

**Die Betrachtung der Schnelligkeit
im Kontext der konditionellen Fähigkeiten
und die Notwendigkeit einer neuartigen Sichtweise
– ein Modellansatz zur Strukturierung der Schnelligkeit**

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor der Philosophie (Dr. phil.)

genehmigt durch die Fakultät
für Geistes-, Sozial- und Erziehungswissenschaften
der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

von: M.A. Mario Damerow
geb. am: 10. Januar 1973 in Stendal

Gutachterin: Prof. Dr. Dagmar Lühnenschloß
Gutachter: Prof. Dr. Jürgen Rode

Eingereicht am: 15.09.2005
Verteidigung der Dissertation am: 30.03.2006

Vorwort

Sei es aus Überlebens- oder aus Interessengründen, der Mensch beschäftigt sich schon seit eh und je mit dem Phänomen schneller Bewegungen. Unter schnellen Bewegungen wird die Fortbewegung im Raum-Zeit-Gefüge mit dem Vorteil einer höheren Geschwindigkeit gegenüber einer Bezugsperson oder einem Vergleichsparameter verstanden. In früher Vorzeit dienten schnelle Bewegungen eher unbewusst sowohl der Flucht als auch der schnellen Beutegewinnung, später dann der Kriegsführung und Machtgewinnung.

Seitdem schnelle Bewegungen in den Mittelpunkt des Interesses gerückt sind, wuchs auch das Bestreben nach einer gezielten Herausbildung der Schnelligkeit und deren grundlegenden konditionellen und koordinativen Fähigkeiten. Konditionelle und koordinative Fähigkeiten bestimmen neben den materialtechnischen Fortschritten letztlich die messbare sportliche Leistung. Konditionelle Fähigkeiten wie z. B. Kraft, Ausdauer, Schnelligkeit oder Beweglichkeit und auch koordinative Fähigkeiten, wie sie z. B. Prozesse der Bewegungsregulation darstellen, treten als solche nie isoliert als reine Einzelfähigkeit auf, sondern immer in einer Kombinations- oder Mischform. Die Zusammenhänge und Bedingungsgefüge, die die sportlichen Leistungsvoraussetzungen bestimmen, sind umfassend und ineinander verflochten, dass es schwer fällt, sie in ihrer Komplexität zu überschauen und zu verstehen. Aus dem Grunde wurden Systeme aus leichtverständlichen Modellen entwickelt, die Zusammenhänge und Strukturen vereinfacht darstellen.

Auch die konditionelle Fähigkeit Schnelligkeit besitzt so eine komplexe Struktur und wurde entsprechend ihrer Erscheinungsform und ihres Bedingungsgefüges gleichermaßen in die Modellvorstellungen einer sportlichen Leistungsstruktur eingeordnet. Sie gehört neben der Kraft, der Ausdauer und der Beweglichkeit zu den konditionellen Fähigkeiten. Verschiedene Sachverhalte und auch diverse Untersuchungsergebnisse stellen jedoch die Sichtweise der Schnelligkeit als reine konditionelle Fähigkeit in Frage. KAROß, KÖNIG, SIMSHÄUSER (1994, 122) und auch THIENES (1998) und LÜHNENSCHLOß U. A. (1997) üben erste Kritik und verweisen auf den koordinativen Charakter.

Eine Integration der Schnelligkeit in die konditionellen Fähigkeiten wird angezweifelt. Es stellt sich die Frage: Ist aufgrund der existierenden unterschiedlichen Positionen und Widersprüche ein Überdenken und gegebenenfalls eine Neustrukturierung bzw. Neuordnung der Schnelligkeit notwendig geworden? Die aktuellen Erkenntnisse zur Problematik erheben den Anspruch, die Vorstellungen zur Leistungsstruktur zu überdenken. Der „reinen“ Schnelligkeit wird ein ermüdungsfreier Verlauf ohne jegliche Leistungsverluste innerhalb der ersten 5 s sportlicher Belastung, gemessen am leichtathletischen Sprint, zugeschrieben. Da bei jeder Bewegung von Beginn an metabolische Prozesse ablaufen, ist anzuzweifeln, ob eine ermüdungsfreie Bewegung überhaupt existieren kann.

Mit der vorliegenden Dissertationsschrift soll ein Beitrag zur Klärung der Integration des Leistungsfaktors Schnelligkeit in die Struktur der sportlichen Leistung geleistet und zugleich die Rolle der Ermüdung während des sportlichen Leistungsvollzugs bei schnellen Bewegungen aufgegriffen werden. Es sollen Argumente diskutiert werden, warum Schnelligkeit nicht weiter als konditionelle Fähigkeit angesehen werden kann. Neue Modellvorschläge werden vorgestellt und erläutert. Die führende Rolle der Schnelligkeitsausdauer bei Bewegungen mit maximal schneller Ausführung wird dabei explizit herausgearbeitet und findet in den angegebenen Modellen Berücksichtigung.

Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich herzlich bei meiner „Doktormutter“ Frau Prof. Dr. habil. Dagmar Lühnenschloß für die Hilfe bei der Themenauswahl und die Betreuung, sowie bei Herrn Prof. Dr. habil. Jürgen Rode für die Begutachtung der Arbeit sowie dem Beiwohnen bei der Verteidigung der Dissertation bedanken. Frau Lühnenschloß stand mir jederzeit helfend zur Seite und ermöglichte mir diese Arbeit auch unter oft schwierigen Bedingungen. Beiden Professoren gilt mein aufrichtiger Dank für die Unterstützung des gesamten Promotionsverfahrens.

Herzlich bedanken möchte ich mich für die vorantreibenden Impulse durch weiterführende kritische Hinweise und Empfehlungen bei Frau Studienrätin Jacqueline Ebermann und Herrn Dr. habil. Bernd Dierks.

Besonderer Dank gilt meiner Familie die mir immer die notwendige Zeit und Unterstützung zur Erstellung dieser Arbeit einräumte und durch die die Fertigstellung dieser Dissertation erst möglich wurde.

Magdeburg, Sommer 2005

Mario Damerow M.A.

Inhalt

1	Theoretische Grundlagen zur Schnelligkeit.....	4
1.1	Historischer Abriss zum Phänomen - Schnelligkeit	4
1.2	Historischer Abriss zum Begriff Schnelligkeitsfähigkeit.....	7
2	Zur Theorie der sportlichen Schnelligkeit.....	11
2.1	Aktuelle Konzepte zur Schnelligkeit.....	13
2.2	Die Struktur der Schnelligkeit.....	18
2.3	Die Dimensionen der Schnelligkeit.....	25
2.3.1	Dimensionen der koordinativ determinierten Schnelligkeit.....	27
2.3.2	Dimensionen der konditionell determinierten Schnelligkeit.....	42
2.4	Zusammenfassung der Erkenntnisse zur Begründung und Erklärung der sportlichen Schnelligkeit.....	51
3	Zur Theorie der Schnelligkeitsausdauer.....	52
3.1	Definitionsansätze der Schnelligkeitsausdauer.....	57
3.2	Ein Modellansatz zur Einordnung der Schnelligkeitsausdauer.in die Struktur der konditionellen Fähigkeiten.....	74
4	Wissenschaftliche Problemstellungen zu den Begriffen Schnelligkeit und Schnelligkeitsausdauer.....	79
4.1	Ausgangsposition und Zielstellung.....	79
5	Wissenschaftliche Fragestellungen und Hypothesen.....	83
6	Methodenerläuterung / Testverfahren.....	85
6.1	Einleitende Ausführungen.....	85
6.2	Forschungsmethodologisches Vorgehen.....	85
6.3	Analyseformen des Forschungsvorhabens.....	90
6.3.1	Angewandte Tests / Verfahren.....	94
6.4	Gütekriterien / Gültigkeit der angewandten Tests.....	96
6.5	Methodenkritik.....	99
7	Datenerhebung / Datenbearbeitung.....	100
7.1	Datenerhebung.....	100
7.1.1	Testbeschreibung.....	104
7.2	Datenbearbeitung.....	114
7.2.1	Querschnittanalyse.....	114
7.2.2	Längsschnittanalyse.....	116

7.3	Fehlerbetrachtung.....	116
8	Darstellung der Ergebnisse.....	118
8.1	Kennziffern der Trainingsbelastung.....	119
	Ergebnisse der Querschnittanalyse (1999)	
8.2	Der Geschwindigkeitsverlauf des 60 m Sprintlaufs (1999).....	124
8.3	Die optische Einfachreaktion (1999).....	126
8.4	Die Bodenkontaktzeiten (1999).....	127
8.5	Die Bewegungsfrequenz (1999).....	128
	Ergebnisse der Längsschnittanalyse (1996 – 2002)	
8.6	Beschleunigungsleistungen und Maximalgeschwindigkeiten in den einzelnen Klassenstufen.....	129
8.7	Die Reaktionsfähigkeit / die Schnellkoordination.....	132
8.7.1	Die Entwicklung der Reaktionsfähigkeit.....	132
8.7.2	Die Entwicklung der Bodenstützzeit beim Ablauf aus dem Tiefstart.....	134
8.7.3	Die Entwicklung der Frequenzleistungen – Skipping/Tapping..	136
8.8	Korrelative Zusammenhänge zum 30 m Sprint aus dem Tiefstart, dem 30 m Sprint fliegend und dem 60 m Sprint am Beispiel der Klassenstufen 5 – 8.....	137
8.9	Regressionsanalyse für den 30 m Sprint nach fliegender Ablauf und den 60 m Sprintlauf.....	142
8.10	Korrelationen in den einzelnen 10 m Sprintabschnitten.....	144
8.11	Korrelationen: Einfachreaktionszeit und Schnelligkeit - bezogen auf die Abschnitte des 30 m Sprintlaufs.....	148
8.12	Korrelationen: Bodenkontaktzeit und Schnelligkeit - bezogen auf die Abschnitte des 30 m Sprintlaufs.....	149
8.13	Korrelationen: Bewegungsfrequenz und Schnelligkeit - bezogen auf die Abschnitte des 30 m Sprintlaufs.....	150
8.14	Korrelationen: Technikausbildung und Schnelligkeit.....	152
8.15	Korrelationen: Trainingsbelastung der Vorbereitungsperiode und die Zusammenhänge zu den elementaren Schnelligkeitsfaktoren Frequenz, Reaktionszeit und Bodenkontaktzeit und den komplexen Schnelligkeitsleistungen.....	154

Ergebnisse der Pilotstudie	
8.16	Ergebnisse der Pilotstudie zum Nachweis des Einsetzens der Schnelligkeitsausdauer bei Tapping-Frequenzleistungen..... 160
9	Interpretation der Ergebnisse..... 166
9.1	Interpretation der Kennziffern der Trainingsbelastung..... 166
9.2	Interpretation der Schnelligkeitsleistungen..... 169
9.2.1	Interpretation der Ergebnisse zu den komplexen Schnelligkeitsleistungen..... 170
9.2.2	Interpretation der Ergebnisse zu den elementaren Schnelligkeitsleistungen..... 174
9.3	Zusammenfassung der Interpretationen..... 177
9.4	Interpretation der Rolle der Schnelligkeitsausdauer bei schnellen Bewegungen..... 179
10	Zusammenfassender Erkenntnisgewinn..... 186
11	Fazit..... 204
12	Literatur..... 208
13	Anhang..... 229
13.1	In den Berechnungstabellen verwendete Disziplin-Synonyma..... 229
13.2	Verzeichnis verwendeter Abkürzungen (in Anlehnung an Thienes 1998)..... 230

1 Theoretische Grundlagen zur Schnelligkeit

1.1 Historischer Abriss zum Phänomen - Schnelligkeit

Seit Bestehen der Menschheit existiert der „Kräftevergleich“ und der „Konkurrenzkampf“ zwischen zwei oder mehreren Personen. Was mit dem schnellen Erreichen von Beute oder gar einem Fluchtverhalten begann, entwickelte sich bald zu einem direkten Muskelkraftvergleich zwischen verschiedenen Menschen vor kriegerischem Hintergrund. Das schnelle Fortbewegen spielte jedoch nicht nur bei der Flucht eine entscheidende Rolle. Das schnelle Erreichen von Großtierkadavern vor der tierischen Konkurrenz bestimmte maßgeblich das Überleben. Jagd, kriegerische Auseinandersetzungen und schnelles Erreichen von Ortschaften, aber auch die Freude am sportlichem Spiel und Leistungsvergleichen forderten besondere Fähigkeiten, die sich im alltäglichen Lebenskampf ausprägten. Die Verschärfung des Überlebenskampfes und Veränderungen der Umweltsituation zwangen den Menschen Körperkräfte zu schulen, sie ausdauernd einzusetzen und schnell Situationen zu erfassen und zu agieren. Die Notwendigkeit, durch Schnelligkeit die Nahrung zu sichern, Kriege zu überleben und siegreich zu bestehen zwangen die Menschen, Grundfertigkeiten zu üben und zu trainieren. Laufen, Springen und das Werfen von Gegenständen gehörten seit Urzeiten zu den wichtigsten Grundfertigkeiten des Menschen. Der genaue Zeitpunkt des ersten Steinwurfs, der erste geschleuderte Speer oder das erste übersprungene Hindernis sind nicht genau nachweisbar. Aber schon vor 500 000 Jahren musste sich der Urmensch körperlicher Fähigkeiten und Fertigkeiten bedienen. Wer nicht schnell und ausdauernd laufen konnte, kam nicht genug an Wild heran, um es zu jagen und zu überleben. Nur durch Schnelligkeit und Ausdauer konnte genügend Abstand zu gefährlichen Tieren und Feinden gehalten werden (REINHOLF 2001). Selbsterhaltungstrieb und kriegerische Auseinandersetzungen, das Spiel waren zunächst die Motivation für das Ausprägen der Schnelligkeit bei den Menschen der Urzeit. Die Schnelligkeit entwickelte sich mit der Aufgabenteilung in einer Gesellschaft zu einer Spezialität von besonders talentierten Menschen, die als Läufer besondere Aufgaben übernahmen und ihre Begabung besonders schulten und förderten. Die Fähigkeit zur schnelleren Fortbewegung gestaltete sich als Überlebensfähigkeit und wirkte zugleich selektiv. Die körperliche Leistungsfähigkeit ist seit jeher an die Schnelligkeit des Handelns gebunden. Stetiges Üben körperlicher Kräfte und das

Anpassen an die vielfältigen Situationen in der Umwelt führten zu einer immer komplexer werdenden Überlebensstrategie.

Im Verlauf der kulturellen und sozialen Entwicklung des Menschen nahm die Schnelligkeit einen immer höheren Stellenwert ein. Als Kehrseite der Evolution entstanden auch rituelle Kämpfe und Krieg sowie Götzenanbetung mit Spielen zu Ehren von Gottheiten. Für die kriegerischen Auseinandersetzungen wurden Instrumente eingesetzt, die den Erfolg über den Gegner sichern helfen sollten. Mit der Einführung von Tier-Gespanssen wurden die Möglichkeiten für schnelles Reagieren und Agieren erweitert. Erstmals traten gravierende Geschwindigkeitsunterschiede in der Fortbewegung auf, was sich auf politische wie militärische Positionen der Völker auswirkte und zugleich zur Notwendigkeit führte, mit Gespannen zu üben und zu trainieren.

Schon im 4. Jahrtausend v. Chr. nutzte der Mensch bewusst das Pferd und weitere Wild-, Last- und Nutztiere als Reit- und Streittier. Mit dem spätere Einzug der Militärpferde kam es zu unterschiedlichen Bewegungsgeschwindigkeiten zwischen Mensch und Tier. Die Reiter hatten erhebliche Vorteile. Da nicht jeder ein Pferd besaß, musste sich auch das Fußvolk mit höheren Geschwindigkeiten fortbewegen, wenn es Schritt halten wollte. Langsamere und schnellere Krieger mussten koordiniert werden. Der Zwang, menschliche Bewegungen schneller zu machen, führte zur Spezialisierung menschlicher Tätigkeiten im Krieg und zur Auswahl geeigneter Personen. Es entwickelten sich professionelle Läufer, die als Boten eingesetzt wurden. Der Begriff Schnelligkeit wurde in dieser Phase der menschlichen Entwicklung noch von den Merkmalen kraftvoll und ausdauernd überlagert und beeinflusst. Durch die Geschwindigkeitsunterschiede in der Fortbewegung veränderte sich der grundlegende Charakter des Krieges. Eroberungsfeldzüge erfolgten über zunehmend größere Entfernungen. Das spornte zusätzlich an, besser zu werden und zu üben (vgl. KEEGAN 1995, 281f). Vor diesem Hintergrund erlebte die Definition des Wortes „schnell“ einen deutlichen Wandel. Im Übergang zum Mittelalter beschrieb man mit „schnell“ menschliche Merkmale wie kräftig, begierig, tatkräftig tapfer oder kühn. In Verbindung mit dem Pferd als Fortbewegungsmittel wurden im 11. Jahrhundert die Eigenschaften rasch und geschwind mit schnell identifiziert (vgl. PFEIFFER 1995, 1230).

Notwendige Ortsveränderungen des Menschen führten dazu, dass zeitliche Angaben als Orientierungen für den Reiseverlauf und die Ankunft des Reisenden, wie Tag, Nacht oder Monde bzw. Jahreszeiten erforderlich wurden. Der Schnelligkeitsbegriff definierte sich durch die Verbindung zur Kategorie Zeit. Um 1400 wurde mit einer noch ungenauen Zeitmessung sportlicher Bewegung begonnen. Die Schnelligkeit mit dem Synonym Tempo bestimmte Anfang des 17. Jahrhunderts in Italien das angemessene Zeitmaß, das Regelmaß, den Takt und das Gleichmaß einer Tanzbewegung mit dem dazugehörigen Energie- und Kräfteinsatz (vgl. LIPPE 1988). Beim Tanz stand nicht die Entwicklung der Bewegung in der Zeit im Vordergrund, sondern die zeitlose geometrische, die ästhetische und exakte Figur. Schnelligkeit verkörperte noch nicht den quantitativ messbaren, zeitlichen Charakter, der sich durch die Bewegungsgeschwindigkeit erfassen lässt.

In der fortschreitenden Zivilisation nahm die Bewegungsschnelligkeit als Grundlage des Überlebens an Bedeutung ab. Sie wurde zugleich sehr frühzeitig mehr und mehr bedeutsames Merkmal von sportlichen Spielen. Populär waren sportliche Kräfte und Schnelligkeitsvergleiche bereits in den Wettkämpfen der Griechen, die zu Ehren griechischer Gottheiten in einem regelmäßigen Rhythmus stattfanden. Lauf-, Sprung- und Wurf Wettbewerbe aber auch Wagenrennen erforderten Training der Schnelligkeitsfähigkeiten von Mensch und Tier. Der quantifizierbare Zeitverlauf für Schnelligkeitsleistungen waren im sportlichen Kampf von untergeordneter Bedeutung und entwickelten sich erst später (vgl. HILDENBRANDT 1990). Infolge der Anerkennung der Zeit als physikalische Kategorie wurde die Schnelligkeit im Sport manifestiert.

Die Zeit wurde zu Beginn sich als historisch wandelnde Weltanschauung menschlicher Erkenntnis betrachtet und in der Folge ein standardisiertes Orientierungsmuster sozialen und individuellen Handelns (vgl. ELIAS 1988, 11f). Zur Organisation seines Handelns bediente sich der Mensch der Zeit als Mess- und Orientierungsmittel. Erfolgte die Koordination bzw. Synchronisation zwischen „natürlichen“ und gesellschaftlichen Bewegungen vorerst nur mittels natürlicher Abläufe, so wurden bald Uhren für grobe Orientierungen eingesetzt. Die Uhren arbeiteten anfangs sehr ungenau, so dass zunächst im Mittelalter noch keine konkrete Koordinierung der Tagesabläufe und Aktivitäten mittels Zeitmessung sinnvoll war (vgl. DOHRN-VAN ROSSUM 1992, 71-87). Die ersten Geschwindigkeitswettbewerbe waren durch unpräzise Zeit- und/oder Entfernungsangaben aus

1.2 Historischer Abriss zum Begriff Schnelligkeitsfähigkeit

gewiesen. So dauerte z. B. eine Treibjagd 12 Tage und Nächte. Die sportlichen Wettkämpfe wurden durch eine Orientierung an natürlichen Abläufen und nicht an der durch Uhren autonom geregelten Zeit organisiert. Gleichzeitig entsteht der Begriff Geschwindigkeit von Körpern (KIRCHMANN 1998, 127). Die Geschwindigkeit wurde als nicht wahrnehmbar charakterisiert. Der menschliche Verstand setzte das wahrgenommene Bewegungsganze in die Form von Größer- Kleiner- Relationen. Die Geschwindigkeit wurde durch den Vergleich zwischen wenigstens zwei Objekten charakterisiert und erst in der räumlichen Betrachtung verständlich. Der Hase läuft z. B. schneller als der Igel. Die gesellschaftliche Organisation und Koordination zwang dazu, die Bewegungen in einer adäquaten Zeit immer schneller ausüben zu müssen. Größere Bewegungsumfänge mussten in einem immer kleineren Zeitraum durchgeführt werden. Der Quantifizierungsmodus nach größer/kleiner wurde numerisch messbar und teilbar (vgl. KIRCHMANN 1998, 129). Mit der entstandenen räumlichen Verdichtung zu koordinierender Bewegungen verkürzte sich die Zeit, die für die einzelnen Bewegungen zur Verfügung stand. Bedingt steigerte sich die Geschwindigkeit mit der die Bewegung durchgeführt wurde. Der Zusammenhang zwischen der sich erhöhenden Geschwindigkeit und der gleichzeitigen Verringerung der zur Verfügung stehenden Zeit, verdeutlichte sich in der Erscheinung der Beschleunigung (vgl. GREHN u. a. 1986, 21).

Eine direkte Zeitmessung als wesentliches Merkmal von Geschwindigkeitswettbewerben erfolgte erst ab Mitte des 18. Jahrhunderts. Der technische Fortschritt als Wertungsmethode sportlicher Leistungsvergleichen und die Möglichkeit, sportliche Leistungen objektiv zu erfassen, hielt Einzug in den modernen Sport. Die Identifizierung Schnelligkeit mit Geschwindigkeit und Beschleunigung nahm seinen Anfang. Moderne Computertechnik erfasst in der Gegenwart mit Hilfe unterschiedlichster Messmethoden die Schnelligkeitsleistungen von Menschen und Sportgeräten. Letztlich unterstützte diese technische Entwicklung die Meinungsbildung zur Schnelligkeit als Fähigkeit des Menschen, sich mit einer bestimmten Geschwindigkeit über eine festgelegte Strecke fortzubewegen.

1.2 Historischer Abriss zum Begriff Schnelligkeitsfähigkeit

Der eigenständige Begriff „Schnelligkeit“ als Kategorie der sportlichen Leistungsfähigkeit entstand erst Anfang des 20. Jahrhunderts. Es wurde nicht mehr nur vom konkreten

1.2 Historischer Abriss zum Begriff Schnelligkeitsfähigkeit

naturegebenen, ererbten Kraftkörper ausgegangen (vgl HILDENBRANDT 1990, 264-280). Die Schnelligkeit wurde erstmals als trainingstechnisches Verfahren zu gezielten Verbesserung der körperlichen Leistungsfähigkeit angesehen und endgültig im Sport als Geschwindigkeitsleistung der menschlichen Bewegung charakterisiert. Es erfolgte eine Trennung zwischen der intuitiv empfundenen Schnelligkeit, die aus den kraftgekennzeichneten Bewegungserfahrungen herrührt und der quantifizierbaren, messbaren Schnelligkeit als Bezugsgröße. Mit ihrer Quantifizierbarkeit wurde sie Zielobjekt der Sportwissenschaft, weil die Effektivität des Geschwindigkeitstrainings präzisiert werden konnte. Die weitere Entwicklung der Sportwissenschaft Mitte des 20. Jahrhunderts bedurfte einer systematischen Integration der Schnelligkeit in ein Konzept der sportlichen Leistungsfähigkeit. Beide Aspekte der Schnelligkeit fanden zunächst das Interesse. MEUSEL (1969) definiert die Schnelligkeit gleich mit dem Begriff Geschwindigkeit und unterteilt in die Elemente Reaktionsschnelligkeit, Bewegungsschnelligkeit, Sprintschnelligkeit oder Fortbewegungsschnelligkeit. Die ersten Ansätze, Bewegungsgeschwindigkeiten biologisch zu interpretieren und als Eigenschaft des Menschen auszuweisen, fanden die Sportwissenschaftler in den Erkenntnissen über Geschwindigkeitsleistungen. Die allgemeine Definition besagt, dass maximale Geschwindigkeitsleistungen durch die Muskulatur dann erzielt werden, wenn der Mensch in der Lage ist, hohe äußere Widerstände, wie z. B. das eigene Körpergewicht und die Trägheit zu überwinden. Die größte Geschwindigkeit wird also durch die eigene maximale Kraft des Menschen erreicht. Dieser Zusammenhang wurde von HILL durch die Verhältnisgleichung

$$(F + a) \cdot (v + b) = c$$

Legende: F = Kraft der Muskulatur

V = maximale Bewegungsgeschwindigkeit

(a), (b), (c) HILL'sche Konstante

definiert (HILL 1925, 1938).

HOCHMUTH'S (1982, 7-39) Berechnungen zum Nachweis von Abhängigkeiten zwischen Kraft und Geschwindigkeitswerten unterstrichen Hills Resultat durch seine Aussage, dass die Geschwindigkeit durch die Steigerung der Maximalkraft oder durch die Vergrößerung der Maximalgeschwindigkeit erhöht werden kann. Nach FENN (1930), ELFTMAN (1940), HARSTON (1939), HUBBARD (1939) treten bei mit hoher Frequenz ausgeführten Bewegungen an den Muskeln nur an den äußeren Enden, an den Muskelansätzen, volle Bewegungsamplituden auf. Das Muskel-Nerv-System und im Speziellen

die Muskeln arbeiten nicht effektiv. Da der Muskel nicht über seine gesamte Länge kontrahiert, kann er nicht die volle Leistungsfähigkeit entfalten. Die Energie, die der Muskel-Antagonist für die Gegenbewegung benötigt, wird in ein anderes Körpersegment geleitet und steht nicht für die eigentliche Bewegung zur Verfügung. Die Ableitung von Energie in andere Körpersegmente bewirkt im kontrahierenden Muskel eine Bewegungsbeschleunigung in entgegengesetzte Richtung. So kommt es lediglich zu einem Muskelzucken, jedoch zu keiner merklichen Kontraktion.

STETSON/BOUMAN (1935) und HUBBARD (1939 und 1960) analysierten die sich verändernden Arten der Muskelarbeit bei steigenden Bewegungsgeschwindigkeiten und die Entstehung isometrischer Muskelarbeit. Bei Schnelligkeitsleistungen wird die Frequenz des Muskelzuckens eine Grundlage der Bewegung. Je höher die Frequenz des Muskelzuckens ist, um so kürzer wird die Kontraktionslänge der Muskulatur und um so deutlicher wird der Effekt der isometrischen Muskelarbeit. Zu einer vollständigen Ausnutzung einer Muskelspannung kommt es unter isometrischen Bedingungen. Die Erzeugung von Muskelspannung erfolgt durch Befehle aus dem Zentralnervensystem. Die bioelektrischen Befehle an die Muskulatur entstehen bei schnellen und häufigen Bewegungen durch „konzentrierte“ Entladungen der Motoneuronen in den Nervenzentren. Schnelligkeit der Bewegung hängt folglich im Wesentlichen von der Geschwindigkeit des Übergangs aus einem Erregungszustand in einem Hemmungszustand ab und umgekehrt. Fazit dieser Erkenntnisse ist, dass die Grundlage die Steuerung der Prozesse und somit die Schnellkoordination ist. Diese wichtige Erkenntnis für die Schnelligkeitsforschung wurde für die Interpretation von Schnelligkeit nur bezogen auf Detailfragen vor allem in Zusammenhang mit der Erörterung der Reaktionsfähigkeit und deren Stellenwert genutzt. Sie bildete eigentlich die Grundlage für die Interpretation des koordinativen Charakters von Schnelligkeitsleistungen, der vor allem in der Gegenwart diskutiert wird.

Erkenntnisse aus der Physik, Medizin und Biologie halfen, weitere Merkmale von menschlichen Schnelligkeitsleistungen zu erkennen, zu interpretieren und als Zielobjekt der sportlichen Trainingsaktivitäten auszuweisen. Die Charakterisierung der Dimensionen der Schnelligkeitsleistungen führte auf der Grundlage von Betrachtungen der Bewegungen im Sport zu ersten Modellvorstellungen z. B. von OSOLIN (1952, 123) oder auch SIMKIN (1960, 82). Die Bewegungsbeobachtung führte zur Favorisierung der zeitli-

1.2 Historischer Abriss zum Begriff Schnelligkeitsfähigkeit

chen Interpretation von Schnelligkeit, die es ermöglichte, die Dauer und das Niveau der Geschwindigkeitsleistungen aber auch die Frequenzen der Bewegungen zu fixieren. Von der zeitlichen Dauer der schnellen Bewegung wurde z. B. die Dauer der Belastung des sportlichen Übens abgeleitet. Weitergehende Analysen gelangten zum Ergebnis, dass Schnelligkeitsleistungen von den Kräfteinsätzen und von andauernden ermüdungsresistenten Kraftimpulsen der Muskulatur abhängig waren. Die Diskussion um die Schnelligkeit war folglich nie losgelöst von den Kraft- und Ausdauerdimensionen. In der Regel war sie in die Erforschung der Merkmale und Zusammenhänge körperlich-sportlicher Eigenschaften eingebettet. Es entstanden systemtheoretische Modellvorstellungen zu den menschlichen Eigenschaften und damit erste Konzepte zur Struktur und den leistungsbestimmenden Merkmalen der Schnelligkeit. Grundlage der Modellvorstellungen bildeten die Ausführungen von GUNDLACH (1968, 200), HARRE et. al. (1972), GROPLER/THIEß (1976), SCHMOLINSKI (1977), SCHNABEL (1977, 74 ff.) MARTIN et. al. (1977). Die Struktur der körperlichen Leistungsfähigkeit wurde durch Elemente und ihre Wechselwirkungen charakterisiert. (vgl. Abb. 1.)

