

# Motorische Talentprädiktoren im DFB-Talentförderprogramm:

Eine längsschnittliche Datenanalyse zur prognostischen Bedeutung  
schnelligkeits- und technikbezogener Merkmale unter Verwendung von  
latenten Strukturgleichungs- und Mehrebenenmodellen

Dissertation

zur Erlangung des Doktorgrades

der Wirtschafts- und Sozialwissenschaftlichen Fakultät

der Eberhard Karls Universität Tübingen

vorgelegt von

Daniel Leyhr

aus Reutlingen

Tübingen

2019

Tag der mündlichen Prüfung:

21. Juni 2019

Dekan:

Prof. Dr. Josef Schmid

1. Betreuer:

Prof. Dr. Oliver Höner

2. Betreuer:

Prof. Dr. Augustin Kelava

1. Gutachter:

Prof. Dr. Oliver Höner

2. Gutachter:

Prof. Dr. Achim Conzelmann

## **Danksagung**

An dieser Stelle möchte ich allen danken, die mich in der Zeit meiner Promotionsphase begleitet und unterstützt haben.

Zunächst einmal danke ich meinem Doktorvater Prof. Dr. Oliver Höner, der mir dieses Dissertationsprojekt ermöglicht, mich während des gesamten Entstehungsprozesses der Promotion mit kompetenten Anregungen und kritischen Rückfragen unterstützt und maßgeblich zum Gelingen dieser Dissertation beigetragen hat. Auch für persönliche Ratschläge hatte er immer ein offenes Ohr. Zudem gilt mein Dank Prof. Dr. Augustin Kelava, der mir als Zweitbetreuer immer zur Verfügung stand und mich insbesondere in methodischen Angelegenheiten jederzeit unterstützte. Ein weiterer Dank gilt Prof. Dr. Achim Conzelmann für die Bereitschaft, die Zweitbegutachtung der vorliegenden Dissertation zu übernehmen.

Dieses Dissertationsprojekt wurde vom Deutschen Fußball-Bund (DFB) im Rahmen der durch den Arbeitsbereich Sportpsychologie und Methodenlehre am Institut für Sportwissenschaft der Universität Tübingen durchgeführten sportwissenschaftlichen Begleitung des DFB-Talentförderprogramms gefördert. Daher möchte ich mich an dieser Stelle bei allen Mitarbeitern des DFB-Talentförderprogramms bedanken. Stellvertretend möchte ich seitens des DFB Thorsten Becht, Jörg Daniel, Damir Dugandzic, Thomas Hauser, Claus Junginger, und Tobias Kieß nennen. Besonderer Dank gilt aber auch allen 29 Stützpunktkoordinatoren und den unzähligen Honorartrainern für inhaltlich wertvolle Diskussionen auf Tagungen und die Datenerhebung der technomotorischen Diagnostik an den Stützpunkten.

Ein Dankeschön gilt zudem meinen Kolleginnen und Kollegen des Arbeitsbereichs Sportpsychologie und Methodenlehre am Institut für Sportwissenschaft der Universität Tübingen. Nicht nur in inhaltlichen Fragen, sondern insbesondere auch als moralische und freundschaftliche Unterstützung während meiner Dissertationsphase konnte ich immer auf sie zählen.

Ein ganz besonderer Dank geht auch an meine Eltern, Geschwister und Freunde, die mich schon von klein auf unterstützen und damit einen großen Anteil an dieser Promotion haben. Mein letzter und persönlichster Dank gilt Laura, die mir jederzeit mit Rat und Tat zur Seite steht, mir den Rücken freihält und die Kraft gibt, dieses Projekt erfolgreich zu gestalten.

Daniel Leyhr

## **Zusammenfassung**

Die frühzeitige Identifikation, Selektion und Entwicklung talentierter Spieler stellen im Rahmen der Nachwuchsförderung wichtige und gleichsam schwere Aufgaben dar. Besonders in weitverbreiteten Sportarten wie dem Fußball müssen Trainer aus einer großen Anzahl an Nachwuchsspielern diejenigen auswählen und fördern, denen das größte Potential zugeschrieben wird, zukünftig einen der wenigen begehrten Plätze im Spitzenbereich einnehmen zu können. Die Auswahl solcher Talente erfolgt dabei meist auf Grundlage von subjektiven Urteilen der Trainer. Eine Herausforderung der Talentforschung ist in diesem Zusammenhang die Frage, inwiefern diese subjektiven Urteile im Rahmen der Talentselektion durch objektive Informationen unterstützt werden können. Innerhalb von Talentförderprogrammen großer Fußballnationen werden seit einiger Zeit objektive Diagnostiken durchgeführt. So wird etwa im Rahmen des DFB-Talentförderprogramms seit 2004 halbjährlich an den Stützpunkten deutschlandweit eine technomotorische Leistungsdiagnostik durchgeführt, die für das Anforderungsprofil eines Fußballers wichtige Schnelligkeitsfähigkeiten (z.B. Sprintfähigkeit) und technische Fertigkeiten (z.B. Ballkontrolle) erfasst.

In der sportwissenschaftlichen Talentforschung wird gerade für schnelligkeits- und technikbezogene Talentprädiktoren oftmals untersucht, welche prognostische Relevanz diese für das zukünftige Leistungsniveau der Spieler besitzen. Auch wenn in aktuell erschienenen Übersichtsarbeiten die Bedeutung von Schnelligkeitsfähigkeiten und technischen Fertigkeiten für zukünftigen Erfolg weitestgehend bestätigt werden kann, weist die Aufarbeitung des aktuellen Forschungsstandes auch auf Forschungsdefizite hin. Bislang liegen nur wenige Studien vor, die sich mit dem Erfolg eines Talents im Erwachsenenalter beschäftigen. Weiterhin erfolgt die Analyse der prognostischen Relevanz meist auf der Basis von Einzeldiagnostiken (z.B. 20m Sprint). Da einzelne Tests nur einen kleinen Teil der dahinterstehenden

übergeordneten Konstrukte (z.B. Schnelligkeit) abbilden können, ist aus sportwissenschaftlicher Sicht auch die prognostische Relevanz dieser latenten Größen zu untersuchen. Trotz einer dynamischen Konzeption des Talentbegriffs werden Studien zudem meist statisch (d.h., mit einmaliger Merkmalerhebung) durchgeführt. Daher fehlt es an Studien, die durch eine mehrmalige Erhebung der Talentprädiktoren im Jugendalter die dynamische Entwicklung der motorischen Leistungsfähigkeit und deren Bedeutung für zukünftigen Erfolg längsschnittlich analysieren. Außerdem besteht ein großer Bedarf an Studien mit weiblichen Nachwuchstalente. Die vorliegende Dissertationsschrift verfolgt die Absicht, gezielt diese Forschungslücken anhand von vier empirischen Studien zur prognostischen Relevanz der im DFB-Talentförderprogramm erhobenen schnelligkeits- und technikbezogenen Merkmale (20m Sprint, Gewandtheit, Dribbling, Ballkontrolle, Torschuss) anzusteuern und legt dabei besonderes Augenmerk auf die adäquate Auswahl statistischer Auswertungsverfahren zur Datenanalyse.

Während bisherige Studien meist die Bedeutung juveniler Talentprädiktoren für den Erfolg im mittleren oder späten Jugendalter analysieren, wird in *Studie 1* der zukünftige Erfolg im Erwachsenenalter betrachtet. Dabei wird in einem langen Prognosezeitraum von gut acht Jahren untersucht, inwiefern die bei Stützpunktspielern gemessenen motorischen Leistungen in der U12 eine Aussagekraft für das zukünftige Leistungsniveau im Herrenbereich (professionell, semi-professionell, Amateur) besitzen. Neben der Tatsache, dass sich alle Einzeltests als relevant für den späteren Erfolg erweisen, bestätigt die Verwendung latenter Strukturgleichungsmodelle die prognostische Bedeutung für die (den Einzeltests übergeordneten) theoretischen Konstrukte Schnelligkeit und Technik.

Dem dynamischen Verständnis des Talentbegriffs folgend, berücksichtigt *Studie 2* die mehrmalige Erhebung der Talentprädiktoren im Jugendalter, um Veränderungen der motorischen Leistungsfähigkeit und deren Bedeutung für den zukünftigen Erfolg analysieren

zu können. Konkret soll dabei die motorische Entwicklung von Nachwuchsspielern im Laufe ihrer Förderung am Stützpunkt von der U12 bis hin zur U15 untersucht und zudem geprüft werden, inwieweit diese selbst als eigenständiger Talentprädiktor für das Leistungsniveau im Erwachsenenalter (Spitzenbereich, Amateur) dienen kann. Die für längsschnittliche Datenanalyse empfohlenen Mehrebenenregressionsmodelle ergeben, dass sich die motorische Entwicklung in diesem Zeitraum nicht-linear vollzieht. In Bezug auf die Prognoserelevanz stellt sich heraus, dass zwar zukünftig erfolgreiche Spieler insgesamt besser in den Tests abschneiden als weniger erfolgreiche, sich im Zeitverlauf die beiden Gruppen jedoch in gleichem Maße verbessern. Für den in dieser Studie untersuchten Spezialfall von Talenten, die das Stützpunktprogramm von der U12 bis zur U15 vollständig durchlaufen haben, kann gezeigt werden, dass die motorische Entwicklung selbst gruppenbezogen keinen eigenständigen Talentprädiktor darstellt.

Dem Mangel an Studien mit weiblichen Nachwuchsathleten wird in den *Studien 3 und 4* Rechnung getragen. Da nicht ohne weiteres davon ausgegangen werden kann, dass Befunde, die bereits für den männlichen Nachwuchsbereich vorliegen, auf den weiblichen Bereich übertragen werden können, werden in diesen Studien die motorischen Leistungen von Spielerinnen an den Stützpunkten des DFB-Talentförderprogramms auf ihre prognostische Relevanz untersucht. Dabei können die Ergebnisse aus dem Jungenbereich für die Spielerinnen am Stützpunkt weitestgehend repliziert werden. Die motorischen Talentprädiktoren weisen auch im weiblichen Bereich eine prognostische Relevanz für den zukünftigen Erfolg auf. Bei den Mädchen stellt sich im Vergleich mit den Jungen insbesondere das Dribbling als relevantes Merkmal heraus, um zwischen zukünftig erfolgreichen und weniger erfolgreichen Spielerinnen zu trennen (Studie 3). Zudem unterscheiden sich diese beiden Gruppen – ähnlich wie bei den männlichen Stützpunktspielern – in ihrer motorischen Leistungsfähigkeit in Bezug auf das Ausgangsniveau, nicht aber hinsichtlich ihrer Entwicklung (Studie 4).

Zusammenfassend erweitern die im Rahmen der Dissertation gewonnenen Erkenntnisse für die gezielt angesteuerten Forschungslücken den aktuellen Forschungsstand zur prognostischen Bedeutung motorischer Talentprädiktoren für zukünftigen Erfolg. Die Relevanz der im DFB-Talentförderprogramm erhobenen technomotorischen Merkmale impliziert, dass diese von Trainern sowohl in der Trainingspraxis wie auch als Zusatzinformation bei der Talentselektion herangezogen werden können. Aufgrund des vielfältigen Anforderungsprofils für einen Spieler im Fußball und der Komplexität der Entwicklung im Jugendalter ist jedoch generell die Aussagekraft motorischer Merkmale zu klein, um sie als alleiniges Tool zur Talentselektion zu nutzen. Die diskutierten methodischen Perspektiven bieten zudem einen Anhaltspunkt für zukünftige prospektive Talentstudien.

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung .....</b>	<b>1</b>
1.1 Talentidentifikation, -entwicklung und -selektion .....	3
1.2 Sportwissenschaftliche Talentforschung im Fußball.....	4
1.3 Konkrete Problemstellung und Aufbau der Dissertation.....	10
<b>2 Theoretischer Hintergrund und empirischer Forschungsstand .....</b>	<b>14</b>
2.1 Rahmenmodelle potentieller Talentprädiktoren im Fußball.....	14
2.2 Zusammenhang von motorischer Leistungsfähigkeit im Jugendalter und zukünftigem Erfolg.....	19
2.2.1 Aktueller Forschungsstand .....	20
2.2.2 Forschungsdefizite .....	23
2.2.3 Zusammenfassung .....	32
<b>3 Empirische Studien .....</b>	<b>34</b>
3.1 The influence of speed abilities and technical skills in early adolescence on adult success in soccer: A long-term prospective analysis using ANOVA and SEM approaches	34
3.2 Longitudinal motor performance development in early adolescence and its relationship to adult success: An 8-year prospective study of highly talented soccer players.....	58
3.3 Prognostic relevance of motor tests in elite girls' soccer: A five-year prospective cohort study within the German talent promotion program .....	82
3.4 The adolescent motor performance development of elite female soccer players: A study of prognostic relevance for future success in adulthood using multilevel modelling .....	107
<b>4 Zusammenfassende Interpretation und Ausblick .....</b>	<b>131</b>
4.1 Die Betrachtung manifester und latenter Variablen: Prognostische Relevanz von motorischen Tests sowie Schnelligkeitsfähigkeiten und technischen Fertigkeiten.....	132



4.2 Die dynamische Betrachtung: Bedeutung der motorischen Entwicklung als Talentprädiktor für zukünftigen Erfolg .....	140
4.3 Die Übertragung auf den Mädchenfußball: Prognostische Relevanz von Schnelligkeitsfähigkeiten und technischen Fertigkeiten sowie deren Entwicklung.....	147
4.4 Die Methodik: Herausforderungen und Perspektiven prospektiver Talentforschung..	155
4.5 Abschließende Bemerkungen .....	160
<b>Literaturverzeichnis.....</b>	<b>162</b>

## Tabellenverzeichnis

<b>Tab. 1:</b> Descriptive and Inferential Statistics for the Diagnostics in U12 Separated by Players' Adult Performance Level. ....	40
<b>Tab. 2:</b> Descriptive Statistics of Motor Performances at the Assessed Measurement Points (U12, U13, U14, U15) for Elite (N = 145) and Non-elite Players (N = 989). ....	69
<b>Tab. 3:</b> Final Models' Regression Coefficients for each Motor Performance Parameter – Multilevel Regression Analyses (N = 1134). ....	71
<b>Tab. 4:</b> Sample sizes and multiple group comparisons for the U12 motor diagnostics of female and male players separated by selection level in middle-to-late adolescence. ....	94
<b>Tab. 5:</b> Logistic regression coefficients, estimated selection probabilities and odds ratios (ORs) based on the dummy-coded prediction variable score dichotomized at PR50 and PR90. ....	97
<b>Tab. 6:</b> Number of Female Players per Measurement Point Separated by APL. ....	113
<b>Tab. 7:</b> Number of Assessments per Player Separated by APL. ....	114
<b>Tab. 8:</b> Descriptive Statistics of Motor Performances at the Assessed Measurement Points (U12, U13, U14, U15) for future Professional and Non-professional Players. ....	118
<b>Tab. 9:</b> Multilevel Regression Analyses (N = 737) – Regression Coefficients for each Motor Performance Parameter. ....	120

## Abbildungsverzeichnis

<b>Abb. 1:</b> Struktur der DFB-Talentförderung (modifiziert nach Deutscher Fußball Bund, 2009). .....	2
<b>Abb. 2:</b> Potentielle Talentprädiktoren im Fußball (modifiziert nach Williams und Reilly, 2000). .....	16
<b>Fig. 3:</b> Descriptive Statistics for the Diagnostics in U12 Separated by Players' Adult Performance Level (Including the Effect Sizes for the Multiple Group Comparisons, see also Tab. 1). .....	45
<b>Fig. 4:</b> Players' Adult Performance Level Predicted by Two Latent Factors (SA and TS) with Simultaneous Consideration of Maturation-related Characteristics as Covariates. .....	47
<b>Fig. 5:</b> Players' Motor Performance Development from U12 to U15 Predicted by the Multilevel Regression Analyses and Separated by Adult Performance Level. .....	74
<b>Fig. 6:</b> Mean performances, standard errors and ANOVA statistics of U12 motor diagnostics separated by female players' future selection levels U17-national team (NT), regional association team (RA), and not further selected (NS). .....	92
<b>Fig. 7:</b> Selection probabilities obtained from logistic regression for reaching at least the regional association team (NT/RA) or the U17-national team (NT) based on the U12 score. .....	99
<b>Fig. 8:</b> Motor performance development from U12 to U15 for future professional and non-professional female athletes (predicted by multilevel regression analyses). .....	123
<b>Abb. 9:</b> Entwicklung der motorischen Gesamtleistung (Score) von der U12 (Zeit = 0.0) bis zur U15 (Zeit = 3.0) getrennt nach zukünftigem Leistungsniveau (Amateure/Profis). .....	145
<b>Abb. 10:</b> Motorische Entwicklung von Mädchen (grau) und Jungen (schwarz) von der U12 bis zur U15 am Stützpunkt aufgeteilt nach zukünftigem Leistungsniveau im Erwachsenenalter. .....	152

## **1 Einleitung**

Spätestens seit der Fußballweltmeisterschaft 2018 sehen die Presse und eine Vielzahl ausgewiesener Fußballexperten in Killian Mbappé den designierten Nachfolger von Lionel Messi und Cristiano Ronaldo als neuen Superstar im Weltfußball (Walt, 2018). Erneut wurde ein Fußballstar entdeckt, der Fans, Vereine und seinen Verband glücklich machen wird. Er hat es geschafft, vom kleinen Örtchen Bondy in den Banlieus von Paris über die Ausbildung im Leistungszentrum des AS Monaco hinweg mit gerade einmal 19 Jahren zum Superstar des europäischen Spitzenclubs Paris St. Germain zu werden (Soccerway, 2019) und zudem als vierfacher Torschütze bei der Weltmeisterschaft, Weltmeister und bester Nachwuchsspieler in die Annalen des prestigeträchtigsten Turniers im Fußball einzugehen.

Offenbar war es ein weiter und steiniger Weg, den der talentierte junge Mann erfolgreich bestritten hat, bedenkt man doch die Vielzahl an talentierten Nachwuchsspielern, die allesamt um das eine Ziel wetteifern: Fußballprofi werden. Sich gegen die sehr große Anzahl an Mitstreitern schon im Nachwuchsbereich immer wieder aufs Neue durchzusetzen und den Weg bis in die Elite im Herrenbereich zu bestreiten, ist eine schwere Aufgabe. Dass der Traum schlussendlich wahr wird, ist recht unwahrscheinlich, wenn man sich die vergleichsweise geringe Zahl an Spielern vor Augen führt, die überhaupt im Elitebereich einen Platz finden können. Vor diesem Problem stehen nicht nur Spieler, die als Talent den Sprung in den Profibereich schaffen möchten, sondern in ähnlicher Weise auch Trainer und Offizielle, die in der Talentförderung im Nachwuchsbereich arbeiten. Deren Ziel ist es, so früh als möglich diejenigen Talente zu erkennen, denen das Potential zugeschrieben wird zukünftig im Profibereich zu landen (Unnithan, White, Georgiou, Iga, & Drust, 2012).

Um dieser Herausforderung gerecht zu werden, investieren Vereine und Verbände mittlerweile große Summen an Geld (Coutinho, Mesquita, & Fonseca, 2016; Piggott, Müller, Chivers, Papaluca, & Hoyne, 2018) und aufwändige Arbeit in die Nachwuchsförderung. Dies lässt sich

auch am Umfang der Talentförderung des Deutschen Fußball-Bundes (DFB) erkennen, welche mehrere Ausbildungsstufen umfasst, angefangen von der Basisförderung im Kinderfußball an Vereinen und Schulen über die Talentförderung im Jugendalter bis hin zur Spitzenförderung im Erwachsenenalter (vgl. Abb. 1).

SPITZEN-SPIELER	AB <b>30</b> JAHRE	A-Nationalmannschaft			7
	<b>21-29</b> JAHRE	Internationale Vereinswettbewerbe Bundesliga, 2./3. Liga			
PERSPEKTIV-SPIELER	<b>19/20</b> <b>17/18</b> JAHRE	Lizenzvereine/ Eliteschulen des Fußballs	Nationalmannschaften U19 U20 U21	Höchster Amateurbereich	5
A-JUNIOREN U18/U19	<b>15-18</b> JAHRE	Leistungszentren/ Eliteschulen des Fußballs	Juniorennationalmannschaften U15 U16 U17 U18		4
B-JUNIOREN U16/U17			Talentförderung der LV und Vereine		
C-JUNIOREN U14/U15	<b>11-14</b> JAHRE	Leistungszentren/ Eliteschulen des Fußballs	<b>DFB- TALENTFÖRDER- PROGRAMM</b>		3
D-JUNIOREN U12/U13					
E-JUNIOREN U10/U11	<b>7-10</b> JAHRE	Vielseitige Sportaktivitäten und Fußballspielen in Verein und Schule			2
F-JUNIOREN U8/U9					
BAMBINI UND JÜNGER U7	<b>3-6</b> JAHRE	Bewegen und vielseitiges Spielen in Verein, Kindergarten und Schule			1

Abb. 1: Struktur der DFB-Talentförderung (modifiziert nach Deutscher Fußball Bund, 2009).

Im D- und C-Juniorenbereich (11-14 Jahre) werden an den Leistungszentren der Lizenzvereine in jeder Altersklasse gut 800 talentierte Spieler gefördert. Neben den Leistungszentren stellt in diesem Altersbereich das *DFB-Talentförderprogramm an den Stützpunkten*, welches den Rahmen für die vorliegende Dissertation bildet, eine tragende Säule des Ausbildungssystems dar. In den Kernaltersklassen U12 bis U15 wird bundesweit an 366 Stützpunkten circa 14.000

talentierten Nachwuchsspielern<sup>1</sup> ein wöchentliches Zusatztraining angeboten. Die an den Stützpunkten geförderten Spieler gehören damit etwa zu den besten vier Prozent ihrer Altersklasse (Schott, 2011). Aus diesem großen Pool an Talenten haben qualifizierte Honorartrainer unter anderem die Aufgabe, potentielle Toptalente zu erkennen, zu fördern und weiterzuentwickeln, sodass sich deren Potential bis hin zum Hochleistungssport entfaltet.

### **1.1 Talentidentifikation, -entwicklung und -selektion**

Williams und Reilly (2000) beschreiben *Talent* als eine Kombination von besonderen Eigenschaften einer Person, die sie in einem bestimmten, abgegrenzten Bereich von anderen Personen unterscheidet. Auf Basis mancher dieser Merkmale, so Williams und Reilly (2000), können geschulte, erfahrene Trainer bereits in frühen Jahren Talente erkennen und möglicherweise diejenigen davon herausfiltern, die später erfolgreich sein werden und demzufolge gefördert werden sollten. Der Prozess, dem ein Spieler innerhalb dieser Förder- und Ausbildungsphase unterworfen wird, ist komplex. Williams und Reilly (2000) gliedern diesen in drei ineinandergreifende, wiederkehrende Phasen: (1) *Talentidentifikation*, (2) *Talententwicklung*, (3) *Talents Selektion*. Die erste Phase der Talentidentifikation umfasst dabei das Ausmachen von Fußballspielern, denen das Potential zugeschrieben wird, später erfolgreich zu sein. Besonders wichtig ist hierbei, dieses Potential vielschichtig (d.h., mit Bezug auf Leistungsfaktoren aus unterschiedlichen Bereichen, z.B. physiologische oder psychologische Merkmale) und über eine längere Zeit hinweg immer wieder aufs Neue zu bewerten. Identifizierte Talente sollten dann systematisch unterstützt und trainiert werden. Der Phase der Talententwicklung kommt innerhalb des Talentförderprozesses eine zentrale Rolle zu, da dem Talent hier geeignete Bedingungen innerhalb des Trainingsprozesses bereitgestellt werden müssen, sodass es das ihm zugeschriebene Potential auch entfalten kann (Reilly, Williams,

---

<sup>1</sup> In den Ausführungen der einleitenden Kapitel 1 und 2 wird, wenn von Personen, Spielern o.ä. die Rede ist, nicht zwischen männlich und weiblich unterschieden. Wenn daher von Personen, Spielern o.ä. in der männlichen Form die Rede ist, so bezieht sich dies auf beide Geschlechter, wenn nicht explizit anders angedeutet.

Nevill, & Franks, 2000). Die Talentselektion selbst umfasst schließlich die Übernahme des Talents in eine nächsthöhere Förderstufe oder Altersklasse (z.B. Auswahlmannschaft, Übernahme in den nächsten Jahrgang in einem Nachwuchsleistungszentrum). In diesem immer wiederkehrenden Prozess, in dem das Talent und dessen Potential über längere Zeit hinweg immer wieder neu bewertet werden müssen, kommt dem Trainer eine entscheidende Rolle zu, da dieser für die fortlaufende Förderung und den Erfolg des Talents verantwortlich ist. Die Entscheidung darüber, ob ein Talent weiter förderfähig ist oder nicht, wird dabei meist auf Basis eines subjektiven Urteils des verantwortlichen Trainers gefällt (Christensen, 2009; Johansson & Fahlén, 2017). Dies stellt ein Urteil mit weitreichenden Konsequenzen dar, die die Karriere eines jungen Spielers möglicherweise nachhaltig beeinflusst. Angesichts der großen Bedeutung dieser Trainerentscheidungen erscheint es daher sinnvoll, die subjektiven Einschätzungen der Trainer über junge Talente um objektiv messbare Kriterien zu ergänzen. Sportwissenschaftliche Unterstützung kann es in diesem Zusammenhang ermöglichen, Trainern eine umfangreichere Grundlage für deren Selektionsurteile darzulegen.

## **1.2 Sportwissenschaftliche Talentforschung im Fußball**

Basierend auf den praktischen Schwierigkeiten der Talentidentifikation hat sich die sportwissenschaftliche Talentforschung zum Ziel gesetzt, Trainern hilfreiche Mittel und Informationen bereitzustellen, welche für den Talentförderprozess unterstützend eingesetzt werden können. Dazu haben sich im Rahmen von breit angelegten nationalen Talentförderprogrammen (Deutscher Fußball Bund, 2009; The Premier League, 2011) Leistungsdiagnostiken etabliert, die Nachwuchstrainer in ihrer Arbeit (z.B. im Training) unterstützen sollen (Unnithan et al., 2012). So wird etwa innerhalb des DFB-Talentförderprogramms bereits seit 2004 halbjährlich deutschlandweit eine technomotorische Leistungsdiagnostik an den Stützpunkten durchgeführt. Neben hilfreichen Informationen, die Trainer hier für die Gestaltung von Trainingsinhalten ableiten können, stellt sich in diesem Zusammenhang die in der Wissenschaft kontrovers diskutierte Frage, inwiefern solche

objektiven Diagnostiken auch zur Unterstützung bei Selektionsentscheidungen verwendet werden können (Carling, Wright, Nelson, & Bradley, 2013). Insbesondere wird dabei hinterfragt, inwieweit juvenil erhobene Leistungen einen verlässlichen Indikator für zukünftigen Erfolg darstellen.

Daher beschäftigen sich in der Talentforschung viele Forschergruppen mit der „Quest for the Holy Grail“ (McCall, Fanchini, & Coutts, 2017, S. 704): Woran kann man bereits im frühen Nachwuchsalter erkennen, ob ein Talent den Sprung in den absoluten Spitzenbereich schaffen wird? Dieser Frage kann sowohl mit einem retro- als auch prospektiven Ansatz der Talentforschung nachgegangen werden. Ersterer bezeichnet ein Vorgehen, bei welchem der Entwicklungsweg eines Spitzenfußballers zurückblickend untersucht wird. Hier stellt sich zum Beispiel die Frage: ‚Wodurch zeichneten sich heutige Experten in einer Sportart im juvenilen Alter im Vergleich zu weniger erfolgreichen Athleten aus?‘. Im Gegensatz dazu wird im Rahmen eines prospektiven Forschungsansatzes eine Vorhersage über die zu erwartende Höchstleistung in den Mittelpunkt gerückt. Man beschäftigt sich also mit der Frage: ‚Wohin schafft es ein Talent?‘ (Hohmann, 2004; Höner, Larkin, Leber, & Feichtinger, 2019, in Druck).

Innerhalb dieses prospektiven Ansatzes spielt die *Identifizierung von Merkmalen* im Kindes- und Jugendalter eine große Rolle, die eine Aussage darüber zulassen, ob ein Talent später erfolgreich ist. Im Fußball stehen diesbezüglich insbesondere *Schnelligkeitsfähigkeiten* und *technische Fertigkeiten* sowohl in der Praxis als auch in der Wissenschaft im Fokus der Betrachtung (Vaeyens, Lenoir, Williams, & Philippaerts, 2008), da diese eine zentrale Rolle innerhalb des Anforderungsprofils eines Fußballspielers einnehmen (z.B. Rebelo et al., 2013) und von Trainern als wichtige Merkmale zur Identifikation von Talenten herangezogen werden (Saether, 2014). So ist einerseits die Förderung und Entwicklung von Schnelligkeitsfähigkeiten und technischen Fertigkeiten bei Nachwuchsspielern ein zentraler Bestandteil in Ausbildungsleitfäden von Talentförderprogrammen großer Fußballnationen (Deutscher



Fußball Bund, 2009; The Premier League, 2011). Andererseits beschäftigen sich zahlreiche Forscher mit der Bedeutung dieser Merkmale für zukünftigen Erfolg (z.B. Gonaus & Müller, 2012; Höner & Votteler, 2016; Huijgen, Elferink-Gemser, Ali, & Visscher, 2013; Le Gall, Carling, Williams, & Reilly, 2010). Letztere analysieren den Zusammenhang potentieller, im Nachwuchsalter gemessener, schnelligkeits- oder technikbezogener Talentprädiktoren (z.B. geradlinige Sprintfähigkeit oder Dribbling) mit dem zukünftigen Leistungsniveau von Spielern. Dabei gilt es auf Prädiktorenebene zu berücksichtigen, dass aktuell in Studien Schnelligkeitsfähigkeiten und technische Fertigkeiten meist über einzelne Diagnostiken (z.B. 20m Sprint, Slalomparcours oder Passtests) erhoben werden. Darauf aufbauend analysieren Forscher den Zusammenhang zwischen *manifesten Testleistungen und dem zukünftigen Erfolg* (z.B. Deprez, Franssen, Lenoir, Philippaerts, & Vaeyens, 2015). Diese Vorgehensweise bildet eine besonders für den Trainer und dessen Trainingsgestaltung relevante praktische Perspektive ab. Da jedoch diese Tests teilweise nur bestimmte Schnelligkeitsfähigkeiten oder technische Fertigkeiten abbilden können, ist es aus Sicht der Wissenschaft zudem erforderlich, die *prognostische Bedeutung der den Tests übergeordneten Konstrukte Schnelligkeit und Technik* zu untersuchen. Auf dieser theoretischen Ebene erfordert eine adäquate Untersuchung der Relevanz dieser Konstrukte für zukünftigen Erfolg eine geeignete Diagnostik. Diesbezüglich konnte beispielsweise die Konstruktvalidität für Schnelligkeit und Technik für die im Rahmen des DFB-Talentförderprogramms erhobenen technomotorischen Tests bereits nachgewiesen werden (Höner, Votteler, Schmid, Schultz, & Roth, 2015). Seitens der sportwissenschaftlichen Talentforschung erscheint es darauf aufbauend zielführend, den Zusammenhang dieser beiden übergreifenden Konstrukte mit dem zukünftigen Leistungsniveau zu untersuchen.

Mit Bezug auf diese Fragestellung sind jedoch nicht nur potentielle Talentprädiktoren, sondern auch die Bestimmung des zukünftigen Leistungsniveaus als Kriteriumsvariable ausschlaggebend. Dabei ist eine *geeignete Wahl des Kriteriums* zu beachten, welches bei der

Analyse der prognostischen Relevanz potentieller Talentmerkmale angelegt wird. Hierbei reicht das Spektrum vom Erreichen der nächsthöheren Altersklasse (Deprez, Fransen, Boone, et al., 2015) über den Eintritt in ein Nachwuchsleistungszentrum und die Auswahl für eine Juniorenverbandsauswahl (Höner & Votteler, 2016) bis hin zum Erhalt eines Vertrages in einem Profiklub (Forsman, Blomqvist, Davids, Liukkonen, & Konttinen, 2016). Diese Auswahl der Kriteriumsvariablen steht auch unmittelbar mit dem daraus resultierenden Prognosezeitraum in Zusammenhang. Besonders häufig werden auch aus pragmatischen Gründen meist kurze oder (maximal) mittlere Zeiträume bis hin zu drei Jahren gewählt, die dann das Erreichen der nächsthöheren Altersstufe oder eines Leistungszentrums für die Ausbildung des Talentes beinhalten (Murr, Raabe, & Höner, 2018). Allerdings rückt aus inhaltlicher Sicht oftmals die Frage nach dem langfristigen Erfolg in den Fokus: „Wohin kommen die Begabten?“ (Heller, 2002, S. 52). Berücksichtigt man dies, so ergibt sich daraus konsequenterweise die Notwendigkeit, die Wahl des Kriteriums mit Blick auf langfristigen Erfolg bei der Analyse der Prognoserelevanz von Talentprädiktoren anzupassen. Demzufolge muss auch das Kriterium auf das Zielalter angepasst werden. Dahingehend erscheint es wichtig, auch den Erwachsenenbereich in den Fokus prospektiver Betrachtungen einzuschließen. Dafür müssen im Nachwuchsalter erhobene Talentprädiktoren über einen langen Prognosezeitraum hinweg auf deren prognostische Bedeutung für das Zielalter untersucht werden. Dies kann beispielsweise mittels einer frühen Merkmalerhebung zu Beginn der Talentförderung in der U12, der Erhebung der Kriteriumsvariablen im Erwachsenenalter (z.B. Spieler in einem Profiverein der deutschen Bundesliga) und dem daraus resultierenden Prognosezeitraum von mindestens acht Jahren erfolgen.

Neben der Wahl der Kriteriumsvariablen und dem daraus resultierenden Prognosezeitraum stellt sich auf der Ebene der Prädiktorvariablen die Frage nach dem passenden Verständnis des Talentbegriffs. Hierbei spielt die Unterscheidung zwischen dem statischen und dynamischen Talentverständnis eine wichtige Rolle. Während bei einem statischen Verständnis eine

einmalige Messung der Prädiktorvariablen vorgenommen und diese dann im Hinblick auf die Bedeutung für späteren Erfolg analysiert wird, erfordert ein dynamisches Verständnis von Talent die *mehrmalige Merkmalerhebung auf Prädiktorebene* (Abbott & Collins, 2002; Hohmann, 2009). Letzterem liegt hierbei die Annahme zugrunde, dass Leistung und zugrundeliegende Leistungsvoraussetzungen von Nachwuchsathleten einer stetigen Veränderung unterliegen. Dies kann sowohl körperliche als auch soziale und psychische Merkmale betreffen (Höner, Larkin, et al., 2019, in Druck). Beispielsweise könnte ein vor der Pubertät herausragend gewandter Spieler nach der Pubertät etwa durch Veränderungen seiner Körperstatur nur noch durchschnittlich gut hinsichtlich der Gewandtheit sein. Diese Veränderungen eines Merkmals können damit auch eine Auswirkung auf dessen prognostische Relevanz haben und implizieren die Notwendigkeit einer längsschnittlichen Analyse potentieller Talentprädiktoren. Gleichzeitig erfordert dies die Entwicklung eines Talentmerkmals an sich, sprich die Veränderung des Merkmals, bei der Beurteilung der Prognoserelevanz mit einzubeziehen (Hohmann, 2009).

Neben diesen Überlegungen, die vorwiegend Merkmale des Studiendesigns im Rahmen prospektiver Talentstudien betreffen, begründen auch aktuelle Entwicklungen im Fußball den Bedarf an Forschung zur prognostischen Bedeutung potentieller Talentmerkmale. So hat das Interesse am Frauenfußball in den letzten beiden Jahrzehnten deutlich zugenommen. Im Jahr 2014 zählte die FIFA über 30 Millionen weibliche Fußballspielerinnen (FIFA, 2014), die UEFA berichtet im Zeitraum von 2010 bis 2014 von einem Anstieg der finanziellen Mittel im Bereich des europäischen Frauenfußballs auf das Dreifache (UEFA, 2015). Generell ist die Anzahl an in Vereinen spielenden Fußballerinnen innerhalb des letzten Jahrzehnts um gut 32% gestiegen (Manson, Brughelli, & Harris, 2014). Diese wachsende Nachfrage im Mädchen- und Frauenfußball geht unmittelbar mit steigenden Anforderungen an die Talentförderung im *weiblichen Nachwuchsbereich* einher. Aus einer größer werdenden Anzahl junger weiblicher Nachwuchstalente müssen diejenigen herausgefiltert werden, die später den Sprung in den

professionellen Bereich schaffen. Auch im Bereich des Frauenfußballs besteht das Bestreben sportwissenschaftlicher Forschung darin, Praktikern hilfreiche Zusatzinformationen darüber zu vermitteln, inwiefern bestimmte Merkmale eine prognostische Relevanz für den späteren Erfolg haben. In diesem Zusammenhang drängt sich dabei unwillkürlich die Frage auf, inwieweit bereits vorliegende Befunde aus dem männlichen auf den weiblichen Nachwuchsbereich übertragen werden können. Williams und Reilly (2000) stehen der Möglichkeit des Transfers kritisch gegenüber und fordern bereits zur Jahrtausendwende die Ausweitung der Talentforschung auf weibliche Nachwuchsspieler:

*“It is by no means clear that conclusions about young talented male players can be generalized to females. It is likely that the growth in female participation in soccer will continue well into the future. It is important, therefore, that research into talent identification and development is extended to address issues related to young female soccer” (S. 664).*

Daraus ergibt sich die Notwendigkeit, die Bedeutung potentieller Talentprädiktoren im Fußball auch im weiblichen Nachwuchsbereich zu untersuchen. Darauf aufbauend können sowohl für den späteren Erfolg bedeutsame Merkmale im weiblichen Nachwuchsfußball als auch die Übertragbarkeit von Befunden vom Jungen- auf den Mädchenbereich analysiert werden. Letzteres erscheint insbesondere wichtig, um Erkenntnisse zu generieren, die zur Beantwortung der Frage nach einer gemeinsamen Förderung von Jungen und Mädchen im Talentbereich beitragen können. Diese Diskussion über die Möglichkeit einer koedukativen Förderung, die bisweilen aus dem Bereich des Schulsports bekannt ist, wird aktuell auch in der sportwissenschaftlichen Forschung im Fußball diskutiert (z.B. Reinders, Hoos, & Varlemann, 2018).

Zusammenfassend ergeben sich aus den vorangegangenen Überlegungen sowohl in Bezug auf den männlichen wie auch auf den weiblichen Nachwuchsbereich inhaltliche Forschungsansätze

im Rahmen prospektiver Talentstudien. Diese betreffen einerseits die Erweiterung der Kriteriumsvariablen auf das Zielalter (Erwachsenenalter), andererseits aber auch die Untersuchung der prognostischen Relevanz latenter Konstrukte (Schnelligkeit und Technik) und der motorischen Entwicklung im Längsschnitt. Insbesondere für die Betrachtung latenter Konstrukte sowie der längsschnittlichen Datenanalyse ergibt sich zudem die Notwendigkeit der *Auswahl passender statistischer Auswertungsverfahren*. Wichtig hierbei ist, die Auswahl an die Forschungsfrage und die Datenstruktur anzupassen. So erfordert die Datenanalyse komplexer Zusammenhänge zwischen manifesten und latenten Variablen die Verwendung von Strukturgleichungsmodellen. Aufgrund der hierarchischen Struktur längsschnittlicher Daten wird hingegen bei deren Betrachtung der Einsatz von Mehrebenenanalysen empfohlen (Döring & Bortz, 2016). Da bislang nur wenige Studien prospektiver Talentforschung diese Methoden verwenden, bedarf es auch in diesem Zusammenhang weiterer Erkenntnisse über deren gewinnbringenden Einsatz in diesem Forschungsfeld.

### **1.3 Konkrete Problemstellung und Aufbau der Dissertation**

Das primäre Ziel von Talentförderprogrammen im Fußball ist die möglichst frühzeitige Identifikation derjenigen Nachwuchstalente, die später den Sprung in den Profibereich schaffen. Aufgrund der sehr großen Zahl an Nachwuchsspielern, von denen nur ein kleiner Teil diesen Sprung vollziehen wird, sowie dem vielfältigen, komplexen Anforderungsprofil des Fußballspiels (Slimani & Nikolaidis, 2019), stellt dies eine schwer zu bewältigende Aufgabe dar. Aus Sicht der sportwissenschaftlichen Talentforschung stellt sich hierbei insbesondere die Frage, inwieweit Trainer, denen diese schweren Aufgabe zukommt, durch die Erhebung objektiver Merkmale in ihren meist subjektiven Selektionsentscheidungen unterstützt werden können. Mit Blick auf potentielle objektive Merkmale beschäftigt sich die vorliegende Dissertationsschrift vordergründig mit den schnelligkeitsbezogenen Fähigkeiten und technischen Fertigkeiten, welche im Rahmen der technomotorischen Leistungsdiagnostik des DFB-Talentförderprogramms erhoben werden. Das Hauptaugenmerk dieser Dissertation liegt

dabei in der Untersuchung der Prognoserelevanz dieser Merkmale für den zukünftigen Erfolg im Erwachsenenalter. Neben der Verwendung geeigneter statistischer Auswertungsverfahren (latente Strukturgleichungs- und Mehrebenenmodelle) liegen dabei die inhaltlichen Schwerpunkte insbesondere auf der prognostischen Bedeutung der beiden übergeordneten Konstrukte Schnelligkeit und Technik, sowie der motorischen Entwicklung dieser Merkmale. Außerdem steht die Frage im Vordergrund, inwiefern sich diesbezüglich im männlichen Nachwuchsbereich gewonnene Erkenntnisse auf den weiblichen übertragen lassen.

Aufbauend auf einem einführenden Kapitel zur Talentidentifikation, -entwicklung sowie -selektion und wichtigen Facetten der sportwissenschaftlichen Talentforschung werden im Kapitel 2 die für diese Dissertation wichtigen Rahmenkonzeptionen und -modelle vorgestellt. Die Beschreibung des aktuellen Forschungsstandes zur Prognoserelevanz der in dieser Arbeit im Blickpunkt stehenden motorischen Merkmale für späteren Erfolg im Erwachsenenalter sowie diesbezüglichen Forschungsdefiziten bildet den Abschluss des zweiten Kapitels.

Den Kernpunkt der Dissertation bildet Kapitel 3, in welchem die vier in dieser kumulativen Dissertation enthaltenen empirischen Studien zur Prognoserelevanz motorischer Merkmale für späteren Erfolg dargelegt werden. Die Manuskripte dieser Studien wurden in international anerkannten übergreifend wissenschaftlichen, sportmedizinischen sowie sportwissenschaftlichen Zeitschriften eingereicht bzw. bereits publiziert.

- (1) Höner, O., Leyhr, D., & Kelava, A. (2017). The influence of speed abilities and technical skills in early adolescence on adult success in soccer: A long-term prospective analysis using ANOVA and SEM approaches. *PloS one*, 12(8), e0182211. doi:10.1371/journal.pone.0182211.
- (2) 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), e0196324.  
doi:10.1371/journal.pone.0196324.

- (3) Höner, O., Raabe, J., Murr, D. & Leyhr, D. (2019, in Druck). Prognostic relevance of motor talent predictors in elite girls' soccer: A prospective cohort study within the German talent development program. *Science and Medicine in Soccer*.
- (4) Leyhr, D., Raabe, J., Schultz, F., Kelava, A., & Höner, O. (2019, in Revision). The adolescent motor performance development of elite female soccer players: A study of prognostic relevance for future success in adulthood using multilevel modeling. *Journal of Sports Sciences*.

Die Grundlage für *Studie 1* bildet die Tatsache, dass nur wenige Studien aktuell die getesteten Nachwuchssportler bis in den Profibereich begleiten und die prädiktive Bedeutung juvenil erhobener Talentmerkmale für das eigentliche Zielalter (Erwachsenenalter) analysieren. Dabei untersuchen Studien bislang meist den Zusammenhang von manifesten Testleistungen und zukünftigem Erfolg. In Studie 1 werden die beschriebenen Forschungsdefizite aufgegriffen und der prädiktive Bedeutungsgehalt der im DFB-Talentförderprogramm implementierten technomotorischen Leistungsdiagnostik für das Erreichen des Profibereichs im deutschen Fußball sowohl in einer praktischen (d.h., auf die Bedeutung der einzelnen Tests in der Praxis bezogen) als auch in einer theoretischen (d.h., auf die Bedeutung der durch die Tests gemessenen Größen Schnelligkeit und Technik bezogen) Herangehensweise analysiert.

Aufgrund der dynamischen Konzeption des Talentbegriffs (Hohmann, 2009) besteht zudem hinsichtlich der empirischen Evidenz für motorische Talentmerkmale der Bedarf an längsschnittlichen Untersuchungen von Athleten, um den in der motorischen Entwicklung der Spieler steckenden Informationsgehalt für den späteren Erfolg bewerten zu können. Dennoch sind aktuell hauptsächlich querschnittliche Studien oder prospektive Studien mit einmaliger Erhebung auf Prädiktorenebene vorherrschend (Murr, Raabe, et al., 2018). Darauf aufbauend

werden in *Studie 2* schnelligkeits- und technikbezogene Merkmale innerhalb der Leistungsdiagnostik im DFB-Talentförderprogramm mehrmals in einem Zeitraum von insgesamt drei Jahren erhoben, die motorische Entwicklung der Jugendlichen analysiert und in Bezug zum Erfolg im Erwachsenenalter gestellt. Dabei liegt das Interesse besonders in der Untersuchung der motorischen Entwicklung als potentiell eigenständigen Talentprädiktor für das Erreichen des Profibereichs.

Das wachsende Interesse am Frauenfußball steigert auch den Informationsbedarf in der weiblichen Talentförderung. Allerdings stellen einige Wissenschaftler in Frage, inwieweit sich Befunde, die aus Studien mit männlichen Nachwuchsathleten abgeleitet wurden, auf die weibliche Talentförderung übertragen lassen (Johnston, Wattie, Schorer, & Baker, 2018; A. M. Williams & Reilly, 2000). In Bezug auf die empirische Evidenz motorischer Talentprädiktoren betonen aktuelle Übersichtsarbeiten zur prognostischen Relevanz personbezogener Talentprädiktoren (Johnston et al., 2018; Murr, Feichtinger, Larkin, O'Connor, & Höner, 2018; Murr, Raabe, et al., 2018) den Bedarf an Studien mit weiblichen Nachwuchsathleten, um die Übertragbarkeit von Befunden vom männlichen auf den weiblichen Bereich zu prüfen. Hier setzen die *Studien 3 und 4* der vorliegenden Dissertation an. Studie 3 analysiert in einer Stichprobe weiblicher Nachwuchsspieler die Prognoserelevanz motorischer Talentmerkmale in der frühen Adoleszenz (U12) für den Erfolg im späten Jugendalter (U17 Nationalmannschaft), wohingegen der Erfolg im Erwachsenenalter und die Analyse der motorischen Entwicklung innerhalb des Talentförderprogramms (U12 bis U15) bei Studie 4 im Vordergrund steht.

Im abschließenden Kapitel 4 werden die zentralen Erkenntnisse der in der Dissertation enthaltenen Manuskripte zusammengetragen und hinsichtlich ihrer praktischen und wissenschaftlichen Relevanz bewertet.



## **2 Theoretischer Hintergrund und empirischer Forschungsstand**

Im folgenden Kapitel werden zunächst die Rahmenmodelle innerhalb der sportwissenschaftlichen Talentforschung vorgestellt, die für die empirischen Studien zur prognostischen Relevanz schnelligkeits- und technikbezogener Talentprädiktoren im Fußball bedeutsam sind. Darauf aufbauend bietet die Darstellung des aktuellen Forschungsstandes zum Zusammenhang juvenil erhobener motorischer Talentprädiktoren und zukünftigem Erfolg dann die Grundlage, um daraus Forschungsdefizite abzuleiten.

