

Zum Zusammenhang von Schnelligkeitsleistungen mit Richtungswechseln und linearen Schnelligkeitsleistungen – eine quasi-experimentelle Feldstudie

Melanie Schulz

Fakultät Sport, Hochschule für Gesundheit & Sport, Technik & Kunst, Berlin

Christian Saal

Fakultät Sport, Hochschule für Gesundheit & Sport,
Technik & Kunst, Berlin

Dirk Büsch

Fakultät Sport, Hochschule für Gesundheit & Sport,
Technik & Kunst, Berlin

Die vorliegende Feldstudie untersucht den Zusammenhang zwischen linearen Schnelligkeitsleistungen und Schnelligkeitsleistungen mit Richtungswechseln. Daraus sollen sich weitere Ansatzpunkte zur Optimierung trainingsrelevanter Methoden und diagnostischer Maßnahmen im Bezug auf die Handlungsschnelligkeit ergeben. Bisherige Studien innerhalb verschiedener Sportarten konnten keinen eindeutigen Nachweis erbringen, dass Schnelligkeitsleistungen mit Richtungswechseln und geradlinigen Schnelligkeitsleistungen miteinander in Verbindung stehen. Die Richtungswechselschnelligkeit wird als eine unabhängige motorische Dimension angesehen, die spezielles Training und spezielle Testverfahren zu deren Messung benötigt. Folglich wird die Übertragbarkeit linearer Schnelligkeitsleistungen auf Schnelligkeitsleistungen mit Richtungswechseln angezweifelt. Andererseits setzt sich die für Sportler entscheidende Handlungsschnelligkeit auch aus den reinen Erscheinungsformen der motorischen Schnelligkeit wie Reaktions-, Aktions- sowie Frequenzschnelligkeit zusammen. Insofern wäre von einem Zusammenhang und keinen unabhängigen Dimensionen auszugehen. Potenzielle Gründe für die unterschiedlichen Positionen können zum einen die Unterschiede der angewandten Testverfahren zur Protokollierung der motorischen Handlungsschnelligkeit und zum anderen die Unterschiede in den verwendeten linearen Streckenlängen sein. 15 Sportstudierende absolvierten drei Testverfahren, bestehend aus dem 100-m-Linearsprint und zwei Schnelligkeitstests mit Richtungswechseln. Die Ergebnisse lassen einen moderaten Zusammenhang zwischen der Linearschnelligkeit und den unterschiedlichen Schnelligkeitsleistungen mit Richtungswechseln erkennen. Weitere Replikationsstudien in unterschiedlichen Alters- und Leistungsklassen sowie unterschiedlichen Sportarten sind angezeigt, um empirisch fundierte Handlungsempfehlungen formulieren zu können.

Schlüsselwörter: Agilität, Gewandtheit, Korrelationsstudie

In der trainingswissenschaftlichen Literatur wird kontrovers diskutiert, inwieweit bzw. unter welchen Randbedingungen Zusammenhänge zwischen linearen Schnelligkeitsleistungen (Linearschnelligkeit) und Schnelligkeitsleistungen mit Richtungswechseln (Richtungswechselschnelligkeit) bestehen. Einerseits legen die Strukturmodelle Zusammenhänge zwischen Linearschnelligkeit und Richtungswechselschnelligkeit nah (Brack, 2002), andererseits wird von weitgehend unabhängigen Schnelligkeitsdimensionen bzw. -qualitäten ausgegangen (Salaj & Markovic, 2011; Young,

Farrow, Pyne, McGregor & Handke, 2011; Young, McDowell & Scarlett, 2001). In der angewandten Trainingswissenschaft sollten Trainingsempfehlungen auf der Grundlage empirischer Untersuchungen und weniger auf Plausibilitätsüberlegungen formuliert werden. Hierbei zeigt sich mit Bezug auf die Frage nach dem Zusammenhang von Linearschnelligkeit und Richtungswechselschnelligkeit, dass zum einen Testverfahren mit unterschiedlichen Streckenlängen und andererseits mit unterschiedlichen Bewegungsfertigkeiten bzw. unterschiedlichen Bewegungsaufgaben verwendet werden. Daher kann es auch nicht überraschen, dass divergierende Befunde aus wahrscheinlich unterschiedlichen Gründen vorliegen. Des Weiteren wurden weitgehend nur einzelne Tests zur Linearschnelligkeit mit einzelnen Tests zur Richtungswechselschnelligkeit in Beziehung gesetzt, so-

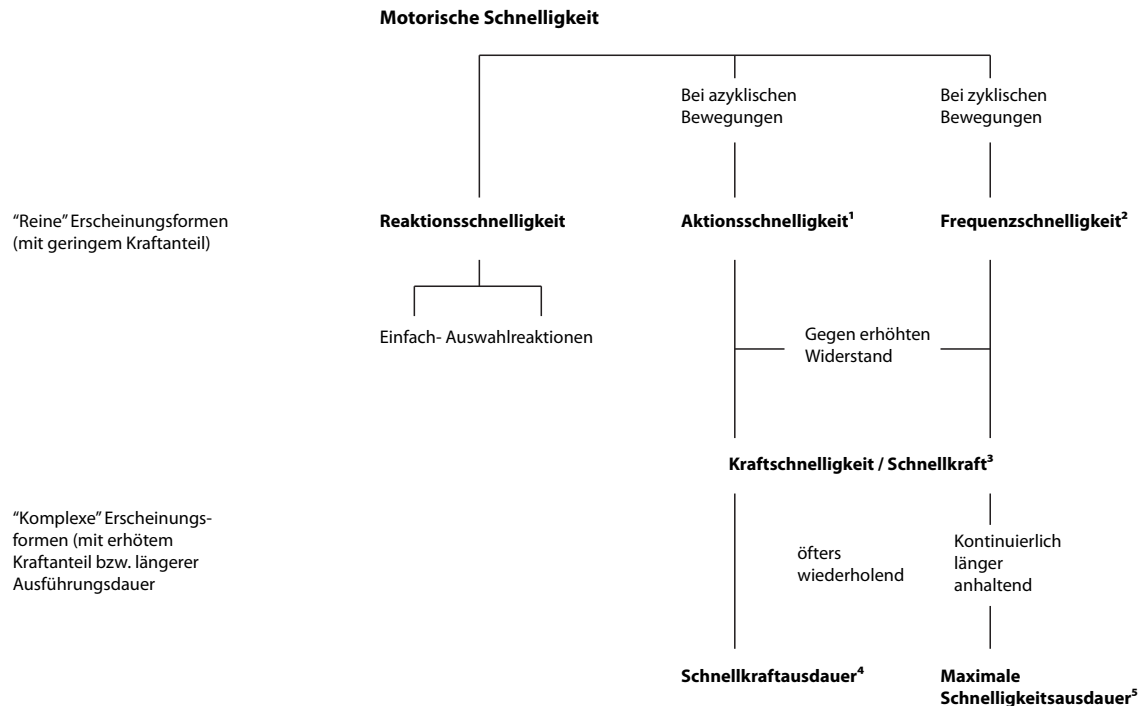
Kontakt: Fakultät Sport, Hochschule für Gesundheit & Sport, Technik & Kunst, Vulkanstraße 1, 10367 Berlin, Mell.Schulz@gmx.de

