ± 10.2
	female (N = 221)	102.0 ± 10.9	106.9 ± 11.1	108.7 ± 6.9	106.6 ± 11.2	102.4 ± 14.3	118.5 ± 12.0	107.6 ± 11.0	107.8 ± 11.1
	∑ (N = 531)	105.0 ± 10.0	105.6 ± 11.3	108.9 ± 7.8	106.2 ± 11.2	104.6 ± 15.3	118.2 ± 11.4	104.9 ± 10.4	106.0 ± 10.7
16/17	male (N = 444)	106.0 ± 7.7	105.3 ± 10.8	109.4 ± 8.1	107.4 ± 9.8	112.2 ± 11.5	119.3 ± 9.4	102.5 ± 9.9	105.5 ± 9.6
	female (N = 270)	103.1 ± 8.2	108.4 ± 10.7	107.1 ± 8.7	109.0 ± 9.8	110.5 ± 11.4	119.1 ± 9.7	108.4 ± 10.1	108.8 ± 11.4
	∑ (N = 714)	104.9 ± 8.0	106.5 ± 10.9	108.5 ± 8.4	108.0 ± 9.8	111.6 ± 11.5	119.3 ± 9.5	104.8 ± 10.4	106.8 ± 10.5
Rate of change (β = $Z \times \text{year}^{-1}$)	male (N = 1542)	−0.95 **	−0.86 **	−0.24 *	−0.35 **	0.80 **	−0.15	−0.17	−0.35 **
	female (N = 991)	−0.86 **	−0.76 **	−0.27 *	−0.17	+1.10 **	−0.39 *	0.17	−0.69 **
	∑ (N = 2553)	−0.91 **	−0.82 **	−0.25 **	−0.28 **	0.91 **	−0.25 *	−0.04	−0.49 **

Abbreviation: ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$.

References

1. Buekers, M.; Borry, P.; Rowe, P. Talent in sports. Some reflections about the search for future champions. *Mov. Sport Sci. Sci. Mot.* **2015**, *88*, 3–12. [[CrossRef](#)]
2. Pearson, D.T.; Naughton, G.A.; Torode, M. Predictability of physiological testing and the role of maturation in talent identification for adolescent team sports. *J. Sci. Med. Sport* **2006**, *9*, 277–287. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
3. Homann, A.; Seidel, I. Scientific aspects of talent development. *Int. J. Phys. Educ.* **2003**, *40*, 9–20.
4. Bös, K.; Schlenker, L.; Albrecht, C.; Büsch, D.; Lämmle, L.; Müller, H.; Oberger, J.; Seidel, I.; Tittlbach, S.; Woll, A. *German Motor Test 6-18*, 2nd ed.; Czwalina: Hamburg, Germany, 2016.
5. Johnston, K.; Wattie, N.; Schorer, J.; Baker, J. Talent Identification in Sport: A Systematic Review. *Sports Med.* **2018**, *48*, 97–109. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
6. Tomkinson, G.R.; Olds, T.S. Secular changes in pediatric aerobic fitness test performance: The global picture. *Med. Sport Sci.* **2007**, *50*, 46–66. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
7. Tomkinson, G.R. Global changes in anaerobic fitness test performance of children and adolescents (1958–2003). *Scand. J. Med. Sci. Sports* **2007**, *17*, 497–507. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
8. Tomkinson, G.R.; Lang, J.J.; Tremblay, M.S. Temporal trends in the cardiorespiratory fitness of children and adolescents representing 19 high-income and upper middle-income countries between 1981 and 2014. *Br. J. Sports Med.* **2017**, *53*, 1–10. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
9. Bös, K. Physical Fitness of children and adolescents. In *The First German Children's and Youth Sports Report*; Schmidt, W., Hartmann-Tews, I., Brettschneider, W.-D., Eds.; Hofmann: Schorndorf, Germany, 2003; pp. 85–107.
10. Bös, K.; Oberger, J.; Lämmle, L.; Opper, E.; Romahn, N.; Tittlbach, S.; Wagner, M.; Woll, A.; Worth, A. Physical Fitness of children. In *The Second German Children's and Youth Sports Report: Focus Childhood*; Schmidt, W., Zimmer, R., Eds.; Hofmann: Schorndorf, Germany, 2008; pp. 136–157.
11. Albrecht, C.; Hanssen-Doose, A.; Bös, K.; Schlenker, L.; Schmidt, S.; Wagner, M.; Will, N.; Worth, A. Physical Fitness of children and adolescents in Germany. *Sportwiss* **2016**, *46*, 294–304. [[CrossRef](#)]
12. Seidel, I.; Grüneberg, C.; Engel, F.; Kurz, A.-K.; Hientsch, A.-K.; Moll, C.; Bös, K. *Motor Test 2 for Sport Schools of North Rhine-Westphalia. Test Instruction MT2-A, MT2-B for 17 Sport Disciplines (Badminton, Basketball, Ice Hockey, Fencing, Soccer, Handball, Hockey, Judo, Canoe, Track and Field, Wrestling, Rowing, Swimming, Taekwondo, Tennis, Table tennis, Volleyball, Sport Psychological Questionnaires)*; MFKJKS: Düsseldorf, Germany, 2014.
13. Bös, K. *Handbook Motor Tests*; Hogrefe: Göttingen, Germany, 1987.
14. Gagné, F. Building Gifts into Talents: Brief Overview of the DMGT 2.0. *Gifted* **2008**, *152*, 5–9.
15. Musch, J.; Grondin, S. Unequal Competition as an Impediment to Personal Development: A Review of the Relative Age Effect in Sport. *Dev. Rev.* **2001**, *21*, 147–167. [[CrossRef](#)]
16. Roth, A.; Schmidt, S.C.E.; Seidel, I.; Woll, A.; Bös, K. Tracking of Physical Fitness of Primary School Children in Trier: A 4-Year Longitudinal Study. *BioMed Res. Int.* **2018**, *2018*, 1–9. [[CrossRef](#)]
17. Mirwald, R.L.; Baxter-Jones, A.D.G.; Bailey, D.A.; Beunen, G.P. An assessment of maturity from anthropometric measurements. *Med. Sci. Sports Exerc.* **2002**, *34*, 689–694.
18. Vaeyens, R.; Lenoir, M.; Williams, A.M.; Philippaerts, R.M. Talent identification and development programmes in sport: Current models and future directions. *Sports Med.* **2008**, *38*, 703–714. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
19. Allen, S.V.; Hopkins, W.G. Age of Peak Competitive Performance of Elite Athletes: A Systematic Review. *Sports Med.* **2015**, *45*, 1431–1441. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
20. Wendeborn, T.; Drewicke, E.; Hummel, A. Combined system school—Elite sports in the Federal Republic of Germany: An overview. *Sportunterricht* **2018**, *67*, 435–439.