### **2.1 Rahmenmodelle potentieller Talentprädiktoren im Fußball**

Um den komplexen Anforderungen der Teamsportart Fußball gerecht zu werden, muss ein Spieler eine Vielzahl von Fähigkeiten und Fertigkeiten besitzen und diese zur richtigen Zeit in der geforderten Ausprägung abrufen bzw. an die jeweilige Situation anpassen (Ali, 2011; Vaeyens et al., 2008; A. M. Williams, 2000). Dabei wird dieses komplexe Anforderungsprofil aus den Aufgaben abgeleitet, die dem Spieler im Rahmen des Profifußballs gestellt werden. Für die Talentförderung ergibt sich daraus die Herausforderung, diejenigen Talente zu identifizieren und zu fördern, die im Profifußball über ein komplexes, gut ausgebildetes Spektrum an Leistungsfaktoren verfügen, um auf höchstem Level Spitzenleistungen zu erzielen. Die Ausbildung eines solchen Spektrums erfordert bereits bei der Förderung und Entwicklung der Talente im Nachwuchsalter die Berücksichtigung einer Vielfalt an Faktoren (Buekers, Borry, & Rowe, 2015). Hierzu gehören sowohl soziologische (z.B. Bildung, Beziehung zwischen Trainer und Athlet), als auch anthropometrische (z.B. Körpergröße und -gewicht), physiologische (z.B. Schnelligkeit, Kraft) und psychologische (z.B. Motivation, Spielintelligenz) Merkmale (Vaeyens, Coelho e Silva, Visscher, Philippaerts, & Williams, 2013). Allerdings ist hierbei unklar, inwiefern diese vielfältigen Anforderungen an das Spiel im Hochleistungs- bzw. Profialter kongruent zu den Anforderungen in der Ausbildungsphase eines Athleten sind (Baker, Schorer, & Wattie, 2018). Dies bedeutet, dass nicht zwangsläufig

ein in bestimmten Bereichen leistungsstarker Nachwuchsspieler zukünftig einen leistungsstarken Spieler im Erwachsenenbereich darstellt (Elferink-Gemser, Huijgen, Coelho E Silva, Lemmink, & Visscher, 2012). Aus dieser Problematik ergibt sich für die sportwissenschaftliche Talentforschung die Herausforderung, aus der Vielfalt einzelner Faktoren eines mehrdimensionalen Merkmalsspektrums diejenigen herauszufiltern, die eine Aussagekraft darüber enthalten, ob ein Talent das Potential besitzt, später den Sprung in den Profifußball zu schaffen oder nicht. Bei der Suche nach solchen geeigneten Talentprädiktoren können wissenschaftliche Rahmenmodelle zur Hilfe herangezogen werden.

Für eine prospektive Talentforschung eignen sich leistungsorientierte Begabungsmodelle wie das Münchner Hochbegabungsmodell (Munich Model of Giftedness, MMG) von Heller (2002) oder das differenzierte Begabungs- und Talentmodell (Differentiated Model of Giftedness and Talent, DMGT) von Gagné (2010) aus der Bildungsforschung (Höner, Larkin, et al., 2019, in Druck), die in Teilen bereits auf den Sportbereich übertragen wurden (Güllich & Krüger, 2013; Höner & Feichtinger, 2016; Vaeyens et al., 2008). Begabung wird hier als überdurchschnittliche Leistung in einem bestimmten Bereich definiert, welche die teilweise angeborene Voraussetzung dafür bildet, herausragende Leistungen in spezifischen, mitunter verschiedenen Bereichen zu entwickeln. Diese Entfaltung der Begabung vollzieht sich dabei in einer Wechselwirkung von umwelt- und personbezogenen Lernbedingungen. Diese Systematik des MMG und DMGT verwendeten bereits Williams und Reilly (2000) in ihrem heuristischen Modell potentieller Talentprädiktoren im Fußball, in dem sie eine grundsätzliche Unterscheidung in umwelt- und personbezogene Faktoren vornehmen. Neben umweltbezogenen Prädiktoren wie der Unterstützung durch die Eltern, der Bildung oder der Trainer-Athlet-Beziehung, ordnen die Autoren potentielle Talentprädiktoren den Bereichen anthropometrischer, physiologischer und psychologischer Merkmale zu (vgl. Abb. 2).

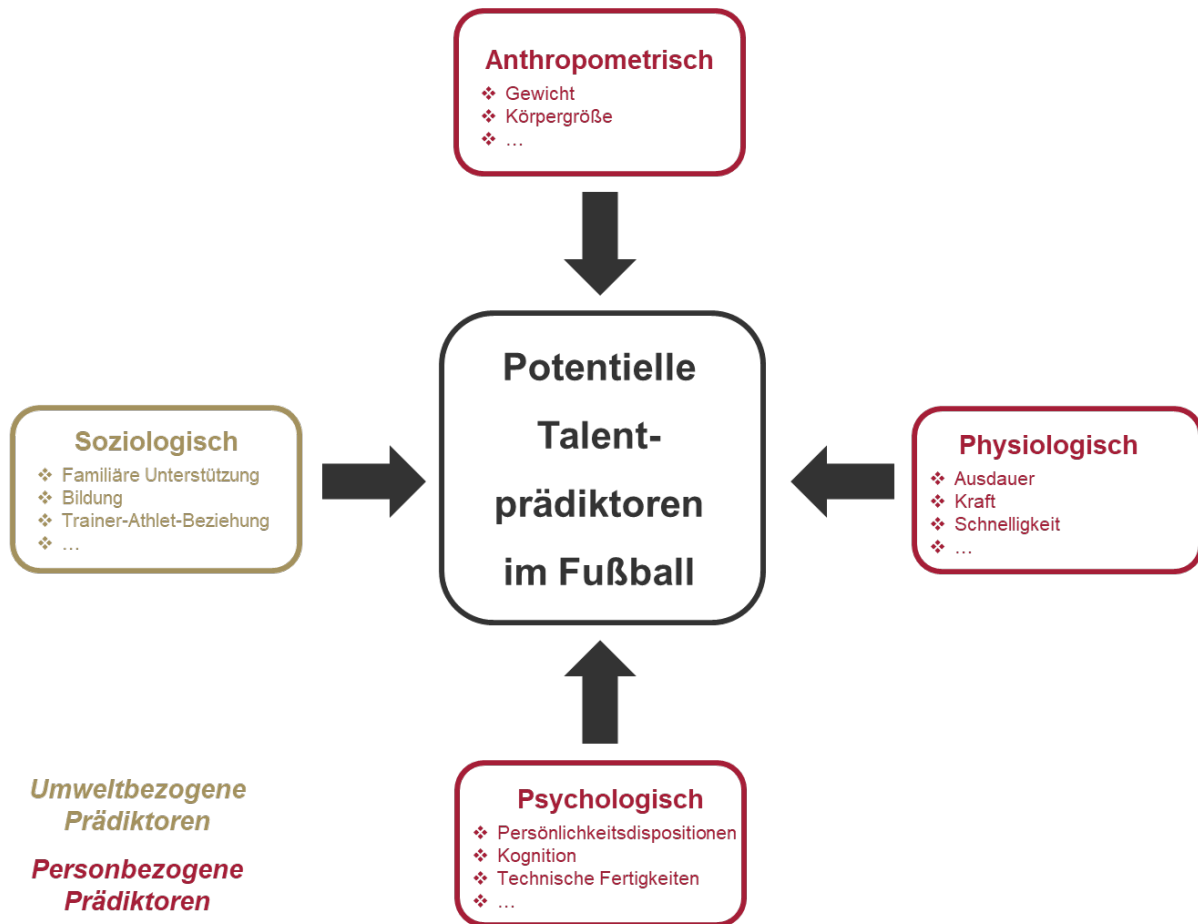


Abb. 2: Potentielle Talentprädiktoren im Fußball (modifiziert nach Williams und Reilly, 2000).

Dieses kurz nach der letzten Jahrtausendwende entstandene Modell wird in der Forschung häufig als Grundlage verwendet. Dabei untersuchen Wissenschaftler in oftmals querschnittlich angelegten Studien, inwiefern sich erfolgreiche von weniger erfolgreichen Spielern hinsichtlich einzelner Prädiktoren aus den verschiedenen Merkmalsbereichen unterscheiden lassen (für eine Übersicht zu anthropometrischen und physiologischen Merkmalen, siehe auch Slimani & Nikolaidis, 2019).

In einer Studie mit portugiesischen U14-Nachwuchsspielern erweisen sich in Bezug auf anthropometrische Merkmale die für eine Regionalauswahl selektierten Fußballspieler als signifikant größer und schwerer als nicht selektierte (Coelho e Silva et al., 2010). Des Weiteren unterscheiden sich die körperlichen Merkmale von Spielern auch im Hinblick auf die Spielposition. So zeigen Bidaurrazaga-Letona, Carvalho, et al. (2015) in ihrer Untersuchung

portugiesischer Nachwuchsspieler signifikante Unterschiede hinsichtlich Körpergröße und -gewicht zwischen Spielern unterschiedlicher Spielpositionen auf. Rebelo et al. (2013) finden diese Unterschiede besonders bei Torhütern und Innenverteidigern.

Ebenso lassen sich in Bezug auf physiologische Komponenten leistungsrelevante Faktoren identifizieren. Neben Ausdauer (Proietti et al., 2017; Reilly, Bangsbo, & Franks, 2000) und Kraft (Coelho e Silva et al., 2010) zeigen sich hier besonders Schnelligkeitskomponenten als Indikatoren, um zwischen Spielern höherer und niederer Leistungsklassen zu unterscheiden. Slimani and Nikolaidis (2019) betonen in diesem Zusammenhang in ihrer Übersichtsarbeit besonders Sprintfähigkeit, Gewandtheit und Sprintwiederholungsfähigkeit als bedeutsame Merkmale. Studien konnten nachweisen, dass diese Merkmale – erhoben in individuellen Einzeltests – die aktuelle Spielleistung im Fußball beeinflussen (Little & Williams, 2005; Mendez-Villanueva, Buchheit, Simpson, Peltola, & Bourdon, 2011). Zudem verdeutlichen aber auch Studien, die physiologische Leistungsfaktoren im Spiel analysierten, die Relevanz von Schnelligkeitskomponenten für die aktuelle Leistungsfähigkeit eines Spielers (z.B. Di Salvo et al., 2010; Krstrup, Mohr, Ellingsgaard, & Bangsbo, 2005; Rienzi, Drust, Reilly, Carter, & Martin, 2000).

Neben anthropometrischen und physiologischen Komponenten, die oftmals von Trainern zur Differenzierung leistungsstarker und -schwächere Spieler herangezogen werden (Wong, Chamari, Dellal, & Wisloff, 2009), spielen auch psychologische Merkmale für die Wettkampfleistung eine Rolle. In diesem Zusammenhang wirken persönlichkeitsbezogene Dispositionen wie Leistungsmotivation (z.B. Feichtinger & Höner, 2014) und kognitive Leistungsfaktoren wie perzeptuell-kognitive Fähigkeiten (Murr, Feichtinger, et al., 2018) auf die aktuelle Leistungsfähigkeit von Nachwuchsspielern ein. Neben diesen psychologischen Merkmalen im engeren Sinne zählen Höner, Larkin, et al. (2019, in Druck) in Anlehnung an Williams und Reilly (2000) auch technische Fertigkeiten zu den psychologischen

Eigenschaften eines Spielers. Technischen Fertigkeiten wird im Zusammenhang mit der tatsächlichen Spielleistung ein großer Stellenwert zugeschrieben. Letzterer wird von Forschern im Vergleich zu anthropometrischen und auch bestimmten physiologischen Merkmalen als bedeutender eingestuft (Wilson et al., 2017). Besonders die Komponenten Dribbling und Ballan- und -mitnahme werden hierbei als relevant für die Spielleistung genannt und stellen Merkmale dar, in denen sich höherklassige von niederklassigen Spieler unterscheiden (z.B. Rebelo et al., 2013). Den technischen Fertigkeiten werden ebenso wie den Schnelligkeitsfähigkeiten daher in der Trainingspraxis wie auch in der sportwissenschaftlichen Talentförderung große Bedeutung beigemessen (Vaeyens et al., 2008). Die Förderung dieser Faktoren ist nicht zu Letzt deswegen auch in Ausbildungsleitfäden großer Fußballnationen wie etwa denen des DFB sowie in England im Elite Player Performance Plan (Deutscher Fußball Bund, 2009; The Premier League, 2011) fest verankert.

Die Vielzahl an vorwiegend querschnittlichen Studien, die sich mit schnelligkeitsbezogenen Fähigkeiten und technischen Fertigkeiten in der sportwissenschaftlichen Literatur zur Sportart Fußball befassen, untermauern die Relevanz dieser Komponenten für die aktuelle Leistungsfähigkeit, da sich anhand dieser leistungsstärkere Spieler von leistungsschwächeren gleichen Alters trennen lassen (z.B. Slimani & Nikolaidis, 2019). Wenn Trainer und Funktionäre am Ende einer Saison oder Auswahlmaßnahme entscheiden müssen, welche Talente weiter gefördert werden, ist die aktuelle Leistungsfähigkeit oft ein maßgebliches Kriterium für Selektionsentscheidungen (Larkin & Reeves, 2018; Vaeyens et al., 2008). Besonders der auf den Trainern lastende Erfolgsdruck, lässt diese oftmals weniger das zukünftige Potential als vielmehr die aktuelle Leistung als vorrangiges Kriterium heranziehen. In diesem Zusammenhang besteht die Gefahr, nicht diejenigen Talente auszuwählen, die tatsächlich zukünftig und nicht nur aktuell erfolgreich sind, da nicht zwangsläufig die aktuell besten Spieler in einem bestimmten Bereich auch die später erfolgreichen sind (Abbott & Collins, 2002; Baker et al., 2018; Seward, Morris, Nevill, Nevill, & Sunderland, 2016). So wird

dieses Risiko beispielsweise durch wachstums- und reifebedingte Veränderungen während der Pubertät erhöht, da leistungsrelevante Merkmale gerade in Entwicklungsphasen, die sich durch bedeutsame körperliche Veränderungen auszeichnen, einer starken Merkmalsfluktuation unterliegen können (Malina, Bouchard, & Bar-Or, 2004; Wormhoudt, Savelsbergh, Teunissen, & Davids, 2018). Larkin and Reeves (2018) kritisieren diesbezüglich das Vorgehen, bei der Identifikation von Talenten die aktuelle anstelle der zukünftigen Leistungsfähigkeit als Kriterium anzulegen und sehen darin mehr eine aktuelle Leistungserfassung:

*“If this is the case, then it may be better to describe this process as performance identification rather than talent identification“ (p. 8).*

Verfolgt man als Trainer oder als Verein allerdings das Ziel, die zukünftig besten Spieler zu fördern, so muss das komplexe Zusammenspiel zwischen aktueller Leistungsfähigkeit und zukünftigem Potential berücksichtigt werden (Cobley, Schorer, & Baker, 2012) und letzteres in den Mittelpunkt der Talentförderung rücken. Um in diesem Zusammenhang Informationen darüber zu erhalten, inwiefern etwa schnelligkeitsbezogene Fähigkeiten oder technische Fertigkeiten mit zukünftigen Erfolgen von Spielern zusammenhängen, spielen prospektive Studien, die die prognostische Relevanz dieser Prädiktoren für späteren Erfolg analysieren, eine zentrale Rolle (Mann, Deghansai, & Baker, 2017).

## **2.2 Zusammenhang von motorischer Leistungsfähigkeit im Jugendalter und zukünftigem Erfolg**

Prospektive Studien im Rahmen der sportwissenschaftlichen Talentforschung analysieren den (statistischen) Zusammenhang einzelner oder mehrerer Talentprädiktoren (z.B. lineare Sprintfähigkeit im Alter von 11 Jahren) mit dem zukünftigen Leistungsniveau (z.B. erreichte Liga im Profibereich im Erwachsenenalter) (Höner, Larkin, et al., 2019, in Druck). Im Mittelpunkt dieser Dissertation stehen in diesem Zusammenhang insbesondere *Schnelligkeitsfähigkeiten und technische Fertigkeiten*. Mit Bezug auf diese motorischen

Merkmale liegen zum jetzigen Zeitpunkt Studien vor, die heterogene Befunde zur Eignung dieser Prädiktoren zur Vorhersage des späteren Erfolgs bei Fußballspielern aufweisen. Dabei gilt es zu berücksichtigen, dass die im folgenden vorgestellten Studien zumeist einzelne Prädiktoren untersuchen und diese über objektive Diagnostiken (meist Einzeltests) erheben. Dabei wird etwa die lineare Sprintfähigkeit zumeist über einen geradlinigen Sprint auf Distanzen bis zu 40m gemessen (z.B. Gil et al., 2014; Gravina et al., 2008), wobei Merkmale wie die Gewandtheit oftmals über Parcours um Slalomstangen oder Hütchen (Höner & Votteler, 2016; Huijgen, Elferink-Gemser, Lemmink, & Visscher, 2014) oder in Form von Shuttle Sprints (Figueiredo, Gonçalves, Coelho E Silva, & Malina, 2009) erhoben werden. Ähnliches gilt für das Dribbling, welches auch technische Komponenten beinhaltet. Hier werden die Parcours mit Ball durchlaufen (z.B. UGent Dribbling Test, siehe Deprez, Fransen, Lenoir, et al., 2015). Die Erhebung der Leistung in Ballkontrolle als technischer Fertigkeit erfolgt über Passtests (z.B. Forsman, Blomqvist, et al., 2016). Die Messung der Torschussfähigkeit wird etwa im Rahmen des DFB-Talentförderprogramms über eine Bewertung von Schussgeschwindigkeit und Genauigkeit durch geschulte Trainer vorgenommen (für Details siehe Höner et al., 2015).

### **2.2.1 Aktueller Forschungsstand**

Murr, Raabe, et al. (2018) identifizieren in einem aktuellen Review acht Studien seit der Jahrtausendwende, die sich mit der Prognoserelevanz von *Schnelligkeitsfähigkeiten* beschäftigen. Diese weisen darauf hin, dass die Komponenten lineare Schnelligkeit (geradlinige Sprintfähigkeit, zyklisch), Gewandtheit (Fähigkeit, schnell und agil die Laufrichtung zu wechseln, azyklisch) und Sprintwiederholungsfähigkeit (Fähigkeit, innerhalb kürzester Zeit wiederholt seine optimale Sprintleistung abrufen zu können) eine Aussagekraft für späteren Erfolg besitzen. Während dabei die Sprintwiederholungsfähigkeit wenig Beachtung findet und in nur zwei Studien untersucht wird (Figueiredo et al., 2009; Huijgen et al., 2014; prognostische Relevanz wurde in diesen Studien bestätigt), liegt in erster Linie die lineare Schnelligkeit, die

auch während eines Spiels im Zusammenhang mit der Torerzielung am häufigsten vorkommt (Faude, Koch, & Meyer, 2012), im Fokus der Betrachtung. In etwa der Hälfte der Studien erweist sie sich als signifikanter Prädiktor für den späteren Erfolg. So finden etwa Figueiredo et al. (2009) in ihrer Studie mit spanischen Nachwuchsspielern (U12-U15) signifikant bessere Leistungen in Bezug auf die lineare Sprintfähigkeit bei Spielern, die im Folgejahr für die nächsthöhere Altersklasse selektiert wurden. Zu ähnlichen Ergebnissen kommen auch Gonaus und Müller (2012) bei österreichischen Topathleten im Bereich der U15, U17 und U18 im Hinblick auf das Erreichen des Jugendnationalteams ein bis drei Jahre später. Eine Studie mit Spielern an englischen Nachwuchsleistungszentren bestätigt die Befunde dieser Übersichtarbeit. Spieler, die im Alter von 18 Jahren einen Profivertrag erhielten, erzielten bereits im U16- und U18-Alter gegenüber ihren damaligen Mitspielern bessere Leistungen im 20m Sprint (Emmonds, Till, Jones, Mellis, & Pears, 2016). Ebenso finden Aquino et al. (2017) bedeutsame Unterschiede zwischen selektierten und nicht-selektierten U17 Spielern brasilianischer Proficlubs im 30m Sprint. Ein ähnliches Bild ergibt sich auch für die Gewandtheit. In annähernd zwei Drittel der vorliegenden Studien aus der Übersichtsarbeit von Murr, Raabe, et al. (2018) zeigen später erfolgreiche Spieler signifikant bessere juvenile Gewandtheitsleistungen als weniger erfolgreiche (z.B. Figueiredo et al., 2009; Gil et al., 2014). Gleichermäßen erweist sich die Gewandtheit in einer Studie von Höner und Votteler (2016) mit talentierten U12 Spielern innerhalb des DFB-Talentförderprogramms als aussagekräftig für den Erfolg im späten Jugendalter.

In Bezug auf die *technischen Fertigkeiten* können im Rahmen einer zweiten Übersichtsarbeit (Murr, Feichtinger, et al., 2018) zehn Studien identifiziert werden, die sich mit der prognostischen Relevanz dieser Fertigkeiten für späteren Erfolg im Fußball auseinandersetzen. Diesbezüglich steht das Merkmal Dribbling in neun der zehn Studien im Vordergrund der Betrachtung. Die meisten Studien können hierbei unabhängig von der untersuchten Altersklasse eine bedeutsame Verbindung zwischen juveniler Leistung im Dribbling und späterem Erfolg



nachweisen. Die Unterschiede zwischen später erfolgreichen und weniger erfolgreichen Athleten reichen hierbei von mittleren Effekten (Deprez, Fransen, Lenoir, et al., 2015) bei in die nächsthöhere Altersklasse übernommenen belgischen Leistungszentrumsspielern bis hin zu großen Effekten bei selektierten portugiesischen Nachwuchsspielern (Figueiredo et al., 2009). Während diese Studien die prognostische Relevanz für die Übernahme in höhere Altersklassen in einem eher kurzen Zeitraum analysieren, wählen etwa Forsman, Blomqvist, et al. (2016) sowie Höner und Votteler (2016) längere Zeiträume von vier und mehr Jahren. Dabei finden Formann und Kollegen (2016) signifikant bessere juvenile Dribblingleistungen finnischer U16 Leistungszentrumsspieler, die später mit 19 Jahren bei einem finnischen Erstligaklub gespielt haben. Bei Höner und Votteler (2016) bestätigen sich diese Befunde für Nachwuchsspieler (U12-U15), die in der späten Adoleszenz in eine Auswahlmannschaft (Juniorennationalmannschaft, Verbandsauswahl) berufen wurden. Aus diesen beiden Studien lassen sich zudem Hinweise auf die Bedeutsamkeit der Ballkontrolle für späteren Erfolg ableiten. Spätere Spitzenspieler (Forsman, Blomqvist, et al., 2016) wie auch spätere Juniorenauswahlspieler (Höner & Votteler, 2016) zeigen in der Ballkontrolle signifikant bessere Leistungen als weniger erfolgreiche Spieler. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen Zibung, Zuber und Conzelmann (2016) sowie Zuber, Zibung und Conzelmann (2016) in Studien mit U12- bis U15-Spielern innerhalb des Schweizer Talentförderprogramms. Athleten, die ein Jahr nach der Erhebung für die Juniorennationalmannschaft ausgewählt wurden, weisen hier ebenfalls bessere Leistungen in der Ballkontrolle auf. In diesen Studien wird zudem die Leistungsfähigkeit im Balljonglieren auf prognostische Relevanz untersucht, was bislang kaum Anwendung in der Forschung findet und bei Zuber et al. (2016) eine prognostische Bedeutung aufweist. Ebenso wenig Berücksichtigung (in nur zwei Studien) findet der Torschuss in der aktuellen Forschungslandschaft, obwohl die Torschussfähigkeit eine bedeutende Rolle bei der Torerzielung einnimmt (Faude et al., 2012). Während Figueiredo et al. (2009) keine prognostische Bedeutung für die Torschussfähigkeit bei portugiesischen Nachwuchsspielern im

Alter von 11 bis 14 Jahren nachweisen können, zeigt sich diese bei Höner und Votteler (2016) bei Stützpunktspielern des gleichen Alters innerhalb des DFB-Talentförderprogramms als prognostisch relevant.

Zusammenfassend bleibt die prognostische Relevanz der motorischen Leistung hinsichtlich Schnelligkeitsfähigkeiten und technischer Fertigkeiten für späteren Erfolg hervorzuheben. Dies wird durch eine kürzlich veröffentlichte Studie von Sieghartsleitner, Zuber, Zibung und Conzelmann (2019) nochmals unterstützt. In der Studie mit Schweizer Nachwuchsathleten zeigen sich motorische Komponenten (in Kombination, u.a. lineare Sprintfähigkeit, Gewandtheit, Dribbling, Ballkontrolle und Balljonglieren) als relevant für den Erfolg im späten Jugendalter (Erreichen der höchsten Liga in der U19). Auch wenn sich die Bedeutung juveniler motorischer Leistungsfähigkeit für späteren Erfolg in diesen Studien manifestiert, eröffnen sich aus diesen Studien gleichzeitig auch neue Forschungsdefizite (Murr, Feichtinger, et al., 2018; Murr, Raabe, et al., 2018).

### **2.2.2 Forschungsdefizite**

Betrachtet man die Zeitpunkte, zu denen Forscher schnelligkeits- und technikbezogene Merkmale im Jugendalter erheben, so berichten Murr, Feichtinger, et al. (2018) eine Dominanz an Studien, die Nachwuchsspieler in der frühen Adoleszenz (U12-U15) betrachten. Bei diesen Studien zeigt sich eine größere empirische Evidenz für späteren Erfolg verglichen mit Studien, die Talentprädiktoren erst in der späten Adoleszenz untersuchen. Neben der frühzeitigen Erhebung der Prädiktorvariablen liegt hinsichtlich der *Erhebung der Kriteriumsvariablen* der Fokus der sportwissenschaftlichen Talentforschung im Fußball auf dem Erfolg im späten Nachwuchsbereich (z.B. Erreichen einer Juniorennationalmannschaft, Höner & Votteler, 2016). Trotz des Stellenwerts dieser Ergebnisse liegt das hauptsächliche Bestreben von Talentförderprogrammen aber darin, möglichst frühzeitig Talente zu identifizieren und zu fördern, die im Erwachsenenalter erfolgreich sind (z.B. einen Profivertrag erhalten; Vaeyens et

al., 2008). Allerdings liegen hier kaum Studien vor, welche die *Bedeutung von Schnelligkeitsfähigkeiten oder technischen Fertigkeiten für das Leistungsniveau im Erwachsenenalter* analysieren. Lediglich in zwei Studien mit U12-U15-Spielern findet dies Berücksichtigung. Während Huijgen, Elferink-Gemser, Post und Visscher (2009) Hinweise für die Bedeutsamkeit des Dribblings bei niederländischen Nachwuchstalenten für den zukünftigen Erfolg im Erwachsenenalter erkennen, zeigt sich keine Tendenz für die empirische Evidenz linearer Schnelligkeit bei französischen Nachwuchsspielern (Le Gall et al., 2010). Weitere Erkenntnisse aus Studien mit *längeren Prognosezeiträumen* von der frühen Adoleszenz bis hin zum Erfolg im Erwachsenenalter liegen bislang nicht vor. Nichts desto trotz sollten diese in der Forschung mehr Beachtung finden, da sie für die Förderung derjenigen Talente, die später den Sprung in den Profibereich schaffen, einen praktischen Erkenntnisgewinn bieten können (Vaeyens et al., 2008).

Neben der Wahl der Erhebungszeitpunkte von Prädiktor und Kriterium und dem daraus resultierendem Prognosezeitraum, fällt auf, dass die meisten Studien bis dato einen Zusammenhang zwischen *einmalig erhobener juveniler motorischer Leistung* und späterem Erfolg herstellen. Da sich Merkmale aber vor allem im Entwicklungsalter beispielsweise aufgrund biologischer Reifung ändern (Malina et al., 2004; Unnithan et al., 2012), kann man aufgrund dieser möglichen Instabilität der Merkmale nicht automatisch davon ausgehen, dass die motorische Leistung von Spielern in der Zeit ihrer Förderung jeweils im gleichen Maße in einem Zusammenhang mit zukünftigen Erfolg im Erwachsenenalter steht. Die physische Leistung von Spielern etwa ist während des gesamten Förderprozesses instabil und spiegelt sich auch nicht zwangsläufig im Erwachsenenalter wieder (Vaeyens et al., 2008). Zudem kann sich diese durch individuelle Trainierbarkeit und Anpassung bei jedem Spieler unterschiedlich entwickeln (Carling & Collins, 2014; Pearson, Naughton, & Torode, 2006). Neben körperlichen Veränderungen (z.B. der Körpergröße) können zudem physiologische Veränderungen (z.B. der Kraft) eine Auswirkung auf die Entwicklung der motorischen Leistungsfähigkeit haben (Abbott

& Collins, 2002; Meylan, Cronin, Oliver, & Hughes, 2010). Insbesondere im Zeitraum um das Alter des größten Wachstumsschubs (*Peak Height Velocity*) befinden sich gerade etwa Schnellkeitsfähigkeiten in einer für Veränderungen sensiblen Phase (Wormhoudt et al., 2018). Konsequenterweise folgt damit aus einem dynamischen Verständnis des Talentbegriffs unmittelbar, dass potentielle Talentprädiktoren in der Adoleszenz mehrmals erhoben werden sollten, um etwaigen Merkmalsveränderungen Rechnung tragen zu können, die sich möglicherweise auch auf die prognostische Relevanz dieser Prädiktoren auswirken (Bennett et al., 2018; Carvalho, Lekue, Gil, & Bidaurrezaga-Letona, 2017; Hohmann, 2009). Warburton (2002) fasst dies wie folgt zusammen:

*“For assessment to tell the whole story, it must get beyond the one-shot-deal administration of a test. What we need are on-going assessments that allow repeated measures over time, so that the development of the person’s knowledge and skill can be charted (S. 114).”*

Eine längsschnittliche Betrachtung in Zusammenhang mit einer *mehrmaligen Erhebung von Talentprädiktoren in prospektiven Studien* wird bislang innerhalb der sportwissenschaftlichen Talentforschung nur selten vorgenommen (Höner, Larkin, et al., 2019, in Druck). Eine Ausnahme bilden Zuber et al. (2016) und Zibung et al. (2016), welche die Entwicklung 12 bis 14-jähriger Nachwuchsspieler des Schweizer Talentförderprogramms unter anderem in Bezug auf Schnellkeitsfähigkeiten (z.B. 40m Sprint) und technische Fertigkeiten (z.B. Gewandtheit, Dribbling, Ballkontrolle, Balljonglieren) untersuchen. Unter Verwendung eines personorientierten Ansatzes<sup>2</sup> finden diese heraus, dass motorisch bessere Spieler signifikant öfter den Sprung in die Juniorennationalmannschaft schaffen als motorisch weniger gute Spieler. Die Schweizer Forschergruppe betrachtet dabei (unter anderem) die motorische

---

<sup>2</sup> Der personorientierte Ansatz (Bergman & Magnusson, 1997) gründet auf einem hollistischen Verständnis des Talentbegriffs. Demnach interagiert ein Talent in seiner Entwicklung als ganzheitlicher Organismus mit seiner Umwelt und lässt sich nicht als Summe seiner Teile verstehen.

Entwicklung in einem zweijährigen Längsschnitt und analysiert die prognostische Relevanz für zukünftigen Erfolg auf Basis der letzten Erhebung der Spieler im Alter von 14 Jahren. Eine Analyse der prognostischen Bedeutsamkeit der motorischen Entwicklung als Talentprädiktor lässt der gewählte Prognosezeitraum allerdings nicht zu. In ähnlicher Weise beschreiben bisherige Studien signifikante Unterschiede in den Laufintensitäten während des Spiels von später weiter geförderten Spielern im Vergleich zu nicht weitergeförderten Spielern (Saward et al., 2016). Auch wenn die Laufintensitäten längsschnittlich über drei Jahre hinweg erhoben und analysiert wurden, findet die Untersuchung des Zusammenhangs zwischen der Entwicklung der Laufintensitäten und dem zukünftigen Erfolg keine Berücksichtigung. Dagegen betrachten Huijgen et al. (2009) in einer Studie mit niederländischen Leistungszentrumspielern die Leistungsentwicklung im Dribbling in einem dreijährigen Zeitraum und deren Zusammenhang mit späterem Erfolg (Erreichen eines niederländischen Erst- oder Zweitligavereins im Alter von mindestens 20 Jahren, Prognosezeitraum zwei bis sechs Jahre). Alle untersuchten Spieler verbessern sich hierbei bezüglich ihrer Leistung im Dribbling signifikant. Spätere Profis zeigen dabei besser Leistungen als spätere Amateurspieler, jedoch zeigt sich in Bezug auf die Entwicklung der Dribblingleistung kein Unterschied zwischen erfolgreichen und nicht erfolgreichen Spielern. Ähnliche Ergebnisse lassen sich für die Ballkontrolle im Loughborough Soccer Passing Test in einer späteren Studie derselben Forschergruppe zwischen im späten Jugendalter weitergeförderten und nicht selektierten Nachwuchsleistungszentrumsspielern finden (Huijgen et al., 2013). Die Entwicklung weiterer technischer Fertigkeiten (z.B. Torschuss) wie auch schnelligkeitsbezogener Charakteristiken (z.B. Gewandtheit) wird in diesen Studien nicht untersucht und bedarf in Bezug auf die prognostische Relevanz weiterer Aufmerksamkeit (Murr, Feichtinger, et al., 2018).

Betrachtet man die Studienlandschaft zur prognostischen Relevanz potentieller Talentprädiktoren in Bezug auf die Auswahl der Stichproben, so fällt insbesondere ins Auge, dass diese vorwiegend aus männlichen Nachwuchsathleten bestehen. Obwohl das Interesse am

Frauenfußball in den letzten Jahrzehnten deutlich zugenommen hat (Datson et al., 2014; Milanović et al., 2017), betonen Murr, Raabe, et al. (2018) in ihrer Übersichtsarbeit das deutliche Übergewicht an Studien im Fußball hinsichtlich männlicher Teilnehmer. Dieses bestätigen auch Johnston et al. (2018) in einer sportartübergreifenden Übersichtarbeit und heben den Bedarf an *Untersuchungen mit weiblichen Nachwuchsspielern* im Fußball in Bezug auf die prognostische Relevanz von Talentmerkmalen hervor. Bislang liegen diesbezüglich hauptsächlich querschnittliche Studien vor. Einerseits beschreiben Studien unter anderem die körperlichen und physiologischen Anforderungen an den Frauenfußball im Wettkampfspiel (z.B. Datson et al., 2017; Emmonds et al., 2016; Gabbett, Wiig, & Spencer, 2013; Jensen & Larsson, 1992). Andererseits analysieren eine Vielzahl von Studien mit Blick auf anthropometrische, physiologische und auch technomotorische Parameter die Unterschiede zwischen verschiedenen Spielpositionen (Ingebrigtsen, Dillern, & Shalfawi, 2011; Lockie et al., 2018; Mara, Thompson, Pumpa, & Morgan, 2017; Milanovic, Sporis, & Trajkovic, 2012; Nikolaidis, 2014), Altersklassen (Vescovi, Rupf, Brown, & Marques, 2011) und Leistungslevel (Datson et al., 2014; Manson et al., 2014; Mohr, Krustup, Andersson, Kirkendal, & Bangsbo, 2008). Dabei finden unter anderem Vescovi et al. (2011) hinsichtlich linearer Sprintfähigkeit und Gewandtheit bessere Leistungen 14-17-jähriger talentierter Mädchen, die regelmäßig an nationalen Wettbewerben teilnehmen im Vergleich zu 12-13-Jährigen. Ebenso berichten Manson et al. (2014) bessere Schnelligkeitsleistungen von Spielerinnen der U17, U20 und im Frauenbereich, die in der Startelf stehen im Vergleich zu Reservespielerinnen. Ebenfalls zeigen Datson et al. (2014) in einer Übersichtsarbeit über physiologische Parameter im Frauenfußball auf, dass Topspielerinnen im Vergleich zu weniger erfolgreichen Spielerinnen 28% mehr an hochintensiven Phasen und 24% mehr an Sprints zu absolvieren haben. Milanović et al. (2017) heben in ähnlicher Weise Unterschiede in der Gewandtheitsleistung zwischen Topspielerinnen und Amateurinnen hervor.

Der Wert dieser querschnittlichen Studien hinsichtlich der Talentidentifikation und -entwicklung z.B. innerhalb von Talentförderprogrammen ist dennoch beschränkt, da sie keine Information über bedeutsame Merkmale für den späteren Erfolg von weiblichen Nachwuchsfußballerinnen bieten. Aufgrund der diesbezüglich defizitären Forschungslage stellt sich die Frage, inwieweit bereits gewonnene empirische Erkenntnisse für den männlichen Nachwuchsbereich auf den weiblichen übertragen werden können. Dies bedeutet, den Einfluss des Geschlechts als mögliche Moderatorvariable für die empirische Evidenz von Talentprädiktoren zu untersuchen. Demzufolge ist zu analysieren, inwiefern sich im Jugendalter erhobene Talentprädiktoren hinsichtlich der prognostischen Relevanz für späteren Erfolg bei Jungen und Mädchen unterscheiden. Beispielsweise können sich Unterschiede in Bezug auf die körperliche Entwicklung zwischen Jungen und Mädchen auch auf die prognostische Validität auswirken. So haben Jungen und Mädchen im Jugendalter zu unterschiedlichen Zeitpunkten ihre größten Wachstumsschübe (Granados, Gebremariam, & Lee, 2015; Lloyd, Oliver, Faigenbaum, Myer, & De Ste Croix, 2014), die sich unter anderem auf die Ausbildung physiologischer Merkmale zu verschiedenen Zeitpunkten unterschiedlich auswirken können. Wright and Laas (2016) berichten diesbezüglich von einem zurückgehenden Leistungszuwachs physiologischer Merkmale von Jugendlichen nach der Pubertät, die bei Mädchen allerdings früher eintritt als bei Jungen. So stellen etwa Papaiaikovou et al. (2009) die Unterschiede in Bezug auf die Sprintleistung zwischen 7 bis 18-jährigen Jungen und Mädchen heraus, welche sich vor allem ab einem Alter von 15 Jahren stark unterschiedlich ausbildet. Jungen zeigen hier deutlich größere Leistungssteigerungen als Mädchen. Außerdem können auch frauenspezifische biologische Aspekte wie das Alter bei der Menarche eine Rolle für die Entwicklung motorischer Leistungsfähigkeit spielen (Datson et al., 2014) und damit einen Einfluss auf deren prognostische Relevanz für späteren Erfolg ausüben. Darüber hinaus können umweltbezogene Faktoren wie unterschiedliche Sozialisation (weniger Mädchen sind im Jugendalter sportlich aktiv als Jungen; Kausmann, Vogel, Hagen, & Simonson, 2017) einen

Einfluss auf die prognostische Relevanz haben. Daher verwundert es nicht, dass Forscher die Übertragbarkeit von Befunden bei Jungen auf Mädchen in Frage stellen und deren Prüfung fordern (Johnston et al., 2018; A. M. Williams & Reilly, 2000). Daher bedarf es prospektiver Studien, die sich mit der Bedeutsamkeit juvenil erhobener Talentprädiktoren auch im weiblichen Nachwuchsfußball beschäftigen.

Ergebnisse zur Prognoserelevanz, welche aus prospektiven Untersuchungen gewonnen werden, sind in hohem Maße von Merkmalen des Studiendesigns abhängig (Murr, Feichtinger, et al., 2018). Hier spielt unter anderem die Wahl der Erhebungszeitpunkte für Prädiktoren und Kriterium, dem daraus resultierenden Prognosezeitraum und die Auswahl sowie Größe der untersuchten Stichprobe eine bedeutende Rolle. Darauf aufbauend ist allerdings auf eine *adäquate statistische Auswertung prospektiver Studien* zu achten, da sich auch diese auf den Erkenntnisgewinn einer Studie auswirken. Zunächst einmal fällt bei der Betrachtung aktueller Studien zur prognostischen Relevanz juveniler Talentprädiktoren auf, dass diese vornehmlich die Aussagekraft der in den Studien durchgeführten Diagnostiken analysieren (z.B. Deprez, Fransen, Lenoir, et al., 2015; Gravina et al., 2008; Huijgen et al., 2014). Dies scheint vornehmlich aufgrund des besonderen praktischen Nutzens, den eine prognostisch bedeutsame Diagnostik mit sich bringt, sinnvoll. Konkret bedeutet dies, dass man eine Aussage darüber treffen kann, ob der im Feld eingesetzte Test (z.B. der Loughborough Soccer Passing Test; Huijgen et al., 2013) eine Bedeutung für den späteren Erfolg von Nachwuchstalenten hat. Dennoch bringt diese isolierte Betrachtung von Einzeldiagnostiken (z.B. 20m Sprint) den Nachteil mit sich, dass diese nur einen Teil der dahinterstehenden Konstrukte (z.B. Schnelligkeitsfähigkeiten) abbilden und prüfen können. Zudem schränken auch Messfehler die Aussagekraft von Einzeltest für den zukünftigen Erfolg ein. So kann die Prüfung des 20m Sprinttests auf prognostische Relevanz zunächst einmal nur eine Aussage darüber liefern, inwiefern dieser Test eine Bedeutung für späteren Erfolg hat, nicht jedoch, inwiefern die Schnelligkeit als konditionelle Fähigkeit und dahinterstehendes übergeordnetes Konstrukt eine



Relevanz für späteren Erfolg besitzt. Bislang liegen hierzu keine Studien vor, die sich mit der eher theoretischen Frage nach der *Relevanz der übergeordneten Konstrukte für zukünftigen Erfolg* beschäftigen. Hierfür bedarf es zunächst der Messung eines Konstrukts durch mehrere Teilaspekte (z.B. lineare Sprintfähigkeit und Gewandtheit oder auch Sprintwiederholungsfähigkeit, um die konditionelle Fähigkeit Schnelligkeit abzubilden). Zudem folgt aus dem Facettenreichtum eines Konstrukts wie der Schnelligkeit auch, dass man diese nicht direkt erfassen, sondern viel mehr im Sinne einer latenten Modellierung über geeignete Testverfahren analysieren sollte. Innerhalb der sportwissenschaftlichen Talentforschung bestätigen im Rahmen konfirmatorischer Faktorenanalysen beispielsweise Höner et al. (2015) die Erfassung der latenten Konstrukte Schnelligkeit und Technik durch mehrere als Indikatoren dienende Einzeltests (20m Sprint, Gewandtheit, Dribbling, Ballkontrolle, Torschuss, Balljonglieren). Möchte man nun auf theoretischer Ebene die prognostische Bedeutung der übergeordneten, latenten Größen analysieren, so ist diese Struktur auch in den bei der Untersuchung gewählten Analysemodellen zu berücksichtigen. Konkret bedeutet dies, dass man von einer Prüfung manifester Variablen (die z.B. Messfehler bezüglich des Konstruktes nicht beachten können) hin zu einer latenten Modellierung über Strukturgleichungsmodelle (die z.B. solche Messfehlereinflüsse berücksichtigen können) übergehen sollte (Ali, 2011; Skrandal & Rabe-Hesketh, 2004; Wilson et al., 2016). Zudem ermöglichen solche Verfahren auch der Forderung nach multidimensionaler Erfassung von Talentprädiktoren (z.B. Bennett et al., 2018) weiter gerecht zu werden. Latente Strukturgleichungsmodelle lassen etwa die Analyse von Konstrukten und deren Zusammenhänge im Hinblick auf deren Vorhersagekraft für sportlichen Erfolg zu. Insbesondere bieten sie die Möglichkeit, unterschiedliche Bedeutsamkeit zwischen mehreren Konstrukten in einem Modell zu vergleichen. In dieser Hinsicht betonen unter anderem Buekers et al. (2015) die Relevanz von Merkmalen, die für das Potential eines Spielers entscheidend sind, nicht nur isoliert, sondern auch in Kombination zu analysieren. Dies kann beispielsweise

dabei helfen, herauszufinden, inwiefern Schwächen in bestimmten Merkmalsbereichen durch Stärken in anderen kompensiert werden können. Auch Burgess und Naughton (2010) betonen die Relevanz multidimensionaler Talentforschung:

*“[U]nderstanding the multidimensional differences among the requirements of adolescent and elite adult athletes could provide more realistic goals for potential talented players” (S. 103).*

Neben der multidimensionalen Überprüfung der Bedeutsamkeit dahinterstehender, theoretischer Konstrukte spielt auch die Ebene, auf welcher die Analyse der Prognoserelevanz vorgenommen wird, eine Rolle. Hier stellen Piggott et al. (2018) in einem Review zur Talentforschung im Sport eine deutliche Dominanz an Analysen auf Gruppenebene fest. Während 22 in die Übersichtsarbeit eingeschlossene Studien gruppenanalytisch vorgehen, wurde in nur vier Studien eine individuelle Analyseebene eingenommen. In Bezug auf die damit einhergehenden statistischen Auswertungsverfahren zeigt sich ein ähnliches Bild. Coutinho et al. (2016) heben in einer Übersichtsarbeit zur Talententwicklung im Sport hervor, dass mehrheitlich im Rahmen von (M)ANOVAS oder (M)ANCOVAS gruppenbasierte Unterschiede zwischen erfolgreichen und weniger erfolgreichen Spielern betrachtet werden. Obwohl diese Verfahren einen wichtigen Beitrag zur Talentforschung leisten, indem sie allgemeine Aussagen und Trends hinsichtlich des Unterschieds späterer Spitzensportler und weniger erfolgreicher Sportler generieren können, ist deren Informationsgehalt auf individueller Ebene beschränkt (Höner & Votteler, 2016). Neben einer gruppenbasierten ist auch eine individuelle Betrachtung gerade für die Analyse des Entwicklungsprozesses der motorischen Fähigkeiten und Fertigkeiten von jungen Athleten relevant, da sich diese individuell unterschiedlich ausbilden können (Wormhoudt et al., 2018). Die längsschnittliche Analyse von Entwicklungsverläufen bestimmter (z.B. motorischer) Merkmale erfordert aufgrund der hierarchischen Datenstruktur (mehrere Messzeitpunkte innerhalb mehrerer,

unterschiedlicher Spieler) auch eine passende statistische Auswertungsstrategie, die diese Zusammenhänge sowohl auf individueller Ebene als auch auf Gruppenebene analysiert. Um dem Bedarf an komplexeren statistischen Verfahren zur adäquaten Berücksichtigung solcher und anderer Größen (Carvalho et al., 2017) Rechnung zu tragen, schlagen Coutinho et al. (2016) als Ergänzung zu den bisher verwendeten Verfahren komplexere Auswertungsprozeduren vor, die bislang nur unzulänglich in der sportwissenschaftlichen Talentforschung Verwendung finden.

*“This will require more advanced statistical approaches such as multi-level and/or structural equation modelling in addition to the established methods [...]. Such approaches have generally not been used in this type of research previously and may allow the development of more interactive and dynamic models of athlete and talent development providing useful insights for the development of long-term athlete development programmes” (S. 288-289).*

### **2.2.3 Zusammenfassung**

Die aktuelle Studienlage bestätigt die prognostische Relevanz von juvenilen Schnelligkeitsfähigkeiten und technischen Fertigkeiten für späteren Erfolg in Fußball. Obwohl gerade schnelligkeits- und technikbezogenen Merkmalen im Nachwuchsbereich eine besondere Rolle sowohl in der Praxis (Talentförderprogramme legen explizit besonderen Wert auf diese, siehe etwa Deutscher Fußball Bund, 2009) als auch in der Wissenschaft (z.B. Wormhoudt et al., 2018) zugeschrieben wird und nicht zuletzt deswegen viele Studien zur prognostischen Relevanz dieser Merkmale vorliegen, besteht im besonderen Maße Bedarf an weiteren Studien, die Erkenntnislücken der bisherigen Forschung schließen. Dies betrifft zunächst Studien, die sich mit der Relevanz motorischer Merkmale für das Zielalter, also dem Erfolg im Erwachsenenbereich beschäftigen. Zudem untersuchen bislang prospektive Talentstudien zumeist den Zusammenhang von einzelnen, manifester motorischen Testleistungen und zukünftigem Erfolg. Da diese trotz praktischer Relevanz nur einen Teil der dahinterstehenden

latenten Konstrukte abbilden können, ist aus sportwissenschaftlicher Sicht auch die prognostische Bedeutung dieser übergeordneten Größen zu untersuchen. Außerdem liegen trotz der dynamischen Natur des Konstruktes Talent kaum Erkenntnisse dazu vor, inwiefern die motorische Entwicklung im Nachwuchsalter selbst eine Bedeutung für das zukünftige Leistungsniveau hat. Auch die diesbezügliche Forschung im Mädchenfußball ist stark unterpräsentiert, weswegen aktuell keine empirische Evidenz hinsichtlich der prognostischen Bedeutung motorischer Leistungsmerkmale und deren Entwicklung von weiblichen Nachwuchsathleten für späteren Erfolg vorliegt. In prospektiven Talentstudien ist bei der Bearbeitung dieser Forschungslücken dabei insbesondere auf eine adäquate statistische Auswertung zu achten. Hier kann neben traditionellen, in der sportwissenschaftlichen Talentforschung etablierten Methoden auch auf bereits in anderen Forschungsbereichen verwendete statistische Methoden zurückgegriffen werden.

### 3 Empirische Studien

#### 3.1 The influence of speed abilities and technical skills in early adolescence on adult success in soccer: A long-term prospective analysis using ANOVA and SEM approaches

(1) Höner, O., Leyhr, D., & Kelava, A. (2017). The influence of speed abilities and technical skills in early adolescence on adult success in soccer: A long-term prospective analysis using ANOVA and SEM approaches. *PLoS ONE*, *12*(8), e0182211. doi:10.1371/journal.pone.0182211

[This is an accepted manuscript of an article published online by PLoS ONE on August 14, 2017 available at 10.1371/journal.pone.0182211]

#### Abstract

Several talent development programs in youth soccer have implemented motor diagnostics measuring performance factors. However, the predictive value of such tests for adult success is a controversial topic in talent research. This prospective cohort study evaluated the long-term predictive value of i.) motor tests and ii.) players' speed abilities (SA) and technical skills (TS) in early adolescence. The sample consisted of 14,178 U12 players from the German talent development program. Five tests (sprinting, agility, dribbling, ball control, shooting) were conducted and players' height, weight as well as relative age were assessed at nationwide diagnostics between 2004 and 2006. In the 2014/15 season, the players were then categorized as professional ( $n = 89$ ), semi-professional ( $n = 913$ ), or non-professional players ( $n = 13,176$ ), indicating their adult performance level (APL). The motor tests' prognostic relevance was determined using ANOVAs. Players' future success was predicted by a logistic regression threshold model. This structural equation model comprised a measurement model with the motor tests and two correlated latent factors, SA and TS, with simultaneous

consideration for the manifest covariates height, weight and relative age. Each motor predictor and anthropometric characteristic discriminated significantly between the APL ( $p < .001$ ;  $\eta^2 \leq .02$ ). The threshold model significantly predicted the APL ( $R^2 = 24.8\%$ ), and in early adolescence the factor TS ( $p < .001$ ) seems to have a stronger effect on adult performance than SA ( $p < .05$ ). Both approaches (ANOVA, SEM) verified the diagnostics' predictive validity over a long-term period ( $\approx 9$  years). However, because of the limited effect sizes, the motor tests' prognostic relevance remains ambiguous. A challenge for future research lies in the integration of different (e.g., person-oriented or multilevel) multivariate approaches that expand beyond the "traditional" topic of single tests' predictive validity and toward more theoretically founded issues.