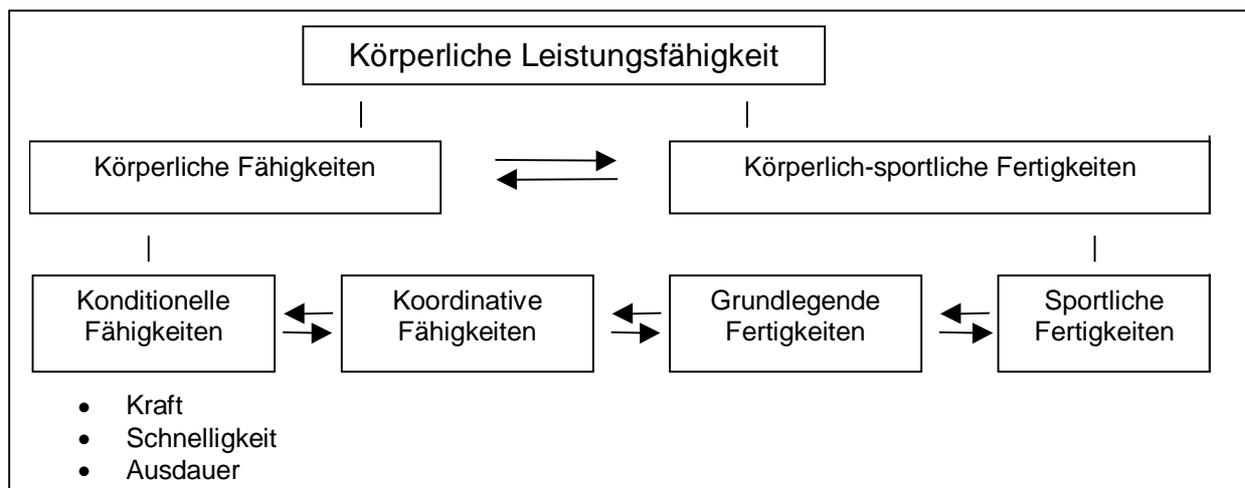


Abb. 1. Elemente der körperlichen Leistungsfähigkeit (in Anlehnung an GROPLER UND THIEß 1976)

Die Merkmalsfestlegung, der Stellenwert der einzelnen Dimensionen in den Sportarten und die Ableitungen für den Trainingsprozess bestimmten in der Folge die Auseinandersetzung um die Elemente der körperlichen Leistungsfähigkeit. Gemein war allen Positionen, dass sich die körperliche Leistungsfähigkeit sehr komplex darstellt und erst im Zusammenspiel aller Elemente ihren individuellen Charakter erhält.

Schnelligkeit und die Schnellkraftleistungen wurden als Dimension der konditionellen Fähigkeiten ausgewiesen und als wesentliche Elementen eine explizite Stellung zugesprochen. Die Dimensionen der Schnelligkeit wurden zunächst mit den Erscheinungen des leichtathletischen Sprintlaufs gleichgesetzt. Sie wurden überwiegend durch einzelne Erkenntnisse bezogen aus Weg-Zeit-Verläufen der Bewegung begründet. Die konditionelle, also energetische Grundlage der Schnelligkeitsleistung blieb deshalb über einen längeren Zeitraum ihr theoretisches Fundament. Diese enge Sichtweise behinderte zunächst den Erkenntnisgewinn bezogen auf die steuernden Funktionen im Verlauf von schnellen Bewegungen. Die sportwissenschaftliche Forschung arbeitete am Ende der 70 er Jahre zunehmend interdisziplinär. Unter diesem Aspekt wurde erkannt, dass die Schnelligkeitsentwicklung der Sportler maßgeblich von elementaren Faktoren abhängt und sehr spezifisch ist. Die Erkenntnisse über die Schnelligkeitsleistungen mehrerer Sportarten veranlasste eine neue Sichtweise, die der Erforschung der Schnelligkeit als Phänomen des Sports erneut Aufmerksamkeit schenkte und zu einem radikalen Wechsel in den Positionen und Ansichten führte.

2 Zur Theorie der sportlichen Schnelligkeit

Motorische Schnelligkeit wird in der Sportwissenschaft als theoretisches Konstrukt beschrieben, das sich durch Phänomene in der sportlichen Bewegung, wie z. B. positive und negative Beschleunigung und gleichbleibende Geschwindigkeiten äußert. Aus der offensichtlichen Komplexität der Schnelligkeit werden eine Vielzahl von Interpretationen möglich. Folgt man ZINNER (1987/1, 27) so sind die Dimensionen der sportlichen Leistungsfähigkeit Kraft, Schnelligkeit Ausdauer, Beweglichkeit und Geschicklichkeit lediglich hypothetische Konstrukte. Das Faktenwissen zur Schnelligkeit wird oftmals eher durch Erfahrungswissen als durch feststehende Theorien begründet, was ZINNER'S Auffassung festigt.

Als grundlegender Leistungsfaktor basiert die Schnelligkeitsleistung auf dem Einsatz psychischer, kognitiver, konstitutioneller und konditioneller Potenzen des menschlichen Organismus und tritt als Körperübung in Erscheinung. Sie ist eine Fortbewegung des Körpers in Raum und Zeit, wobei der Verlauf offene und normierte Verhaltensweisen zu beachten hat. Die Erscheinungsformen der Bewegungsschnelligkeit werden durch die

inneren Leistungsvoraussetzungen in der Auseinandersetzung mit äußeren Bedingungen erzeugt. Zwei Aspekte bestimmen folglich die Charakterisierung der Schnelligkeit als menschliche Fähigkeit. Der Außenaspekt geht von der visuell sichtbaren und mechanisch analysierbaren Verlaufsform der Bewegung aus und erfasst qualitative und quantitative Parameter. Letztere führen in der Regel zu messbaren Resultaten mit objektiven Aussagen z. B. zu Kräfteinsätzen und Verläufen. Er kennzeichnet die Auseinandersetzung des Sportlers mit der Umwelt. Physikalische und biologische Grundgesetze beeinflussen die Bewegungsgeschwindigkeit und bestimmen den Anforderungscharakter an die inneren Leistungsvoraussetzungen, die dann in der Bewegung aktiviert werden müssen. Die Außenaspektbetrachtung orientiert sich an der sichtbaren sportlichen Schnelligkeitsleistung. Aus der Sicht der inneren Bedingungen werden die aktualisierten Dimensionen in den Mittelpunkt gerückt, die während des sportlichen Bewegungsvollzuges die Bewegungsschnelligkeit erzeugen. Mit dem Innenaspekt werden Wirkungsmechanismen angeborener und erworbener sportlicher Leistungsvoraussetzungen analysiert, die für die sportliche Schnelligkeitsleistung die physiologische, psychische, biochemische bzw. kognitive Basis bilden. Von besonderem Interesse sind die Übergänge von den inneren Funktionen zu den die Bewegung auslösenden Prozessen. Für die sportliche Praxis sind die einzelnen Elemente der Schnelligkeit abzustecken, um Teilzielsetzungen für das Training zu beschreiben.

Zur Effektivierung des Trainingsprozesses ist es erforderlich, beide Sichtweisen zu erschließen. Die inneren Leistungsvoraussetzungen werden durch Trainingsreize angesteuert und für die spezielle Schnelligkeitsleistung verbessert. Die Beeinflussung der äußeren Merkmale führt zur Ökonomisierung des Bewegungsvollzuges und steigert das Geschwindigkeitsniveau. Beide Aspekte stehen in enger Wechselbeziehung zueinander und werden im Training als Ziel und Inhalt des sportlichen Übens betrachtet. Deshalb sind Kenntnisse von den inneren Wirkungsmechanismen und von den äußeren Bedingungen für die Schnelligkeitsleistungen für ein erfolgreiches Schnelligkeitstraining notwendig. Der trainingswissenschaftliche Forschungsprozess orientiert sich auf die Analyse der inneren und äußeren Komponenten, die die Leistungsstruktur der Schnelligkeit kennzeichnen. Modell- und Strukturvorstellungen sind Ausgangspunkt für die folgenden Konstrukte der Schnelligkeitsleistung, die den aktuellen Erkenntnisstand reflektieren.

2.1 Aktuelle Konzepte zur Schnelligkeit

Die Schnelligkeit ist für eine Vielzahl sportlicher Handlungsabläufe eine leistungsbestimmende Komponente. Eine genauere Betrachtung von Schnelligkeitsleistungen in den unterschiedlichen Sportarten lässt diese als ein äußerst vielseitiges Fähigkeitskonstrukt erscheinen. Für die Darstellung des Gefüges von Schnelligkeit werden prinzipiell innere und äußere Leistungsstrukturen gebildet. Ausgangspunkt ist zunächst die innere Ebene der Leistungsvoraussetzungen, die sich in einer vereinfachten Darstellung durch einen Vier-Komponenten-Ansatz begründet (vgl. Abb. 2.).

Kondition	Koordination	Kognition	Motivation
Kraft Ausdauer	Motorische Lernfähigkeit	Motorisches Gedächtnis	Verhaltens- Dispositionen
Schnelligkeit Beweglichkeit	Motorische Umstellungsfähigkeit Adaptationsfähigkeit	Kenntnisse und Erfahrungen	Einstellungen

Abb. 2. Vier-Komponentenansatz der sportlichen Leistungsfähigkeiten nach HIRTZ (1990)

Der Einfluss der Konstitution als Leistungsfaktor für Schnelligkeit ist grundlegend. Die Körperbaumerkmale können als individuellen Bedingungen aufgefasst werden, die während des aktuellen Leistungsvollzuges konstant sind.

Historisch betrachtet wird die Schnelligkeit als konditioneller Leistungsfaktor oft im Zusammenhang mit den Leistungsvoraussetzungen Ausdauer und Kraft angesehen. Eine eindeutige separate Sicht ist ebenso wie das Erstellen eines eigenständigen Fähigkeitskonstrukts der Schnelligkeit erschwert. Dies spiegelt sich in den derzeitigen wissenschaftlichen Diskussionen wieder. Es stehen sich konträre Ansätze über die Zuordnung der Schnelligkeit zu den konditionellen oder koordinativen Fähigkeiten sowie ihre Beziehungen zu den Dimensionen Kraft und Ausdauer gegenüber. In einigen Fällen wird bezweifelt, ob die Schnelligkeit überhaupt als Fähigkeit angesehen werden kann. Die unterschiedlichen Auffassungen resultieren im Wesentlichen aus den unterschiedlichen Zielstellungen und Methoden bei der Analyse der Schnelligkeit und ihren Dimensionen. Die Problematik liegt einerseits in der oftmals eingeschränkten Betrachtungsweise, wonach nur bestimmte Aspekte untersucht werden und andererseits darin, dass

die Teileigenschaften der Modelle nicht umfassend benannt und oftmals unabhängig sind, die scheinbar eine Zusammenfassung mit der Grundeigenschaft Schnelligkeit nicht rechtfertigen. FREY weist in diesem Zusammenhang darauf hin, dass es sich bei der Schnelligkeit um eine Komplexeigenschaft handelt (1977, 348).

Im Versuch die Komplexität der Schnelligkeit begrifflich zu erfassen, sind eine Reihe von Definitionsversuchen entstanden. In den jeweiligen Dimensionen werden unterschiedliche Sachverhalte spezifiziert. Ausgehend von dem anfangs favorisierten rein konditionellen Charakter werden in der Gegenwart eher neuronale Prozesse als Basis der Schnelligkeit angesehen. Der aktuelle Forschungsstand weist kein einheitliches theoretisches Konstrukt aus.

MARTIN 1977, LETZELTER 1978, HARRE 1986, SCHMIDTBLEICHER 1980, GROSSER U.A. 1993, SCHNABEL & THIEß 1997 sehen in der Schnelligkeit die konditionelle Fähigkeit, motorische Aktionen unter den gegebenen Bedingungen in kürzester Zeit durchzuführen. Der Schwerpunkt der Aussagen liegt auf der Minimierung der Aktionszeit einer Bewegung und dem Ausschluss von Ermüdungsprozessen. Während die Ausdauerkomponente durch die Negierung der Ermüdung in der schnellen Bewegung ausgeschlossen wird, ist die Abgrenzung zu den Kraftfähigkeiten nicht eindeutig. Die Vernachlässigung der Ermüdung erschwert die Integration der Schnelligkeitsausdauer in ein Konstrukt und führt zu Problemen bei der Bestimmung der Teildimensionen der Schnelligkeit.

MARTIN, CARL & LEHNERTZ (1991, 147) entfernen sich von der Ansicht, wonach die Schnelligkeit eine Dimension des Leistungsfaktors Kondition ist. Sie integrieren die Schnelligkeit nur bedingt zu den konditionellen Fähigkeiten: „Ihre Ursache ist nur teilweise energetisch, Sie beruht in hohem Maße auf zentralnervösen Steuerungsprozessen. Eine Zuordnung zum Konditionsbereich erfolgt aus Gründen der Zweckmäßigkeit, und weil sie in der Trainingslehre traditionell zu diesem Bereich gehört.“ (1991,147). Die letztere Position kann sportwissenschaftlichen Überlegungen nur bedingt standhalten.

In diesem Sinne verschärft GROSSER (1991, 5) die Auffassung und hebt die Bedeutung der psychophysischen Prozesse hervor, indem er unter Schnelligkeit die Fähigkeit versteht, aufgrund kognitiver Prozesse, maximaler Willenkraft und Funktionalität des Nerv-

Muskel-Systems höchstmögliche Reaktions- und Bewegungsgeschwindigkeiten unter den gegebenen Bedingungen zu erzielen. Die gegebenen Bedingungen sind nach den Vorstellungen GROSSER'S die disziplinspezifische Bewegungstechnik, die Größe des zu überwindenden Widerstandes, die an der Bewegung beteiligten Bewegungsamplituden sowie die individuellen und äußeren Voraussetzungen. Er versucht den Innen – und den Außenaspekt der Schnelligkeitsbetrachtung durch eine Differenzierung in elementare (Reaktions- Aktions- und Frequenzschnelligkeit) und komplexe Schnelligkeit (Kraftschnelligkeit, Schnelligkeitsausdauer und andere kombinierte Formen) zu lösen.

In Anlehnung an die Klassifizierung motorischer Aktionen in „open-loop“ und „closed-loop“ Bewegungen wurde von ROTH (1982) ein Modell erarbeitet, in dem er die koordinativen Fähigkeiten hierarchisch strukturiert. Er unterscheidet grundsätzlich die Fähigkeit zur Koordinierung unter Zeitdruck und die Fähigkeit zur genauen Kontrolle der Bewegungen. Dem Zeitfaktor kommt als erste Hierarchieebene eine entscheidende Rolle bei der Auswahl der beteiligten Koordinationsinstanzen zu. Dieser Zeitfaktor wird durch den Zielcharakter der Schnelligkeitsleistung bestimmt. Die Schnelligkeit erscheint ROTH zufolge ebenfalls als ein zentraler Aspekt der Koordination. Die Zeit hat bei Schnelligkeitsleistungen allerdings nicht ausschließlich einen Status des Ziels einer Bewegung. Sie kann gleichermaßen als Konstante einen bestimmten Rahmen für das Erzielen maximaler Bewegungsgeschwindigkeiten vorgeben bzw. beim Erzielen einer maximalen Muskelkraftleistung sogar keine Rolle spielen. Die Zeit ist im Falle der Bewegungssteuerung sowohl ein limitierender als auch ein Faktor ohne Stellenwert für die neuromuskulären Prozesse. Es müsste ein Nachweis erbracht werden, ob die Fähigkeit zur Koordination unter Zeitdruck die steuernden Prozesse beschleunigen kann oder ob es eher so ist, dass Prozesse umgeleitet und/oder ausgeschlossen werden. In beiden Fällen wären die Bedingungen des Koordinierens unter Zeitdruck genau wie die schnellen Umwandlungsprozesse von chemischer Energie in die Muskulatur keine eigene Bedingung für die Schnelligkeit. Eine ausschließliche Zuordnung der Schnelligkeit zu dem koordinativen Fähigkeitskonstrukt ist nicht gerechtfertigt.

Das Hervorheben wesentlicher Teilaspekte der Schnelligkeitsleistungen unterstreicht, dass sich in den verschiedenen Auffassungen Gemeinsamkeiten feststellen lassen. Vor dem Beschreiben bzw. Definieren der Schnelligkeit als Eigenschaft des Menschen muss geklärt werden, wie schnelle Bewegungen entstehen und wie sie sich von lang-

samen Bewegungen unterscheiden. Der Prozess bis zum Entstehen einer schnellen Bewegung gestaltet sich nach BAUMANN und REIM (1988, 43) auf einer emotionalen Ebene, dem Antriebsteil, einer kognitiven Ebene, die über das Wie entscheidet und einer sensorischen Ebene mit dem Vollzug der Handlung (vgl. Abb. 3.)

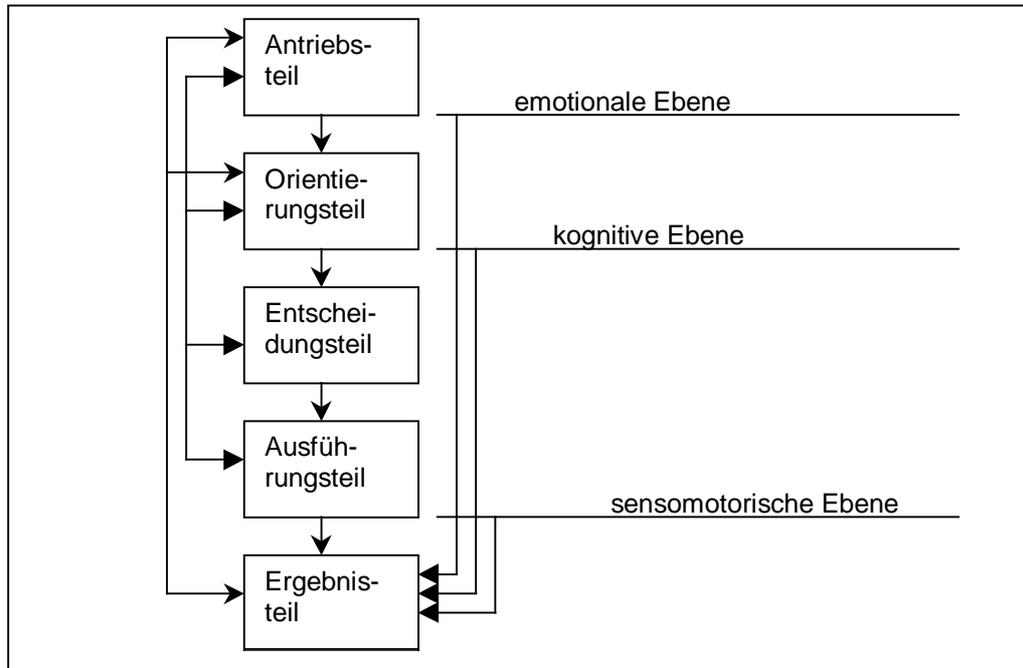


Abb. 3. Vereinfachte schematische Darstellung einer Bewegungshandlung (modifiziert nach BAUMANN und REIM 1988, 43)

Schnelle Bewegungen verlangen nach ökonomisch und schnellkoordinierten Abläufen auf allen Ebenen. Auch in diesem Fall werden grundlegende Abläufe unter den besonderen Bedingungen spezifiziert. BAUERSFELD und VOß (1992, 14) entwickelten einen fähigkeitsorientierten Ansatz, in dem sie Schnelligkeit als eine elementare Leistungsvoraussetzung mit spezifischen Anforderungen an die kognitiven, volitiven und koordinativen Steuerungsprozesse mit azyklischem Grundcharakter betrachten. Die Qualität der neuromuskulären Steuer- und Regelmechanismen bestimmt das Niveau der Schnelligkeitsleistung. Die Autoren verbinden die neuronalen Steuerungsprozesse mit den muskulären energetischen. Aufgrund des limitierenden Charakters der Zeit verweisen sie darauf, dass sich die Schnelligkeitsleistung durch sogenannte kurze Zeitprogramme untersetzt wird. Gegenüber den Automatismen der langen Zeitprogramme zeichnen sich die kurzen durch eine kürzere Gesamtdauer. Einen steileren Kraftanstieg, Eingipfligkeit in der Kraftanstiegskurve und ausgeprägter Vorinnervation aus. Die Ver-

kürzung der Gesamtdauer dürfte zu den bereits 1938 erkannten isometrischen Muskelzuckungen führen, weil die Muskeln nicht mehr in voller Länge kontrahieren können.

Da die Bestimmung der Qualität des azyklischen Zeitprogramms auf der Grundlage eines Dehnungs- Verkürzungs- Zyklus erfolgt, liegt eine Verbindung zu den Kraftfähigkeiten nahe. Die azyklische Schnelligkeit beruht demzufolge auf anatomisch-physiologischen Funktionsmechanismen. Es wird zu recht vermutet, dass BAUERSFELD und VOß nicht die elementaren Schnelligkeitsfähigkeiten, sondern die Reaktivkraftfähigkeit messen (HOHMANN u. A. 1999, 12). Die zyklische Bewegungsschnelligkeit wird lediglich als Sonderform der azyklischen Schnelligkeit angesehen, wobei die sportmotorische Schnelligkeit in einen spezifischen, anatomisch-physiologischen annähernd eindimensional begründeten Anteil im Sinne der elementaren Schnelligkeit mit Reaktions-, Sequenz- und Frequenzschnelligkeit und in einen allgemeinen, mehrdimensionalen Anteil im Sinne der komplexen Reaktionsschnelligkeit, der azyklischen Aktions- und der zyklischen Sprintschnelligkeit sowie der Schnellkraft und der Schnelligkeitsausdauer voneinander abgegrenzt wird. In diesem Konzept werden innere und äußere, sowie einzelne und komplexe Erscheinungsformen miteinander verknüpft. Der Nachweis einer Eindimensionalität fällt schwer, weil sich die genannten elementaren Schnelligkeitsvoraussetzungen bei separater Betrachtung auf einzelne Funktionen reduzieren, ohne damit die genannte komplexe Erscheinung im vollen Umfang zu vertreten. WEIGELT (1997) unterstreicht den dominant azyklischen Charakter.

Auf der Grundlage der Aussagen zu den anatomisch-physiologischen Grundlagen scheint es zusammenfassend gerechtfertigt, die Schnelligkeit als eine konditionell-koodinativ determinierte Fähigkeit zu betrachten. In diesem Sinne wird von LÜHNENSCHLOß und DIERKS (2004, 97) formuliert: „Die Bewegungsschnelligkeit ist eine Zusammenstellung von konditionellen (energetischen) und koordinativen (bewegungssteuernden) Komponenten. Die Leistungsstruktur der Schnelligkeit wird von bewegungstypischen Faktoren bestimmt, wobei die Kraft die Schnelligkeit determiniert und die Koordination die Bewegung steuert.“

2.2 Die Struktur der Schnelligkeit

Ausgangspunkt für die Entwicklung von Strukturvorstellungen zur Schnelligkeit sind die interdisziplinären Betrachtungsweisen des Erscheinungsbildes und die in den Definitionsdiskussionen angedeuteten Problemstellungen. Die Vielzahl der bereits erkannten Teildimensionen von Schnelligkeit sind koordinativen und/oder koordinativen Fähigkeitsstrukturen zuzuordnen. Die ersten Strukturen wurden von der Phasenstruktur des Geschwindigkeitsverlaufs im leichtathletischen Sprintlauf abgeleitet (vgl. Abb. 4.)

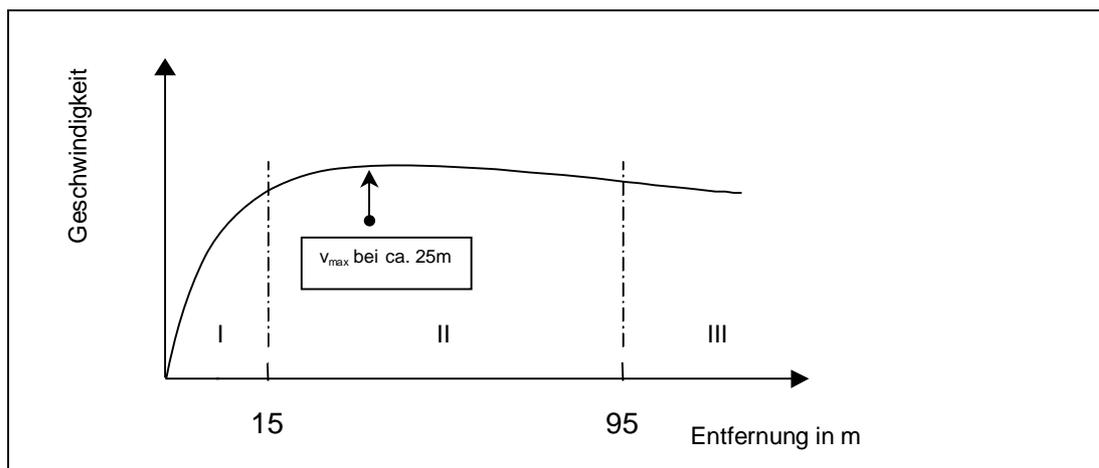


Abb. 4. Phaseneinteilung im leichtathletischen Sprint (nach GUNDLACH 1963)

Die Beschleunigung, die maximale und die Schnelligkeitsausdauer wurden als Teilkomponenten der Schnelligkeit zu einer Struktur zusammengefügt. (vgl. SCHMOLINSKI 1979). Mit diesen Dimensionen wurde der konditionelle Charakter der Schnelligkeit begründet. Für zyklische Schnelligkeitsleistungen schien die Ableitung aus der Sicht einer Außenbetrachtung lange geeignet zu sein. Der Anspruch auf Allgemeingültigkeit ist allerdings nicht gerechtfertigt.

MARTIN, CARL & LEHNERTZ (1991) entwickeln als Erweiterung der Auffassungen von BAUERSFELD & SCHRÖTER (1978) ihr Strukturmodell anhand ihrer in der Bewegung erscheinenden Verlaufsformen. Dieses Phasenstrukturmodell (vgl. Abb. 5.) berücksichtigt die Variationsbreite von zyklischen und azyklischen Bewegungen und sportartspezifische Anforderungen.

In den Phasen der Bewegung äußern sich folgende Faktoren der Schnelligkeit:

- „schnelle“ Bewegungsveranlassung infolge eines Signals (schnell, mittel oder langsame Bewegung; schnell wird als Charakter des Prozesses des Verlaufs aufgefasst, mittel oder langsam ist eine Reaktion, Aktion. Latenzzeit des Organismus auf die Art des Signals mit den dafür vorgesehenen Organen)
- Veranlassen von Abwehrhaltungen bzw. Ausweichmanövern infolge eines Reizes durch die Umwelt

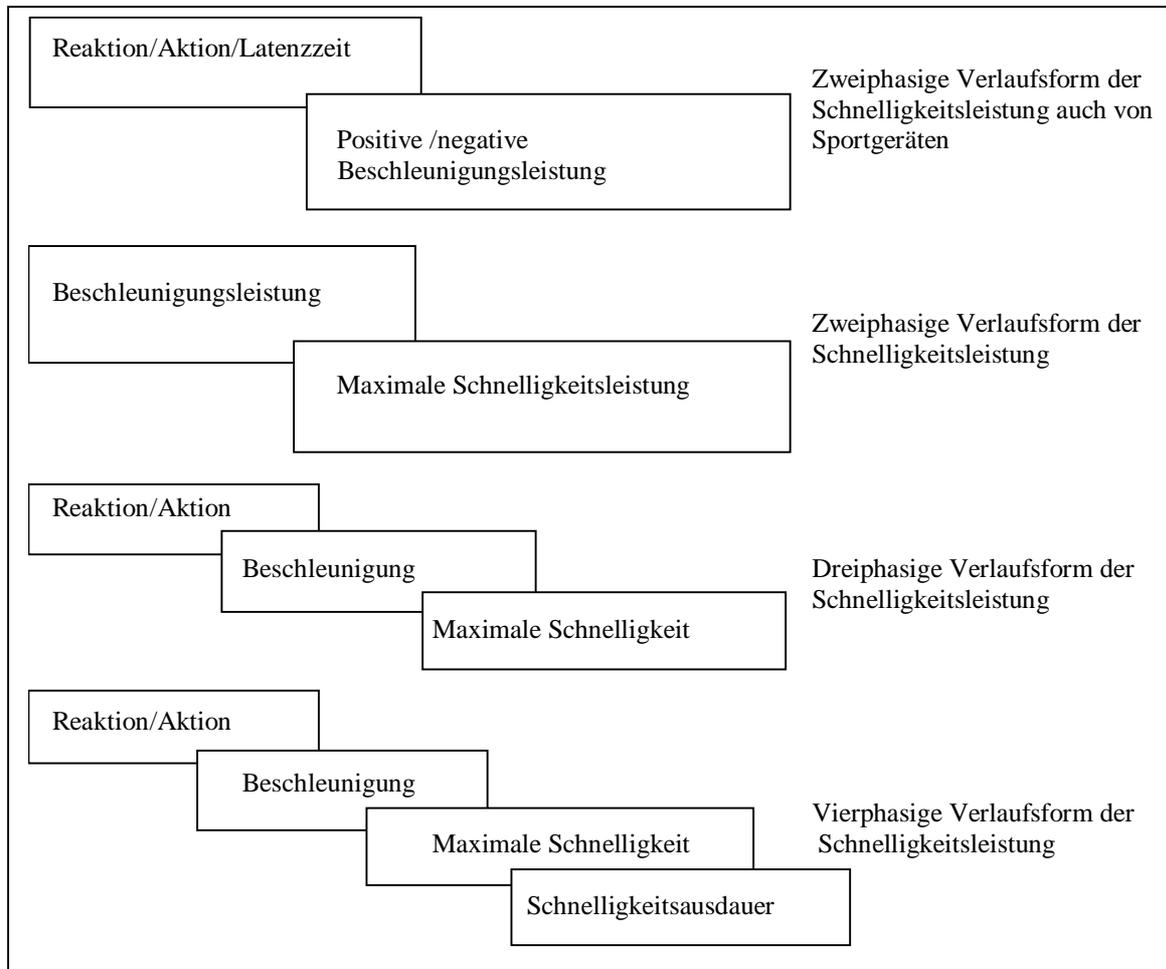


Abb. 5. Verlaufsform der Schnelligkeit (modifiziert nach Martin/Carl/Lehnertz 1991, 149)

Die einzelnen Phasen der Bewegung beinhalten die Reaktion, Aktion und die Latenzzeit der steuernden Prozesse des Organismus und die mit ihnen verbundenen konditionellen komplexen Schnelligkeitsleistungen, wie z. B. die Beschleunigungsleistung und die maximale Schnelligkeit. Beide komplexe konditionelle Leistungsvoraussetzungen für Schnelligkeit, die Schnellkraft und die Schnelligkeitsausdauer bleiben unbeachtet. In der 4. Verlaufsform wird die Schnelligkeitsausdauer als unbedingt notwendig zu berücksichtigende Komponenten hinzugefügt, weil keine Schnelligkeitsleistung ohne Ermü-

dung der konditionell und/oder koordinativ determinierten Dimensionen vonstatten geht. Diese Struktur der Schnelligkeit ist vor allem für zyklische Sportarten interessant. Die Zielsetzung des Schnelligkeitstrainings kann anwendungsorientiert entnommen werden. In der Folge werden drei grundlegende Erscheinungsformen der Schnelligkeit unterschieden, die Reaktionsschnelligkeit, die zyklische Schnelligkeit und die azyklische Aktionschnelligkeit (GROSSER 1991, WEINECK 1997, 239). Bei diesem Versuch, eine ercheinungsorientierte Unterteilung der Schnelligkeit vorzunehmen, werden weitere Teilkomponenten in Beziehung zueinander gesetzt. Die konditionellen Dimensionen bilden erneut den Mittelpunkt. GROSSER (1991, 17) erweitert das Modell durch die Dimension „reine Erscheinungsform“, die ausschließlich von zentralnervösen und genetischen Faktoren abhängig ist (Abb. 6.).