Development of physical fitness under consideration of talent-specific aspects

ANDREAS ROTH¹ ✉, STEFFEN CE SCHMIDT², SINA HARTMANN¹, SWANTJE SCHARENBERG¹, ILKA SEIDEL¹, STEFAN ALTMANN², DARKO JEKAUC², KLAUS BÖS²

¹Research Centre for School Sports and the Physical Education of Children and Young Adults, Karlsruhe Institute of Technology, Karlsruhe, Germany

²Institute of Sports and Sports Science, Karlsruhe Institute of Technology, Karlsruhe, Germany

ABSTRACT

Purpose: To measure the initial level and development of physical fitness (PF) in pupils from grade 4 to grade 7 in sport schools with respect to the discipline, training volume and training years. **Methods:** A total of 1590 (1074 female, 516 male) pupils from sport schools in North Rhine-Westphalia (Germany) were tested in grade 4 and re-tested in grade 7 using the German Motor Test. Additionally, the discipline, training volume and training years were captured in grade 7 via questionnaire. **Results:** The initial level of PF of boys and girls lies above the German average and was influenced by discipline and training volume. The track and field athletes showed the best results compared to other sport disciplines. In relation to the normal population, boys showed a slight decrease in PF from grade 4 to 7 ($F = 8.3$; $p = .004$; $\eta^2 = .009$) whereas the PF of girls remained stable ($F = 1.1$; $p = .290$; $\eta^2 = .003$). The development of PF is influenced by sport discipline, training volume and the interaction between training volume and time. In total, the effect sizes were low. **Conclusions:** There is still potential to improve training and physical education at sport schools to raise the level of PF. Training years did not influence the initial level of PF or the development of PF. In further studies, more information on the type of training would be useful.

Keywords: Motor tests; Talent identification; Training; Motor performance.

Cite this article as:

Roth, A., Schmidt, S., Hartmann, S., Scharenberg, S., Seidel, I., Altmann, S., Jekauc, D., & Bös, K. (2020). Development of physical fitness under consideration of talent-specific aspects. *Journal of Human Sport and Exercise*, 15(3), 608-622. doi:<https://doi.org/10.14198/jhse.2020.153.11>

✉ **Corresponding author.** Research Centre for School Sports and the Physical Education of Children and Young Adults, Karlsruhe Institute of Technology. Engler Bunte Ring 15. 76131 Karlsruhe. Germany.

E-mail: Andreas.Roth@kit.edu

Submitted for publication June 2019

Accepted for publication July 2019

Published September 2020 (*in press* October 2019)

JOURNAL OF HUMAN SPORT & EXERCISE ISSN 1988-5202

© Faculty of Education. University of Alicante

doi:10.14198/jhse.2020.153.11

INTRODUCTION

Physical fitness (PF) is vital to the performance of daily physical activity and/or physical exercise (Ortega, Ruiz, Castillo, & Sjöström, 2008). Cardiorespiratory endurance, muscular endurance, muscular strength, body composition and flexibility are often described as health-related fitness components. Agility, balance, coordination, speed, power, and reaction time are characteristic skill-related components (Caspersen, Powell, & Christensen, 1985). PF is in part genetically determined but can also be greatly influenced by environmental factors (Ortega et al., 2008).

A high PF undoubtedly has a positive impact on both physical health (Smith, et al., 2014; Ortega et al., 2008) and psychological health (Ortega et al., 2008; Smith, et al., 2014). Moreover, the measurement of PF components is widely used in talent identification (TID; Lidor, Coté, & Hackford, 2009). PF is usually measured using motor field tests, and a theoretical model for measuring motor abilities with these tests has been proposed (Bös, 1987). This model provided the basis for the German Motor Test (DMT):

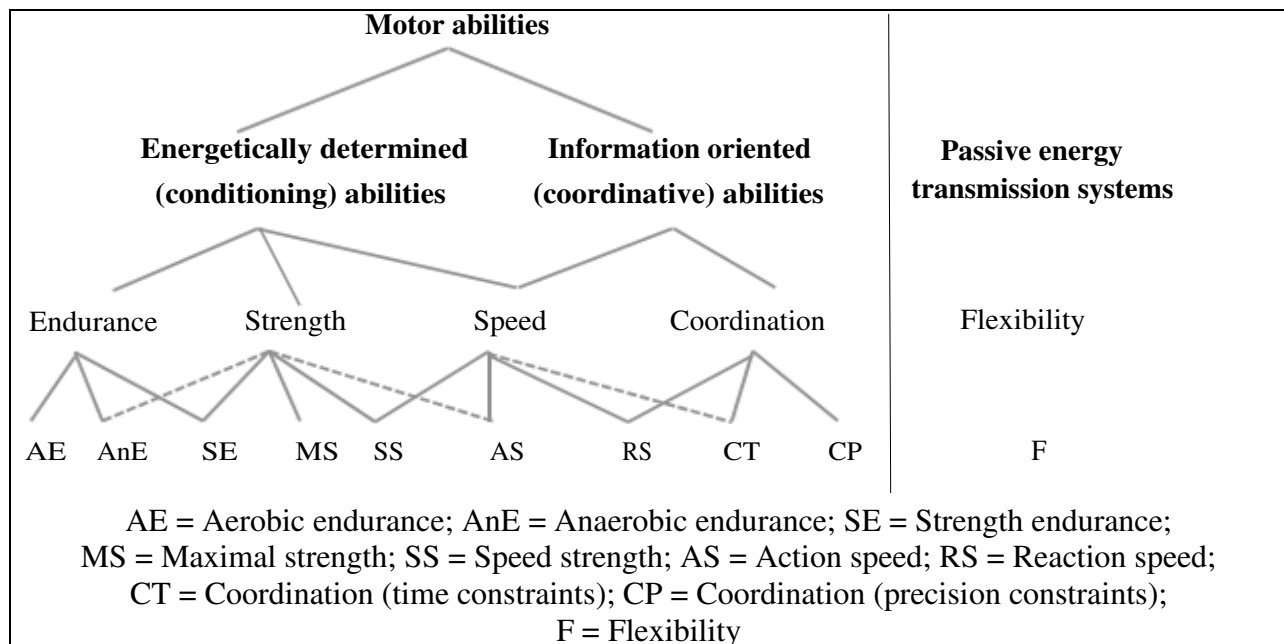


Figure 1. Differentiation of motor abilities (Bös, 1987, p. 94).

In the first level of this model, abilities are differentiated into energetically-determined (conditioning) and information-oriented (coordinative). The next level further differentiates the main abilities of endurance, strength, speed, coordination, and flexibility. In this model, speed cannot be assigned to either the conditioning or coordinative abilities; and can therefore be regarded as a mixed form. Flexibility is linked to passive energy transmission systems. On the next level, 10 dimensions of general PF are listed. According to Bös (1987), there is a close interrelationship between abilities and skills. The use of the skill improves the ability, which contributes to the qualitative improvement of skills through action regulation.

Physical fitness requires an athlete to integrate many factors, some trainable (e.g. physiology, psychology, and biomechanics) and some teachable (tactics); whereas others are not controllable by either the athlete or the coach (e.g. genetics and age; Smith, 2003). Because of this complexity, it is difficult to identify potential

talents at a young age. Cross-sectional designs are commonly used to identify potential talents (Johnston, Wattie, Schorer, & Baker, 2018; Matthys et al., 2013). However, one-time testing is often not sufficient because there are unstable physical and anthropometric parameters during adolescence (Vayens, Lenoir, Williams, Philippaerts, & Renaat, 2008). Moreover, the development process is affected by maturation and training (Abbott & Collins, 2002).