**Keywords:** motor tests, talent prognosis, football, latent factors, maturation

## **Introduction**

Although there are well reasoned warnings in talent research against premature selection in talent identification and development (TID) programs (e.g., Meylan et al., 2010), these selections are necessary if a sport association wants to focus its resources on the most talented youth athletes (Unnithan et al., 2012). Thus, the identification of the most promising athletes for the next promotion step is a major task in TID programs.

However, particularly in popular sports, the selection process is a huge challenge, because there are so many talented athletes who compete for only a few positions in adult elite sport. Moreover, talent prognosis seems to be exceedingly difficult in sports with a complex, multi-dimensional performance profile (Buekers et al., 2015). Soccer possesses both of these attributes. Nevertheless, recent world cup winners (Spain 2010, Germany 2014) obviously benefited vastly from their enhanced engagement in their TID programs, and talent promotion

has become a more important and professionalized business in the recent decade. Amongst other measures, several TID programs in soccer e.g., the Elite Player Performance Plan in England (The Premier League, 2011) have implemented motor performance diagnostics supporting training and / or selection processes. In addition to the holistic evaluations mainly based on talent scouts' experienced "subjective eye" (Christensen, 2009), motor diagnostics and their preferably reliable objective information about future potential of talented players can be of value for clubs and sports associations. Therefore, empirical investigation of motor predictors' prognostic relevance for long-term success is a key topic in talent research (Gonaus & Müller, 2012; Höner & Votteler, 2016).

The association of motor performance in early adolescence with adult success in soccer has been characterized as debatable, and several researchers strongly question the predictive function of motor tests for future success (Carling & Collins, 2014; Lidor, Côté, & Hackfort, 2009; Pankhurst & Collins, 2013). Recent talent research in soccer offers several prospective studies investigating the prognostic validity of talent predictors. This work builds on the fundamental review work by Williams and Franks (1998) (see also A. M. Williams & Reilly, 2000), who categorized potential personal talent predictors into physical, physiological and psychological factors. (Physiological) speed abilities and (psychomotor) technical skills were amongst the most often-considered predictors and are recognized as particularly important motor factors within soccer associations' training concepts for TID programs (e.g., Deutscher Fußball Bund, 2009) in early adolescence. However, because of a huge variety of study design parameters influencing the research results, *current findings provide an inconsistent picture* with regard to the prognostic validity of motor tests addressing speed abilities and technical skills. Some studies verified the prognostic validity of motor tests (Figueiredo et al., 2009; Höner & Votteler, 2016; Zuber et al., 2016), whereas others did not find significant associations between test results and later success in youth soccer (Carling, Le Gall, & Malina, 2012; Le Gall et al., 2010).

Moreover, the use of objective data from motor diagnostics (in particular in terms of reference values) is problematic due to *maturation-related biases in diagnostics* within each age group (e.g., Meylan et al., 2010; Votteler & Höner, 2014). Talented players' different maturation statuses and intra-individual developments may cause a weak relationship between juvenile and adult performance that meaningfully decreases the usefulness of motor tests (Carling & Collins, 2014). Thus, for the evaluation of motor predictors' prognostic validity, maturational characteristics or at least maturation-related characteristics should be considered.

Furthermore, recent studies analyzed motor predictors' relevance in *prognostic periods* that can be characterized as short (i.e., less than 3 years) or middle (i.e., 3 to 6 years) term. These might be regarded as a limitation of recent research, since some studies questioned juvenile success as an appropriate indicator for success in adulthood (Güllich, 2014). Only a few studies (Carling et al., 2012; Höner & Votteler, 2016; Le Gall et al., 2010) investigating speed abilities or technical skills comprised a prognostic period of more than three years, but even these prospective designs did not last more than 6 years. Thus, there is a lack of research investigating the prognostic value over a long-term period from the beginning of a TID program to its "final destination" (i.e., the transition to the professional level). As TID programs in soccer often start in the U12 age group (e.g., Huijgen et al., 2014) and the adult level begins at about 19 years of age, the minimum long-term perspective likely needs to be eight years.

Another major problem in talent diagnostics is that complex physiological abilities and technical skills cannot be assessed without *measurement errors*. Until now studies investigating the prognostic relevance of physiological abilities and technical skills in soccer (e.g., Deprez, Fransen, Lenoir, et al., 2015; Figueiredo et al., 2009; Höner & Votteler, 2016; Huijgen et al., 2013; Huijgen et al., 2009) have analyzed the predictive validity of single tests (i.e., univariate approaches; e.g., ANOVAs) or the combination of several tests (i.e., multivariate approaches; e.g., MANOVAs or discriminant analysis). As a result, manifest variables are used as indicators, and measurement errors are not considered. However, even highly standardized test



procedures cannot avoid limitations regarding reliability (for soccer-specific tests; e.g., Ali, 2011; Wilson et al., 2016). Structural equation modeling (SEM; e.g., Bollen, 1989; Skrandal & Rabe-Hesketh, 2004) has not been applied in the existing research on talent predictors in soccer. SEM might enable more exact calculations of factors' prognostic relevance because it considers measurement models (that are capable of estimating the measurement errors) and associations between latent performance factors underlying the motor test results.

### ***The present study***

This study pursued two objectives with a focus on speed abilities and technical skills while also considering anthropometric and relative age characteristics. *First*, the predictive validity of motor tests, anthropometric variables, and relative age were investigated over a long-term period from shortly following the entrance into the German TID program (U12) until after the transition into adult soccer (> U19). *Second*, this study analyzed the long-term predictive power of the two theoretical (latent) performance factors (i.e., speed and technique) with simultaneous consideration of maturation-related characteristics such as relative age and anthropometric variables.

## **Methods**

### ***Sample and Design***

This *prospective cohort study* investigated the data from  $N = 14,178$  male competence centers players ( $11.32 \pm 0.28$  years old) who belong to the top 4% of the approximately 150,000 boys at this age (Schott, 2011). All individuals participated in motor diagnostics – which were implemented nationwide in the German TID program in 2004 (see Lottermann et al., 2003) – in the U12 age group in the fall of 2004, 2005 or 2006. The U12 motor tests' results served as predictors for players' later success at the adult level in the 2014/15 soccer season leading to a prognostic period of eight, nine or ten years, respectively. The players' height, weight, and relative age were considered as covariates (descriptive sample characteristics are presented in Tab. 1: Descriptive and Inferential Statistics for the Diagnostics in U12 Separated by Players' Adult Performance

Level.Tab. 1). Before entering the TID program, players' parents provided written informed consent for the recording and scientific use of the data collected in the motor diagnostics. DFB staff members (coaches with at least UEFA B-License) conducted the motor tests and assessed the predictor variables of the present study. The DFB provided the authors with players' data of three birth cohorts (1993, 1994, and 1995). The university's ethics department and the scientific board of the DFB approved the implementation of this study.

Tab. 1: Descriptive and Inferential Statistics for the Diagnostics in U12 Separated by Players' Adult Performance Level.

Predictors	Study sample	Adult Performance Level (APL)			ANOVA			Post-hoc Analyses		
	Male U12 Players from Competence Centers (N=14,178)	APL 1: Professionals (N=89; 0.6%)	APL 2: Semi-professionals (N=913; 6.5 %)	APL 3: Non-professionals (N=13,176; 98.9 %)	F	p	$\eta^2$	APL1 vs. APL2	APL1 vs. APL3	APL2 vs. APL3
	<i>M</i> ± <i>SD</i> ( <i>N</i> )		<i>M</i> ± <i>SD</i> ( <i>N</i> )							
Height (cm)	148.42 ± 6.73 (13,919)	151.67 ± 7.19 (89)	149.89 ± 6.67 (893)	148.30 ± 6.72 (12,937)	33.89	<.001	.005	0.27*	0.50***	0.24***
Weight (kg)	37.98 ± 5.72 (13,912)	41.07 ± 6.65 (89)	38.98 ± 5.50 (893)	37.89 ± 5.71 (12,930)	28.38	<.001	.004	0.37**	0.56***	0.19***
Relative Age (day of birth within year)	154.99 ± 102.30 (14,178)	145.20 ± 99.51 (89)	150.60 ± 103.65 (913)	155.36 ± 102.22 (13,176)	1.33	.264	.000	0.05	0.10	0.05
Sprint (s)	3.70 ± 0.18 (13,666)	3.57 ± 0.17 (89)	3.65 ± 0.17 (891)	3.70 ± 0.18 (12,686)	51.55	<.001	.007	0.45***	0.70***	0.27***
Agility (s)	8.55 ± 0.45 (13,615)	8.37 ± 0.40 (89)	8.45 ± 0.41 (887)	8.56 ± 0.45 (12,639)	32.51	<.001	.005	0.17	0.41***	0.25***
Dribbling (s)	11.85 ± 1.03 (13,615)	11.14 ± 0.83 (89)	11.41 ± 0.87 (887)	11.89 ± 1.04 (12,643)	113.07	<.001	.016	0.29	0.71***	0.47***
Ball control (s)	37.98 ± 5.72 (13,619)	10.99 ± 1.41 (87)	11.36 ± 1.76 (864)	11.97 ± 1.80 (12,212)	58.83	<.001	.009	0.21	0.55***	0.34***
Shooting (points)	18.08 ± 3.67 (13,205)	16.19 ± 3.96 (83)	17.47 ± 1.49 (867)	18.13 ± 3.63 (12,255)	24.41	<.001	.004	0.32**	0.53***	0.18***

\* $p < .05$ , \*\* $p < .01$ , \*\*\* $p < .001$ . The motor tests (and relative age) are negatively coded, i.e. lower values indicate better performances (or an older age) for these predictors.

## Measures

### *Predictors*

Before performing the motor tests, each player's *height*, *weight*, and *relative age* (measured by the day of birth within a calendar year) were registered. The motor test battery, consisted of five tests that were all negatively coded, so that a lower value indicated a better performance. Players were tested in *sprint* (time for a 20 m linear sprint), *agility* and *dribbling* (time for a slalom course without and with a ball, respectively), *ball control* (time for six passes against two opposing impact walls), and *shooting* (8 shots at three different target fields rated by a coach with regard to precision and speed). Times for sprint, agility and dribbling were measured utilizing light barrier systems whereas times for ball control were assessed with chronographs. While two attempts were conducted for each of these tests only the better one was counted. Players were provided with ample time to recover between the attempts.

Höner et al. (2015) provided a more detailed description of the individual tests and analyzed the test battery's psychometric properties for a sample consisting of nearly 70,000 U12 to U15 competence center players. They found excellent internal consistencies in terms of Cronbach's Alpha for sprint ( $\alpha = .95$ ) and agility ( $\alpha = .91$ ), whereas the values for the instrumental reliability of the more football-specific tests, ball control ( $\alpha = .68$ ), dribbling ( $\alpha = .61$ ) and in particular shooting ( $\alpha = .41$ ), were considerably lower. Furthermore, this study analyzed the underlying performance factors of the motor test battery and explored two factors – i.e. *speed abilities (SA)* and *technical skills (TS)* – with an exploratory factor analysis (Höner et al., 2015).

In line with these findings concerning the factorial structure, the present prospective cohort study proposed a measurement model consisting of two latent factors determining the performance in the single motor tests. Thereby, sprint and agility were restricted to load on the SA-factor, and ball control as well as shooting on the TS-factor. Because dribbling includes a technical and a speed-related component, this test was part of both factors. A confirmatory

factor analysis confirmed this structure including the five motor predictors sprint, agility, dribbling, ball control and shooting with the data of the present cohort study ( $\chi^2(3) = 34.657, p < .001, RMSEA = .027, CFI = .995, TFI = .983$ ).

### **Criterion**

The *adult performance level (APL)* in the 2014/15 season was utilized to quantify players' success in adulthood as criterion variable. More specifically, the rosters of the first five German leagues regarding the players' names and birth dates were examined (Fußballdaten, 2015; Transfermarkt, 2015). Players who participated in the U12 motor diagnostics and played at minimum one match in the 2014/15 season in one of the five highest leagues in Germany were identified. Based on their placement in the various leagues, they were then assigned to the professional (APL1), semi-professional (APL2) or the non-professional level (APL3). APL1 players appeared in one of the first three German leagues (Bundesliga, 2. Bundesliga, 3. Liga). Players from the fourth and fifth division (Regionalliga, Oberliga) were appointed to the semi-professional level, APL2. Players who did not reach one of these leagues were classified as non-professionals (APL3). Less than 1% of the players were assigned to the professional level ( $n = 89$ ; 0.6% of the players in the examined sample), whereas  $n = 913$  players (6.5%) joined the semi-professional level and  $n = 13,167$  the non-professional level (92.9%).

### **Statistical analysis**

Data were analyzed using SPSS version 22 and Mplus version 7.1. With regard to the *prognostic relevance of the motor diagnostics*, the significance of mean differences between players achieving different APLs in the 2014/2015 season was determined by a one-way MANOVA including the five single motor tests as dependent variables (*objective 1*). Additionally, a corresponding MANCOVA was conducted incorporating height, weight and relative age as maturation-related covariates.

In order to provide robust results regarding the predictors' prognostic relevance, the dataset of three birth cohorts (1993, 1994, 1995) was accumulated, so that the sample of the

highest selection levels (APL1) achieved a sufficient number. However, the cohorts may confound the analysis of motor performances' differences between selection levels (Elferink-Gemser et al., 2012). To investigate this assumption, a two-way MANOVA was conducted testing whether there was an interaction effect of APL x cohort on the five motor tests. Because of the non-significant interaction ( $F(24; 48,328) = 0.96, p = .51$ ) and non-significant differences for players from different birth cohorts with regard to height ( $F(2; 13,616) = 0.31, p = .74$ ), weight ( $F(2; 13,909) = 2.43, p = .09$ ), as well as relative age ( $F(2; 14,175) = 1.33, p = .27$ ), the cohort variable was not further considered as a confounder in the following analysis.

To gain insight into the *prognostic relevance of the single predictors* (five motor tests, three maturation-related characteristics), univariate ANOVAs were conducted analyzing mean differences between the different performance levels for each predictor. Post hoc tests (Tukey HSD) were conducted to contrast the three APLs within multiple group comparisons. Effect sizes were provided independently from their significance, as the group sample sizes for the three APLs differed strongly. Cohen's  $d$  and  $\eta^2$  were calculated as effect sizes and classified in accordance to Cohen (1988). In this process, Cohen's  $d$  was computed as the mean difference divided by the pooled standard deviation:

$$d = \frac{M_1 - M_2}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1) * SD_1^2 + (n_2 - 1) * SD_2^2}{n_1 + n_2 - 2}}}$$

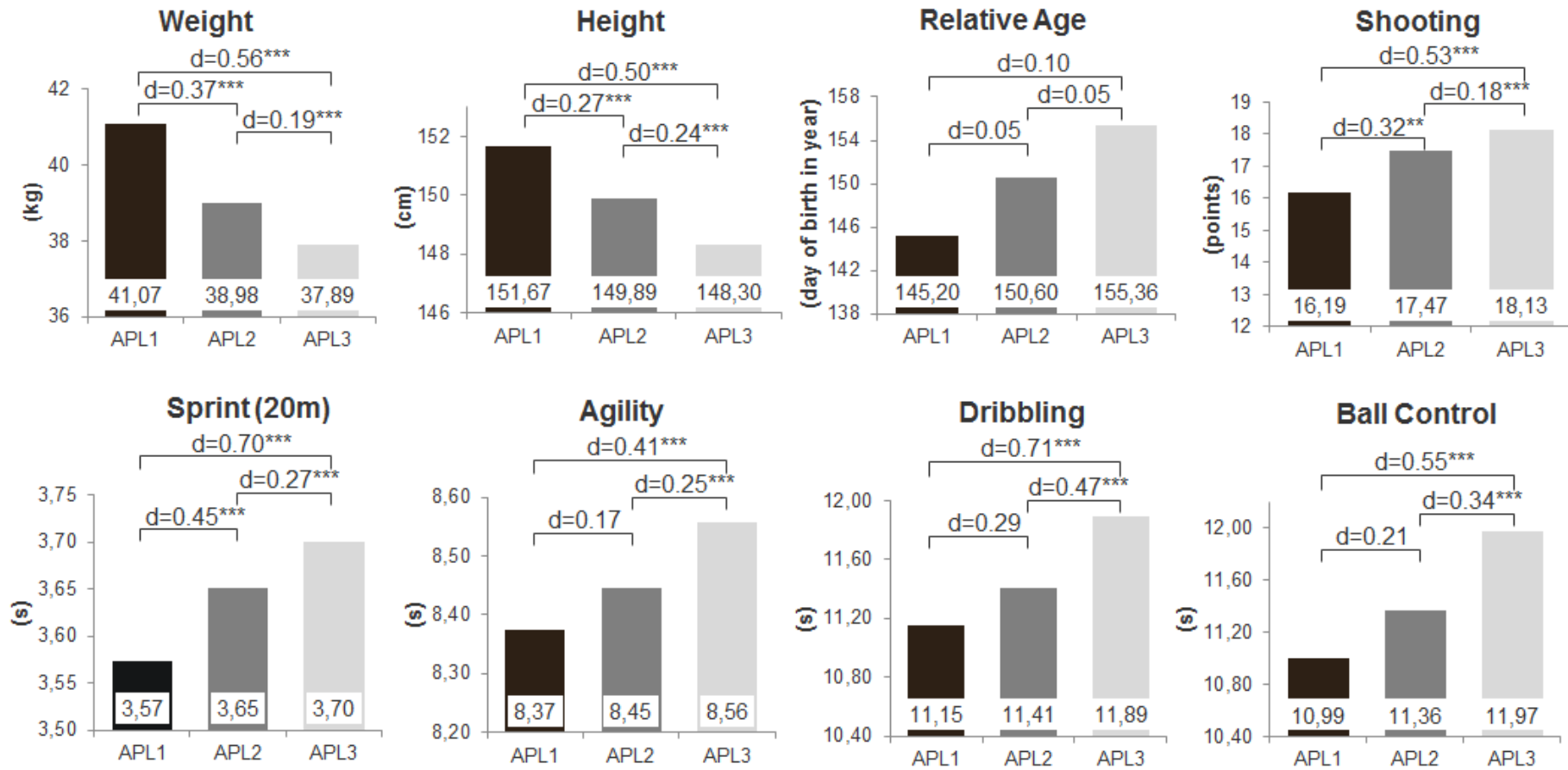
Additionally, players' future success was predicted in a logistic regression model by the two correlated latent performance factors SA and TS with simultaneous consideration of players' height, weight and relative age that served as manifest covariates (*objective 2*). Thereby, the prediction of APL – as a criterion variable with ordered categorical outcome levels – was based on a threshold model with an underlying continuous latent response variable (for more information, see Long, 1997; L. K. Muthén & Muthén, 2010). For a clearer view of a player's relative chances depending on several predictors, odds ratios (for non-standardized variables) were computed as effect sizes. In accordance to Muthén (2004),  $R^2$  was examined to

quantify the amount of variance explained by the logistic regression model and refers to the explained variance proportion in the underlying continuous latent response variable.

## **Results**

### ***Predictive value of motor tests and maturation-related characteristics (objective 1)***

The U12 results for all predictors (i.e., the motor performance tests, the anthropometric characteristics and relative age) correspond to the later achieved APL (Fig. 3). Players who reached APL1 performed better in all motor test than the players who made it to the semi-professional or non-professional level. The same holds true for players who became semi-professional in comparison to non-professional players. Additionally, U12 players who reached APL1 were the tallest, heaviest and slightly oldest. This also extends to the APL2 players as compared to future APL3 players.



\* $p < .05$ , \*\* $p < .01$ , \*\*\* $p < .001$

Fig. 3: Descriptive Statistics for the Diagnostics in U12 Separated by Players' Adult Performance Level (Including the Effect Sizes for the Multiple Group Comparisons, see also Tab. 1).



The *motor diagnostics' prognostic relevance* was verified by significant mean differences concerning the three APLs ( $F(10; 24,174) = 31.48, p < .001, \eta^2 = .01$ ) and this APL effect remained significant in the MANCOVA under consideration of the maturation-related covariates ( $F(10; 23,902) = 33.40, p < .001, \eta^2 = .01$ ). ANOVAs demonstrated the significance for the five single motor tests and for the anthropometric variables height and weight (each  $p < .001$ ; Tab. 1). Only relative age failed to reach significance ( $F(2; 14,175) = 1.33, p = .26$ ). However, although the motor and anthropometric variables showed a prognostic relevance for future success in adulthood, effect sizes were rather small (each  $\eta^2 < .02$ ).

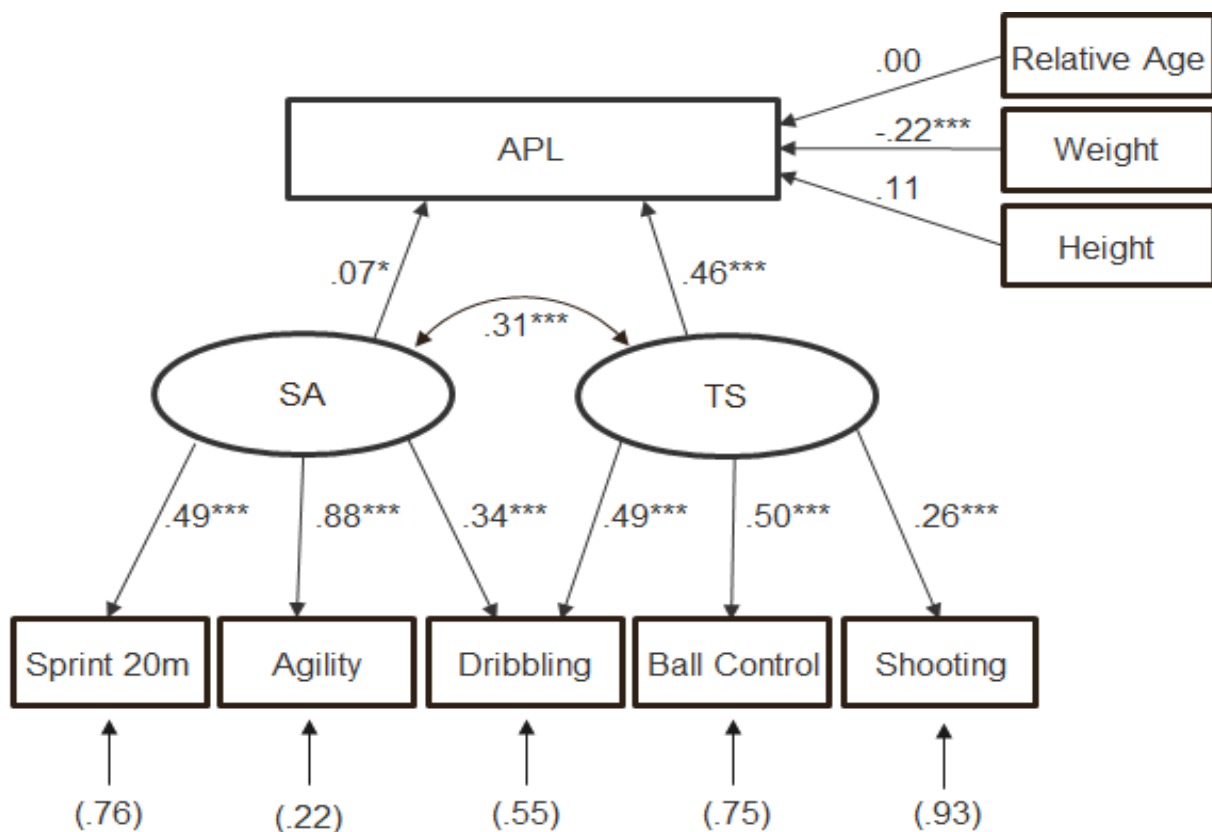
The *multiple group comparisons* revealed significant mean differences in all considered variables (except for relative age) between APL3 and the two higher levels (Tab. 1 and Fig. 3). Both, future professional and semi-professional players performed better in the U12 diagnostics than the non-professionals. The effect sizes in the motor test results ranged from small (e.g., a non-significant  $d = 0.17$  between APL1 and APL2 in agility or  $d = 0.18$  between APL2 and APL3 in shooting) to medium effect sizes (e.g.,  $d = 0.71$  and  $d = 0.70$  between APL1 and APL3 in dribbling and sprint, respectively). Moreover, significant mean differences between APL1 and APL2 could be found for shooting ( $d = 0.32$ ) and sprint ( $d = 0.45$ ), showing the most discriminative power between the two highest levels. Although the dribbling test was able to differentiate both, between APL3 and APL1 ( $d = 0.71$ ) as well as between APL3 and APL2 ( $d = 0.47$ ), this test narrowly failed to reach significance in separating between APL1 and APL2 ( $d = 0.29, p = .07$ ).

With regard to the *anthropometric variables* height and weight, multiple group comparisons revealed significant differences between all the examined APLs. The effect sizes ranged from  $d = 0.19$  (APL2 vs. APL3 regarding weight) to  $d = 0.56$  (APL1 vs. APL3 regarding weight). In accordance to the non-significant overall comparison, the relative age of the U12 competence center players was a less meaningful predictor for future APLs ( $d \leq 0.10$ ).

### ***Predictive value of latent performance factors (objective 2)***

The complex logistic regression model considered the maturation-related characteristics as covariates and predicted APL by the two factors SA and TS. The analysis of the model yielded  $R^2 = .25$ , indicating that 25% of the variance in APL could be explained by the model.

Fig. 4 presents the factor loadings and regression coefficients of the logistic regression model. First, the manifest variables' single loadings on the latent variables confirmed the preassigned factorial structure of the two latent factor variables SA and TS. All single tests loaded distinctively on their respective factor ( $.26 \leq \lambda \leq .88$ ; each  $p < .001$ ). Furthermore, the factor loadings for the dribbling test confirmed that SA ( $\lambda = .34$ ) as well as TS ( $\lambda = .49$ ) are the underlying performance factors.



Note. \* $p < .05$ ; \*\* $p < .01$ ; \*\*\* $p < .001$ . The regression coefficient for relative age was estimated as  $\beta = -.003$ .

Fig. 4: Players' Adult Performance Level Predicted by Two Latent Factors (SA and TS) with Simultaneous Consideration of Maturation-related Characteristics as Covariates.

The logistic regression model revealed a significant influence on APL for the latent factor variable SA ( $\beta = .07, p < .05$ ) and TS ( $\beta = .46, p < .001$ ). In this case, a notable correlation ( $r = .33$ ) between SA and TS leads to a rather small contribution of SA to APL. Nevertheless, the technical components represented by TS possess an even more incremental predictive power compared to SA containing predominantly speed-related abilities. With regard to the two latent factor variables SA and TS, the ORs  $e^\beta$  of the logistic regression model ( $OR_{SA} = 4.58, OR_{TS} = 6.72$ ) indicated that a one standard deviation ( $SD_{SA} = 0.09, SD_{TS} = 0.50$ ) increase in the respective latent factor variable improved the chances of achieving the professional level by a factor of 1.15 ( $= 4.58^{0.09}$ ) for SA and by a factor of 2.59 ( $= 6.72^{0.50}$ ) for TS, respectively. Furthermore, a significant impact of players' weight was verified by the model, indicating that heavier U12 players had higher chances of achieving a better APL ( $\beta = -.22, p < .001$ ). In addition to this, height ( $p = .32$ ) and relative age ( $p = .84$ ) revealed no further predictive power.

## **Discussion**

Compared to recent studies investigating the prognostic relevance of talent predictors in youth soccer, this study assessed a large sample over a long-term period from the beginning of a talent development program in early adolescence to the entrance into an adult career. Dealing with the claim for a multidimensional approach, this work addressed examples of physiological (e.g., sprint), psychomotor (e.g., ball control) and physical (e.g., height) predictors. Besides the well-established procedures analyzing manifest variables based on the general linear model (e.g., ANOVAs), this study also used SEM (here a logistic regression threshold model) as a further multivariate approach allowing for the consideration of latent performance factors as well as their interdependent relations. Both approaches verified the prognostic validity of the five motor tests and the anthropometric variables over a long-term period ( $\approx 9$  years). Only the relative age did not discriminate between the future achieved performance levels within the study sample.

### ***Predictive value of motor tests and maturation-related characteristics (objective 1)***

For interpretation of the *prognostic relevance*, one must consider that design features strongly affect the estimates of predictors' prognostic relevance. For example, the duration of the investigated prognostic period and its relative developmental phase play an important role, because discriminating factors among youth players vary between the different development stages of adolescence (Vaeyens et al., 2006). In addition, the sample size (determining the statistical test power) and the performance levels at which the predictors and criteria were assessed (leading to different "ranges of talent", Ackerman, 2014) are further potential moderators of the effect size.

Because of the strong influence of design features, the current results are best comparable with findings from Höner and Votteler (2016). That study also analyzed the prognostic relevance of motor diagnostics within the German soccer TID in early adolescence, but for the cohorts 1993 to 1997 and over a mid-term period from the onset of puberty to middle-to-late adolescence (including the transition from basic to elite talent promotion). Future success was operationalized with four performance levels in which the highest (youth national team) and the lowest level (not further selected for the TID in U16-U19) were most similar to APL1 and APL3 in the present study. The present results confirm the former mid-term prognostic results for an even longer period that additionally includes the entrance into adult soccer as a further crucial career transition. Both studies detected similar effect sizes. Multiple group comparisons between the highest and lowest performance levels revealed the highest effect sizes for sprint ( $d = 0.67$  and  $d = 0.70$  for the mid- and long-term study, respectively) and dribbling ( $d = 0.64$ ,  $d = 0.71$ ). Furthermore, the studies found medium effect sizes for agility ( $d = 0.45$ ,  $d = 0.41$ ) and ball control ( $d = 0.59$ ,  $d = 0.54$ ). However, with regard to the shooting test, the effect size in the present study ( $d = 0.53$ ) was considerably higher than in the mid-term study ( $d = 0.30$ ). This is quite remarkable given the longer period, as one would assume that, all else unchanged, the association between the predictor and the criterion variable decreases over a longer prognostic period.

For reasons of comparability in the following paragraphs, the results from other studies that refer as much as possible to the age group U12 are reported. Moreover, the present study's differing effects between APL1 and APL3 are compared to similar findings from the other studies (e.g., youth national team vs. non-selected). Effect sizes were translated in terms of Cohen's  $d$  on the basis of the descriptive statistics provided by the original studies (in cases where a study did not provide Cohen's  $d$  as an effect size).

Regarding the prognostic relevance of *speed related predictors*, this study revealed slightly larger effect sizes for sprint and nearly identical effect sizes for agility compared to other prospective studies dealing with players at this age. Whereas Le Gall et al. (2010) found no prognostic relevance for the achieved adult performance level of French U14 academy players, Gonaus and Müller (2012) revealed significant small to medium effect sizes for sprint ( $d = 0.36$ ) and agility ( $d = 0.49$ ) in their 3-year prospective study with Austrian U15 youth academy players. In their 2-year study with elite Belgian U12 players, Deprez, Franssen, Lenoir, et al. (2015) found small to medium effect sizes for their tests in 5 m sprint, 30 m sprint and agility ( $d = 0.3$ ,  $d = 0.6$  and  $d = 0.5$ , respectively), where only the effect for the 30 m sprint reached significance. Further studies (Figueiredo et al., 2009; Gil, Ruiz, Irazusta, Gil, & Irazusta, 2007; Gil et al., 2014; Gravina et al., 2008) confirmed the prognostic validity of speed and agility tests. However, various design parameters of these studies differed from the presented study (e.g., other performance criteria, lower performance level), so that detailed comparisons of the effect sizes become superfluous.

Compared to the research of speed related predictors, there are considerably fewer prospective studies covering the prognostic relevance of *technical skills* (Wilson et al., 2016). In this regard the observed medium effect sizes for dribbling, ball control, and shooting fit into the broad range of effect sizes found in previous research. In their 2-year prospective studies, Figueiredo et al. (2009) and Deprez, Franssen, Lenoir, et al. (2015) analyzed football-specific technical skills' prognostic relevance in the age group U12. Performances in a wall pass and

shooting accuracy test were non-significant predictors regarding the prospective playing status of Portuguese regional club players. By contrast, a ball control test ( $d = 1.08$ ) and a dribbling test ( $d = 1.20$ ) showed prognostic relevance in the same study (Figueiredo et al., 2009). To a smaller extent, dribbling was also a significant predictor ( $d = 0.3$ ) for Belgian elite players' future playing status (Deprez, Fransen, Lenoir, et al., 2015). Furthermore, albeit for older Dutch youth academy players in late adolescence (U16-U19), Huijgen et al. (2014) detected medium effect sizes indicating lower performances in different dribbling features for players who were deselected from the youth academies one year later. Whereas the prognostic effects reached significance for the peak shuttle dribble ( $d = 0.66$ ) as well as for the repeated shuttle dribble test ( $d = 0.60$ ), they failed significance for the slalom dribble test ( $d = 0.37$ ).

The present results emphasize the importance of the *anthropometric variables* height ( $d = 0.50$ ) and weight ( $d = 0.55$ ) in early adolescence for more or less successful adult players. These medium effect sizes are quite similar to the prognostic value displayed by Gil et al. (2007) for weight ( $d = 0.41$ ), but also lower than the prognostic relevancies for height reported by Figueiredo et al. (2009) (e.g.,  $d = 1.03$ , in U12/U13) and Gil et al. (2007) (e.g.,  $d = 0.81$ , in U15) in their studies with regional club players (prognostic periods  $\leq 2$  years). However, they are higher than the effects of the prospective studies conducted by Deprez, Fransen, Lenoir, et al. (2015), Gil et al. (2014), Gravina et al. (2008) and Le Gall et al. (2010), who all found non-significant impact of these variables in early adolescence for future success.

Still, it remains unanswered whether differences in the anthropometric variables are caused by maturation-related biases in the talent selection (e.g., biologically more mature players are more often selected) or whether these variables have to be considered as performance factors in adulthood. Indeed, the 89 APL1 players were, as adults, on average 182.20 cm tall (based on the data provided by Transfermarkt, 2015). Thus, the “successful” group of this study was slightly taller than the corresponding German population of 18 to 25 year-old males who are on average 181 cm tall (Statistisches Bundesamt, 2014). As the

difference between the APL1 and APL3 players in the U12 age (3.37 cm) was noticeably larger, this might indicate an advanced biological maturation for future APL1 players in the U12 age group. However, for clarification of this important issue, more sophisticated and valid measures for biological maturity (e.g., skeletal age or ages at peak height velocity; R. M. Malina, M. J. Coelho E Silva, A. Figueiredo, C. Carling, & G. Beunen, 2012), differentiated analyses regarding the influence of anthropometric variables and playing position (e.g., Lago-Peñas, Casais, Dellal, Rey, & Domínguez, 2011), and a repeated measurement lasting over different developmental phases would be necessary.

Several causes might have led to the non-significant influence of *relative age*. The main reason is probably that the U12 players who participated in this study were already selected for the German TID program. These players ranked among the top 4% of their age cohort and the influence of relative age on performance factors is reduced in already selected samples (Votteler & Höner, 2014). Thus, a relative age effect already existed within this study sample (i.e., 60.4% of players were born in the first half of the year). The rate of the APL1 players (61.8%) is quite comparable, leading to non-significant effect sizes in the multiple group comparisons for relative age. However, the fact that the extent of the relative age effect at the beginning of a TID program is similar to its magnitude in adult professional soccer does not imply that the relative age effect is irrelevant for the TID process. For example, there is a considerably higher relative age effect in middle-to-late adolescence. More than 70% of the players that are selected for German youth academies and youth national teams are born in the first half of the year (for similar data in France, Spain or Switzerland, see Carling, le Gall, Reilly, & Williams, 2009; Jimenez & Pain, 2008; Romann & Fuchslocher, 2011). Upon entrance into the adult professional level the relative age effect is reduced (but still present), because at this point previously selected relatively younger players have even higher chances of becoming a professional (Skorski, Skorski, Faude, Hammes, & Meyer, 2016).

***Predictive value of latent performance factors (objective 2)***

Overall, the ANOVA analyses with manifest variables indicate a small magnitude of explained variance regarding the three adult performance levels ( $\eta^2 < .02$ ). However, despite the small explained variance, the quite relevant effect sizes derived by the multiple group comparisons are a first hint that the tests obtained prognostic relevance. The results of the SEM confirm these general findings of the “traditional” approaches, but also go beyond these findings with regard to the 1) overall explained variance, 2) role of the covariates, 3) consideration of the underlying performance factors and 4) attributes of the measurement model.

*First*, the logistic regression model led to a considerably higher magnitude of explained variance ( $R^2 = 25\%$ ), so that SA and TS explain with simultaneous consideration of anthropometric characteristics and relative age a quarter of the APLs. To the authors’ knowledge no study in soccer exists using a latent variable approach for the estimation of the prognostic relevance of performance factors. Thus, the results for objective 2 cannot be compared to other studies. Nevertheless, there are two main reasons for the increase in explained variance in the latent variable model. One, the latent variable model corrects for attenuation due to measurement error of single manifest variables (e.g., Bollen, 1989). The correction of attenuation is conducted by including several indicators of the latent exogenous TS and SA factors. Within the latent structural model, regression coefficients are unbiased and error free. Two, the manifest discrete outcome variable with its levels (APL1-3) is approximated by an underlying latent continuous variable  $y^*$ , which is linked by a threshold model to the observable outcome  $y$ . The underlying latent continuous variable  $y^*$  represents a more realistic “true ability” factor which leads to the manifest outcome via a threshold parametrization (for technical details of the Mplus latent variable framework see B. O. Muthén & Asparouhov, 2009). As a result of these two advances, the latent variable model approach better explains the relationship between the variables.



*Second*, regarding the role of the covariates, only weight ( $\beta = -.22, p < .001$ ) was a significant anthropometric covariate, indicating that heavier players have a greater chance of achieving a higher APL. Furthermore, height ( $\beta = .11, p = .32$ ) provides no further explanation of the APL and the relative age effect had no additional influence on the APL. However, due to the strong association of weight and height ( $r = .73$ ), it would obviously be wrong to conclude that height in early adolescence is unimportant for future success. According to the results for objective 1, the prognostic relevance of the two anthropometric variables was quite similar. However, the insights into the impact of maturity characteristics on the TID process are limited in this study, as its focus laid on the relevance of speed and technical performance factors with simultaneous consideration of maturation-related covariates. Therefore, the anthropometric variables and relative age were entered on the same level within the logistic regression as equal covariates and no underlying latent maturity factor was integrated into the model nor was height conceptualized as a predictor for weight (that then might have served as a mediator on APL). For a more concrete clarification of the impact of maturity characteristics on the TID process more valid measures for maturity, repeated measurements and a theoretical model including core assumptions of the mechanisms would be necessary.

*Third*, the analyses revealed significant path coefficients for both underlying performance factors ( $\beta = .07, p < .05$  for SA;  $\beta = .46, p < .001$  for TS). It was observed that TS had a stronger effect than SA leading to the interpretation that technical skills seem to be stronger predictors than speed abilities. However, some parts of the difference between the effects might be due to the collinearity between TS and SA, which means that TS and SA have variance in common. Therefore, the difference in the effects should be interpreted cautiously.

*Fourth*, the attributes of the measurement model validated the particular role of dribbling as it was influenced by both theoretical factors ( $\lambda = .34$  for SA and  $\lambda = .49$  for TS). The reason for this is that speed-related as well as technical skills impact dribbling performance in this test. The TS-factor influences the dribbling and ball control performances to nearly the

same relevant extent ( $\lambda \approx .50$ ). The considerably lower coefficient on shooting ( $\lambda = .26$ ) is attributable to a high proportion of measurement errors, because of the shooting test's low reliability. Regarding the SA-factor loadings on the indicators sprint ( $\lambda = .49$ ), agility ( $\lambda = .88$ ) and dribbling ( $\lambda = .49$ ), this study confirms the factor solution found by Höner et al. (2015) with data from other cohorts (1999, 2000) from the age group U12 in German soccer TID (with factor loadings  $\lambda = .50$ ,  $\lambda = .92$ , and  $\lambda = .35$  for sprint, agility and dribbling, respectively). The SA-factor mainly affects agility, whereas the sprint performance seems to be influenced by other factors as well. In accordance with this, the estimated variances of the measurement errors ( $\Theta^\delta = .76$  for 20 m sprint and  $\Theta^\delta = .22$  for agility) illustrate that in particular agility performance is explained by the SA-factor (ca. 78%). As both tests have similar (excellent) reliabilities, these differences in the factor loadings and variance of the measurement errors are not caused by different measurement errors. Confirming the findings from Höner et al. (2015) the impact of the SA-factor on the dribbling performance is lower. This is caused by the additional influence of the TS-factor as well as by the lower reliability of this football-specific test compared to the sprint and agility test.

### **Conclusion**

The study provides reliable empirical knowledge on the prognostic relevance of speed related and technical skill tests in a realistic setting (i.e., a nationwide census assessment within a concrete TID program). The results demonstrated motor predictors' prognostic validity over a long-term period ( $\approx 9$  years), even after controlling for maturation-related characteristics. However, the sensitivity of such tests is by far too low to apply them as exclusive and reliable information for selection decisions in a TID program even though repeated measurements as well as further predictors – e.g., personality (Höner & Feichtinger, 2016) or cognitive performance (Huijgen et al., 2015) factors – may increase the explainable variance in future performance.

Thus, identifying talent in soccer still remains a very complex (practical and theoretical) problem, and multidimensional approaches are recommended (Vaeyens et al., 2006) as they may prove more successful in talent identification (Buekers et al., 2015). With a focus on practical utility of motor tests, recent studies followed a multivariate approach mainly by combining manifest variables within any specification of the general linear model. In addition, this study applied SEM to consider as well the underlying latent performance factors, providing further insights into the role of speed abilities and technical skill for talent identification. The latent variable model has a greater predictive power than the ANOVA approach and technical skills in early adolescence seem to have a stronger effect on future performance than speed abilities.

A promising prospect and likewise a huge challenge for future talent research lies in the application and integration of different multivariate approaches in order to go beyond the “traditional” topic of single tests’ predictive validity and to be able to work on more theoretically founded questions. One step in this direction was undertaken with this study. Other promising methodological approaches (which until now have dealt with other topics of talent research in soccer or similar sports) – such as person-oriented pattern analyses (Zuber et al., 2016), mediator analysis based on SEM (Zuber & Conzelmann, 2014), multilevel modelling of (quasi-)longitudinal data (Deprez, Valente-Dos-Santos, et al., 2015; Huijgen et al., 2013; Valente-dos-Santos et al., 2014), evolutionary analyses of individual success (Wilson et al., 2016), or higher-dimensional models based on singular value decomposition and receiver operating characteristic analysis (Till et al., 2016) – should be further examined and compared with each other to identify the corresponding strengths and weaknesses. In doing so the research on talent may develop in both directions, providing coaches with more scientifically sound tools for supporting their TID process (practice-orientated perspective) as well as offering a deeper understanding of the underlying factors of a talented player and his or her positive development (science-oriented perspective).

## **Acknowledgements**

This study is part of the research project “Scientific support of the DFB’s Talent Development Program”, which was granted by the German Football Association (Deutscher Fußball Bund, DFB). We would like to thank DFB Director Ulf Schott, Thomas Hauser from the DFB’s Science Department and the staff of the DFB’s Department for Talent Development (in particular Jörg Daniel, Claus Junginger, Thorsten Becht and Tobias Kieß) for the provision of data and productive discussions in several meetings.

### **3.2 Longitudinal motor performance development in early adolescence and its relationship to adult success: An 8-year prospective study of highly talented soccer players**

(2) 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), e0196324. doi:10.1371/journal.pone.0196324

[This is an accepted manuscript of an article published online by PLoS ONE on May 3, 2018 available at 10.1371/journal.pone.0196324]

#### **Abstract**

Several talent identification and development (TID) programs in soccer have implemented diagnostics to measure players' motor performance. Yet, there is a lack of research investigating the relationship between motor development in adolescence and future, adult performance. This longitudinal study analyzed the three-year development of highly talented young soccer players' speed abilities and technical skills and examined the relevance of this development to their adult success. The current research sample consisted of  $N = 1,134$  players born between 1993 and 1995 who were selected for the German Soccer Association's TID program and participated in nationwide motor diagnostics (sprinting, agility, dribbling, ball control, shooting) four times between the Under 12 (U12) and Under 15 (U15) age class. Relative age (RA) was assessed for all players, and a total motor score was calculated based on performances in the individual tests. In order to investigate players' future success, participants were divided into two groups according to their adult performance level (APL) in the 2014/2015 season: Elite (1st-5th German division;  $N = 145$ , 12.8%) and non-elite players (lower divisions;

$N = 989$ , 87.2%). Using multilevel regression analyses each motor performance was predicted by Time, Time<sup>2</sup> (level-1 predictors), APL, and RA (level-2 covariates) with simultaneous consideration for interaction effects between the respective variables. Time and Time<sup>2</sup> were significant predictors for each test performance. A predictive value for RA was confirmed for sprinting and the total motor score. A significant relationship between APL and the motor score as well as between APL and agility, dribbling, ball control, and shooting emerged. Interaction effects distinctly failed to reach significance. The study found a non-linear improvement in players' performance for all considered motor performance factors over a three-year period from early to middle adolescence. While their predictive value for future success was confirmed by a significant relationship between APL and most of the considered factors, there was no significant interaction between APL and Time. These findings indicate that future elite players had already been better at the beginning of the TID program and maintained this high level throughout their promotion from U12 to U15.

**Keywords:** speed abilities, technical skills, talent prognosis, football, longitudinal study, adult performance level

## **Introduction**

In order to provide talented young soccer players with an adequate training environment various clubs and associations have implemented comprehensive talent identification and development (TID) programs (e.g., Deutscher Fußball Bund, 2009; The Premier League, 2011). However, only a small number of young athletes within these programs reach a professional playing level in adulthood (Höner, Leyhr, & Kelava, 2017; Kannekens, Elferink-Gemser, Post, & Visscher, 2009). Therefore, a goal-oriented promotion for youth soccer players (i.e., with clearly intended performance outcomes) represents a meaningful challenge. Talent

development constitutes a complex process because many different characteristics have an effect on the development of young promising athletes (Forsman, Grasten, et al., 2016). This complexity stresses the importance of identifying factors that can help predict athletes' chances of future success, thus providing valuable information for coaches (Huijgen et al., 2013; Vaeyens et al., 2008).

In the fundamental work of Williams and Reilly (A. M. Williams & Franks, 1998) (see also A. M. Williams & Reilly, 2000), such potential personal talent indicators were categorized into physical, physiological, and psychological factors. Based on this framework, researchers have examined to what extent the various talent factors (isolated as well as in combination) possess predictive power with respect to players' future success. In various prospective studies, investigators have predominantly assessed the prognostic relevance of motor performance factors, such as sprint, agility, and dribbling performance (Wilson et al., 2016), and found a significant *relationship between motor test performances and future success* in youth soccer (e.g., Deprez, Valente-Dos-Santos, et al., 2015; Figueiredo et al., 2009; Gonaus & Müller, 2012; Höner & Votteler, 2016). From a practical perspective, soccer associations also highlight such *speed abilities* (e.g., the ability to move quickly, accelerate or deaccelerate, and change direction; see Wormhoudt et al., 2018) *and technical skills* (i.e., on-the-ball performances, including ball control, dribbling, and shooting; see Huijgen, 2013) as particularly relevant (Deutscher Fußball Bund, 2009).

Most of the research in TID has been conducted testing diagnostics' prognostic validity by *assessing performance only once*. However, talent is a dynamic construct which indicates that developmental aspects must also be taken into account (e.g., Buekers et al., 2015; Hohmann, 2009). For example, differences in maturation among young players as well as changes in physical or physiological dispositions (e.g., body size or power) may influence the motor parameters' development and subsequent performance (Abbott & Collins, 2002; Forsman, Grasten, et al., 2016; Meylan et al., 2010). In addition, Höner et al. (2015) reported

satisfying inter-individual stabilities of differences for motor diagnostics, even for longer periods of up to three years. Consequently, differential stability could play an important role when investigating the usefulness of assessing motor performance factors in early adolescence (Abbott & Collins, 2002; Höner et al., 2015), which not only represents a period characterized by the beginning of puberty (Tanner, 1981), but also the best motor learning phase (Willimczik, Meierarend, Pollmann, & Reckeweg, 1999). Motor performance factors can be subject to particularly meaningful changes within this developmental phase. Due to these potential fluctuations in motor development (e.g., Malina et al., 2004), multiple assessments of the same individuals are needed to describe intra-individual changes and more accurately identify inter-individual differences between young players (Saward et al., 2016). Accordingly, various researchers have argued for the use of longitudinal designs, as “monitoring the [...] development of talented soccer players over a prolonged period of time can also contribute to an improved understanding and further enhancement of talent development and selection processes” (see p. 585 in Huijgen et al., 2009). Despite the advantages of longitudinal research, studies using this methodology are rare in talent development research (e.g., Höner & Votteler, 2016).