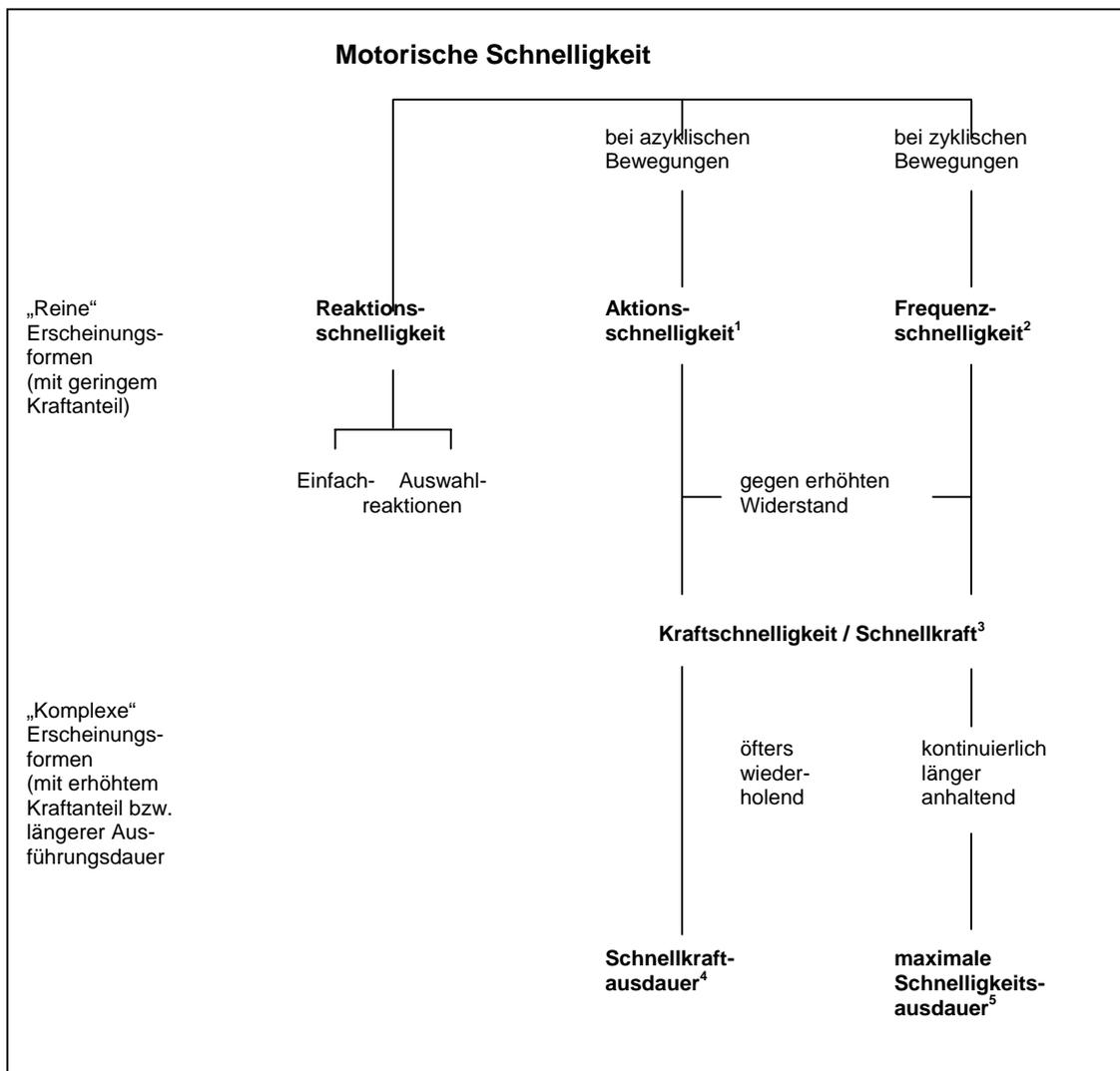


Abb. 6. Die motorische Schnelligkeit und ihre Unterteilungen (Erscheinungsformen, Subkategorien). (GROSSER 1991, 17)

Synonyma: 1 Bewegungsschnelligkeit; 2 Bewegungsfrequenz, Schnellkoordination, Grundschnelligkeit; 3 Beschleunigungsfähigkeit, Antrittsschnelligkeit; 4 Beschleunigungsausdauer; 5 Sprintausdauer, Frequenzschnelligkeitsausdauer, allgemeine anaerobe Kurzzeitausdauer, Sprintschnelligkeits- und Geschwindigkeitsausdauer.

Die reinen Erscheinungsformen sind grundlegend und elementar. Einbezogen werden in Anlehnung an ZACIORSKIJ (1972) und aufgegriffen durch THIENES (1998) die Reaktions-, Aktions- und die Frequenzschnelligkeit. Die Aktionsschnelligkeit tritt bei azyklischen und die Frequenzschnelligkeit bei zyklischen Bewegungen in Erscheinung. Die komplexe Erscheinungsform, die eine Kombination aus der reinen Erscheinungsform mit spezifischen Aspekten der Kraft und/oder der Ausdauer darstellt und sich in die Komponenten Kraftschnelligkeit und Schnellkraft untergliedert (vgl. auch FREY 1977, 348f; BÖS/MECHLING 1983, 213; DASSEL/HAAG 1987, 14-16).

In dieser Modellvorstellung wird der Versuch unternommen, die Wechselbeziehungen zwischen den koordinativ und den konditionell determinierten Schnelligkeitsvoraussetzungen in eine Struktur zu integrieren. Erste Ansätze der Innen- und der Außensicht bilden die Grundlage für eine Weiterentwicklung der Modellvorstellungen zur Schnelligkeit. Die Abgrenzung einer reinen Schnelligkeitsleistung erscheint eher schwierig, wenn nicht gar unmöglich zu sein. Jede Bewegung des Menschen ist mit der Entwicklung von Kraft in den Muskeln verbunden. Diese wiederum beruht auf Prozessen der Energiebereitstellung mit begrenzten Reserven. Die Muskulatur muss bei schnellen Bewegungen koordiniert werden. Eine Differenzierung der Schnelligkeit in einen reinen und unabhängigen, sowie in einen komplexen Anteil wie sie GROSSER vornimmt ist daher problematisch. Es stellt sich die Frage, wo die Grenze zwischen der elementaren und der komplexen Schnelligkeit zu ziehen ist. Als Merkmale der Abgrenzung der Teildimensionen der Schnelligkeitsvoraussetzungen werden folgende genannt:

- Schnelligkeit ist dann gegeben, wenn die äußeren Widerstände, die der Sportler während der Bewegung überwinden muss, weniger als 30 % der individuellen isometrischen Maximalkraft beanspruchen.
- Die Bewegungsdauer wird bei grundlegender Schnelligkeit bis 10 s und bei komplexen Schnelligkeitsleistungen bis 35 s festgelegt

- Es werden geringe Ansprüche an die Komplexität und Präzisionsanforderungen der sportlichen (Test)übungen gestellt

Der Verweis auf prozentuale Angaben in Bezug auf den Krafteinsatz und den Ausschluss von Ermüdungsprozessen durch kurzfristige Zeitintervalle zur Abgrenzung reiner Schnelligkeitsleistungen ist ungeeignet, um das Problem zu lösen. Während die elementaren Schnelligkeitserscheinungen als reine, elementare und grundlegende charakterisiert werden, bilden die konditionellen stets komplexe Dimensionen. Offen bleibt, ob die Reaktions- und Aktionsschnelligkeit ebenso wie die Frequenz nicht auch komplexe, d. h. aus mehreren Teilelementen bestehende Komponenten sind. Allein die Klärung der Problematik um einfache und komplexe Reaktionen und um einfache und komplexe Aktionen kennzeichnet die Schwierigkeit, klare Abgrenzungen zu treffen. Grundlegend sind nicht nur steuernde, sondern genauso energieliefernde Prozesse. In den meisten Fällen handelt es sich um organische Prozesse, die zusammenwirken, um Reaktionen zu erzielen.

In den Strukturvorstellungen zahlreicher Autoren sind weitere derartige widersprüchliche Angaben zu finden. (vgl. z. B. FREY 1977, GROSSER 1991, SCHNABEL & THIEß 1997, MARTIN, CARL & LEHNERTZ 1991). Wenn die Schnelligkeit jedoch eine koordinative Fähigkeit ist, stellt sich die Frage, warum sie in den Modellen von den konditionellen Fähigkeiten so eindringlich abgegrenzt werden muss. Die Struktur der Schnelligkeit und ihre Unterteilungen nach GROSSER berücksichtigen zwar die konditionellen und die koordinativen Elemente, die Wechselbeziehungen zwischen den Dimensionen bleiben jedoch nahezu unberücksichtigt.

In modifizierter Form unterscheiden KAROß, KÖNIG und SIMSHÄUSER (1994) vereinfacht zwei Erscheinungsformen, die Einfach- und Auswahlreaktion und die Bewegungsschnelligkeit, die die azyklischen und zyklischen Bewegungen umfasst. Mit der Reaktion werden die inneren Steuerprozesse ausgewiesen und die Bewegungsschnelligkeit wird als Resultat und damit als äußere Erscheinung der Bewegung dargestellt. Obwohl diese Verallgemeinerung durchaus interessante Aspekte aufweist, werden neue Widersprüche provoziert die vor allem aus der Anwendung im sportlichen Training resultieren. Des Weiteren wird unterstrichen, dass es sich bei der Reaktionsschnelligkeit um eine

separate Dimension handelt, die in keinem Zusammenhang zur Bewegungsschnelligkeit steht (vgl. auch FETZ und BALLREICH 1964, 348).

LETZELTER (1978, 189) wendet sich bei der Konzipierung seiner Struktur den inneren Prozessen zu und stellt nach MEUSEL (1969) die Geschwindigkeit der inneren Prozesse und der resultierenden Bewegung in den Mittelpunkt. Seine Vorstellung basiert auf der individuell aktivierbaren Kontraktionsgeschwindigkeit, die relativ durch eine genetisch determinierte Zusammensetzung der Muskulatur individuell fixiert ist. Die Schnelligkeit der inter- und intramuskulären Koordination wird als grundlegender Schnelligkeitsfaktor erkannt. Die Entspannungsfähigkeit und höchste Bewegungsgeschwindigkeiten spielen eine entscheidende Rolle (vgl. auch KAROß, KÖNIG & SIMSHÄUSER 1994, 122). Obwohl der koordinative Anteil eine bevorzugte Stellung einnimmt, wird über das Zustandekommen der Schnellkraft für den Bewegungsvollzug reflektiert. HIRTZ (2000) spricht von Schnellkoordination und verallgemeinert durch diesen „Sammelbegriff“ all die neuromuskulären Voraussetzungen des Organismus, die für schnelle Bewegungen „zuständig“ sind. Die Notwendigkeit einer Schnellkoordination weist darauf hin, dass Schnellkeitsleistungen am besten durch eine Automatisierung der inneren Prozesse zustande kommen. Der Schritt zum Bewegungslernen ist hierdurch eröffnet und eine Diskussion über die Einbeziehung der Schnelligkeit als Ergebnis des Lernprozesses liegt nah. In diesem Fall geht es nicht mehr um eine Integration der Schnelligkeit in eine Fähigkeitsstruktur, sondern es ist zu klären, ob schnelle Bewegungen nicht in die Kategorie der Fertigkeiten entsprechend des Ansatzes von ZINNER einzuordnen sind.

HOHMANN (1999) bezieht in seinem Modellansatz die programmgesteuerte Bewegungsausführung bei zyklischen und azyklischen Bewegungsfolgen und deren Vergleichbarkeit mit ein (vgl. Abb. 7.).

Die Besonderheit der meist vollautomatisierten zyklischen Bewegungssteuerung besteht darin, nach einer Vorlaufzeit in den unmittelbar nachfolgenden Bewegungsablauf verändernd eingreifen zu können. Somit ergeben sich qualitative Unterschiede in der Bewegungssteuerung. Die zyklischen Ausführungen werden dominierend automatisiert vollzogen, die azyklischen unterliegen einer bewussteren Beeinflussung in der Bewegungsausführung. Mit diesem Ansatz wird von HOHMANN in eine informatorische und motorische Schnelligkeit ausgewiesen.

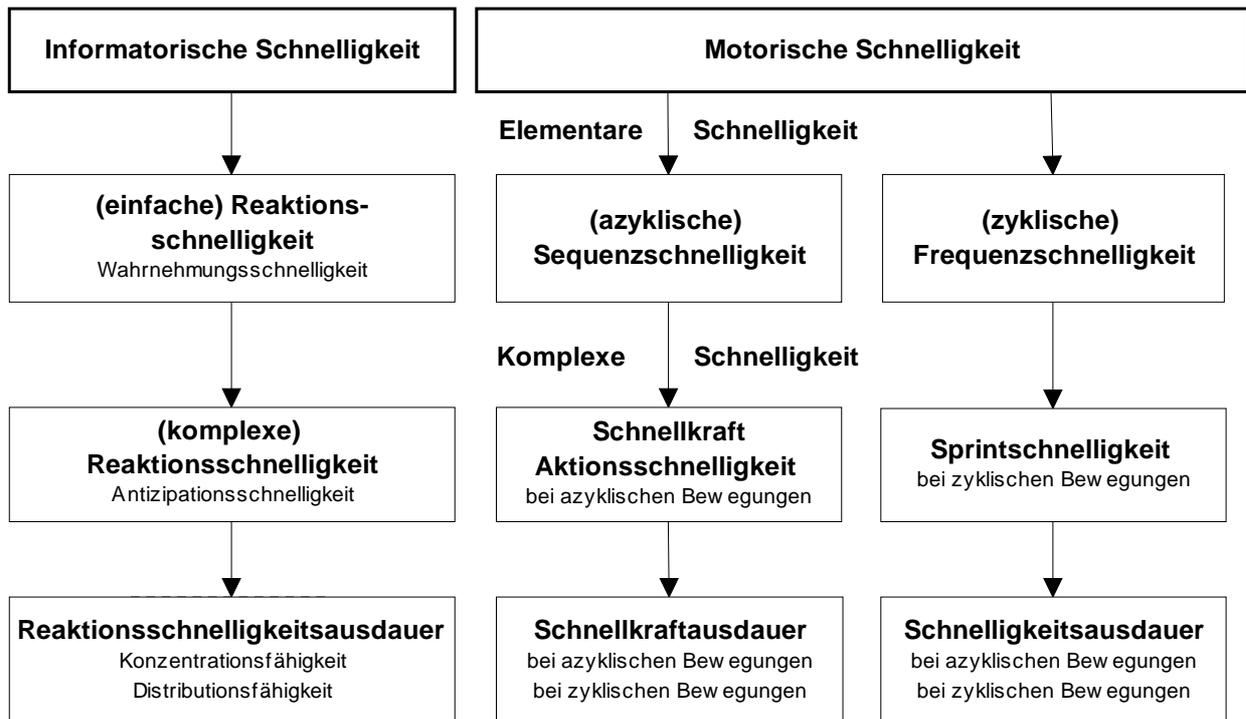


Abb. 7. Allgemeines Strukturmodell der sportmotorischen Schnelligkeit (aus HOHMANN 1999, 18)

Die vielschichtige Diskussion über Strukturvorstellungen von Schnelligkeit deutet weitere Probleme an, die in den empirischen Untersuchungen aufgegriffen werden. Obwohl viele Unzulänglichkeiten eine einheitliche Struktur der Schnelligkeit in Frage stellen, basiert das forschungsmethodologische Vorgehen auf den nachfolgenden Ansprüchen:

- möglichst schnell auf ein optisches, akustisches oder taktilen Signal hin mit einer sichtbaren Bewegung zu reagieren (Reaktionsschnelligkeit oder komplexe Reaktionsfähigkeit)
- eine azyklische oder zyklische Bewegung bei geringem Widerstand mit höchster Geschwindigkeit auszuführen (siehe auch Grosser/Starischka/Zimmermann 1981, 80)

Um Merkmale der Schnelligkeit ermitteln zu können, werden die zu analysierenden Parameter von den Ebenen der folgenden Modellvorstellung nach LÜHNENSCHLOß (1997) abgeleitet (vgl. Abb. 8.). Aus dieser Struktur können Dimensionen der Schnelligkeit entwickelt werden, die nicht die Frage nach der Integration von Schnelligkeit in das eine oder andere Modell klären, sondern sie als Resultat von Körperaktivitäten in der Auseinandersetzung mit der Umwelt und der antizipierten Bewegungsaufgabe sehen. Im

Kontext der optimalen Koordination von konditionellen Funktionspotenzen und der schnellen und präzisen motorischen Steuerung, Anpassung und Umstellung entsteht die Ausführung einer schnellen Bewegung durch eine gut ausgeprägte sportliche Technik. Schnelligkeit steht nicht als eigenständige konditionelle Fähigkeit dar.

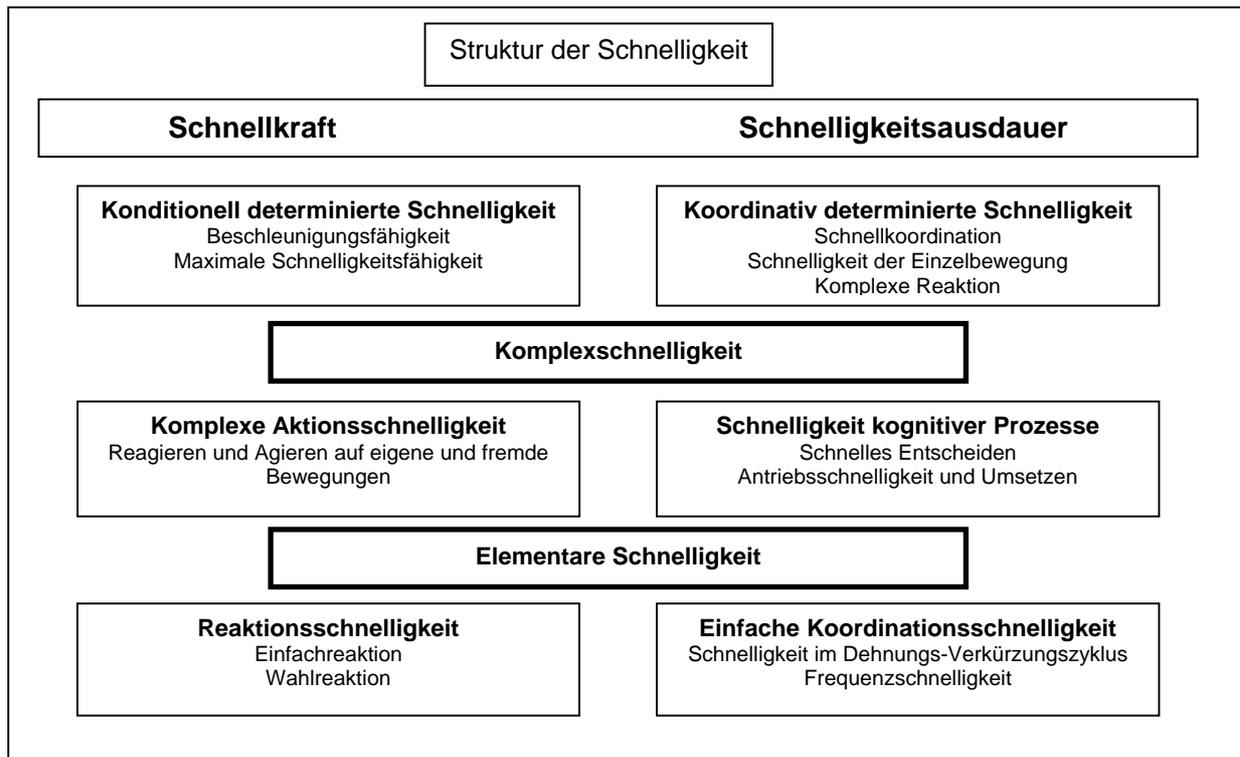


Abb. 8. Struktur der Schnelligkeit nach LÜHNENSCHLOß (1997)

2.3 Die Dimensionen der Schnelligkeit

Sportmotorische Schnelligkeit unterliegt als komplexe Erscheinung verschiedenen Einflussgrößen, die auf sie einwirken und die Qualität und Quantität der schnellen Bewegungsausführung bestimmen. Die Einflussgrößen können in Anlehnung an KAROß/KÖNIG und SIMSHÄUSER (1994, 122) dem Anlage-, Entwicklungs- und Lernbereich mit den Kategorien Geschlecht, Talent, Konstitution, Alter, Technik und der Bewegungsantizipation zugeordnet werden. Zu den neuronalen Komponenten zählen die Rekrutierung und Frequenzierung motorischer Einheiten, der Erregungs- und Hemmungswechsel sowie die Reizleitungsgeschwindigkeit. Im sensorisch-kognitiven und psychischen Bereich sind die Konzentration, die Informationsaufnahme und -verarbeitung, die Steuerung und Regelung, die Motivation und die Willenskraft integriert. Als tendo-muskuläre Bedingungen werden Muskelfasertypen, die Quer-

schnittsfläche der FT-Fasern, die Muskelkontraktionsgeschwindigkeit, die Muskel-Sehnen-Elastizität, die Dehnbarkeit, die Muskellänge und die Extremitäten-Rumpf-Hebelverhältnisse, die Energiebereitstellung und Muskeltemperatur aufgefasst. Die Vielfalt der Merkmale unterstreicht, dass zwischen elementaren, separaten und komplexen, gebündelte Faktoren unterschieden werden muss.

Für die Interpretation der einzelnen Dimensionen sind, bezogen auf die Schnelligkeit, Wirkungsrichtungen, Zusammenhänge und Besonderheiten zu klären. Mit der Differenzierung von Abhängigkeiten und Unterscheidungen können praxisrelevante Teilfähigkeiten ausgewiesen werden. Das Erfassen der Elemente der Schnelligkeit ist für die Grundlagenforschung in der Sportwissenschaft aber auch für die praxisorientierte trainingswissenschaftliche Forschung von Bedeutung. Eine Analyse der Erscheinungsformen von Schnelligkeit wird notwendig, um die Charakteristik im Hinblick auf die Trainingszielsetzung zu beschreiben. Zugleich darf diese Abgrenzung nicht dazu führen, die Wechselbeziehungen der Schnelligkeitskomponenten untereinander zu vernachlässigen. Sinndimensionsanalytisch betrachtet wird der Innenaspekt erst durch das Zusammenspiel mit den anderen motorischen Fähigkeiten, wie Kraft und Ausdauer interpretierbar.

Aus den allgemeinen Strukturvorstellungen lassen sich zunächst konditionell und koordinativ determinierte Dimensionen ableiten und den verschiedenen Ebenen zuordnen. Eine erste Ebene mit eindimensionalen elementaren oder grundlegenden Schnelligkeitsvoraussetzungen wird vor allem von den inneren, koordinativ determinierten Schnelligkeitsfähigkeiten gebildet. Trotz der Fragwürdigkeit ob ihrer Eindimensionalität. Die zweite Ebene repräsentieren die mehrdimensionalen komplexen Schnelligkeitsfähigkeiten mit konditionell-koordinativ sowie ausschließlich konditionell determinierter Grundlage. Sie berücksichtigt die Innen- und die Außenaspektbetrachtung. Die dritte Ebene umfasst die komplexeste sportliche Schnelligkeitsleistung, die Handlungsschnelligkeit.

Die Themenstellung der Dissertationsschrift zielt auf einen Beitrag zur ersten und zweiten Ebene. Deshalb werden nur die Dimensionen der Schnelligkeit erörtert, die im Sinne einer Konzentration auf das Wesentliche zur Beantwortung der Fragestellungen und Hypothesen einen Beitrag leisten können.

Durch eine systematisierende Vorgehensweise wird in der ersten Ebene, der elementaren Schnelligkeit, die Schnelligkeit der koordinativen Vorgänge mit den Dimensionen: Reaktionsschnelligkeit: Einfachreaktion und Wahlreaktion und die Frequenz/Sequenz der Bewegung in den Mittelpunkt gestellt. Bezogen auf die zweite Ebene wird die konditionell determinierte Schnelligkeit mit den Faktoren Beschleunigungsfähigkeit und maximale Schnelligkeitsfähigkeit unter alters-, geschlechts- und sportartspezifischer Sicht überprüft.

Die grundlegenden komplexen konditionellen Fähigkeiten Schnellkraft und Schnelligkeitsausdauer werden in den meisten Auffassungen als Kriterien für die Abgrenzung der Schnelligkeitsleistung von den weiteren konditionellen Fähigkeiten herangeführt. Beide Dimensionen finden gesonderte Beachtung, wobei der Schnelligkeitsausdauer verstärkt Aufmerksamkeit geschenkt wird. Der Erkenntnisgewinn zur Schnelligkeitsausdauer wird vorrangig durch konditionelle Erscheinungen des Stoffwechselprozesses getragen. Die Theorie zu den koordinativen Schnelligkeitsausdauererscheinungen steckt in den Anfängen und findet deshalb besondere Berücksichtigung.

2.3.1 Dimensionen der koordinativ determinierten Schnelligkeit

Die Schnelligkeit der Bewegungen unterliegt, wie jede Bewegung, koordinativen Steuerungsprozessen. Als besondere Bedingung ist die Rolle der Zeit in Relation zum Weg in der Bewegungsausführung anzusehen. Bei maximalen Schnelligkeitsleistungen limitiert die Zeit den Funktionsprozess des Organismus. Die koordinativen Prozesse verkürzen sich, werden ungenauer und verändern u. U. ihre Wirkungen. Intensivste Anforderungen ermüden sehr schnell die Funktionssysteme. Schnelle Bewegungen werden durch das ZNS initiiert und kontrolliert gesteuert. Die Großhirnrinde (Cortex) stellt den Integrationsort aller bewußten und willkürlichen Aktivitäten (sensomotorischer Cortex) dar.

Die zeitliche Limitierung bei maximal schnellen Bewegungen benötigt eine effektive und ökonomische Arbeitsweise aller Funktionsmechanismen. Über die bewußte Steuerung werden die ablaufenden Prozesse automatisiert und von der Ebene der bewußten Steuerung auf die Ebene der unbewußten, jedoch bewußtseinsfähigen Steuerung in das Kleinhirn verlagert. Eine Automatisierung der Bewegung entlastet den Cortex und ermöglicht eine schnellere Bewegungsausführung. Die Schnellkoordination „schleift“ sich be-

sonders bei zyklischen Bewegungen ein. Schnelligkeitsleistungen sind dann oft nicht mehr steigerbar.

Wechselwirkungen zwischen dem Zentralnervensystem und dem für den Bewegter bedeutsamen Empfindungen (Afferenzen) aus der Körperperipherie verlaufen nach dem so genannten Reafferenzprinzip. Reafferenzen sind Afferenzen, die erwartet werden. Dies beinhaltet die Kernaussage, dass jede zielgerichtete Bewegung nur dann möglich ist, wenn zu jeder Afferenz E stets auch eine Afferenzkopie EK gebildet wird, d. h. entstehende Sinneseindrücke werden erwartet. Die Regelung der Bewegung (Reafferente Regelung) erfolgt im ZNS auf verschiedenen Ebenen (BERNSTEIN 1947, RUBINSTEIN 1984). Regulationsaufgaben werden von höheren an niedrigere Regulationsebenen abgegeben, wo sie zwar noch bewusstseinsfähig bleiben, aber nicht mehr der bewussten Aufmerksamkeit unterliegen (vgl. MEINEL/SCHNABEL 1987, 226f, DAUGS 1993, 43ff). Das Bewusstsein wirkt sich auf die Regelung und die Ausführung der Bewegung aus. Die Realisierung der sportlichen Bewegung tritt auf unterschiedliche Art und Weise in das Bewusstsein und spiegelt sich in kognitiven Bewegungsprogrammen wider. Eine Bewegung wird bewusst durch das Beobachten der Bewegungsrepräsentation (Außensicht). Das „Bewusstwerden“ begründet sich auf einer hinreichende Erfahrung, systematischem Vorgehen und fachlicher Anleitung (vgl. AMESBERGER 1989, 5-36; BAUMANN 1986, TEIPEL 1979; NEUMAIER 1988, 172f). Eine Bewegung tritt weiterhin in das Bewusstsein durch die zunehmend bewusste Wahrnehmung der eigenen Bewegungsausführung (Innensicht), die zu einer bewusstseinsfähigen Repräsentation führt, die weitgehend bewusstseinsfähig, wenn auch nicht voll bewusstseinspflichtig ist und eine bewusste Beherrschung der jeweiligen sporttechnischen Fertigkeit ermöglicht.

Um eine äußerlich sichtbare Bewegung durch Muskelaktivitäten zu erzielen, sind zuvor verschiedene Wechselwirkungen zwischen den Funktionseinheiten unseres Steuerungsystems des ZNS erforderlich. Der gesamte Vorgang bis zur Entstehung (Steuerung) der nach außen hin sichtbaren Bewegung und deren stetige Korrektur (Regelung) umfasst das sogenannte kybernetische System. Die Kybernetik ist die Wissenschaft von den dynamischen Systemen. Steuerung bedeutet in der Kybernetik die Einflussnahme auf das dynamische System Mensch, Regelung die Aufrechterhaltung der Stabilität des dynamischen Systems (KLAUS 1969, 523). Die grundlegenden Abläufe im kybernetischen

schen System bei der Ausführung willkürlicher Bewegungen sind die Erstellung eines Bewegungsplanes, die Bewegungsprogrammierung und die Bewegungskontrolle.

Der Bewegungsentwurf entsteht in den Assoziationsfeldern und in den subcorticalen Arealen des Großhirns. Im Bewegungsentwurf sind Informationen über die an der Bewegung beteiligten Muskeln und Gelenke enthalten. Nach der Entstehung wird der Entwurf dem Motorcortex zugeleitet, in dem daraufhin ein vorläufiges Bewegungsprogramm erstellt wird. Das Bewegungsprogramm wird im Kleinhirn und im Thalamus in Bezug auf raum-zeitliche Parameter genau abgestimmt und dem Motorcortex wieder zugeleitet. Die Feinkoordination der Muskelarbeit (der Bewegung) erfolgt durch das Kleinhirn. In ihm sind die Programme für alle erlernten Bewegungen gespeichert und bilden das Bewegungsgedächtnis. Eine Komplettierung und Bearbeitung des Bewegungsgedächtnis erfolgt auf verschiedenen Ebenen des sensomotorischen Systems. Die zentrale Kooperation erfolgt zwischen Großhirn, Kleinhirn und Hirnstamm. Die dezentrale Komponente der Bewegungsregulation erfolgt über Muskelspindeln und den kurzen spinalen Informationsweg (Reflexbogen) [Innervationskorrekturen innerhalb von 20 – 30 ms]. Das durch das Kleinhirn modifizierte Bewegungsprogramm wird durch den Motorcortex als Befehl über das Rückenmark zu den Muskeln der beteiligten Glieder geschickt und bewirkt die koordinierte Kraftbildung im Muskel (vgl. GEESE 1995, 22). Aus diesem Zusammenhang wird deutlich, dass jede zielgerichtete Bewegung eine koordinative Gesamtleistung des ZNS unter der Führung des Großhirns ist. Die Bewegungsvorstellungen im Großhirn können nur durch die Mitwirkung untergeordneter Strukturen in reale Bewegungen umgesetzt werden.

Um eine effektive Informationsverarbeitung im Gehirn zu gewährleisten und um nicht einen Hirnbereich zu überlasten und somit Hemmungserscheinungen hervorzurufen, erfolgt eine Funktions- und Aufgabenverteilung der einzelnen Bereiche des Gehirns. Einen Überblick über die an der Motorik beteiligten Funktionseinheiten und deren Koordination/Wechselbeziehungen gibt Abb. 9. Die Funktionseinheiten des Nervensystems setzen sich aus dem Zentralnervensystem und dem peripheren Nervensystem zusammen. Zum ZNS gehören das Gehirn und das Rückenmark, zum peripheren Nervensystem die Nervenbahnen der Gliedmaßen und allgemein des Körpers.