Hohmann and Seidel (2003) propose four talent criteria: juvenile performance, speed of performance development, utilization of performance conditions and load tolerance. Juvenile performance can provide useful information if the discipline is only determined by a few performance components that remain largely stable during puberty (e.g. throwing technique and body height). The speed of performance development as a talent criterion is often neglected; possibly due to the methodological problem that the better an athlete performs, the smaller the residual potential to improve in the future (Hohmann & Seidel, 2003).

The aspect of utilization is linked to the assumption that young athletes should achieve their performance with economical use of resources, but in the long term full resources should be developed and used to achieve maximum performance (Hohmann, 2001). Load tolerance is another important factor. For example, countries that produce top triathletes have introduced training load, stress tolerance and mental performance as determinant factors in talent selection (Bottoni, Gianfelici, Tamburri, & Faina, 2011).

Studies in TID are based on the measurement and subsequent comparison of characteristics that contribute to sport-specific performance (Johnston et al., 2018). Longitudinal studies on the speed of performance development have been conducted in soccer (Roescher, Elferink-Gemser, Huijgen & Visscher, 2010), handball (Matthys et al., 2013), hockey (Elferink-Gemser, Visscher, Lemmink, & Mulder, 2007), rugby (Till, Copley, O'Hara, Chapman, & Cooke, 2013) and triathlon (Bottoni et al., 2011). A study looking at the development of general PF across several sports could not be found. However, this approach could increase knowledge of TID through a cross-disciplinary approach.

In 2006, the government of NRW decided to establish a new type of sport school, and since 2015 a total of 18 sport schools have been involved in the project (MFKJKS, 2011). Candidates must pass a selection stage before joining grades 5 and 8. In grade 4, the DMT (Bös et al., 2016) is performed to measure general PF. In grade 7, the DMT is repeated to measure the speed of performance development (Hohmann & Seidel, 2003). Additionally, semi-specific and sport-specific tests are performed; and the sport discipline, weekly training volume and training years are captured (Seidel et al., 2014).

This article focusses on the initial fitness level and the rate of performance development of pupils from different sport disciplines. The main research questions are:

- To what extent do training volume, training age and sport discipline influence the initial PF?
- To what extent do training volume, training age and sport discipline influence the development of PF from grades 4 to 7?

MATERIAL AND METHODS

Study Sample and Design

The project started in the 2007/2008 school year. In the beginning, five sport schools were selected (MFKJKS, 2011) and more were recruited to the study as they joined the general scheme. Since 2015, a total of 18 sport schools have been involved (Düsseldorf, Minden, Solingen, Dortmund, Cologne, Münster, Paderborn, Essen, Leverkusen, Mönchengladbach, Dormagen, Gelsenkirchen, Bochum, Winterberg,

Duisburg, Bonn, Mülheim, and Bielefeld/Herford; MFKJKS, 2011). Each school differs in terms of content and main sport disciplines. The contracting authority was the Ministry of family, children, youth, culture, and sport of the state of NRW. Motor tests were organized and performed by trained instructors from the sport schools and the Research Centre of School Sports and the Physical Education of Children and Young Adults (FoSS). The study was approved by the review board of the Institute of Sports and Sport Science, Karlsruhe Institute of Technology.

Since the 2007/2008 school year, candidates were measured annually: first in grade 4 between October and April, and again three years later in grade 7 between February and May. This took place over a decade until the 2017/2018 school year, giving a total of 13,368 (4673f, 8695m) candidates measured in grade 4 and 3585 in grade 7 (1385f, 2200m).

The number of pupils who participated in both tests and regularly participate in sport-specific training is 1590 (1074f, 516m). These pupils are spread over the following sports: badminton: 43, basketball: 26, fencing: 54, gymnastics: 3, handball: 270, hockey: 8, judo: 12, rowing: 52, soccer: 622, swimming: 77, tennis: 35, table tennis: 10, track and field: 317, volleyball: 56 and wrestling: 5.

Measures

Physical Fitness

The DMT is based on the differentiation of motor abilities (Bös, 1987, p. 94) and is used to measure the PF of boys and girls in grade 4 and grade 7. The DMT is a valid test battery that includes eight test tasks. The 1-week reliability of tests performed by a comparable team of trained instructors is on average $r = 0.82$ (Bös et al., 2016). For six of the eight tests (standing long jump, sideways jump, backward balancing, stand-and-reach test, push-ups, sit-ups) there are representative standard values for Germany (Bös, Worth, Opper, Oberger, & Woll, 2009). For the other two tasks (20m sprint and 6-minute run), standard values were obtained from different samples (Bös et al., 2016).

Aerobic endurance was measured by the 6-minute run (see Figure 1). Test participants had to run for 6 minutes around the volleyball field and the total distance run was obtained. In the first two rounds, test participants were escorted by an instructor to avoid running too fast at the beginning. The strength endurance of the torso muscles was examined by the number of sit-ups performed within 40 seconds. The test person lies in the prone position on the back. During execution, the feet are fixed by the test instructor and the knee joints are bent to about 80 degrees. The test person must then straighten the body out of the lying position and touch the knees with both elbows and then return to the lying position with the shoulders touching the mat. The strength endurance of the upper extremities was measured by the number of push-ups performed within 40 seconds. The test subject lies in a prone position on the stomach and the hands grasp one another on the buttocks. The hands move from behind the back to beside the shoulders. Then the test person pushes himself up evenly. Subsequently, one hand is released from the ground and claps onto the other hand. After that, the test person performs a controlled descent to resume the prone position (Lämmle, Tittlbach, Oberger, Worth, & Bös, 2010; Bös et al., 2016).

The speed strength of the lower extremities was assessed by the distance achieved by standing long jump, where the take-off and landing were carried out using both legs together. The distance from the starting line to the heel of the foot closest back after landing was measured (cm). Action speed was recorded over a 20m sprint timed using a Brower light timing system or a stopwatch. Times measured by the light-barrier system were converted into hand stop times using a correction factor, and the best time of two attempts was used for evaluation. Backward balancing allows assessment of gross motor coordination during dynamic precision

tasks. Test participants must walk backward and keep their balance on beams 300 cm long and of width 3, 4.5 and 6 cm. Each test began on a platform and the numbers of steps on each beam were added. Cross motor coordination under time constraint was measured by sideways jump. The aim is to jump sideways over the centre line of a marked field (50 x 100 cm) with both legs at the same time. The number of jumps performed in 15 seconds was used for evaluation. The stand-and-reach test was used to assess the flexibility of the trunk and sciatic crural muscle group. The test person stands on a long bench and slowly bends the upper body forward. The hands are led parallel along a centimetre scale as far down as possible and the distance reached was measured (Bös et al., 2016; Lämmle et al., 2010).

Body Mass Index

Height was measured without shoes to the nearest 0.1 cm using a fixed tape. Weight was assessed standardized to the nearest 0.1 kg using a Korona Alva digital metric scale (Sundern, North-Rhine Westphalia, Germany). Body mass index was calculated as: $BMI (kg/m^2) = weight (kg) / height^2 (m^2)$.

Talent-specific aspects

Additionally, information about the athletic career was captured. For this purpose, a questionnaire was completed by parents and children prior to the tests in grade 7 to capture sport discipline, training volume per week and training years in the main sport disciplines.