While a few studies exist in which researchers included multiple measurement points and, simultaneously, combined their assessment with a talent prognosis (Huijgen et al., 2009; Saward et al., 2016; Zuber et al., 2016), these endeavors are characterized by meaningful limitations. For instance, using a person-oriented approach, Zuber and colleagues (2016) investigated 12 to 14-year-old talented soccer players’ development of, among others, speed abilities and technical skills. They found that during a short-term prognostic period of one year highly skilled players reached an elite playing level (i.e., youth national team) significantly more often than their non-highly skilled counterparts. Players were accompanied over a two-year period and their performances at the last assessment (i.e., at the age of 14) were used to investigate differences between participants’ success at the age of 15. However, performance



development as a potential career predictor in itself was not addressed. Similarly, utilizing a short-term prognostic period of less than one year after the last assessment, Seward et al. (2016) reported significant differences with respect to match-running performance between players who were retained by or released from a youth academy. Although match-running performance was analyzed across three seasons, this study did not address the relationship between performance development over time and the subsequent playing status, which would have required the modelling of interaction effects between these two predictors. The latter was considered in a prospective study by Huijgen and colleagues (2009), who found no significant interaction between the dribbling performance development of 14 to 18-year-old athletes and their adult playing level well over two years after the last measurement. Unfortunately, other motor performance factors were not addressed in this study and the average number of measurement points per player ( $M = 1.82$ , 238 measurements in a total of 131 players) was rather low. Due to these limitations in the current literature, further research with respect to the association between motor development in adolescence and future performance success appears warranted, especially for longer prognostic periods.

Yet, it should also be noted that such research entails *methodological challenges*. First, there are potential issues with the feasibility of these types of studies (e.g., participant dropout) as they, for example, require large sample sizes assessed over a prolonged period of time. Second, conducting research with long-term prognostic periods requires distinct statistical procedures. More specifically, in order to adequately analyze longitudinal data statistical tools are needed that model changes and differences both within and between young players. To assess such longitudinal changes in performance characteristics, Brink, Visscher, Coutts, and Lemmink (2012) suggested using *repeated measures multilevel statistical techniques*. Multilevel modelling provides “more accurate and comprehensive description of relationships in clustered data than do conventional models, by correcting underestimated standard errors, by estimating components of variance at several levels, and by estimating cluster-specific

intercepts and slopes” (see p. 1 in Park & Lake, 2005). In addition, the application of such models offers the opportunity to consider both group- and individual-level variation in performance development. Unfortunately, to date, only a limited number of researchers have applied these multilevel analyses with longitudinal data in talent development research (e.g., Valente-dos-Santos et al., 2012), and even fewer combined them with talent prognosis (e.g., Huijgen et al., 2009; Seward et al., 2016). However, as previously discussed, these studies are also characterized by other limitations. To fill this gap in the literature on TID, the present study was conducted with a longitudinal as well as prospective design within a nationwide TID program.

TID programs usually start their promotion efforts in early adolescence. The German Soccer Association (DFB) selects the top 4% of youth soccer players for its TID program every year beginning with the age class U12 (Schott, 2011). Subsequently, these highly talented individuals are developed in early adolescence (U12-U15) either in one of the more than 50 youth academies of professional soccer clubs or in one of the DFB’s 366 competence centers. In these competence centers, athletes receive weekly training by a qualified soccer coach which is provided in addition to their regular club training. Focusing on athletes who are promoted at one of the DFB’s competence centers from U12 to U15, the current endeavor was designed to investigate the following two research questions: (1) *How do the speed abilities and technical skills of young elite soccer players develop over the course of individuals’ involvement in the German TID program (U12-U15),* and (2) *over a long-term prognostic period, what predictive power speed abilities and technical skills as well as their development possess with regard to reaching a professional performance level in adulthood?* Thus, the purpose of the present study was to adequately analyze young soccer players’ motor development in early adolescence and its relationship to adult success by utilizing a longitudinal design within a nationwide TID program.

## Methods

### *Sample and design*

This *three-year longitudinal and eight-year prospective study* analyzed the data of  $N = 1134$  male players (birth cohorts 1993, 1994, 1995) who participated in the German TID program from U12 to U15 at one of the DFB's competence centers between 2004 and 2009. Every year in the fall, each player participated in motor diagnostics, which resulted in four measurement points (i.e., first assessment in U12, following assessments in U13, U14, and U15) for each athlete (4536 total data points from 1134 athletes). Due to the nationwide assessment at the 366 competence centers, diagnostics were conducted within a time window of about seven to eight weeks. The measurement point within this time window was independent of other parameters of the current research, such as age class or performance level. In order to enhance the objectivity and reliability of the assessments across all sites all staff members conducting the tests were provided with a detailed test manual. Additionally, individual sites received practical support through trained research assistants if needed. Nevertheless, the high number of different staff members needed for the nationwide assessments may have contributed to a decrease in reliability. In order to focus on those players who progressed through the full promotion program at the competence centers during adolescence, only individuals who completed the diagnostics' individual motor test at each of the four measurement points (i.e., U12-U15) were included in this study. Participants were  $11.42 \pm 0.28$  years old at the time of the first measurement point in U12.

Before entering the TID program, players' parents provided written informed consent for the recording and scientific use of the data collected in the motor diagnostics. In addition, players provided verbal assent before participating in the motor diagnostics. DFB staff members (i.e., coaches with at least the UEFA B-License) conducted the motor tests and, therefore, measured the predictor variables of the present study. The DFB provided the authors with the data for players from the three birth cohorts. The ethics department of the Faculty of Economics

and Social Sciences at the first author's institution and the scientific board of the DFB approved the implementation of this study.

Based on an examination of the rosters of the five highest German leagues (Fußballdaten, 2015; Transfermarkt, 2015), the assessed players were divided into two groups according to their *adult performance level (APL)* in the 2014/2015 season. At this time, the investigated athletes were between 19 and 22 years old. This resulted in a long-term prognostic period of six, seven, or eight years, respectively (depending on the birth cohort). Players who appeared in at least one match in one of the five highest German soccer divisions (Bundesliga, 2. Bundesliga, 3. Liga, Regionalliga, Oberliga) constitute the first group. Currently, almost 9,800 athletes are under contract by a club that is part of one of these divisions (Transfermarkt, 2017). Thus, with approximately 3.5 million active soccer players in Germany (Statistisches Bundesamt, 2017), individuals who compete in one of the upper five German soccer divisions belong to the top 1% of all soccer players in Germany. Therefore, athletes in this group were categorized as *elite* players ( $N = 145$ , 12.8%). *Non-elite* players ( $N = 989$ , 87.2%) did not appear in one of the five highest German soccer divisions. Divisions of other countries were not analyzed.

### **Measures**

The motor test battery consisted of five individual tests. The players were assessed in *sprint* (time for a 20m linear sprint), *agility* (time in a slalom course without a ball) and *dribbling* (time in a slalom course with a ball), *ball control* (time needed to play six passes alternately against two opposing impact walls with at least two ball contacts), and *shooting*. Times for sprint, agility, and dribbling were measured utilizing light barrier systems, whereas times for ball control were assessed with chronographs. Two attempts were conducted for each of these tests, but only the better one was counted. Players were provided with ample time to recover between the attempts. Whereas all these tests are measured by execution time, the shooting test comprises eight shots at two different target fields within the goal (left and right).

The shots are rated by a coach with regard to precision (shot on target field represents a hit) and speed (ranked on a three-stage scale). All five individual tests were negatively coded (i.e., a lower value indicated a better performance). Based on the individual test results, a positively coded motor score (i.e., more points indicate better overall performance) was calculated using the following formula (for a detailed description see Höner et al., 2015):

$$\text{Score} = 10,000 * [(17.29 * \text{sprint}) + (9.43 * \text{agility}) + (4.11 * \text{dribbling}) + (2.41 * \text{ball control}) + \text{shooting}]^{-1} \quad (1)$$

Additionally, each player's *relative age* (RA; measured by the day of birth within a year, i.e., the number of days after January 1<sup>st</sup>) was registered.

Höner and colleagues (2015) provided a detailed description of the individual tests and analyzed the test battery's psychometric properties for a sample comprising nearly 70,000 competence center players (U12-U15). They found excellent internal consistencies in terms of Cronbach's Alpha ( $\alpha = .89$ ) as well as satisfying test-retest reliabilities ( $r = .74$ ) for the composite motor score. With regard to the individual tests, they discovered extraordinarily good internal consistencies for sprint ( $\alpha = .95$ ) and agility ( $\alpha = .91$ ), whereas these values for ball control ( $\alpha = .68$ ), dribbling ( $\alpha = .61$ ), and especially shooting ( $\alpha = .41$ ) were lower. With the exception of shooting ( $r = .30$ ), test-retest reliabilities ranged between  $r = .50$  for ball control and  $r = .76$  for sprint.

### ***Statistical analysis***

Data were analyzed using SPSS (Version 24) and R (Version 3.2.2). Pre-analyses of Random-Intercept-Only models revealed an *Intra-Class-Correlation* (ICC) of at least 0.10 for the total motor score ( $ICC_{\text{Score}} = 0.14$ ) and for each single test ( $ICC_{\text{Sprint}} = 0.27$ ,  $ICC_{\text{Agility}} = 0.32$ ,  $ICC_{\text{Dribbling}} = 0.23$ ,  $ICC_{\text{BallControl}} = 0.10$ ,  $ICC_{\text{Shooting}} = 0.14$ ). Consequently, in accordance with the recommendations of Kreft and De Leeuw (1998) and Teachman and Crowder (2002), the longitudinal development of players' performances in the motor diagnostics was analyzed using multilevel regression analyses.

Two-level regression analyses (Random-Intercept-and-Random-Slope models) were performed for the overall score and each single test. To meet the requirements of the longitudinal data set's hierarchical structure (i.e., different measurement points nested within different individuals), the repeated measurements were analyzed within (level 1) and between individuals (level 2). In order to describe the developmental changes in each motor performance parameter ( $MP_{ij}$ ) for the player  $j$  at the measurement point  $i$  a Random-Intercept-and-Random-Slope model was built:

$$MP_{ij} = \gamma_{00} + \gamma_{10} * \text{Time} + \gamma_{20} * \text{Time}^2 + u_{0j} + u_{1j} * \text{Time} + u_{2j} * \text{Time}^2 + \varepsilon_{ij} \quad (2)$$

This model included fixed and random effects to account for both players' overall motor performance development (regarding mean values; i.e., fixed effects) and the unexplained (inter-individual) variation around these means for the intercept and slopes (i.e., random effects; see Twisk, 2003). More specifically,  $\gamma_{00}$  (intercept, average performance of all individuals at T0),  $\gamma_{10}$  (fixed time slope, mean change in motor performance per year), and  $\gamma_{20}$  (fixed time<sup>2</sup> slope, mean change in motor performance per year<sup>2</sup>) contributed to the fixed part of the regression formula. The time<sup>2</sup> slope was added to the model to investigate whether non-linear changes occur in motor performance development. The parameters  $u_{0j}$  (random intercept, individual deviation from mean performance  $\gamma_{00}$  at T0),  $u_{1j}$  (random time slope, individual deviation from mean time slope  $\gamma_{10}$  per year) and  $u_{2j}$  (random time<sup>2</sup> slope, individual deviation from mean time<sup>2</sup> slope  $\gamma_{20}$  per year<sup>2</sup>) comprised the random part.

In addition to the time variables (in years after the first assessment in U12, level 1 predictors), RA (in number of days after January 1<sup>st</sup>) was inserted in the model as level 2 covariate to check whether this variable had an influence on the respective motor performance parameter. Similarly, although APL semantically represents an outcome and not a predictor, this variable was included as level 2 covariate in the model to analyze the differences in developmental changes between the two groups (elite vs. non-elite). Interactions between the time variables and these covariates (e.g., Time x APL) were also investigated to test for any

potential relationship between developmental change over time and players' RA or APL. For each regression analysis (i.e., for each motor performance parameter) all given variables (i.e., random and fixed parts for intercept, Time and Time<sup>2</sup> as well as RA, APL, and interaction effects) were added to the model and systematically excluded based on model fit changes indicated by -2 log likelihood (deviance). Only significant predictors ( $\alpha = .05$ ) of the respective motor performance variable were included in the final regression model. Additionally, deviances from the respective final and null model were used to compute Maddala's  $R^2$  to give insight into the explained variance of the regression models (Bortz & Schuster, 2010; Maddala, 1983).

Finally, to also control for cohort effects that may confound the analysis of motor performances' differences between selection levels (Elferink-Gemser et al., 2012), two-level regression analyses were performed for each birth cohort separately. These models revealed the same structure of significant predictors for motor performance development as the models based on the data of all three birth cohorts (1993, 1994, and 1995) combined. Therefore, the birth cohorts were accumulated in order to achieve a sufficient number of elite players within the sample and, thus, provide robust results for the developmental changes of the considered motor variables. Only the results for the accumulated data are displayed in the following section.

## **Results**

*Descriptive statistics* for individuals' test performances based on APL are presented in Tab. 2. Generally, players improved in all motor performance parameters within the three-year period from U12 to U15. Furthermore, on average, future elite players performed better than their non-elite counterparts across all measurement points.

Tab. 2: Descriptive Statistics of Motor Performances at the Assessed Measurement Points (U12, U13, U14, U15) for Elite (N = 145) and Non-elite Players (N = 989).

Motor Performance Variable	Group in Adulthood	$M \pm SD$			
		U12	U13	U14	U15
Score (points)	Non-elite Players	42.37 ± 1.83	44.10 ± 1.92	45.57 ± 1.94	46.68 ± 1.98
	Elite Players	43.08 ± 2.05	45.05 ± 2.10	46.26 ± 2.21	47.48 ± 2.23
	Total Sample	42.46 ± 1.87	44.22 ± 1.97	45.65 ± 1.99	46.78 ± 2.03
20m Sprint (s)	Non-elite Players	3.66 ± 0.17	3.57 ± 0.16	3.46 ± 0.16	3.35 ± 0.17
	Elite Players	3.64 ± 0.18	3.56 ± 0.17	3.44 ± 0.17	3.32 ± 0.17
	Total Sample	3.65 ± 0.17	3.57 ± 0.16	3.46 ± 0.17	3.35 ± 0.17
Agility (s)	Non-elite Players	8.44 ± 0.44	8.22 ± 0.41	8.09 ± 0.37	8.01 ± 0.36
	Elite Players	8.35 ± 0.40	8.10 ± 0.40	8.04 ± 0.38	7.95 ± 0.41
	Total Sample	8.43 ± 0.43	8.21 ± 0.41	8.08 ± 0.37	8.00 ± 0.37
Dribbling (s)	Non-elite Players	11.56 ± 0.83	11.07 ± 0.81	10.74 ± 0.78	10.53 ± 0.73
	Elite Players	11.29 ± 0.72	10.79 ± 0.69	10.55 ± 0.75	10.30 ± 0.65
	Total Sample	11.53 ± 0.82	11.04 ± 0.80	10.72 ± 0.78	10.50 ± 0.72
Ball Control (s)	Non-elite Players	11.73 ± 1.53	10.65 ± 1.47	9.93 ± 1.26	9.48 ± 1.26
	Elite Players	11.34 ± 1.84	10.21 ± 1.34	9.65 ± 1.21	9.25 ± 1.35
	Total Sample	11.68 ± 1.58	10.59 ± 1.46	9.90 ± 1.26	9.45 ± 1.27
Shooting (points)	Non-elite Players	17.83 ± 3.66	16.79 ± 3.74	15.69 ± 3.94	15.04 ± 4.12
	Elite Players	17.31 ± 4.06	15.63 ± 4.19	14.70 ± 4.38	14.09 ± 4.14
	Total Sample	17.76 ± 3.71	16.64 ± 3.82	15.57 ± 4.01	14.92 ± 4.13



Tab. 3 displays the significant predictors' regression coefficients of the *multilevel regression analyses*. The explained variances for the individual tests ranged from only 8.8% for shooting to 50.2% for sprinting. An even higher value (53.8%) of explained variance proportion was reached for the score's regression model. With regard to the random parts of the regression models, best model fits were found when the intercept as well as the time and time<sup>2</sup> slopes were allowed to vary randomly (except for Time<sup>2</sup> in sprint and shooting). This indicated substantial inter-individual variation in terms of motor performance at T0 as well as individual variation concerning developmental changes over time.

Tab. 3: Final Models' Regression Coefficients for each Motor Performance Parameter – Multilevel Regression Analyses ( $N = 1134$ ).

Independent Variable	Motor Performance Parameter (Dependent Variable)												
	Score		20m Sprint		Agility		Dribbling		Ball Control		Shooting		
	Coeff.	SE	Coeff.	SE	Coeff.	SE	Coeff.	SE	Coeff.	SE	Coeff.	SE	
Fixed effects	Intercept	42.5549***	0.0883	3.6200***	0.0080	8.4340***	0.0132	11.5535***	0.0248	11.7128***	0.0471	17.8963***	0.1129
	Time	1.9118***	0.0634	-0.0896***	0.0048	-0.2436***	0.0143	-0.5436***	0.0293	-1.2193***	0.0579	-1.3182***	0.1660
	Time <sup>2</sup>	-0.1597***	0.0203	-0.0046**	0.0015	0.0342***	0.0043	0.0682***	0.0091	0.1608***	0.0177	0.1198*	0.0530
	APL	0.7970***	0.1322	ns	-	-0.0728**	0.0262	-0.2423***	0.0497	-0.3181***	0.0808	-0.8936***	0.2109
	RA	-0.0013**	0.0001	0.0002***	0.0000	ns	-	ns	-	ns	-	ns	-
Random effects (SD)	Intercept	1.3238***		0.1396***		0.3406***		0.5569***		1.0865***		1.2431***	
	Time	0.5213***		0.0412***		0.2391***		0.2893*		0.8296***		0.2243*	
	Time <sup>2</sup>	0.1775***		ns		0.0578***		0.0664*		0.1914***		ns	
	Residual	1.3221		0.0998		0.2680		0.6012		1.1272		3.5660	
Explained Variance (in %)	53.8		50.2		23.5		27.5		32.6		8.8		

Note. \* $p < .05$ , \*\* $p < .01$ , \*\*\* $p < .001$ ; ns = not significant (and, therefore, not included in the final model); Coeff. = Estimated Regression Coefficient, SE = Estimated Standard Error, APL = Adult Performance Level, RA = Relative Age.

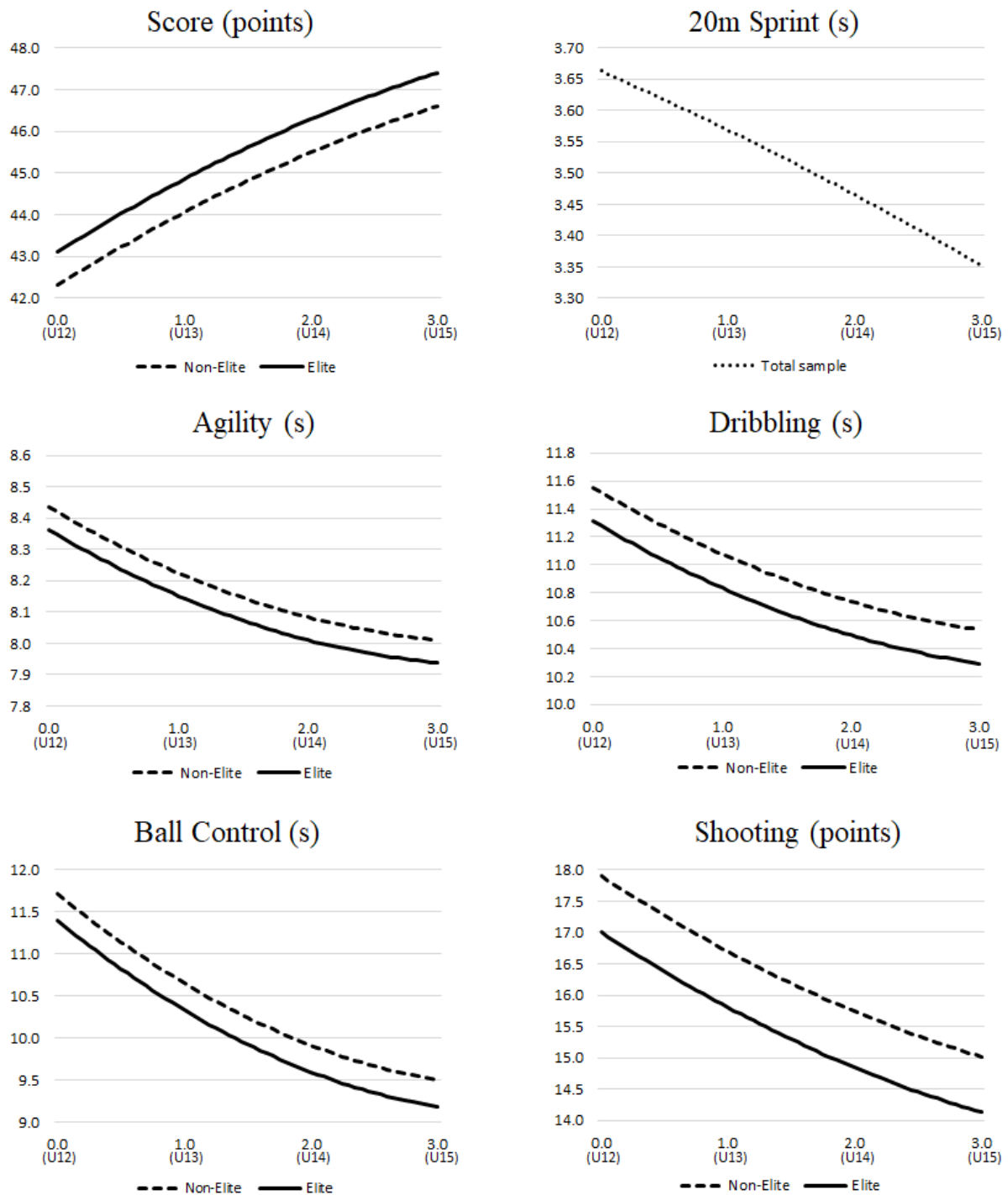
With respect to the fixed parts of the regression models, the intercept as well as Time and Time<sup>2</sup> significantly contributed to the prediction of players' performance in the motor parameters (each  $p < .05$ ). Consequently, individuals' improvement in the considered talent factors was non-linear within the investigated three-year period. The inserted covariates APL and RA only partly emerged to be significant predictors. Whereas APL was found to be significant for every motor performance parameter (each  $p < .01$ ) with the exception of sprint, RA only reached significance for sprint and the overall score. Furthermore, all considered interaction effects failed to reach significance. Thus, this was also the case for the interaction terms Time x APL as well as Time<sup>2</sup> x APL, indicating no significant relationship between motor performance development and future success.

In order to gain insight into youth players' motor development during their time in the TID program, their motor performance can be calculated (based on time after the first measurement point, RA, and/or APL) using the results for the fixed parts from the regression analyses (see Tab. 3). The estimated curves for the respective talent factors (see Fig. 5) show players' average motor development within the investigated three-year period from U12 (Time = 0) to U15 (Time = 3). For example, the following best model (derived from the equation (2) described in the statistical analysis section) can describe the overall motor performance development represented by the score:

$$\text{Score performance} = 42.55 + 1.91 * \text{Time} - 0.16 * \text{Time}^2 + 0.80 * \text{APL} - 0.001 * \text{RA} \quad (3)$$

Regarding the independent variables within this formula, Time represents the period of time after the first measurement point in U12 (in years). For instance, for the third assessment in U14, Time is equal to "2". APL is set to "1" if elite players' dribbling performance is predicted and to "0" for non-elite players. RA ranges from 1 (player born January 1<sup>st</sup>) to 365 (players born December 31<sup>st</sup>). For instance, a player's score performance improves (on average) by 1.75 points (= 1.91 - 0.16) within the first year of the promotion ( $1.87 \leq SD_{\text{Score}} \leq 2.03$  for the four

age classes U12 – U15) and by 3.18 ( $= 1.91 * 2 - 0.16 * 2^2$ ) points within the first two years. Across all investigated measurement points future elite players performed 0.80 score points better than their non-elite counterparts. Lastly, with respect to RA, an athlete born January 1<sup>st</sup> has a score performance that is 0.364 ( $= 364 * 0.001$ ) points better than a player born December 31<sup>st</sup>.



Note. Test performances in sprint, agility, dribbling, ball control and shooting are all negatively coded, that is, a lower value represents a better performance. The x-axis represents the time (in years) from the first measurement point in U12 (Time = 0) to the last assessment in U15 (Time = 3). Individuals' development for the sprint test is displayed independently of APL, because this variable was not found to be a significant predictor for participants' sprint performance.

Fig. 5: Players' Motor Performance Development from U12 to U15 Predicted by the Multilevel Regression Analyses and Separated by Adult Performance Level.

## Discussion

Recent research offers a broad understanding of the *usefulness of motor talent diagnostics to predict future success* (e.g., Wilson et al., 2016). More specifically, researchers have provided information about the prognostic validity of motor performance factors for future performance level (e.g., Deprez, Valente-Dos-Santos, et al., 2015; Höner et al., 2017). Due to the fact that talent is considered to be a dynamic construct (Hohmann, 2009) and because previous studies have generally been conducted assessing parameters only once, this investigation's focus was the development of motor performance factors within a nationwide TID program as well as its predictive value for adult success. By utilizing a three-year longitudinal design that included four measurement points for a large sample of athletes (i.e., providing sufficient test power), the present endeavor provides more reliable insight into young soccer players' motor performance development in early adolescence. Additionally, by applying multilevel regression techniques for analyzing longitudinal data, this study used statistical procedures that allowed for a consideration of inter-individual differences (such as APL or RA) and provided information about intra-individual change. Thus, variation in motor development between players of different future performance levels over time (level 2) as well as athletes' individual development (level 1) over a three-year period were comprehensively analyzed.

### *Motor performance factors' prognostic validity*

The current study confirmed the prognostic validity of the presented motor test battery for adult success (6-8 years later). A significant difference was found between future elite and non-elite players' overall motor score assessed within early to middle adolescence as well their respective speed abilities (agility) and technical skills (dribbling, ball control, and shooting). These results support the current state of research concerning the predictive power of motor performance (e.g., Deprez, Fransen, Lenoir, et al., 2015; Figueiredo et al., 2009; Gonaus & Müller, 2012; Höner et al., 2017) and can likely be explained by the essential impact speed

abilities and technical skills have on match-winning situations in soccer (Gonaus & Müller, 2012; A. M. Williams & Reilly, 2000). For instance, a better agility or dribbling performance (indicated by a better time in the diagnostics) may result in a more ideal position on the pitch for winning or defending the ball against an opponent. This advantage may exist with regard to players' current performance within early adolescence, and also manifest itself in their likelihood to be further promoted in middle to late adolescence. Furthermore, due to the sufficient long-term stabilities for the motor score investigated in this study ( $r_{U12/U15} \approx .51$ ; Feichtinger & Höner, 2015), a better performance in early adolescence may also be linked to an increased probability of superior performance in adulthood. However, despite the prognostic relevance of motor performance, there was no statistically significant relationship of motor performance development and participants' future playing level in adulthood. These findings are consistent with the conclusions of Huijgen et al. (2009), suggesting that players who reach an elite level in adulthood, on average, already possess advanced motor abilities upon entry into the TID program. In other words, they were able to maintain their advantage over future non-elite players throughout the stages of promotion.

### ***Motor development***

Nevertheless, a substantial improvement from U12 to U15 was detected in participants' performance across all investigated motor performance factors. This progression was *non-linear*, as players' motor performance increased considerably more in the first year of their promotion (i.e., U12 to U13) than in subsequent years (i.e., U13 to U14 or U14 to U15). These findings are mostly in line with previous research (e.g., Deprez, Fransen, Lenoir, et al., 2015; Huijgen, Elferink-Gemser, Post, & Visscher, 2010). Most recently, Fransen and colleagues (2017) found that participants' motor competence developed faster before they reached the age of peak height velocity. Similarly, Huijgen et al. (2010) indicated a meaningful improvement of players' dribbling performance between the ages of 12 and 14, followed by a phase where this development plateaued. It is likely that this non-linear development is due to the rapid

biological, maturational changes in individuals during early adolescence. An alteration in body composition (e.g., changing hormones, metabolic rhythms) can be accompanied by shifts in motor dispositions. In fact, athletes' physical or physiological dispositions are expected to suddenly change when they go through puberty during early adolescence (Forsman, Grasten, et al., 2016; Renshaw, Davids, Phillips, & Kerhervé, 2012).

The effect of RA, in general, was found to be rather low for most of the motor performance factors in the present study. Except for sprinting and the total motor score, this variable did not show a significant influence on players' performance. Nevertheless, in contrast to Votteler and Höner's suggestion (Votteler & Höner, 2017), findings of the present study could not confirm an effect of RA on motor performance development. Therefore, additional focus should be given to the influence of relative age characteristics in future research. Although RA seemed to play a limited role in the motor development of elite and non-elite athletes (which is in line with Höner et al., 2017), it seems likely that some future elite players were already advanced in maturation (independent of their relative age). This advantage, among other implications, may have resulted in possessing better speed abilities and technical skills compared to those individuals who mature later (Malina et al., 2005). However, these maturational aspects were not part of the present study and, therefore, *other age-related considerations* such as biological maturity (e.g., skeletal age or age at peak high velocity; see R. Malina, M. Coelho e Silva, A. Figueiredo, C. Carling, & G. Beunen, 2012), which may provide additional insight into inter-individual developmental differences, should be explored in future research.

Further attention should also be given to the *individual differences* that was found with respect to athletes' motor performance development over time. The random effects in multilevel modelling indicated significant *inter-individual variations* between players with regard to their baseline performance at the beginning of the TID program (i.e., random intercept) as well as with regard to their motor performance development over time (i.e., random slope). This finding



is particularly meaningful given the preselected, homogenous subsample of athletes who belong to the top 4% of youth soccer players in Germany. Similar inter-individual differences in young soccer players' motor development were found in longitudinal studies about dribbling (Huijgen et al., 2009) and match-running performance (Saward et al., 2016).

Furthermore, while no interaction between motor performance development and a player's APL materialized, these results were derived from a group-based perspective (i.e., based on the average player within the investigated sample). The detected variation between players as well as the different measurement points potentially allows for such a relationship to emerge on an individual level. Thus, it seems likely that single case analyses of developmental pathways – in addition to group based considerations – will provide a more in-depth understanding of youth soccer players' motor development in early adolescence. For instance, over 20% of the investigated elite players in the current study had a lower motor score performance in U12 than the average non-elite player. The consideration of such specific types of players (e.g., athletes who reach an elite adult performance level although they demonstrated a below-average performance at the outset of promotion) might be useful to gain more knowledge about the individual development of talented young soccer players.

### ***Limitations***

The current study demonstrated the general prognostic relevance of motor performance factors for adult success. Yet there were no significant interactions between the non-linear motor development and future performance level. Additionally, RA generally showed a rather small impact on motor performance development. Despite the usefulness of these findings, there are various limitations that should be addressed in future research.

First, as previously described, *selection effects* (i.e., the sample consisted of individuals who belong to the top 4% of youth soccer players of the U12 age class in Germany) could have affected the current sample's constitution regarding its homogeneity (L. G. Hill, Rosenman, Tennekoon, & Mandal, 2013). In addition, only players who performed the motor tests regularly

(once a year) during their three-year promotion from U12 to U15 were included in the study. Accordingly, players who transferred to a youth academy within the investigated time span or dropped out of the TID program were not considered. It seems likely that players who reached the youth academy level belonged to the better motor performers (e.g., see Höner et al., 2015), whereas players who dropped out were presumably athletes with lower motor performances. This possibly resulted in a more homogenous subgroup of players with similar motor development within the promotion program at the DFB's competence centers. This study focused on the development of competence center players who were part of the complete promotion program (U12-U15). Based on this investigation, future research should address issues of homogeneity by, for instance, analyzing the motor development of players who dropped out to gain insight into potential similarities and differences with those individuals who stayed in the TID program.

Second, while the current study longitudinally assessed young athletes' motor performance, it should be noted that *environmental factors* might play an important role during an athlete's development in early adolescence. For instance, coaches have a meaningful influence on physical and psychological development (Poczwadowski, Barott, & Henschen, 2002). With respect to the current findings, coaches likely differ in the training programs they provide or the contextual environment they nurture. Thus, such social facets should be included in future research addressing inter-individual variation with respect to motor development.

Third, the developmental periods in which talent factors are assessed can have a meaningful impact on their predictive value (Murr, Raabe, et al., 2018). Thus, the different motor dimensions that have been addressed within this study (speed and technique) might also show a specific (e.g., quick, deaccelerated, or abrupt) development in earlier and later age classes which may, in turn, affect their predictive value (e.g., Höner et al., 2017; Vaeyens et al., 2008). For instance, as mentioned before, Philippaerts et al. (2006) stated that phases of accelerated and deaccelerated development could occur just before and after the age of peak

height velocity (see also Fransen et al., 2017) and might influence talent factors' discriminating power. The current results are based on data from a sample of 11 to 14-year-old individuals, and, therefore, similar investigations should be conducted with youth players from other *developmental phases in adolescence*.

Last, the current study only focused on two dimensions of talent factors (i.e., speed abilities and technical skills) and analyzed their influence on individuals' future success. Development of these motor performance factors was found to be quite similar for elite and non-elite players. It is possible that the investigated non-elite players spend additional time and effort on improving their technical skills and speed abilities during their promotion in the TID program in order to continue to be competitive with their elite counterparts. However, Huijgen et al. (2009) argued that due to this additional focus on improving their motor performance, these players' may not be able to sufficiently develop other skills that would be necessary to reach the top level in adulthood. Given this concern, it seems necessary to "leave the one-dimensional arena and focus on a multidimensional playing field" (see p. 7 in Buekers et al., 2015) by conducting research that investigates a more complex and multidimensional array of variables. For example, recent studies illustrated the predictive power of various potential relevant talent facets, including psychological attributes such as motivational and volitional components (e.g., Höner & Feichtinger, 2016) or tactical competences such as positioning and deciding (e.g., Kannekens, Elferink-Gemser, & Visscher, 2011). By pursuing a multidimensional pathway, it may be possible to investigate whether specific weaknesses in one of the different attributes may be compensated by exceptional strengths in others (Buekers et al., 2015).

### ***Conclusion***

This study provides reliable empirical evidence of the prognostic relevance of speed-related and technical skill tests within a nationwide TID program. The results demonstrated prognostic validity of motor performance factors over a long-term period ( $\approx$  eight years).

However, the three-year development of these characteristics did not correspond significantly with the adult performance level, indicating that future successful players already possessed advanced motor abilities upon entry into the TID program and were able to maintain their advantage over future non-elite players throughout the program. Nevertheless, the limitations discussed in this paper coupled with the fact that there have been few studies on the prognostic relevance of performance development in soccer highlight a significant need for further research.

### **Supporting Information**

*S1 File. Data Set.*

### **Acknowledgements**

This study is part of the research project “Scientific support of the DFB’s Talent Development Program” which is funded by the DFB. We would like to thank DFB Director Ulf Schott, Thomas Hauser from the DFB’s Science Department, and the staff of the DFB’s Department for Talent Development (in particular Jörg Daniel, Claus Junginger, Thorsten Becht, and Tobias Kieß) for the provision of data and their valuable support.

### 3.3 Prognostic relevance of motor tests in elite girls' soccer: A five-year prospective cohort study within the German talent promotion program

(3) Höner, O., Raabe, J., Murr, D., & Leyhr, D. (2019, in Druck). Prognostic relevance of motor tests in elite girls' soccer: A five-year prospective cohort study within the German talent promotion program. *Science and Medicine in Soccer*. [Das vorliegende Manuskript entspricht der zur Veröffentlichung akzeptierten Version in der Zeitschrift *Science and Medicine in Soccer*]

#### Abstract

While recent research has provided valuable information about talent predictors, there is a gap regarding female youth soccer. This study analyzed the prognostic relevance of motor tests measuring technical skills and speed abilities for players' future selection level in female soccer and assessed the role of sex as a moderator variable.

Within the German talent promotion program,  $N = 499$  U12 girls participated in motor diagnostics (sprint, agility, dribbling, ball control, shooting). Five years later, 14.2% of these girls made the youth national team (NT), 18.8% the regional association team (RA), and 66.9% were not further selected (NS). The tests' predictive validity for achieving one of these levels was analyzed using ANOVAs with post-hoc tests and logistic regressions. Subsequently, results were compared to reanalyzed data from previous research with  $N = 22,843$  male U12 players within this program.

Girls' performances in the motor diagnostics significantly discriminated between all three selection levels. Future NT players outperformed NS ( $d = 1.04$ ) and RA players ( $d = 0.55$ ), who, in turn, performed better than NS players ( $d = 0.47$ ). Nearly all motor tests demonstrated predictive validity independent of sex. Only the prognostic relevance of dribbling was notably

larger for girls than boys. Thereby, the dribbling test was most helpful for identifying the female NT players.

Although diagnostics are not sensitive enough to determine individual decisions for talent selection, motor test results provide objective information that can supplement coaches' daily work.

**Keywords:** Female youth football, predictive validity, speed abilities, talent diagnostics, technical skill

## **Introduction**

Only approximately 0.3% of all registered soccer players ultimately play for professional clubs (Kunz, 2007). Thus, talent promotion programs in soccer face the meaningful *challenge of selecting the most talented individuals* from millions of available players for further development within their systems (A. M. Williams & Reilly, 2000). Furthermore, the selection typically occurs at an early age and often before individuals even reach adolescence (Vaeyens et al., 2006). Moreover, the requirements for professional soccer players are complex (Unnithan et al., 2012) and include a multidimensional spectrum of potentially relevant aspects (i.e., physical, psychological, physiological, and environmental dimensions; A. M. Williams & Reilly, 2000) that need to be considered in the talent identification (TID) process. Previous TID research in sport provided empirical insight into the association between talent predictors – in particular motor performance factors – and future success in male sports. However, systematic reviews of this literature highlight a meaningful lack of such prospective studies with female athletes (Johnston et al., 2018; Murr, Raabe, et al., 2018).

Given the complexity of TID, experienced youth coaches have traditionally evaluated players' potential for future success holistically and subjectively (Christensen, 2009). Since the combination of this subjective “coaches' eye” with objective data might allow a more

comprehensive evaluation of players (Sieghartsleitner et al., 2019), there has been a recent trend to complement this subjective selection practice with more objective measurements and many talent promotion programs in soccer have implemented diagnostics that assess a variety of talent predictors (Unnithan et al., 2012; Vaeyens et al., 2008). In the literature it is particularly youth players' motor performance that has received meaningful consideration and, primarily in Europe, multiple researchers have investigated the *prognostic relevance of motor tests* (e.g., Deprez, Fransen, Lenoir, et al., 2015; Gonaus & Müller, 2012). In those studies, researchers have highlighted the predictive validity of factors such as endurance, sprint, agility<sup>3</sup>, strength, flexibility, and dribbling (for an overview see Sarmiento et al., 2018).

The present study focuses on *speed abilities* and *technical skills*, which according to practical guidelines presented by soccer associations or institutions (e.g., Deutscher Fußball Bund, 2009) and scientists (e.g., Wormhoudt et al., 2018) should be of particular interest for talent development in early adolescence. Researchers in TID have consistently found speed abilities (e.g., sprint, agility) to successfully discriminate between athletes of different skill levels in sport (Johnston et al., 2018). Specifically in soccer, while there was heterogeneity regarding the (small to medium) effect sizes in their systematic review, Murr, Raabe, et al. (2018) presented significant findings for the prognostic relevance of players' speed abilities in early adolescence. Moreover, following Wilson et al.'s (2016) call for a stronger consideration of technical skills in TID research, several studies underline the prognostic value of technical skills for future selection levels (e.g., Zibung et al., 2016). In their systematic review, Murr, Feichtinger, et al. (2018) reported significant medium to large effect sizes for seven out of nine prospective studies that investigated the prognostic validity of the predictor dribbling.

---

<sup>3</sup> In line with the terminology of recent reviews (Johnston et al., 2018; Sarmiento, Anguera, Pereira, & Araújo, 2018) and TID studies in soccer (e.g., Deprez, Fransen, Lenoir, et al., 2015; Gonaus & Müller, 2012; Sieghartsleitner et al., 2019), the term "agility" is considered here as a speed-related motor ability that does not include cognitive aspects such as reactive decision-making. However, it should be noted that there are inconsistent definitions of agility. For example, several authors have expanded the understanding of agility to include a physical (change of direction speed) and a cognitive aspect (perceptual and decision-making skills) (Sheppard, Dawes, Jeffreys, Spiteri, & Nimphius, 2014; Young, Dawson, & Henry, 2015).

Similarly, in five out of six studies researchers found significant medium to large effect sizes for ball control. Notably, other technical skills in soccer (e.g., shooting, juggling) have received limited consideration in recent prospective studies and, therefore, no reliable knowledge exists about the prognostic relevance of these skills.

Despite the value of these results, one core issue concerning talent prognosis based on motor predictors is that empirical findings are meaningfully influenced by the methodological design features (e.g., development stage, sample size) of the respective research (Murr, Raabe, et al., 2018). Participants' *biological sex may represent such an important moderator variable* for the empirical evidence of talent predictors. For example, Wright and Laas (2016) suggested that girls reach their developmental plateau with respect to physiological attributes earlier following puberty earlier than boys. Moreover, sex-based differences in maturation (e.g., girls are younger than boys at peak height velocity; Granados et al., 2015), socialization (e.g., adolescent girls show relatively less engagement in sports than boys; Kausmann et al., 2017), or the TID selection process (i.e., fewer girls compete for positions on the NT; Deutscher Fußball Bund, 2017) may influence the prognostic relevance of motor predictors. This assumption is supported by A. M. Williams and Reilly (2000) in their fundamental narrative review, who stated that “it is by no means clear that conclusions about young talented male players can be generalized to females” and that it is important “that research into talent identification and development is extended to address issues related to young female soccer players” (p. 664).

While this statement is now almost 20 years old, current TID research in sport is still characterized by an *overrepresentation of studies with male samples* (Johnston et al., 2018). Soccer-specific systematic reviews further support this assumption in that there are no prognostic studies investigating physiological characteristics (Murr, Raabe, et al., 2018) or psychomotor skills (Murr, Feichtinger, et al., 2018) of female athletes. The limited number of studies in which researchers have examined the motor characteristics of female soccer players



have predominantly been conducted utilizing cross-sectional designs. That is, researchers either descriptively reported the abilities of elite athletes (e.g., Jensen & Larsson, 1992; Tumilty & Darby, 1992) or compared the motor performance of different individuals based on competitive levels, age groups, or playing positions (e.g., Manson et al., 2014; Vescovi, Brown, & Murray, 2006; Vescovi et al., 2011). Despite the practical value of such studies, their implications for TID research are limited as they offer insufficient insight into the predictive validity of diagnostics.

### ***The Present Study***

The lack of prospective studies in female soccer TID research is surprising given the growing interest in female soccer in recent decades (Gledhill & Harwood, 2015; UEFA, 2015). For example, in Germany, there are over 1.1 million female soccer players registered by the German Soccer Association's (Deutscher Fußball-Bund, DFB); a number that includes approximately 339,000 girls below the age of 16 (Deutscher Fußball Bund, 2017). The present study was conducted within the German soccer talent promotion program which aims to promote the top 4% of youth players in 366 regional training centers (Schott, 2011). To accomplish this goal, experienced coaches with UEFA B-License annually select nearly 5,000 (mainly male) youth players who are considered most talented in the age group Under-12 (U12) for this program.

To monitor individuals' motor development within the program, all selected players participate in semiannual motor diagnostics assessing speed abilities and soccer specific-technical skills (Lottermann et al., 2003). For evaluating the prognostic information gained by these motor diagnostics within the German talent promotion program, Höner and Votteler (2016) previously evaluated the prognostic relevance of these motor diagnostics with a sample of male players within the German talent promotion program. More specifically, using a prospective cohort design, they assessed the speed abilities and soccer specific-technical skills of 22,843 male players from the age group U12 and, subsequently, used the results of the motor

diagnostics to significantly distinguish U16-U19 players with respect to four selection levels in middle-to-late adolescence (i.e., youth national team [NT], regional association [RA], youth academy, and non-selected [NS]).

Between 2004 and 2009, on a yearly average, nearly 100 female U12 players participated in the diagnostics. Using that respective data, the current research aimed to provide empirical insights into the *prognostic relevance of motor tests* for players' future selection level in female soccer over a five-year period (from U12 to U17). This was done by exploring mean differences in girls' motor performances based on different future selection levels (providing information about the diagnostics' prognostic relevance at the group level) and by estimating their individual selection probabilities relative to their test scores (providing information about the diagnostics' prognostic relevance at the individual level). Furthermore, the published data from male talent promotion program players (Höner & Votteler, 2016) was reanalyzed to address *sex as a potential moderator variable* regarding the prognostic relevance of motor predictors.

## **Methods**

### ***Participants***

The *study sample* consisted of  $N = 499$  female U12 players from the German soccer talent promotion program who were born between 1993 and 1998 ( $M = 11.4$  years old;  $SD = 0.3$ ) and who participated in the motor diagnostics between 2004 and 2009. On average, these girls were  $148.5 (\pm 6.6)$  cm tall and weighed  $38.5 (\pm 6.0)$  kg. All players' parents provided informed consent for the collection and scientific use of the data. In addition, the ethics committee of the Faculty of Economics and Social Sciences at the University of Tübingen and the scientific board of the German Soccer Association approved this research.

### ***Design and Measures***

In German soccer, the nationwide talent promotion program starts with the age group U12. U17 represents the oldest age group in female youth soccer before players' transition to

the adult level. Using a *five-year prospective cohort study design*, this study assessed the girls' motor performance at U12 to predict their future performance level in terms of their selection level at U17.

The motor performance diagnostics consisted of five motor tests assessing players' speed abilities and technical skills: sprint, agility and dribbling, ball control, and shooting. The *sprint test comprised players running* through a 20 m linear course. In the *agility and dribbling test*, athletes had to run through a slalom course either without (i.e., *agility*) or with a ball (i.e., *dribbling*). Players demonstrated their *ball control* by passing a ball six times alternately against two opposing impact walls from a central passing field. The time for all tests was assessed using light barrier systems (Brower TC Timing, Draper, USA) except for ball control where stopwatches were utilized. To enhance the reliability and to reduce a potential speed-accuracy trade-off in players' performance, individuals performed each of the tests (except for shooting) twice, but only the better performance was counted. The *shooting test* comprised a total of eight shots at different target fields (two attempts each with the dominant and non-dominant foot at each of two target fields). A coach rated each shot with respect to precision and speed.

The motor predictors were all negatively coded (i.e., less time and fewer points indicate better performance). Based on all tests, a positively coded motor score was calculated as a measure for overall motor performance utilizing the following formula:

$$\text{Score} = 10,000 * [(17.29 * \text{sprint}) + (9.43 * \text{agility}) + (4.11 * \text{dribbling}) + (2.41 * \text{ball control}) + \text{shooting}]^{-1}$$

Except for shooting ( $\alpha = .41$  and  $r_{tt} = .31$ ), each test ( $.68 \leq \alpha \leq .95$  and  $.50 \leq r_{tt} \leq .76$ ) as well as the score ( $\alpha = .89$  and  $r_{tt} = .74$ ) demonstrated sufficient internal consistencies and test-retest reliabilities (Höner et al., 2015). Furthermore, Höner et al. (2017) confirmed the motor test battery's validity for the assessment of speed abilities and technical skills using a confirmatory factor analysis. Whereas sprint and agility loaded on the factor speed abilities, ball control as

well as shooting loaded on technical skills. The dribbling test, which requires speed abilities and technical skills, loaded on both factors.

Players' selection level at U17 was operationalized as *criterion* (three levels). Analysis of rosters for the U17 of the German NT and the 21 RAs in Germany for the years 2008-2016 revealed that the current sample included 71 players who reached the NT (14.2%), 94 players who made the RA (18.8%), and 334 players who were not selected further (66.9%). Regarding the motor score, a two-way ANOVA revealed a non-significant interaction between the selection levels and the examined cohorts ( $F(10; 481) = 1.22, p = .27$ ). Thus, the cohort variable was not further considered as a confounding variable in the following procedures.