dass auch die Beziehung zwischen einzelnen Test zur Linearschnelligkeit und unterschiedlichen Tests zur Richtungswechselschnelligkeit untereinander überwiegend ungeklärt ist. Im Rahmen einer quasi-experimentellen Feldstudie werden diese differenzierten Aspekte empirisch untersucht und trainingspraktische Konsequenzen generiert.

Unterscheidung von linearen Sprints und Sprints mit Richtungswechseln im Kontext der Handlungsschnelligkeit

Die Bedeutung der Handlungsschnelligkeit spiegelt sich insbesondere in den Sportarten Fußball, Tennis, Handball, Basketball oder Rugby wider. Innerhalb der Laufstrecken bis 30 m, welche mit hohen bis maximalen Geschwindigkeiten absolviert werden, wird im Wesentlichen über Ballgewinn oder Ballverlust entschieden (Berschin & Hartmann, 2011). Neben den linearen Schnelligkeitsleistungen müssen sich Spielerinnen und Spieler ständig und blitzschnell mit dem mehrfachen Bezugssystem Gegner, Ziel, Spielraum und Mitspieler auseinandersetzen. Die situativen Bedingungen sind dabei nicht nur komplex, sondern variieren ständig innerhalb weniger Sekunden (Roth, 1989). Während des Spiels sind neben der spezifischen Situationswahrnehmung, -analyse und -antizipation auch die Leistungen wie Erarbeitung von Strategien, Flexibilität, Gedächtnisleistung oder Spielfreude zu berücksichtigen. Zur gedanklichen Problemlösung der situationsspezifischen Spielaufgabe wählt der Spieler zwischen bereits bekannten und schon beherrschten Handlungen aus („geistiges Durchspielen verschiedener Lösungen“). Auf dessen Grundlage trifft der Athlet seinen Entschluss, den es motorisch schnell, spielentscheidend und oder „taktisch klug“ umzusetzen gilt (Roth, 1989). Diese Handlungsschnelligkeit wird in der Sport- und Trainingswissenschaft auch als: „... a rapid whole-body movement with change of velocity or direction in response to a stimulus.“ (Sheppard & Young, 2006, S. 922) definiert. Im Strukturmodell der Handlungsschnelligkeit werden die motorische und die kognitiv-perzeptuelle Komponente sowie operationalisierte Teilkomponenten, z. B. lineare Schnelligkeit unterschieden. Die lineare Schnelligkeit nimmt sowohl im trainingspraktischen Alltag von Sportlern als auch im Wettkampf eine bedeutende Stellung ein, zumal sich auch die Schnelligkeitsanforderungen positionsspezifisch unterscheiden können. Um festzustellen, welche Form des Schnelligkeitstrainings für einen Sportler geeignet ist, sollte eine exakte und individuelle Analyse der charakteristischen Schnelligkeitsanforderung im Kontext zur Sportart erfolgen. Die elementare Schnelligkeit setzt sich aus Reaktions-, Aktions- (bei azyklischen Bewegungen) und Frequenzschnelligkeit (bei zyklischen Bewegungen) zusammen (Abb.1) und mündet in die für Sportler entscheidende Handlungsschnelligkeit (Schiffer, 1993). Folglich sollte die Generierung von Linearschnelligkeit auch der Verbesserung von Schnellig-

keitsleistungen mit Richtungswechseln (COD) dienen. Brack (2002) definiert die elementare zyklische und azyklische Schnelligkeit als wesentliche Grundlage für die Handlungsschnelligkeit. Stewart, Turner und Miller (2012) beziehen sich innerhalb ihrer Studie zur Handlungsschnelligkeit unter anderem auf Erkenntnisse von Young et al. (2001), Little und Williams (2005) und Jeffreys (2006), wobei die Autoren schlussfolgern, dass sich ein Linearschnelligkeitstraining nicht auf Schnelligkeitsleistungen mit Richtungswechseln in den Sportspielen übertragen lässt. Anhaltspunkte hierfür sehen sie in der unterschiedlichen Ausprägung der Sprinttechnik, welche bei Schnelligkeitsleistungen mit Richtungswechseln nicht dem Bewegungsmuster linearer Schnelligkeitsleistungen entspricht. Das optimale Bewegungsmuster der Linearschnelligkeit setzt sich aus dem Verhältnis von Schrittlänge, Schrittfrequenz und Koordination von Teilbewegungen zusammen, was innerhalb kurzer, linearer Sprintstrecken in den Sportarten nicht zur vollständigen Entfaltung kommen kann (Sayers, 1998). So verdeutlichen Berschin und Hartmann (2011), dass das Konstrukt der Handlungsschnelligkeit eine relativ unabhängige motorische Dimension ist, die weder mit der maximalen Laufgeschwindigkeit noch mit der Antrittsschnelligkeit korreliert. In Anlehnung an Speicher, Kleinöder, Klein, Schack und Mester (2006) sowie Sheppard und Young (2006) sind auf der kognitiv-perzeptuellen Ebene (Abb. 2) die beiden Faktoren Wahrnehmung und Entscheidungsverhalten (perceptual and decision-making factors) relevant. Darunter werden Gedächtnisleistungen hinsichtlich dem Wissen um sportartspezifische Situationen (knowledge of situations), das Wiedererkennen von Bewegungsmustern (pattern recognition) in Abhängigkeit zur Reaktions-, Entscheidungs- und Wahrnehmungszeit sowie das visuelle Erkennen (scanning) und die Antizipation (anticipation) subsummiert. Die Handlungsschnelligkeit besteht auf der motorischen Ebene zuvorderst aus Schnelligkeitsleistungen mit Richtungswechseln (change of direction). Brughelli, Cronin, Levin und Chaouachi (2008) beschreiben Schnelligkeitsleistungen mit Richtungswechseln als Bewegungen, die keiner Stimuli bedürfen, um ausgeführt zu werden. Sie sind vorgeplante, geschlossene, teilweise einstudierte Bewegungshandlungen mit Geschwindigkeits- und Richtungswechseln. Als relevante Komponenten für Richtungswechsel sind die trainierbaren Teilkomponenten der Reaktivkraft, der konzentrischen Maximalkraft (reactive and concentric strength) als auch eine beidseitig ausgeglichene Beinmuskulatur aufgeführt (bilateral muscles). Darüber hinaus erwähnen Sheppard und Young (2006) in Anlehnung an Young, James und Montgomery (2002) anthropometrische Voraussetzungen des Sportlers (anthropometry) einschließlich der Sprinttechnik (technique) und die lineare Laufgeschwindigkeit (straight sprinting speed). Berschin und Hartmann (2011) verweisen in Anlehnung an Young et al. (2002) darauf, dass Bewegungsabläufe des Richtungswechsels ein