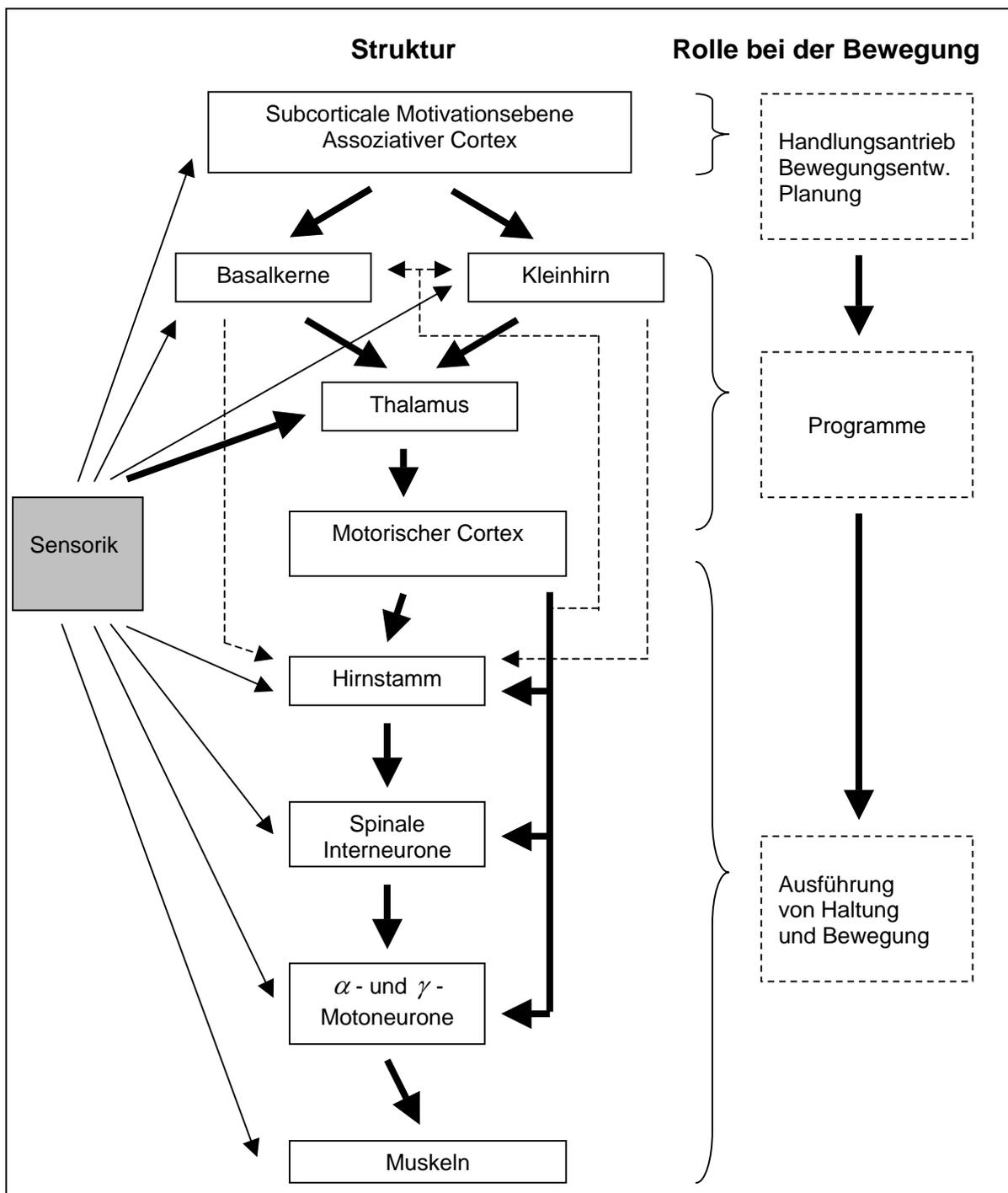


Abb. 9. Struktur der an der Motorik beteiligten Funktionseinheiten und deren Wechselbeziehungen (nach SCHMIDT 1977, 181)

Schnelligkeitsleistungen werden durch neuronale Einflussgrößen ausgelöst und gesteuert. Neuronale und neurophysiologische Einflussgrößen stellen die schnelligkeitsbeeinflussenden Größen dar, die sich aus dem anatomischen Aufbau und der Funktionsweise des neuronalen Systems (Nervensystem) ergeben. Zu den neuronalen Einflussgrößen zählen die Rekrutierung (Zuschaltung von motorischen Einheiten) und Fre-

quenzierung, welche gemeinsam die intramuskuläre Koordination darstellen, der Erregungs- und Hemmungswechsel im ZNS in Form der intermuskulären Koordination, die Reizleitungsgeschwindigkeit innerhalb der Nervenfasern, die Vorinnervation und die Reflexinnervation (Innervation=Leitung der Reize durch die Nerven zu den Organen) (GROSSER 1991, 20).

Maximale Schnelligkeitsleistungen zeigen sich nur bei gekonnten Bewegungsabläufen. Die Geschwindigkeit der Bewegungsausführung ist sogar ein Kriterium für die koordinative Leistungsfähigkeit (ROTH 1982, NEUMAIER/MECHLING 1995, 17). Mit zunehmender Komplexität einer Bewegung und steigenden Anforderungen an die Präzision der bewegungssteuernden Prozesse, sinkt jedoch der Anteil entwickelbarer Schnelligkeit. Psychomotorische Fähigkeiten wie Körperstärke, Beschleunigungsfaktoren, dynamische Genauigkeitsfaktoren, Bewegungskoordinationen und Gelenkigkeitsfaktoren bilden die Grundlage faktorenanalytischer Techniken.

Qualitativ werden schnelle Bewegungen vorrangig durch die Koordination der Muskelaktivitäten bestimmt und sind im Wesentlichen von den Prozessen der Bewegungsregulation im ZNS und im neuromuskulären System abhängig. Laut MEINEL/SCHNABEL (1987) und DAUGS (1993) werden Regulationsaufgaben von höheren (Zentralnervensystem, Kleinhirn, Basalganglien) an niedrigere Regulationsebenen (peripheres Nervensystem) abgegeben, wo sie zwar noch bewusstseinsfähig bleiben, aber nicht mehr der bewussten Aufmerksamkeit unterliegen, d. h. die Regulation läuft in einem automatisierten Prozess ab. Das ZNS wird so entlastet und erhält mehr Möglichkeiten, sich auf andere Sachverhalte zu konzentrieren. Gleichzeitig arbeitet das ZNS effektiver und schneller im Bearbeiten motorischer Abläufe. Neben der grundsätzlichen Erstellung eines Bewegungsplanes, der Bewegungsprogrammierung und der Bewegungsausführung, kommt in die Bewegungsrückkopplung zusätzlich die Bewertung der Bewegungsausführung und die Vorbereitung der nachfolgenden strukturgleichen Bewegung hinzu, was allgemein als Bewegungsregulation bezeichnet wird. Die Bewegungsregulation ist ein informationeller Prozess, der das Entstehen und die Verwertung interner Bewegungsrepräsentationen, die jeweils aktuelle Bewegungsprogrammierung, Vergleichsprozesse (Soll-Ist-Vergleich) und Korrekturinformationen als Teilprozesse oder Aspekte der Informationsorganisation einschließt. Schnellste motorischer Abläufe laufen nach ROTH (1989b, 76-87) in einem Zeitraum unter 200 ms/ ab. Bei kürzesten azyklischen

Bewegungen (Bewegungszeit unter 200 ms) (SCHMIDT 1991) ist eine bewusste Rückkopplung des Bewegungsablaufs und eine Bewegungsregulation nicht mehr möglich, da die Informationsaufnahme und die Reizleitungsgeschwindigkeit über dieser Zeit liegen. Das ZNS wirkt so limitierend auf die Bewegungsprogrammierung von azyklischen Bewegungen.

Im Zusammenhang mit der nicht rückgekoppelten Bewegungssteuerung führt ADAMS (1971) den Begriff „open-loop-Bewegung“ ein. Da in die Bewegung willkürlich nicht mehr eingegriffen werden kann, müssen also schnelle azyklische Bewegungen bereits vor dem Bewegungsbeginn vollständig und präzise ausgeformt sein. Es erfolgt eine zentrale Vorausprogrammierung und antizipierte Fehlerabschätzung. Daraus ist zu schließen, dass es in gleichem Maße auf die Qualität des im ZNS erstellten Bewegungsprogramms und der im neuromuskulären System erzeugten Bewegungsausführung ankommt. Die Schnelligkeit azyklischer, aber auch zyklischer Bewegungsabläufe steht also in Abhängigkeit zur Qualität der Informationsorganisation in Bezug auf die optimale Koordination der notwendigen Muskelaktivitäten bzw. Teilimpulse. Die Präzision der Bewegungsausführung erfordert ein genaues „Einschleifen“ im Prozess des Erstellens von Bewegungsprogrammen. Die „Suche“ nach perfekten Steuerprozessen durch häufige Bewegungswiederholungen bei homogenen und sich verändernden Bedingungen bilden die Basis für schnelle Bewegungsausführungen. Die Schnelligkeit der Bewegung wird von der Bewegungsgenauigkeit im Ergebnis eines motorischen Lernprozesses bestimmt. Daher scheint es sinnvoll, die Schnelligkeit als eine primär koordinativ betonte Fähigkeit zu charakterisieren.

Langsamere motorischer Abläufe verlaufen laut KEELE/POSNER (1968, 155-158) in einem Zeitraum ab 200 ms/aufwärts und werden als closed-loop-Prozesse bezeichnet (vgl. Abb. 10). Bei closed-loop-Prozessen erfolgt eine „mitlaufende Bewegungskorrektur“ durch bewusste Registrierung und planmäßige Nutzung von Feedback-Prozessen. Eine Mindestzeit der Verarbeitung visueller Rückmeldungen als Grundlage der Bewegungskorrektur beträgt 190 – 260 ms (KEELE/POSNER 1968). Bei visumotorischen Aufgaben erfolgt eine Bewegungskorrektur bereits innerhalb 100 – 150 ms (SPIJKERS 1995), die Verarbeitung kinästhetischer Reafferenzen innerhalb 70 – 100 ms. Um schnellstmögliche Bewegungen ausführen zu können sind demnach eine zentrale Vorausprogrammierung, eine antizipierte Fehlerabschätzung und eine Mindestzeit bei der

Aufnahme und Verarbeitung von Feedbackinformationen und bei der Bewegungskorrektur Grundvoraussetzung.

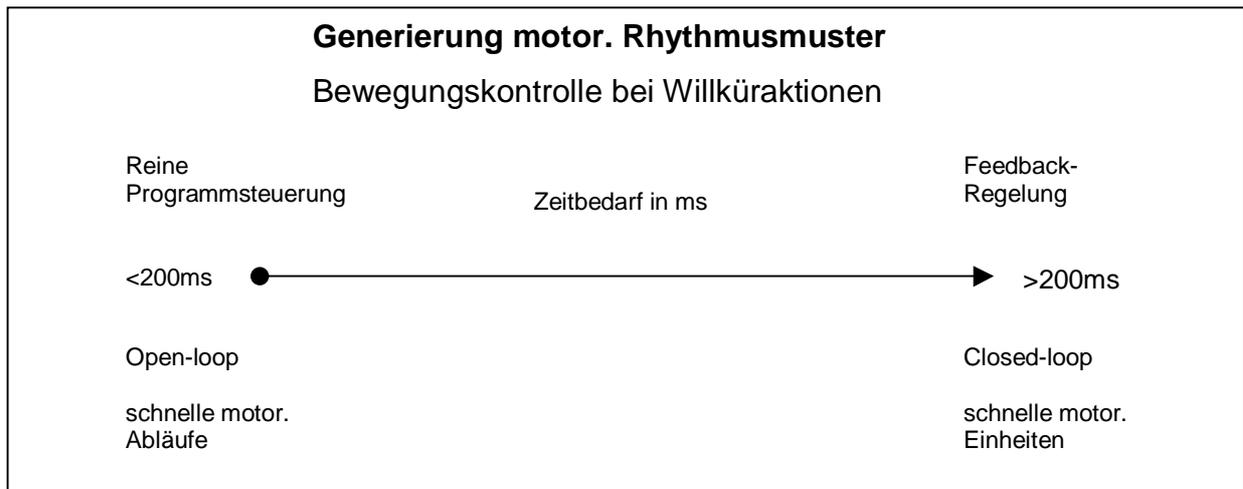


Abb. 10. Generierung motorischer Rhythmusmuster (nach ROTH 1989)

Die Weiterleitung von Informationen, die in bio-elektrischer Form vorliegen, erfolgt über viele Schaltstellen, die so genannten Synapsen. Läuft eine elektronische Erregung an der Synapse ein, setzt diese zunächst einen chemischen Botenstoff frei. Daraufhin wird die Information an die folgenden Nerven- und Muskelzellen weitergeleitet. Die Übertragung dauert etwa 1 - 2 Millisekunden. Nach SCHMIDT (1977, 80) kann der Vorgang der Informationsübertragung durch Üben verkürzt werden. Die Möglichkeit, die Informationsübertragung zu verkürzen, ist möglicherweise eine Erklärung dafür, dass in Sportarten mit unterschiedlichen Schnelligkeitsanforderungen auch unterschiedliche Nervenleitgeschwindigkeiten gemessen wurden (KRÜGER 1982, 4-33). Dem entgegen behaupten GROSSER/BRÜGGEMANN/ZINTL (1986, 99), „...die Leitgeschwindigkeit ist jedoch individuell genetisch festgelegt und auch durch Training nicht veränderbar.“ Bei zyklischen Bewegungsabläufen mit hohen Kräfteinsätzen und häufigen Wiederholungen (z. B. Sprint) ist für die Schnelligkeit ferner mit entscheidend, wie reichlich der von den Synapsen ausgeschüttete Botenstoff Acetylcholin zur Verfügung steht bzw. wie rasch er resynthetisiert werden kann. Von Bedeutung für die synaptische Übertragungsdauer ist Calcium, bei Calciummangel verlangsamt sich die Signalübertragung. Gefährdet sind davon vor allem Sportarten mit großer Dauerbelastung bei großer Hitze (z. B. Marathonlauf, Fußball) (GEESE 1995, 23).

Schnelle Bewegungen werden durch Reizeinflüsse aus der Umwelt veranlaßt. Reaktions-, Aktions- und Latenzschnelligkeit bilden somit die elementaren koordinativ deter-

minierten Schnelligkeitsdimensionen. Die Reaktionsschnelligkeit ist dafür verantwortlich, dass die Reaktionsphase einer Schnelligkeitsleistung, beispielsweise nach einem Startsignal, zeitlich so kurz wie möglich ist. Es schließt sich die Reaktion des Sportlers auf das Signal an. Die Art der Reaktion wird bestimmt durch die Einfachreaktionsschnelligkeit bei einer genau definierten Bewegungsantwort auf ein festgelegtes Signal bzw. durch die Wahlreaktionsschnelligkeit, wenn auf verschiedenartigste Signale (Informationen) bzw. Situationen hin schnellstmöglich eine zweckmäßige, situationsgerechte motorische Lösung gefunden werden muss. Die Entscheidung der Art der Reaktionsantwort wird gekennzeichnet durch Antizipationsschnelligkeit, Wahrnehmungsschnelligkeit und Entscheidungsschnelligkeit. Während der Antizipation erfolgt aufgrund der vorgestellten Vorwegnahme der Handlung (Antizipation) eine vorausgehende Abstimmung des Bewegungsverhaltens auf eine nachfolgende Bewegungsphase oder den Bewegungsablauf im Rahmen von Bewegungsaufgaben oder Entscheidungssituationen (GROSSER/BRÜGGEMANN/ZINTL 1986, 156).

Antizipation und Wahrnehmung sind untrennbar miteinander verbunden. Wahrnehmung ist die Voraussetzung dafür, häufig wiederkehrende Bewegungsmuster schnell zu erkennen und später antizipieren zu können (vgl. NEUMAIER 1984, 172-173). Wurden bekannte Bewegungsmuster wahrgenommen und antizipiert, erfolgt die Entscheidung über Art und Weise der Reaktionsantwort/der Bewegung. Die Schnelligkeit der Entscheidung wird durch die Faktoren Persönlichkeitseigenschaften, strategisch-taktische Absprachen, Vorsatz, Assoziationslösungen und den situativen Druck bestimmt. Die eingeleitete Bewegung wird bestimmt durch Aktions- oder auch Bewegungsschnelligkeit und ist der ausschließliche Ausdruck für die motorische Komponente der Handlung und äußert sich in der Bewegungsausführung.

ZACIORSKIJ (1971) sieht einen Zusammenhang zwischen der Reaktionsschnelligkeit und der Bewegungsschnelligkeit, d. h. Menschen, die auf bestimmte Situationen schnell reagieren, können sich auch in anderen Fällen schnell bewegen. Er begründet seine Annahme mit einem Reaktionstest im leichtathletischen Lauf. Die Ergebnisse ergeben für Untrainierte eine Reaktionszeit auf akustische Signale von 0,17 bis 0,27 s und auf visuell-motorische Reaktionen von 0,25 s (1971, 55). In Anlehnung an Ergebnisse von KRESTOVNIKOW (1951) und SEMINKIN (1958) ist der scheinbare Zusammenhang zwischen Reaktionsschnelligkeit und Bewegungsschnelligkeit jedoch fraglich. Auch

TOOMSALU (1957) bestärkt mit seinen Untersuchungsergebnissen den Widerspruch, dass ein Training mit verschiedenen Tempoübungen das Reaktionsvermögen verbessert und in der Folge eine starke Übertragung der Schnelligkeit auf die Bewegungsausführung zu beobachten ist.

VILKNER (1987, 40f.) weist mit Hilfe einer Faktoranalyse bei 7 bis 16 jährigen Jungen und Mädchen nach, dass einfache Reaktionen trotz ihrer Differenziertheit einen eigenständigen Faktor bilden. Im Rahmen einer koordinativen Leistungsstruktur besitzen einfache Reaktionen mit 19,9 % den höchsten Anteil der aufgeklärten Varianz und zeigen deutlich, dass keine Beziehungen zwischen einfachen Reaktionen und dem Alter bestehen, jedoch in starkem Maße zum Trainingszustand. Gleichwohl sind Beziehungen zwischen der einfachen und komplexen Reaktion auf ein akustisches Signal statistisch nicht eindeutig nachweisbar. NACH HIRTZ; FILIPPOVIĆ/J.M.TUREWSKIJ und VILKNER verringert sich mit steigendem Alter sogar ein Zusammenhang (vgl. VILKNER 1987, 40f.).

Bei Jungen und Mädchen vom 7. bis 15. Lebensjahr erfolgt eine relativ stetige Verbesserung der einfachen Reaktion. Die Entwicklung der komplexen Reaktion erfolgt jedoch nur in charakteristischen (sensiblen) Phasen. „Sensible Phasen sind begrenzte Zeiträume im Entwicklungsprozess von Lebewesen, in denen diese auf bestimmte Umweltreize intensiver mit entsprechenden Entwicklungseffekten reagieren als zu anderen Zeiten“ (THIEß/SCHNABEL/BAUMANN 1978, 175, zit. nach MARTIN/NICOLAUS/OSTROWSKI/ROST 1999, 151). Bei Jungen erfolgt dies am stärksten zwischen dem 7. bis 10. Lebensjahr. In der Zeit bis zum 14. Lebensjahr wird die Leistungssteigerung geringer und geht dann in eine Stagnation über. Bei den Mädchen ist die Entwicklung vom 7. bis zum 10. Jahr ähnlich. Allerdings erfolgt eine Stagnation hier bereits nach dem 11. Lebensjahr, da die Mädchen in ihrer Entwicklung in die puberale Phase übergehen, bei der das hormonell bedingte Geschlechtswachstum und Muskelwachstum verstärkt erfolgt.

Eine sich verkürzende Reaktionszeit kann auf der Zielrichtung der Aufmerksamkeit (Wahrnehmung) auf die bevorstehende Bewegung oder auf den automatisierten Prozess der Antwortreaktion beruhen. Durch die Art der Wahrnehmung lässt sich ein bestimmter motorischer Reaktionstyp klassifizieren. Eine Ausrichtung der Aufmerksamkeit auf die Wahrnehmung führt zur Ausprägung eines sogenannten sensorischen Reakti-

onstyps, der vom Reiz aufnehmenden Sensor/Analysator bestimmt wird. Die Charakteristik der Kraft und der Wahrnehmung scheinen bei der Reaktion wahlweise vorzuliegen. TUTTLE/VAN DALEN (1936) und auch PERSON/KALESNIKOVA (1961) wiesen eine Erhöhung der Reaktionsschnelligkeit bei einer gewissen Anspannung der Muskulatur nach. Die optimale Zeitspanne zwischen Vor- und Ausführungskommando beträgt nach WALKER/HAYDEN (1933); NAKARUMA (1934) etwa 1,5 s.

Komplizierte Reaktionen bestimmen vor allem in den situativen Kampf- und Sportarten die sportliche Leistung. In Abhängigkeit von der jeweiligen konkreten technisch-taktischen Situation muss sich der Athlet aus einer Vielzahl von möglichen Lösungsvarianten für die günstigste Variante entscheiden und dies in möglichst kurzer Zeit. Komplizierte Reaktionen werden in die Formen der Reaktion auf ein sich bewegendes Objekt, der Reaktion auf ein festes Objekt und der Wahlreaktion unterteilt. Sich bewegende Objekte sind z. B. ein Ball oder ein Gegner, feste Objekt z. B. ein Tor oder eine Spielfeld- oder Bahnmarkierung. Von Wahlreaktionen wird beim Vorliegen mehrerer Antwortmöglichkeiten/Reaktionsvarianten auf einen bestimmten Reiz gesprochen und diese können mit einer unterschiedlichen Schnelligkeit erfolgen. Die Reaktionsschnelligkeit auf ein sich bewegendes, plötzlich auftauchendes Objekt liegt nach STRUGHOLD (1951), zwischen 0,25 s und 1 min. Den größten Teil beansprucht dabei die visuelle Fixierung des sich bewegenden Gegenstandes (BOJKO 1961). Laut BOJKO umfasst die Fixierung die visuell-motorischen (ophthalmokinetische) und die dioptrischen Anpassungsveränderungen. Erscheint im peripheren Sehbereich ein Gegenstand, wird die aufgewandte Zeit für die ophthalmokinetische Anpassung wie folgt verteilt: Die Fixierung der Augen beansprucht eine Latenzzeit zwischen 0,175 - 0,185 s. Für die Selbstbewegung und Konvergenz der Augen wird eine Zeit von 0,03 - 0,1 s benötigt und für die Akkomodation der Augen (dioptrische Anpassung) eine Zeit von 0,2 - 0,6 s. Die eigentliche sensorische Phase der Informationsaufnahme benötigt nur einen Zeitraum von etwa 0,05 s. Dem Erfassen des Objektes (optisch, akustisch, taktil, vestibulär) und der Präzision der Antwortreaktion wird demnach ein besonderer Einfluss auf die Form der Reaktion auf einen Auslösereiz zugesprochen. Die Art und Weise einer Reaktion ist folglich abhängig von der Genauigkeit der Aktion (FULTON 1945/SELLEY 1952).

Bislang ist nicht klar, wie hoch der Stellenwert der Reaktions- und Aktionsschnelligkeit für die Schnelligkeitsleistung ist, dennoch wird im Allgemeinen ein koordinativer Einfluss

auf die Schnelligkeitsleistung angenommen. Der koordinative Zusammenhang wird im Bestehen von Bewegungsmustern gesehen, die eine optimierte Muskelabstimmung der Bewegungsausführung beinhalten und in kürzester Zeit als automatisierte Reaktionsantwort abgerufen werden können. Bei schnellen Bewegungen ist die Zeitspanne zwischen den Einzelbewegungen im Verhältnis zur Latenzzeit sehr kurz. Es ist leicht nachvollziehbar, dass bei maximalen Laufgeschwindigkeiten die sensorischen Korrekturen während der Ausführung schwierig werden. Versucht man dennoch eine Bewegungskorrektur, treten gehäuft Schwierigkeiten/Fehler auf. Der reflektorische Ring (Bewegungsrückkopplung) kann sich (so BERNSTEJN, 1940 und 1947) nicht rechtzeitig einschalten um neu zu koordinieren. Verschiedene Instanzen des ZNS erhalten während der Bewegungsausführung Rückmeldungen über die Bewegungsausführung. Es erfolgt ein sogenannter Soll-Ist-Vergleich. Bei langsamen Bewegungen erfolgen bewusste Rückmeldeprozesse, bei denen der Vergleich und die Korrektur noch während der Bewegung vollzogen werden. Bei schnellen Bewegungen geschieht eine Rückmeldung erst nach Abschluss der Bewegung. Bewusste Rückmeldungen werden über die Sinne wahrgenommen (optisch, akustisch, taktil). Allerdings ist der menschliche Organismus in der Lage auch über andere Quellen Rückinformationen aufzunehmen. Eine Form stellt die exterozeptive (über die Umwelt) und eine weitere Form die propriozeptive (körperintern) Rückmeldung dar. Propriozeptive Rückmeldungen laufen größtenteils unbewusst ab, z. B. über die Mechanismen der Reflexbögen im neuromuskulären Bereich. Bewusste Rückmeldungen während einer Bewegung benötigen eine Mindestzeit von ca. 200 ms (WULF 1994, 9; ROTH 1982, 75; SCHMIDT 1991, 86). Ein solcher Zeitraum steht nicht zur Verfügung, wenn die Bewegung so schnell erfolgt, dass die zur Verarbeitung exterozeptiver Wahrnehmungen notwendige Zeitdauer unterschritten wird. In dem Fall kann eine schnelle Bewegung nur durch propriozeptive Rückmeldungen, z. B. in den Reflexbögen, beeinflusst werden. Die bewusste Wahrnehmung der Rückmeldung und die anschließende bewusste Korrektur kann nicht erfolgen. So ist es beispielsweise kompliziert, in der Laufbewegung am Kraft- und Frequenzmaximum den Fußauftritt zu koordinieren. Die Folge ist dann ein „Stolpern“. Einfacher ist dagegen die sensorische Korrektur bei langsamen Bewegungen, bei denen jede Bewegungsausführung bewusst wahrgenommen wird und in der Folgeausführung korrigiert werden kann.

SIMKIN (1960), GROSSER (1991) oder auch HOHMANN u. a. (1999) unterstreichen, dass die Reaktionsschnelligkeit als separate Form bei der Strukturierung der Schnelligkeit

anzusehen ist. Die relativ eigenständige Ausweisung der Reaktionsfähigkeit in den verschiedenen Strukturmodellen, wird auf die in sportwissenschaftlichen Analysen festgestellte Unabhängigkeit von weiteren Komponenten der Schnelligkeit zurückgeführt.

Reaktionsschnelligkeit wird als die Fähigkeit gesehen, möglichst schnell auf einen Reiz, ein Zeichen oder Signal hin zu reagieren. Es handelt sich nach WEDEKIND (1984) nur zum Teil um eine motorische Fähigkeit, die weniger energetisch als informell bestimmt ist. Nach MARTIN/CARL/LEHNERTZ (1993, 149) stellt Reaktionsschnelligkeit eine psychophysische Fähigkeit dar und ist somit nicht als konditionelle (Teil-) Fähigkeit anzusehen. Mit der Aussage psychophysische Fähigkeit wird sie auf eine allgemeine Abstraktionsebene erhoben, die allerdings nicht in jedem Fall für die sportliche Reaktionsfähigkeit uneingeschränkt zu akzeptieren ist. Wie alle weiteren körperlichen Leistungsfähigkeiten kann sie allgemein und auf die konkrete Bewegungsaufgabe bezogen interpretiert werden. Unter allgemeiner Sichtweise sind alle Fähigkeiten psychophysisch erklärbar. Die konkrete Reaktionsleistung ist durch präzise Zielvorgaben, wie z. B. Reaktion auf ein akustisches Signal oder Wahlreaktion auf sich bewegende Objekte, gekennzeichnet. Und wo bleiben Affekthandlungen, die ggf. erst nach Vollzug der Reaktionsleistungen zu psychischen Auswirkungen führen? Nach den Ausführungen von WEDEKIND und MARTIN/CARL/LEHNERTZ ist die Reaktionsschnelligkeit eher dem Bereich der Psychologie bzw. Psychomotorik zuzuordnen. Des Weiteren zeigen Korrelationsberechnungen von FLEISHMAN & HEMPEL (1956) oder auch WEINECK (1987) und JOCH & HASENBERG (1990), dass zwischen der Reaktionszeit und der Bewegungsgeschwindigkeit keine oder nur sehr geringe Korrelationen nachweisbar sind. Bestätigung finden die geringen Korrelationen durch weitere Ergebnisse, die darauf hindeuten, dass es keine generelle Reaktionsschnelligkeit gibt (vgl. SCHAPER & LETZELTER 1994), sondern dass innerhalb der Reaktionsfähigkeit zwischen Einfach- und Mehrfachreaktionsfähigkeit sowie groß- und feinmotorischer Reaktionsfähigkeit (FUCHS, KUBER, PAULUS & SCHICKETANZ 1972, 41) unterschieden werden muss.

Die Schnelligkeit des Reagierens auf einen Reiz hängt immer davon ab, ob es sich um eine Einfachreaktion handelt, welche eine vorher festgelegte, unbewusste Antwort auf einen bekannten Reiz darstellt oder ob eine Wahlreaktion vorliegt, die eine bewusste Antwort auf einen bekannten Reiz, ausgewählt aus mehreren Antwortmöglichkeiten, ist oder ob eine Komplexreaktion vorliegt, die aus vorher festgelegten, zum Teil bewussten

und unbewussten Antworten auf einen Reiz besteht. Fein- und großmotorische Reaktionsfähigkeit umfasst die Reaktion mit einer Bewegungsantwort, die entweder minimale Bewegungen/Bewegungskorrekturen oder aber eine komplett andere Bewegung beinhaltet. Eine Begrenzung der Reaktionsschnelligkeit erfolgt durch die Geschwindigkeit der Informationsaufnahme, Informationsverarbeitung und der efferenten Reizleitung.

Nach HOHMANN ist die einfache Reaktionsschnelligkeit bei einem Trainingsumfang von nur etwa 10 - 20 Prozent bedingt trainierbar (vgl. OPLAVIN 1953, zit. nach MEUSEL 1969, 104, SIMKIN 1960, GROSSER 1976) und in Richtung eines bedingt-reflektorischen Stereotyps stabilisierbar (FREITAG/STEINBACH/THOLL 1969). Die einfache Reaktionsschnelligkeit ist allenfalls über die sportartspezifische komplexe Reaktionsschnelligkeit indirekt leistungsrelevant (GROSSER 1976) und ist empirisch-statistisch eindimensional (vgl. SCHAPER/LETZELTER, 1994, 21ff, mit Ausnahme der taktilen Reaktionsschnelligkeit).

Zusammenfassend kommt man zu dem Schluss, dass die angesprochene relative Eigenständigkeit der Reaktionsfähigkeiten weiterhin die Frage offen lässt, ob diese als eigenständige Dimensionen der motorischen Schnelligkeit zugeordnet werden oder losgelöst von den Schnelligkeitsfähigkeiten betrachtet werden muss. Die Reaktionsschnelligkeit macht einen relativ eigenständigen Anschein und wird daher in der Literatur als eigenständige Fähigkeit angesehen. Durch diese Eigenständigkeit muss sie aus den Schnelligkeitsmodellen herausgelöst werden und eine gesonderte Stellung in der Struktur der Leistungsfähigkeit einnehmen. Die Reaktionsfähigkeit scheint trotzdem für bestimmte Formen von Schnelligkeitsleistungen als limitierender Faktor zu wirken. Die Frage einer eindeutigen Zuordnung in der Struktur der sportlichen Leistung bleibt weiterhin offen.