To enable comparisons between female and male players, it was imperative to control for potential features in the research design other than sex (e.g., the motor tests, players' developmental phase, and performance level). Therefore, reanalyzed data from a recent study (Höner & Votteler, 2016) provided an appropriate point of comparison. This limits the potential influence of other moderator variables, since that study's sample comprised male U12 players from the German talent promotion program (birth cohorts 1993 – 1997) and used the same test battery and procedures. The  $N = 22,843$  boys were  $11.4 (\pm 0.3)$  years old,  $148.5 (\pm 6.7)$  cm tall, and weighed  $38.0 (\pm 5.7)$  kg, which are similar characteristics to the female sample from the current study ( $t_{age}(23340) = 0, p > .99$ ;  $t_{height}(23340) = 0, p > .99$ ;  $t_{weight}(23340) = -1.94, p = .05$ ). Furthermore, it seemed appropriate to compare female U12 players born between 1993 and 1998 with male U12 players born between 1993 and 1997, because Höner and Votteler (2016) did not find any cohort effect. As part of the reanalysis, the four selection levels (i.e., NT, RA, youth academy, and NS) investigated with boys were recoded to match the current research's criterion variable (i.e., NT, RA, and NS). The NS level comprised all boys who did not achieve at least the RA level.

### **Data Analysis**

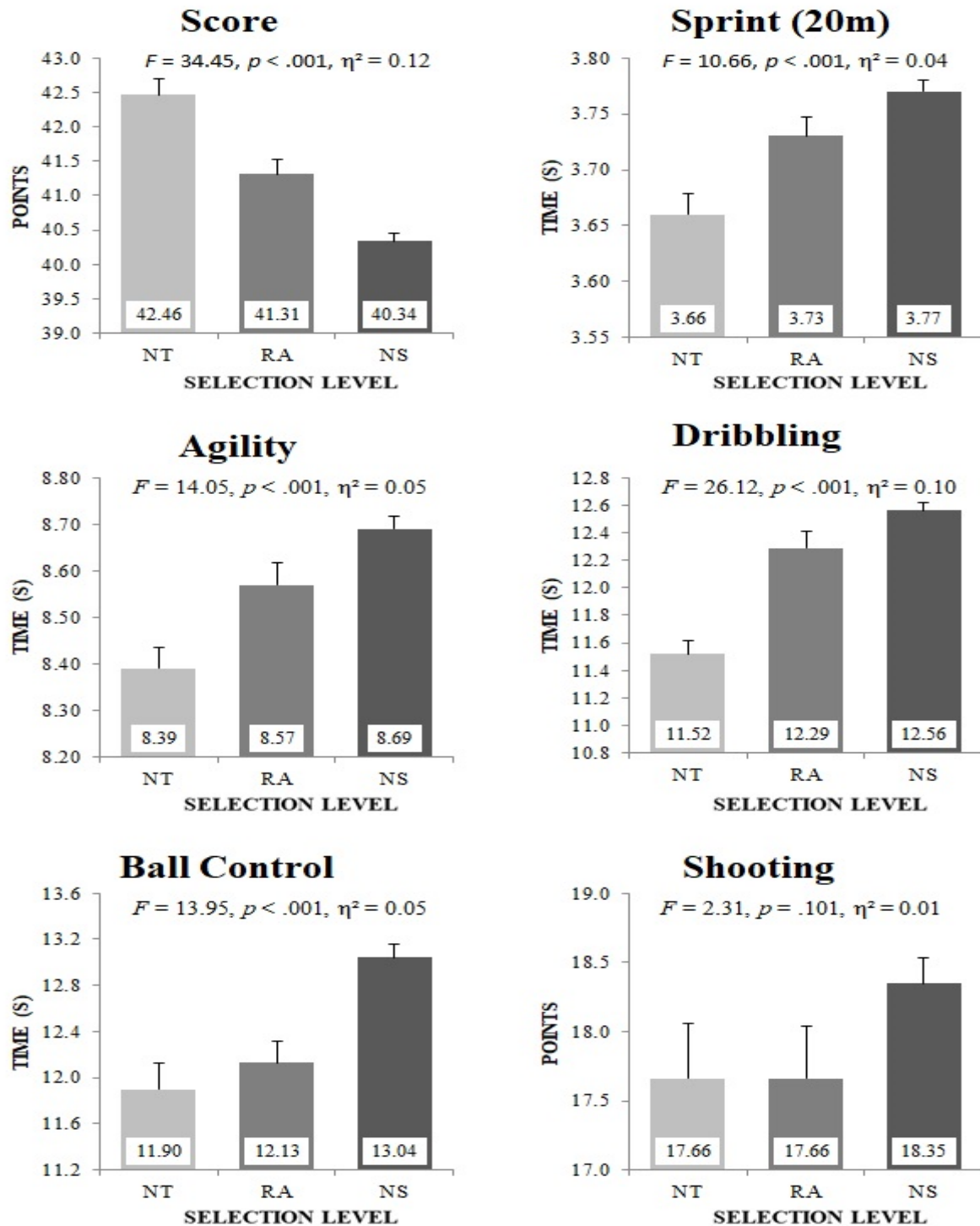
Utilizing SPSS version 25, one-way ANOVAs were conducted to analyze the *prognostic relevance of motor predictors* for female youth soccer players. The single test performances and overall score served as dependent variables in order to determine the significance of mean differences between participants based on their future selection level (i.e., NT, RA, and NS). Subsequently, post-hoc tests were computed and differences between players based on the three future selection levels were classified by effect sizes ( $\eta^2$ , Cohen's *d*). To compare effect sizes for girls in the present study with those calculated for boys, the effect sizes reported by Höner and Votteler (2016) were recomputed according to the three recoded selection levels. To investigate the significance of the *moderator variable sex*, the 95% confidence intervals [CIs] of the effect sizes for the female sample were utilized.

In addition, multinomial logistic regressions were computed to determine players' *individual selection probabilities* for NT and RA based on their respective motor performance score at U12. This occurred separately for two models: (1) comparing those who reached at least the RA level to NS players (i.e., NT/RA vs. NS) and (2) comparing players who reached the NT to participants who made the RA or were not further selected (i.e., NT vs. RA/NS). The overall model fit was analyzed with the likelihood ratio chi-squared test. Regression coefficients and the odds ratio coefficients  $e^{\beta}$  (including their 95% CI) were calculated with reference to NS players in model 1 and RA/NS players in model 2. The score's regression coefficients were used to calculate participants' statistical transition probabilities for reaching higher selection levels. Additionally, to enhance the applied value of the current findings, score results were transformed into percentile ranks (PRs) and thresholds were defined for participants with "average" and "top" performances (PR50 and PR90, respectively). Subsequently, the score values corresponding to these thresholds were used to estimate the selection probabilities for reaching the NT or RA level. Furthermore, the relative chances (odds ratios, [ORs]) of being selected for a higher selection level were investigated by comparing the chances for players with better and worse score results than the defined thresholds.

## **Results**

### ***Prognostic Relevance of Motor Tests***

Descriptive and ANOVA statistics for all motor tests indicated that girls who reached the NT at U17 performed better at U12 than girls who made it to the RA level or were not further selected (see Fig. 6). Similarly, future RA players outperformed individuals who were not further selected. Except for the predictor shooting ( $F(2; 496) = 2.31, p = .10$ ), one-way ANOVAs revealed significant mean differences across all variables between participants' motor performance at U12 based on their selection level at U17 (each  $p < .001$ ). While there were only small effect sizes for sprint, agility and ball control ( $.04 \leq \eta^2 \leq .05$ ), medium effect sizes emerged for dribbling ( $\eta^2 = .10$ ) and the overall score ( $\eta^2 = .12$ ).



Note. For the sprint, agility, dribbling, ball control and shooting tests, lower results indicate better performance.

Fig. 6: Mean performances, standard errors and ANOVA statistics of U12 motor diagnostics separated by female players' future selection levels U17-national team (NT), regional association team (RA), and not further selected (NS).

Tab. 4 provides the results for the post-hoc multiple group comparisons. The motor score significantly discriminated between participants from all three selection levels (i.e., NT vs. RA, NT vs. NS, and RA vs. NS;  $p < .001$ ). Regarding the individual motor predictors, there were significant mean differences in all measured variables (except for shooting) between NT and NS players. Effect sizes for these significant mean differences ranged from  $d = 0.55$  for ball control to  $d = 0.95$  for dribbling ( $p < .001$ ). When comparing the motor performance of NT and RA players, sprint ( $d = 0.41$ ;  $p < .05$ ), agility ( $d = 0.42$ ;  $p < .05$ ), and foremost dribbling ( $d = 0.76$ ;  $p < .001$ ) were sensitive enough to significantly discriminate between the respective selection levels. Similarly, there was a significant difference between RA and NS players for agility ( $d = 0.27$ ;  $p < .05$ ), dribbling ( $d = 0.23$ ;  $p < .05$ ), and ball control ( $d = 0.45$ ;  $p < .001$ ).



*Tab. 4:* Sample sizes and multiple group comparisons for the U12 motor diagnostics of female and male players separated by selection level in middle-to-late adolescence.

Note. \* =  $p < .05$ , \*\* =  $p < .01$ , \*\*\* =  $p < .001$ , NT = Youth national team, RA = Regional association team, NS = Not selected. For the sprint, agility, dribbling, ball control and shooting tests, lower results indicate better performance.

<sup>1</sup>To enable adequate comparisons between the present study's data for female players and the data analyzed by Höner and Votteler (2016) the selection levels within the boys' sample (i.e., NT, RA, youth academy, and NS) were recoded to match the current study's criterion variable (i.e., NT, RA, and NS). All boys who did not achieve at least the RA level were captured in one group as NS.

<sup>2</sup>In order to compare the effect sizes between female and male athletes, 95% CIs for effect sizes for the female athletes were utilized to investigate whether these cover the effect sizes detected in the male sample by Höner and Votteler (2016).

Sample	Performance Variables	Future selection levels within examined sample <sup>1</sup>				Post-hoc Analyses		
		Total	NT	RA	NS	NT vs. NS	NT vs. RA	RA vs. NS
		$M \pm SD (n)$				$d [CI 95\%]^2$		
Females	Score (points)	40.83 ± 2.19 (499)	42.46 ± 2.06 (71)	41.31 ± 2.12 (94)	40.34 ± 2.04 (334)	1.04*** [0.77; 1.30]	0.55** [0.24; 0.86]	0.47*** [0.24; 0.70]
	Sprint (s)	3.75 ± 0.19 (499)	3.66 ± 0.17 (71)	3.73 ± 0.17 (94)	3.77 ± 0.19 (334)	0.58*** [0.33; 0.85]	0.41* [0.10; 0.72]	0.21 [-0.01; 0.45]
	Agility (s)	8.63 ± 0.47 (499)	8.39 ± 0.38 (71)	8.57 ± 0.46 (94)	8.69 ± 0.47 (334)	0.67*** [0.40; 0.92]	0.42* [0.11; 0.73]	0.27* [0.03; 0.49]
	Dribbling (s)	12.36 ± 1.17 (499)	11.52 ± 0.79 (71)	12.29 ± 1.17 (94)	12.56 ± 1.15 (334)	0.95*** [0.69; 1.21]	0.76*** [0.43; 1.07]	0.23* [0.01; 0.46]
	Ball Control (s)	12.17 ± 2.08 (499)	11.90 ± 1.93 (71)	12.13 ± 1.85 (94)	13.04 ± 2.09 (334)	0.55*** [0.29; 0.81]	0.12 [-0.19; 0.43]	0.45*** [0.22; 0.68]
	Shooting (points)	18.12 ± 3.37 (499)	17.66 ± 3.37 (71)	17.66 ± 3.69 (94)	18.35 ± 3.26 (334)	0.21 [-0.05; 0.47]	0.00 [-0.31; 0.31]	0.20 [-0.02; 0.44]
Males	Score (points)	41.96 ± 2.04 (19,638)	43.70 ± 2.08 (178)	43.11 ± 2.03 (655)	41.90 ± 2.04 (18,805)	0.88*** [0.73; 1.02]	0.29*** [0.12; 0.46]	0.59*** [0.51; 0.67]
	Sprint (s)	3.70 ± 0.18 (22,026)	3.58 ± 0.17 (190)	3.64 ± 0.17 (710)	3.70 ± 0.18 (21,126)	0.67*** [0.53; 0.81]	0.35*** [0.19; 0.51]	0.33*** [0.26; 0.41]
	Agility (s)	8.55 ± 0.46 (21,893)	8.35 ± 0.43 (189)	8.45 ± 0.43 (706)	8.55 ± 0.46 (20,998)	0.44*** [0.30; 0.58]	0.23** [0.07; 0.39]	0.22*** [0.15; 0.30]
	Dribbling (s)	11.80 ± 1.01 (21,894)	11.18 ± 0.87 (190)	11.38 ± 0.88 (706)	11.82 ± 1.02 (20,998)	0.63*** [0.49; 0.77]	0.23** [0.07; 0.39]	0.43*** [0.16; 0.31]
	Ball Control (s)	11.83 ± 1.79 (21,332)	10.84 ± 1.46 (186)	10.99 ± 1.49 (699)	11.87 ± 1.78 (20,447)	0.58*** [0.44; 0.72]	0.10 [-0.07; 0.26]	0.50*** [0.42; 0.58]
	Shooting (points)	17.74 ± 3.69 (21,371)	16.71 ± 4.10 (188)	16.76 ± 3.80 (693)	17.78 ± 3.68 (20,490)	0.29*** [0.15; 0.43]	0.01 [-0.15; 0.17]	0.28*** [0.20; 0.36]

The respective effect sizes for the male study sample are presented in the lower part of Tab. 4. With one exception, the 95% CI for the effect sizes of the female sample covered the values of the effect sizes for boys. Only for dribbling, the effect sizes fell below the lower thresholds of the 95% CIs of the girls' sample (i.e., 0.69 and 0.43 respectively), thus, suggesting that the prognostic validity for discriminating future NT players from NS ( $d = 0.63$ ) and from RA players ( $d = 0.23$ ) was significantly larger for girls than for boys.

### ***Individual Selection Probabilities based on Score Results***

The coefficients, estimated selection probabilities, and ORs for being selected with respect to the two logistic regression models are shown in Tab. 5. For both investigated models the overall fit was significantly better compared to the null model: (1) NT/RA vs. NS ( $\chi^2(1) = 52.69, p < .001$ ) and (2) NT vs. RA/NS ( $\chi^2(1) = 49.47, p < .001$ ). The coefficients  $e^\beta$  from the logistic regression models indicated that a one standard deviation ( $SD_{Score} = 2.19$ ) increase in score performance improved players' likelihood of being selected for at least reaching the RA by a factor of 2.12 ( $= 1.41^{2.19}$ ) and for the NT by a factor of 2.72 ( $= 1.58^{2.19}$ ). The corresponding 95% CI provided evidence for the significance of the ORs.

The analysis of the ORs at the PR50 and PR90 score thresholds, which helped to discriminate between the dummy coded score groups, showed that the highest relative chances of being selected were found for NT players when compared to RA/NS players (model 2). For example, the value  $OR_{PR>90} = 4.95$  indicated that U12 players belonging to the best 10% of their age group regarding score performance were almost five times more likely to reach the NT than the remaining 90% of players.

Tab. 5: Logistic regression coefficients, estimated selection probabilities and odds ratios (ORs) based on the dummy-coded prediction variable score dichotomized at PR50 and PR90.

Selection level	Logistic regression coefficients			Estimated selection probabilities		ORs for being selected (group A vs. group B)	
	constant	b	$e^{\beta}$ [95%-CI]	P(PR50)	P(PR90)	OR <sub>PR&gt;50</sub>	OR <sub>PR&gt;90</sub>
NT or RA	-14.849	0.344	1.41 [1.28; 1.56]	0.32	0.55	3.13	4.66
NT	-20.829	0.458	1.58 [1.37; 1.82]	0.11	0.31	5.48	4.95

Note. NT = Youth national team, RA = Regional association team.

The curves of the individual selection probabilities based on the U12 score performance are displayed in Fig. 7. By definition, the probability of being selected for at least the RA (i.e., NT and RA combined) was higher than the likelihood of making the NT. With an average test result for score (i.e., PR50), the estimated probabilities (i.e., 32% for at least RA and 11% for NT) closely resembled the actual selection rates within the examined sample (33% and 14.2%, respectively). Also, the selection probabilities increased with an improvement in score values, confirming the prognostic validity of the motor diagnostics. For example, a girl who performed better than 90% of her peers at U12 (i.e., score value at PR90) had a distinctly higher probability of being selected (i.e., the chance of being selected at the U17 age group would be 55% for at least the RA and 31% for NT level).

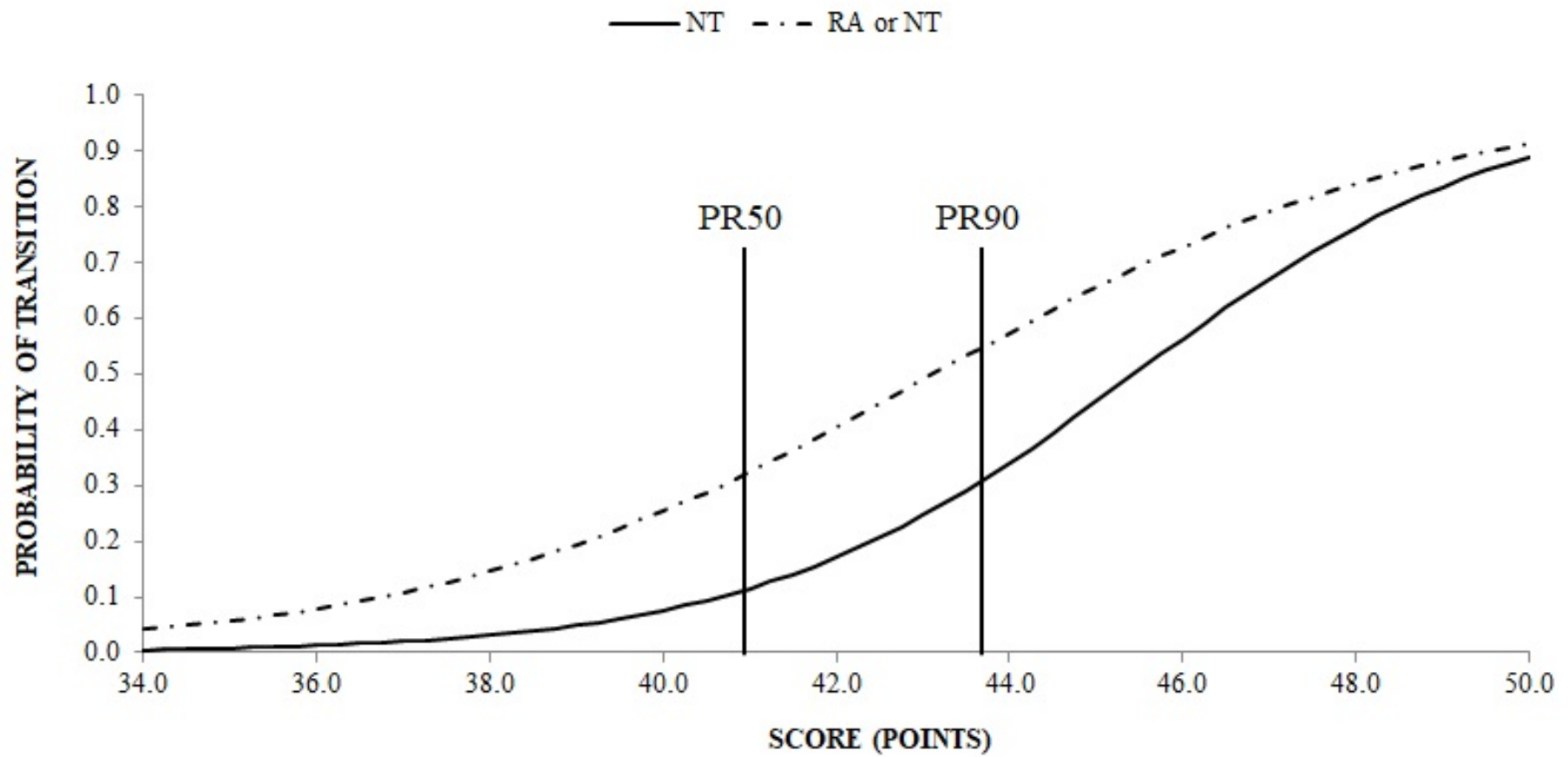


Fig. 7: Selection probabilities obtained from logistic regression for reaching at least the regional association team (NT/RA) or the U17-national team (NT) based on the U12 score.

## Discussion

Although there have been several recent large-scale prospective studies in which researchers have provided valuable information for TID research (Mann et al., 2017; Sarmiento et al., 2018), there is a meaningful gap in the literature with respect to female sport in general (Johnston et al., 2018) and soccer in particular (Murr, Raabe, et al., 2018). Accordingly, the present results provide initial insights into the prognostic relevance of motor tests assessed within a nationwide female soccer talent promotion program. The *group-based comparisons* demonstrated the prognostic validity of the motor diagnostics for girls' future performance level. More specifically, participants' performances in the motor score were significantly associated with all three future selection levels. Future NT players outperformed those who made the RA, who, in turn, outperformed NS players (each by approximately half a standard deviation).

For further interpretation of the results it is important to consider that the current study comprised a preselected sample (players chosen for the talent promotion program via subjective decisions from coaches), which limits the variance of the investigated variables and, accordingly, the expected statistical effect sizes ("restriction of range of talent"; Ackerman, 2014). Therefore, effect sizes from studies with different "ranges of talent" (i.e., samples with considerably more or less variability in relevant variables) are difficult to compare. Moreover, previous research that has explored the role of motor predictors within female talent promotion programs was not conducted in soccer and there are only a few exceptions in which researchers have investigated the prognostic relevance in sports games that are comparable to soccer. For example, Lidor et al. (2005) examined the predictive value of sprint, agility, and dribbling for 12-13-year-old female handball players who were either selected or not selected for the NT two years later. They only found significant differences between the two groups' dribbling skills. Similarly, Elferink-Gemser, Visscher, Lemmink, and Mulder (2007) indicated that elite female hockey players (12-16 years old) performed better on technical skills (i.e., slalom

dribbling) than their sub-elite counterparts. In contrast, there was no significant difference with respect to participants' speed abilities (i.e. linear sprinting and agility). Overall, the results from these studies are in line with the present findings as dribbling represented the most relevant motor predictor (i.e. speed [ $.04 \leq \eta^2 \leq .05$ ] vs. dribbling [ $\eta^2 = .10$ ]). This finding may be due to the fact that the dribbling test has the most complex demands as it requires both speed abilities and technical skills (Höner et al., 2017).

By applying the same research design as Höner and Votteler (2016), the current study also provides initial insight into the role of *biological sex as a moderator variable*. Overall, the motor diagnostics seem to possess predictive validity independent of sex. That is, even within an already selected sample, the future NT girls and boys performed approximately one standard deviation better in the motor score than NS players. Regarding the individual motor tests, the effect sizes found by Höner and Votteler (2016) for the male sample generally did not meaningfully deviate from the effect sizes reported for girls in the present study. However, there was one striking exception as the prognostic relevance of players' dribbling skills was notably larger for girls than boys. This was particularly evident for the discrimination between future NT and RA girls ( $d = 0.76$ ). Since the discriminative power between RA and NS girls was considerably lower ( $d = 0.23$ ), the dribbling test appears to be especially valid for the selection of the most talented female players and less for the deselection process. These findings might serve as a suggestion for female soccer talent promotion programs, in that they may want to further emphasize the development of dribbling in order to reduce the variability in this skill and increase the "density" of talent (for insights regarding a greater variability of physical capacities in female compared to male elite soccer see Cardoso de Araújo, Baumgart, Jansen, Freiwald, & Hoppe, 2018). Informal feedback from girls' youth coaches provided suggestions to practice dribbling in (more or less) isolated dribbling sessions, but to also empower them to seek out one-on-one situations in practice and matches, in particular since most of the girls are playing together with boys in early adolescence.



Although the group-based results demonstrated predictive validity of the motor diagnostics for future selection level, the analyses of the *individual selection probabilities* supported the conclusions of other researchers (Emmonds et al., 2016; Höner et al., 2017) who argued that motor diagnostics are not sensitive enough to be used as the sole determining factor in the selection of players. That is, there are several girls in the present study who made the U17 NT despite relatively weak motor performances in U12. In contrast, there were also players who performed well in the diagnostics and ended up not being further selected at U17. Indeed, diagnostics always provide “false negatives” and “false positive” (for a detailed discussion of sensitivity and specificity in TID programs see Höner & Votteler, 2016). There are different explanations for such “false negatives” (i.e., “undetected talents”). For example, motor tests in themselves have limitations regarding reliability and ecological validity (see limitations below). In addition, the assessment was only conducted once, although motor development is dynamic (Abbott & Collins, 2004; Carvalho et al., 2017). Moreover, successful performance development is not solely based on speed abilities and technical skills and, therefore, deficits in these motor factors could be compensated by strengths in other performance factors (e.g., other motor factors or psychological skills, Vaeyens et al., 2008). Thus, youth coaches in the German talent promotion program are advised to also trust their own subjective judgements when evaluating players as this allows them to identify those special characteristics that may not be measured in an objective (motor) diagnostics.

Nevertheless, the present motor diagnostics for female U12 players allowed for some powerful predictions of individuals’ likelihood of reaching the NT level. Girls belonging to the best 10% in the diagnostics (i.e.,  $PR > 90$ ) had a nearly five times better chance of becoming a NT player than other female players, and nearly every third girl with a  $PR = 90$  achieved the NT level ( $P[PR90] = 31\%$ ). Based on the results of Höner and Votteler (2016), the relative chance to become a NT was comparable for males ( $OR_{PR>90} = 4.53$ ), whereas the absolute probability ( $P[PR90] = 2\%$ ) considerably differed between the girls and boys within the talent

promotion program. However, it is noteworthy that the selection rates within the female program are higher because a meaningfully larger number of boys are promoted in the program, while the available number of roster spots on the NT are equal (for a diagnostic concept considering the selection rate see Taylor & Russell, 1939). Regardless, the current findings suggest that coaches should be encouraged to place a particular emphasis on supporting those girls with excellent motor test scores and hence quite high probabilities for reaching the NT level.

In addition to general information about diagnostics' predictive validity, coaches are often interested in an evidence-based prioritization of the most relevant motor variables. Regarding the *relevance of single motor tests*, the results of the present study are in line with previous studies (Murr, Feichtinger, et al., 2018; Schorer et al., 2012) in which researchers have found it almost impossible to provide consistent predictions for future success using a fixed ranking of variables. Even within a clearly defined research design (i.e., focus on speed abilities and technical skills, homogeneous, elite study sample, constant prognostic period from U12 to U17), dribbling (followed by agility) was by far the most powerful factor in distinguishing between players at the highest selection levels (NT vs. RA players), whereas ball control (followed by agility) was the only powerful predictor in discriminating between the two lower selection levels (RA vs. NS). These findings indicate that the decisive parameters for the selection of players for the next higher level might differ from those for the deselection of players.

### ***Limitations and Future Directions***

A relevant issue in current TID research refers to the reliability and validity of the assessed predictors. This study investigated motor tests as predictors that are applied in a nationwide talent promotion program with thousands of players. Therefore, features such as economical test procedures and high standardization in terms of nationwide reference values are important strengths of this motor diagnostics. However, especially the shooting test has

meaningful limitations. Despite a large sample size and sufficient statistical power, the results for the shooting test revealed no significant insights. Nevertheless, this result should not be interpreted to mean that girls' shooting skills are irrelevant for their future selection level. It seems far more appropriate to ascribe the low predictive value to the limited reliability of the shooting test (Ali, 2011; Höner et al., 2015; Kurz, Hegele, & Munzert, 2018). Consequently, further research appears warranted to develop scientifically sound assessment for this complex skill.

Recent TID research identified the ecological validity in terms of motor tests' task representativeness as another critical issue (e.g., Johnston et al., 2018). The present motor tests focus on a standardized execution of motor actions to assess more isolated performance indicators of soccer performance than what would be demanded in real soccer games. For example, critical sources of dynamic environmental information such as movements of opponents are not included (Vilar, Araujo, Davids, & Renshaw, 2012). Piggott et al. (2018) systematically reviewed the task representativeness of performance tests used in 36 recent studies on TID and competition performance in sport. With respect to the current research, the authors rated the task representativeness of the "exercise physiology tests" sprint and agility that are used within the German talent promotion program as "high", whereas the "motor control tests" dribbling, ball control, and shooting were rated as "middle". It is important to note that Piggott et al. (2018) did not assign a "high rating" to any of the motor control tests they evaluated. Thus, the motor tests in the current study represent the "state of the art" in current large-scale TID studies. However, it also has to be mentioned that these tests focus on the motor part of the sensorimotor control of soccer-specific actions with lower demands on the perception-action coupling that is present in real soccer games. Moreover, recent TID research has developed more ecologically valid assessments of complex skills in more realistic game situations (e.g., Bennett et al., 2018; Fenner, Iga, & Unnithan, 2016; Van Maarseveen, Oudejans, & Savelsbergh, 2017).

Regarding the criterion variables in prospective studies in TID research, Bergkamp, Niessen, den Hartigh, Frencken, and Meijer (2018) argued for a continuous variable quantifying (soccer-specific) performance as criterion. Although such variables would obviously possess more statistical information, the current study used a categorical variable with three ordered levels. In doing so, the study focused more on players' future selection level in youth soccer and not directly on their future performance or playing abilities. However, these different approaches regarding the predictor and criterion variables in TID research should be further examined and compared to identify the corresponding strengths and weaknesses in supporting talent promotion programs.

Finally, it should be mentioned that other relevant variables were not considered in this study. For instance, only chronological age was assessed, but not indicators of maturity such as age of peak height velocity or the percentage of adult height (Lloyd et al., 2014). Moreover, this study did not address the intra-individual development of the motor predictors (Leyhr, Kelava, Raabe, & Höner, 2018) or the interaction of the motor predictors with other relevant predictors such as personal dispositions (Höner & Feichtinger, 2016; Zuber, Zibung, & Conzelmann, 2015) or perceptual-cognitive skills (Forsman, Blomqvist, et al., 2016; O'Connor, Larkin, & Williams, 2016).

## **Conclusion**

Overall, this study provides unique insight into the predictive validity of motor tests regarding players' future selection level in female soccer talent promotion programs. Results demonstrate significant prognostic relevance for speed abilities and technical skills. With the exception of dribbling, the current findings are in line with the conclusions of previous studies that have been conducted with male soccer players. The fact that the prognostic relevance of players' dribbling was notably larger for girls than boys indicates a need to further emphasize the development of dribbling skills within female talent promotion programs. In sum, despite the value of supplementing the talent promotion process with motor diagnostics they should not

replace coaches' subjective evaluations. Only in conjunction can these assessments allow for a comprehensive evaluation of talent within a sport that is characterized by such a variety of demands as soccer.

**Acknowledgements**

We would like to thank the staff of the DFB (in particular Thorsten Becht, Jörg Daniel, Thomas Hauser, Claus Junginger, and Tobias Kieß) for the provision of data and their valuable support.

### **3.4 The adolescent motor performance development of elite female soccer players: A study of prognostic relevance for future success in adulthood using multilevel modelling**

(4) Leyhr, D., Raabe, J., Schultz, F., Kelava, A., & Höner, O. (2019, in Revision). 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*.

[Das vorliegende Manuskript entspricht der erstmals eingereichten Version für eine Publikation in der Zeitschrift *Journal of Sports Sciences*]

#### **Abstract**

Considering the scarce empirical evidence regarding talent predictors in female youth soccer, the present study aimed to investigate the long-term prognostic validity of elite female soccer players' adolescent motor parameters for future success in adulthood. Additionally, the three-year development of highly talented girls' motor performance and the predictive value of this motor development for reaching a professional adult performance level (APL) was analyzed.

Overall,  $N = 737$  female players participated in nationwide motor diagnostics (sprinting, agility, dribbling, ball control, shooting) within the German Soccer Association's talent identification and development program at least twice between the age groups Under-12 (U12) and U15. Based on their APL at least four years later, participants were assigned to a professional (first German division, 6.2%) or non-professional group (lower divisions, 93.8%).

Multilevel regression analyses revealed a general prognostic relevance for the investigated parameters with respect to players' APL. In addition, there was a non-linear improvement in participants' motor performance across all variables from U12 to U15. However, non-significant interactions between APL and these improvements indicate that motor performance development itself cannot adequately predict players' future success in adulthood. Findings

provide insightful information for coaches which can help to provide optimal support for young female soccer players' development.

**Keywords:** women's soccer; talent prognosis; football; longitudinal study; adult performance level

## **Introduction**

Public interest in women's soccer has continuously grown over the last decades and is currently at an all-time high (Datson et al., 2014). This growth manifests both financially and in the number of female players. For example, from 2010 to 2014, the Union of European Football Associations (UEFA) nearly tripled its funding of women's soccer (UEFA, 2015). In addition, there are over 30 million female players worldwide (FIFA, 2014) which indicates an increase of 32% in participation rates over the past decade (Manson et al., 2014). Perhaps more importantly, the total number of girls under 18 who play in a European soccer club has grown exponentially to now more than 750,000 registered players (UEFA, 2015). Nevertheless, FIFA officials (2014) argue that there is still potential for further development across various areas of women's soccer and, in particular, call for improvements in the quality of competition through the development of players from "grassroots to elite".

Consequently, there is a need to provide coaches and other stakeholders with relevant information that allows them to optimally support young athletes as they progress from the youth to the elite adult level. Conceptual models of talent development (TDE) highlight that there are a variety of physical, physiological, and psychological characteristics that need to be considered when developing young players (A. M. Williams & Reilly, 2000). Especially for motor performance factors, such as sprint, agility, and dribbling, researchers have found a

meaningful prognostic relevance in recent studies with male youth athletes (e.g., Deprez, Valente-Dos-Santos, et al., 2015; Figueiredo et al., 2009; Höner & Votteler, 2016).

However, current research rarely offers adequate empirical knowledge about motor predictors' prognostic relevance in female soccer – especially with regard to adult performance levels – nor does it address the longitudinal development of such motor factors (Johnston et al., 2018; Murr, Feichtinger, et al., 2018; Murr, Raabe, et al., 2018). Thus, there is a meaningful gap within the talent identification (TID) and TDE literature since “it is by no means clear that conclusions about young talented male players can be generalized to females” (A. M. Williams & Reilly, 2000, p. 664). The limited number of studies in which researchers have examined female soccer players' motor characteristics have predominantly been conducted utilizing cross-sectional designs and did not address the predictive value of these characteristics for individuals' future success. Instead, scholars presented descriptive data for the abilities of elite athletes (e.g., Jensen & Larsson, 1992). Others compared girls' and women's motor performance between different age groups, competitive levels, (current) playing status, or playing positions (e.g., Manson et al., 2014; Vescovi et al., 2011). An exception is the work of Höner, Larkin, et al. (2019, in Druck), who investigated the prognostic relevance of young female soccer players' Under-12 (U12) motor performance for their future success (i.e., selection for the U17-national team) within a nationwide TID program in Germany. Significant differences were found with regard to sprint, agility, dribbling, and ball control between future successful and less successful participants. Thus, the results of Höner, Raabe, Murr, and Leyhr (2019, in Druck) provided valuable insight with respect to the predictive value of motor diagnostics for future success in middle-to-late adolescence. However, as one main goal of TIDs constitutes the identification of promising girls that reach the professional level in adulthood, it also appears relevant to analyze the prognostic validity of young players' motor performance in predicting their future performance level in adulthood.



Moreover, in line with most of the existing TID research, Höner, Raabe, et al. (2019, in Druck) conducted their study by assessing motor performance only once. However, talent is a dynamic construct and, as such, developmental aspects have to be considered to provide a comprehensive overview of a young athletes' motor performance (e.g., Buekers et al., 2015; Hohmann, 2009). For example, changes in physical or physiological dispositions (e.g., body size, power, or strength) or differences in maturation among girls can have a direct influence on the development of motor parameters and, consequently, young players' motor performance (Abbott & Collins, 2002; Meylan et al., 2010). Thus, multiple assessments of the same individuals are needed to describe intra-individual changes and allow for a more accurate identification of inter-individual differences between young players (Saward et al., 2016). By monitoring the development of talented youth athletes over a prolonged period of time and, simultaneously, analyzing the predictive value of this development an "improved understanding and further enhancement of talent development and selection processes" (Huijgen et al., 2009, p. 585) can be obtained.

Despite the benefits of longitudinal research, this methodology is rarely used in TID research and, to date, no studies exist assessing the motor performance of young female soccer players at multiple time points. While limited as well, there are few longitudinal studies with male samples (Huijgen et al., 2009; Leyhr et al., 2018; Saward et al., 2016; Zuber et al., 2016). However, only Huijgen and colleagues (2009) and Leyhr et al. (2018) explored the influence of motor performance development as a potential talent predictor. Huijgen et al. (2009) found no significant interaction between the dribbling performance development of 14 to 18-year-old talented athletes and their adult playing level well over two years after the last measurement. Similar results were found by Leyhr et al. (2018) who assessed male players' motor performance from U12 to U15. Although, the authors highlighted significant differences between players' agility, dribbling, ball control, and shooting based on their adult performance level (i.e., elite vs. non-elite), the actual development of players' motor performance was

comparable between the two groups. As a result, motor development itself was not revealed to be a significant predictor of future success. Due to the lack of comparable research with female soccer players, there seems to be a need to longitudinally describe girls' motor performance in early adolescence and to analyze whether motor development itself constitutes a valid indicator for predicting future success in adulthood in women's soccer.

Analyses of longitudinal data require adequate statistical procedures accounting for changes and differences both within and between players. In this case, Brink et al. (2012) recommend using multilevel techniques which are regarded to be superior to traditional approaches (e.g., repeated-measures ANOVA) in terms of accuracy in the estimation of standard errors and components of variance at different levels, player-specific intercepts and growth rates, as well as different numbers of measurements per player (see Armstrong, Welsman, Williams, & Kirby, 2000). Unfortunately, to date, only a limited number of researchers (e.g., Bidaurrezaga-Letona, Carvalho, et al., 2015; Deprez, Valente-Dos-Santos, et al., 2015) have applied these multilevel analyses with longitudinal data in TDE research. Thus, to account for the benefits of this methodological approach as well as the previously described gaps in TID and TDE literature the present study was conducted with female soccer players utilizing a longitudinal and prospective design within a multilevel framework.

### **The present study**

In Germany, approximately 322,000 girls below the age of 16 play soccer (Deutscher Fußball Bund, 2018). Starting with the age class U12, the German Soccer Association (Deutscher Fussball-Bund; DFB) annually selects the top 4% of all youth soccer players in the country (i.e., male and female) for its TID program (Schott, 2011). Subsequently, these highly talented boys and girls are initially developed in early adolescence (U12-U15) in one of the DFB's 366 competence centers. In these competence centers, athletes receive weekly training sessions by a qualified soccer coach in addition to their regular club training.

The current research focused on female athletes who are promoted at one of the DFB's competence centers from U12 to U15. In order to fill the previously highlighted gaps in the literature on motor performance parameters, the present study was designed to accomplish the following *two objectives*:

*Objective 1:* To analyze the long-term prognostic validity of elite female soccer players' early adolescent motor parameters for their future success in adulthood.

*Objective 2:* To investigate the three-year development of highly talented girls' motor performance and the predictive relevance of this motor development for reaching a professional adult performance level.

More specifically, it was tested, whether there are differences in motor performance between talented girls' who reached a professional performance level in adulthood and those who did not. In addition, after analyzing players' motor development over the course of their involvement in the German TID program (i.e., U12-U15) it was investigated whether motor development itself presents a valid talent factor for predicting future success in adulthood.

## **Methods**

### ***Sample and design***

This longitudinal study analyzed the data of  $N = 737$  female players (birth cohorts 1993–2000). All individuals participated in the German TID program from U12 to U15 at one of the DFB's competence centers between 2004 and 2014. Based on an examination of the rosters of all teams in the women's first soccer division in Germany (1. Frauen-Bundesliga) (Transfermarkt, 2018), the participants were divided into two groups according to their *adult performance level (APL)* in the 2017/2018 season. This resulted in a long-term prognostic period of at least four years (depending on the respective birth cohort). Players who were on the roster of a women's first division soccer club in Germany were assigned to the *professional* group ( $N = 46$ , 6.2%). Individuals who did not appear for a women's first division soccer club in Germany in the respective season constituted the *non-professional* group ( $N = 691$ , 93.8%).

Within the German TID program players take part in motor diagnostics at the beginning of the season in fall, which provided four measurement points for the current research (i.e., first assessment in U12, following assessments in U13, U14, and U15). Diagnostics were conducted at the DFB's 366 competence centers. DFB staff members (i.e., coaches with at least the UEFA B-License) conducted the motor tests. In order to enhance the objectivity and reliability of the assessments across the different sites all staff members conducting the diagnostics were provided with a detailed test manual. Due to the nationwide assessment, all data was collected within a time window of about seven to eight weeks. The measurement point within this time window was independent of other parameters of the current research (e.g., age class, APL). The specific number of participants (separated by APL) at each measurement point is presented in Tab. 1 (1,842 data points in total).

Tab. 6: Number of Female Players per Measurement Point Separated by APL.

Adult Performance Level	Measurement point				
	U12	U13	U14	U15	Total
Professional	26	32	35	31	124
Non-professional	386	498	483	351	1718
Total	412	530	518	382	1842

As the study focuses on motor development, girls who participated in the diagnostics only once (e.g., due to drop-out, injuries) were excluded from the current study. Therefore, the total number of assessments during talent promotion from U12 to U15 varied from two to four for each participant and is displayed in Tab. 7.

Tab. 7: Number of Assessments per Player Separated by APL.

Adult Performance Level	Number of assessments			
	2	3	4	Total
Professional	22	16	8	46
Non-professional	421	204	66	691
Total	443	220	74	737

Before entering the TID program, players' parents provided written informed consent for the recording and scientific use of the data collected in the motor diagnostics. The ethics department of the Faculty of Economics and Social Sciences at the first author's institution and the scientific board of the DFB approved the implementation of this study. The DFB provided the authors of this study with the data for the players.

### **Measures**

The motor diagnostics included five individual tests: *sprint* (time in a 20m linear sprint), *agility* (time in a slalom course without a ball), *dribbling* (time in a slalom course with a ball), *ball control* (time needed to play six passes alternately against two opposing impact walls with at least two ball contacts), and *shooting*. The shooting test comprised eight shots at two different target fields within the goal (left and right). A coach rated each shot with regard to speed (on a three-point scale) and precision (shot on target field represents a hit). Light barrier systems (Brower TC Timing, Draper, USA) were utilized in order to measure execution times for sprint, agility, and dribbling. Times for ball control were assessed with chronographs. Each of the tests (except for shooting) was performed twice, but only the better performance was counted. In-between attempts, athletes were allowed sufficient time to recover. All five individual tests were negatively coded (i.e., a lower value indicated a better performance) and computed into a total motor *score*. The positively coded score values (i.e., more points indicate better overall

performance) were calculated using the following formula (for a detailed description of the test battery see (Höner et al., 2015)):

$$\text{Score} = 10,000 * [(17.29 * \text{sprint}) + (9.43 * \text{agility}) + (4.11 * \text{dribbling}) + (2.41 * \text{ball control}) + \text{shooting}]^{-1} \quad (\text{I})$$

Höner and colleagues (2015) analyzed the test battery's psychometric properties for a sample of nearly 70,000 competence center players (U12-U15) and found satisfying test-retest reliabilities ( $r = .74$ ) for the total motor score. Except for shooting ( $r = .30$ ), test-retest reliabilities for the individual tests ranged between  $r = .50$  for ball control and  $r = .76$  for sprint.

### *Statistical analysis*

Data were analyzed using SPSS (Version 25) and R (Version 3.2.2). In line with Leyhr et al. (2018), longitudinal development of players' motor performances was analyzed using two-level regression analyses (Random-Intercept-and-Random-Slope models) for the overall score as well as for each single test. Due to the longitudinal data set's hierarchical structure (i.e., different measurement points nested within different individuals promoted at 366 competence centers) the repeated measurements were analyzed within (level 1) and between individuals (level 2). Due to the high number of competence centers (366) and the quite low number of girls who train at each competence center (on average approximately two female players), the third level (competence centers) was neglected in the present study.

Thus, a two-level Random-Intercept-and-Random-Slope model was built to illustrate the developmental changes over time in each motor performance factor ( $MP_{ij}$ ) for the player  $j$  at the measurement point  $i$  (i.e., for sprint, agility, dribbling, ball control, shooting, and total motor score, see also objective 2):

$$MP_{ij} = \gamma_{00} + \gamma_{10} * \text{Time} + \gamma_{20} * \text{Time}^2 + u_{0j} + u_{1j} * \text{Time} + \varepsilon_{ij} \quad (\text{II})$$

The variable Time reflects the time period in years after the first assessment in U12 (e.g., for the fourth assessment in U15, Time equals "3"). To receive detailed information about players' overall motor performance development (i.e., mean values) fixed effects for the

intercept as well as fixed time slopes were inserted in model (II). More specifically,  $\gamma_{00}$  (fixed intercept, average performance of all individuals at T0),  $\gamma_{10}$  (fixed Time slope, mean change in motor performance per year), and  $\gamma_{20}$  (fixed Time<sup>2</sup> slope, mean change in motor performance per year<sup>2</sup>) comprised the fixed part of the regression model. Moreover, the Time<sup>2</sup> slope was added to investigate whether non-linear changes occur in motor performance development.

Furthermore, random effects were included in the model to account for the unexplained, inter-individual variation around these means for the intercept and time slopes (see Twisk, 2003). The parameters  $u_{0j}$  (random intercept, individual deviation from mean performance  $\gamma_{00}$  at the initial measurement point in U12) and  $u_{1j}$  (random Time slope, individual deviation from mean Time slope  $\gamma_{10}$  per year) contributed to the random part. However, the number of total observations in the current study ( $N = 1,842$ ) was too small to statistically specify a model that includes a random Time<sup>2</sup> slope and describes the individual deviation from mean Time<sup>2</sup> slope  $\gamma_{20}$  per year<sup>2</sup>.

In addition to the Time variables (level 1 predictors) APL was added to model (II) as level 2 covariate (although APL semantically represents an outcome and not a predictor) in order to investigate the differences between future professional and non-professional athletes (see also objective 1). Moreover, to check whether there is a significant relationship between players' developmental change in motor performance over time and their future success (see objective 2), interactions between the Time variables (level 1) and APL (level 2) were considered (e.g., Time x APL). For each regression analysis (i.e., for each motor performance parameter) fixed as well as random parts for intercept and the linear time slope (Time), the fixed part for Time<sup>2</sup>, the level 2 covariate APL, and possible interaction effects were added to the model and systematically excluded based on model fit changes indicated by -2 log likelihood (deviance). Only significant indicators ( $\alpha = .05$ ) of the respective motor performance variable were retained in the final regression model. Additionally, deviances from the respective final

and null model were utilized to compute Maddala's  $R^2$  indicating the explained variances of the regression models (Bortz & Schuster, 2010; Maddala, 1983).

## **Results**

*Descriptive statistics* of participants' test performances separated by APL are displayed in Tab. 8. Overall, athletes improved in all assessed motor performance variables within the three-year period from U12 to U15. Moreover, future professional players performed better than their non-professional counterparts across all variables and measurement points.



Tab. 8: Descriptive Statistics of Motor Performances at the Assessed Measurement Points (U12, U13, U14, U15) for future Professional and Non-professional Players.

Motor Performance Variable	Adult Performance Level	$M \pm SD (N)$			
		U12	U13	U14	U15
Sprint (s)	Professional	3.67 ± 0.15 (26)	3.56 ± 0.14 (32)	3.49 ± 0.17 (35)	3.42 ± 0.13 (31)
	Non-professional	3.72 ± 0.17 (386)	3.62 ± 0.16 (498)	3.52 ± 0.16 (483)	3.47 ± 0.14 (351)
	Total	3.72 ± 0.17 (412)	3.62 ± 0.16 (530)	3.52 ± 0.16 (518)	3.46 ± 0.14 (382)
Agility (s)	Professional	8.40 ± 0.39 (26)	8.28 ± 0.31 (32)	8.10 ± 0.35 (35)	8.12 ± 0.36 (31)
	Non-professional	8.56 ± 0.44 (386)	8.40 ± 0.44 (498)	8.31 ± 0.40 (483)	8.24 ± 0.40 (351)
	Total	8.55 ± 0.44 (412)	8.40 ± 0.43 (530)	8.29 ± 0.40 (518)	8.23 ± 0.40 (382)
Dribbling (s)	Professional	11.44 ± 0.62 (26)	11.10 ± 0.49 (32)	10.66 ± 0.68 (35)	10.75 ± 0.62 (31)
	Non-professional	12.13 ± 1.10 (386)	11.60 ± 0.98 (498)	11.25 ± 0.83 (483)	11.00 ± 0.79 (351)
	Total	12.09 ± 1.09 (412)	11.57 ± 0.96 (530)	11.21 ± 0.83 (518)	10.98 ± 0.78 (382)
Ball Control (s)	Professional	11.56 ± 1.65 (26)	11.03 ± 1.49 (32)	10.11 ± 1.46 (35)	9.49 ± 1.16 (31)
	Non-professional	12.33 ± 1.88 (386)	11.26 ± 1.63 (498)	10.69 ± 1.51 (483)	10.08 ± 1.44 (351)
	Total	12.28 ± 1.88 (412)	11.24 ± 1.62 (530)	10.65 ± 1.51 (518)	10.03 ± 1.43 (382)
Shooting (points)	Professional	17.42 ± 2.89 (26)	15.41 ± 4.33 (32)	14.06 ± 3.60 (35)	13.74 ± 3.81 (31)
	Non-professional	17.80 ± 3.37 (386)	16.53 ± 3.7 (498)	15.63 ± 3.90 (483)	14.94 ± 4.12 (351)
	Total	17.78 ± 3.34 (412)	16.47 ± 3.75 (530)	15.53 ± 3.90 (518)	14.84 ± 4.10 (382)
Score (points)	Professional	42.64 ± 1.93 (26)	44.08 ± 1.83 (32)	45.77 ± 2.04 (35)	46.29 ± 2.22 (31)
	Non-professional	41.35 ± 2.01 (386)	42.97 ± 2.04 (498)	44.16 ± 1.93 (483)	45.12 ± 2.07 (351)
	Total	41.43 ± 2.02 (412)	43.04 ± 2.05 (530)	44.27 ± 1.98 (518)	45.22 ± 2.10 (382)

The final *multilevel regression models* for each motor performance variable are shown in Tab. 9. The explained variances for the models ranged from 10.3% for shooting to 42.8% for the overall score. With regard to the random parts of the regression models, best model fits were detected when the intercept and the Time slope were allowed to vary randomly. First, this indicated a substantial inter-individual variation in terms of motor performance at the initial measurement point in U12 (i.e., players showed significant differences in motor performance in the beginning). Second, this variation was also apparent across athletes' developmental changes over time as evidenced by the random Time slope (i.e., players' motor development was significantly different across the investigated athletes).