Synonyma:

1 Bewegungsschnelligkeit; 2 Bewegungsfrequenz; Schnellkoordination, Grundschnelligkeit; 3 Beschleunigungsfähigkeit, Antrittsschnelligkeit; 4 Beschleunigungsausdauer; 5 Sprintausdauer, Frequenzschnelligkeitsausdauer, allgemeine anaerobe Kurzeitdauer, Sprintschnelligkeit- und Geschwindigkeitsausdauer

Abbildung 1. Die motorische Schnelligkeit und ihre Unterteilungen (Schiffer, 1993, S. 6)

besonderes Maß an Beschleunigungsvermögen sowie eine ausgeprägte Kontrolle von Extremitätenstellung und Gleichgewichtssteuerung erfordern. Die Affinität zur Reaktivkraft zeigen Young et al. (2002), wobei sie gleichzeitig hervorheben, dass die reaktive Kraft bei Richtungswechseln komplexer als bei reaktiven Sprüngen ist. Die Richtungswechselschnelligkeit ist demnach zusätzlich von der Ausgangsgeschwindigkeit, des Winkels der Richtungsänderung und der Drehrichtung abhängig. Weiterhin konstatieren sie, dass Richtungswechsel schneller in die Richtung durchgeführt werden, in die das Abstoßbein bessere Reaktivkrafteigenschaften aufweist (unilaterale Reaktivkraft).

Training und Diagnostik der Linear- und Richtungswechselschnelligkeit

Brughelli et al. (2008) konnten in einer sechswöchigen Studie nachweisen, dass lineare Sprinttrainingsprogramme keine signifikanten Veränderungen in der Richtungswechselschnelligkeit der Athleten herbeiführten:

„The sprint-trained group significantly improved sprint times, but did not significantly im-

prove COD times. Conversely, COD training improved COD times, but did not significantly improve sprint times. The conclusion was that sprint training and COD training were specific and do not readily transfer to each other.”

(Brughelli et al., 2008, S. 1057)

Keiner, Sander, Wirth und Schmidtbleicher (2013) konnten nach einer zweijährigen Testphase mit 112 Fußballspielern im Alter zwischen 13 und 18 Jahren signifikante Verbesserungen der Schnelligkeitsleistungen mit Richtungswechseln durch die zusätzliche Durchführung eines Maximalkrafttrainings zum normalen Fußballtraining nachweisen. McBride, Triplett-McBride, Davie und Newton (2002) fanden nach einem achtwöchigen zusätzlichen Sprungkrafttraining signifikante Verbesserungen hinsichtlich Schnelligkeitsleistungen mit Richtungswechseln. Zur Überprüfung der Handlungsschnelligkeit, z. B. in den Sportsportarten, in denen es keine geschlossenen Fertigkeiten gibt und welche von ständigen taktisch-technischen Veränderungen geprägt sind, muss neben der sportmotorischen auch die kognitiv-perzeptuelle

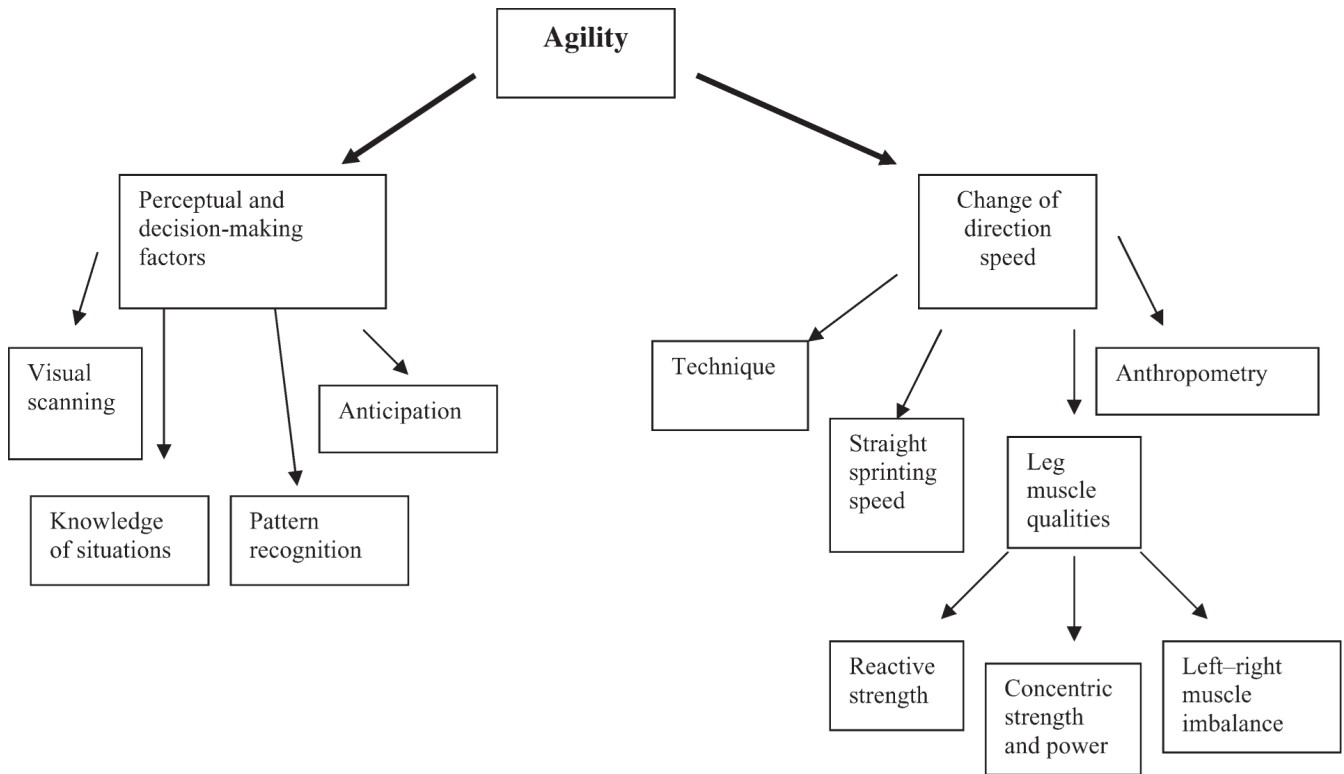


Abbildung 2. Komponenten der Handlungsschnelligkeit (Sheppard & Young, 2006, S. 921)