Die Bewegungsausführung in azyklischer (einmalig) oder zyklischer (wiederkehrend) Form wird gekennzeichnet durch die Bewegungsschnelligkeit (SCHNABEL/HARRE/BORDE 1997, 144). Eine schnelle zyklische Bewegung wird durch die Frequenzschnelligkeit bestimmt, die ein Maß für die maximale Wiederholungsanzahl von zyklischen Bewegungen innerhalb eines bestimmten Zeitraumes ist (SCHNABEL/HARRE/BORDE 1997, 141). Eine hohe Bewegungsfrequenz ist nur durch die Bewegungskoordination auf einem hohes Niveau, d. h. in einer minimalen Zeitspanne, erreichbar. Dieses hohe Niveau wird gekennzeichnet durch die Koordinationsschnelligkeit, welche erst durch die

effektivste Art des Steuerns von schnellen Bewegungen und der Abfolge bzw. des Zusammenspiels der dabei beteiligten Muskulatur entsteht.

Die nach außen hin sichtbaren Leistungen der elementaren Schnelligkeit stellen z. B. die Frequenz und Sequenz einer Bewegung dar. ZIMKIN und FARFEL widmeten ihre Aufmerksamkeit bei zyklischen Bewegungen der Frequenz und bei azyklischen Bewegungen der Sequenz oder Geschwindigkeit der Einzelbewegung sowie der „Veranlasserfunktion“. Als Veranlasserfunktion wird die Art und Weise des Auslösereizes und des damit angesprochenen Analysators bezeichnet. Aus den Ergebnissen folgerten sie auf die Hauptelemente Latenzzeit der Bewegungsreaktion, auf die Geschwindigkeit einer Einzelbewegung bei geringem äußeren Widerstand und auf die Frequenz der Bewegung. Mit einer Analyse von ausgewählten ehemaligen 100-m-Weltklasse-Sprintern belegten sie, dass die Verbindung der drei Faktoren Frequenz, Sequenz und Veranlasserfunktion für die Schnelligkeitsentwicklung bestimmend ist. HENRY (1961) und ZACIORSKIJ (1965) bestätigten diesen Zusammenhang und begründeten, dass der leichtathletische Sprintlauf für die Schnelligkeit als trainingswissenschaftliche Kategorie fundamentalen Charakter besitzt.

Die Bewegungsfrequenz spiegelt sich in verschiedenen Modellvorstellungen zur Schnelligkeit wider, die sich auf der Bewegungskoordination aufbauen. In den Ansichten darüber, wem die führende Rolle bei der Koordination zugesprochen wird, vertreten die Autoren verschiedene Standpunkte. ROTH (1982, 90) geht explizit von den schnellen Bewegungen aus und differenziert in:

- die Fähigkeit zur schnellen motor. Steuerung,
- die Fähigkeit zur schnellen motor. Anpassung und Umstellung,
- die Fähigkeit zur präzisen motor. Steuerung
- die Fähigkeit zur präzisen motor. Anpassung und Umstellung (ROTH 1982, 90).

HIRTZ (1985, 25) hingegen favorisiert doch eher allgemeine koordinative Fähigkeiten wie Reaktion, Rhythmus, Gleichgewicht, räumliche Orientierung und kinästhetische Differenzierung. HIRTZ (1985, 19) spricht davon, dass „...solche koordinativen Fähigkeiten eine Sondergruppe darstellen“, „...die in spezifischer und klar bestimmbarer Verbindung mit konditionellen Funktionspotenzen in Erscheinung treten“. Als Beispiel nennt

HIRTZ die Fähigkeit zur Steuerung einer hohen Bewegungsschnelligkeit bzw. –frequenz. In der gegenwärtigen Literatur spielen solche koordinativen Fähigkeiten jedoch „...noch eine untergeordnete Rolle“ und so auch die Auffassungen über die Entwickelbarkeit. Der Stellenwert der Bewegungsfrequenz für die Realisierung schneller Bewegungen soll daher noch einmal aufgegriffen und zu einem Bestandteil dieser Arbeit werden. Ein Ansatzpunkt ist der Nachweis, ob altersbedingte Einschränkungen für die Entwicklung der Bewegungsfrequenz bestehen, und wenn dies nicht der Fall ist, ob und wie sich ein frequenzspezifisches Training auf die Schnelligkeitsleistung auswirkt.

LARSSON (1979) vertritt die Auffassung, dass die Bewegungsfrequenz und daraus resultierend auch die Schnelligkeit erst ab einem Alter von 45-50 Jahren durch Atrophie der hellen im Vergleich zu den dunklen Muskelfasern und der Abnahme der schnellen Muskelfasern sinkt. Einen Schritt weiter geht JOCH (1995, 6-12) mit seiner Auffassung, dass „alles (...) jederzeit möglich (scheint)“. Mit der daraus resultierenden Skepsis gegenüber eng definierten sensiblen Phasen findet dies auch für die Bewegungsfrequenz aufgrund von ihm angeführter Befunde partielle Unterstützung.

Die gekennzeichneten Zusammenhänge reflektieren folgende elementare Schnelligkeitsdimensionen. Schnelle zyklische Bewegungsabläufe werden nicht nur durch hohe Krafteinsätze gekennzeichnet oder die Geschwindigkeit der Impulsübertragung. „Höchste Fortbewegungsgeschwindigkeiten sind immer die Folge einer optimalen Abstimmung des Krafteinsatzes (der Amplitude) und der Frequenz, wobei die Maximierung einer der beiden Faktoren zur Folge hätte, dass keine Fortbewegung möglich ist.“ (HARRE 1983, 25; LEHMANN 1993, 14) Zyklische und azyklische Bewegungen besitzen die max. Bewegungsfrequenz als gemeinsames isoliertes Schnelligkeitsmerkmal (MEINEL/SCHNABEL 1987). Als Bedingungsfaktoren der maximalen Bewegungsfrequenz werden antropometrische Faktoren und neuromuskuläre Einflussfaktoren angesehen. Der bedeutsame Einfluss bestimmter Körperbaumerkmale auf überdurchschnittliche Frequenzleistungen konnte allerdings von ERA et al. (1986, 111-130), JOCH et al. (1982), LEHMANN (1992, 13-19) und IVES et al. (1993, 274-283) für die azyklische Schnelligkeit nicht bestätigt werden. Nachgewiesen wurde von ROSS et al. (1954, 119-125), dass weder eine einmalige, intensive Kraftausdauer- noch eine hohe Schnelligkeitsbeanspruchung zu einer Reduktion der max. Bewegungsfrequenz führt. Das untermauert die Auffassung, Schnelligkeitsfrequenztraining nicht nur im nichtermüdeten

Zustand durchzuführen und ebenfalls, dass die Bewegungsfrequenz in zyklischen Sportarten nicht der leistungsbegrenzende Faktor ist, sondern eher eine Quelle weiterer Leistungsreserven. Die Bewegungsfrequenz wird ebenfalls durch die Funktionseigenschaften des zentralen und des peripheren Nervensystems, im Speziellen durch Steuerungsprozesse, gekennzeichnet. Die Funktionseigenschaften kennzeichnen die Fähigkeit des ZNS zum schnellen Wechsel von Erregungs- und Hemmungsprozessen (ZACIORSKIJ 1972, 1-178; LETZELTER, M. 1978; HARRE 1986, MARTIN et al. 1993, GROSSER et al. 1993). SCHMIDT (1993, 87-131) vermutet im ZNS eine mögliche Verbindung zwischen rhythmusbildenden und rhythmushemmenden Funktionen des Thalamus.

2.3.2 Dimensionen der konditionell determinierten Schnelligkeit

Um Schnelligkeitsleistungen im Sport zu erzielen, muss im Organismus Energie – auf die jeweilige Sportart abgestimmt – möglichst effektiv erzeugt und ausgenutzt werden. Bei den konditionell determinierten Schnelligkeitsleistungen ist es erforderlich, in kürzester Zeit:

- die richtigen Muskelgruppen anzusprechen und zu aktivieren und
- die Geschwindigkeit des Energieverbrauchs in diesen Muskeln zu steuern.

Die Dimensionen der konditionellen, komplexen Schnelligkeit sind von schnellkoordinativen Steuerungsprozessen abhängig. Im Wesentlichen werden sie jedoch durch die Übertragung der Schnellkraft auf den Kontaktgegenstand begründet. Zu den Konditionell determinierten Schnelligkeiten zählen die Beschleunigungsfähigkeit und die maximale Schnelligkeitsfähigkeit, die Schnellkraft und die Schnelligkeitsausdauer.

Die konditionellen Schnelligkeitsfaktoren werden durch Geschwindigkeitsverläufe definiert. Geschwindigkeit stellt die physikalische Sicht der Schnelligkeit dar. Sie definiert sich über das Weg-Zeit-Verhältnis (m/s^2) und entsteht im Vollzug einer zyklischen oder azyklischen Bewegung im Zusammenspiel von Wahrnehmung, Reaktion, Aktion, Koordination, Frequenz und Beschleunigung (vgl. GREHN/V.HESSBERG/HOLZ/KRAUSE/KRÜGER /SCHMIDT 1986, 19). Die Geschwindigkeit kann als Kennzeichen der komplexen konditionellen Schnelligkeitsleistung angesehen werden. Bei zyklischen Bewegungen sind

weiterhin die maximale Schnelligkeit und die Schnelligkeitsausdauerleistungsvoraussetzungen von schnellen Bewegungen. Die Beschleunigungsfähigkeit ist durch eine ansteigende, also positive Beschleunigung, die maximale Schnelligkeit durch eine relativ konstante Geschwindigkeit charakterisiert und die Schnelligkeitsausdauer wird durch eine negative Beschleunigung, d. h. abnehmende Geschwindigkeit, gekennzeichnet.

Die Schnellkraftleistung hat bei allen Schnelligkeitsleistungen Grundlagenfunktion. Unter diesem Aspekt wäre konkreter von Beschleunigungskraft, Explosivkraft und Schnellkraftausdauer zu sprechen. Bei ansteigender und abnehmender Geschwindigkeit ist der Stellenwert der Schnellkraft für die Schnelligkeit am höchsten. Die Kontaktdauer für die Kraftübertragung auf den Boden ist in Relation zur zyklischen maximalen Schnelligkeitsleistung am längsten. In der beschleunigenden Phase der schnellen Bewegung ist zunächst das Körpergewicht zu überwinden. Beschleunigung findet sich, multipliziert mit der Kraft, in der Formel zur Berechnung der Leistung wieder:

$$F = m \cdot a; \quad \text{Kraft} = \text{Masse} \times \text{Beschleunigung}$$

Grundgleichung der Kraft (N) (in GREHN u. a. 1986, 52)

Die reziproke Beziehung zwischen Kraft und Masse ist in der menschlichen Bewegung nachweisbar. Bei größerer Körpermasse benötigt der Sportler gegenüber leichteren mehr Kraft. Der leichtere Sportler wird demnach höher beschleunigen können bzw. nach einer bestimmten Zeit über eine höhere Endgeschwindigkeit verfügen als der schwerere Sportler, der die gleichen Kraft- und Koordinationsfähigkeiten besitzt. Jede Bewegung startet mit einer Beschleunigung des Körpers bis zu einer angestrebten Geschwindigkeit und endet mit einem Geschwindigkeitsverlust (negative Beschleunigung), wenn das Energiepotential aufgebraucht ist bzw. wenn keine weitere Energie für das Aufrechterhalten der Bewegungsgeschwindigkeit eingesetzt wird. Beschleunigung errechnet sich physikalisch mittels der Formel:

$$a = \frac{v}{t}; \quad \text{Beschleunigung} = \frac{\text{Geschwindigkeit}}{\text{Zeit}}$$

Verhältnisgleichung nach NEWTON – Gesetze der Kinematik (m/s²) (in GREHN u. a. 1986, 21)

Die Geschwindigkeit ist ein entscheidender Bestandteil der Beschleunigung. Beide Größen, die Geschwindigkeit und die Beschleunigung, stellen eine wesentliche Charakteristik der Schnelligkeit bzw. schneller Bewegungen dar und tragen neben der Kraft zur sportlichen (Schnelligkeits-) Leistung bei. Die nach Newton ausgewiesene Relation zur Zeit wird in der sportlichen Schnelligkeit durch deren limitierenden Einfluss sichtbar. Zielsetzung von Schnelligkeitsleistungen ist es, in kürzester Zeit höchstmögliche Bewegungsgeschwindigkeiten zu erzielen. Die Relation der Schnelligkeitsleistung zur Zeit reflektiert sich vielfach bei der Angabe von sportlichen Bewegungsgeschwindigkeiten und bietet dann die Grundlage für die Bewertung der sportlichen Schnelligkeitsleistung. Der Zusammenhang zwischen der sich erhöhenden Geschwindigkeit und der gleichzeitigen Verringerung der zur Verfügung stehenden Zeit äußert sich in der Erscheinung der Beschleunigung. Die Beschleunigung oder Beschleunigungsfähigkeit stellt die Fähigkeit dar, dem Wettkampfgerät, dem sportlichen Gegner, dem eigenen Körper oder Teilen von diesem durch ein zweckmäßiges Nutzen des Beschleunigungsweges eine maximale Endgeschwindigkeit zu verleihen und wird zum Teil als eine spezifische Form der Schnellkraft angesehen (SCHNABEL/HARRE/BORDE 1997, 146).

Beschleunigungsfähigkeit ist stets an Kraft und deren schnelle Entwicklung, d. h. die schnelle Mobilisation der Muskelkraft bei willkürlicher Kontraktion und das Erreichen eines Kraftmaximums, in optimal kurzer Zeit gebunden (SCHNABEL/HARRE/BORDE 1997, 136). Im Idealfall endet die Beschleunigung in einer maximalen Schnelligkeit und bildet das Resultat eines Bewegungsvollzuges unter idealen Bedingungen. Im Bewegungsvollzug bezieht sich die lokomotorische Schnelligkeit auf die Anforderungen des Antagonisten (entgegen wirkender Muskel) während der maximalen Geschwindigkeit des Agonisten (wirkender Muskel der Bewegung) und werden durch die zentralnervale und neuromuskuläre Steuerung, die intermuskuläre Koordination und die Anpassungs- und Entspannungsfähigkeit bestimmt. Steuerung und Koordination werden wiederum durch Antizipation, Wahrnehmung und Veranlassung gekennzeichnet bzw. drücken sich in der Frequenzschnelligkeit aus.

Für das Erzielen der maximalen Schnelligkeit ist eine vorangegangene maximale Beschleunigungsleistung erforderlich. In der Regel hat der Organismus alle Funktionsreserven zum Einsatz gebracht und arbeitet mit höchstmöglicher Intensität. Zwischen Schnellkraft und Schnellkoordination existiert eine ausgewogene Situation. Beide Funktionsmechanismen arbeiten auf höchstem Niveau. Der zeitliche Anteil des Kontaktes

zur Übertragung der Schnellkraft ist am geringsten, die Muskulatur arbeitet auf der Grundlage der effektivsten Arbeitsweise und die steuernden Prozesse erhalten die Schnelligkeit durch ökonomischen Einsatz. Nicht nur die Reizleitungsgeschwindigkeit nimmt Einfluss auf die Schnellkraftentwicklung. Eine Rekrutierung (Zuschaltung) zusätzlicher motorischer Einheiten bewirkt ebenfalls eine Steigerung der Kontraktionskraft und die Steigerung der Impulsfrequenzen eine Erhöhung der Schnelligkeit (BÜHRLE 1993; SALE 1994). Durch eine Zunahme der Reizfrequenz von 50 auf 100 Hz kommt es zwar zu einer größeren Geschwindigkeit der Kraftentwicklung, nicht jedoch zu einer höheren isometrischen Maximalkraft (vgl. Abb. 11.). Die sehr hohen Entladungsfrequenzen, die sich teilweise bei Schnellkraftbelastungen (ballistische Kontraktionen) im Bereich von 100 bis 120 Hz beobachten lassen, haben somit den Sinn, die Geschwindigkeit der Kraftentwicklung zu steigern. Ferner können solch hohe Entladungsfrequenzen bei dynamischen Kontraktionen, die mit hoher Geschwindigkeit ausgeführt werden, auch einen Zuwachs an Maximalkraft führen.

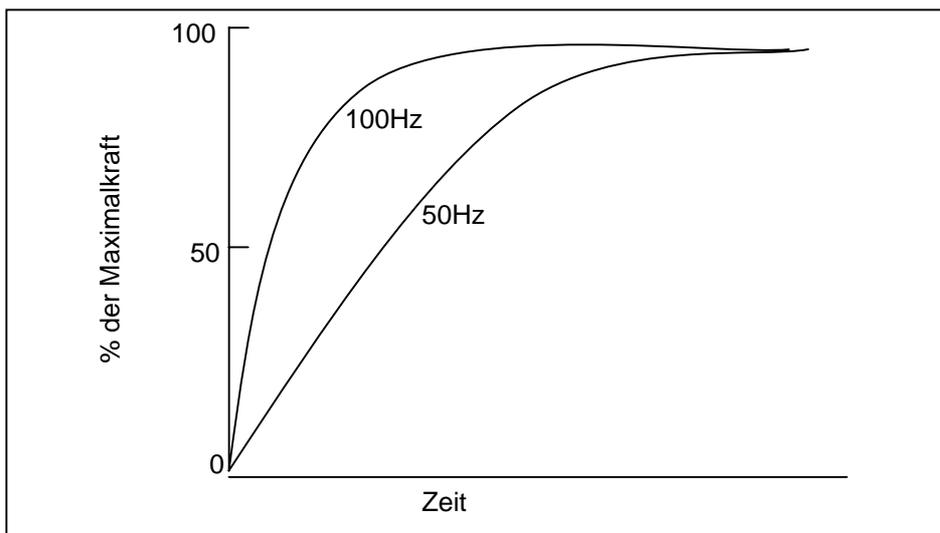


Abb. 11. Einfluss der Reizfrequenz auf die Geschwindigkeit der Kraftentwicklung bei schnellen Bewegungen (in Anlehnung an BÜHRLE 1993)

Muskeln mit paralleler Faseranordnung besitzen höhere max. Schnellkeitsleistungen als solche mit schräger Faseranordnung (THORSTENSSON 1989, 188-197). Hieraus ergibt sich die Trainierbarkeit, bei der der Adaptationsprozess in erster Linie durch erhöhte Entladungsfrequenzen erfolgt (SALE 1994, 249-265). Für das neuromuskuläre System sind also die Leitungsgeschwindigkeit der Erregung in den spinalen Nervenbahnen (Reizleitungsgeschwindigkeit) und die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Signals an der

Membranoberfläche der Muskelfaser von Bedeutung. Aber auch die Faserstruktur übt einen entscheidenden Einfluss auf das neuromuskuläre System und damit letztlich auf die Schnelligkeit aus. Sie ist genetisch festgelegt und beschreibt die Verteilung der FT- oder Typ-I- und ST (Slow Twitch)- oder Typ-II-Fasern innerhalb des Skelettmuskels. Beide Fasertypen unterscheiden sich in ihrer Kontraktionsgeschwindigkeit, der Höhe der Kraftentwicklung und der Ermüdungsresistenz, wie aus der nachfolgenden Tabelle (Tab. 1) nach HOWALD (1984, 6) ersichtlich wird. FT- oder auch Typ-II-Muskelfasern kontrahieren mit einer Kontraktionszeit von 40 – 88 ms deutlich schneller als die ST- oder Typ-I-Fasern. Eine geringere Kontraktionszeit bedeutet gleichzeitig eine höhere Muskelkontraktionsgeschwindigkeit.

Tab. 1. Eigenschaften von Muskelfasern (vgl. auch HOWALD 1984, 6)

	Typ I (langsam)	Typ II (schnell)
Kontraktionszeit	99-140 ms	40-88 ms
Ermüdungsindex	0,8-1,2	0-0,8
Maximale Spannung	4,6-15 g	4,6-203,5 g
	x = 12 g	x =25 g
Mittlere Leitungsgeschw.	2,5 m/s	5,4 m/s
Der Membranen		
Impulsmuster	10/s	40-120/s

Auch die max. Spannung, die Impulsmuster (Takte der Informationsaufnahme) und die mittlere Leitungsgeschwindigkeit der Membranen ist bei den FT-Fasern höher als bei den ST-Fasern. Allerdings liegt die Ermüdung der FT-Fasern mit einem Ermüdungsindex von nur 0,8 unter dem der ST-Fasern, die einen Index von 0,8 - 1,2 aufweisen und damit deutlich länger kontrahieren.

FT-, auch Typ-II-Muskelfasern genannt, werden ihrerseits unterteilt in Typ-IIA- und Typ-IIB-Fasern (ERIKSSON/HAEGGMARK 1982, 80-85). Typ-IIB-Muskelfasern erreichen eine sehr schnelle Maximalspannung, haben eine hohe Glykolyseaktivität, ermüden aber sehr schnell (aktiviert z. B. beim Gewichtheben). Die Typ-IIA-Fasern nehmen eine Mittelposition ein (mäßige oxidative Kapazität, mäßige Kapillarisation, aber mehr kontraktile Proteine als Typ I). Die Anzahl der Typ-IIA-Fasern scheint durch Training zuzunehmen. Längere Immobilisierung führt zur Abnahme der oxidativen Kapazität der Mus-

keln und zur Abnahme der Elastizität (Reißbereitschaft). Umfangmessungen an Extremitäten zur Bestimmung des Muskelquerschnitts beinhalten die Ungenauigkeit, dass es bei Atrophie des Muskels oft zu gleichzeitiger Zunahme des subkutanen Bindegewebes kommt.

Eine Erklärung der Schnelligkeit, sei es phänomenologisch, energetisch oder muskulär erfolgt in der Literatur durch verschiedene Ansätze. Bei MEUSEL (1964), HOLLMANN (1968) BAUERSFELD (1994) oder GROSSER (1991) werden z. B. komplexe Schnelligkeitsleistungen in Form der Bewegungsschnelligkeit dargestellt. Die Bewegung wird dabei als Ganzes betrachtet oder auch in einzelne Abschnitte zerlegt. HOHMANN (1991) ist der Meinung, dass sich die Unterschiede hauptsächlich auf die Möglichkeit beziehen, bei der Ausführung einer maximal schnellen zyklischen Bewegungsfolge zwar nicht in die momentan ausgeführte, aber nach einer gewissen Vorlaufzeit in den unmittelbar nachfolgenden Bewegungsablauf verändernd eingreifen zu können. Geschwindigkeitsleistung wird auch als Maximalschnelligkeit bezeichnet.

Die Begriffe Maximalschnelligkeit oder 'Speed' finden in der Literatur häufig Verwendung. Eine allgemeine Definition besagt, dass maximale Geschwindigkeitsleistungen dann erzielt werden, wenn der Mensch in der Lage ist einen hohen äußeren Widerstand, wie z. B. das Körpergewicht und die Trägheit, zu überwinden. Ein Individuum erreicht also die größte Geschwindigkeit mit seiner maximalen Kraft. Dieser Zusammenhang wird durch die HILL'sche Hyperbel (1925, 1938) dargestellt. Ihr Verlauf wird durch die Gleichung

$$(F + a) \cdot (v + b) = c$$

Verhältnisgleichung nach HILL (1925, 1938)

definiert.

In der Gleichung bezeichnet HILL die maximale Geschwindigkeit mit (v), die durch die Kraft (F) und die HILL'schen Konstanten (a), (b) und (c) bestimmt wird. Berechnungen zum Nachweis von Abhängigkeiten zwischen Kraft- und Geschwindigkeitswerten bei Bewegungen mit maximalem Krafteinsatz führte beispielsweise HOCHMUTH (1982, 7–39) durch und folgerte, dass die Geschwindigkeit durch die Steigerung der Maximalkraft oder durch die Vergrößerung der Maximalgeschwindigkeit erhöht werden kann. Durch

den verstärkten Muskelzuwachs während der Pubertät scheint es leichter, in diesem Zusammenhang die Maximalkraft zu steigern.

LEHNERTZ (1984, 32; 1988b, 46) oder auch MARTIN, CARL, LEHNERTZ (1991, 159) vertreten die Auffassung, dass sich die Geschwindigkeitssteigerung, beispielsweise im leichtathletischen Sprintlauf, über die Verbesserung der Schnellkraft und Schrittlänge ergibt. Die Frequenzleistung, die aus dem Zusammenspiel zwischen Schnellkraft und Schrittlänge entsteht, ist für die Schnelligkeit eines dynamischen Stereotyps in zyklischen Bewegungen verantwortlich. Das würde jedoch auch bedeuten, dass bei maximaler Kraft und Schrittlänge keine Verbesserung der Schnelligkeitsleistungen mehr möglich ist.

Auch TEICHMANN weist 1982 einen korrelativen Zusammenhang zwischen Schnellkraft und der Laufzeit in der Beschleunigungsphase mit Werten zwischen $r = 0,77$ und $r = 0,91$ nach. Als Beschleunigungsphase wird die Spanne vom Beginn einer Bewegung bis zum Erreichen der maximalen Geschwindigkeit bezeichnet. Die Länge dieser Phase ist nach FARFEL (1952), ZDANOV (1956), ARSAKJAN (1976) davon unabhängig, ob es sich um Schüler oder hochqualifizierte Sportler handelt. Es bestehen demnach unterschiedliche Auffassungen über die zeitliche Länge der Beschleunigungsphase. FURNADZIEV/PETKOVA (1977, 285 - 291) charakterisieren die Dauer mit 5 bis 6 s nach dem Start bis zum Erreichen der Maximalgeschwindigkeit. Die 5 Sekunden bis zum Erreichen der Maximalgeschwindigkeit gliedern sich in prozentuale Stufen bis zum Erreichen der maximalen Geschwindigkeit von 55 %, 76 %, 91 %, 95 % und 99 %. Die Zeitvorgaben vom Start bis zum Erreichen der Maximalgeschwindigkeit sind wissenschaftlich begründet, stellen aber für die Trainingspraxis eine schwer zu realisierende Norm dar. Es erfolgt eine Orientierung auf in der Praxis praktikable Beschleunigungswege und Streckenlängen. Teichmann benennt geschlechtsunspezifisch differenzierte Streckenlängen. Für die AK 8 bis 10 umfasst dies Strecken von etwa 15 – 20 m, in der AK 11 bis 13 Strecken um 20 bis 30 m und für die AK 14 bis 16 werden Strecken von 30 – 40 m angegeben.

BLASER ermittelte 1974 (46–51) mit Hilfe der Speedographie und Bewegungsfrequenztelemetrie am Beispiel des 50-m-Laufs Ausschnitte der Geschwindigkeit-Schrittfolge und gibt für die Abdruckphase folgende durchschnittliche Zeiten an (Tab. 2.):

Tab. 2. Geschwindigkeit–Zeit-Verlauf eines 50-m-Laufs (Auszug aus BLASER 1974, 46-51)

T (s)	V (m/s)	Schritte	T für Abdruckphase
0 – 2	3,64	4	0,14
2 – 3	5,28	4	0,12
4 – 6	6,28	4	0,10

BLASER gibt für eine erzielte Geschwindigkeit von 7,14 m/s als Bodenkontaktzeit für den Abdruck 0,07 s an. Diese Angabe scheint aber unwahrscheinlich, da die Bodenkontaktzeit besser wäre als der Weltrekord. In Anbetracht der vorliegenden Ergebnisse liegt eine Übereinstimmung des angegebenen Geschwindigkeitsprofils mit den zugeordneten Abdruck- und Flugphasen des Laufschriffs vor. Das bestätigt unsere These, dass eine Erhöhung der Laufgeschwindigkeit eine lineare Verringerung der Zeit für den Fußaufsatz in der Abdruckphase nach sich zieht. Die Zeit reicht nicht für die Entwicklung der Maximalkraft für den Fußabdruck aus. Der Einfluss der Kraft sinkt, dem entgegen steigt der Koordinationsanspruch der hochfrequenten Bewegungen. Bis zum Eintreten erster Geschwindigkeitsverluste wird die Schnelligkeit nun von einem technisch-kordinativen Charakter bestimmt. Der Toleranzbereich für den Geschwindigkeitsverlust bei der Bestimmung des Geschwindigkeitsverlaufs im Abschnitt mit der maximalen Geschwindigkeitsleistung wird von GUNDLACH (1969, 224-229) mit 1 % angegeben. TEICHMANN (1982, 462) zweifelt den angegebenen Wert für den Nachwuchsbereich an, da hier größere Schwankungen bis 5 % auftreten. Damit erwächst die Forderung nach einem individuellen Festlegen des Spielraums für die maximale Geschwindigkeitsphase. Als mögliches Beispiel für den individuellen Spielraum der Wege werden für wenig trainierte Sportler der Altersklasse 12 bis 13 etwa 15 – 20 m und für gut trainierte Sportler 20 – 30 m angegeben. Diese 20 – 30 m gelten auch für die Altersklasse 14 bis 16 (TEICHMANN 1982, 462).

OZOLIN (1949) und TRETJAKOV (1961) sprechen von direkten linearen Beziehungen zwischen Maximalgeschwindigkeit und der Schnelligkeitsentwicklung und sehen deren Grundlagen in der dynamischen Kraft und der Biogsamkeit (Beweglichkeit und Dehnfähigkeit), aber auch wesentlich im Beherrschen der Technik. In Anlehnung an OZOLIN (1949) oder TRETJAKOV (1961) ist Schnelligkeit als komplexe Leistung anzusehen, die neben Kraft und Biogsamkeit bislang auf nicht endgültig definierte Faktoren im Körperbau zurückführen ist.

Die Annahme linearer Beziehungen zwischen der Maximalgeschwindigkeit und der Schnelligkeitsentwicklung umfasst Bewegungen bei maximalem Tempo mit Zeitbereichen bis 22 s. Limitierend wirkt dabei laut TAVARTKILADZE (1958) und GODCIRIDZE (1960) die Veränderung der Erregbarkeit des ZNS und die Wiederherstellung der Werte der vegetativen Funktionen, was die Tilgung der Sauerstoffschuld mit einschließt. Das würde bedeuten, es treten keine Ermüdungserscheinungen und damit keine Ausdaueranteile auf. Dass jedoch die Auffassung von einem ermüdungsfreien Schnelligkeitsverlauf in der Form nicht Bestand haben kann, lässt sich aus der sportlichen Praxis und aus eigener Bewegungsempfindung leicht nachvollziehen. Über die Dauer einer durch TAVARTKILADZE (1958) und GODCIRIDZE (1960) angegebenen Zeitspanne von 22 s treten bereits offensichtliche Leistungseinbußen bzw. Ermüdungserscheinungen auf.

HOHMANN u. a. (1999) belegen das Auftreten von Leistungseinbußen der Bewegungsfrequenz bei Jugendlichen im Geschwindigkeitsverlauf des Sprintlaufs. LÜHNENSCHLOß u. a. (1997) im Sprintlauf und ENGELBART (1999) in der Laktatentwicklung im Rugbyspiel belegen das Auftreten von Ermüdungserscheinungen und die auftretenden Leistungsabfälle bei Schnelligkeitsleistungen. Die Ausdauer scheint also bei der Betrachtung des Schnelligkeitskonzeptes eine nicht zu vernachlässigende Größe darzustellen, findet jedoch in der Theorie und Praxis der Schnelligkeit immer noch zu wenig Berücksichtigung und stellt ein weites Untersuchungsfeld dar.