Tab. 9: Multilevel Regression Analyses ( $N = 737$ ) – Regression Coefficients for each Motor Performance Parameter.

Independent Variable	Motor Performance Parameter (Dependent Variable)												
	Sprint		Agility		Dribbling		Ball Control		Shooting		Score		
	Coeff.	SE	Coeff.	SE	Coeff.	SE	Coeff.	SE	Coeff.	SE	Coeff.	SE	
Fixed effects	Intercept	3.72	0.01	8.57	0.02	12.18	0.05	12.38	0.08	17.92	0.17	41.24	0.09
	Time	-0.11	0.01	-0.18	0.02	-0.65	0.05	-1.16	0.10	-1.44	0.24	1.85	0.10
	Time <sup>2</sup>	0.01	0.00 <sup>#</sup>	0.03	0.01	0.09	0.02	0.14	0.03	0.13	0.08	-0.19	0.03
	APL	-0.05	0.02	-0.16	0.05	-0.47	0.10	-0.53	0.18	-0.95	0.41	1.29	0.26
	Time x APL	ns	-	ns	-	ns	-	ns	-	ns	-	ns	-
	Time <sup>2</sup> x APL	ns	-	ns	-	ns	-	ns	-	ns	-	ns	-
Random effects (SD)	Intercept	0.14		0.34		0.82		1.30		1.25		1.54	
	Time	0.02		0.07		0.20		0.31		0.48		0.33	
	Residual	0.10		0.27		0.70		1.26		3.27		1.25	
Explained Variance (in %)	33.4		11.5		24.2		25.1		10.3		42.8		

Note. All displayed regression coefficients are significant on level  $\alpha = .05$ ; Coeff. = Estimated Regression Coefficient; SE = Estimated Standard Error; APL = Adult Performance Level; ns = not significant; SD = Standard Deviation; Test performances for the individual tests (sprint, agility, dribbling, ball control and shooting) are negatively coded, that is, a lower value represents a better performance; # Standard error for Time<sup>2</sup> in Sprint was exactly estimated as 0.002.

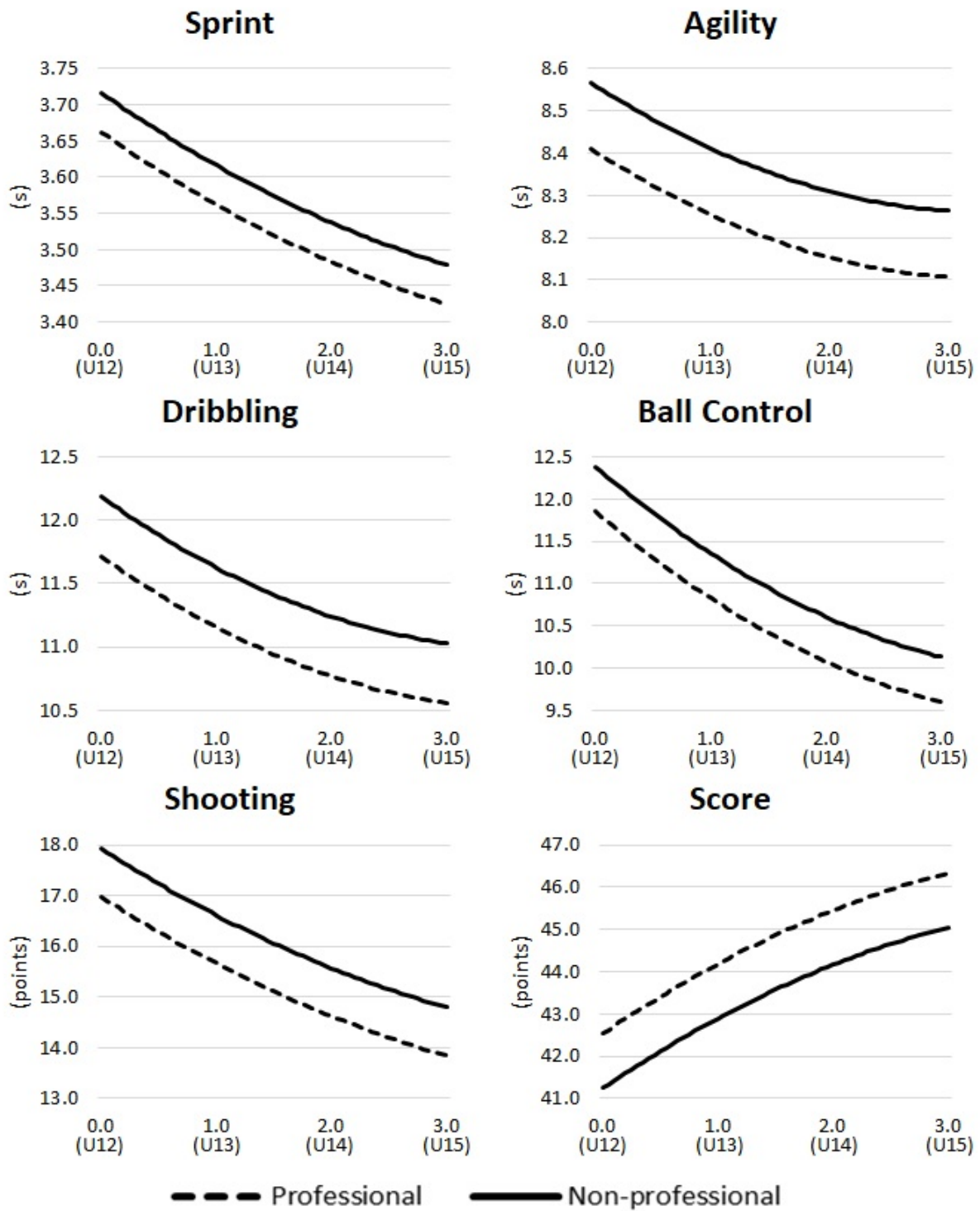
With respect to the fixed parts of the regression models, the intercept as well as Time and Time<sup>2</sup> significantly contributed to the prediction of players' performance in the motor parameters (each  $p < .05$ ). Therefore, within the investigated three-year period, girls improved non-linearly in the considered motor factors. APL was found to be significant for every motor performance parameter (each  $p < .05$ ). The interaction effects Time x APL as well as Time<sup>2</sup> x APL did not significantly contribute to the explanation of any motor performance variable. Thus, no significant relationship between the longitudinal development of motor performance over the course from U12 to U15 and future success could be revealed.

The results from the multilevel regression analyses can be utilized to gain an in-depth understanding of youth players' motor performance development during their time in the TID program. Individuals' motor performance can be estimated based on the time after the first measurement point and APL. By using equation (II) and the regression coefficients for the fixed parts of the models (see Tab. 9) each motor performance can be calculated as demonstrated for the 20m sprint performance below:

$$20\text{m sprint performance} = 3.72 - 0.11 * \text{Time} + 0.01 * \text{Time}^2 - 0.05 * \text{APL} \quad (\text{III})$$

In addition to the Time variables (i.e., the period of time in years after the first measurement point in U12), APL is set to "1" to predict professional girls' motor performance and to "0" for non-professional athletes. For example, on average, a future professional (APL = 1) girl's 20m sprint performance in U12 (Time = 0) is estimated as 3.67 (= 3.72 - 0.05) seconds by the model and improves by 0.10 seconds (= -0.11 + 0.01) within her first year in the TID program (Time = 1). Within the first two years, her performance enhances by 0.18 (= -0.11 \* 2 + 0.01 \* 2<sup>2</sup>) seconds. Across all investigated measurement points, future professional players are 0.05 seconds faster than their non-professional counterparts. Note. Test performances in sprint, agility, dribbling, ball control, and shooting are all negatively coded, that is, a lower value represents a better performance. The x-axis represents the time (in years) from the first measurement point in U12 (Time = 0) to the last assessment in U15 (Time = 3).

Fig. 8 provides an overview of the estimated average sprint performance development as well as the estimated development curves for all remaining talent factors within the investigated three-year period from U12 (Time = 0) to U15 (Time = 3).



Note. Test performances in sprint, agility, dribbling, ball control, and shooting are all negatively coded, that is, a lower value represents a better performance. The x-axis represents the time (in years) from the first measurement point in U12 (Time = 0) to the last assessment in U15 (Time = 3).

*Fig. 8:* Motor performance development from U12 to U15 for future professional and non-professional female athletes (predicted by multilevel regression analyses).

**Discussion**

Recent research in TID provides empirical evidence regarding motor indicators that predict male youth soccer players' future success (e.g., Murr, Raabe, et al., 2018). While findings from studies solely conducted with male participants cannot be directly transferred to female soccer (A. M. Williams & Reilly, 2000), the potential motor talent predictors' prognostic validity for female youth players has not received adequate consideration in the literature (Johnston et al., 2018). In fact, previous studies were either conducted cross-sectionally without any consideration of prognostic relevance (e.g., Vescovi, 2012), or only considered the prognostic relevance of motor talent predictors for success in middle-to-late adolescence (Höner, Raabe, et al., 2019, in Druck). Therefore, the present study was designed to analyze the adolescent motor parameters' long-term prognostic validity for future success in adulthood within a large sample of elite female soccer players participating in a nationwide TID program (*objective 1*), and the three-year development of highly talented girls' motor performance and its' usefulness as a talent predictor for reaching a professional APL (*objective 2*).

***Objective 1***

The present findings provide empirical evidence for the prognostic relevance of all assessed motor performance factors as well as the overall motor score for young female soccer players' future success in adulthood (i.e., achievement of women's first soccer division in Germany). These results are in line with the findings of Höner and colleagues (2019, in Druck) who also assessed potential talent motor characteristics of young female soccer players utilizing the same test battery and – with the exception of the shooting test – confirmed its prognostic validity for success in late adolescence (i.e., reaching the U17 female national team). Consequently, the current research offers further support for the usefulness of the (in terms of setup and implementation) economic and simple motor diagnostics within the German TID program.

In addition, the present study supports findings from research that has been conducted with male soccer players and, therefore, suggests that conclusions in the TID literature may be generalizable independent of sex. In line with the current study, researchers found prognostic relevance for young males' sprint (e.g., Deprez, Valente-Dos-Santos, et al., 2015), agility (e.g., Gonaus & Müller, 2012), dribbling (e.g., Figueiredo et al., 2009), ball control (e.g., Huijgen et al., 2013) and shooting (e.g., Höner & Votteler, 2016) performance for their future success in middle-to-late adolescence. Similar results were found by researchers who investigated these characteristics' predictive validity for future success in adulthood (e.g., Forsman, Grasten, et al., 2016; Höner et al., 2017). However, it appears noteworthy that Leyhr et al. (2018) – who also used the test battery utilized in the current research – found no prognostic relevance for the linear sprint test which did not distinguish significantly between future elite and non-elite male players. In addition to participants' sex and the homogeneity of the respective samples (both the present study and the work by Leyhr et al. (2018) were conducted with already highly selected samples - athletes involved in the TID program belong to the top 4% of their age class; Schott (2011)), the contrasting findings in the two studies may be explained by two core differences in study design. First, Leyhr et al. (2018) focused on players who stayed within the program from the beginning of the program to its end at U15 and who participated in the diagnostics four times, whereas the present study investigated girls who participated at least twice. Second and maybe even more important, Leyhr et al. (2018) did not involve players who were part of the talent promotion program at U12 and transferred to a youth academy later on (between U13 and U15). This is an important consideration because the players who are considered to be most talented (and simultaneously possibly the fastest in motor diagnostics) have a higher probability of being selecting for a youth academy. Therefore, this sampling could have resulted in a certain homogeneity with regard to linear sprint performance in the study with male players. However, it is likely that this effect is not as prominent for young female



athletes, because there is a much smaller number of youth academies for young girls in Germany.

### ***Objective 2***

Within the investigated three-year period from U12 to U15, participants in the current study showed a non-linear improvement in motor performance with respect to all individual tests and the overall motor score. This non-linear motor development indicates that girls experienced higher rates of improvement in the younger (U12/U13) than in the older age groups (U14/U15). Similar results were revealed by Leyhr et al. (2018) for male soccer players of the same age groups as well as by Huijgen et al. (2013) who found increasingly smaller improvements in male players' soccer skill performance as they progressed from U16 to U19. This non-linear development could be explained by ceiling effects and different maturation rates within these phases of adolescence. More specifically, athletes' motor development has been found to be faster before they reach the age of peak height velocity (Fransen et al., 2017), which for girls is, on average, around 12 years old (Baxter-Jones, Maffulli, & Mirwald, 2003; Lloyd et al., 2014). Furthermore, girls' physiological development frequently plateaus after puberty (Wright & Laas, 2016) which may also slow down the improvement of motor performance.

Although motor performance development was non-linear and, therefore, different for the considered age phases, no significant developmental differences could be revealed between future professional and non-professional players. That is, on average, participants who reached the professional level in adulthood performed significantly better than their non-professional counterparts, but both groups' test scores progressed similarly between U12 and U15. This finding indicates that girls in the professional group already possessed a better motor performance when entering the TID program and were able to maintain this advantage over the course of the three-year promotion. Consequently, motor development itself was not a significant talent factor for future success in adulthood. Thus, individuals from both groups

(future professional and non-professional) likely benefit from the promotion within the TID program to a similar extent. If this assumption is accurate, it is possible that the most talented young female soccer players are not provided with sufficient support and an adequate training environment to develop their full potential. Therefore, an even more frequent as well as a different training might be beneficial for girls considered to be most talented. As a result, one question that arises is whether talented girls should train with boys or independently in youth soccer and, in particular, their early development. While this question is widely debated from a physical education perspective (e.g., G. Hill & Cleven, 2005), there is only little evidence supporting either position within youth sport. In fact, some researchers question this co-educative promotion of boys and girls as, for instance, girls' match involvement and activity times in mono-educational training settings are assumed to be higher than in co-educational settings (Chatzopoulos, Drakou, Kotzamanidou, & Tsorbatzoudis, 2006; Reinders et al., 2018).

In sum, the motor development of talented young female soccer players does not represent a relevant indicator for future success in adulthood in the present study. While this may suggest that the longitudinal assessment of motor performance does not provide relevant prognostic information within the TID process, such conclusions are based on group considerations and do not allow for a transfer to the individual level. Nevertheless, due to the significant inter-individual differences in motor development (i.e., random effects), individual developmental pathways should not be neglected (e.g., in terms of single case analyses) to provide coaches and other stakeholders with the comprehensive information necessary to optimally support players' growth (Lloyd et al., 2014).

### ***Limitations***

Utilizing multilevel techniques, the current study provides valuable empirical information to support the TID process for female soccer players in regard to the general prognostic relevance of early adolescent motor predictors (level 2) and the motor development in early adolescence (level 1) as well as its predictive value for adult success (combination of

level 1 and 2). Despite the usefulness of these findings, some limitations should be addressed in future research. First, the different number of measurement points per participant used for the estimation of motor development (i.e., approximately 60% of all girls took part in only two of four assessments between U12 and U15, see also Tab. 7) could have led to some bias. In this context, the adequate management of missing data due to drop-outs constitutes an important issue (Schafer & Graham, 2002). The utilized methodology within the present study allows for a different number of observations per participant (Goldstein, 2011). However, it is possible that there was a bias in estimating motor development when using data of girls who had varying numbers of assessments (two to four). To this effect, it should be noted that the descriptive data for participants who took part in all four measurements indicates a development similar to the one portrayed in the current results.

Second, the current study focused on the investigation of speed and technique related aspects. Since talent in team sports represents a multidimensional, complex construct (Huijgen et al., 2013), it is necessary to extend the analysis of potential talent indicators and their development at a young age to further dimensions (Buekers et al., 2015). According to A. M. Williams and Reilly (2000), various environmental (e.g., the influence of coaches, peers, or parents) as well as physiological (e.g., perceptual cognitive skills, motivational aspects) and physical factors (e.g., anthropometry) should be taken into consideration. For instance, interpersonal dynamics within the coach-athlete relationship may have a significant influence on an athlete's development and future career (Jowett & Shanmugam, 2016; Wachsmuth, Jowett, & Harwood, 2017), decision-making skills were found to be relevant predictors for future success in male soccer players (O'Connor et al., 2016), and maturity status might affect athletes' performance (Romann, Javet, & Fuchslocher, 2017); all of which were not considered in the present study. When exploring the motor performance of female athletes specially a consideration of physiological aspects specific to women (e.g., age of menarche) is strongly recommended (Datson et al., 2014). Thus, utilizing multidimensional designs that incorporate

a variety of talent predictors can likely increase the probability of finding characteristics that possess predictive value for future success (Johnston et al., 2018). Person-oriented analyses (e.g., Bergman, Magnusson, & El Khouri, 2003; Zibung et al., 2016), non-linear multidimensional models (e.g., segmented modelling; see Fransen et al., 2017), and a combination of subjective and objective, multidimensional assessments (Sieghartsleitner et al., 2019) provide promising methodological approaches in this endeavor.

## **Conclusion**

Utilizing a long-term prognostic period ( $\geq$  four years), this study provided empirical evidence for the prognostic relevance of young female soccer players' motor performance characteristics for their future success in adulthood. In addition, participants' motor development was analyzed longitudinally over a three-year period in adolescence (i.e., U12-U15) and found to be non-linear. However, motor development itself did not possess predictive power for future success in adulthood. Since this study was the first to analyze the prognostic relevance of adolescent motor development for reaching the professional level in adulthood in women's soccer, future research with female athletes is necessary to provide coaches and other stakeholders with adequate information to support the long-term development of young athletes until their entry in adult soccer.

## **Acknowledgements**

We would like to thank the staff of the DFB (in particular, Thorsten Becht, Jörg Daniel, Dr. Thomas Hauser, Claus Junginger, and Tobias Kieß) for the provision of data and their valuable support.

## **Declaration of interest statement**

The authors report no conflict of interest.

## **Funding details**

This work is part of the research project "Scientific support of the DFB's Talent Development Program" which is funded by the DFB.

**Data availability statement**

The data that support the findings of this study are available from the corresponding author upon reasonable request.

## **4 Zusammenfassende Interpretation und Ausblick**

Die vorliegende Dissertationsschrift beschäftigt sich vordergründig mit der Frage, inwiefern juvenile Talentprädiktoren aus dem Merkmalsbereich der Schnelligkeitsfähigkeiten und technischen Fertigkeiten eine Aussagekraft für den späteren Erfolg von Nachwuchsspielern haben. Aufbauend auf dem aktuellen Forschungsstand steuert die vorliegende Arbeit gezielt Forschungslücken an, um zu zusätzlichem Erkenntnisgewinn hinsichtlich der empirischen Evidenz juveniler Talentprädiktoren beizutragen.

Die Untersuchung der Bedeutsamkeit motorischer Merkmale für den späteren Erfolg im Erwachsenenalter unter Verwendung langer Prognosezeiträume bildet die Grundlage für Studie 1. Bisherige Studien untersuchten meist den Zusammenhang zwischen im frühen und mittleren Jugendalter erhobenen motorischen Tests und dem zukünftigen Erfolg im mittleren bis späten Jugendalter (z.B. Übernahme eines Spielers in ein Leistungszentrum, Auswahl für eine Juniorennationalmannschaft) in kurzen bis mittleren Prognosezeiträumen, obwohl innerhalb einer Sportlerkarriere nicht zuletzt auch der Eintritt in den Profibereich in Erwachsenenalter einen wichtigen Meilenstein darstellt. Insbesondere erfolgt die Analyse der prognostischen Bedeutsamkeit meist auf der Basis von Einzeldiagnostiken (z.B. 20m Sprint). Eine Modellierung und Prüfung der dahinterstehenden theoretischen, latenten Konstrukte (z.B. Schnelligkeit) wird nicht vorgenommen und steht daher im Mittelpunkt von Studie 1. Da sich die bisherige Forschung trotz eines dynamischen Talentverständnisses auf die Analyse der Bedeutsamkeit einmalig erhobener Talentprädiktoren beschränkt, liegt in der empirischen Studie 2 ein weiteres Hauptaugenmerk auf der Betrachtung der Bedeutung der motorischen Entwicklung in der frühen bis mittleren Adoleszenz als möglichem eigenständigen Talentprädiktor. Aufbauend auf diesen Studien werden in den Veröffentlichungen 3 und 4 die Untersuchungen der prognostischen Relevanz motorischer Talentprädiktoren und deren Entwicklung auf den bisher kaum untersuchten Mädchen- und Frauenbereich ausgeweitet.

Dabei steht insbesondere die Frage im Vordergrund, inwieweit sich Forschungsergebnisse, die für den Jungen- und Männerbereich vorliegen, im weiblichen Nachwuchsfußball replizieren lassen.

In den folgenden Abschnitten werden aufbauend auf diesen thematischen Schwerpunkten die Ergebnisse der vier empirischen Studien zusammengefasst und diskutiert. Anschließend an die Analyse der Bedeutung manifester und latenter motorischer Variablen (Abschnitt 4.1) für zukünftigen Erfolg werden in Abschnitt 4.2 die Erkenntnisse der dynamischen Betrachtung motorischer Entwicklung vertieft. Die Übertragbarkeit der Befunde auf den Mädchenfußball wird in Abschnitt 4.3 behandelt, bevor im darauffolgenden Abschnitt 4.4 methodische Herausforderungen und Perspektiven prospektiver Talentforschung diskutiert werden. Die abschließenden Bemerkungen 4.5 bilden das Ende des Kapitels.

#### **4.1 Die Betrachtung manifester und latenter Variablen: Prognostische Relevanz von motorischen Tests sowie Schnelligkeitsfähigkeiten und technischen Fertigkeiten**

Die Ergebnisse der empirischen Studien 1 und 2 der vorliegenden Dissertationsschrift bestätigen die prognostische Relevanz von Schnelligkeitsfähigkeiten und technischen Fertigkeiten für den Erfolg im Erwachsenenalter (z.B. Spieleinsatz in einer professionellen Fußballliga). Dabei erweisen sich unter den *Schnelligkeitsfähigkeiten* auf Testebene der geradlinige Sprint sowie die Gewandtheit gemessen im U12-Alter als prognostisch relevant für das Erreichen einer professionellen Liga im Erwachsenenalter. Besonders die Leistung im Sprint (mittlerer Effekt,  $d = 0.70$ ), aber auch im Gewandtheitslauf (kleiner Effekt,  $d = 0.41$ ) konnte hier zwischen späteren Profis und Amateuren unterscheiden. Ähnliche Studien, die ebenfalls U12-Spieler untersuchten, aber kürzere Prognosezeiträume verwendeten und zukünftigen Erfolg in der mittleren oder späten Adoleszenz analysierten (z.B. Deprez, Fransen, Lenoir, et al., 2015; Höner & Votteler, 2016), kommen hier zu vergleichbaren Ergebnissen. Dies deutet darauf hin, dass die bereits für den Erfolg im späten Jugendalter (z.B. Erreichen

einer U-Nationalmannschaft, Weiterförderung an einem Nachwuchsleistungszentrum) nachgewiesene prognostische Relevanz für in der frühen Adoleszenz (U12) erhobene schnelligkeitsbezogene Prädiktoren auf den Erfolg im Erwachsenenalter erweitert werden kann. Obwohl auch weitere Studien die prädikative Validität für diese Fähigkeiten bestätigen (Figueiredo et al., 2009; Gil et al., 2007; Gonaus & Müller, 2012), ist zu beachten, dass sich die Merkmale der Studiendesigns dieser Untersuchungen teilweise stark unterscheiden (Murr, Raabe, et al., 2018) und dadurch die Vergleichbarkeit einschränken. Unter anderem unterscheiden sich dabei neben der getesteten Sprintdistanz (kürzere Distanzen bis zu 20m und auch längere bis zu 40m) die Erhebungszeitpunkte der Prädiktoren im Jugendalter erheblich voneinander. Le Gall et al. (2010) etwa finden in ihrer Studie mit französischen U14-, U15- und U16-Nachwuchsleistungszentrumsspielern keine signifikanten Unterschiede verschiedener Leistungslevel im Erwachsenenbereich (Profi vs. Amateur) bis zu sechs Jahre nach Erhebung der geradlinigen Sprintfähigkeit über einen 40m-Sprint. Im Vergleich zur Studie 1 dieser Dissertation zeigen sich hier Unterschiede hinsichtlich der prognostischen Relevanz, allerdings für spätere Altersklassen (U14 bis U16). Auch wenn es bislang noch wenige Studien zur Relevanz des geradlinigen Sprints für den Erfolg im Erwachsenenalter gibt, können die Ergebnisse von Le Gall et al. (2010) ein Indiz dafür sein, dass die geradlinige Sprintfähigkeit in der mittleren Adoleszenz an prognostischer Bedeutung für adulten Erfolg verliert. Diese Vermutung deckt sich auch mit den Befunden aus Studie 2, bei der für den 20m Sprint keine signifikanten Unterschiede zwischen späteren Profis und Amateuren aufgezeigt werden konnten, wenn man die mittleren Sprintleistungen dieser beiden Gruppen über einen Zeitraum von der U12 bis hin zur U15 betrachtet. Dabei gilt es zu beachten, dass dies nur für hochselektive Stichproben abgeleitet werden kann, da die geschilderten Studien jeweils mit bereits selektierten Spielern durchgeführt wurden. Während Le Gall et al. (2010) französische Nachwuchsleistungszentrumsspieler untersuchten, wurde auch Studie 2 dieser Dissertation ausschließlich mit Spielern durchgeführt, die bereits am Stützpunktprogramm des DFB



teilnahmen und damit innerhalb ihrer Altersklasse zu den besten vier Prozent ihres Jahrgangs in Deutschland gehörten (Schott, 2011). Andererseits gilt es zu beachten, dass innerhalb von Studie 2 nur diejenigen Spieler betrachtet wurden, die das komplette Stützpunktprogramm von der U12 bis hin zur U15 durchlaufen haben. Daher ist davon auszugehen, dass sowohl die Spieler, die aus dem Stützpunktprogramm herausgefallen sind (im Schnitt vermutlich die motorisch Schlechteren), als auch diejenigen Spieler, die ans Leistungszentrum gewechselt sind (und eher zu den motorisch Besseren gehören), zu einer Homogenisierung der Stichprobe hinsichtlich der Sprintleistung geführt haben könnten.

Auch die Vorhersagekraft *juveniler technischer Fertigkeiten* für adulten Erfolg konnte durch die in der Dissertationsschrift inkludierten Studien 1 und 2 bestätigt werden. In Bezug auf die jeweiligen Einzeltests zeigten erfolgreiche Spieler sowohl in der Ballkontrolle als auch beim Torschuss und beim Dribbling signifikant bessere Leistungen in der U12 (Studie 1) im Vergleich zu im Erwachsenenalter weniger erfolgreichen Nachwuchsspielern. Diese Ergebnisse ließen sich in Studie 2 für den Altersbereich U12 bis U15 (zusammen betrachtet) replizieren und passen damit (mit Ausnahme des Torschusses) in den bis dato vorherrschenden Forschungsstand hinsichtlich der Prognoserelevanz dieser technischen Merkmale für Erfolg im mittleren bis späten Jugendalter. Während Figueiredo et al. (2009) in einer Studie mit portugiesischen U12- bis U15-Spielern signifikante Unterschiede in Bezug auf die Prädiktoren Ballkontrolle und Dribbling nachweisen konnten, kamen Forsman, Blomqvist, et al. (2016) auch für im späten Jugendalter getestete Nachwuchsleistungszentrumsspieler (U16 bis U19) zu vergleichbaren Ergebnissen für diese Merkmale, was den zukünftigen Erfolg im Erwachsenenalter (19 Jahre, Übergang in den Erwachsenenbereich) betrifft. Auch weitere Studien (z.B. Deprez, Franssen, Lenoir, et al., 2015; Höner & Votteler, 2016; Zibung et al., 2016) konnten die prognostische Validität juveniler Dribbling- und Ballkontrollleistungen nachweisen. In Bezug auf die zugehörigen Effekte unterscheiden sich die Studien für die technischen Prädiktoren deutlich ( $0.47 \leq d \leq 1.28$ ). Insgesamt erscheint allerdings das Dribbling

in den bisherigen Studien (meist mittlere bis große Effekte) verglichen mit anderen technischen Fertigkeiten wie der Ballkontrolle oder dem Torschuss die größte Trennkraft zwischen später erfolgreichen und weniger erfolgreichen Spielern zu besitzen. Dies zeigt sich auch für die U12-Dribblingleistungen in Studie 1, die mit einem mittleren bis großen Effekt ( $d = 0.71$ ) zwischen späteren Profis und Amateuren trennen konnten, und weist damit auf die prognostische Bedeutung des Dribblings im frühen Jugendalter für den Erfolg im Erwachsenenbereich hin.

Die besondere Bedeutung des Dribblings als leistungsrelevanter Faktor überrascht nicht, da es im Spiel eine wichtige Voraussetzung für das offensive Zweikampfverhalten darstellt. In diesem Zusammenhang ist dagegen umso verwunderlicher, dass sich für den Torschuss, der ein zentrales Element etwa im Zusammenhang mit erzielten Toren darstellt (Faude et al., 2012), in der Talentforschung deutlich weniger empirische Evidenz zur prognostischen Relevanz findet. Zwar decken die in dieser Dissertation enthaltenen Studien signifikante unterschiedliche Leistungen von U12- bis U15-Spielern im Torschusstest auf, die wenigen andere Studien unterscheiden sich aber hinsichtlich ihrer Befunde voneinander (Murr, Feichtinger, et al., 2018). Während Figueiredo et al. (2009) keine signifikanten Unterschiede in der Leistung von Nachwuchsspielern in einem Schussgenauigkeitstest finden, können Höner and Votteler (2016) diese für den Torschusstest (Genauigkeit und Schussstärke) im Rahmen der technomotorischen Diagnostik des DFB-Talentförderprogramms nachweisen. Der Effekt, der sich hier aber ergab, ist mit  $d = 0.30$  vergleichsweise gering und liegt damit auch (entgegen der Erwartung) deutlich unter dem gefundenen Effekt für den Torschusstest in Studie 1 ( $d = 0.54$ ), in der dasselbe Erhebungsverfahren verwendet, aber ein längerer Prognosezeitraum bis ins Erwachsenenalter analysiert wurde. Diese inkonsistente, recht heterogene Befundlage lässt sich letztlich auch aus der Komplexität dieses Talentprädiktors und der damit verbundenen Schwierigkeit, das Merkmal überhaupt zuverlässig erfassen zu können, ableiten (Ali, 2011; Russell, Benton, & Kingsley, 2010). Da in diesem Zusammenhang Höner et al. (2015) für den Torschusstest keine zufriedenstellende Reliabilität berichten, ist es denkbar, dass eine mögliche prognostische

Relevanz dieses Merkmals durch den eingesetzten Test nicht erfasst werden kann. Dadurch sind die Befunde zur prognostischen Relevanz für adulten Erfolg, die innerhalb der Studien dieser Dissertationsschrift gewonnen werden konnten, mit Vorsicht zu interpretieren. Hier bedarf es weiterer Studien, die die prognostische Relevanz des Torschusses für adulten Erfolg unter anderem mit geeigneten, reliablen und validen Messinstrumenten analysieren. In diesem Zusammenhang nahmen Palucci Vieira et al. (2017) eine Konstruktvalidierung einer Auswahl an Test zur Erfassung der Schussgenauigkeit vor, von denen sich in besonderer Weise ein „Wall Volley Test“<sup>4</sup> (Palucci Vieira et al., 2017, S. 1616) hervorhebt. Neben objektiven Maßnahmen erscheinen aber auch subjektive Urteile erfahrener Trainer zur Erfassung der Torschussfähigkeit vielversprechend. Innerhalb des DFB-Talentförderprogramms erfolgt mittlerweile seit 2017 flächendeckend eine subjektive Beurteilung der Torschussleistung von Spielern an den DFB-Stützpunkten. Bislang fehlt es allerdings noch an Studien, die untersuchen, inwieweit die subjektiven Bewertungen dieses Merkmals prognostisch valide und gegebenenfalls den objektiven Erhebungen vorzuziehen sind.

Der praktische Erkenntnisgewinn hinsichtlich der prognostischen Relevanz auf Ebene der Einzeldiagnostiken bietet Trainern die Möglichkeit, aus den Tests zusätzliche Informationen zur Trainingssteuerung zu generieren sowie diese unterstützend zum Vergleich von Talenten im Rahmen der Talents Selektion nutzen. Aus wissenschaftlicher Sicht ist zudem die Bedeutsamkeit von *Schnelligkeitsfähigkeiten und technischen Fertigkeiten im Sinne zweier übergeordneter Konstrukte* für zukünftigen Erfolg relevant. Konkret bedeutet das, diese Merkmale auf einer übergreifenden, theoretischen Ebene (d.h., losgelöst von der Betrachtung und Analyse von Einzeltests) in Beziehung zu zukünftigem Erfolg zu stellen. In Studie 1 konnte die Bedeutung der Schnelligkeit und der Technik im Jugendalter für den späteren Erfolg

---

<sup>4</sup> Beim Wall Volley Test hat der Spieler die Aufgabe, aus einer Entfernung von 1,83m mit dem Ball ein 1,22m \* 2,44m großes rechteckiges Feld zu treffen und den zurückprallenden Ball so oft wie möglich in einer Zeit von 20 Sekunden wieder in das Trefferfeld zu schießen. Es werden drei Versuche mit einer Ein-Minuten-Pause zwischen den Durchgängen durchgeführt.

nachgewiesen werden. Über einen strukturgleichungsanalytischen Ansatz (z.B. L. K. Muthén & Muthén, 2010) gelang es, die theoretischen Konstrukte Schnelligkeit und Technik über ein Messmodell (bestehend aus den fünf Einzeltests) zu modellieren und deren Zusammenhang mit adultem Erfolg zu untersuchen. Dabei bot sich anhand des Strukturgleichungsmodells der Vorteil einer deutlich höheren Erklärungskraft des Modells (z.B. im Vergleich zu traditionellen ANOVA- Ansätzen), die unter anderem durch die zuverlässigere Messung der Konstrukte durch unterschiedlich gewichtete Indikatoren im Messmodell zustande kommt. Da diese Herangehensweise bislang in der Talentforschung im Fußball noch nicht angewandt wurde, ist eine Vergleichbarkeit mit anderen Studien erschwert. Neben der Tatsache, dass sich hierbei sowohl die Schnelligkeit als auch die Technik als prognostisch relevante Größen für das Erreichen eines professionellen Levels im Erwachsenenalter erweisen, erlaubt das Modell zusätzlich auch den Vergleich dieser beiden unterschiedlichen Dimensionen innerhalb der motorischen Leistungsfaktoren. Auch wenn sich für Schnelligkeit und Technik eine signifikante Korrelation ( $r = .33$ ) zeigte (und damit auf Kollinearität der beiden Größen hinweist), erwies sich in Bezug auf das später erreichte Leistungslevel das Merkmal Technik als bedeutsamer im Vergleich zur Schnelligkeit. Wenngleich es in diesem Zusammenhang in der Talentforschung bislang an ähnliche Studien zum Vergleich mangelt, decken sich diese vorliegenden Ergebnisse mit einer Studie von Wilson et al. (2017), in der sich technische, fußballspezifische Fertigkeiten im Vergleich zu Schnelligkeits- und Ausdauerfähigkeiten (in Kombination) als leistungsrelevanter für die Spielleistung erwiesen. Auch im Leitfaden des DFB-Talentförderprogramms ist die Ausbildung technischer Fertigkeiten neben den Schnelligkeitsfähigkeiten ein fester Bestandteil (Deutscher Fußball Bund, 2009). Die Befunde aus Studie 1 stützen die Bedeutung dieser Merkmale im frühen Jugendalter (hier U12) auch in Bezug auf das erreichte Leistungsniveau im Erwachsenenalter.

Da juvenile motorische Leistungen auch von anthropometrischen Einflüssen (z.B. Körpergröße, Körpergewicht) sowie dem Alter abhängen können, wurde dies in den

vorliegenden Studien hinsichtlich *entwicklungsbezogener* (Studie 1) und auch *altersbezogener Merkmale* (Studie 1 und 2) geprüft. Im Hinblick auf letzteres Merkmal kann das sowohl in der Praxis als auch in der Wissenschaft oftmals diskutierte Problem des relativen Alterseffekts (RAE, siehe z.B. Helsen et al., 2012; Helsen, van Winkel, & Williams, 2005) auf die Beurteilung der prognostischen Relevanz motorischer Talentprädiktoren einen Einfluss haben. Der RAE beschreibt hierbei das Phänomen, dass innerhalb von Talentselektionen für höhere Leistungslevels nahe am Stichtag geborene Spieler z.B. aufgrund besserer anthropometrischer aber auch physiologischer Eigenschaften eine höhere Chance haben, ausgewählt zu werden als relativ jüngere Spieler. Die Existenz unterschiedlich weit entwickelter Spieler innerhalb von Talentfördersystemen finden etwa Votteler und Höner (2017), sowie J. H. Williams (2010) innerhalb von Juniorennationalmannschaften. Dies wirft natürlich die Frage auf, inwieweit das relative Alter einen Einfluss darauf hat, ob es ein Spieler später in den Profibereich schafft oder nicht. Studie 1 und 2 der vorliegenden Dissertationsschrift berücksichtigen deshalb auch das relative Alter als potentiell relevantes Merkmal. Jedoch war der Einfluss dieses Merkmals vergleichsweise gering. Während Studie 1 keine signifikanten Unterschiede zwischen im Erwachsenenalter erfolgreichen und weniger erfolgreichen Spielern in Bezug auf ihr relatives Alter nachweisen konnte, war auch in Studie 2 der Einfluss des relativen Alters auf die motorische Leistung in der frühen bis mittleren Adoleszenz eher gering. Nur im motorischen Gesamtscore sowie im Sprint zeigte sich ein signifikanter Einfluss auf die motorische Leistung, der sich im zeitlichen Verlauf allerdings nicht änderte (d.h. das relative Alter hatte entgegen der Vermutung aus Ergebnissen anderer Studien keinen Einfluss auf die motorische Entwicklung, siehe auch Votteler & Höner, 2014). Dies liegt womöglich vor allem daran, dass die vorliegenden Studien Spieler analysierten, die bereits für ein Talentförderprogramm ausgewählt wurden. Aufgrund einer bereits stattgefundenen vorherigen Selektion ist damit der Effekt bereits reduziert (Votteler & Höner, 2014).

Trotz des geringen Einflusses des relativen Alters ist es dennoch möglich, dass Spieler unabhängig von ihrem chronologischen Alter biologisch unterschiedlich weit entwickelt waren und dies einen Einfluss auf den späteren Erfolg hatte. Die Betrachtung entwicklungsbezogener Merkmale wie der anthropometrischen Größen (z.B. Körpergröße und Gewicht) in Studie 1 ergab, dass die untersuchten U12-Spieler, die später das Profiniveau erreichten, zum Zeitpunkt der Erhebung in der frühen Adoleszenz signifikant größer ( $d = 0.50$ ) und schwerer ( $d = 0.56$ ) waren als spätere Amateurspieler. In Bezug auf den bisherigen Forschungsstand sind diese Ergebnisse eher erstaunlich, da die Körpergröße und das -gewicht oftmals in prospektiven Studien betrachtet wurden, diese aber keine signifikanten Effekte lieferten (z.B. Gil et al., 2007; Gil et al., 2014; Gravina et al., 2008). Murr, Raabe, et al. (2018) berichten in ihrer Übersichtsarbeit diesbezüglich von einer eher geringen prognostischen Relevanz der Körpergröße und des Gewichts in prospektiven Talentstudien. In nur vier Studien, die jedoch alle hauptsächlich den Erfolg im mittleren bis späten Jugendalter untersuchten (Deprez, Fransen, Lenoir, et al., 2015; Figueiredo et al., 2009; Le Gall et al., 2010; Zuber et al., 2016), ließen sich zusammengefasst kleine Effekte ableiten. Die diesbezüglich deutlich stärkeren Differenzen zwischen zukünftig erfolgreichen und weniger erfolgreichen Spielern innerhalb der Studien dieser Dissertation lassen nun eine erste vage Tendenz erkennen, dass Merkmale wie das Gewicht eine prognostische Relevanz für den Erfolg im Erwachsenenalter besitzen können (körperlich reifere Spieler werden mit höherer Wahrscheinlichkeit ausgewählt). Um dieser Tendenz nachzugehen, bedarf es weiterer Studien, die insbesondere auch geeignete Methoden zur Bestimmung des biologischen Entwicklungsstandes nutzen, um eine verlässliche Aussage darüber treffen zu können, inwieweit anthropometrische Merkmale oder vielmehr der oftmals daraus abgeleitete biologische Entwicklungsstand einen Einfluss darauf haben, ob ein Spieler zukünftig den Sprung in den Profibereich schafft. Lloyd et al. (2014) geben hierzu eine Übersicht zu validen und teilweise auch ökonomischen Methoden der Erfassung. Romann et al. (2017) fanden diesbezüglich heraus, dass auch erfahrene Trainer subjektiv den biologischen

Entwicklungsstand eines Nachwuchsathleten treffend bestimmen können. Eine adäquate Bestimmung kann helfen, Trainer bei der Selektion, aber auch im Training für den biologischen Entwicklungsstand zu sensibilisieren. Dies ist auch dahingehend wichtig, dass Studien zeigen konnten, dass spät entwickelte Spieler, die es schafften, trotz ihrer körperlichen Rückstände im System zu bleiben, mit einer größeren Wahrscheinlichkeit zukünftig erfolgreich waren, als die anderen Spieler im Talentförderprogramm (Le Gall et al., 2010; Zuber et al., 2016). Vor diesem Hintergrund gilt es besonders in der frühen Adoleszenz, den biologischen Entwicklungsstand von Spielern mit einzubeziehen, wenn es darum geht, das zukünftige Potential eines Spielers zu bewerten (Murr, 2018).

#### **4.2 Die dynamische Betrachtung: Bedeutung der motorischen Entwicklung als Talentprädiktor für zukünftigen Erfolg**

Um einem dynamischen Talentverständnis (Abbott, Button, Pepping, & Collins, 2005; Hohmann, 2009) Rechnung tragen zu können, wurde in Studie 2 dieser Dissertation die bislang in der Forschung eher defizitär behandelte Entwicklung technomotorischer Talentprädiktoren im Jugendalter und insbesondere deren Zusammenhang mit zukünftigem Erfolg untersucht. Über die allgemeine prognostische Relevanz der betrachteten Faktoren bei 11- bis 14-jährigen Nachwuchsathleten für Erfolg im Erwachsenenalter hinausgehend, stand dabei im Besonderen die Frage im Zentrum, inwieweit die motorische Entwicklung im betrachteten Zeitraum selbst (d.h., die Leistungsveränderung zwischen 11 und 14 Jahren in Bezug auf Schnelligkeitsfähigkeiten und technische Fertigkeiten) einen relevanten Talentprädiktor darstellt. Insbesondere motorische Fähigkeiten und Fertigkeiten unterliegen in diesem Zeitraum bedeutsamen Leistungsveränderungen (Malina et al., 2004; Wormhoudt et al., 2018), was nahelegt, die Entwicklung dieser Komponenten auch hinsichtlich ihrer prognostischen Bedeutung für zukünftigen Erfolg zu analysieren.

Mit Bezug auf die motorische Entwicklung selbst konnte in Studie 2 zunächst festgestellt werden, dass sich diese in den betrachteten Altersklassen von der U12 bis zur U15 am besten durch einen nicht-linearen Kurvenverlauf beschreiben lässt. Dabei waren in den früheren Altersklassen (D-Jugendbereich, U12/U13) stärkere Leistungszuwächse bei den Nachwuchstalenten zu erkennen als in den späteren Altersklassen der C-Jugend (U14/U15). Diese Befunde decken sich ebenfalls mit weiteren Talentstudien im Fußball, die schnelligkeitsbezogene Fähigkeiten und technische Fertigkeiten im Jugendalter untersuchten (Abbott et al., 2005; Bidaurrezaga-Letona, Lekue, Amado, Santos-Concejero, & Gil, 2015; Deprez, Fransen, Lenoir, et al., 2015; Fransen et al., 2017; Huijgen et al., 2009). In Bezug auf die prognostische Relevanz der motorischen Entwicklung ergaben die Auswertungen innerhalb von Studie 2, dass sich die Entwicklung der motorischen Leistungsfähigkeit (abgebildet durch den motorischen Gesamtscore) zwischen den beiden Gruppen zukünftig erfolgreicher und nicht erfolgreicher Spieler nicht unterscheidet. Mit anderen Worten zeigten sich im Durchschnitt bei generell höheren Leistungen der zukünftigen Profis zu allen Testzeitpunkten parallele Entwicklungsverläufe der beiden betrachteten Gruppen zwischen der U12 und der U15. Zukünftig im Erwachsenenalter erfolgreiche Spitzenspieler wiesen demnach bereits zu Beginn des Talentförderprogramms bessere motorische Leistungen auf und konnten diesen Vorsprung über das Förderprogramm hinweg gegenüber den späteren Amateuren erhalten. Diese Befunde für die motorische Gesamtleistung ließen sich wiederum bei der Einzelbetrachtung der Schnelligkeitsfähigkeit Gewandtheit sowie den technischen Fertigkeiten Dribbling, Ballkontrolle und Torschuss wiederfinden. Die motorische Leistungsentwicklung schnelligkeits- und technikbezogener Merkmale selbst erwies sich damit zumindest in dieser Studie nicht als eigenständiger Prognosefaktor. Da es aktuell an vergleichbaren Studien mangelt, ist ein Abgleich der Ergebnisse aus Studie 2 mit anderen Studien nur bedingt möglich. Gute Ansatzpunkte zum Vergleich bietet hier eine Studie von Huijgen et al. (2009), die in einem ähnlichen Studiendesign allerdings 14- bis 18-jährige Nachwuchsspieler hinsichtlich ihrer



Leistungen im Dribbling betrachteten und diese bis in das Erwachsenenalter begleiteten. Auch hier wurde (nur für das Dribbling) der Zusammenhang zwischen der Entwicklung der Spieler von 14 bis 18 Jahren in Bezug zu zukünftigem Erfolg gesetzt. Ähnlich wie in Studie 2 zeigte sich keine signifikante Interaktion zwischen Spieleralter und zukünftigem Leistungslevel. Ebenfalls wurden in einer recht aktuellen Studie von Emmonds et al. (2016) keine signifikanten Interaktionen zwischen dem Leistungslevel (Erhalt eines U18-Profivertrags) bei englischen Leistungszentrumsspielern hinsichtlich der 10m bzw. 20m Sprintleistung gefunden. Auch wenn sich die Ergebnisse aus Studie 2 mit den wenigen ähnlichen Studien in gewisser Weise decken, erscheinen sie zunächst überraschend und sind nicht zuletzt auch deswegen kritisch zu beleuchten (in Anlehnung an die Diskussion in Leyhr et al., 2018).