Ebene einbezogen werden. Nach Pabst, Büsch, Eppelmann und Heuberger (2011) werden Testverfahren zur Handlungsschnelligkeit als bedeutsame Prädiktoren für sportspielspezifische Leistungen betrachtet. Jedoch erweisen sich viele so genannte „Agilitytests“ auf der Konstrukt- und Testebene als unzureichend, z. B. der Illinois-Agility-Test, der Hexagon-Test bzw. der Quadrant-Sprung-Test, der Harres-Test, der 5 x 10-m-Sprint-Test, der Line-Drill-Test, der T-Test und der 505-Agility-Test (Lloyd, Read, Oliver, Meyers & Nimphius, 2013). Die aufgeführten Testverfahren überprüfen entgegen dem Konstrukt weitgehend standardisierte, vorgeplante Ausführungsbedingungen, sogenannte geschlossene Fertigkeiten (closed skills). Offene Fertigkeiten (open skills) und damit Einzel- und Wahlreaktionsaufgaben können mittels der Test-Standardvarianten nicht generiert werden, sodass man im deutschsprachigen Raum für diese Tests den Begriff Gewandtheit bzw. Gewandtheitstest (agility tests) verwenden sollte. Demgegenüber existieren bisher erst wenige zufriedenstellende objektive, reliable und valide sportmotorische Tests zur Handlungsschnelligkeit (reactive agility), die die Testgütekriterien der kognitiv-perzeptuellen Ebene hinreichend erfüllen (Carlon, Young, Berry & Burnside, 2013; Krause, Wörle, Brack & Albeck, 2012; Meir, Holding, Hetherington & Rolfe, 2013; Oliver & Meyers, 2009; Pabst, Büsch et al., 2011; Pabst, Eppelmann & Büsch, 2011). Dabei ist zusätzlich zu beachten, dass bessere Entscheidungsleis-

tungen von Profispielern bzw. Experten nicht durch frühzeitigeres Reagieren zustande kommen, sondern dass ihnen für ihre Reaktionen mehr Zeit zur Verfügung steht (Blischke & Munzert, 2003). Dennoch kann auch gezeigt werden, dass leistungsstärkere Spieler bessere Perzeptions- und Entscheidungsleistungen als jüngere und leistungsschwächere Spieler aufweisen. Für die eigene Studie ist es daher notwendig, die im Modell von Sheppard und Young (2006) bezeichneten kognitiv-perzeptuellen Faktoren auszuschließen, um den Zusammenhang zwischen Schnelligkeitsleistungen mit Richtungswechseln und linearer Schnelligkeit untersuchen zu können. Die Forschungsüberlegungen der Studie beruhen somit auf der Annahme, dass durch die Verwendung geschlossener Bewegungsfertigkeiten, z. B. durch das Ausbleiben eines Stimulus als Auslöser einer sportlichen Bewegungshandlung die motorischen Handlungsprogramme weitgehend automatisch ohne Einfach- und Wahlreaktionskomponenten ausgeführt werden (Pabst, Büsch et al., 2011). Folglich sollte zwischen der Richtungswechselschnelligkeit und der Linearschnelligkeit ein Zusammenhang nachzuweisen sein. Insbesondere sollten sich höhere Zusammenhänge zwischen der Beschleunigungsphase im 100-m-Linearsprint und unterschiedlichen Gewandtheitstests nachweisen lassen. Des Weiteren sollten sich moderate Zusammenhänge zwischen der maximalen Geschwindigkeit im 100-m-Linearsprint und den unterschiedlichen Gewandtheitstests sowie zwischen den un-

terschiedlichen Gewandtheitstests per se eruieren lassen.

Methode

Aufgrund des trainingspraktischen Settings, in der die Studie stattfand, ist von ausreichender Praxisnähe, ferner einer hohen externen Validität auszugehen. Obgleich die externe Validität sehr differenziert beurteilt wird, z. B. [Hager, Spies und Heise \(1991\)](#) und [Westermann \(1987\)](#), so erscheint sie für Untersuchungen einer angewandten Trainingswissenschaft unabdingbar.

Probanden

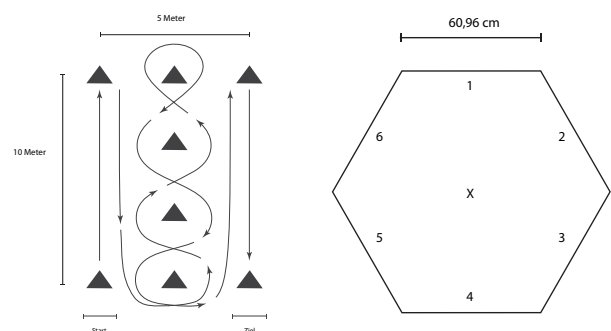
An der Studie nahmen 21 Sportstudierende der H:G Hochschule für Gesundheit & Sport, Technik & Kunst, Berlin freiwillig teil. Keiner der Probanden hatte zum Durchführungszeitpunkt der Analyse neuromuskuläre oder muskuloskelettale Beschwerden. Sämtliche Studierende wurden vorab über den Testablauf informiert und gaben ihr Einverständnis zur Erhebung und Weiterverarbeitung der ermittelten Daten. Von insgesamt 21 Probanden konnten 15 männliche Sportstudierende ($23,87 \pm 3,14$ Jahre) für die Auswertung berücksichtigt werden.