2.4 Zusammenfassung der Erkenntnisse zur Begründung und Erklärung der sportlichen Schnelligkeit

- Maßgeblich für eine Schnelligkeitsleistung ist die Beweglichkeit neuromuskulärer Prozesse. Nur ein optimal koordiniertes Zusammenwirken nervaler und neuromuskulärer Einflussfaktoren erlaubt schnelle Reaktionen und schnelle Bewegungen. Schnelligkeitsleistungen sind in jedem Falle programmgesteuert, d. h. für jede schnelle Bewegung besteht im ZNS ein bewegungsspezifisches Zeitprogramm, welches die Höhe, den Umfang und die zeitliche Abfolge des Muskeleinsatzes bestimmt (WEIGELT 1997, 25).
- Die technisch bestmögliche Realisierung der Bewegung hat einen wesentlichen Einfluss auf schnelle Bewegungen. Die Umsetzung eines begünstigenden Einflusses der physiologischen Faktoren des Nerv-Muskel-Systems in schnelle Bewegungen ist nur mittels einer optimalen technischen Ausführung möglich. Eine optimale technische Ausführung der Bewegung und ein optimales Extremitäten-Rumpf-Hebel-Verhältnis wirken sich entscheidend auf die Kraftbildungsgeschwindigkeit aus, d. h. auf die Fähigkeit der Muskulatur, optimal schnell maximale Kräfte zu entwickeln.
- Fundamental für eine Schnelligkeitsleistung gestaltet sich vor allem auch das Schnelligkeitstalent. Im Schnelligkeitstalent liegen die neurophysiologischen Grundlagen der Schnelligkeit wie Muskelfaserverteilung und Innervationsmuster .
- „Die zyklische Schnelligkeit ist kein „Selektionsmerkmal“ mit einer durch die Reifung des Nervensystems festgelegten „Endleistung“, sondern ein in hohem Maße fertigkeitgebundener Motorikbereich mit einer, wenn auch gegenüber der Kraft und Ausdauer enger begrenzten Trainierbarkeit.“ (THIENES 1998).
- Zyklische Schnelligkeitsprozesse werden in erster Linie durch die zeitl. Charakteristik zentralnervaler Koordinationsprozesse bestimmt. In zweiter Instanz durch Impulsfrequenzen und den FT-Faseranteil. Hier bestehen aber noch große Datenlücken, die diesen Sachverhalt hinreichend genau untermauern könnten.

- Bereits nachgewiesen ist, dass die Bewegungsfrequenz gegenüber unspezifischen Beanspruchungen eine hohe Stabilität besitzt (belastungsabhängige Veränderung motor. Schnelligkeitsleistungen nach THIENES 1998). Die Belastungsarten untergliedert THIENES in konditionell-energetische und koordinativ-informationelle Beanspruchungen.
- HOHMANN (1999, 18) fasst den derzeitigen sportwissenschaftlichen Forschungsstand über die einfache Reaktionsschnelligkeit zusammen als weitgehend anlage- und reifebedingt und reizabhängig, d. h. bei akustischen Signalen schneller als bei optischen Signalen und bei diesen wiederum schneller als bei taktilen Signalen (vgl. SCHAPER/LETZELTER 1994, 358-369).
- Schnelligkeitsleistungen sind zusammengefasst das Resultat/Produkt muskulärer, energetischer und zentralnervöser Prozesse. Von diesen Prozessen besitzen die zentralnervösen Prozesse den scheinbar entscheidenden Einfluss. Die Schnelligkeit wird sichtbar als die Geschwindigkeit, mit der innerhalb eines zyklischen oder azyklischen Bewegungsablaufs Bewegungen durchgeführt werden können. Bestimmt wird diese Geschwindigkeit von:
 - ◆ der individuell aktivierbaren Kontraktionsgeschwindigkeit
 - ↳ Sie ist genetisch determiniert und kann somit durch Training nicht erhöht werden.
 - ◆ der inter- und intramuskulären Koordination
 - ↳ Je besser das Verhältnis der Muskelkontraktion zwischen den an der Bewegung beteiligten Muskeln koordiniert werden kann, desto schneller kann eine Bewegung ausgeführt werden. Die Entspannungsfähigkeit spielt bei höchster Bewegungsgeschwindigkeit eine determinierende Rolle.

3 Zur Theorie der Schnelligkeitsausdauer

Eine begründete Theorie der Schnelligkeitsausdauerleistung orientiert sich an den verschiedenen Leistungsfaktoren der Schnelligkeit in den unterschiedlichen Betrachtungsebenen und deren phänomenologischer Erscheinung in der sportlichen Bewegung. Schnelligkeitsausdauerleistung ist die nicht nur intensivste Beanspruchung des Orga-

nismus, sondern zugleich ein Stressfaktor, abhängig von der zeitlichen Dauer und der geforderten Intensität der sportlichen Bewegung.

Die notwendige Präzision der Bewegung und die schnelle Bewegungsausführung bei möglichst ökonomischer Arbeitsweise begründen den unmittelbaren Zusammenhang zwischen Schnelligkeitsleistung und eintretender Ausschöpfung der Funktionsreserven des Körpers. Wie in jeder sportlichen Leistung sind bei den Schnelligkeitsleistungen ermüdungsresistente Körperfunktionen grundlegende Bedingungen. Schnelligkeitsausdauer und Schnellkraft sind die Basis der Geschwindigkeitsleistungen im Sport. In Anlehnung an die konzeptionellen Überlegungen zur Schnelligkeit sind deshalb die theoretischen Positionen zur Schnelligkeitsausdauer und ihren Leistungsvoraussetzungen neu zu durchdenken. Die Struktur der Schnelligkeitsleistung bildet beim Konzipieren des Leistungsfaktors Schnelligkeitsausdauer den Ausgangspunkt für die Modellvorstellungen. Im Zusammenhang mit den auftretenden Wirkungen durch Ermüdung sind die allgemeinen und differenzierten Merkmale der Schnelligkeit auf ihre Ermüdungsresistenz hin zu überprüfen. Ermüdung und die Widerstandsfähigkeit gegenüber Ermüdung sind ein Merkmale für die Ausdauerfähigkeit eines Menschen/Sportlers (vgl. GROSSER/BRÜGGEMANN/ZINTL 1986, 111).

Sichtbar werden Ermüdungen als vorübergehende physische, psychische, kognitive und emotionale Leistungs- und Funktionsminderungen des Organismus und seiner Systeme. Erkennbarer Ausdruck von Leistungs- und Funktionsminderungen bei schnellen Bewegungsausführungen sind z. B. eine abnehmende Intensität und abnehmende Umfänge der Bewegungen, die als Geschwindigkeits- und Schnellkraftverlust sichtbar werden. Die Reaktionszeiten werden deutlich länger. Es erfolgt ein zunehmender Einsatz von Hilfsmuskeln, der durch die verminderte Genauigkeit von Präzisionsbewegungen in Erscheinung tritt. Als weitere deutliche Zeichen für eine eintretende Ermüdung sind die Verminderung der Aufmerksamkeit und der Konzentrationsfähigkeit, Augenflimmern, Ohrensausen, Muskelschmerz und Muskelzittern zu verzeichnen (vgl. auch SCHARSCHMIDT 1976, 242). Die Dauer der Schnelligkeitsbelastung, die Zeitspanne bis zum Einsetzen der Ermüdung und ihre Relation zur Belastungsintensität bestimmen die Integration des Schnelligkeitsmerkmals in die Struktur der Schnelligkeitsausdauer. Ziel ist es, die Schnelligkeitsausdauer zunächst in die allgemeine Struktur der sportli-

chen Leistungsfähigkeit einzugliedern und danach als spezielle Struktur der Schnelligkeitsausdauer aufzuschlüsseln.

Schnelligkeitsausdauer wird in den aktuellen Interpretationen in die Struktur der sportmotorischen Ausdauer integriert. SCHNABEL/HARRE/BORDE (1997, 152) z. B. definieren die Schnelligkeitsausdauer als Sprintausdauer mit einer Belastungszeit bis 35 s. Die Energiebereitstellung begründet den zeitlichen Aspekt, da nach 35 s die anaerob-alkalotazide Energie erschöpft ist. Mit dem „Abfall“- bzw. Zwischenprodukt Laktat tritt körperliche Ermüdung in Erscheinung und Geschwindigkeitsverluste werden in der schnellen Bewegung sichtbar. Als Kriterium für Schnelligkeitsausdauer ist der offensichtliche und messbare Leistungsabbau bei zyklischen Geschwindigkeitsleistungen anzusehen.

Die Basis für die zyklische Schnelligkeitsausdauer sind auf der elementaren (inneren) Ebene der Leistungsvoraussetzungen die Schnellkoordination, die Schnellkraft- und die Frequenzausdauer. Bei großen äußeren Widerständen, wie z. B. bei den Wassersportarten, steigert sich der Stellenwert der Schnellkraft. Die Frequenz kann sich wie die Schnellkraft bis zu einem bestimmten Niveau entwickeln, das von der Größe des Widerstandes (z. B. Wasserwiderstand) abhängt, der im Bewegungsvollzug zustande kommt. Sowohl die Schnellkraft- als auch die Frequenzausdauer ist eine relative Schnelligkeitsleistung, die als Verhältnis zum äußeren Widerstand zu interpretieren ist. Die Schnellkoordination richtet sich voraussichtlich nach den Zeiträumen, die bei größeren Widerständen größere Ausmaße haben dürfen. Sie hat ggf. länger Zeit für ihre Prozesse zur Verfügung. Für die azyklische Schnelligkeitsausdauer gelten andere Leistungsvoraussetzungen. Die einsetzende Ermüdung ist in Abhängigkeit von der höheren Intensität der Bewegung in einem zeitlich kürzeren Rahmen angelagert. Schnelligkeitsausdauerleistungen sind bei azyklischen Bewegungen bereits nach Sekunden erkennbar. Die Energiebereitstellung ist vorwiegend im anaerob-alkalotaziden Bereich zu finden. Schnelligkeitsausdauer ist durch eine allgemeine und eine sportartspezifische Leistungsstruktur gekennzeichnet und beginnt mit dem Geschwindigkeitsverlust durch Ermüdung. Die Mehrzahl der Teilkomponenten der speziellen Struktur der Leistungsvoraussetzungen leitet die Ermüdung ein und mobilisiert den Widerstand des Organismus. Die Dauer der Phase des Erhalts der maximalen bzw. optimalen Bewegungsgeschwindigkeit und das Maß des Geschwindigkeitsabfalls bis zur Endphase kennzeichnen die Schnelligkeitsausdauerleistung.

ZINTL (1988, 28) spricht von Sprint- oder Schnelligkeitsausdauer als spezifischer Ausdauer und stellt diese als eine komplexe Erscheinungsform dar. Die Richtigkeit der Einordnung in sein Ausdauermodell und die Zuordnung zur Wettkampfspezifik und auch die zeitliche Klassifizierung im Konstrukt der Ausdauerarten wird fraglich, weil die Orientierung auf zyklische Schnelligkeitsleistungen zu einseitigen Interpretationen führt. Analog der Auffassung zur Schnelligkeit sind die koordinativ determinierten Schnelligkeitsleistungen ebenfalls ermüdungsbedingten Leistungsverlusten unterworfen. Folglich sind auch koordinativ determinierte Ermüdungserscheinungen bei schnellen Bewegungen die Regel und als Schnelligkeitsausdauerleistung zu interpretieren.

SCHNABEL/HARRE/BORDE (1997, 151) ordnen die Schnelligkeitsausdauer der allgemeinen Ausdauer zu und orientieren sich ebenfalls wie ZINTL an Wettkampfzeiten. SCHNABEL/HARRE/BORDE nehmen eine Klassifizierung der Ausdauer in folgende zeitlich determinierte Bereiche (Tab. 3.) vor:

Tab. 3. Ausdauerarten unter Berücksichtigung vergleichbarer Wettkampfzeitbereiche (SCHNABEL/HARRE/BORDE 1997; 151)

Sprint und Schnelligkeitsausdauer	unter 35 s
Kurzzeitausdauer (KZA)	35 s bis 2 min
Mittelzeitausdauer (MZA)	2 min bis 10 min
Langzeitausdauer (LZA)	10 min bis mehrere Stunden
LZA I	10 min bis 35 min
LZA II	35 min bis 90 min
LZA III	90 min bis 360 min
LZA IV	über 360min

Für die Sprint- oder Schnelligkeitsausdauer wird der Bereich unter 35 s, für die Kurzzeitausdauer der Bereich von 35 s bis 2 min, für die Mittelzeitausdauer ein Bereich von 2 bis 10 min und für die Langzeitausdauer der Bereich 10 min bis mehrere Stunden festgelegt. Bezüglich der Langzeitausdauer erfolgt weiterhin eine Spezifizierung in LZA I bis LZA IV. Die Festlegung eines Zeitbereichs basiert auf der Ausschöpfung von körpereigenen Energiedepots, der notwendigen Umstellung der energieliefernden Prozesse nach 35 s und auftretenden Ermüdungserscheinungen.

Aus medizinischer Sicht wird wie aus sportwissenschaftlicher Sicht eine SA, eine Kurz-, Mittel- und Langzeitausdauer unterschieden. Die Arten charakterisieren sich allerdings nicht durch eine Zuordnung von Zeitabschnitten. Unter medizinischem Gesichtspunkt erfolgt eine Klassifizierung nach der Art der Energiebereitstellung, insbesondere dem Glykogenabbau und der Lipolyse. Des Weiteren erfolgt eine Orientierung an der prozentualen Energiewandlung. Eine Übersicht über die Zuordnungskriterien gibt Tab. 4. nach NEUMANN (1987).

Tab. 4. Beanspruchung von Funktionssystemen bei intensiven Kurz-, Mittel- und Langzeitbelastungen
(nach NEUMANN 1987)

Funktions-system	Messgröße	SA	KZA	MZA	LZA I	LZA II	LZA III	LZA IV
Herz-Kreislauf	Hf (in Schl./min)		185-200	190-210	180-190	175-190	150-180	120-170
O2-Aufnahme	VO2max (in %)	100	100	95-100	90-95	80-95	60-90	50-60
Energiewandl.	Anteil(in %)							
	aerob	0	20	60	70	80	95	99
	anaerob	100	80	40	30	20	5	(1)
Glykogenabbau	Muskelglyk. (in %)	0-10	10	30	40	60	80	95
Lipolyse	FFS(in mmol/l)	0-0,50	0,50	0,50	0,80	1,0	2,0	2,5
Glykolyse	Laktat (in mmol/l)	0	18	20	14	8	4	2

Der Stellenwert der Schnelligkeitsausdauer in den verschiedenen schnelligkeitgekennzeichneten Sportarten bzw. Sportdisziplinen gestaltet sich unterschiedlich und lässt sich nur durch genaue Analysen der Sportdisziplinen ermitteln. Im Rahmen dieser Promotionsarbeit soll der Aspekt der sportlichen Schnelligkeitsausdauer analysiert werden. In der Literatur wird die Schnelligkeitsausdauer meist nur mit ein paar definitorischen Sätzen bzw. Trainingshinweisen abgehandelt. Es besteht weiterer Klärungsbedarf.

3.1 Definitionsansätze der Schnelligkeitsausdauer

Schnelligkeitsausdauer wird als Fähigkeit verstanden, eine maximale Bewegungsgeschwindigkeit durch große Muskelgruppen in der Zeit zwischen 10 und 35 s zu realisieren (vgl. HARRE 1986, 159; BAUERSFELD/SCHRÖTER 1986, 392; BADTKE 1987, 357).

WEINECK (1997, 445) sieht den Schnelligkeitsanteil als den dominierenden an und konzentriert sich in seiner Definition der Schnelligkeitsausdauer auf die maximale Bewegungsgeschwindigkeit. So bleibt auch WEINECK mit seiner eigenen Charakterisierung einseitig auf höchste Geschwindigkeiten fixiert.

Unter Schnelligkeitsausdauer wird die Fähigkeit verstanden, die Phase der höchsten Geschwindigkeit über einen längeren Zeitraum aufrechterhalten zu können (vgl. WEINECK 1997, 445).

Einen weiteren Ansatz zur Definition von Schnelligkeitsausdauer liefern SCHNABEL/HARRE/BORDE (1997, 152). Diese sehen den Ausdaueranteil und damit die Ermüdung als charakterisierend an und kommen zu folgender Definition, die bezüglich der Dauer und Form der Bewegung konkretisiert wurde:

Die Sprint- oder Schnelligkeitsausdauer wird als die spezifische Ausdauerfähigkeit für zyklische Disziplinen mit einer Dauer bis etwa 35 Sekunden definiert. (vgl. SCHNABEL/HARRE/BORDE 1997, 152)

Die Einschränkung auf die Sprintausdauer ist zu speziell an den leichtathletischen Sprintlauf und an dortige Wettkämpfe angelehnt. Der Fehler, Schnelligkeit von zyklischen Bewegungen der Leichtathletik abzuleiten, findet seine Fortsetzung. Das führt zu einer zu engen Sichtweise, welche der Komplexität der Schnelligkeit nicht gerecht wird. Schnelligkeitsausdauer bestimmt sowohl die Dauer der Phase des Erhalts der maximalen Geschwindigkeit als auch das Maß des Geschwindigkeitsabfalls in der Endphase z. B. eines Wettkampfes. Für eine hinreichende Begründung der Schnelligkeitsausdauer müssen die Konzepte und Theorien der Schnelligkeit und der Ausdauer betrachtet werden. Erst die komplexe Sichtweise ermöglicht eine Modellbildung der Schnelligkeitsausdauer.

BAUERSFELD/SCHRÖTER (1980) unterteilen die spezielle Ausdauer ebenfalls wie ZINTL (1988) in zwei Kategorien, die der allgemeinen und die der wettkampfspezifischen Ausdauer. Im Kontext der wettkampfspezifischen Ausdauer unterscheiden BAUERSFELD/SCHRÖTER neben der KZA, MZA und LZA nicht nur die Schnelligkeitsausdauer, sondern auch eine Sprintschnelligkeitsausdauer (SSA). Als zeitlicher Rahmen für die SSA wird eine Dauer unter 15 s und für die SA eine Dauer zwischen 15 – 50 s angegeben. Die Gegenüberstellung von allgemeiner und wettkampfspezifischer Ausdauer führt zu einer leistungssportlich orientierten Charakterisierung der Schnelligkeitsausdauer, die für den gesamten Sport nicht gültig sein kann. Sportler ohne Wettkampfteilnahme besitzen keine wettkampfspezifische Ausdauer, obwohl sie die sportartspezifische Ausdauer trainieren, die der allgemeinen Ausdauer gegenübersteht.

Neben einer leistungssportlich orientierten Charakterisierung der Schnelligkeitsausdauer beziehen sich BAUERSFELD/SCHRÖTER (1980, 119) mit ihrer Definition ausschließlich auf den leichtathletischen Sprint und vertreten so eine einseitige Sichtweise.

Unter Schnelligkeitsausdauer im Sprint müssen wir die Widerstandsfähigkeit des Organismus gegen einen Geschwindigkeitsabfall verstehen, der besonders durch die Ermüdung des Zentralnervensystems hervorgerufen wird und sich in koordinativen Störungen äußert, sichtbar in einer Verringerung der Bewegungsschnelligkeit (Frequenz) (BAUERSFELD/SCHRÖTER 1980, 119).

BAUERSFELD/SCHRÖTER definieren die für den Sprint typische Schnelligkeitsausdauer mit Hilfe physiologischer Merkmale. Eine Reduktion auf die Frequenz kann als Schwachpunkt angesehen werden. Aus der Definition wird eine eindeutige Gewichtung der Ausdauerleistung in der Schnelligkeitsausdauer ersichtlich.

Eine wesentliche Grundlage der Schnelligkeitsausdauerdefinition besteht darin, dass die Bewegungen des menschlichen Körpers durch das Zusammenwirken verschiedener Anteile des Bewegungsapparates, bei denen die Muskeltätigkeit eine entscheidende Grundlage bildet, entstehen. Der zeitliche Bezug ist durch den anaeroben alaktaziden Stoffwechsel begründet und weist zugleich einen Bezug zur Bewegungsgeschwindigkeit aus. Wird die auftretende Ermüdung und der damit verbundene Leistungsverlust als Kennzeichen für Schnelligkeitsausdauer anerkannt, dann ist zu-

mindest die Energiebereitstellung eine wichtige Komponente für die Beschreibung von Schnelligkeitsausdauerleistungen. Es bleibt allerdings fraglich, ob sie ausschließlich auf einen spezifischen Zeitraum reduziert werden kann, auch wenn dieser Zeitraum die Energieprozesse umfasst, die sich der Energiebereitstellung für zyklische Schnelligkeitsleistungen anschließt. Die Schnelligkeitsausdauerfähigkeit kann auch bei wiederholten Geschwindigkeitsleistungen notwendig sein und folglich bei sehr kurzen zeitlichen Ansprüchen wirksam werden. Somit kann Schnelligkeitsausdauer auch bei azyklischen Bewegungen vorkommen. Zugleich sind Schnelligkeits- und Kraftfaktoren und ein stabiles und zuverlässiges Koordinationsmuster genauso wichtig wie die Prozesse der Energielieferung.

Schnelligkeitsausdauer wird als komplexe konditionelle Fähigkeit angesehen, die einen deutlichen Bezug zu den Energie bereitstellenden Prozessen aufweist und zugleich die koordinativen Ansprüche an die Steuerung der Bewegung und an hohe Geschwindigkeiten beinhaltet. Der Geschwindigkeitsbezug zwingt zur Differenzierung der Schnelligkeitsausdauer nach Belastungsanforderungen. Eine Unterscheidung erfolgt zwischen maximalen und hochintensiven Schnelligkeitsleistungen und Geschwindigkeitsansprüchen, die der Bewegung angepasst sein müssen. GROSSER (1991, 19) unterteilt zwischen maximaler und submaximaler Schnelligkeitsausdauer und kennzeichnet sie als Widerstandsfähigkeit gegen ermüdungsbedingten Geschwindigkeitsabfall (negative Beschleunigung) bei maximaler Kontraktionsgeschwindigkeit in zyklischen Bewegungen. Er leitet die Definition von der leichtathletischen Sprintleistung ab. Beim Sprint erstreckt sich der leistungsbestimmende Einfluss der Schnelligkeitsausdauer z. T. auf die Phase der gleichbleibenden Geschwindigkeit (maximale Schnelligkeit), hier vorrangig auf die Frequenzschnelligkeit und insbesondere auf die Phase des Geschwindigkeitsabfalls. Der Übergang von der „reinen“ Schnelligkeitsleistung (maximale Schnelligkeit) zur abschließlichen Schnelligkeitsausdauerleistung ist sehr fließend. Die Beschleunigungsleistung ist im Falle von Wiederholungen auch Ermüdungen unterworfen (vgl. LÜHNENSCHLOß 2005). Aber ist nicht auch der Übergang von einer positiven Beschleunigung zu einer konstanten Geschwindigkeit das Kennzeichen von Ermüdung, also bereits Schnelligkeitsausdauer? Der Sportler ist hier nicht mehr in der Lage, weiter zu beschleunigen, weil die entsprechenden Funktionen ausgeschöpft und somit ermüdet

sind. Die Bedeutung der Schnelligkeitsausdauer liegt im Sprintbereich somit zwischen 1 s und mehreren Sekunden oder vielleicht sogar von Minuten.

Ein weiterer Fakt, der für die Kennzeichnung der Schnelligkeitsausdauer bezeichnend ist, ist die Abgrenzung von der Ausdauerfähigkeit. Neuronale und tendo-muskuläre Einflussgrößen sollten gegenüber den energetischen Einflussgrößen einen höheren Stellenwert besitzen. Bei komplexen Bewegungsabläufen verbessert sich zunächst die Zusammenarbeit der einzelnen Muskeln untereinander (intermuskuläre Koordination). Die Erweiterung des Energiepotentials ist für die anaerobe Ausdauer limitiert und wirkt sich zeitlich verzögert auf die Verbesserung der Schnelligkeitsausdauerleistung aus.

Die submaximale Schnelligkeitsausdauer wird wie die maximale Schnelligkeitsausdauer mehr von koordinativ-neuronalen und tendo-muskulären Einflussgrößen bestimmt. GROSSER (1991,18) kennzeichnet die submaximale Schnelligkeitsausdauer als Widerstandsfähigkeit zur Aufrechterhaltung hoher (nicht höchster) Bewegungsgeschwindigkeiten über 20 bis 120 s. Sie orientiert sich auf die sportlichen Schnelligkeitsleistungen im leichtathletischen Langsprint und angrenzend im Bereich der Kurzzeitausdauer. Die begriffliche Fixierung auf die Höchstgeschwindigkeit kann jedoch nicht akzeptiert werden, da die höchste Geschwindigkeit im zeitlichen Rahmen zwischen 20 bis 120 s durchaus erreicht wird. In Relation zur Sprintleistung über 10 bis 20 s ist die Geschwindigkeit der Bewegung allerdings geringer. Es gibt jedoch keine Berechtigung derartig ungenaue Relationen herzustellen, denn auch im Bereich zwischen 10 bis 20 s werden nur relative Höchstgeschwindigkeiten im Vergleich zu kürzeren Schnelligkeitsleistungen erreicht. Submaximale Schnelligkeitsausdauer ist dann gegeben, wenn der Sportler selbständig eine Geschwindigkeit unter seinem eigenen maximalen Leistungsvermögen verwirklicht und diese Schnelligkeitsleistung in der Auseinandersetzung mit Ermüdungserscheinungen relativ konstant gestaltet. Der ausschließliche Anspruch der Schnelligkeitsausdauer im engeren Sinn (vgl. GROSSER 1993), nur dann als solche zu gelten, wenn es sich um Sprintschnelligkeit bis 30 s handelt und eine maximale Schnelligkeit beinhaltet ist, muss in Frage gestellt werden. Ebenso kann der Bezug zur höchsten Intensität als Merkmal für Schnelligkeitsleistung nicht akzeptiert werden, denn die Spezifik der Schnelligkeitsausdauerleistungen von zyklischen (leichtathletischen)

schnellen Bewegungen kann nicht allgemeingültig für alle Sportarten angesehen werden.

MÜHLFRIEDEL (1991, 83) spricht von der Schnelligkeitsausdauer als allgemeiner anaerober dynamischer Ausdauer und kennzeichnet sie als Widerstandsfähigkeit gegen Ermüdung bei Belastungen mit submaximaler bis maximaler Belastungsintensität und überwiegend anaerober Energiegewinnung. JOCH (1992,93) ergänzt, dass bei Schnelligkeitsausdauerleistungen die Energie anaerob alaktazid und gegen Ende auch laktazid unter hoher Laktatbildung gewonnen wird. Als Bedingung sieht er eine ausgeprägte zentral nervale Aktivierung, die den schnell auftretenden Ermüdungserscheinungen entgegenwirkt. Die Ermüdung bei Geschwindigkeitsleistungen hat chemische Ursachen und wird durch den Säuregehalt des Blutes veranlasst. WEINEK (2000) folgt der leichtathletisch geprägten Interpretation der Schnelligkeitsausdauer und greift GUNDLACH (1968) auf. Demnach ist Schnelligkeitsausdauer die Fähigkeit, in der Phase der höchsten Geschwindigkeit über einen längeren Zeitraum keinen Geschwindigkeitsverlust zuzulassen. Diese spezielle Sichtweise grenzt die Schnelligkeitsausdauer zu stark ein. Es ist nicht legitim, eine derartige Fähigkeit ausschließlich auf eine einzelne Bewegung zu reduzieren. Bei wiederholten schnellen Bewegungsausführungen setzen bei maximalen Schnelligkeitsleistungen sehr schnell Ausdaueranforderungen ein, die als Schnelligkeitsausdauer definiert werden müssen. Diese Problemlage erfordert eine Klärung des Begriffs Schnelligkeitsausdauer.

Schnelligkeitsausdauerleistungen drücken sich durch die Ermüdungswiderstandsfähigkeit aus. In der Folge der Entwicklung der Widerstandsfähigkeit werden spezifische konditionelle und/oder koordinativ determinierte Adaptationen sichtbar. Für Definitionsansätze sind also die differenzierten konditionell determinierten Erscheinungen, wie z. B. die Ermüdung infolge des Energiestoffwechsels und deren Adaptationen bei schnellen und schnellsten Bewegungen, die koordinative Ermüdung, wie z. B. die Ermüdung der neuronalen Steuerung und deren Folgen, aber auch die mentale und motivationale Ermüdung von entscheidender Bedeutung.

Aus den Adaptationen an Ermüdung resultiert eine erhöhte Leistungsfähigkeit, die dazu beiträgt, die Bewegungsgeschwindigkeit zu steigern und sie über einen verlängerten

Zeitraum aufrecht zu erhalten. Die erhöhte Leistungsfähigkeit des Energiestoffwechsels zeichnet sich z. B. nicht durch erhöhte Substrat- und Enzym Spiegel aus, vielmehr kann durch die damit verbundene erhöhte Aktivität der Enzyme eine schnellere Energiebereitstellung sichergestellt werden. Schnellere Energiebereitstellung bedeutet für die Muskelarbeit, dass zu ADP abgebautes ATP schneller resynthetisiert werden kann. Dem Muskel steht nun für eine gegebene Belastung mehr ATP (die für die Kontraktion notwendige Energiequelle) zur Verfügung (JAKOWLEW 1977, 125). Die ATP-Resynthese ist als entscheidendes Ziel der Adaptationsvorgänge besonders für Schnelligkeitsleistungen eine grundlegende Voraussetzung, weil hierdurch der zeitliche Umfang von schnellen Bewegungen limitiert wird.

Um Schnelligkeitsausdauer zu definieren, sind Kenntnisse über die Ermüdung bis hin zur Erschöpfung in den verschiedenen Voraussetzungen der Schnelligkeitsleistungen erforderlich. Ermüdung ist eine Erscheinung aller an der sportlichen Bewegung beteiligten Prozesse. Die Erscheinungen der Ermüdung sind im Sport sehr vielgestaltig und komplex. Mit Ermüdung wird ein reversibler Zustand des Organismus bezeichnet, welcher mit einer Herabsetzung der Leistungs- und Funktionsfähigkeit im physischen, psychischen, kognitiven und emotionalen Bereich einhergeht. SCHNABEL/HARRE/BORDE (1997, 150) beschreiben das Einsetzen von Ermüdung infolge der Einwirkung anstrengender körperlicher und geistiger Belastungen auf den Körper. Die Belastung führt dann zu einer vorübergehenden Leistungs- und Funktionsminderung.

Unterschieden wird zwischen einer „peripheren“ (am Rande befindlich) und einer „zentralen“ (im Mittelpunkt befindlich) Ermüdung. Zur „peripheren“ Ermüdung gehören die muskulär energetischen Prozesse, wie sie unter anderem infolge anstrengender körperlicher Arbeit vorliegen. Zeichen der peripheren Ermüdung sind durch Augenflimmern und Ohrensausen und durch Ermüdungserscheinungen in der Muskulatur wie Muskelschmerz und Muskelzittern gekennzeichnet. Das kann bis zu Krämpfen im Muskel führen. Ein zunehmender Einsatz von Hilfsmuskeln erhält dann die Bewegung aufrecht (vgl. auch SCHARSCHMIDT 1976, 242). SALTIN (1981) beschreibt in diesem Kontext die Gefäßkapazität in den Muskeln und äußert, dass sie bei Schnelligkeitsausdauerbelastungen etwa das Vierfache der angebotenen Blutmenge nutzt. Als chemische Ursachen für die physische Ermüdung bei Schnelligkeitsleistungen und als physiologisches Merkmal für Schnelligkeitsausdauerleistungen gelten:

- der Abfall des Kreatinspiegels bei synchroner Regeneration und nur bedingter Erweiterung der Ressourcen
- die Anhäufung von Protonen in der Muskulatur durch Übersäuerung und Beanspruchung der Pufferkapazität des Blutes
- die erhebliche Anhäufung von Stoffwechselzwischen- und -endprodukten wie Laktat und Serumharnstoff (HOLLMANN/HETTINGER 1990, 130; BADTKE 1988, 323)
- eine Erschöpfung des Glykogenspeichers bei Schnelligkeitsleistungen über 35 s (physikochemische Veränderungen) und bei wiederholten Schnelligkeitsanforderungen im Sinne von kumulativen Belastungen
- das Absinken des Blutzuckerspiegels, sofern Bewegungsgeschwindigkeiten über längere Zeiträume aufrecht erhalten werden müssen
- ein Absinken des Aminosäurespiegels
- die Ermüdung des Nervensystems/Hemmungserscheinungen (Schutzhemmung) im ZNS (vgl. PAHLKE 1988).