Die unterschiedlichen motorischen Leistungszuwächse in verschiedenen Altersklassen legen zunächst nahe, dass man auch bei der Betrachtung der prognostischen Relevanz motorischer Entwicklung die *Entwicklungsphasen*, in denen sich die Talente befinden, berücksichtigen sollte. Vom D- bis in den C-Jugendbereich erwies sich die motorische Entwicklung in Studie 1 zwar nicht als prognostisch relevant für zukünftigen Erfolg, dies bedeutet jedoch nicht gleichermaßen, dass dies in früheren (oder späteren) Entwicklungsphasen ähnlich ist. Dahingehend ist der potentielle Einfluss der untersuchten Entwicklungsphase im Sinne einer Moderatorvariablen für späteren Erfolg zu prüfen. Des Weiteren stellt die Entwicklungsphase im D- und C- Jugendbereich eine hochsensible Phase körperliche Merkmale dar. In diese fällt mitunter auch die Phase des größten Wachstumsschubs (Lloyd et al., 2014; Malina et al., 2000), die sich individuell sowohl auf anthropometrische Merkmale wie auch auf funktionelle Kapazitäten und damit auch auf motorische Fähigkeiten und Fertigkeiten auswirkt (Philippaerts et al., 2006; Unnithan et al., 2012). So weisen etwa Wormhoudt et al. (2018) in ihrem „Athletic Skills Modell“ die Entwicklung der Schnelligkeitsfähigkeiten Gewandtheit und Sprint für Jungen im Alter von 10 bis 12 bzw. 11 bis 13 Jahren als hochsensitive Phasen aus, die es z.B. auch bei der Trainingsgestaltung zu berücksichtigen gilt. Diese schnellen und teilweise

umfangreichen Veränderungen innerhalb kürzester Zeit legen die Vermutung zugrunde, dass die bisherigen Studien zur prognostischen Relevanz möglicherweise in teilweise einjährigen Intervallen zwischen den jeweiligen Merkmalserhebungen etwaige sensitive Veränderungen nicht entdecken und berücksichtigen konnten. Allerdings zeigte sich in Studie 2 im Rahmen einer Voranalyse, dass sich bei der Berücksichtigung halbjährlicher Ergebnisse (im DFB-Stützpunktprogramm findet die technomotorische Leistungsdiagnostik halbjährlich statt) keine Veränderungen in Bezug auf die Tendenz der Ergebnisse zeigten. Die motorische Entwicklung verlief dabei ähnlich und zeigte keine prognostische Relevanz für zukünftigen Erfolg. Aufgrund geringerer Fallzahlen durch höhere Dropout-Quoten wurden diese Testergebnisse nicht weiter berücksichtigt. Dennoch empfehlen etwa Experten aus den Niederlanden in der hochsensiblen Phase des größten Wachstumsschubs Merkmalserhebungen in einem Intervall von zwei Monaten durchzuführen, um genauen Einblick in die (motorischen) Veränderungen junger Talente zu bekommen (Wormhoudt et al., 2018). Auch wenn die motorische Entwicklung in diesem Zusammenhang keine Trennkraft in Bezug auf zukünftig erfolgreiche und weniger erfolgreiche Nachwuchsathleten zeigte, impliziert die Existenz hochsensibler, teilweise sehr individueller Entwicklungsphasen die Notwendigkeit, Diagnostiken zum *Monitoring von Spielern und deren Entwicklung* durchzuführen. Dies kann für Trainer im Rahmen der Trainingsplanung und -steuerung sehr hilfreich sein, da sie bei Besonderheiten, die sich durch das Monitoring ergeben, entsprechend spezifische Akzente innerhalb des Trainings setzen können, um einer auffälligen Entwicklung einer motorischen Fähigkeit oder Fertigkeit Rechnung zu tragen (Abbott et al., 2005; Wormhoudt et al., 2018).

Außerdem ist auch hier zu beachten, dass die vorliegende Studie mit Spielern innerhalb des Talentförderprogramms des DFB *hochselektiv* war (siehe auch Kapitel 4.1). Dennoch kann man aus den Ergebnissen ableiten, dass auf diesem hochselektiven Niveau die Förderung der motorischen Leistung wohl im Rahmen des Stützpunktprogramms bei zukünftig erfolgreichen und weniger erfolgreichen Talenten in gleichem Maße angeschlagen hat. Huijgen et al. (2009)

vermuten in dieser Hinsicht, dass der gleiche Entwicklungsverlauf der technomotorischen Leistung auch dadurch zustande kommen kann, dass die späteren Amateure sehr viel mehr Aufwand im Bereich der technomotorischen Ausbildung betreiben müssten, um mit den später erfolgreichen mithalten zu können. Dies könne sich aber gemäß den Autoren auf andere Merkmalsbereiche (z.B. kognitive Faktoren wie Taktik, Entscheidungskompetenz oder motivationale Merkmale) nachteilig auswirken, da diese zu einem bestimmten Anteil vernachlässigt werden müssen, um rein technomotorisch auf einem Level mit den zukünftig erfolgreichen Spielern bleiben zu können. Diese Vermutung impliziert die Notwendigkeit, andere Merkmalsbereiche in weiteren Untersuchungen zu integrieren (Buekers et al., 2015) und damit ein mehrdimensionales Bild längsschnittlicher Entwicklung juveniler Talentprädiktoren und deren Beziehung zu späterem Erfolg zu bekommen (siehe auch Leyhr et al., 2018).

Weiterhin basieren die Ergebnisse hinsichtlich einer prognostischen Bedeutung der motorischen Entwicklung zunächst nur auf einer Betrachtung auf *Gruppenebene*. Auch wenn sich im allgemeinen Trend ein gleicher Verlauf der Entwicklungskurven für die Schnelligkeitsfähigkeiten und technischen Fertigkeiten zeigt, bedeutet dies nicht, dass dies ohne weiteres auf das einzelne Individuum übertragen werden darf. Der motorischen Entwicklung auf individueller Ebene wurde im Rahmen der Mehrebenenmodellierung in Studie 2 Rechnung getragen. Über bisherige Studien in der Talentforschung hinausgehend, ermöglichten die durchgeführten Mehrebenenregressionsanalysen den Nachweis signifikanter, individueller Abweichungen vom durchschnittlichen motorischen Entwicklungsverlauf der getesteten Nachwuchsspieler. Konkret zeigte die Analyse zufälliger, individueller Effekte hinsichtlich des motorischen Ausgangsniveaus der Spieler in der U12 sowie in Bezug auf die motorische Leistungsentwicklung bis zur U15, dass die Spieler sowohl zum Zeitpunkt der ersten Testung als auch im zeitlichen Verlauf signifikant vom allgemeinen motorischen Entwicklungstrend abwichen. Abb. 9 verdeutlicht dies anhand deskriptiver Verläufe später erfolgreicher und nicht erfolgreicher Spieler für die motorische Gesamtleistung (Score).

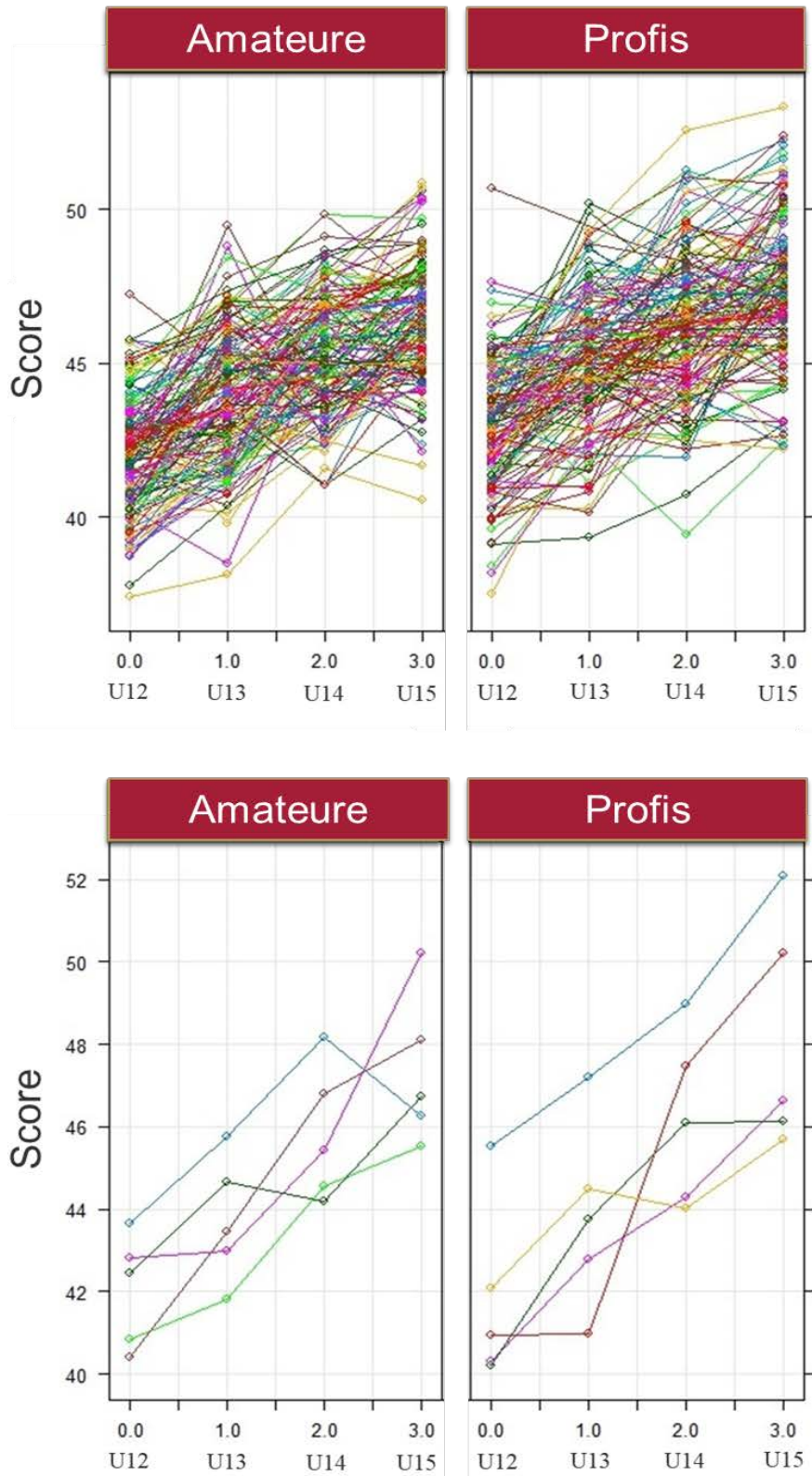


Abb. 9: Entwicklung der motorischen Gesamtleistung (Score) von der U12 (Zeit = 0.0) bis zur U15 (Zeit = 3.0) getrennt nach zukünftigem Leistungsniveau (Amateure/Profis). Oben: Gegenüberstellung der 145 zukünftigen Profis und einer Zufallsauswahl von 145 zukünftigen Amateuren; Unten: Gegenüberstellung der Entwicklungsverläufe von je fünf zufällig ausgewählten zukünftigen Amateuren und Profis.

Auf der oberen Hälfte von Abb. 9 lassen sich die Ergebnisse in Bezug auf den durchschnittlichen Entwicklungsverlauf wiedererkennen. Die zukünftigen Profis erweisen sich als durchschnittlich motorisch besser, entwickeln sich aber von 11 bis 14 Jahren motorisch gesehen ähnlich. Hingegen zeigt eine zufällige Auswahl von einzelnen Spielern aus beiden Gruppen (untere Hälfte von Abb. 9), dass sehr wohl auch größere Abweichungen von diesem Trend vorhanden sind. Beispielsweise fallen auch anfangs motorisch eher unauffällige Spieler (siehe etwa Kurvenverlauf in braun) auf, die eine deutliche Leistungssteigerung erfahren und den Sprung in den Profibereich schaffen. Dies verdeutlicht die Notwendigkeit, auch Einzelverläufe in den Fokus der Betrachtung zu rücken, da diese bereits rein auf die motorische Leistung bezogen sehr unterschiedlich sein können. Zukünftige Studien sollten diese einzelnen „pathways to excellence“ (Abbott et al., 2005, S. 78) z.B. in Einzelfallanalysen angehen, um ein noch genaueres Bild möglicher Entwicklungsverläufe zu bekommen. Darauf aufbauend könnte sodann die prognostische Relevanz der motorischen Entwicklung auf individueller Ebene bewertet werden. Eine weitere vielversprechende (methodische) Ergänzung in diesem Zusammenhang stellt die Aufnahme von relevanten, personspezifischen *Crosslevel-Interaktionen* (zufällige individuelle und gruppenbezogene Abweichungen vom Entwicklungstrend) im Rahmen der Mehrebenenmodellierung dar (Aguinis, Gottfredson, & Culpepper, 2013). Auch wenn dies unter anderem aufgrund einer dafür zu geringen Anzahl an Messungen innerhalb der Studien dieser Dissertation nicht behandelt wurde, kann die Berücksichtigung dieser zufälligen Effekte einen Aufschluss darüber liefern, ob es auf individueller Ebene eine Wechselwirkung zwischen der Gruppenzugehörigkeit (erfolgreich/weniger erfolgreich) und der Entwicklung der motorischen Fähigkeiten und Fertigkeiten gibt (für technische Details, siehe auch Davison, Kwak, Seo, & Choi, 2002; Han, 2005).

#### **4.3 Die Übertragung auf den Mädchenfußball: Prognostische Relevanz von Schnelligkeitsfähigkeiten und technischen Fertigkeiten sowie deren Entwicklung**

Die Studien 3 und 4 der vorliegenden Dissertationsschrift beschäftigten sich mit der Frage der prognostischen Relevanz schnelligkeits- und technikbezogener Leistungen talentierter Nachwuchsfußballerinnen für deren zukünftigen Erfolg. Ein Schwerpunkt lag dabei insbesondere auf der Frage, inwieweit sich bereits für den männlichen Nachwuchsbereich nachgewiesene empirische Evidenzen auch auf den weiblichen Nachwuchsbereich übertragen lassen, da es aktuell kaum Studien gibt, die sich mit dieser Thematik beschäftigen.

In diesem Zusammenhang ergab sich in Studie 3 sowohl für bei Juniorinnen im U12-Alter gemessene Schnelligkeitsfähigkeiten als auch technische Fertigkeiten eine prognostische Relevanz bis hin in die späte Adoleszenz. Dabei konnten U12- Juniorinnen, die fünf Jahre später für die U17-Juniorinnennationalmannschaft nominiert wurden, signifikant bessere Leistungen in 20m Sprint, Gewandtheit, Dribbling, Ballkontrolle und Torschuss (sowie im motorischen Gesamtscore) aufweisen als später nicht selektierte Mädchen. Damit konnte zunächst einmal die Bedeutsamkeit der durchgeführten Tests bei Mädchen bis in die letzte und gleichzeitig höchste Selektionsstufe der Förderung im Juniorinnenbereich (U17-Nationalmannschaft) in einer großen Stichprobe ( $N = 499$ ) nachgewiesen werden. Mangels vergleichbarer Studien im Fußball können diese Ergebnisse bislang nicht weiter eingeordnet werden. Lediglich im Handball (Lidor et al., 2005) und Feldhockey (Elferink-Gemser et al., 2007) finden sich vergleichbare Studien, die zwar für das Dribbling, nicht aber für die geradlinige Sprintfähigkeit und die Gewandtheit eine Prognosekraft bei jugendlichen Nachwuchsspielerinnen aufzeigen (12 bis 16 Jahre). Hingegen weisen die Ergebnisse aus Studie 3 mehrheitlich eine Passung mit vergleichbaren Studien mit männlichen Spielern über die Prognoserelevanz motorischer Talentprädiktoren für den zukünftigen Erfolg im späten Jugendalter auf. Insbesondere aus dem in Studie 3 vorgenommenen Vergleich mit einer adäquaten männlichen Stichprobe aus Höner und Votteler (2016) zeigte sich, dass sich in dieser Hinsicht die Bedeutung der untersuchten

Prädiktoren für den zukünftigen Erfolg zwischen den Geschlechtern im Wesentlichen nicht unterscheidet. Während sich in beiden Stichproben beim Merkmal Torschuss keine signifikante Trennung zwischen zukünftig erfolgreichen und weniger erfolgreichen Athleten nachweisen ließ, ergab sich für die schnelligkeitsbezogenen Tests wie auch für Ballkontrolle und Dribbling ein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Gruppen. Allerdings zeigten sich für das Dribbling im weiblichen Bereich größere Effekte als bei den Jungen ( $d = 0.63$  bzw.  $d = 0.95$  für den Vergleich zwischen zukünftigen Nationalspielern/innen und nicht-selektierten). Gespräche mit Stützpunktkoordinatoren des DFB-Talentförderprogramms in diesem Zusammenhang ergaben, dass sich die besondere Trennkraft des Dribblings womöglich dadurch ergibt, dass sich eine Vielzahl an Mädchen im U12-Alter oftmals nicht zutrauen, in Eins-gegen-eins-Situationen (vor allem am Stützpunkt gegen Jungen) zu gehen. Da das Dribbling einen wichtigen Bestandteil für erfolgreiches Zweikampfverhalten (z.B. schnelles Überwinden des Gegners) darstellt, kann man daraus schließen, dass sich zukünftig erfolgreiche Spielerinnen besonders anhand dieses Merkmals von den weniger erfolgreichen Spielerinnen abgrenzen lassen. Daraus lässt sich aber auch ableiten, dass im Bereich der Mädchenförderung im Jugendalter dem Dribbling besondere Aufmerksamkeit geschenkt und gezielt sowohl in isolierten Einzelübungen sowie in komplexeren Übungs- und Spielformen im Zusammenhang mit Eins-gegen-eins-Situationen geschult werden sollte (siehe auch Höner, Raabe, et al., 2019, in Druck).

Insgesamt betrachtet weist die Diagnostik eine prädikative Validität für den Erfolg im späten Jugendalter bei Mädchen auf. Neben der Gruppenbetrachtung von zukünftig erfolgreichen und weniger erfolgreichen Spielerinnen zeigte die in Studie 3 zusätzlich eingenommene individuelle Perspektive unter anderem auch, dass die motorisch besten Juniorinnen im U12-Alter (die besten zehn Prozent) mit einer deutlich größeren Chance (fast fünffach) ausgestattet sind, den Sprung ins Juniorennationalteam zu schaffen, als motorisch weniger talentierte. Für diese motorischen Toptalente ergab sich auch, dass knapp jedes dritte davon den Sprung in das

U17-Nationalteam schaffte (die Übergangswahrscheinlichkeit lag bei 31%). Für den Trainer kann dies bedeuten, bei den Mädchen besonderes Augenmerk auf die motorisch Besten zu legen, da sich aus diesen mit einer vergleichsweise hohen Wahrscheinlichkeit später eine Topspielerin entwickeln kann. Dennoch sollte dieses Ergebnis nicht überinterpretiert werden, da die absoluten Übergangswahrscheinlichkeiten zwar höher als bei den Jungen, aber immer noch deutlich zu niedrig sind, um damit definitive Aussagen über den zukünftigen Erfolg von Spielerinnen zu treffen (Höner, Raabe, et al., 2019, in Druck). Nach wie vor sollte diese als Zusatzinformation für den Trainer und dessen subjektives Urteil in Selektionsentscheidungen (Christensen, 2009) dienen.

Zudem bestätigte sich die prognostische Validität der Diagnostik auch für den zukünftigen Erfolg im Erwachsenenalter. Studie 4 untersuchte diesbezüglich Testleistungen in Bezug auf die technomotorische Testbatterie des DFB-Talentförderprogramms in einer längsschnittlichen Analyse (auf Prädiktorenebene) von der U12 bis zur U15. Diese Leistungen wurden dann in einem mehrjährigen Zeitraum prospektiv mit dem Erfolg im Erwachsenenalter in Beziehung gebracht. Dabei unterschieden sich im dreijährigen Erhebungszeitraum von der U12 bis zur U15 die motorischen Leistungen der Spielerinnen, die zukünftig in der ersten Frauenbundesliga in Deutschland spielten, signifikant von denen anderer Spielerinnen. Die prognostische Relevanz konnte dabei sowohl für die motorische Gesamtleistung, als auch für die jeweiligen Einzeltests nachgewiesen werden. Damit scheint eine Übertragbarkeit der Ergebnisse aus früheren Studien mit männlichen Nachwuchssportlern (Forsman, Blomqvist, et al., 2016; Huijgen et al., 2009; Le Gall et al., 2010) weitestgehend gegeben. Auch die Ergebnisse aus Studie 2, die mit männlichen Nachwuchstalenten durchgeführt wurde und aufgrund des ähnlichen Studiendesigns in Bezug auf die Erhebungszeitpunkte der Prädiktoren (jeweils U12 bis U15), die Kriteriumsvariable (erreichte Liga im Erwachsenenbereich) und die betrachteten Kohorten sowie aufgrund desselben statistischen Auswertungsverfahrens (Mehrebenenanalysen) am ehesten vergleichbar sind, decken sich mit den Resultaten der Studie

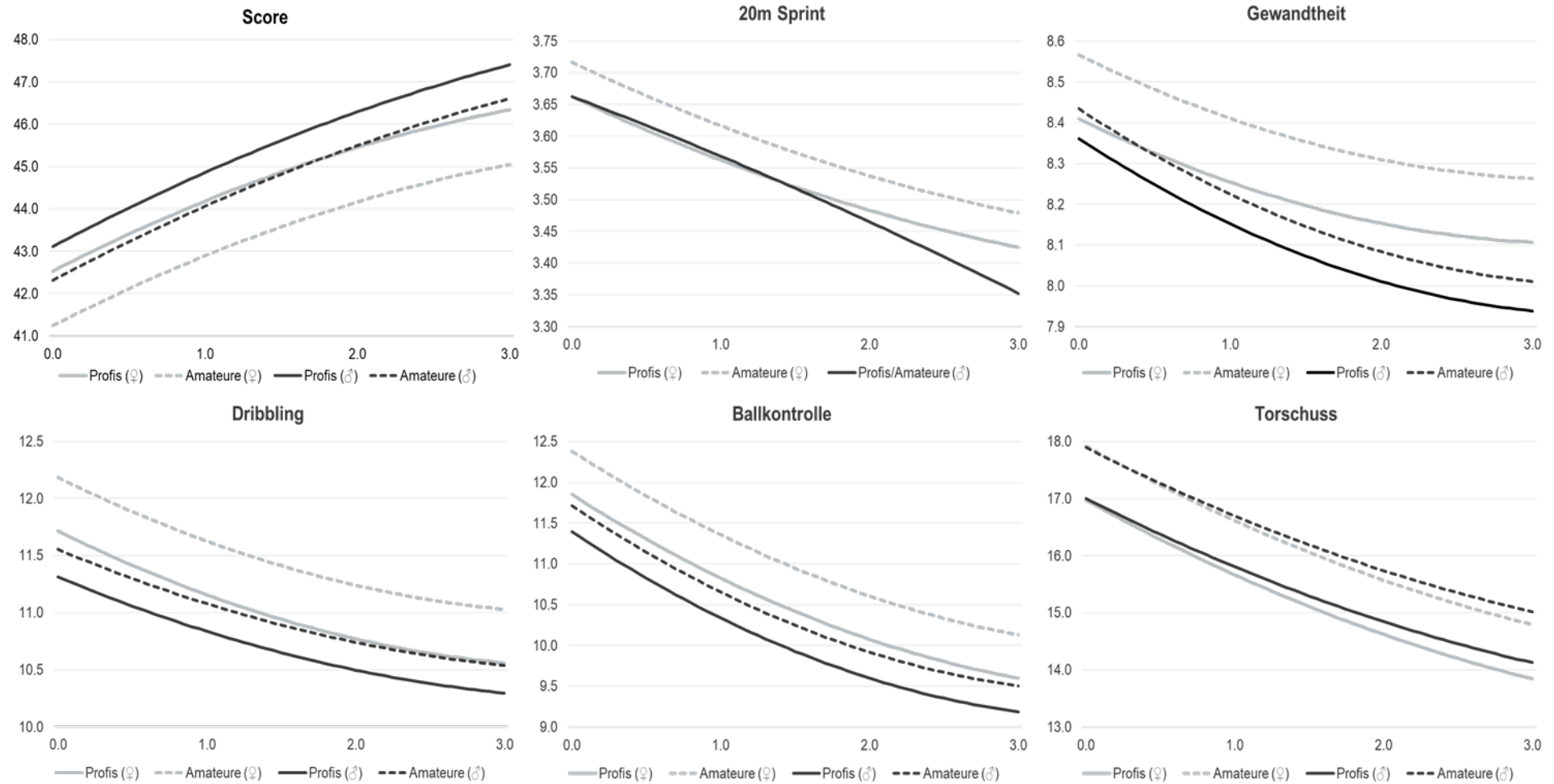


4. Lediglich in Bezug auf die prognostische Relevanz der 20m Sprintleistung zeigten sich im Gegensatz zu Studie 1 bei Nachwuchsspielerinnen signifikant bessere Leistungen von zukünftig professionellen Spielerinnen. Ein Begründungsmuster liegt hier sicher in der Selektivität der Stichprobe. Studie 1 untersuchte Spieler, die für das Talentförderprogramm ausgewählt und dieses von der U12 bis zur U15 durchlaufen haben. Damit sind in dieser hochselektiven Stichprobe sowohl Spieler, die im Zeitraum von der U13 bis zur U15 ans Leistungszentrum gewechselt sind, also auch diejenigen, die aus dem Talentförderprogramm ausgeschieden sind, nicht enthalten. Da etwa der Weg ins Leistungszentrum für Mädchen nicht in der Form besteht wie bei den Jungen (deutlich geringere Anzahl an Leistungszentren für Mädchen), kann die Auswahl der Mädchen an den Stützpunkten in Bezug auf die Sprintfähigkeit noch etwas heterogener sein, sodass sich die „restriction of range“ (Ackerman, 2014, S. 8) hier nicht so stark ausgeprägt zeigt wie bei den Jungen.

Mit Bezug auf die motorische Entwicklung selbst zeigten sich auch bei Mädchen in Studie 4 keine signifikanten Interaktionseffekte zwischen der zeitlichen Entwicklung der motorischen Leistung und dem zukünftigen Leistungsniveau. Ähnlich wie in Studie 2 bei den Jungen wiesen also zukünftig im Erwachsenenalter professionelle Spielerinnen während ihrer Förderung an den Stützpunkten von der U12 bis zur U15 ähnliche Leistungsverbesserungen auf wie zukünftig weniger erfolgreiche Nachwuchstalente. Damit zeigte sich auch hier die motorische Entwicklung im Jugendalter selbst nicht als eigenständiger Prognosefaktor für zukünftigen Erfolg. Die Leistungsverbesserungen in den durchgeführten motorischen Tests kennzeichneten sich hierbei durch einen nicht-linearen Zuwachs. Dabei waren die Leistungszuwächse in den ersten Jahren der Förderung von 11 bis 12 Jahren größer als die in den darauffolgenden beiden Jahren. Diese Befunde lassen sich in erster Linie durch eine sensible Phase der biologischen Reifung im Alter von 11 bis 12 Jahren begründen (Malina et al., 2004; Wormhoudt et al., 2018). Das Alter des größten Wachstumsschubs liegt bei Mädchen durchschnittlich bei knapp 12 Jahren, wodurch sich in dieser Entwicklungsphase große Veränderungen in Bezug auf die

motorische Leistungsentwicklung ergeben (Lloyd et al., 2014). Im Alter von 13 bis 14 Jahren nehmen diese Zuwächse bereits wieder ab. Studien im Bereich der sportwissenschaftlichen Talentforschung finden hier hinsichtlich technischer Fertigkeiten (Huijgen et al., 2009) aber auch bei Schnelligkeitsfähigkeiten (Bidaurrezaga-Letona, Lekue, et al., 2015) in späteren Jahren nach dem Alter des größten Wachstumsschubs bereits nur noch kleinere Leistungszuwächse (bis hin zur Plateaubildung).

Die Analyse des motorischen Entwicklungsverlaufs bei talentierten Nachwuchsfußballerinnen ergab also sowohl hinsichtlich der prognostischen Relevanz als auch hinsichtlich des tatsächlichen Entwicklungsverlaufs vergleichbare Ergebnisse wie bei den Jungen. Damit ließen sich innerhalb dieser Dissertation bereits bei Jungen gefundene Studienergebnisse innerhalb erster vergleichbarer Studien mit Mädchen replizieren. Auch wenn sich teilweise Unterschiede in Bezug auf die prognostische Relevanz (z.B. beim Dribbling) ergaben, scheint vor allem in Bezug auf die motorische Entwicklung das Geschlecht keine Moderatorvariable zu sein. Um einen genaueren Einblick in die Entwicklung von Mädchen und Jungen im Stützpunktprogramm des DFB zu bekommen, werden in Abb. 10 nochmals die modellierten Entwicklungsverläufe der Jungen und Mädchen aus Studie 2 und 4 gemeinsam dargestellt. Es handelt sich hierbei jeweils um das Modell, das die motorische Entwicklung (sowohl im Gesamtscore als auch in den Individualtests) bestmöglich darstellen konnte.



Bemerkung: Auf der x-Ache ist jeweils der zeitliche Verlauf in Jahren von der ersten Messung in der U12 (= 0.0) bis zur letzten Messung in der U15 (= 3.0) abgetragen.

Abb. 10: Motorische Entwicklung von Mädchen (grau) und Jungen (schwarz) von der U12 bis zur U15 am Stützpunkt aufgeteilt nach zukünftigen Leistungsniveau im Erwachsenenalter.

Bei Betrachtung des motorischen Gesamtscores fällt neben den bereits beschriebenen Resultaten aus Studie 2 und 4 (ähnliche Entwicklungsverläufe, allgemeine prognostische Relevanz der Testbatterie) auf, dass auch im Geschlechtervergleich Entwicklungsverläufe für Jungen und Mädchen unabhängig vom Selektionsniveau im Modell sehr ähnlich sind (auf deskriptiver Basis betrachtet). Zudem weisen zukünftige Bundesligaspielerinnen durchschnittlich etwa die motorischen Leistungen auf, die im Bereich von den später nicht-selektierten Spielern liegen. Dies bedeutet, dass sich die zukünftig erfolgreichen Mädchen von ihrer motorischen Leistung her in etwa mit einem durchschnittlichen männlichen Stützpunktspieler vergleichen lassen. Dies spiegelt sich auch bei Betrachtung der Entwicklung auf Einzeltestebene wieder. Besonders für die Tests der technischen Fertigkeiten (Dribbling, Ballkontrolle, Torschuss) erkennt man diesen Trend, lediglich bei den schnelligkeitsbezogenen Tests (insb. Gewandtheit) zeigen sich in den älteren Altersklassen von diesem Trend abweichende Befunde. Die Schnelligkeitsleistungen entwickeln sich demnach vor allem in den älteren Altersklassen am Stützpunkt (U14, U15) etwas auseinander. Jungen weisen hier größere Leistungssprünge auf als Mädchen, bei denen diese bereits wieder rückläufig sind. Dies lässt sich womöglich dadurch begründen, dass die Phase des größten Wachstumsschubs bei Mädchen deutlich früher stattfindet als bei Jungen (Lloyd et al., 2014; Wormhoudt et al., 2018) und demnach sich letztere auch im Bereich der U14 und U15 noch deutlicher von den Mädchen absetzen können (insbesondere in der Schnelligkeitsleistung). Möglicherweise ist es auch so, dass die Entwicklung von Jungen und Mädchen am Stützpunkt vor allem in den ersten Jahren gleich verläuft, da Mädchen ihre potentiellen Leistungsnachteile durch aufgrund früherer Reifung bestehende Entwicklungsvorsprünge ausgleichen können und dies dann nach der Phase des größten Wachstumsschubs nicht mehr möglich ist. Um hier genauere Einblicke zu bekommen, ist es erforderlich, in weiteren Talentstudien die motorische Leistungsentwicklung für Mädchen und Jungen im Nachwuchsalter zu vergleichen.

Zusammenfassend lassen die Ergebnisse dieser Dissertationsschrift in Bezug auf die motorische Entwicklung im Geschlechtervergleich vermuten, dass diese sich zwar zwischen verschiedenen Leistungsniveaus unterscheidet, aber bei bereits selektierten, talentierten Jungen und Mädchen am Stützpunkt von der U12 bis zur U15 durchschnittlich gleich verläuft. Insbesondere scheinen zukünftig erfolgreiche Spielerinnen motorisch in etwa auf einem Niveau mit dem durchschnittlichen Spieler am Stützpunkt zu sein. Dies unterstützt in gewisser Weise die Philosophie des DFB, nach der Mädchen im Rahmen des Talentförderprogramms zusammen mit den Jungen trainieren. Mädchen können womöglich von diesen koedukativen Trainingseinheiten in besonderem Maße profitieren, in dem sie sich in einer Gruppe von leistungsstarken Jungen durchsetzen müssen. Mit der Debatte darum, inwiefern eine *koedukative oder monoedukative Ausbildung* zu präferieren ist, beschäftigen sich Wissenschaftler im Sportunterricht (G. Hill & Cleven, 2005; Kugelmann, 1996) wie auch im Sport allgemein (Kugelmann, Röger, & Weigelt, 2006). Im Kontext der Talentförderung im weiblichen Nachwuchsfußball geht es dabei hauptsächlich darum, ob junge talentierte Spielerinnen besser in getrenntgeschlechtlichen Kontexten ihr Potential entfalten können, oder ob dies in gemeinsamen Kontexten besser funktioniert. Fürsprecher eines gemischtgeschlechtlichen Trainings heben hervor, dass Mädchen in gemischtgeschlechtlichen Situationen Ehrgeiz und Durchsetzungsvermögen von Jungen adaptieren und so ihr Potential und ihre Persönlichkeit besser entfalten können. Dagegen heben Verfechter des getrenntgeschlechtlichen Settings die körperlich-motorischen Unterschiede zwischen Mädchen und Jungen hervor, die Mädchen möglicherweise demotivieren könnten (Gramespacher, 2006). Auch Reinders et al. (2018) stellt die koedukative Förderung von Mädchen und Jungen im Nachwuchsfußball in Frage. Die Studie proklamiert, dass die Spielkompetenz von Spielerinnen in Small Sided Games (4 gegen 4) nicht davon abhängt, wie lange Spielerinnen in Jungen- bzw. Mädchenkontexten gefördert wurden. Die Autoren schließen (trotz einer geringen Reliabilität der subjektiven Erfassung der Spielkompetenz), dass koedukatives Training keinen Mehrwert

in Bezug auf die adäquate Förderung von Mädchen im Nachwuchsfußball besitzt. Umgekehrt bedeutet dies jedoch nicht gleichzeitig, dass koedukatives Training unwirksam ist. Etwa in einer Kombination mit getrenntgeschlechtlichen Trainings kann dies womöglich den Entwicklungsverlauf positiv unterstützen. Andererseits liegen aktuell nicht ausreichend viele Befunde vor, die diese Debatte in einer Richtung auflösen können und es bedarf sicherlich einer kritischeren Auseinandersetzung innerhalb der sportwissenschaftlichen Talentforschung, um die Frage nach der Wirksamkeit von koedukativem Training zuverlässig beantworten zu können. Die Akzentuierung des teilweise gemischtgeschlechtlichen Förderns am Stützpunkt als wöchentliche Zusatzeinheit erscheint allerdings sinnvoll, da sich zumindest in Bezug auf die motorische Leistung die befürchteten Unterschiede, die zur Demotivation der weiblichen Talente führen kann (Gramespacher, 2006), nicht manifestieren und daher vielmehr ein gemeinsames Training auf ähnlichem Niveau leistungsfördernd wirken kann.

#### **4.4 Die Methodik: Herausforderungen und Perspektiven prospektiver Talentforschung**

Zur Analyse der prognostischen Relevanz wurden in den Studien innerhalb dieser Dissertationsschrift verschiedene statistische Auswertungsverfahren angewandt (Latente Strukturgleichungs- und Mehrebenenmodelle, logistische Regression sowie traditionelle Gruppenvergleiche über ANOVA o.ä.). Dabei konnten neben den traditionellen Ansätzen (z.B. ANOVAs), mithilfe derer die allgemeine prognostische Relevanz der erhobenen technomotorischen Testleistungen für zukünftigen Erfolg sowohl bei Mädchen als auch bei Jungen bestätigt werden konnte, auch die übergeordneten Konstrukte (Schnelligkeit und Technik) auf prognostische Relevanz überprüft werden. Aufgrund einer adäquateren Berücksichtigung von Messfehlereinflüssen und der Berücksichtigung von Korrelationen innerhalb der einzelnen Messindikatoren (Einzeltests) ergab sich im in Studie 1 verwendeten latenten Strukturgleichungsmodell eine höhere aufgeklärte Varianz (verglichen mit einem traditionellen (M)ANOVA-Ansatz). Zudem konnte auch die Relevanz der beiden Konstrukte untereinander verglichen werden. Technische Fertigkeiten erwiesen sich hier – bei einer

bedeutsamen Korrelation beider Faktoren – als prognostisch relevanter für zukünftigen Erfolg. Da bislang latente Strukturgleichungsmodelle in der prospektiven Talentforschung wenig Berücksichtigung fanden, kann Studie 1 als Ausgangspunkt für weitere Studien dienen, die ähnliche statistische Auswertungsverfahren nutzen, um prospektiv sportlichen Erfolg vorherzusagen. Der Analyse der Frage, inwiefern die motorische Entwicklung im Jugendalter als eigenständiger Talentprädiktor für zukünftigen Erfolg bezeichnet werden kann, lag ein mehrebenenanalytischer Ansatz zugrunde. Mithilfe von Mehrebenenregressionsanalysen wurde der hierarchischen Struktur des zugrundeliegenden längsschnittlichen Designs (Spieler werden zu mehreren Testzeitpunkten getestet) Rechnung getragen und damit der motorische Entwicklungsverlauf von Jungen (Studie 2) und Mädchen (Studie 4) bestmöglich aus den Daten geschätzt. Obwohl die Berücksichtigung der Mehrebenenstruktur in längsschnittlichen Designs von Statistikern gefordert wird (z.B. Brink et al., 2012; Kreft & De Leeuw, 1998), fand dieser Ansatz in der Talentforschung im Fußball nur in wenigen Studien (Huijgen et al., 2009; Valente-dos-Santos et al., 2012) Anwendung. Im Vergleich zu traditionellen Auswertungsverfahren führt die Berücksichtigung mehrerer Ebenen dazu, dass Standardfehler weniger unterschätzt, Varianzkomponenten auf mehreren Ebenen berücksichtigt und personspezifische Koeffizienten (Intercepts und Slopes) geschätzt werden können (Park & Lake, 2005). Diese Verfahren sollten daher häufiger zur Analyse längsschnittlicher Daten innerhalb der Talentforschung genutzt werden. Besonders letzteres ermöglicht sowohl die Berücksichtigung einer gruppenspezifischen (z.B. Spieler gleicher zukünftiger Leistungsniveaus) als auch einer individuellen Perspektive (z.B. wie stark weichen einzelne Spieler von Entwicklungstrend ab?). Auch im Rahmen der logistischen Regression (Studie 1 und Studie 3) bot sich die Möglichkeit, Aussagen auf individueller Basis zu treffen. Durch die Berechnung von individuellen Chancenverhältnissen, ein professionelles Level im Erwachsenenbereich zu erreichen, konnten aus Studie 3 Aussagen mit praktischen Nutzen für den Trainer abgeleitet werden (z.B. etwa jedem dritten Mädchen unter den motorisch

leistungsstärksten zehn Prozent gelingt der Sprung in die Juniorinnennationalmannschaft, siehe auch Kapitel 4.2). Die Betrachtung der absolut gesehen vergleichsweise geringen Übergangswahrscheinlichkeiten allerdings gibt auch Aufschluss darüber, dass die verwendeten Diagnostiken nicht auf individueller Basis als Instrument zur Talentselektion verwendet werden können (vgl. Studie 3 bei den Mädchen, aber auch Höner & Votteler, 2016).

Zusammengefasst zeigte sich, dass die beschriebenen statistischen Auswertungsverfahren als Erweiterung zu den traditionellen Verfahren einen Mehrwert leisten können. Künftige Forschung zur Prognoserelevanz juveniler Talentprädiktoren sollte diese eingeschlagene Richtung weiterverfolgen und verschiedene methodische Ansätze und Auswertungsverfahren nutzen, um zusätzlich zu den traditionellen Erkenntnissen (z.B. unidimensionale Auswertung einzelner Tests hinsichtlich Prognoserelevanz) weiterführende, tiefergehende Erkenntnisse (z.B. multivariate, latente Modelle, die theoretische Konstrukte und deren Zusammenhänge auf prognostische Relevanz prüfen können) zu generieren. Einen vielversprechenden Ansatz bietet womöglich eine Kombination aus Verfahren, die in den Studien der vorliegenden Dissertation verwendet wurden. Das Zusammenführen von logistischer Regression zur Vorhersage des Erfolgs im Erwachsenenalter (Studien 1 und 3) und Mehrebenenregressionsanalyse (Studien 2 und 4) in Form eines *logistischen Mehrebenenregressionsmodells* (siehe z.B. Sommet & Morselli, 2017) ermöglicht sowohl die hierarchische Struktur in Längsschnittdaten zu berücksichtigen als auch Aussagen über Chancenverhältnisse über den Zeitverlauf hinweg zu modellieren und neue Erkenntnisse zum Zusammenhang der motorischen Entwicklung und zukünftigem Erfolg im Erwachsenenalter zu gewinnen. Des Weiteren bietet das kombinierte Mehrebenenmodell auch den Vorteil (gegenüber einer klassischen Mehrebenenregressionsanalyse), die Outcome-Variable (zukünftiger Erfolg) als abhängige Variable zu modellieren und damit vorherzusagen, wohingegen in der klassischen Form der Mehrebenenregressionsanalyse der zukünftige Erfolg als Level-2 Kovariate (siehe auch Studien 2 und 4) aufgenommen werden muss. Darüber hinaus gibt es natürlich weitere



vielversprechende Methoden, die bislang in der sportwissenschaftlichen Talentforschung im Fußball wenig genutzt sind, aber tiefgründige Einblicke bieten können. An dieser Stelle seien beispielsweise höherdimensionale, latente Analysen (z.B. *evolutionary decomposition* and *receiver operating characteristic analysis*; Till et al., 2016), *Mediatoranalysen mithilfe von Strukturgleichungsmodellen* (Zuber & Conzelmann, 2014) oder auch *künstliche neuronale Netze* (Passos, Araújo, Davids, Gouveia, & Serpa, 2006) genannt. Letztere fallen in den Bereich der Techniken des maschinellen Lernens, welches mittels weiterer statistischer Verfahren wie *Gaussian mixture models* sowie *support vector machines* (Barshan & Yükses, 2014; Schumaker, Solieman, & Chen, 2010) Möglichkeiten zum Einsatz in der sportwissenschaftlichen Forschung bietet.

Auch auf grundlegender Ebene des methodischen Ansatzes bieten sich Erweiterungsmöglichkeiten. Die in dieser Dissertation eingeschlossenen Studien legten eine variablenorientierte methodische Herangehensweise zugrunde. Grundsätzlich verfolgt dieser Ansatz in der Talentforschung das Ziel, aufgrund bestimmter Ausprägungen von Variablen und deren Beziehung Vorhersagen für zukünftigen Erfolg von Nachwuchsspielern zu treffen. Eine besondere Stärke dieses Ansatzes liegt vor allem darin, Erkenntnisse über die prognostische Relevanz einzelner oder kombinierter Merkmale bzw. Diagnostiken zu erhalten (Höner, Larkin, et al., 2019, in Druck). So lag in dieser Dissertation der Fokus darauf schnelligkeits- und technikbezogene motorische Prädiktoren auf deren prädikative Validität zu prüfen. Demgegenüber stellt eine *personorientierte Herangehensweise* innerhalb der Talentforschung nicht die Suche nach geeigneten Talentprädiktoren, sondern nach Talenttypen, die sich durch Kombination von Merkmalsausprägungen auszeichnen, in den Vordergrund. Dieser auf dem dynamischen Interaktionismus (Magnusson, 1990) basierende Ansatz (für die Sportwissenschaft Conzelmann, 2001) nimmt eine holistische Betrachtungsweise ein. Bergman und Vargha (2013) sehen in diesem Zusammenhang das Individuum als einen ganzheitlich funktionierenden Organismus, der sich in Interaktion mit seiner Umwelt in einem

Gesamtsystem (gegliedert in mehrere Subsysteme) entwickelt. Diesbezüglich ist das Individuum (jeder einzelne Organismus) dann nicht als Summe seiner Teile, sondern als Ganzes zu verstehen (von Eye, Bergman, & Hsieh, 2015). Darauf aufbauend sind innerhalb dieses Ansatzes Methoden auszuwählen, die sich für eine ganzheitliche Analyse eignen ("matching method to problem"; Bergman & Vargha, 2013, S. 1). Neben der Erkennung von Mustern, ist es in diesem Zusammenhang auch wichtig, die Entwicklung des Individuums innerhalb des (Sub-) Systems adäquat abzubilden. Zur Beschreibung entwicklungsrelevanter Prozesse werden hierbei anhand der bestehenden Typen typische (sowie antitypische) Verläufe ermittelt, die sich dann unterschiedlichen Entwicklungstypen (Individuen mit vergleichbaren, häufig auftretenden Merkmalsausprägungen und -veränderungen in einem Subsystem) zuordnen lassen. Der personorientierte Ansatz bietet damit – aufgrund dieser anderen Herangehensweise – eine sinnvolle Ergänzung zum variablenorientierten Ansatz. Da man sich in empirischen Studien immer für eine bestimmte Auswahl an zu betrachtenden Merkmalen entscheiden muss, sind dem ganzheitlichen Verständnis dieses Ansatzes rein methodisch gesehen Grenzen gesetzt (Höner, Larkin, et al., 2019, in Druck). Dennoch finden sich aktuell in der Talentforschung Studien, die vielversprechend anhand dieses Ansatzes untersuchen, inwieweit sich bestimmte Talenttypen finden lassen, die überzufällig oft im Vergleich zu anderen zukünftig erfolgreich sind (z.B. Zibung & Conzelmann, 2012; Zibung et al., 2016; Zuber et al., 2015). Da bislang noch vergleichsweise wenige Studien auf Basis eines personorientierten Ansatzes vorliegen, bedarf es hier weiteren Studien, die beispielsweise die Vielfalt an hierfür empfohlenen statistischen Auswertungsverfahren (z.B. traditionelle Clusteranalysen, latente Klassen- und Profilanalysen; Bergman et al., 2003; nicht-lineare dynamische Modellierungen; Kelava & Brandt, 2019) nutzen. Auch erscheint es sinnvoll, die beiden unterschiedlichen Herangehensweisen in zukünftigen Studien auf methodischer Basis zu vergleichen, um ein genaueres Verständnis dafür zu entwickeln, inwieweit sich beide Ansätze gegenseitig ergänzen können.

#### **4.5 Abschließende Bemerkungen**

Diese Dissertationsschrift entstand im Rahmen des Forschungsprojekts der sportwissenschaftlichen Begleitung des DFB-Talentförderprogramms und lieferte wichtige Erkenntnisse über die Bedeutung juveniler motorischer Leistungsfaktoren für das zukünftig erreichte Leistungsniveau von Nachwuchsfußballern im Erwachsenenalter. Dabei konnte für die im Rahmen des DFB-Talentförderprogramms erhobenen Schnelligkeitsfähigkeiten sowie die technischen Fertigkeiten eine Vorhersagekraft für den zukünftigen Erfolg im Fußball nachgewiesen werden. Zudem wurde auch der bislang kaum untersuchte Zusammenhang der juvenilen Entwicklung der motorischen Leistungsfähigkeit mit späterem Erfolg in den Fokus der Betrachtung gerückt. Diesbezüglich konnte sich die motorische Entwicklung von Spielern in bereits selektierten Auswahlkadern (DFB-Talentförderprogramm an den Stützpunkten) nicht als eigenständiger Prognosefaktor für das zukünftige Leistungsniveau erweisen. Dennoch offenbarte sich abgesehen von der Gruppenbetrachtung (erfolgreich vs. nicht erfolgreich) die motorische Entwicklung der Nachwuchstalente als individuell sehr unterschiedlich, weswegen ein Monitoring der motorischen Leistungsentwicklung eines Spielers auch für den Trainer und dessen Trainingsplanung wichtig ist, um etwaigen Veränderungen im dafür hochsensiblen frühen und mittleren Jugendalter Rechnung tragen zu können. Als weiterem zentralen Bestandteil widmete sich diese Dissertation auch der Frage nach der Übertragbarkeit der gewonnenen Befunde zur prognostischen Relevanz juveniler Talentprädiktoren auf die weibliche Nachwuchsförderung. Die Ergebnisse, die sich bei Jungen zeigten, konnten dabei in ersten Studien im Mädchen- und Frauenfußball weitestgehend repliziert werden und können somit für Trainer in der Nachwuchsarbeit als bedeutsame Zusatzinformation eine Unterstützung im Talentidentifikations- und Entwicklungsprozess sein.

Der Mangel an prospektiven Studien in der Talentforschung mit weiblichen Nachwuchsathleten, sowie Studien, die den Zusammenhang juveniler motorischer Leistungsentwicklung und zukünftigem Erfolg im Erwachsenenalter untersuchen,

verdeutlichen zusammen mit den Limitationen der in dieser Dissertation geführten Studien den Bedarf an weiterer Forschung. Letztere sollte einerseits darauf ausgerichtet sein, neben motorischen Talentprädiktoren weitere Merkmale zu untersuchen. Im Sinne eines multidimensionalen Ansatzes erscheint diesbezüglich die Integration von umweltbezogenen (z.B. Trainer-Athlet-Beziehung; Wachsmuth et al., 2017), perzeptuell-kognitiven (z.B. Entscheidungshandeln; Murr, Feichtinger, et al., 2018), sowie auch wachstumsbezogener Faktoren (z.B. biologische Reife; Romann et al., 2017) aussichtsreich. Zudem könnte ein Ansatzpunkt in der Kombination von objektiven Talentdiagnostiken und subjektiven Trainerurteilen liegen (Sieghartsleitner et al., 2019), um ein tiefergehendes Verständnis der Bedeutung objektiver und subjektiver Informationen, z.B. in Bezug auf Selektionsentscheidungen während des Talentförderprozesses, zu erhalten. Die Diskussion über die Berücksichtigung und Gegenüberstellung weiterer vielversprechender methodischer Auswertungsansätze (z.B. personorientierte Analysen, Einzelfallanalysen, latente dynamische Modellierungen, maschinelles Lernen) kann darüber hinaus dazu beitragen, weitergehende Einblicke in die prognostische Relevanz juveniler Talentprädiktoren für zukünftigen Erfolg zu gewährleisten, die über die traditionelle Analyse einzelner Prädiktoren hinausgehen.