Testverfahren Linearsprint 100 m

Die Erfassung der 100-m-Sprintzeiten erfolgt mittels Lichtschranke (LS100). Der Sprintstart wird selbstständig aus dem Hochstart ausgeführt. Beim ersten Überqueren der Startmarkierung setzt die Lichtschrankenmessung ein und stoppt nach dem vollständigen Durchlaufen der 100-m-Sprintstrecke. Insgesamt erhalten die Probanden zwei 100-m-Sprintversuche, welche in der Auswertung gemittelt werden. Die ersten 10 m der Beschleunigungsphase des Linearsprints sind zusätzlich in zwei 5-m-Abschnitte (LS5 und LS10) unterteilt. Die weiteren Durchgangszeiten werden anschließend nur noch alle 10 m erfasst. Dadurch ergeben sich vergleichbare Streckenabschnitte für die Gewandtheitstests. Die Zeiten des 10-m-Linearsprints eignen sich, um den Zusammenhang zur Beschleunigungsphase des Illinois-Agility-Tests herzustellen. Diese beträgt ebenfalls 10 m, wenngleich die Bewegungshandlungen, durch die Vorgabe der Pylonen, immer wieder abzubremsen und neu zu beschleunigen, voneinander abweichen. Der Illinois-Agility-Test erstreckt sich insgesamt auf eine Länge von 60 Metern, so dass die 60-m-Teilzeiten des Linearsprints (Phase der maximalen Geschwindigkeit, LS60) als weitere Referenzstrecke zweckdienlich sind. Die Differenzierung der Teilzeiten sowie die qualitative Abgrenzung in Beschleunigung und lineare Schnelligkeitsleistungen (Frequenzschnelligkeit) findet in vielen Sportarten Anwendung und stellt eine gängige Form der Leistungsdiagnostik dar. Die strukturelle Aufschlüsselung dient der wirksamen Trainingsgestaltung und Festlegung spezifischer Trainingsmethoden ([Hess, 1991](#)).

Der Illinois-Agility-Test

Der Illinois-Agility-Test (IAT) lässt sich zur Überprüfung von schnellen, geplanten Richtungswechseln in gleichzeitiger Relation zum Technik- und Geschwindigkeitsverlauf bei kurzen geradlinigen Sprintabschnitten verwenden. Insbesondere auf den ersten 10 Metern des Testparcours kommt die lineare Sprintschnelligkeit der Probanden zum Ausdruck. Weiterhin können die technischen Fertigkeiten beim An- und Umlaufen der Pylonen sowie das wiederholte Beschleunigen nach den Pylonen registriert werden. Das Testverfahren eignet sich vorwiegend für Sportsportarten wie Fußball, Handball, Basketball oder Rugby, in denen aus dem Linearsprint heraus schnelle Richtungswechsel erfolgen müssen (Abb. 3(a)). Allgemeine Standards und Normen für Ge-



(a) Illinois-Agility-Test ([Roozen, 2004, S. 5](#)) (b) Hexagon-Test ([Roozen, 2004, S. 6](#))

Abbildung 3. Agility Testverfahren

wandtheitstests werden eingehalten ([Roozen, 2004](#)). Darüber hinaus sind die Kriterien unserer Überlegungen, d. h. planbare Richtungswechsel durch die feststehenden Pylonen, in ausreichendem Maß gegeben. Zur Durchführung des IAT benötigt man eine Stoppuhr, ein Maßband, acht Pylonen und einen rutschfesten Untergrund z. B. Tartanbelag. Die Pylonen werden hierfür in einem Rechteck von 10 Metern in der Länge und 5 Metern in der Breite aufgestellt. Die jeweils erste und letzte Pylone (A und D) markieren den Start und Zielbereich. Die Pylonen B und C geben die weiteren Endpunkte des Testareals vor. Die übrigen Pylonen (Nummer 1 bis 4) stehen geradlinig in der Mitte des Testabschnittes in einem Abstand zu je 3 Metern. Der Athlet beginnt seinen ersten Versuch, indem er vorab bäuchlings, mit dem Kopf an der Startlinie und die Hände flach auf dem Boden liegt. Nach einem selbstständigen Start absolviert der Proband die ersten 10 Meter von Pylone A zu Pylone B so schnell wie möglich. Er umläuft die Pylone B, sprintet weiter zu Pylone 1 und umläuft anschließend die Kegel 1 bis 4 (tangent run), um diese erneut in umgekehrter Richtung slalomförmig von Kegel 4 zu 1 zu umlaufen. Nach der Umrundung von Kegel 1 sprintet der Sportler zu Pylone C und abschließend

die letzten 10 Meter bis zur Ziellinie. Die Zeit des Athleten wird ab der ersten Startbewegung gestoppt und endet sobald die letzte Pylone (D) erreicht ist (Dawes & Roozen, 2011). Der Mittelwert von jeweils zwei Testversuchen fließt in die Analyse ein.

Der Hexagon-Test

Die Anforderungen zur Ausführung des Hexagon-Tests (Abb. 3(b)) sind primär die Balancekontrolle zwischen Oberkörper und unteren Extremitäten. Des Weiteren wird auf die Gestaltung des Fußaufsatzes geachtet, da dieser die Körpermasse während der Aktionen effektiv abbremst und beschleunigen muss (Dawes & Roozen, 2011). In Sportarten, in denen schnelle Richtungswechsel in Verbindung mit relativ hohen Krafteinwirkungen und der Oberkörperkontrolle erforderlich sind, kann so das Reaktivkraftvermögen der Fuß- und Beinmuskulatur qualitativ abgeschätzt werden. Das Springen im und gegen den Uhrzeigersinn lässt Rückschlüsse auf die Ausgeglichenheit der Bein- und Sprungkraft der Sportler zu. Zur Erstellung des HT benötigt man ein Maß- und Klebeband, um die Seiten des Sechsecks gleichmäßig zu vermessen und am Boden zu markieren. Jede Seite hat dabei eine Länge von 60,5 cm, wobei alle sechs Innenwinkel je 120 Grad betragen müssen. Zum Messen der Zeiten dient eine Stoppuhr. Der Proband steht zu Beginn in der Mitte des Sechsecks und schaut auf Linie 1. Parallel zur ersten Startbewegung des Athleten, die er selbstständig festlegen kann, stoppt der Versuchsleiter die Zeit. Der Sportler springt beidbeinig über die erste Linie (Linie 1) aus dem Hexagon heraus. Danach springt er wieder in die Mitte zurück. Auf diese Art und Weise steuert er weiterführend die Linien zwei, drei, vier, fünf und sechs jeweils von der Mitte des Hexagons an. Dies geschieht ununterbrochen, insgesamt drei Runden. Die Zeitmessung endet in der Ausgangsposition des Sechsecks, sobald alle Runden ohne die Markierung zu berühren oder eine Linie auszulassen, vollständig und korrekt gesprungen wurden. Andernfalls muss der Testvorgang wiederholt werden. Der Hexagon-Test wird zweimal im Uhrzeigersinn und zweimal gegen den Uhrzeigersinn durchgeführt. Der Mittelwert der insgesamt vier gültigen Versuche kommt in die Auswertung. Der Test entspricht gleichfalls den allgemeinen Normen und Standards für Gewandtheitstests (Roozen, 2004).