Bei Untrainierten treten diese Erscheinungen zeitlich eher ein als bei trainierten Sportlern.

Die periphere Ermüdung wird durch die Ermüdung direkt am Muskel gekennzeichnet. GREEN stellt schematisch den Informations-, Energie- und Ionenfluss von Synapse über die motorische Endplatte zur Muskelmembran bis zur Brückenbildung zwischen Aktin und Myosin in der Muskelzelle dar (siehe Abb. 12.).

Eckpunkte der peripheren Ermüdung sieht GREEN in

- dem Funktionsverlust der Synapse
- einer unzureichenden Entwicklung von Aktionspotentialen an der motorischen Endplatte (Ach=Acetylcholin)
- der Unfähigkeit der Muskelmembran, das Aktionspotential aufrecht zu erhalten
- dem Verlorengang einer Kopplung zwischen der Erregung in den t-Tubuli und dem sarkoplasmatischen Retikulum
- einer Abnahme der Freisetzung von Kalziumionen aus dem sarkoplasmatischen Retikulum
- einer reduzierten Bindungsaffinität der Aktinmoleküle an das Rezeptorprotein des Proteins, das Troponin
- unzureichende Brückenbildung zwischen Aktin und Myosin

- einer verzögerten Wiederauflösung der eingegangenen Molekülbrücke
- der Verschlechterung der Wiederanreicherung der Kalziumionen im sarkoplasmatischen Retikulum.

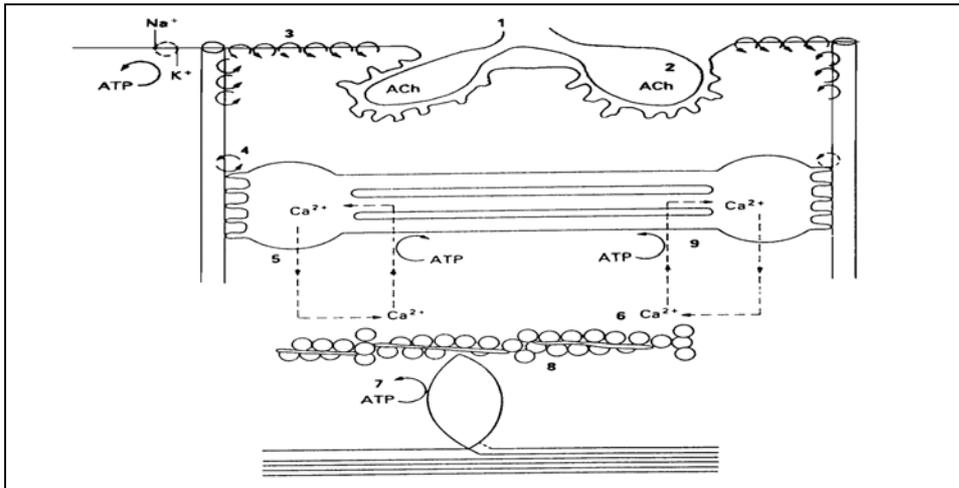


Abb. 12. Lokalisationsmöglichkeiten für Ermüdungsvorgänge im peripheren Bereich nach GREEN (1987)

Die „zentrale“ Ermüdung wird vor allem durch psychische Belastung infolge anstrengender geistiger Tätigkeit und durch hochkoordinative Beanspruchungen gekennzeichnet. Bei Schnelligkeitsleistungen kommt es im Verlauf der Bewegung zu simultanen Ermüdungserscheinungen, die vor allem durch nachlassende Kräfte, Atemnot und Schweißausbruch während der Schnelligkeitsleistung vom Sportler bemerkt werden. Sofort einsetzende Regenerationsprozesse verhindern simultane Ermüdungserscheinungen, so dass Schnelligkeitsleistungen kurzfristig wiederholt werden können. Je länger und intensiver die Schnelligkeitsleistung andauert, um so länger ist der Zeitraum zur Regeneration. In der Summe von Belastungen erfolgen synchrone Ermüdungen, die die Schnelligkeitsleistungsfähigkeit über einen längeren Zeitraum reduzieren können. Bei sehr langen und intensiven Schnelligkeitsanforderungen mit notwendigen Leistungswiederholungen kann es zu Erschöpfungszuständen kommen. Die Regeneration kann sich über mehrere Tage verzögern. Einmalige und wiederholte Schnelligkeitsleistungen werden charakteristisch durch Ermüdungsanzeichen wie:

- Geschwindigkeitsverlust (z. B. durch die zunehmende Intensität der Bewegung)
- nachlassende Leistungen in den verschiedenen Leistungsvoraussetzungen,
- die Aktivierung der körpereigenen Reserven

- das Bemühen des Organismus, Leistungsverluste durch „Ausgleichaktionen“ zu kompensieren
- ungenaue Bewegungsführung
- nachlassende Frequenzleistung
- Verminderung der Aufmerksamkeit und Konzentrationsfähigkeit
- Verlängerung der Reaktionszeiten für komplexe Reaktionen

Es existieren verschiedene Auffassungen darüber, welche Ermüdungsfaktoren für die Schnelligkeitsausdauer maßgeblich sind. Nach SCHARSCHMIDT (1976, 237) sind die Ermüdungsfaktoren derart verschmolzen, dass es nicht möglich ist, zwischen der „peripheren“ und der „zentralen“ Ermüdung zu unterscheiden.

Neuere Studien zum Ermüdungsverhalten der sportlichen Leistungsfähigkeit betrachten eine Reduktion der Leistung durch Ermüdung differenzierter. So schränkt eine periphere Ermüdung die speziellen Schnelligkeitsausdauerleistungen kaum ein. Die spezifischen Leistungsreserven im Körper werden volitiv aktiviert. Die zentrale Ermüdung veranlasst hingegen sportliche Leistungsverluste in der Schnelligkeitsausdauer. Die Fähigkeit des Organismus, Leistungsverlust durch die motivationale Aktivierung zu kompensieren setzt ein, wenn die Mehrzahl der an der schnellen Bewegung beteiligten Funktionen ihr Reservoir ausgeschöpft haben. GUNDLACH (1972) definierte einen Geschwindigkeitsverlust von 1 % als Kriterium für Schnelligkeitsausdauerleistungen. Neuere Positionen (WEIGELT 2001, 173) bestimmen die Schnelligkeitsausdauer aus Trainingsmethodischer Sicht ab 2 % Leistungsverlust. Die physiologische Begründung für die prozentuale Bestimmung der Schnelligkeitsausdauer ist nicht ausreichend gegeben. Die Veränderungen der Vorgänge der Innervation und der volitiven zentralen Regulation unter den Bedingungen der Belastung bleiben unberücksichtigt.

ROHMERT 1960, SALTIN 1981, JONES 1981, PETROVSKI 1982 und LEHNERTS & MARTIN 1985 hoben den besonderen Stellenwert der Innervation und Regulation bei Schnelligkeitsleistungen hervor und wiesen auf die zeitlich begrenzte Situation bei intensiven Belastungsanforderungen hin. Die Bewegungssteuerung ist für das erfolgreiche Gelingen der schnellen Bewegung ausschlaggebend. Während des sportlichen Bewegungsvollzuges empfängt das ZNS eine große Vielfalt von Informationen (Input). Das ZNS verarbeitet diese Informationen sehr schnell und sendet Impulse zu den jeweiligen

Muskeln zur Erzeugung der gewünschten Bewegung (HOLLMANN/HETTINGER 2001). Die Notwendigkeit bei Schnelligkeitsleistungen, alle inneren Prozesse möglichst schnell anlaufen zu lassen, erhöht im Organismus das Risiko, unpräzise und ungenau zu arbeiten. Es entstehen chaotische Zustände, die den Organismus zwingen, Automatismen zu bilden, um die Arbeitsweise zu ökonomisieren und erfolgreich zu gestalten. Die steuernden Prozesse (koordinativen Fähigkeiten) ermüden jedoch infolge hochintensiver Belastungen sehr schnell (vgl. HIRTZ 2004; LEHNERTZ 1986, 6).

Lokalisiert werden kann die zentral bedingte Form der Ermüdung nach GREEN (1987) an verschiedenen Punkten des Nervensystems. Hierfür stellt GREEN den Informationsfluss vom Gehirn über die spinal gelegenen Nervenbahnen (Rückenmark) bis zum Muskel dar und die Feedbackregelung vom Muskel zurück zu den spinalen Nervenbahnen dar (vgl. Abb. 13.).

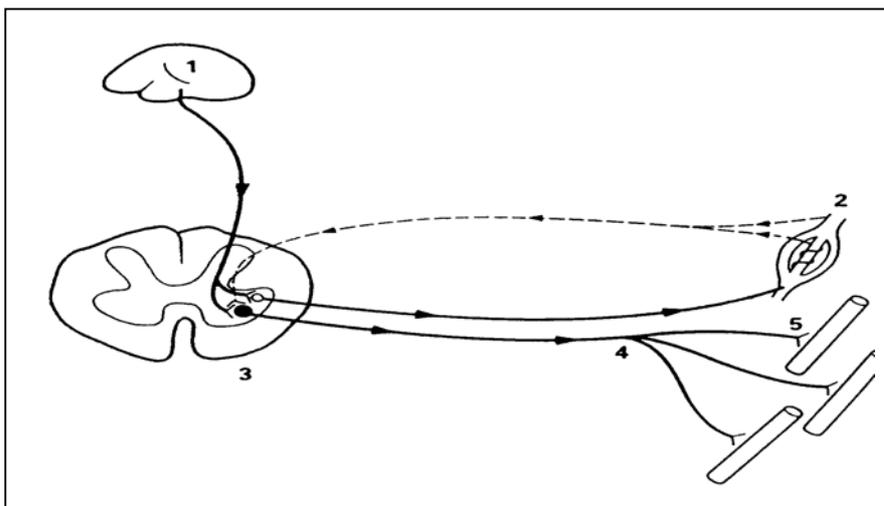


Abb. 13. Lokalisationsmöglichkeiten für zentral bedingte Ermüdung nach GREEN (1987)

Als Lokalisationspunkte für zentral bedingte Ermüdung gibt GREEN an:

1. das Versagen supraspinal gelegener Zentren
2. die segmentale afferente Hemmung
3. die Abnahme der Erregbarkeit der Motoneuronen
4. Erregungsverluste an Aufzweigungspunkten
5. Störungen im präsynaptischen Bereich.

Bei nicht erlernten Bewegungen setzen die Ermüdungserscheinungen frühzeitig ein und Leistungsverluste treten schnell in Erscheinung. Der maximalen Bewegungsschnel-

ligkeit sind Lernprozesse vorangestellt, die zur Engrammbildung und damit zum „Einschleifen“ der Bewegung führen. Erlernete Bewegungen verzögern die Ermüdung des Organismus und bestimmen die Schnelligkeitsausdauerfähigkeit der sportlichen Leistung. So verändert sich auch die zeitliche Abfolge beim Einwirken von Koordinationsstörungen auf den schnellen Bewegungsvollzug. Die Bewegungen werden infolge der Automatisierung koordinativ weniger störanfällig. Ermüdungsbedingte Koordinationsstörungen werden durch eine Erhöhung der Hemmprozesse im Kleinhirn begründet (LEHNERTZ 1986, 7). Die Engrammbildung fördert das Bewegungserlernen.

Zusammenfassend zu den Erkenntnissen der Schnelligkeitsausdauer wird festgestellt, dass für die Interpretation von Schnelligkeitsausdauerleistungen das Zusammenwirken energetischer, sensorischer und bewegungssteuernder Prozesse mit Prozessen der Erregungsleitung und Energiebereitstellung in der Muskulatur ausschlaggebend sind, wobei folgende Aspekte den Definitionsansatz beeinflussen sollten:

- Die Ermüdungserscheinungen sind als Merkmale der SA ein hoch komplexes Phänomen, das nach graduellen und nach lokalen (zentral, peripher) Prozessen unterschieden werden muss. Die Schnelligkeit beschränkende oder beendende Leistungsfaktoren sind Merkmale der SA. Die Spezifik der Sportart und das Anforderungsprofil für die SA bestimmen die Struktur der Leistungsvoraussetzungen und zugleich die Charakteristik der Ermüdungen. Ermüdungsphänomene und Ermüdungsindikatoren können immer nur im Kontext der sportartspezifischen Beanspruchung erläutert und gedeutet werden. Die SA ist folglich ein sehr spezifisches Merkmal der Schnelligkeit.
- Natürliche Hemmungserscheinungen bilden, wie z. B. die Schutzhemmung im ZNS, eine Ursache von Ermüdung. So fällt bei kurzzeitig wiederholten oder länger andauernden Belastungen der hohe Aktivierungszustand des ZNS ab und geht in einen Hemmungszustand über.

Schnelligkeitsausdauer wird als die Widerstandsfähigkeit gegenüber ermüdungsbedingtem Geschwindigkeitsabfall in sportlichen Disziplinen mit maximalen Anforderungen an die zyklische Schnelligkeit charakterisiert. In Erweiterung dieses Ansatzes kann davon ausgegangen werden, dass ermüdungsbedingte Geschwindigkeitsverluste darüber

3.1 Definitionsansätze der Schnelligkeitsausdauer

hinaus in allen sportlichen Bewegungen feststellbar sind. Ihr komplexer und zugleich spezifischer Charakter kennzeichnet sie als ein Merkmal aller Voraussetzungen für Schnelligkeitsleistungen. Alle Leistungsvoraussetzungen für Schnelligkeitsleistungen ermüden und weisen Erscheinungen der Schnelligkeitsausdauer aus (vgl. Abb. 14.).

Psychische Leistungs- und Verhaltenseigenschaften	Taktische Fähigkeiten	Koordinativ-technische Fähigkeiten und Fertigkeiten	Konditionelle (energetische) Fähigkeiten	Konstitutionelle Eigenschaften
<ul style="list-style-type: none"> -Kenntnisse -intellektuelle Fähigkeiten -Wahrnehmungsfähigkeiten (schnellausdauernde Wahrnehmungsfäh.) -Vorstellungsfähigkeiten -Motivation -emotionale Eigenschaften -Temperament 	<p>Fähigkeit zur</p> <ul style="list-style-type: none"> -Situationswahrnehmung (schnellausdauernde Situationswahrnehmung) -Situationsantizipation (schnellausdauernde Situationsantiz.) -schnellen situationsgerechten Entscheidung (schnellausdauernde Situat.gerechte Entscheidung) 	<ul style="list-style-type: none"> -koordinative Fähigkeiten (schnell-ausdauernde Koordinationsfähigkeit) -motorische (sporttechnische) Fertigkeiten <p>(-Beweglichkeit)</p>	<ul style="list-style-type: none"> -Krauffähigkeiten (Schnellkraftausdauer) -Ausdauerfähigkeiten (Ausdauer-schnelligkeit) <p>(-Schnelligkeitsfähigkeiten)</p>	<ul style="list-style-type: none"> -körperbauliche Eigenschaften (Proportionen, Masse, Beweglichkeit u.a.) (Schnelligkeitsausdauer begünstigende Muskelfaserzusammensetzung) -(mechanische) Belastbarkeit

Abb. 14. Schnelligkeitsausdauer im Modell der sportlichen Leistungsfähigkeit (in Anl. an SCHNABEL/HARRE/BORDE 1997, 39)

Sie tritt unabhängig von der Art der Bewegungsausführung, also unabhängig davon, ob es sich um eine zyklische oder azyklische Bewegung handelt, in Erscheinung. Ihr Kennzeichen sind die Ermüdung und die Regenerationsfähigkeit des Organismus bei Schnelligkeitsanforderungen. Infolge von Schnelligkeitsausdauerbelastungen kommt es zu energetischen, sensorischen und volitiven Anpassungserscheinungen, die die Ausgangsbedingungen für Schnelligkeitsleistungen verbessern. Schnelligkeitsausdauerfähigkeit hat Grundlagencharakter für Schnelligkeitsleistungen. Der Beginn des Schnelligkeitsausdauerinflusses hängt von der Dauer der Schnelligkeitsleistung und der relativen und maximalen Intensität ab. Der Grad der koordinativen und konditionellen Ermüdung bestimmt den sportlichen Leistungsverlust.

Die einzelnen Leistungsfaktoren präsentieren sich ihrerseits in den unterschiedlichen Sportarten in einem spezifischen Ausprägungsgrad. Die Erscheinungen der Schnelligkeitsausdauer sind allgemein und sportartspezifisch erklärbar. BAUERSFELD/SCHRÖTER

3.1 Definitionsansätze der Schnelligkeitsausdauer

(1980, 179) liefern hierfür einen Ansatz und unterteilen z. B. die Ausdauer in KZA, MZA, LZA und Schnelligkeitsausdauer, unterscheiden aber außerdem noch eine Sprintschnelligkeitsausdauer (SSA) (Tab. 5.).

Tab. 5. Differenzierung der wettkampfspezifischen Ausdauer (nach Bauersfeld/Schröter 1980, 179)

Bereich der relativen Intensität	Kennzeichnung der Ausdauer	max. Arbeitszeit (min)		Laufstrecken (m, km)	
		Fortgeschrittene	Anfänger	Fortgeschrittene	Anfänger
Maximal	Sprintschnelligkeitsausdauer (SSA)	unter 0:15	unter 0:15	bis 150	70-100
	Schnelligkeitsausdauer (SA)	über 0:15 bis 0:50	über 0:15 bis 0:40	ab 150 bis 400	ab 100 bis 200
Submaximal	Kurzzeitausdauer (KZA)	über 0:50 bis 2:00	über 0:40 bis 2:00	ab 400 bis 800	ab 200 bis 600
	Mittelzeitausdauer (MZA)	über 2:00 bis 8:00	über 2:00 bis 5:00	ab 1000 bis 3000	ab 600 bis 1000
Hoch	Langzeitausdauer I	über 8:00 bis 30:00	über 5:00 bis 40:00	ab 3000 bis 10000	ab 1000 bis 8000
	II	über 30:00 bis 90:00	–	ab 10000 bis 25-30 km	–
Gemäßigt	III	über 90:00 bis 160:00 240:00	–	ab 25-30 km bis 50km	–

Der leichtathletische Ansatz vernachlässigt jedoch die Beschleunigungsausdauer. Bei der Integration der SA in ein theoretisches Konzept scheint es notwendig, die Art und Weise der Bewegungsausführung (zyklisch, azyklisch, kombiniert) sowie die zeitliche Dauer der Bewegung zu berücksichtigen. Als zeitlichen Rahmen für die SSA „Fortgeschrittener“ wird eine Dauer unter 15 s und für die SA eine Dauer zwischen 15 - 50 s angegeben. Gleichwohl klassifizieren BAUERSFELD/SCHRÖTER Zeitbereiche und dazugehörige Wegstrecken für „Anfänger“.

Trotz verschiedener Vorstellungen zur Erklärung der Schnelligkeitsausdauer besteht Einigkeit darüber, welche Bedingungen (Geschwindigkeit, Ermüdungsresistenz, Energiebereitstellung) diese charakterisieren, jedoch nicht darüber, in welchen zeitlichen

Rahmen Schnelligkeitsausdauer einzuordnen ist. In den meisten Vorstellungen wird davon ausgegangen, dass Schnelligkeitsausdauer folgende Aufgaben erfüllt:

- verhindert ermüdungsbedingte konditionelle, koordinative, kognitive und motivationale Leistungsverluste.
- garantiert die Wiederholbarkeit der (schnellen) Bewegung.
- garantiert die Möglichkeit, die Bewegungsgeschwindigkeit auf einem entsprechenden (maximalen, optimalen bzw. effektiven) Niveau aufrecht zu erhalten.
- verhindert Geschwindigkeitsverlust und ermöglicht Geschwindigkeitswechsel.
- erzielt Adaptationserscheinungen des Organismus an Schnelligkeitsleistungen und bildet somit eine Grundlage für die Schnelligkeit.
- ermöglicht die Wiederholbarkeit technisch anspruchsvoller Bewegungsabläufe.

An die Widerstandsfähigkeit des menschlichen Organismus wird die Anforderung gestellt, Geschwindigkeitsabfälle in den sportlichen Bewegungen zu vermeiden. Einbezogen sind lediglich zyklische Bewegungen mit allerdings maximalen Anforderungen an die Geschwindigkeit. Wird jedoch die Problematik der Schnelligkeit ernst genommen, ob es sich ausschließlich um eine maximale Geschwindigkeit der Bewegung handeln muss oder ob nicht jede Bewegungsgeschwindigkeit des Sportlers die Schnelligkeit reflektiert, kann der Anspruch maximaler Anforderungen an die Geschwindigkeit nicht aufrecht erhalten bleiben. Der Zwiespalt um den Erhalt der maximalen Geschwindigkeit und der Gewichtung des Ausdaueranteils schlägt sich in den verschiedenen Definitionsansätzen zur Schnelligkeitsausdauer nieder.

Eine erste Sichtweise geht von dem Bemühen aus, ihre Erscheinungsformen zu ordnen. So gibt LÜHNENSCHLOß (2004) in Anlehnung an HARRE (1983, 25-27), GROSSER/BRÜGGEMANN/ZINTL (1986, 111ff.) und WEINECK (1995, 64-71) einen ersten Gesamtüberblick über die verschiedenen Erscheinungen der Schnelligkeitsausdauer an (Tab. 6.).

LÜHNENSCHLOß strukturiert die Erscheinungen nach verschiedenen inneren und äußeren Prozessen und Erscheinungen und bezieht auch Vorstellungen über bestehende temporäre und medizinische Klassifizierungen mit ein. Eine Differenzierung der Schnelligkeitsausdauer erfolgt z. B. hinsichtlich der Komplexität der Belastung, unter trainings-

methodischen Gesichtspunkten, nach der Arbeitsweise, nach Art der vorrangigen Energiebereitstellung, dem Umfang der beanspruchten Muskulatur und nach den Trainingsbelastungen.

Tab. 6. Erscheinungen der Schnelligkeitsausdauer (SA) (LÜHNENSCHLOß 2004)

Unterscheidung der Schnelligkeitsausdauer nach					
der Komplexität der Belastung	Trainingsmethodischen Gesichtspunkten	Der Arbeitsweise	Art der vorrangigen Energiebereitstellung	Umfang der beanspruchten Muskulatur	Trainingsbelastungen
Schnelligkeitsausdauer	allgemeine SA (ab 8 s-35 s Belastung)	dynamische SA als: Bewegung des eigenen Körpers	Aerobe SA Mit Bewegungsgeschwindigkeiten über 80 % der Leistungsfähigkeit	Lokale SA ca. 1/3 der Muskeln wird beansprucht	SA 1 – 8 s (koordinative Ermüdung)
Schnellkraftausdauer	Grundlagen SA (über 35 s Belastung)	Wiederholter Übertrag auf fremde Körper im Sinne der Wiederholbarkeit	Aerobe KZA (3-10 min.)	regionale SA ca. 2/3 der Muskeln sind beteiligt	SA 8 – 20 s (koordinativ mit einsetzender konditioneller Ermüdung)
Sprintausdauer	Wettkampfspezifische SA (Spieldauer)		Aerobe MZA (10 – 30 min.)	globale SA über 2/3 der Muskeln sind beteiligt	SA 20 – 35 s (konditionelle Ermüdung)
Beschleunigungsausdauer	disziplinspezifische SA		Aerobe LZA (über 30 min.)		KZA (35 s-2 min.)
Schnelligkeitsausdauer für konstante Geschwindigkeiten	Spezielle SA		Anaerobe SA Anaerob alaktazide SA		MZA (2 min.- 8/11 min.)
	Maximalkraftausdauer mit explosiver Bewegungsführung		Anaerob laktazide SA		LZA I-IV Über 11 min.
	LZA mit konstanten und variierenden Geschwindigkeiten)		Glykolytisch alaktazide SA		
			Anaerobe KZA (10-20 s)		
			Anaerobe MZA (20-60 s)		
			Anaerobe LZA (60-120 s)		

Diese erste Übersicht führt zur Notwendigkeit, eine andere Ordnung vorzunehmen, um die Struktur der Schnelligkeitsausdauer deutlicher und praktikabler auszuweisen. Innere Prozesse und äußere Erscheinungen werden nebeneinander interpretiert, so dass die

verschiedenen Schnelligkeitsausdauerleistungen zunächst ohne theoretischen Hintergrund genannt werden. Die Forderung nach einem eigenen spezifischen Modell und die Diskussion um die präzise Integration der Schnelligkeit in ein Gesamtkonzept der sportlichen Leistungsvoraussetzungen wird durch die unterschiedlichen Betrachtungsweisen von LÜHNENSCHLOß (2004) unterstrichen.

Eine Aufbereitung der Integration der Schnelligkeit in das Gesamtkonzept der Persönlichkeit würde den Rahmen dieser Arbeit sprengen. Bezogen auf das spezifische Modell der Schnelligkeitsausdauer erscheint es jedoch erforderlich, zunächst die analoge Betrachtung zur Schnelligkeit vorzunehmen. Die Differenzierung zwischen elementarer und komplexer Ebene führt zu Impulsen, die in weiteren sportwissenschaftlichen Arbeiten aufgenommen werden können. Die Integration der Schnelligkeitsausdauer in die elementaren Leistungsvoraussetzungen greift auf den einzelnen Ebenen die folgenden inneren Leistungsbedingungen auf, aus denen bestimmte Forderungen erwachsen:

1. Ebene

Elementare Schnelligkeitsausdauer:

- Konstanz und Wiederholbarkeit der neuromuskuläre Steuerungsprozesse sowie Widerstandsfähigkeit gegenüber Ermüdungen
- Wiederholbarkeit und Konstanz der Schnellkoordination von schnellen Bewegungen sowie Widerstandsfähigkeit gegenüber Ermüdungen
- Konstanz und Wiederholbarkeit von Frequenz und Sequenzleistungen bei schnellen Bewegungen sowie Widerstandsfähigkeit gegenüber Ermüdungen
- Konstanz und Wiederholbarkeit von Reaktionsleistungen bei schnellen Bewegungen sowie Widerstandsfähigkeit gegenüber Ermüdungen
- Schnellkraftübertragungsleistungen: Konstanz und Wiederholbarkeit
- Konstanz und Wiederholbarkeit kognitiver und emotionaler Leistungen bei schnellen Bewegungen

Die zweite Ebene fasst die Erscheinungen der Schnelligkeitsausdauer in der sportlichen Bewegung. Grundlegende Bedingung sind jeweils Geschwindigkeitsleistungen des Körpers.

2. Ebene

Komplexe Schnelligkeitsausdauer:

- Schnellkraftausdauerleistungen: Konstanz und Wiederholbarkeit von Schnellkraftleistungen sowie Verhinderung des ermüdungsbedingten Schnellkraftverlusts
- Beschleunigungsausdauerleistungen: Konstanz und Wiederholbarkeit von Beschleunigungsleistungen sowie Verhinderung des ermüdungsbedingten Verlusts von Beschleunigungen des Körpers
- Frequenzleistungen bei zyklischen Bewegungen: Konstanz und Wiederholbarkeit von Frequenzleistungen sowie Verhinderung des ermüdungsbedingten Leistungsverlusts
- Wahlreaktionsleistungen: Konstanz und Wiederholbarkeit von Wahlreaktionsleistungen sowie Verhinderung des ermüdungsbedingten Leistungsverlusts
- Technik bei schnellen Bewegungen: Konstanz und Wiederholbarkeit von Techniken und sportlichen Fertigkeiten sowie Verhinderung des ermüdungsbedingten Leistungsverlusts

In der 3. Ebene werden die Erscheinungen der Schnelligkeitsausdauer im sportlichen Handlungsvollzug erfasst. Eine weitergehende Abstraktion der differenzierten komplexen Schnelligkeitsausdauerleistungen der 2. Ebene erfolgt unter Einbeziehung von Kontrahenten, Mitstreitern und der Umwelt. Die emotionalen und kognitiven Erscheinung der Schnelligkeitsausdauerleistungen wirken sich in den Teilleistungen der sportlichen Handlung komplex aus.

3. Ebene

Schnelligkeitsausdauer des Handlungsvollzuges

Spielausdauer: Konstanz und Wiederholbarkeit der schnellen Spielhandlungen und variables Anwenden der technisch-taktischen Maßnahmen bei gleichbleibender Konzentration und Entscheidung

Wettkampfausdauer: Konstanz und Wiederholbarkeit der komplexen Wettkampfübung ohne ermüdungsbedingten sportlichen Leistungsverlust

Kampfausdauer: Konstanz und Wiederholbarkeit der komplexen Kampfhandlung mit wechselnden Bewegungsgeschwindigkeiten ohne sportlichen Leistungsverlust

Schnelligkeitsausdauer kann somit als komplexe Leistungsfähigkeit des Menschen angesehen werden, die als Widerstandsfähigkeit gegenüber dem auftretenden Leistungsverlust bei Geschwindigkeitsleistungen des Sportlers durch konditionelle, koordinative, motivationale und kognitive Ermüdung wirkt. Ihre vielfältigen Erscheinungsformen begründen detaillierte Definitionen, bei denen die spezifischen Seiten hervorzuheben sind.

3.2 Ein Modellansatz zur Einordnung der Schnelligkeitsausdauer in die Struktur konditioneller Fähigkeiten

In der Sportwissenschaft existieren eine Vielzahl verschiedenster Modelle zur vereinfachten Darstellung der umfangreichen Zusammenhänge konditioneller Fähigkeiten (HARRE/LEOPOLD 1986) und derer Einordnung in eine komplexe Leistungsstruktur (SCHNABEL 1977, GUNDLACH 1980, EHLENZ/GROSSER/ZIMMERMANN 1985, HIRTZ 1990). Innerhalb dieser Modelle wurde die Schnelligkeit überwiegend den konditionellen Fähigkeiten zugeordnet. Schnelligkeitsausdauer wurde vorrangig als eine Unterform der Ausdauer angesehen. Vor dem Hintergrund, dass bislang kein „eigenständiger“ Schnelligkeitsapparat im menschlichen Körper nachgewiesen werden konnte und ausgehend von einem Grundlagencharakter der Ausdauer in allen Bewegungen wird es erforderlich, die bisherige Struktur der konditionellen Fähigkeiten neu zu formieren. Der Grundlagencharakter der Ausdauer für die verschiedenen Erscheinungsformen der Schnelligkeit wird bereits in Modellen, wie z. B. von LÜHNENSCHLOß (1997), bestätigt.