**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.
- Abbott, A., & Collins, D. (2004). Eliminating the dichotomy between theory and practice in talent identification and development: considering the role of psychology. *Journal Of Sports Sciences*, 22(5), 395-408. doi:10.1080/02640410410001675324
- Ackerman, P. L. (2014). Nonsense, common sense, and science of expert performance: Talent and individual differences. *Intelligence*, 45, 6-17. doi:10.1016/j.intell.2013.04.009
- Aguinis, H., Gottfredson, R. K., & Culpepper, S. A. (2013). Best-Practice Recommendations for Estimating Cross-Level Interaction Effects Using Multilevel Modeling. *Journal of Management*, 39(6), 1490-1528. doi:10.1177/0149206313478188
- 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
- Aquino, R. L., Alves, I. S., Padilha, M. B., Casanova, F., Puggina, E. F., & Maia, J. (2017). Multivariate Profiles of Selected Versus non-Selected Elite Youth Brazilian Soccer Players. *Journal of Human Kinetics*, 60(1), 113-121.
- Armstrong, N., Welsman, J. R., Williams, C. A., & Kirby, B. J. (2000). Longitudinal changes in young people's short-term power output. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32(6), 1140-1145.
- Baker, J., Schorer, J., & Wattie, N. (2018). Compromising Talent: Issues in Identifying and Selecting Talent in Sport. *Quest*, 70(1), 48-63. doi:10.1080/00336297.2017.1333438
- Barshan, B., & Yükses, M. C. (2014). Recognizing daily and sports activities in two open source machine learning environments using body-worn sensor units. *The Computer Journal*, 57(11), 1649-1667.
- Baxter-Jones, A., Maffulli, N., & Mirwald, R. (2003). Does elite competition inhibit growth and delay maturation in some gymnasts? Probably not. *Pediatric Exercise Science*, 15(4), 373-382.
- Bennett, K. J. M., Novak, A. R., Pluss, M. A., Stevens, C. J., Coutts, A. J., & Fransen, J. (2018). The use of small-sided games to assess skill proficiency in youth soccer players: a talent identification tool. *Science and Medicine in Football*, 2(3), 231-236. doi:10.1080/24733938.2017.1413246

- Bergkamp, T. L. G., Niessen, A. S. M., den Hartigh, R. J. R., Frencken, W. G. P., & Meijer, R. R. (2018). Comment on: "Talent Identification in Sport: A Systematic Review". *Sports Medicine*, 48(6), 1517-1519. doi:10.1007/s40279-018-0868-6
- Bergman, L. R., & Magnusson, D. (1997). A person-oriented approach in research on developmental psychopathology. *Development and Psychopathology*, 9(2), 291-319. doi:10.1017/S095457949700206X
- Bergman, L. R., Magnusson, D., & El Khouri, B. M. (2003). *Studying individual development in an interindividual context: A person-oriented approach*. London: Psychology Press.
- Bergman, L. R., & Vargha, A. (2013). Matching method to problem: A developmental science perspective. *European Journal of Developmental Psychology*, 10(1), 9-28.
- Bidaurrazaga-Letona, I., Carvalho, H. M., Lekue, J. A., Santos-Concejero, J., Figueiredo, A. J., & Gil, S. M. (2015). Longitudinal field test assessment in a Basque soccer youth academy: a multilevel modeling framework to partition effects of maturation. *International Journal Of Sports Medicine*, 36(3), 234-240. doi:10.1055/s-0034-1385881
- Bidaurrazaga-Letona, I., Lekue, J. A., Amado, M., Santos-Concejero, J., & Gil, S. M. (2015). Identifying talented young soccer players: conditional, anthropometrical and physiological characteristics as predictors of performance. *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte*, 11(39), 79-95. doi:10.5232/ricyde2015.03906
- Bollen, K. A. (1989). *Structural Equations with Latent Variables*. New York: John Wiley & Sons.
- Bortz, J., & Schuster, C. (2010). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Brink, M. S., Visscher, C., Coutts, A. J., & Lemmink, K. A. (2012). Changes in perceived stress and recovery in overreached young elite soccer players. *Scandinavian Journal Of Medicine & Science In Sports*, 22(2), 285-292. doi:10.1111/j.1600-0838.2010.01237.x
- Buekers, M., Borry, P., & Rowe, P. (2015). Talent in sports. Some reflections about the search for future champions. *Movement and Sport Sciences*, 88, 3-12.
- Burgess, D. J., & Naughton, G. A. (2010). Talent development in adolescent team sports: a review. *International Journal Of Sports Physiology and Performance*, 5(1), 103-116.
- Cardoso de Araújo, M., Baumgart, C., Jansen, C. T., Freiwald, J., & Hoppe, M. W. (2018). Sex Differences in Physical Capacities of German Bundesliga Soccer Players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. doi:10.1519/jsc.0000000000002662
- Carling, C., & Collins, D. (2014). Comment on "Football-specific fitness testing: adding value or confirming the evidence?". *Journal Of Sports Sciences*, 32(13), 1206-1208.
- Carling, C., Le Gall, F., & Malina, R. M. (2012). Body size, skeletal maturity, and functional characteristics of elite academy soccer players on entry between 1992 and 2003. *Journal Of Sports Sciences*, 30(15), 1683-1693. doi:10.1080/02640414.2011.637950

- Carling, C., le Gall, F., Reilly, T., & Williams, A. M. (2009). Do anthropometric and fitness characteristics vary according to birth date distribution in elite youth academy soccer players? *Scandinavian Journal Of Medicine & Science In Sports*, 19(1), 3-9. doi:10.1111/j.1600-0838.2008.00867.x
- Carling, C., Wright, C., Nelson, L. J., & Bradley, P. S. (2013). Comment on 'Performance analysis in football: A critical review and implications for future research'. *Journal Of Sports Sciences*, 32(1), 2-7. doi:10.1080/02640414.2013.807352
- Carvalho, H. M., Lekue, J. A., Gil, S. M., & Bidaurrezaga-Letona, I. (2017). Pubertal development of body size and soccer-specific functional capacities in adolescent players. *Research in Sports Medicine*, 25(4), 421-436. doi:10.1080/15438627.2017.1365301
- Chatzopoulos, D., Drakou, A., Kotzamanidou, M., & Tsorbatzoudis, H. (2006). Girls' Soccer Performance and Motivation: Games vs Technique Approach. *Perceptual and Motor Skills*, 103(2), 463-470. doi:10.2466/pms.103.2.463-470
- Christensen, M. K. (2009). 'An eye for talent': Talent identification and the 'practical sense' of top-level soccer coaches. *Sociology Of Sport Journal*, 26(3), 365-382.
- Cobley, S., Schorer, J., & Baker, J. (2012). Identification and development of sport talent: a brief introduction to a growing field of research and practice. In J. Baker, S. Cobley, & J. Schorer (Eds.), *Talent Identification and Development in Sport. International Perspectives* (pp. 1-10). New York: Routledge.
- Coelho e Silva, M. J., Figueiredo, A. J., Simões, F., Seabra, A., Natal, A., Vaeyen, R., . . . Malina, R. M. (2010). Discrimination of U-14 Soccer Players by Level and Position. *International Journal Of Sports Medicine*, 31(11), 790-796. doi:10.1055/s-0030-1263139
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates.
- Conzelmann, A. (2001). *Sport und Persönlichkeitsentwicklung : Möglichkeiten und Grenzen von Lebenslaufanalysen*. Schorndorf: Hofmann.
- Coutinho, P., Mesquita, I., & Fonseca, A. M. (2016). Talent development in sport: A critical review of pathways to expert performance. *International Journal Of Sports Science & Coaching*, 11(2), 279-293.
- Datson, N., Drust, B., Weston, M., Jarman, I. H., Lisboa, P. J., & Gregson, W. (2017). Match Physical Performance of Elite Female Soccer Players During International Competition. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(9), 2379-2387. doi:10.1519/jsc.0000000000001575
- Datson, N., Hulton, A., Andersson, H., Lewis, T., Weston, M., Drust, B., & Gregson, W. (2014). Applied physiology of female soccer: an update. *Sports Medicine*, 44(9), 1225-1240. doi:10.1007/s40279-014-0199-1

- Davison, M. L., Kwak, N., Seo, Y. S., & Choi, J. (Producer). (2002). Using hierarchical linear models to examine moderator effects: Person-by-organization interactions. [doi:10.1177/10928102005003003]
- Deprez, D., Fransen, J., Boone, J., Lenoir, M., Philippaerts, R., & Vaeyens, R. (2015). Characteristics of high-level youth soccer players: variation by playing position. *Journal Of Sports Sciences*, 33(3), 243-254.
- Deprez, D., Fransen, J., Lenoir, M., Philippaerts, R., & Vaeyens, R. (2015). 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. *Journal Of Strength And Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 29(6), 1692-1704. doi:10.1519/JSC.0000000000000806
- Deprez, D., Valente-Dos-Santos, J., Coelho, E. S. M. J., Lenoir, M., Philippaerts, R., & Vaeyens, R. (2015). Multilevel Development Models of Explosive Leg Power in High-Level Soccer Players. *Medicine And Science In Sports And Exercise*, 47(7), 1408-1415. doi:10.1249/mss.0000000000000541
- Deutscher Fußball Bund. (2009). *Talentförderprogramm. Leitfaden für die Ausbildung [Talent development programme. Training guideline]*. Münster: Philippka.
- Deutscher Fußball Bund. (2017). Mitglieder-Statistik. Retrieved from <https://www.dfb.de/verbandsstruktur/mitglieder/aktuelle-statistik/>
- Deutscher Fußball Bund. (2018). Mitglieder-Statistik 2018. Retrieved from [https://www.dfb.de/fileadmin/\\_dfbdam/181845-DFB-Statistik\\_2018.pdf](https://www.dfb.de/fileadmin/_dfbdam/181845-DFB-Statistik_2018.pdf)
- Di Salvo, V., Baron, R., Gonzalez-Haro, C., Gormasz, C., Pigozzi, F., & Bachl, N. (2010). Sprinting analysis of elite soccer players during European Champions League and UEFA Cup matches. *Journal Of Sports Sciences*, 28(14), 1489-1494.
- Döring, N., & Bortz, J. (2016). *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften*. 5. vollst. überarb., aktualisierte und erw. Aufl. In: Berlin: Springer.
- Elferink-Gemser, M. T., Huijgen, B. C., Coelho E Silva, M. J., Lemmink, K. A. P. M., & Visscher, C. (2012). The changing characteristics of talented soccer players—A decade of work in Groningen. *Journal Of Sports Sciences*, 30(15), 1581-1591.
- Elferink-Gemser, M. T., 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. doi:10.1080/02640410600719945
- Emmonds, S., Till, K., Jones, B., Mellis, M., & Pears, M. (2016). Anthropometric, speed and endurance characteristics of English academy soccer players: Do they influence obtaining a professional contract at 18 years of age? *International Journal Of Sports Science & Coaching*, 11(2), 212-218.



- Faude, O., Koch, T., & Meyer, T. (2012). Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional football. *Journal Of Sports Sciences*, 30(7), 625-631. doi:10.1080/02640414.2012.665940
- Feichtinger, P., & Höner, O. (2014). Psychological diagnostics in the talent development program of the German Football Association: Psychometric properties of an Internet-based test battery. *Sportwissenschaft*, 44(4), 203-213. doi:10.1007/s12662-014-0341-0
- Feichtinger, P., & Höner, O. (2015). Talented football players' development of achievement motives, volitional components, and self-referential cognitions: A longitudinal study. *European Journal Of Sport Science*, in press 1-9. doi:10.1080/17461391.2015.1051134
- Fenner, J. S., Iga, J., & Unnithan, V. (2016). The evaluation of small-sided games as a talent identification tool in highly trained prepubertal soccer players. *Journal Of Sports Sciences*, 34(20), 1983-1990. doi:10.1080/02640414.2016.1149602
- FIFA. (2014). *Women's football development programmes and guidelines 2015-2018*.
- Figueiredo, A. J., Gonçalves, C. E., Coelho E Silva, M. J., & Malina, R. M. (2009). Youth soccer players, 11-14 years: maturity, size, function, skill and goal orientation. *Annals Of Human Biology*, 36(1), 60-73. doi:10.1080/03014460802570584
- Forsman, H., Blomqvist, M., Davids, K., Liukkonen, J., & Konttinen, N. (2016). Identifying technical, physiological, tactical and psychological characteristics that contribute to career progression in soccer. *International Journal Of Sports Science & Coaching*, 11(4), 505-513. doi:10.1177/1747954116655051
- Forsman, H., Grasten, 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
- 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
- Fußballdaten. (2015). Kaderlisten. Retrieved from <http://www.fussballdaten.de/>.
- Gabbett, T. J., Wiig, H., & Spencer, M. (2013). Repeated high-intensity running and sprinting in elite women's soccer competition. *International Journal Of Sports Physiology and Performance*, 8(2), 130-138.
- Gagné, F. (2010). Motivation within the DMGT 2.0 framework. *High Ability Studies*, 21(2), 81-99. doi:10.1080/13598139.2010.525341
- Gil, S. M., Ruiz, F., Irazusta, A., Gil, J., & Irazusta, J. (2007). Selection of young soccer players in terms of anthropometric and physiological factors. *The Journal Of Sports Medicine And Physical Fitness*, 47(1), 25-32.

- Gil, S. M., Zabala-Lili, J., Bidaurrezaga-Letona, I., Aduna, B., Lekue, J., Santos-Concejero, J., & Granados, C. (2014). Talent identification and selection process of outfield players and goalkeepers in a professional soccer club. *Journal Of Sports Sciences*, 32(20), 1931-1939. doi:10.1080/02640414.2014.964290
- Gledhill, A., & Harwood, C. (2015). A holistic perspective on career development in UK female soccer players: A negative case analysis. *Psychology of Sport and Exercise*, 21, 65-77. doi:https://doi.org/10.1016/j.psychsport.2015.04.003
- Goldstein, H. (2011). *Multilevel statistical models* (Vol. 922): John Wiley & Sons.
- Gonaus, C., & Müller, E. (2012). Using physiological data to predict future career progression in 14- to 17-year-old Austrian soccer academy players. *Journal Of Sports Sciences*, 30(15), 1673-1682. doi:10.1080/02640414.2012.713980
- Gramespacher, E. (2006). Schule, Geschlecht und Schulsport. In I. Hartmann-Tews & B. Rulofs (Eds.), *Handbuch Sport und Geschlecht* (pp. 190-199). Schorndorf: Hofmann.
- Granados, A., Gebremariam, A., & Lee, J. M. (2015). Relationship Between Timing of Peak Height Velocity and Pubertal Staging in Boys and Girls. *Journal of Clinical Research and Pediatric Endocrinology*, 7(3), 235-237. doi:10.4274/jcrpe.2007
- Gravina, L., Gil, S. M., Ruiz, F., Zubero, J., Gil, J., & Irazusta, J. (2008). Anthropometric and physiological differences between first team and reserve soccer players aged 10-14 years at the beginning and end of the season. *Journal Of Strength And Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 22(4), 1308-1314. doi:10.1519/JSC.0b013e31816a5c8e
- Güllich, A. (2014). Selection, de-selection and progression in German football talent promotion. *European Journal Of Sport Science*, 14(6), 530-537. doi:10.1080/17461391.2013.858371
- Güllich, A., & Krüger, M. (2013). *Sport: Das Lehrbuch für das Sportstudium*: Springer DE.
- Han, J. (2005). Crossover Linear Modeling: Combining Multilevel Heterogeneities in Crossover Relationships. *Organizational Research Methods*, 8(3), 290-316. doi:10.1177/1094428105278177
- Heller, K. A. (2002). *Theoretische Ansätze und empirische Befunde zur Hochbegabungs- und Expertiseforschung unter besonderer Berücksichtigung sportlicher Talente*. Münster: Hofmann.
- Helsen, W. F., Baker, J., Michiels, S., Schorer, J., Van winkel, J., & Williams, A. M. (2012). The relative age effect in European professional soccer: Did ten years of research make any difference? *Journal Of Sports Sciences*, 30(15), 1665-1671. doi:10.1080/02640414.2012.721929
- Helsen, W. F., van Winkel, J., & Williams, A. M. (2005). The relative age effect in youth soccer across Europe. *Journal Of Sports Sciences*, 23(6), 629-636. doi:10.1080/02640410400021310

- Hill, G., & Cleven, B. (2005). A comparison of 9th grade male and female physical education activities preferences and support for coeducational groupings. *Physical Educator*, 62(4), 187.
- Hill, L. G., Rosenman, R., Tennekoon, V., & Mandal, B. (2013). Selection effects and prevention program outcomes. *Prevention Science*, 14(6), 557-569. doi:10.1007/s11121-012-0342-x
- Hohmann, A. (2004). Scientific aspects of talent development. In H. Ziemainz, A. Rütten, & U. Röger (Eds.), *Talent Identification, selection and development. Problems and perspectives* (pp. 5-28). Butzbach: Afra.
- Hohmann, A. (2009). *Entwicklung sportlicher Talente an sportbetonten Schulen: Schwimmen, Leichtathletik, Handball. [Development of sports talents at sports schools: Swimming, athletics, team handball]*. Petersberg: Imhof.
- Höner, O., & Feichtinger, P. (2016). Psychological talent predictors in early adolescence and their empirical relationship with current and future performance in soccer. *Psychology of Sport and Exercise*, 25, 17-26. doi:10.1016/j.psychsport.2016.03.004
- Höner, O., Larkin, P., Leber, P., & Feichtinger, P. (2019, in Druck). Talentauswahl und -entwicklung. In J. Schüller, M. Wegner, & H. Plessner (Eds.), *Lehrbuch Sportpsychologie [Textbook of Sports Psychology]*. Heidelberg: Springer.
- Höner, O., Leyhr, D., & Kelava, A. (2017). The influence of speed abilities and technical skills in early adolescence on adult success in soccer: A long-term prospective analysis using ANOVA and SEM approaches. *PLOS ONE*, 12(8), e0182211. doi:10.1371/journal.pone.0182211
- Höner, O., Raabe, J., Murr, D., & Leyhr, D. (2019, in Druck). *Prognostic relevance of motor talent predictors in elite girls' soccer: A prospective cohort study within the German talent development program*. Manuscript accepted for publication.
- Höner, O., & Votteler, A. (2016). Prognostic relevance of motor talent predictors in early adolescence: A group- and individual-based evaluation considering different levels of achievement in youth football. *Journal Of Sports Sciences*, 1-10. doi:10.1080/02640414.2016.1177658
- 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
- Huijgen, B. C. H. (2013). *Technical skills, the key to succes? A study on talent development and selection of youth soccer players*. Groningen: s.n.
- Huijgen, B. C. H., Elferink-Gemser, M. T., Ali, A., & Visscher, C. (2013). Soccer skill development in talented players. *International Journal Of Sports Medicine*, 34(8), 720-726. doi:10.1055/s-0032-1323781

- Huijgen, B. C. H., Elferink-Gemser, M. T., Lemmink, K. A., & Visscher, C. (2014). Multidimensional performance characteristics in selected and deselected talented soccer players. *European Journal Of Sport Science*, *14*(1), 2-10. doi:10.1080/17461391.2012.725102
- Huijgen, B. C. H., Elferink-Gemser, M. T., Post, W., & Visscher, C. (2009). Soccer skill development in professionals. *International Journal Of Sports Medicine*, *30*(8), 585-591. doi:10.1055/s-0029-1202354
- 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. doi:10.1080/02640411003645679
- Huijgen, B. C. H., Leemhuis, S., Kok, N. M., Verburch, L., Oosterlaan, J., Elferink-Gemser, M. T., & Visscher, C. (2015). Cognitive Functions in Elite and Sub-Elite Youth Soccer Players Aged 13 to 17 Years. *PLOS ONE*, *10*(12), e0144580. doi:10.1371/journal.pone.0144580
- Ingebrigtsen, J., Dillern, T., & Shalfawi, S. (2011). Aerobic Capacities and Anthropometric Characteristics of Elite Female Soccer Players. *J Strength Cond Res*(12), 3352-3357.
- Jensen, K., & Larsson, B. (1992). Variations in physical capacity among the Danish national soccer team for women during a period of supplemental training. *Journal Of Sports Sciences*, *10*, 144-145.
- Jimenez, I., & Pain, M. T. G. (2008). Relative age effect in Spanish association football: Its extent and implications for wasted potential. *Journal Of Sports Sciences*, *26*(10), 995-1003. doi:10.1080/02640410801910285
- Johansson, A., & Fahlén, J. (2017). Simply the best, better than all the rest? Validity issues in selections in elite sport. *International Journal Of Sports Science & Coaching*, *12*(4), 470-480.
- 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
- Jowett, S., & Shanmugam, V. (2016). Relational Coaching in Sport: Its psychological underpinnings and practical effectiveness. In R. Schinke, K. R. McGannon, & B. Smith (Eds.), *Routledge International Handbook of Sport Psychology*: Routledge.
- Kannekens, R., Elferink-Gemser, M. T., 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.
- Kannekens, R., Elferink-Gemser, M. T., & Visscher, C. (2011). Positioning and deciding: key factors for talent development in soccer. *Scandinavian Journal Of Medicine & Science In Sports*, *21*(6), 846-852. doi:10.1111/j.1600-0838.2010.01104.x
- Kausmann, C., Vogel, C., Hagen, C., & Simonson, J. (2017). *Freiwilliges Engagement von Frauen und Männern – Genderspezifische Befunde zur Vereinbarkeit von freiwilligem Engagement, Elternschaft und Erwerbstätigkeit. [Volunteer engagement of females and*

- males - gender-specific findings for the compatibility of volunteer engagement, parenthood and occupation*]. Berlin: Bundesministerium für Familie, Senioren, Frauen und Jugend.
- Kelava, A., & Brandt, H. (2019). A Nonlinear Dynamic Latent Class Structural Equation Model. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 1-20. doi:10.1080/10705511.2018.1555692
- Kreft, I., & De Leeuw, J. (1998). *Introducing Multilevel Modeling*. London: Sage.
- Krustrup, P., Mohr, M., Ellingsgaard, H., & Bangsbo, J. (2005). Physical demands during an elite female soccer game: importance of training status. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 37(7), 1242-1248.
- Kugelmann, C. (1996). Koedukation im Sportunterricht. 20 Jahre Diskussion und kein Ende. *Sportwissenschaft*, 26(3), 272-289.
- Kugelmann, C., Röger, U., & Weigelt, Y. (2006). Zur Koedukationsdebatte: Gemeinsames oder getrenntes Sporttreiben von Mädchen und Jungen. In I. Hartmann-Tews & B. Rulofs (Eds.), *Handbuch Sport und Geschlecht* (pp. 260-274). Schorndorf: Hofmann.
- Kunz, M. (2007). 265 million playing football. *FIFA magazine*, 7, 11-15.
- Kurz, J., Hegele, M., & Munzert, J. (2018). Gaze Behavior in a Natural Environment with a Task-Relevant Distractor: How the Presence of a Goalkeeper Distracts the Penalty Taker. *Frontiers in Psychology*, 9, 19. doi:10.3389/fpsyg.2018.00019
- Lago-Peñas, C., Casais, L., Dellal, A., Rey, E., & Domínguez, E. (2011). Anthropometric and physiological characteristics of young soccer players according to their playing positions: relevance for competition success. *Journal Of Strength And Conditioning Research / National Strength & Conditioning Association*, 25(12), 3358-3367. doi:10.1519/JSC.0b013e318216305d
- Larkin, P., & Reeves, M. J. (2018). Junior-elite football: time to re-position talent identification? *Soccer & Society*, 1-10. doi:10.1080/14660970.2018.1432389
- Le Gall, F., Carling, C., Williams, M., & Reilly, T. (2010). Anthropometric and fitness characteristics of international, professional and amateur male graduate soccer players from an elite youth academy. *Journal Of Science And Medicine In Sport*, 13(1), 90-95.
- 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), e0196324. doi:10.1371/journal.pone.0196324
- 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.

- Lidor, R., Falk, B., Arnon, M., Cohen, Y., Segal, G., & Lander, Y. (2005). Measurement of talent in team handball: the questionable use of motor and physical tests. *J Strength Cond Res*, *19*(2), 318-325. doi:10.1519/1533-4287(2005)19[318:Motith]2.0.Co;2
- Little, T., & Williams, A. G. (2005). Specificity of Acceleration, Maximum Speed and Agility in Professional Soccer Players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, *19*(1), 76-78.
- Lloyd, R. S., Oliver, J. L., Faigenbaum, A. D., Myer, G. D., & De Ste Croix, M. B. (2014). Chronological age vs. biological maturation: implications for exercise programming in youth. *Journal of Strength Conditioning Research*, *28*(5), 1454-1464. doi:10.1519/jsc.0000000000000391
- Lockie, R. G., Moreno, M. R., Lazar, A., Orjalo, A. J., Giuliano, D. V., Risso, F. G., . . . Jalilvand, F. (2018). Physical and Athletic Performance Characteristics of Division I Collegiate Female Soccer Players by Position. *Journal of Strength & Conditioning Research*, *32*(2), 334-343.
- Long, J. (1997). *Regression Models for Categorical and Limited Dependent Variables*. . Thousand Oaks, CA: Sage Publications.
- Lottermann, S., Laudenklos, P., Friedrich, A., Metaxas, I., Tritschoks, J., Ferrauti, A., & Weber, K. (2003). Technikdiagnostik und Techniktraining im Jugendfußball. [Skill diagnostics and training in youth soccer.]. In G. Neumann (Ed.), *Fußball vor der WM 2006: Spannungsbogen zwischen Wissenschaft und Organisation* (pp. 91-105). Köln: Sport und Buch Strauß.
- Maddala, G. S. (1983). *Limited-Dependent and Qualitative Variables in Econometrics*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Magnusson, D. (1990). Personality development from an interactional perspective. In *Handbook of personality: Theory and research*. (pp. 193-222). New York, NY, US: The Guilford Press.
- Malina, R., Bouchard, C., & Bar-Or, O. (2004). *Growth, maturation, and physical activity* (2. ed.). Champaign, IL: Human Kinetics.
- Malina, R., Coelho e Silva, M., Figueiredo, A., Carling, C., & Beunen, G. (2012). Interrelationships among invasive and non-invasive indicators of biological maturation in adolescent male soccer players. *Journal Of Sports Sciences*, *30*(15), 1-13. doi:10.1080/02640414.2011.639382
- Malina, R., Cumming, S., Kontos, A., Eisenmann, J., Ribeiro, B., & Aroso, J. (2005). Maturity-associated variation in sport-specific skills of youth soccer players aged 13 – 15 years. *Journal Of Sports Sciences*, *23*(5), 515-522. doi:10.1080/02640410410001729928
- Malina, R., Reyes, M., Eisenmann, J., Horta, L., Rodrigues, J., & Miller, R. (2000). Height, mass and skeletal maturity of elite Portuguese soccer players aged 11–16 years. *Journal Of Sports Sciences*, *18*(9), 685-693.

- Malina, R. M., Coelho E Silva, M. J., Figueiredo, A., Carling, C., & Beunen, G. (2012). Interrelationships among invasive and non-invasive indicators of biological maturation in adolescent male soccer players. *Journal Of Sports Sciences*, 30(15), 1705-1717. doi:10.1080/02640414.2011.639382
- Mann, D., Dehghansai, N., & Baker, J. (2017). Searching for the elusive gift: advances in talent identification in sport. *Current Opinion in Psychology*, 16(Supplement C), 128-133. doi:https://doi.org/10.1016/j.copsyc.2017.04.016
- Manson, S. A., Brughelli, M., & Harris, N. K. (2014). Physiological characteristics of international female soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(2), 308-318. doi:10.1519/JSC.0b013e31829b56b1
- Mara, J. K., Thompson, K. G., Pumpa, K. L., & Morgan, S. (2017). Quantifying the High-Speed Running and Sprinting Profiles of Elite Female Soccer Players During Competitive Matches Using an Optical Player Tracking System. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 31(6), 1500-1508. doi:10.1519/jsc.0000000000001629
- McCall, A., Fanchini, M., & Coutts, A. J. (2017). Prediction: The Modern-Day Sport-Science and Sports-Medicine "Quest for the Holy Grail". *International Journal of Sports Physiology & Performance*, 12(5), 704-706.
- Mendez-Villanueva, A., Buchheit, M., Simpson, B., Peltola, E., & Bourdon, P. (2011). Does on-field sprinting performance in young soccer players depend on how fast they can run or how fast they do run? *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(9), 2634-2638. doi:10.1519/JSC.0b013e318201c281
- Meylan, C., Cronin, J., Oliver, J., & Hughes, M. (2010). Reviews: Talent Identification in Soccer: The Role of Maturity Status on Physical, Physiological and Technical Characteristics. *International Journal Of Sports Science & Coaching*, 5(4), 571-592.
- Milanović, Z., Sporiš, G., James, N., Trajković, N., Ignjatović, A., Sarmiento, H., . . . Mendes, B. (2017). Physiological Demands, Morphological Characteristics, Physical Abilities and Injuries of Female Soccer Players. *Journal of Human Kinetics*, 60, 77-83. doi:10.1515/hukin-2017-0091
- Milanovic, Z., Sporis, G., & Trajkovic, N. (2012). Differences in body composite and physical match performance in female soccer players according to team position. *Journal of Human Sport and Exercise*, 7(1), 67-72.
- Mohr, M., Krstrup, P., Andersson, H., Kirkendal, D., & Bangsbo, J. (2008). Match activities of elite women soccer players at different performance levels. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 22(2), 341-349. doi:10.1519/JSC.0b013e318165fef6
- Murr, D. (2018). *Prognoserelevanz personbezogener Talentprädiktoren im Fußball. Eine systematische Analyse zur empirischen Evidenz unter Berücksichtigung von Merkmalen des Studiendesigns*. Tübingen.
- Murr, D., Feichtinger, P., Larkin, P., O'Connor, D., & Höner, O. (2018). Psychological talent predictors in youth soccer: A systematic review of the prognostic relevance of

- psychomotor, perceptual-cognitive and personality-related factors. *PLOS ONE*, 13(10), e0205337. doi:10.1371/journal.pone.0205337
- Murr, D., Raabe, J., & Höner, O. (2018). The prognostic value of physiological and physical characteristics in youth soccer: A systematic review. *European Journal Of Sport Science*, 18(1), 62-74. doi:10.1080/17461391.2017.1386719
- Muthén, B. O. (2004). *Mplus Technical Appendices*. Los Angeles, California: Muthén & Muthén.
- Muthén, B. O., & Asparouhov, T. (2009). Growth mixture modeling: Analysis with non-Gaussian random effects. In G. Fitzmaurice, M. Davidian, G. Verbeke, & G. Molenberghs (Eds.), *Longitudinal Data Analysis* (pp. 143-165). Boca Raton: Chapman & Hall/CRC Press.
- Muthén, L. K., & Muthén, B. O. (2010). *Mplus: statistical analysis with latent variables; users guide* (6. ed.). Los Angeles, California: Muthén & Muthén.
- Nikolaidis, P. T. (2014). Physical fitness in female soccer players by player position: a focus on anaerobic power. *Human Movement*, 15(2), 74-79.
- O'Connor, D., Larkin, P., & Williams, A. M. (2016). Talent identification and selection in elite youth football: An Australian context. *European Journal Of Sport Science*, 16(7), 837-844. doi:10.1080/17461391.2016.1151945
- Palucci Vieira, L. H., de Andrade, V. L., Aquino, R. L., Moraes, R., Barbieri, F. A., Cunha, S. A., . . . Santiago, P. R. (2017). Construct validity of tests that measure kick performance for young soccer players based on cluster analysis: exploring the relationship between coaches rating and actual measures. *The Journal Of Sports Medicine And Physical Fitness*, 57(12), 1613-1622. doi:10.23736/s0022-4707.16.06863-8
- Pankhurst, A., & Collins, D. (2013). Talent identification and development: The need for coherence between research, system, and process. *Quest*, 65(1), 83-97. doi:10.1080/00336297.2012.727374
- Papaiakovou, G., Giannakos, A., Michailidis, C., Patikas, D., Bassa, E., Kalopisis, V., . . . Kotzamanidis, C. (2009). The effect of chronological age and gender on the development of sprint performance during childhood and puberty. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(9), 2568-2573.
- Park, S., & Lake, E. T. (2005). Multilevel Modeling of a Clustered Continuous Outcome: Nurses' Work Hours and Burnout. *Nursing research*, 54(6), 406-413.
- Passos, P., Araújo, D., Davids, K., Gouveia, L., & Serpa, S. (2006). Interpersonal dynamics in sport: The role of artificial neural networks and 3-D analysis. *Behavior Research Methods*, 38(4), 683-691. doi:10.3758/bf03193901
- 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., Vaeyens, R., Janssens, M., Van Renterghem, B., Matthys, D., Craen, R., . . . 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.
- Piggott, B., Müller, S., Chivers, P., Papaluca, C., & Hoyne, G. (2018). Is sports science answering the call for interdisciplinary research? A systematic review. *European Journal Of Sport Science*, 1-20. doi:10.1080/17461391.2018.1508506
- Poczwadowski, A., Barott, J. E., & Henschen, K. P. (2002). The athlete and coach: Their relationship and its meaning. Results of an interpretive study. *International Journal of Sport Psychology*, 33(1), 116-140.
- Proietti, R., di Fronso, S., Lucas, A. P., Bortoli, L., Robazza, C., Fabio, Y. N., & Bertollo, M. (2017). Heart rate variability discriminates competitive levels in professional soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*.
- Rebelo, A., Brito, J., Maia, J., Coelho-e-Silva, M. J., Figueiredo, A. J., Bangsbo, J., . . . Seabra, A. (2013). Anthropometric characteristics, physical fitness and technical performance of under-19 soccer players by competitive level and field position. *International Journal of Sport Science*, 34(4), 312-317. doi:10.1055/s-0032-1323729
- Reilly, T., Bangsbo, J., & Franks, A. (2000). Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer. *Journal Of Sports Sciences*, 18(9), 669-683. doi:10.1080/02640410050120050
- Reilly, T., Williams, A. M., Nevill, A., & Franks, A. (2000). A multidisciplinary approach to talent identification in soccer. *Journal Of Sports Sciences*, 18(9), 695-702. doi:10.1080/02640410050120078
- Reinders, H., Hoos, O., & Varlemann, S. (2018). *Mono- vs. koedukative Leistungsförderung im Juniorinnenfußball. Eine empirische Studie zu Unterschieden im Stand der Leistungsfähigkeit bei Nachwuchsspielerinnen.*
- Renshaw, I., Davids, K., Phillips, E., & Kerhervé, H. (2012). Developing talent in athletes as complex neurobiological systems. In J. Baker, S. Copley, & J. Schorer (Eds.), *Talent Identification and Development in Sport. International Perspectives* (pp. 64-80). New York: Routledge.
- Rienzi, E., Drust, B., Reilly, T., Carter, J. E., & Martin, A. (2000). Investigation of anthropometric and work-rate profiles of elite South American international soccer players. *The Journal Of Sports Medicine And Physical Fitness*, 40(2), 162-169.
- Romann, M., & Fuchslocher, J. (2011). Influence of the Selection Level, Age and Playing Position on Relative Age Effects in Swiss Women's Soccer. *Talent Development & Excellence*, 3(2), 239-247.
- Romann, M., Javet, M., & Fuchslocher, J. (2017). Coache's eye as a valid method to assess biological maturation in youth elite soccer. *Talent Development & Excellence*, 9, 3-13.

- Russell, M., Benton, D., & Kingsley, M. (2010). Reliability and construct validity of soccer skills tests that measure passing, shooting, and dribbling. *Journal Of Sports Sciences*, 28(13), 1399-1408. doi:10.1080/02640414.2010.511247
- Saether, S. A. (2014). Identification of Talent in Soccer – What Do Coaches Look For? Retrieved from <https://idrottsforum.org/sather140319/>.
- Sarmiento, H., Anguera, M. T., Pereira, A., & Araújo, D. (2018). Talent Identification and Development in Male Football: A Systematic Review. *Sports Medicine*, 48(4), 907-931. doi:10.1007/s40279-017-0851-7
- Saward, C., Morris, J. G., Nevill, M. E., Nevill, A. M., & Sunderland, C. (2016). Longitudinal development of match-running performance in elite male youth soccer players. *Scandinavian Journal Of Medicine & Science In Sports*, 26(8), 933-942. doi:10.1111/sms.12534
- Schafer, J., & Graham, J. (2002). Missing data: our view of the state of the art. *Psychological methods*, 7(2), 147.
- Schorer, J., Büsch, D., Fischer, L., Pabst, J., Rienhoff, R., Sichelschmidt, P., & Strauß, B. (2012). Back to the future-A case report of the ongoing evaluation process of the German handball talent selection and development system. *Talent Identification and Development in Sport-International Perspectives*. London: Routledge, 119-129.
- Schott, U. (2011). Von der Talentförderung profitieren das A-Team und die Bundesliga [Talent development provides benefits for national team and first league]. *Fußballtraining*, 41(2), 47-51.
- Schumaker, R. P., Solieman, O. K., & Chen, H. (2010). Predictive Modeling for Sports and Gaming. In *Sports Data Mining* (pp. 55-63). Boston, MA: Springer US.
- Sheppard, J. M., Dawes, J. J., Jeffreys, I., Spiteri, T., & Nimphius, S. (2014). Broadening the view of agility: A scientific review of the literature. *Journal of Australian Strength & Conditioning*, 22(3), 6-25.
- Sieghartsleitner, R., Zuber, C., Zibung, M., & Conzelmann, A. (2019). Science or Coaches' Eye?—Both! Beneficial Collaboration of Multidimensional Measurements and Coach Assessments for Efficient Talent Selection in Elite Youth Football. *Journal of Sports Science and Medicine*, 18(1), 32-43.
- Skorski, S., Skorski, S., Faude, O., Hammes, D., & Meyer, T. (2016). The Relative Age Effect in German Elite Youth Soccer: Implications for a Successful Career. *International Journal Of Sports Physiology and Performance*, 11(3), 370-376. doi:10.1123/ijsp.2015-0071
- Skrondal, A., & Rabe-Hesketh, S. (2004). *Generalized latent variable modelling: multilevel, longitudinal, and structural equation models*: Chapman & Hall / CRC.
- Slimani, M., & Nikolaidis, P. T. (2019). Anthropometric and physiological characteristics of male soccer players according to their competitive level, playing position and age group:

- a systematic review. *The Journal Of Sports Medicine And Physical Fitness*, 59(1), 141-163. doi:10.23736/s0022-4707.17.07950-6
- Soccerway. (2019). Competitions. Retrieved from <https://us.soccerway.com/players/kylian-mbappe-lottin/377149/>
- Sommet, N., & Morselli, D. (2017). Keep calm and learn multilevel logistic modeling: A simplified three-step procedure using Stata, R, Mplus, and SPSS. *International Review of Social Psychology*, 30(1). doi:10.5334/irsp.90
- Statistisches Bundesamt. (2014). *Mikrozensus Fragen zur Gesundheit*. Wiesbaden.
- Statistisches Bundesamt. (2017). Aktive Fußballspieler in den einzelnen Teilnehmerländern der Fußballeuropameisterschaft 2008 (in Millionen). In *Statista - Das Statistik-Portal*: Available from: <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/825/umfrage/aktive-fussballspieler-in-den-einzelnen-em-teilnehmerlaendern/>.
- Tanner, J. M. (1981). Growth and Maturation during Adolescence. *Nutrition Reviews*, 39(2), 43-55. doi:10.1111/j.1753-4887.1981.tb06734.x
- Taylor, H. C., & Russell, J. T. (1939). The relationship of validity coefficients to the practical effectiveness of tests in selection: discussion and tables. *Journal of Applied Psychology*, 23(5), 565-578. doi:10.1037/h0057079
- Teachman, J., & Crowder, K. (2002). Multilevel Models in Family Research: Some Conceptual and Methodological Issues. *Journal of Marriage and Family*, 64(2), 280-294. doi:10.1111/j.1741-3737.2002.00280.x
- The Premier League. (2011). Elite performance. Retrieved 22 August, 2016, from <https://www.premierleague.com/youth/elite-performance>.
- Till, K., Jones, B. L., Cogley, S., Morley, D., O'Hara, J., Chapman, C., . . . Beggs, C. B. (2016). Identifying Talent in Youth Sport: A Novel Methodology Using Higher-Dimensional Analysis. *PLOS ONE*, 11(5), e0155047. doi:10.1371/journal.pone.0155047
- Transfermarkt. (2015). Wettbewerbe. 2015. Available from: <http://www.transfermarkt.de/wettbewerbe/national>.
- Transfermarkt. (2017). Wettbewerbe. 2017. Available from: <http://www.transfermarkt.de/wettbewerbe/national>.
- Transfermarkt. (2018). Wettbewerbe. 2018. Available from: <http://www.transfermarkt.de/wettbewerbe/national>.
- Tumilty, D. M. C. A., & Darby, S. (1992). Physiological characteristics of Australian female soccer players. *Journal Of Sports Sciences*, 10, 145.
- Twisk, J. W. R. (2003). *Applied Longitudinal Data Analysis for Epidemiology: A Practical Guide*. Cambridge: Cambridge University Press.
- UEFA. (2015). *Women's football across the national associations 2014-2015*.

- Unnithan, V., White, J., Georgiou, A., Iga, J., & Drust, B. (2012). Talent identification in youth soccer. *Journal Of Sports Sciences*, *30*(15), 1719-1726.
- Vaeyens, R., Coelho e Silva, M. J., Visscher, C., Philippaerts, R., & Williams, A. (2013). Identifying young players. In J. Baker, S. Cobley, & J. Schorer (Eds.), *Talent Identification and Development in Sport. International Perspectives*. New York: Routledge.
- Vaeyens, R., Lenoir, M., Williams, A. M., & Philippaerts, R. (2008). Talent identification and development programmes in sport: Current models and future directions. *Sports Medicine*, *38*(9), 703-714.
- Vaeyens, R., Malina, R. M., Janssens, M., Van Renterghem, B., Bourgois, J., Vrijens, J., & Philippaerts, R. (2006). A multidisciplinary selection model for youth soccer: the Ghent Youth Soccer Project. *British Journal Of Sports Medicine*, *40*(11), 928-934.
- Valente-dos-Santos, J., Coelho-e-Silva, M. J., Simoes, F., Figueiredo, A. J., Leite, N., Elferink-Gemser, M. T., . . . Sherar, L. (2012). Modeling developmental changes in functional capacities and soccer-specific skills in male players aged 11-17 years. *Pediatric Exercise Science*, *24*(4), 603-621.
- Valente-dos-Santos, J., Coelho E Silva, M. J., Duarte, J., Pereira, J., Rebelo-Gonçalves, R., Figueiredo, A., . . . Malina, R. M. (2014). Allometric Multilevel Modelling of Agility and Dribbling Speed by Skeletal Age and Playing Position in Youth Soccer Players. *International Journal Of Sports Medicine*, *35*(9), 762-771. doi:10.1055/s-0033-1358469
- Van Maarseveen, M., Oudejans, R., & Savelsbergh, G. (2017). System for notational analysis in small-sided soccer games. *International Journal Of Sports Science & Coaching*, *12*(2), 194–206.
- Vescovi, J. D. (2012). Sprint speed characteristics of high-level American female soccer players: Female Athletes in Motion (FAiM) Study. *Journal Of Science And Medicine In Sport*, *15*(5), 474-478. doi:https://doi.org/10.1016/j.jsams.2012.03.006
- Vescovi, J. D., Brown, T. D., & Murray, T. M. (2006). Positional characteristics of physical performance in Division I college female soccer players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, *46*(2), 221.
- Vescovi, J. D., Rupf, R., Brown, T. D., & Marques, M. C. (2011). Physical performance characteristics of high-level female soccer players 12–21 years of age. *Scandinavian Journal Of Medicine & Science In Sports*, *21*(5), 670-678.
- Vilar, L., Araujo, D., Davids, K., & Renshaw, I. (2012). The need for 'representative task design' in evaluating efficacy of skills tests in sport: a comment on Russell, Benton and Kingsley (2010). *Journal Of Sports Sciences*, *30*(16), 1727-1730; author reply 1731-1723. doi:10.1080/02640414.2012.679674

- von Eye, A., Bergman, L. R., & Hsieh, C. (2015). Person-Oriented Methodological Approaches. In R. M. Lerner (Ed.), *Handbook of Child Psychology and Developmental Science*.
- Votteler, A., & Höner, O. (2014). The relative age effect in the German Football TID Programme: Biases in motor performance diagnostics and effects on single motor abilities and skills in groups of selected players. *European Journal Of Sport Science*, 14(5), 433-442. doi:10.1080/17461391.2013.837510
- Votteler, A., & Höner, O. (2017). Cross-sectional and longitudinal analyses of the relative age effect in German youth football. *German Journal of Exercise and Sport Research*, 47(3), 194-204. doi:10.1007/s12662-017-0457-0
- Wachsmuth, S., Jowett, S., & Harwood, C. (2017). Conflict among athletes and their coaches: What is the theory and research so far? *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 10(1), 84-107. doi:10.1080/1750984X.2016.1184698
- Walt, V. (2018). Kylian Mbappé Is the Future of Soccer. Retrieved from <http://time.com/collection-post/5414056/kylian-mbappe-next-generation-leaders/>
- Warburton, E. C. (2002). From Talent Identification to Multidimensional Assessment: Toward new models of evaluation in dance education. *Research in Dance Education*, 3(2), 103-121. doi:10.1080/1464789022000050480
- Williams, A. M. (2000). Perceptual skill in soccer: Implications for talent identification and development. *Journal Of Sports Sciences*, 18(9), 737-750. doi:10.1080/02640410050120113
- Williams, A. M., & Franks, A. (1998). Talent identification in soccer. *Sports, Exercise And Injury*, 4(4), 159-165.
- Williams, A. M., & Reilly, T. (2000). Talent identification and development in soccer. *Journal Of Sports Sciences*, 18(9), 657-667.
- Williams, J. H. (2010). Relative age effect in youth soccer: analysis of the FIFA U17 World Cup competition. *Scandinavian Journal Of Medicine & Science In Sports*, 20(3), 502-508. doi:doi:10.1111/j.1600-0838.2009.00961.x
- Willimczik, K., Meierarend, E., Pollmann, D., & Reckeweg, R. (1999). Das beste motorische Lernalter: Forschungsergebnisse zu einem pädagogischen Postulat und zu kontroversen empirische Befunden. *Sportwissenschaft*, 29(1), 42-61.
- Wilson, R. S., David, G. K., Murphy, S. C., Angilletta, M. J., Niehaus, A. C., Hunter, A. H., & Smith, M. D. (2017). *Skill not athleticism predicts individual variation in match performance of soccer players*. Paper presented at the Proc. R. Soc. B.
- Wilson, R. S., James, R. S., David, G., Hermann, E., Morgan, O. J., Niehaus, A. C., . . . Smith, M. D. (2016). Multivariate analyses of individual variation in soccer skill as a tool for talent identification and development: utilising evolutionary theory in sports science. *Journal Of Sport Sciences*, 1-13. doi:10.1080/02640414.2016.1151544

- Wong, D. P., Chamari, K., Dellal, A., & Wisloff, U. (2009). Relationship between anthropometric and physiological characteristics in youth soccer players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(4), 1204-1210. doi:10.1519/JSC.0b013e31819f1e52
- Wormhoudt, R., Savelsbergh, G., Teunissen, J., & Davids, K. (2018). *The athletic skills model. Optimizing talent development through movement education*. London and New York: Routledge.
- Wright, M. D., & Laas, M. M. (2016). Strength training and metabolic conditioning for female youth and adolescent soccer players. *Strength & Conditioning Journal*, 38(2), 96-104.
- Young, W. B., Dawson, B., & Henry, G. J. (2015). Agility and Change-of-Direction Speed are Independent Skills: Implications for Training for Agility in Invasion Sports. *International Journal Of Sports Science & Coaching*, 10(1), 159-169.
- Zibung, M., & Conzelmann, A. (2012). The role of specialisation in the promotion of young football talents: A person-oriented study. *European Journal Of Sport Science*(ahead-of-print), 1-9.
- Zibung, M., Zuber, C., & Conzelmann, A. (2016). The Motor Subsystem as a Predictor of Success in Young Football Talents: A Person-Oriented Study. *PLOS ONE*, 11(8), e0161049. doi:10.1371/journal.pone.0161049
- 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
- Zuber, C., Zibung, M., & Conzelmann, A. (2015). Motivational patterns as an instrument for predicting success in promising young football players. *Journal Of Sports Sciences*, 33(2), 160-168. doi:10.1080/02640414.2014.928827
- Zuber, C., Zibung, M., & Conzelmann, A. (2016). Holistic patterns as an instrument for predicting the performance of promising young soccer players – A 3-years longitudinal study. *Frontiers in Psychology*, 7(1088). doi:10.3389/fpsyg.2016.01088