Untersuchungsplanung

Der Testzeitraum erstreckte sich von 18:30 bis 21:00 Uhr, sodass die Teilnehmer in drei Gruppen aufgeteilt wurden. Folglich fanden der Illinois-Agility-Test (IAT), der Hexagon-Test (HT) und der Linearsprint (LS) nacheinander, jedoch in randomisierter Reihenfolge auf einer herkömmlichen Tartanlaufbahn mit jeweils zwei Wertungsdurchläufen statt. Die Studenten erwärmten sich vor Beginn der Überprüfungen 10 Minuten selbstständig. Zwischen den Versuchen erhielten die

Studenten 10 Minuten Zeit, um eine weitgehende Wiederherstellung zwischen den Testversuchen zu gewährleisten.

Datenanalyse

Die statistische Analyse der Daten erfolgte über Produkt-Moment-Korrelationen und wurde mit dem Softwareprogramm R 3.0.1 (2013) durchgeführt. Aufgrund der kleinen Stichprobe wurden die r-Koeffizienten über die für praktische Zwecke angemessenen 90%-Konfidenzintervalle (Bühner, 2006; Huber, 1973) „abgesichert“. Die Einschätzung der praktischen Bedeutsamkeit des Korrelationskoeffizienten orientiert sich an den Konventionen von Cohen (1988), wonach ein kleiner Effekt bei $|r| = 0,10$, ein mittlerer oder moderater Effekt bei $|r| = 0,30$ und ein großer Effekt bei $|r| = 0,50$ gegeben wäre. Die Teststärken der Einzelprüfungen wurden post hoc mit GPower 3.1.3 (2010) berechnet und darüber die Stichprobengrößen für weiterführende konfirmatorische Untersuchungen bestimmt. Zur Auswertung wurden die Mittelwerte der Sprintzeiten über 5 m, 10 m, 60 m und der beiden Gewandtheitstests herangezogen. Die Normalverteilung der Daten wurde test- und durchgangsweise geprüft und kann als gegeben vorausgesetzt werden. Die kritische Irrtumswahrscheinlichkeit wurde a priori auf $\alpha = 0,05$ festgelegt.

Ergebnisse

Für die Schnelligkeitsleistungen innerhalb des Hexagon-Tests und der Referenzstrecke über 5 m des Linearsprints ist die Beschleunigung maßgeblich relevant, sodass wir einen großen Zusammenhang für $r_{LS5 \text{ vs. HT}} \geq 0,5$ erwartet haben. Der prognostizierte Zusammenhang konnte empirisch nicht bestätigt werden ($r_{LS5 \text{ vs. HT}} = -0,09$, KI90%: $-0,50 - 0,35$, $1 - \beta = 0,09$, so dass die empirische Hypothese zurückgewiesen wird (Tab. 1). Aufgrund dessen, dass die 10 m des Linearsprints mit der ersten Beschleunigungsphase des Illinois-Agility-Tests übereinstimmt, allerdings kurz vor Pylone B bereits wieder abgebremst werden muss, haben wir zwischen der 10-m-Testzeit des Linearsprints und dem Illinois-Agility-Test einen mittleren Zusammenhang für $r_{LS10 \text{ vs. IAT}} \geq 0,3$ erwartet. Der postulierte Zusammenhang konnte empirisch bestätigt werden ($r_{LS10 \text{ vs. IAT}} = 0,61$, $1 - \beta = 0,82$, sodass die empirische Hypothese beibehalten werden kann (Tab. 1). Für weiterführende Studien wird jedoch der breite Vertrauensbereich (KI90%: $0,24 - 0,82$) zu berücksichtigen sein. Außerdem muss die Stichprobe bei einer Teststärke von $1 - \beta = 0,95$ und einer kritischen Irrtumswahrscheinlichkeit von $\alpha = 0,05$ (Kriterium der Testfairness) auf $N = 111$ vergrößert werden. Die Richtungs- und Geschwindigkeitswechsel, die sich durch die feststehenden Pylonen innerhalb des Illinois-Agility-Tests ergeben, verlangen eine anspruchsvolle Sprinttechnik. Darüber hinaus lässt die Länge der IA-Tests über 60 Meter keine kontinuierliche

Tabelle 1

Korrelationskoeffizienten und 90-%-Konfidenzintervalle

Vergleich	Erwarteter Korrelationskoeffizient (p)	Empirischer Korrelationskoeffizient (r)	$r_{KI90\%}$	Teststärke $1 - \beta$
LS_5 vs. HT	$p \geq 0,50$	$r = -0,09$	$-0,50 - 0,35$	0,09
LS_{10} vs. IAT	$p \geq 0,30$	$r = 0,61$	$0,24 - 0,82$	0,82
LS_{60} vs. IAT	$p \geq 0,30$	$r = 0,63$	$0,29 - 0,83$	0,85
HT vs. IAT	$p \leq 0,29$	$r = 0,25$	$0,19 - 0,61$	0,23

Geschwindigkeitsentwicklung zu, sodass wir einen mittleren Zusammenhang von $r_{LS60 \text{ vs. IAT}} \geq 0,3$ für den Vergleich der 60-m-Zeit des Linearsprints mit der Gesamtzeit des Illinois-Agility-Testverfahrens erwartet haben. Die empirische Prüfung dokumentiert einen großen praktisch bedeutsamen Zusammenhang ($r_{LS60 \text{ vs. IAT}} = 0,63$, $1 - \beta = 0,85$, sodass die empirische Hypothese bestätigt wird (Tab. 1). Allerdings ist auch hier der breite Vertrauensbereich (KI90%: $0,29 - 0,83$) sowie bei Testfairness eine vergrößerte Stichprobe mit $N = 36$ für weiterführende Studien zu berücksichtigen. Aufgrund der unterschiedlichen Bewegungsaufgaben und Bewegungsfertigkeiten haben wir abschließend einen geringen Zusammenhang ($r_{HT \text{ vs. IAT}} \geq 0,29$) zwischen den beiden Gewandtheitstests erwartet. Diese Vorhersage konnte empirisch bestätigt werden ($r_{HT \text{ vs. IAT}} = 0,25$, KI90%: $-0,19 - 0,61$, $1 - \beta = 0,24$, siehe 1), sodass die empirische Hypothese beibehalten werden kann. Für eine weitere Studie zum erwarteten Effekt wäre bei Testfairness allerdings eine Stichprobengröße von $N = 1073$ zu untersuchen.