Statistical Analysis

Statistical analysis was performed using SPSS Statistics version 25. Test performances were converted into Z-scores: $Z = 100 + 10 \times (\text{individual value} - \text{mean of the norm sample}) / \text{standard deviation of the norm sample}$. The mean of the Z-scores of the eight different tests was calculated. Based on the Z-scores, comparisons can be made to the national average in Germany (Bös et al., 2009).

The influence of sport discipline, training volume and training years on the initial fitness level was analysed using ANCOVAs. The influence of sport discipline, training volume and training years on the development of PF was analysed via repeated measurement ANCOVAs (rmANCOVA). The analyses were calculated for each gender. The significance level for all statistical tests was set at the 5% level.

RESULTS

Descriptive Results

Due to relatively small sample sizes in some disciplines, soccer (57f, 565m), track and field (182f, 135m) and handball (103f, 167m) were analysed separately. The other 12 sport disciplines are summed (173f, 208m). Descriptive statistics of participants are shown in Table 1.

In boys, soccer was the most common sport discipline, with 565 (52.6%) participants, followed by handball and track and field with 167 (15.5%) and 135 (12.6%) participants, respectively. On average, boys of grade 4 were 9.90 years old, 1.42 meters tall and weighed 34.1 kilos. Three years later, boys of grade 7 were on average 13.05 years old, 1.68 meters tall and weighed 48.3 kilos. The boys trained on average for 290.6 minutes per week and had 6.4 training years in grade 7.

In girls, track and field was the most common sport discipline, with 182 (35.3%) participants, followed by handball and soccer with 103 (20.0%) and 57 (11.0%) participants, respectively. On average, girls of grade 4 were 8.85 years old, 1.41 meters tall and weighed 33.5 kilos. Three years later, girls of grade 7 were 13.03

years old, 1.61 meters tall and weighed 49.2 kilos. The girls trained on average for 298.5 minutes per week and had 5.0 training years in grade 7.

Table 1. Descriptive statistics of tests participants of different sport disciplines in grades 4 and 7.

Sport discipline	Sex	N	Age (years)	Height (m)	Weight (kg)	Age (years)	Height (m)	Weight (kg)	Training Volume/week (min)	Training age (years)
			Grade 4	Grade 4	Grade 4	Grade 7	Grade 7	Grade 7	Grade 7	Grade 7
			Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD	Mean ± SD
Soccer	m	565	9.97 ± 0.49	1.41 ± 0.06	33.9 ± 5.7	13.05 ± 0.44	1.60 ± 0.08	47.8 ± 9.4	265.5 ± 87.5	7.4 ± 2.2
	f	57	10.00 ± 0.60	1.40 ± 0.07	33.3 ± 5.5	13.08 ± 0.40	1.59 ± 0.06	48.6 ± 6.6	251.3 ± 98.9	5.5 ± 2.9
Track and field	m	135	9.82 ± 0.41	1.42 ± 0.06	32.7 ± 4.7	13.08 ± 0.43	1.61 ± 0.09	47.1 ± 8.4	285.1 ± 136.5	5.5 ± 2.5
	f	182	9.77 ± 0.44	1.40 ± 0.06	31.9 ± 4.9	13.00 ± 0.40	1.60 ± 0.07	47.7 ± 6.9	270.5 ± 124.9	4.7 ± 2.2
Handball	m	167	9.78 ± 0.51	1.43 ± 0.06	34.7 ± 4.9	13.01 ± 0.50	1.62 ± 0.08	49.8 ± 9.2	281.7 ± 78.2	6.3 ± 2.4
	f	103	9.86 ± 0.39	1.41 ± 0.06	34.1 ± 5.9	13.11 ± 0.37	1.61 ± 0.06	51.2 ± 8.2	280.9 ± 94.1	5.9 ± 2.3
Other sports (12)	m	208	9.89 ± 0.53	1.43 ± 0.07	34.9 ± 6.4	13.06 ± 0.50	1.63 ± 0.09	49.4 ± 9.2	379.5 ± 211.1	4.4 ± 2.3
	f	173	9.88 ± 0.51	1.43 ± 0.07	34.8 ± 6.4	13.00 ± 0.39	1.63 ± 0.07	49.9 ± 7.9	354.0 ± 231.6	4.6 ± 2.3
Badminton	m	32	9.63 ± 0.35	1.39 ± 0.05	31.5 ± 4.3	12.94 ± 0.36	1.58 ± 0.08	44.7 ± 7.4	313.1 ± 182.8	3.8 ± 2.4
	f	11	9.51 ± 0.33	1.38 ± 0.06	31.6 ± 4.9	12.80 ± 0.32	1.59 ± 0.06	46.4 ± 7.8	263.3 ± 149.1	3.5 ± 2.0
Basketball	m	23	10.29 ± 0.88	1.48 ± 0.08	38.1 ± 7.8	13.26 ± 0.67	1.68 ± 0.10	54.1 ± 9.9	321.1 ± 157.4	4.1 ± 1.8
	f	3	9.37 ± 0.58	1.42 ± 0.05	33.1 ± 4.6	12.50 ± 0.52	1.64 ± 0.08	47.6 ± 2.3	360.0 ± 254.6	3.7 ± 0.4
Fencing	m	25	9.92 ± 0.50	1.40 ± 0.05	32.5 ± 4.5	13.17 ± 0.61	1.58 ± 0.06	45.8 ± 7.9	371.7 ± 90.4	3.8 ± 1.9
	f	29	9.64 ± 0.34	1.41 ± 0.07	33.8 ± 5.7	12.95 ± 0.35	1.62 ± 0.08	50.6 ± 8.4	379.1 ± 98.1	4.0 ± 1.8
Gymnastics	m	--								
	f	3	9.73 ± 0.2	1.33 ± 0.06	27.7 ± 1.48	12.83 ± 0.17	1.53 ± 0.07	40.6 ± 1.8	600.0 ± 415.7	7.8 ± 2.6
Hockey	m	6	9.89 ± 0.38	1.40 ± 0.05	32.5 ± 6.3	13.08 ± 0.40	1.60 ± 0.07	45.8 ± 8.9	306.3 ± 98.4	7.6 ± 3.4
	f	2	11.04 ± 1.51	1.55 ± 0.11	44.3 ± 6.9	13.21 ± 0.59	1.67 ± 0.04	55.6 ± 5.0	300.0 ± 84.9	8.2 ± 2.8
Judo	m	8	9.75 ± 0.49	1.39 ± 0.07	37.7 ± 12.2	12.92 ± 0.47	1.58 ± 0.08	51.5 ± 13.4	212.1 ± 88.9	4.7 ± 1.9
	f	4	10.0 ± 0.51	1.32 ± 0.04	30.1 ± 3.1	13.21 ± 0.06	1.53 ± 0.07	55.6 ± 5.0	300.0 ± 84.9	8.2 ± 2.8
Rowing	m	37	10.00 ± 0.40	1.48 ± 0.06	38.4 ± 4.1	13.21 ± 0.36	1.70 ± 0.07	54.9 ± 8.5	438.3 ± 153.1	3.3 ± 1.5
	f	15	10.06 ± 0.61	1.46 ± 0.06	37.6 ± 6.6	13.22 ± 0.46	1.66 ± 0.07	52.8 ± 8.0	457.8 ± 137.3	2.7 ± 0.5
Swimming	m	34	9.71 ± 0.44	1.42 ± 0.06	34.1 ± 4.1	12.79 ± 0.42	1.60 ± 0.10	48.0 ± 7.7	534.9 ± 314.6	6.0 ± 1.9
	f	43	9.85 ± 0.39	1.42 ± 0.08	34.7 ± 6.2	12.95 ± 0.43	1.61 ± 0.08	49.0 ± 8.6	397.1 ± 390.2	6.6 ± 2.3
Table tennis	m	10	9.80 ± 0.39	1.42 ± 0.07	34.1 ± 4.1	12.99 ± 0.40	1.62 ± 0.10	49.3 ± 10.8	301.7 ± 141.6	2.9 ± 1.8
	f	--								
Tennis	m	20	9.73 ± 0.42	1.42 ± 0.06	33.5 ± 4.5	12.91 ± 0.49	1.60 ± 0.09	46.2 ± 7.6	302.0 ± 208.4	5.6 ± 2.7
	f	15	9.95 ± 0.82	1.44 ± 0.07	34.5 ± 7.2	12.99 ± 0.26	1.63 ± 0.07	50.3 ± 7.1	248.8 ± 122.8	5.5 ± 2.4