Diskussion

Das Ziel dieser Untersuchung bestand in der Prüfung des Zusammenhangs zwischen linearen Schnelligkeitsleistungen und Schnelligkeitsleistungen mit Richtungswechseln. Zudem gingen wir der Frage nach, welche Beziehung zwischen den Tests zur Richtungswechselschnelligkeit untereinander besteht. In der Studie konnten wir den zuvor postulierten moderaten Zusammenhang zwischen den 10-m als auch den 60-m-Sprintzeiten in Referenz zum Illinois-Agility-Test bestätigen. Trotz der identischen Streckenlängen von jeweils 60 Metern im Linearsprint und dem Illinois-Agility-Test bzw. wiederholt auftretender linearer 10-m-Sprintabschnitte gingen wir von einer mittleren Korrelation aus. Unsere Überlegungen basierten auf der Annahme einer verminderten linearen Sprinttechnik der Probanden, sodass z.B. längere Bodenkontaktzeiten, eine nicht optimale Schrittlänge oder Fehlstellungen in der Beinachse hieraus resultieren. Auffällig war jedoch, dass die Ergebnisse einen großen Zusammenhang erkennen ließen, wenngleich die Vertrauensintervalle der 10-m- und 60-m-Zeiten als sehr breit zu betrachten sind. Aufgrund dessen werden Replikationsstudien angezeigt, die sowohl weitere Spezifikationen zur Validitätsverbesserung (Westermann, 2000) als auch größere Stichproben mit einbeziehen. Eine Erklärung der hohen Korrelatio-

nen könnte durch die feststehenden Pylonen bedingt sein. Die definierten Richtungswechsel wurden anscheinend relativ schnell durch die lineare Schnelligkeit der Athleten kompensiert. Wir vermuten, dass aufgrund der Sprinttechnikdefizite der Probanden im 100-m-Linearsprint keine erhebliche Beschleunigungsleistung in der Phase des sogenannten Pick-Up (LS_{10-30}) entwickelt werden konnte. Folglich würde sich auch kein gravierender Unterschied zwischen der linearen Beschleunigungsleistung (LS_{10}) und der Leistung in den Beschleunigungsabschnitten des Illinois-Agility-Tests ergeben. Die Hypothese eines geringen Zusammenhangs zwischen dem Hexagon-Test und dem Illinois-Agility-Test wurde bestätigt. Jedoch musste die Vermutung eines großen Zusammenhangs zwischen dem Hexagon-Test und den 5-m-Sprintzeiten zurückgewiesen werden. Die Reaktivkrafteigenschaften der unteren Extremitäten, welche in der Beschleunigungsphase des 5-m-Linearsprints bedeutsam sind, werden zur Bewältigung des Hexagon-Tests in Form reaktiver Sprungkraft, weniger als die lineare Sprinttechnik eingesetzt, sodass von anderen Bewegungsqualitäten auszugehen ist. Darüber hinaus wird von den Teilnehmern der Studie ein hoher Ausprägungsgrad der Bewegungskoordination bzw. Bewegungstechnik zur Bewältigung des Hexagon-Tests gefordert. Neben der Kontrolle der Fußstellung in Verbindung zur Gleichgewichtssteuerung des Oberkörpers benötigten sie zusätzlich ein hohes Maß an Konzentration, um die Aufgabe schnell und fehlerfrei ausführen zu können. Sowohl die Qualität der Bewegungskoordination als auch die Ausprägung psychischer Leistungskomponenten werden in weiteren Studien zu berücksichtigen sein, um die Sekundärvarianz und damit die Validität zu verbessern. Die Ergebnisse spiegeln den divergenten Stand der Forschung wider. Unsere „Plausibilitätsüberlegungen“ bzw. „Übertragungsspekulationen“ (Roth, 1989) hinsichtlich der linearen Teilstrecken in Analogie zu den Gewandtheitstests bei den Sportstudierenden können als insgesamt moderat, aber noch nicht ausreichend differenziert beschrieben werden. Inwieweit die Linear- und Richtungswechselschnelligkeit als relativ eigenständige motorische Bewegungsqualitäten angesehen werden sollten (Sheppard & Young, 2006), kann auch auf der Grundlage dieser Studie nicht entschieden werden. Weitere Untersuchungen mit a priori festgelegten Teststärken und Stichprobengrößen sowie die Berücksichtigung weiterer psychischer und bewegungstechnischer Einflussgrößen und

damit auch eine Erweiterung des Modells von Sheppard und Young (2006) sind in diesem Forschungsfeld dringend angezeigt.

Trainingspraktische Konsequenzen

Die zahlreichen Faktoren der motorischen Handlungsschnelligkeit erfordern auch für die Teilkomponenten der Richtungswechselschnelligkeit und die lineare Schnelligkeit separate Trainingsmethoden. Funktionale Bestandteile des Trainings zur Richtungswechselschnelligkeit könnten bspw. kurzzeitige Auftaktbewegungen, Richtungsänderungs-, Beschleunigungs- bzw. Abbremsmanöver bei einfachen Slalomläufen darstellen. Das Training ist dabei konkret auf die zu verbessernde Sportart auszurichten. So werden die sportartspezifischen Bewegungs- und Strukturmuster der Richtungswechselschnelligkeit gezielt geschult und können im Wettkampf, unter wettkampfhähnlichen oder wettkampfnahen Bedingungen implizit abgerufen bzw. ausgeführt werden. Mit bestimmten Messsystemen, z. B. dem „Speed-Court“ (Pabst, Büsch et al., 2011; Pabst & Büsch, 2012) oder dem „Footbonaut“ ist es zusätzlich möglich (Saal, Zinner & Büsch, 2013), die Handlungsschnelligkeit (reactive agility) zu testen, wenngleich eine hohe ökologische Validität zur Sportart aufgrund der unspezifischen Signale bisher weiterhin nur eingeschränkt gewährleistet ist. Dennoch gilt für trainingspraktische Übungen der Handlungsschnelligkeit:

„... if the test stimulus is not adequately specific to the sport setting, then the measurement of response time will not be valid in measuring sporting expertise, because the participant will not necessarily have memory storage that involves the generic stimulus.”

Sheppard & Young (2006, S. 928)

Der Einsatz sportartunspezifischer variabler Trainingsreize empfiehlt sich gleichfalls als technisches Ergänzungstraining. Spezielle Trainingsmittel wie Schnelligkeitsleitern oder das Überspringen von niedrigen Hürden können bereits im Kinder- und Jugendtraining als ein Koordinationstraining eingebaut werden. Zusätzlich empfiehlt sich ein regelmäßig und konsequent durchgeführtes (Maximal-)Krafttraining bereits im Jugendalter (Keiner et al., 2013).

Literatur

- Berschin, G. & Hartmann, M. (2011). Agility-Bedeutung, Training und Testung der Richtungswechselfähigkeit am Beispiel Fußball. *Leistungssport*, 41 (5), 25–28.
- Blischke, K. & Munzert, J. (2003). Antizipation und Automatisierung. In J. Munzert, H. Mechling & K. Blischke (Hrsg.), *Handbuch Bewegungswissenschaft – Bewegungslehre* (S. 157–174). Schorndorf: Hofmann.
- Brack, R. (2002). *Sportspielspezifische Trainingslehre* (Bd. 50). Ahrensburg: Czwalina.
- Brughelli, M., Cronin, J., Levin, G. & Chaouachi, A. (2008). Understanding change of direction ability in sport: a review of resistance training studies. *Sports Medicine*, 38 (12), 1045–1063.
- Bühner, M. (2006). *Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion* (2. Aufl.). München: Pearson Studium.
- Carlson, T., Young, W., Berry, J. & Burnside, D. (2013). Association between perceptual agility skill and Australian football performance. *Journal of Australian Strength and Conditioning*, 21 (1), 42–44.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum Associates.
- Dawes, J. & Roozen, M. (2011). *Developing Agility and Quickness*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Hager, W., Spies, K. & Heise, E. (1991). *Versuchsdurchführung und Versuchsbericht. Ein Leitfaden* (2. überarbeitete und erweiterte Aufl.). Göttingen: Hogrefe.
- Hess, W. D. (1991). Leichtathletik: Sprint-Lauf-Gehen. In H. Gundlach (Hrsg.), *Technik der Top-Athleten* (1. Aufl.). Berlin: Sportverlag.
- Huber, H. P. (1973). *Psychometrische Einzelfalldiagnostik*. Weinheim: Beltz Verlag.
- Jeffreys, I. (2006). Motor learning application of agility. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 28 (5), 72–76.
- Keiner, M., Sander, A., Wirth, K. & Schmidtbleicher, D. (2013). Long term strength training effects on change-of-direction sprint performance. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 27 (2), 357–362.
- Krause, K., Wörle, M., Brack, R. & Albeck, T. (2012). Entwicklung und Prüfung eines Testverfahrens zur Messung der fußballspezifischen Handlungsschnelligkeit. *Leistungssport*, 42 (6), 45–52.
- Little, T. & Williams, A. (2005). Specificity of acceleration, maximum speed, and agility in professional soccer players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19 (1), 76–78.
- Lloyd, R. S., Read, P., Oliver, J. L., Meyers, R. W. & Nimphius, S. (2013). Considerations for the development of agility during childhood and adolescence. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 35 (3), 2–11.
- MCBride, J. M., Triplett-McBride, T., Davie, A. & Newton, R. U. (2002). The effect of heavy- vs. light-load jump squats on the development of strength, power, and speed. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 16 (1), 75–82.
- Meir, R., Holding, R., Hetherington, J. & Rolfe, M. (2013). Impact of sport specific and generic visual stimulus on a reactive agility test while carrying a rugby ball. *Journal of Australian Strength and Conditioning*, 21 (1),

45–49.

- Oliver, J. & Meyers, R. W. (2009). Reliability and generality of measures of acceleration, planned agility and reactive agility. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 4, 345–354.
- Pabst, J. & Büsch, D. (2012). Agilitätstest zur Diagnostik der Handlungsschnelligkeit im Handball. In S. König, D. Memmert & M. Kolb (Hrsg.), *Sport-Spiel-Unterricht* (S. 173–174). Berlin: Logos.
- Pabst, J., Büsch, D., Eppelmann, F. & Heuberger, M. (2011). Diagnostik und Training der Handlungsschnelligkeit. *Handballtraining*, 33 (11), 37–39.
- Pabst, J., Eppelmann, F. & Büsch, D. (2011). Entwicklung und Evaluation eines handballspezifischen Agilitätstests. In K. Hottenrott, O. Stoll & R. Wollny (Hrsg.), *Kreativität-Innovation-Leistung. Wissenschaft bewegt Sport bewegt Wissenschaft. 20. dvs-Hochschultag Halle 21. – 23. September 2011. Abstracts* (S. 314). Hamburg: Czwalina.
- Roozen, M. (2004). Action-reaction: Illinois agility test. *NSCA Performance Training Journal*, 3 (5), 5–6.
- Roth, K. (1989). *Taktik im Sportspiel*. Schorndorf: Hofmann.
- Saal, C., Zinner, J. & Büsch, D. (2013). Der Footbonaut als Mess- und Informationssystem im Sportspiel Fußball. *Zeitschrift für Gesundheit & Sport*, 1 (3), 54–61.
- Salaj, S. & Markovic, G. (2011). Specificity of jumping, sprinting, and quick change-of-direction motor abilities. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25 (2), 1249–1255.
- Sayers, M. (1998). Running Techniques for Running Rugby. *New Zealand Coach*, 1–9.
- Schiffer, J. (1993). *Schnelligkeit. Trainingsmethodische, biomechanische, leistungsphysiologische und leistungsdiagnostische Aspekte*. Köln: Sport und Buch Strauß.
- Sheppard, J. M. & Young, W. B. (2006). Agility literature review: Classifications, training and testing. *Journal of Sports Sciences*, 24 (9), 919–32.
- Speicher, U., Kleinöder, H., Klein, G. D., Schack, T. & Meister, J. (2006). Eine Analyse der kognitiven Handlungsschnelligkeit von Handballtorhüterinnen als Basis für eine effektivere Trainingssteuerung. *Leistungssport*, 36 (6), 11–15.
- Stewart, P. F., Turner, a. N. & Miller, S. C. (2012). Reliability, factorial validity, and interrelationships of five commonly used change of direction speed tests. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 1–7.
- Westermann, R. (1987). Wissenschaftstheoretische Grundlagen der experimentellen Psychologie. In G. Lüer (Hrsg.), *Allgemeine experimentelle Psychologie* (S. 5–42). Stuttgart: G. Fischer.
- Westermann, R. (2000). *Wissenschaftstheorie und Experimentalmethodik*. Göttingen: Hogrefe.
- Young, W. B., Farrow, D., Pyne, D., McGregor, W. & Handke, T. (2011). Validity and reliability of agility tests in junior australian football players. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 25 (12), 3399–3403.
- Young, W. B., James, R. & Montgomery, I. (2002). Is muscle power related to running speed with changes of direction? *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 42 (3), 282–8.
- Young, W. B., McDowell, M. H. & Scarlett, B. J. (2001). Specificity of sprint and agility training methods. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 15 (3), 315–309.