Volleyball	m	12	10.20 ± 0.41	1.45 ± 0.06	36.6 ± 6.9	13.34 ± 0.36	1.65 ± 0.05	53.1 ± 8.0	334.1 ± 129.1	3.1 ± 1.1
	f	44	10.08 ± 0.34	1.45 ± 0.06	36.4 ± 6.8	13.09 ± 0.37	1.65 ± 0.06	51.8 ± 6.8	307.7 ± 93.8	3.6 ± 1.2
Wrestling	m	1	11.22	1.47	35.8	14.58	1.68	50.1	420	7.6
	f	4	9.69 ± 0.36	1.40 ± 0.06	31.9 ± 4.9	13.04 ± 0.39	1.59 ± 0.05	44.9 ± 7.3	438.8 ± 67.5	3.3 ± 2.2
Total	m	1075	9.90 ± 0.50	1.42 ± 0.06	34.1 ± 5.6	13.05 ± 0.44	1.61 ± 0.09	48.3 ± 9.1	290.6 ± 130.4	6.4 ± 2.6
	f	515	9.85 ± 0.48	1.41 ± 0.07	33.5 ± 5.8	13.03 ± 0.40	1.61 ± 0.07	49.2 ± 7.6	298.5 ± 167.3	5.0 ± 2.4

Table 2. Mean Z-scores in grade 4 for different sports and results of ANCOVAs (differentiated by sex; Z-scores are calculated gender-specific).

	Sex = m	Soccer N = 563	Track and field N = 135	Handball N = 166	Other disciplines N = 206	
PF grade 4	Mean Z ± SD	109.9 ± 5.0	113.1 ± 3.8	111.3 ± 3.9	110.0 ± 4.8	
ANCOVA N = 895	Sum of squares	df	Mean of squares	F	p	η ²
Sport discipline	1157.1	3	385.7	17.8	< .001	.057
Training volume	351.2	1	351.2	16.3	< .001	.018
Training years	26.2	1	26.2	1.2	.271	.001
	Sex = f	Soccer N = 57	Track and field N = 181	Handball N = 102	Other disciplines N = 174	
PF grade 4	Mean Z ± SD	109.9 ± 4.0	112.6 ± 4.6	111.3 ± 4.2	110.9 ± 4.7	
ANCOVA N = 432	Sum of squares	df	Mean of squares	F	p	η ²
Sport discipline	469.7	3	156.5	8.0	< .001	.054
Training volume	134.1	1	134.1	6.9	.009	.016
Training years	7.7	1	7.723	0.4	.529	.001

Table 3. Mean Z-scores of grades 4 and 7 of different sports and results of rmANCOVAs (differentiated by sex; Z-scores are calculated gender-specific).

PF grade 4-7	Sex = m	Soccer N = 549	Track and field N = 134	Handball N = 166	Other disciplines N = 202
Grade 4	Mean Z ± SD	109.9 ± 5.0	113.1 ± 3.8	111.3 ± 3.9	110.0 ± 4.8
Grade 7	Mean Z ± SD	108.8 ± 5.1	112.2 ± 4.3	110.6 ± 4.5	110.0 ± 4.9
Diff	Mean Z ± SD	-1.0 ± 4.5	-0.9 ± 4.5	-0.6 ± 4.1	-0.1 ± 4.4

ANCOVA N = 895	Sum of squares	df	Mean of squares	F	p	η ²
Time	76.3	1	76.3	8.3	.004	.009
Sport discipline	2009.8	3	669.9	19.1	< .001	.062
Training volume	1083.8	1	1083.8	30.9	< .001	.034
Training years	39.5	1	39.5	1.1	.288	.001
Time*sport discipline	25.0	3	25.0	0.9	.434	.003
Time*training volume	56.0	1	56.0	6.1	.014	.007
Time*training years	0.3	1	0.3	0.04	.843	.000

Grade 4-7	Sex = f	Soccer N = 55	Track and field N = 178	Handball N = 99	Other disciplines N = 168
Grade 4	Mean Z ± SD	109.9 ± 4.0	112.6 ± 4.6	111.3 ± 4.2	110.9 ± 4.7
Grade 7	Mean Z ± SD	110.6 ± 3.9	113.1 ± 4.2	111.4 ± 4.1	110.7 ± 4.6
Diff	Mean Z ± SD	+0.7 ± 4.4	+0.5 ± 4.3	+0.1 ± 3.8	-0.2 ± 4.1

ANCOVA N = 432	Sum of Squares	df	Mean of squares	F	p	η ²
Time	8.9	3	8.9	1.1	.290	.003
Sport discipline	119.3	3	373.1	12.6	< .001	.083
Training volume	475.6	1	475.6	16.0	< .001	.037
Training years	7.1	1	7.1	0.2	.623	.001
Time*sport discipline	51.8	3	17.3	2.2	.091	.015
Time*training volume	42.1	1	42.1	5.2	.022	.013
Time*training years	0.9	1	0.9	0.1	.091	.015

Initial Level of Physical Fitness

The PF in grade 4 was analysed in more detail. Table 2 shows the PF of different sport disciplines in grade 4 and the results of ANCOVAs for each gender. Due to missing values on the questionnaires, the ANCOVAs could only be calculated for 895 boys and 432 girls, although Z-scores could be calculated for almost all test participants (514f, 1070m).

In boys of grade 4, track and field athletes had the highest average Z-score (113.1 ± 3.8), followed by the handballers (111.3 ± 3.9) then other sport disciplines (110.0 ± 4.8) and finally soccer players (109.9 ± 5.0). The average Z-score was influenced by sport discipline ($F = 17.8$; $p < .001$; $\eta^2 = .071$) and training volume ($F = 16.3$; $p < .001$; $\eta^2 = .018$). However, there was no effect of training years ($F = 1.2$; $p = .271$; $\eta^2 = .001$).

In girls of grade 4, track and field athletes had the highest average Z-score (112.6 ± 4.6), followed by the handballers (111.3 ± 4.2), other disciplines (110.9 ± 4.7) and finally soccer players (109.9 ± 4.0). This led to a significant difference between the sport disciplines ($F = 8.0$; $p < .001$; $\eta^2 = .054$). Additionally, the Z-score was influenced by training volume ($F = 6.9$; $p = .009$; $\eta^2 = .016$), but there was no effect of training years ($F = 0.4$; $p = .529$; $\eta^2 = .001$). In total, the results of boys and girls are very similar to each other.

Development of Physical Fitness

The development of PF and the results of rmANCOVAs are shown in Table 3.

Considering the development of PF from grade 4 to grade 7 among boys, the relative PF declined slightly over time in all sports ($F = 8.3$; $p = .004$; $\eta^2 = .009$). The PF of soccer players had the strongest decrease (diff.: -1.0 ± 4.5). The development of PF was influenced by sport discipline ($F = 19.1$; $p < .001$; $\eta^2 = .062$) and training volume ($F = 30.9$; $p < .001$; $\eta^2 = .034$) but not training years ($F = 1.1$; $p = .288$; $\eta^2 = .001$). An additional significant interaction between time (from grade 4 to grade 7) and training volume was found among boys ($F = 6.1$; $p = .014$; $\eta^2 = .007$). There was no significant interaction between time and sport discipline ($F = 0.9$; $p = .434$; $\eta^2 = .003$) or training years ($F = 0.04$; $p = .843$; $\eta^2 = .000$).

Regarding the relative development of PF from grade 4 to grade 7 in girls, relative PF increased slightly over time; however, there was no significant effect of time ($F = 1.1$; $p = .290$; $\eta^2 = .003$). The PF of soccer players increased the most (diff.: $+0.7 \pm 4.4$) and there were also increases in handball and track and field; whereas the relative PF of athletes from other disciplines decreased (diff.: -0.2 ± 4.1). The development of PF was influenced by sport discipline ($F = 12.6$; $p < .001$; $\eta^2 = .083$) and training volume ($F = 16.0$; $p < .001$; $\eta^2 = .037$). The development of PF was not influenced by training years ($F = 0.2$; $p = .623$; $\eta^2 = .001$). An additional significant interaction between time and training volume was found among girls ($F = 5.2$; $p = .022$; $\eta^2 = .013$). However, there was no significant interaction between time and sport discipline ($F = 2.2$; $p = .091$; $\eta^2 = .015$) or training years ($F = 0.1$; $p = .091$; $\eta^2 = .015$).

In the development of relative PF, the girls showed a stable development whereas the boys showed a small decrease in PF. Apart from that, the results of boys and girls are on the same line.

DISCUSSION

The first aim of this study was to measure how the initial level of PF is influenced by discipline, training volume and training age among pupils of sport schools of NRW. The results showed that the initial level of PF in boys and girls was influenced by sport discipline and training volume. The effect sizes are roughly the same in boys and girls and there was no effect of training years.

In the second part of the study, the relative development of PF from grade 4 to grade 7 under consideration of discipline, training volume and training years was analysed. The relative PF of boys declined slightly in the course of the study and was affected by discipline, training volume and the interaction of time and training volume. The relative PF of girls remained stable over the course of the study and was influenced by discipline, training volume and the interaction of time and training volume.

Initial Level of Physical Fitness

We note that the initial level of PF across all sport disciplines was well above the German average (Bös et al., 2009). However, we found differences between the different disciplines. Both male and female track and field athletes performed better than other sport disciplines, and soccer players performed the worst. This could be because track and field is an all-around sport containing a variety of disciplines and movement techniques (Güllich et al., 2004). Especially the tests 20m-sprint and 6-minute run show a high resemblance to the running disciplines in track and field. For soccer players, however, technical (Ali, 2011) and tactical (Kannekens, Elferink-Gemser, Post, & Visscher, 2009) skills are more important for success than motor abilities. These properties are very sport-specific and do not necessarily improve general PF.

In addition to the particular discipline, training volume in the main sport discipline has a small positive effect on the initial level of PF. At both the expert and non-expert level, there is a high correlation between training volume and performance (Baker & Horton, 2004; Baker et al., 2012). A continual increase in training volume is probably one of the highest priorities in contemporary training, especially for aerobic sports (Bomba, 1999). Youth training is a prerequisite for elite training and includes varied basic training that can improve general PF. Before puberty, coordination, speed, and strength-endurance training are most important; whereas after puberty, training should include stronger loads of the anaerobic processes and comprehensive specific training (Hoffmann & Pfützner, 2014).

The variance due to training volume was low in our study. One reason could be the different training content and intensity in different sports, which are more important than volume itself (Ostojic & Ahmetovic, 2008).

The number of completed training years had no effect on the initial level of PF. This may be because this provides no information about training duration, frequency or intensity in the temporal environment of the tests; also this parameter provides no information on the type of training (club, regional or individual; Baker et al., 2012) or the type of control used.

Development of Physical Fitness

Concerning the development of relative PF in boys, the results show a small negative time effect of less than one Z-point among boys. Although it is statistically significant in this large sample, it is not of practical relevance. For example, in the standing long jump in ten years old boys (mean: 146 cm), a Z-score of one is equivalent to two cm. Among girls, relative PF remained stable.

It should be noted that the sports pupils' results are far above the German average in grades 4 and 7. The better the initial level of PF, the smaller the residual potential to improve in the future (Hohmann & Seidel, 2003). However, it also shows that the extra athletic training and extensive physical education in sport schools could not increase the difference in PF between sport pupils and the German average from grade 4 to grade 7. This does not meet the expectation that sports schools will be able to raise the average relative level of PF of their pupils. One possible explanation is that physical and anthropometric parameters are not linear during adolescence (Vaeyens et al., 2008; Abott, Button, Pepping, & Collins, 2005). The development of endocrinology during puberty enormously increases the effects of training, especially in males (Beunen &

Malina, 1988). For this reason, further performance increases are expected, especially in strength-based tests.

Looking at the aspects of sports discipline, training volume and training years, there was a similar trend to the initial level of PF. The development of PF is influenced by sport discipline and training volume, whereas training years are not a significant predictor. Besides, the interaction between time and training volume influenced the PF development. There was no significant interaction between time and sport discipline or between time and training years.

The male soccer players lost in the course of the study, although the initial level of PF was already relatively poor compared to the other sport disciplines. This highlights that the requirements in football are specialized and not strongly related to general fitness as is the case with track and field. The PF of the other 12 sports did not decrease, but the reasons cannot be conclusively clarified in this study.

Among girls, the reverse result was seen: football players improved the most but nevertheless, the mean was below the other disciplines. The other 12 sports suffered a loss of PF. Overall, there were marginal differences relating to the development of PF, and these could have been influenced by form on the day or fatigue from the training sessions (Lidor, Coté, & Hackford, 2009).

PF was positively influenced by training volume, both on its own and in interaction with time, a result consistent with results from other studies. Empirical examinations support the relationship between training and skill development (Baker & Coté, 2006), as seen in this study. Therefore, sport-specific training in youth should always include basic training (Hofmann & Pfützner, 2014) as this can improve general PF. Especially at the beginning of the training, rapid improvements are seen. Despite the decline in learning rate over time, training volume and development rate are positively correlated and are both influential. Training amount depends on the available resources (e.g. coaches), the motivation of the athletes and optimal training stress (Baker & Coté, 2006). The effect sizes of training volume alone are therefore likely to be rather low.

Strengths & Limitations of the Study

The interdisciplinary approach in this study allows a comparison of different sport disciplines in terms of PF, training volume and training years and can expand the knowledge in the area of TID. Furthermore, the standard values (6 out of 8 tests; Bös et al., 2009) allow comparisons with the average German population.

The DMT is a quality-proven test battery that allows a standardized assessment of PF. It was employed in the current study to measure the PF of 1590 sport pupils in grades 4 and 7. At every sport school, the FoSS trained the test instructors and carried out quality control on one testing day annually. In this context, suggestions for reliable testing are given, if necessary. Consequently, high quality and comparability of the test data can be expected.

From a talent perspective, the initial level of PF and the development rate of PF were analysed in this study. Physical performance testing is only one aspect of the process of talent detection during early development in sport (Lidor, Coté, & Hackford, 2009). The aspects utilization of performance conditions and load tolerance (Hohmann & Seidel, 2003) were not included in the analysis. Another limitation of the study is that the periods of the baseline and the follow-up measurement of individual schools can differ. Therefore, small distortions concerning the development rates may have occurred. However, these deviations are unlikely to have impacted the results.

Additionally, the questionnaire could capture more details about quantitative training history, such as total training, club training, regional training, and individual training (Baker et al., 2012). In this context, it should be noted that the training volume of pupils is surprisingly high, perhaps because some pupils overestimated their training volume. In the future, test instructors should capture training volume with their pupils. Another point to consider is that training years and volume were only assessed in grade 7 and not in grade 4. It would be better if this information was collected annually to get a better overview of quantitative training history. This approach could better explain the variance. In further studies, we also suggest tracking the biological age as well as calendar age to explain leaps in development or stagnations in certain individuals.

Finally, we have to state that it is difficult to classify the results of this study into the current state of research. This is because large-scale testing is very expensive and not always efficient and is therefore often replaced by sport-specific methods (Pearson, Naughton, & Torode, 2006).

CONCLUSION

The initial level of PF of sport pupils is much higher than the German average. However, there are clear differences between sport disciplines in this study: for example, young track and field athletes receive a solid basic training, whereas soccer players carry out more sport-specific training. Consistent with the literature, PF was influenced by training volume (Baker & Horton, 2004). In both boys and girls, the effect sizes are low.

In relation to the normal population, boys showed a slight decrease in PF from the 4th to the 7th grade, whereas the girls' PF remained stable. It seems that there is still potential to optimize training and physical education at the 18 sports schools.

It has been shown that the development of PF is also influenced by the sport discipline. Moreover, PF is affected by training volume and the interaction between training volume and time. The results of the present study support the findings of other studies (Baker & Coté, 2006). The training years did not influence either the initial level of PF or the development of PF. In further studies, more information on the type of training should be assessed.

AUTHOR DISCLOSURE STATEMENT

The authors declare no competing or conflicting interests.

ACKNOWLEDGMENT

We acknowledge support by Deutsche Forschungsgemeinschaft and Open Access Publishing Fund of Karlsruhe Institute of Technology.

We acknowledge support by Staatskanzlei Nordrhein-Westfalen.

All participants provided informed consent about their participation. The study was approved by the review board of Institute of Sports and Sports Science, Karlsruhe Institute of Technology and performed in comply with the current laws of Germany.

ABBREVIATIONS

DMT – German Motor Test 6-18.

FoSS – Research Centre of School Sports and the Physical Education of Children and Young Adults.

NRW – North Rhine-Westphalia.

PF – Physical Fitness.

REFERENCES

- Abbott, A., Button, C., Pepping, G.-J., & Collins, D. (2005). Unnatural selection: talent identification and development in sport. *Nonlinear Dynamics, Psychology, and Life Sciences*, 9(1), 61–88.
- Abbott, A., & Collins, D. (2002). A Theoretical and Empirical Analysis of a 'State of the Art' Talent Identification Model. *High Ability Studies*, 13(2), 157–178. <https://doi.org/10.1080/1359813022000048798>
- Ali, A. (2011). Measuring soccer skill performance: a review. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 21(2), 170–183. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01256.x>
- Baker, J., Bagats, S., Büsch, D., Strauss, B., & Schorer, J. (2012). Training Differences and Selection in a Talent Identification System. *Talent Development & Excellence*, 4(1), 23–32.
- Baker, J., & Côté, J. (2006). Shifting training requirements during athlete development: Deliberate practice, deliberate play and other sport involvement in the acquisition of sport expertise. In D. Hackfort & G. Tenenbaum (Ed.), *Essential processes for attaining peak performance* (pp. 92–106). Oxford: Meyer and Meyer Sport. <https://doi.org/10.1002/9781118270011.ch8>
- Baker, J., & Horton, S. (2004). A review of primary and secondary influences on sport expertise. *High Ability Studies*, 15(2), 211–228. <https://doi.org/10.1080/1359813042000314781>
- Beunen, G., & Malina, R. M. (1988). Growth and Physical Performance Relative to the Timing of the Adolescent Spurt. *Exercise and Sport Sciences Reviews*, 16(1), 503–540. <https://doi.org/10.1249/00003677-198800160-00018>
- Bompa, T. O. (1999). *Periodization Training For Sports: Programs For Peak Strength In 35 Sports*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Bös, K., Schlenker, L., Albrecht, C., Büsch, D., Lämmle, L., Müller, H., Oberger, J., Seidel, I., Tittlbach, S., & Woll, A. (2016). *Deutscher Motorik-Test 6-18 [German Motor Test 6-18] (2nd ed.)*. Hamburg: Czwalina.
- Bös, K. (1987). *Handbuch sportmotorische Tests [Handbook motor tests]*. Göttingen: Hogrefe.
- Bös, K., Worth, A., Opper, E., Oberger, J., & Woll, A. (2009). *Motorik-Modul: Eine Studie zur motorischen Leistungsfähigkeit und körperlich-sportlichen Aktivität von Kindern und Jugendlichen in Deutschland. Abschlussbericht zum Forschungsprojekt [Motoric-Module: A study on physical fitness and physical activity of children and adolescents in Germany]*. Baden-Baden: Nomos.
- Bottoni, A., Gianfelici, A., Tamburri, R., & Faina, M. (2011). Talent selection criteria for Olympic distance triathlon. *Journal of Human Sport and Exercise*, 6(2), 293–304. <https://doi.org/10.4100/jhse.2011.62.09>
- Caspersen, C. J., Powell, K. E., & Christenson, G. M. (1985). Physical activity, exercise, and physical fitness: definitions and distinctions for health-related research. *Public Health Reports*, 100(2), 126–131.
- Elferink-Gemser, M., Visscher, C., Lemmink, K. A. P. M., & Mulder, T. (2007). Multidimensional performance characteristics and standard of performance in talented youth field hockey players: a longitudinal study. *Journal of Sports Sciences*, 25(4), 481–489. <https://doi.org/10.1080/02640410600719945>

- Güllich, A., Heß, W.-D., Jakobs, K., Lehmann, F., Mäde, U., Müller, F., Oltmanns, K., & Schön, R. (2004). Offizieller Rahmentrainingsplan des Deutschen Leichtathletik-Verbandes für das Grundlagentraining [Track and field for pupils. Official frame training concept of German track and field association for basic training] (2nd ed.). Münster: Philippka.
- Hackfort, D., & Tenenbaum, G. (Eds.). (2006). *Essential processes for attaining peak performance*. Oxford: Meyer & Meyer Sport.
- Hoffmann, A., & Pfützner, A. (2014, Mai). Wege an die Spitze. Herausforderungen und Schwerpunkte im deutschen Nachwuchsleistungssport. Tagungsband zum Nachwuchsleistungssport-Symposium, Leipzig, Germany [Ways to the top. Challenges and priorities in German up-and-coming sports. Conference transcript of symposium of German up-and-coming sports]. *Zeitschrift für Angewandte Trainingswissenschaft*, 21(1), 5-283.
- Hohmann, A. (2001). Leistungsdiagnostische Kriterien sportlichen Talents – dargestellt am Beispiel des leichtathletischen Sprints [Performance diagnostic criteria of sports talent – illustrated by sprint in track and field]. *Leistungssport*, 31(4), 14–22.
- Hohmann, A., & Seidel, I. (2003). Scientific aspects of talent development. *International Journal of Physical Education*, 33(1), 9–20.
- Johnston, K., Wattie, N., Schorer, J., & Baker, J. (2018). Talent Identification in Sport: A Systematic Review. *Sports Medicine*, 48(1), 97–109. <https://doi.org/10.1007/s40279-017-0803-2>
- Kannekens, R., Elferink-Gemser, M., Post, W., & Visscher, C. (2009). Self-assessed tactical skills in elite youth soccer players: a longitudinal study. *Perceptual and Motor Skills*, 109(2), 459–472. <https://doi.org/10.2466/pms.109.2.459-472>
- Lämmle, L., Tittlbach, S., Oberger, J., Worth, A. & Bös, K. (2010). A Two-level Model of Motor Performance Ability. *Journal of Exercise Science & Fitness*, 8(1), 41–49. [https://doi.org/10.1016/S1728-869X\(10\)60006-8](https://doi.org/10.1016/S1728-869X(10)60006-8)
- Lidor, R., Côté, J. & Hackfort, D. (2009). ISSP position stand: To test or not to test? The use of physical skill tests in talent detection and in early phases of sport development. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, 7(2), 131–146. <https://doi.org/10.1080/1612197x.2009.9671896>
- Matthys, S. P.J., Vaeyens, R., Franssen, J., Deprez, D., Pion, J., Vandendriessche, J., ... Philippaerts, R. (2013). A longitudinal study of multidimensional performance characteristics related to physical capacities in youth handball. *Journal of Sports Sciences*, 31(3), 325–334. <https://doi.org/10.1080/02640414.2012.733819>
- Ministerium für Familie, Kinder, Jugend, Kultur und Sport des Landes Nordrhein-Westfalen. (2011). Rahmenvorgaben für NRW-Sportschulen. [Overall guidelines of sport schools of North Rhine-Westphalia]. Retrieved from www.sportland.nrw.de/fileadmin/nachwuchsfoerderung/verbundsystem/rahmenvorgaben_nrw_sportschule_2011.pdf
- Ortega, F. B., Ruiz, J. R., Castillo, M. J., & Sjörström, M. (2008). Physical fitness in childhood and adolescence: a powerful marker of health. *International Journal of Obesity*, 32(1), 1-11. <https://doi.org/10.1038/sj.ijo.0803774>
- Ostojic, S. M., & Ahmetovic, Z. (2008). Weekly training volume and hematological status in female top-level athletes of different sports. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 48(3), 398–403.
- Pearson, D. T., Naughton, G. A., & Torode, M. (2006). Predictability of physiological testing and the role of maturation in talent identification for adolescent team sports. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 9(4), 277–287. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2006.05.020>
- Roescher, C. R., Elferink-Gemser, M., Huijgen, B., & Visscher, C. (2010). Soccer endurance development in professionals. *International Journal of Sports Medicine*, 31(3), 174–179. <https://doi.org/10.1055/s-0029-1243254>

- Seidel, I., Grüneberg, C., Engel, F., Kurz, A.-K., Hientsch, A.-K., Moll, C. & Bös, K. (2014). Mo-torischer Test 2 für die NRW-Sportschulen. Testanleitung MT2-A sportartübergreifend, MT2-B für 17 Sportarten (Badminton, Basketball, Eishockey, Fechten, Fußball, Handball, Hockey, Judo, Kanu, Leichtathletik, Ringen, Rudern, Schwimmen Taekwondo, Tennis, Tischtennis, Volleyball, MT2 Sportpsychologische Fragebögen) [Motor Test 2 for sport schools of North Rhine-Westphalia. Test instruction MT2-A, MT2-B for 17 sport disciplines (badminton, basketball, ice hockey, fencing, soccer, handball, hockey, judo, canoe, track and field, wrestling, rowing, swimming, taekwondo, tennis, table tennis, volleyball, sport psychological questionnaires)]. Düs-seldorf: MFKJKS. https://doi.org/10.1007/978-3-540-29678-2_3632
- Smith, D. (2003). A framework for understanding the training process leading to elite performance. *Sports Medicine*, 33(15), 1103–1126. <https://doi.org/10.2165/00007256-200333150-00003>
- Smith, J., Eather, N., Morgan, P. J., Plotnikoff, R. C., Faigenbaum, A. D., & Lubans, D. R. (2014). The Health Benefits of Muscular Fitness for Children and Adolescents: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 44(9), 1209–1223. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0196-4>
- Till, K., Cogley, S., O'Hara, J., Chapman, C., & Cooke, C. (2013). A longitudinal evaluation of anthropometric and fitness characteristics in junior rugby league players considering playing position and selection level. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 16(5), 438–443. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2012.09.002>
- Vaeyens, R., Lenoir, M., Williams, A. M., Philippaerts & Renaat M. (2008). Talent Identification and Development Programmes in Sport. *Sports Medicine*, 38(9), 703–714. <https://doi.org/10.2165/00007256-200838090-00001>



This work is licensed under a [Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/) (CC BY-NC-ND 4.0).

Eidesstattliche Erklärung

Ich versichere, dass die vorliegende Dissertation mit dem Titel „Differenzielle Aspekte zur Entwicklung der motorischen Leistungsfähigkeit bei Kindern und Jugendlichen“ selbständig verfasst wurde und keine anderen als die angegebenen Hilfsmittel benutzt sowie die Stellen der Arbeit, die anderen Werken dem Wortlaut oder dem Sinn nach entnommen sind, durch Angabe der Quellen kenntlich gemacht wurden.

Des Weiteren versichere ich, dass ich die Satzung des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis beachtet habe. Diese Arbeit wurde nicht bereits anderweitig als Prüfungsarbeit verwendet.

.....

Andreas Roth

Karlsruhe, den 09.03.2021