Die vielfältigen Erscheinungsformen der Schnelligkeit werden durch unterschiedliche Charakteristika dominiert und müssen in den Strukturmodellen der sportlichen Leistung differenziert zugeordnet werden. Der quantitative Unterschied zwischen den einzelnen spezifischen Schnelligkeiten resultiert aus den sportarteigenen metabolischen und morphologischen Anforderungen an den Sportler und der damit anteilig in unterschiedlicher Höhe ausgeprägten konditionellen Fähigkeiten. Die Abhängigkeiten der unterschiedlichen Faktoren untereinander, die in ihrer Gemeinsamkeit die eigentliche innere Leistung des Menschen darstellen (vgl. HIRTZ 1990), sind sehr komplex. Schnelligkeitsleis-

tungen sind in der Regel dadurch charakterisiert, dass hohe Intensitätsanforderungen im sportlichen Leistungsvollzug gestellt werden. Die Prozesse des Bewegungsvollzuges sind gewissermaßen einem zeitlichen Diktat unterworfen. Bei Bewegungen mit maximaler Schnelligkeit müssen in kürzester Zeit alle organischen Prozesse/Möglichkeiten möglichst bis an die äußersten Grenzen ausgenutzt werden. Für das volle Ausnutzen der organischen Möglichkeiten sind die zur Verfügung stehenden Zeiträume für den Bewegungsvollzug nicht ausreichend. In den energetischen Prozessen sind z. B. „Zwischenprodukte“ des Stoffwechsels typisch, die in der Folge der Bewegung erst abgebaut werden müssen, und die zugleich den inneren Zustand des Körpers beeinträchtigen. Die Schwierigkeit, Schnelligkeit als Leistungsfaktor in ein System der sportlichen Leistungsstruktur angemessen zu integrieren, wird durch den bisher unzureichend geklärten Zusammenhang zur Ausdauerfähigkeit unterstrichen.

Um Modellvorstellungen von Schnelligkeitsleistungen näher zu kommen, ist der Stellenwert des Ausdauerinflusses zu überprüfen. Die Schnelligkeitsausdauer ist ein grundlegender Leistungsfaktor für Schnelligkeitsleistungen, der der eigentlichen Zielsetzung, schnell zu sein, konträr gegenüber steht. Ermüdungserscheinungen bedingen Geschwindigkeitsverlust. Die Bewegung verläuft langsamer, die für die Schnelligkeit erforderliche Schnellkoordination der inneren Prozesse verzögert sich und die Energieumwandlung verändert sich. Deshalb ist es erforderlich, in das Konzept zur Leistungsstruktur der Schnelligkeit neben der Krafftähigkeit auch die Ausdauer zu integrieren. Die Problematik der Ermüdungserscheinung ergibt sich. Schnelligkeitsausdauer wird im folgenden immer unter dem Aspekt der Bewegungsschnelligkeit interpretiert und erhält hieraus ihren Bezug nur auf zyklische Bewegungen.

Der Bezug zwischen Schnelligkeitsleistungen und Ausdauerleistungen kann an einem einfachen Beispiel verdeutlicht werden. Ein Sprinter z. B. besitzt, im unmittelbaren Vergleich mit dem Freizeitjogger, eine sehr hohe Geschwindigkeit. Beim Sprint dominiert eine Schnelligkeitsleistung, beim Joggen eine Ausdauerleistung. Beide, in ihrer Intensität völlig unterschiedlichen Sportarten, werden durch die Geschwindigkeit und die Dauer der Bewegung bestimmt und besitzen eine ihr eigene Geschwindigkeit, eine ihr eigene Schnelligkeit. Sowohl der Sprint, als auch das Joggen erhalten eine Limitierung durch den Aspekt Ausdauer. Der offensichtlich stringente Zusammenhang zwischen Schnelligkeit und Ausdauer bedingt, dass die sportliche Ausdauer neben der Untertei-

3.2 Ein Modellansatz zur Einordnung der Schnelligkeitsausdauer...

lung in die Kraftausdauer auch in die Bewegungsschnelligkeitsausdauer untergliedert und in ein Strukturmodell der konditionellen Fähigkeiten integriert wird. Mit der Eingliederung in das Strukturmodell wird der Grundlagencharakter die Ausdauer für jede motorische Bewegung, insbesondere in Form der Schnelligkeitsausdauer für die Schnelligkeit, unterstrichen (Abb. 15.).

Durch ihren Grundlagencharakter wird die Ausdauer in diesem Modell als „Überfähigkeit“ angeordnet. Aus ihr gehen nun in Kombinationen die verschiedenen komplexen Fähigkeiten hervor. Ausdauer kommt nicht nur konditionell bei Kraft- und Geschwindigkeitsleistungen zum Tragen, sondern auch koordinativ (zentrale Ermüdung) und als eine konditionell-koordinative Mischform aus beiden. In dem neu strukturierten Modellansatz wurde versucht, die verschiedenen Ausdauerformen hinreichend zu berücksichtigen.

Der vorausgesetzte konditionelle Grundlagencharakter der Ausdauer, spiegelt sich in den Erscheinungsformen der Kraft wieder. Folglich erhalten die einzelnen Erscheinungsformen die treffenderen Bezeichnungen Reaktivkraftausdauer, Schnellkraftausdauer, submaximale Kraftausdauer, als Synonym für die Kraftausdauer und Maximalkraftausdauer. Die Erscheinungsformen der Kraft werden in der Regel durch den prozentualen Anteil der an der Bewegung beteiligten Muskulatur, der Art und Weise des Energieumsatzes, der Bewegungsform, der Wiederholungszahl und der Bewegungsdauer differenziert. Physikalisch gesehen ergibt sich die Kraft aus dem Produkt von Masse und Beschleunigung. Einen Bestandteil der Beschleunigung wiederum bildet die Zeit. Da jede Kraftform in der Realisierung eine ihr eigenen Geschwindigkeit besitzt, darf also der zeitliche Faktor im Modell nicht außer acht gelassen werden. Aus der Differenzierung der verschiedenen Erscheinungen der Kraft unter zeitlichen Aspekten ergibt sich die Zuordnung der Schnellkraftausdauer, der Schnellkraft und der absoluten Schnellkraft. Bereits mit dem Begriff der Schnellkraftausdauer wird der Zusammenhang zwischen der Kraft, der Schnelligkeit und der Ausdauer aufgezeigt.

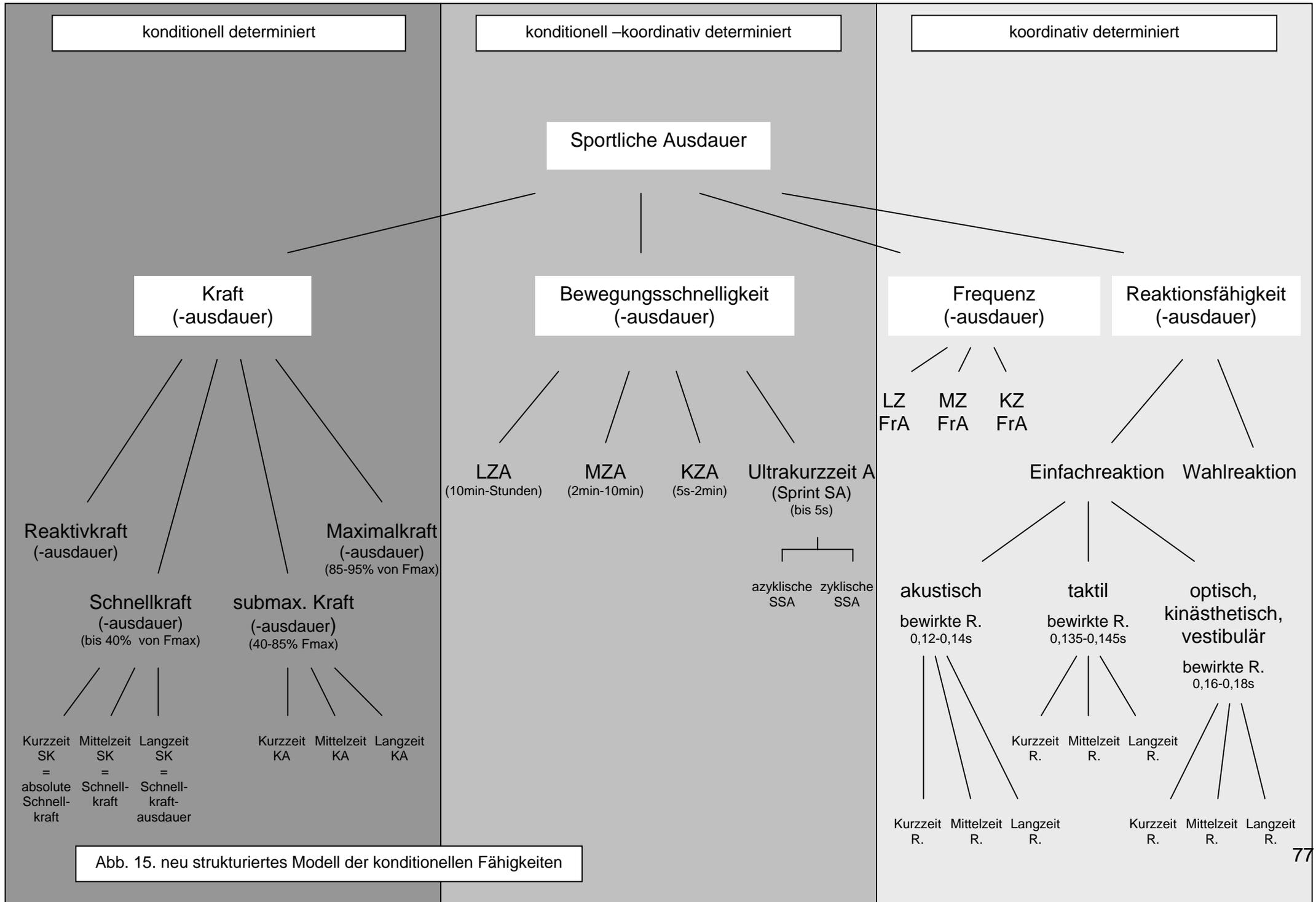


Abb. 15. neu strukturiertes Modell der konditionellen Fähigkeiten

3.2 Ein Modellansatz zur Einordnung der Schnelligkeitsausdauer...

In einschlägiger Literatur wird die sportliche Ausdauer nach der Dauer der Bewegungsausführung unterschieden (vgl. GROSSER/BRÜGGEMANN/ZINTL 1986, 112; SCHNABEL/HARRE/BORDE 1997, 151). Hier erfolgt eine Einteilung in Langzeit-, Mittelzeit- und Kurzzeitdauer. Aufgrund der auftretenden Ausdauerwirkungen bei Schnelligkeitsleistungen erfolgt weiterhin eine Zuordnung der Sprintschnelligkeitsausdauer zur Ausdauer. Um im zeitlichen Kontext eine verbale Unterscheidung vorzunehmen, wird die Sprintschnelligkeitsausdauer im Modell mit dem Synonym Ultrakurzzeitdauer versehen. Die Ultrakurzzeitdauer stellt die konditionell-koordinative Mischform der Ausdauer dar. Sowohl konditionelle Grundlagen wie z. B. die Kraft, als auch koordinative Aspekte wie z. B. die Bewegungsfrequenz führen zur Ultrakurzzeitdauer und sind Ausdauererscheinungen unterlegen. Ultrakurzzeitdauer strukturiert sich durch die Form der Bewegungsausführung in die azyklische und die zyklische Bewegung. Eine Strukturierung behält auch unter dem Aspekt der Bewegungsschnelligkeitsausdauer weiterhin ihre Bestätigung und Richtigkeit. Allerdings muss die zeitliche Einordnung der verschiedenen Formen der Ausdauer neu überdacht werden. Mit der Annahme, dass keine Bewegung ohne jegliche Ermüdungserscheinungen abläuft, wird die Auffassung von der „reinen Schnelligkeit“, ohne Leistungseinbußen, bis zu einem Zeitpunkt von 5 s (ROTH 1982) hinfällig. Aus der Annahme resultiert auch die Zuordnung der Ultrakurzzeitdauer zu den Ausdauerfähigkeiten. Der Bereich der Kurzzeitdauer müsste daher bereits ab 5 s beginnen und bis 2 min verlaufen statt bisher von 35 s bis 2 min.

Die Bewegungsfrequenz ist eine koordinativ determinierte Fähigkeit, jedoch auch sie unterliegt Ermüdungserscheinungen speziell im zentralnervösen Bereich und muss daher ebenfalls der Ausdauer zugeordnet werden. Der Ausdaueraspekt bedingt die Notwendigkeit einer weitergehenden Differenzierung der Bewegungsfrequenz in Kurzzeitfrequenz-, Mittelzeitfrequenz- und Langzeitfrequenzdauer. Eine Darlegung eines genauen zeitlichen Rahmens für die einzelnen Frequenzformen wäre spekulativ, daher soll zu diesem Zeitpunkt davon abgesehen werden. Weiterführende Untersuchungen erscheinen als notwendig.

Gleich der Bewegungsfrequenz ist auch die Reaktionsfähigkeit eine koordinativ determinierte Fähigkeit. Die relative Eigenständigkeit der Reaktionsfähigkeiten bedingt jedoch eine eigenständige Dimension (vgl. WEDEKIND 1984; MARTIN/CARL/LEHNERTZ 1993, 149; WEIGELT 1997), die losgelöst von den anderen Fähigkeiten betrachtet werden

4 Wissenschaftliche Problemstellung zu den Begriffen Schnelligkeit und Schnelligkeitsausdauer

muss. Die Nervenleitgeschwindigkeit und das Auftreten von nervaler Ermüdung im ZNS bilden den limitierenden Faktor für die Reaktionsfähigkeiten, wodurch die Bezeichnung als Reaktionsfähigkeitsausdauer korrekter wird. Klassisch erfolgt eine Unterscheidung zwischen Einfachreaktion und Wahlreaktion. Einfachreaktionen weisen, begründet durch den Analysator der den Auslösereiz aufnimmt, unterschiedliche Reaktionszeiten auf. Ein akustischer Reiz beispielsweise bedingt eine Reaktionszeit von 0,12 - 0,14 s, ein taktiler Reiz eine Reaktionszeit von 0,135 - 0,145 s und optische, kinästhetische und vestibuläre Reize eine Reaktionszeit von 0,16 - 0,18 s. Die einzelnen zeitlichen Bereiche machen es notwendig, die Einfachreaktion, gekoppelt mit dem Analysator der durch die verschieden eingehenden Reize bestimmt wird, zu differenzieren. Jedoch auch die durch eine Differenzierung entstandenen Zeitspannen müssen weiter in Kurzzeit-, Mittelzeit- und Langzeitreaktion unterteilt werden. Notwendig wird die weitere Unterteilung durch die Verlaufsgefälle, die durch die nervale Ermüdung hervorgerufen werden. Eine Angabe entsprechender zeitlicher Parameter für die Kurz-, Mittel- und Langzeitreaktion wird erst nach weiteren Untersuchungen möglich. Ob die vertretene Auffassung und das erstellte Modell ihre Bestätigung erhalten, werden die sich anschließenden Diskussionen und künftige Untersuchungen zeigen.

4 Wissenschaftliche Problemstellung zu den Begriffen Schnelligkeit und Schnelligkeitsausdauer

4.1 Ausgangsposition und Zielstellung

Durch die Darstellung des Schnelligkeits- und Schnelligkeitsausdauerbegriffs im Verständnis einer Fähigkeit des Menschen (SCHMIDTBLEICHER 1987) konnte gezeigt werden, dass es sich hierbei um ein sehr komplexes Phänomen handelt, dessen Grundverständnis zwar in der biologischen Betrachtung liegt, jedoch über diese weit hinaus reicht. Es wurde versucht, die mehrdimensionalen Strukturen der Fähigkeiten Schnelligkeit und Schnelligkeitsausdauer zu verdeutlichen.

Eine Erörterung der Modellvorstellungen ist als Voraussetzung anzusehen, eine gezielte und differenzierte Ansteuerung einzelner Schnelligkeits- und Schnelligkeitsausdauerkomponenten zu gewährleisten. Den Schwerpunkt des theoretischen Überblicks bildete die besondere Betrachtung der koordinativ determinierten Schnelligkeitsleistung

gen. Die Bedeutung dieser Dimension für die Neuinterpretation des Konstrukts der sportlichen Leistungsfähigkeit wurde hervorgehoben (vgl. SCHNABEL et. al. 1994), wobei auf hierarchische Zusammenhänge mit weiteren Schnelligkeitskomponenten hingewiesen wurde. Ferner sind die neuronalen und morphologischen Determinanten der Schnelligkeitsausdauer besprochen worden. Dies betraf zunächst die Lokalisationsvorgänge für Ermüdungserscheinungen im peripheren Bereich, des weiteren die Bedeutung der zentralen Ermüdung für die Schnelligkeitsausdauerleistung.

Infolge der theoretischen Beleuchtung werden Probleme aufgerissen und zu Hypothesen entwickelt. Um die Schnelligkeitsausdauer als unabhängige Fähigkeit des Sportlers charakterisieren zu können, erscheint es notwendig, die wesentlichen Erkenntnisse zur Schnelligkeit als Ausgangspunkt zu wählen. Es ist die wissenschaftliche Fragestellung zu klären, ob sich die Schnelligkeitsausdauer als relativ unabhängige Teileigenschaft des Menschen eher schnelligkeits- oder eher ausdauerdeterminiert erklären lässt. Zugleich bleibt dabei die Zuordnung der Schnellkraft, der Schnellkraftausdauer und der Schnellkoordination unter den Bedingungen der Ermüdung als ungeklärtes Problem zu beachten.

Eine genauere Betrachtung von Schnelligkeitsleistungen in den unterschiedlichen Sportarten lässt ein äußerst spezielles Fähigkeitskonstrukt erscheinen. Eine präzise Abgrenzung zu den Leistungsvoraussetzungen Kraft, Ausdauer und Koordination erschweren das Erfassen eines eigenständigen Fähigkeitskonstrukts. Die Zuordnung der Schnelligkeit zu den koordinativen Fähigkeiten ist sportartspezifisch differenziert. Die koordinativ orientierte Schnelligkeitsausdauer erhält bei technisch anspruchsvollen Sportarten einen großen Einfluss auf die Schnelligkeitsleistung. Konditionell determinierte Sportarten sind eher durch die konditionellen Schnelligkeitsausdauerfähigkeiten geprägt. Die Schnelligkeit kann einerseits im Zusammenhang mit der Kraft und der Ausdauer in unterschiedliche, relativ unabhängige Teileigenschaften differenziert werden, zum anderen wird sie durch technisch-koordinative Merkmale bestimmt. Als Grundeigenschaften des Menschen sind die Schnelligkeit und die Schnelligkeitsausdauer nicht zu rechtfertigen. FREY (1977, 348) weist darauf hin, dass es sich bei der Schnelligkeit um eine Komplexeigenschaft handelt.

In dem Versuch, die Komplexität der Schnelligkeit begrifflich zu erfassen, sind eine Reihe von Definitionen entstanden, die durch unterschiedliche Vorstellungen geprägt sind. Einige Autoren sehen in der Schnelligkeit nach wie vor die konditionelle Fähigkeit, motorische Aktionen unter den gegebenen Bedingungen in kürzester Zeit durchzuführen (vgl. MARTIN 1977, LETZELTER 1978, HARRE 1986, SCHMIDTBLEICHER 1980, GROSSER 1993, SCHNABEL & THIESS 1997). Die Schwerpunkte in diesen Positionen liegen in der Minimierung der Aktionszeit einer Bewegung und dem Ausschluss von Ermüdungsprozessen. Die Minimierung der Aktionszeit bezieht sich auf die kognitiven und koordinativen Steuerprozesse von Schnelligkeitsleistungen. Die Schnelligkeit der Bewegung ist also in der Innenaspektbetrachtung auf schnelles „Funktionieren“ der steuernden (koordinativen) und energieliefernden „Körperfunktionen“ zurückzuführen. Resultat der schnellen Steuerung und Koordination ist der nach außen sichtbare Bewegungsvollzug. In der Außenaspektbetrachtung wird die Schnelligkeitsleistung durch die Geschwindigkeit des Bewegungsvollzuges (als Verhalten des Organismus in Raum und Zeit) charakterisiert.

Das Phänomen Bewegungsgeschwindigkeit wird als gegeben und typisches Merkmal für Schnelligkeit gekennzeichnet. Das Auftreten von Ermüdung wird bei der Betrachtung der Schnelligkeitsausdauer als ein Kriterium für die Abgrenzung zwischen Schnelligkeit und Schnelligkeitsausdauer sowie für Schnellkraft und Schnellkraftausdauer angesehen. Bezogen auf die Strukturierung der Schnelligkeitsausdauer sind somit die Theorien zur Ermüdung heranzuziehen. Ermüdung kennzeichnet den reversiblen Zustand des Organismus, der mit der Herabsetzung der Leistungs- und Funktionsfähigkeit im physischen bzw. psychisch-kognitiven Bereich einhergeht. Sichtbare Zeichen sind bei Schnelligkeitsleistungen abnehmende Bewegungsintensitäten mit Geschwindigkeitsverlust, Minderung der Genauigkeit, Aufmerksamkeit und Konzentrationsfähigkeit. Bei lang anhaltenden psychischen Belastungen stehen Ermüdungssymptome seitens des Nervensystems und der Sinnesorgane im Vordergrund. Die zentrale Ermüdung tritt bei Schnelligkeitsleistungen seltener in Erscheinung, ist jedoch vor allem durch die sehr hohen intensiven Anforderungen nicht ausgeschlossen. Bei schweren und länger dauernden muskulären Belastungen liegt in der Regel die periphere Ermüdung vor. HOHMANN, LAMES & LETZELTER (2002, 51) führen die muskuläre Ermüdung auf die Gefäßkapazität des Blutes zurück und kennzeichnen die Transportkapazität des

Herz-Kreislauf-Systems als leistungslimitierend und dadurch als Begründung für die Ermüdungserscheinungen.

Beim Ermüdungsverhalten der sportlichen Leistungsfähigkeit kann nicht generell davon ausgegangen werden, dass durch Ermüdung direkt ein nach außen hin sichtbarer Leistungsverlust stattfindet. Die koordinative Ermüdung findet kurzzeitiger statt, äußert sich jedoch verzögert als Leistungsverlust. Die energetische Ermüdung beeinflusst die Schnelligkeitsleistung spürbarer. Mit Hilfe der Darstellungen zur Energiebereitstellung in der Muskulatur lassen sich Vorstellungen über muskuläre Ermüdungsprozesse entwickeln und konkretisieren. Die zeitlichen Unterschiede beim Eintreten des koordinativ und des konditionell ermüdungsbedingten Leistungsverlustes behindern eine überzeugende Integration der Schnelligkeit und der Schnelligkeitsausdauer in die Struktur der Leistungsfähigkeiten. Die vorliegende Analyse nähert sich dieser Problemstellung an und liefert einen Beitrag zur Klärung der Dimensionen der Schnelligkeit und der Schnelligkeitsausdauer.

Bei Schnelligkeitsausdauerleistungen richtet sich das Interesse auch auf die Vorgänge der Innervation und der zentralen Regulation unter Belastung (vgl. ROHMERT 1960, SALTIN 1981, JONES 1981, PETROVSKI 1982, LEHNERTS/MARTIN 1985). Die zentrale Ermüdung wird ggf. auch aus dem Nachlassen der Motivation und der Willenskraft eingeleitet. Bei Schnelligkeitsleistungen sind das Versagen in der Rekrutierung und in der schwächer werdenden Anzahl motorischer Einheiten sowie eine Erregung mit nicht ausreichend hoher Frequenz Merkmal für die zentrale Ermüdung. Die Ermüdung der koordinativen Leistungsfähigkeit ist ein weiterer Aspekt der Ermüdung im Bereich der zentralen Regulation (LEHNERTZ 1986, 6). Bei der Koordination von schnellen Bewegungen ist das Kleinhirn für die Feinarbeit der Muskulatur verantwortlich. Das Kleinhirn kann unter den Bedingungen, möglichst schnell zu arbeiten, diese Aufgabe nur erfüllen, wenn ausreichende Mengen an Transmittersubstanzen an den Synapsen verfügbar sind, an denen sich durch das Üben und Lernen der Bewegung entsprechende Engramme eingeschliffen haben und wenn entsprechende Engramme überhaupt vorhanden sind (vgl. LEHNERTZ 1986, 7).

Um einen Beitrag zur Klärung der Probleme um das Phänomen Schnelligkeitsausdauer zu leisten ist es Zielsetzung, die verschiedenen Definitionsansätze der Schnelligkeits

ausdauer aufzugreifen, sie in Ableitung von den aktuellen Strukturvorstellungen zur Schnelligkeit zu überprüfen und im Ergebnis der empirischen Forschung die Schnelligkeitsausdauer sinnvoll in das Modell der Schnelligkeitsleistung zu integrieren. Dazu werden aktuelle Zustände in der Leistungsstruktur von Sportlern und Entwicklungstendenzen über einen Zeitraum von 6 Jahren erfasst.

5 Wissenschaftliche Fragestellungen und Hypothesen

Auf der Grundlage der erläuterten Probleme und Zusammenhänge werden die in der theoretischen Aufbereitung der Arbeit aufgeworfenen Problemkreise in Tab. 7. zusammengefasst. Die hypothetische Beantwortung der Schwerpunkte basiert auf dem aktuellen theoretischen Erkenntnisstand in der Sportwissenschaft. Vor dem Hintergrund der theoretischen Vorbetrachtungen zu Schnelligkeit und Schnelligkeitsausdauer gilt es die formulierten Hypothesen im empirischen Teil der Arbeit auf ihre Richtigkeit hin zu überprüfen.

Tab. 7. Zusammenfassung der formulierten wissenschaftlichen Fragestellungen und Hypothesen

I. <u>Zur Komplexität der konditionellen Fähigkeit - Schnelligkeit</u>	
(F1)	Elementare Schnelligkeitsleistungen existieren in „reiner“ Form als innere Leistungsvoraussetzungen oder setzen sich als komplexes Konstrukt verschiedener Fähigkeiten und Fertigkeiten zusammen. Die Komplexität der Leistungsstruktur von schnellen Bewegungen lässt Zweifel über ihre Integration in die aktuellen Strukturvorstellungen zur sportlichen Leistungsfähigkeit aufkommen. Kann die Schnelligkeit als konditionell – koordinative Fähigkeit angesehen werden?
(H1)	<u>Hypothese der koordinativen Determination der Schnelligkeit</u> Das neuro-muskuläre System und die Mechanismen der Energiebereitstellung sind zwar Vorraussetzungen für Bewegungsgeschwindigkeiten, beide Systeme sind jedoch zuständig für die Kraftentwicklung (Umwandlung chemischer in mechanische Energie – Kondition) unter Zuhilfenahme der steuernden Prozesse (Koordination). Elementare Schnelligkeit ist das Resultat einer koordinativ determinierten Steuerung, die sich bei

	zyklischen Bewegungen vorrangig auf die Realisierung der Frequenz und der Impulsgebung orientiert.
II.	<u>Zusammenhang zwischen Schnelligkeits- und Schnelligkeitsausdauerleistungen bei zyklischen Bewegungen</u>
(F2)	Maximal schnelle Bewegungen sind hochintensive körperliche sportliche Leistungen, die bisher dadurch charakterisiert wurden, dass sie ohne Ermüdungserscheinungen absolviert werden. Maximale Geschwindigkeiten sind nur durch konzentrierte und intensive Steuerung erreichbar. Die neuronalen Prozesse ermüden sehr schnell, so dass es ermüdungsfreie schnelle Bewegungen in der Regel kaum geben kann. Der Stellenwert der Schnelligkeitsausdauer im sportlichen Leistungsvollzug ist für das Erzielen hoher Bewegungsgeschwindigkeiten fundamental. Ist eine Schnelligkeitsleistung deshalb ohne Schnelligkeitsausdauer bzw. Schnellkraftausdauer denkbar?
(H2)	<u>Hypothese des fundamentalen Charakters der Schnelligkeitsausdauer</u> Ausdauer besitzt Grundlagencharakter. Schnelligkeit ist eine Form der konditionellen Fähigkeit Ausdauer. Jede (schnelle) Bewegung unterliegt von Beginn an dem Verbrauch von Funktionskapazitäten. Diese Abbauprozesse die letztlich zu sichtbaren Leistungsverlusten/Ermüdungserscheinungen führen und das Kompensationsbestreben des Körpers verdeutlichen, erfolgen auf neuronaler, energetischer und muskulärer Ebene. Abbauprozesse, Ermüdungserscheinungen (sichtbar/nicht sichtbar) und Kompensationsprozesse (energetisch/muskulär) beginnen unmittelbar nach Bewegungsbeginn und sind ein Ausdruck der Ausdauer. Diese Prozesse kennzeichnen insbesondere hochintensive Schnelligkeitsbewegungen. Schnelligkeitsleistungen unterliegen in jedem Fall von Beginn an dem Ausdauererfluss und entsprechen damit dem Charakter von Schnelligkeitsausdauerleistungen.

6 Methodenerläuterung / Testverfahren

6.1 Einleitende Ausführungen

Zur Analyse der Schnelligkeits- und Schnelligkeitsausdauerfähigkeit sind sportmotorische Tests üblich. Diese Tests erfassen den aktuellen sportlichen Leistungsstand. Die aktuelle Situation des Niveaus der Schnelligkeits- und Schnelligkeitsausdauerleistungen wird durch den Einsatz einer Testbatterie mit einer heterogenen Probandengruppe ermittelt. Die Entwicklungstendenzen werden über Prä-Test- und Post-Test-Verfahren untersucht. Der Prä-Test findet als Eingangstest in ausgewählten Klassenstufen statt. Die Tests werden als Langzeitanalyse mit allen Probanden durchgeführt. Zur Klärung der Problemstellungen werden quantitative Analysen eingesetzt. Detailfragen zur Schnelligkeitsausdauer werden über eine Pilotstudie aufgegriffen und geklärt. Hoher Aufklärungsbedarf besteht zum Leistungsfaktor Schnelligkeit und derer Teilkomponenten. Dabei interessiert die Einflusshöhe der Teilkomponenten als leistungsbestimmende Merkmale sportartspezifischer Höchstleistungen und deren Stellenwert (vgl. HOHMANN u. a. 1999). Dieses Aufklärungs-/Forschungsdefizit besteht auch für die Sportarten der sportbetonten Schulen am Standort Magdeburg. Mit den Erkenntnissen aus dem Forschungsprojekt Schnelligkeit im Nachwuchsleistungssport (VF 0407/05/05/97) soll dem begegnet werden. Die Untersuchung befasst sich mit dem direkten Einfluss elementarer und komplexer Schnelligkeitsfähigkeiten sowie dem indirekten Einfluss von tieferliegenden Leistungsvoraussetzungen und Leistungsbedingungen auf die langfristige sportart-, alters- und geschlechtsspezifische Entwicklung sportlicher Talente. Von explizitem Interesse bei der Rolle der Teilkomponenten der Schnelligkeit ist der graduelle Einfluss der Schnelligkeitsausdauer für den Leistungsfaktor Schnelligkeit. Die Frage nach der Bedeutsamkeit der einzelnen Komponenten für die Prognose individueller Leistungsentwicklungen und für die Methodik des Trainingsprozesses ist in der Trainingswissenschaft zwar von großem Interesse, wurde aber bislang nur unzureichend erforscht.

6.2 Forschungsmethodologisches Vorgehen

Um Merkmale der Schnelligkeit und der Schnelligkeitsausdauer ermitteln zu können, werden die in dem Forschungsprojekt zu analysierenden Parameter von den Ebenen der Modellvorstellung in Abb. 16. abgeleitet.

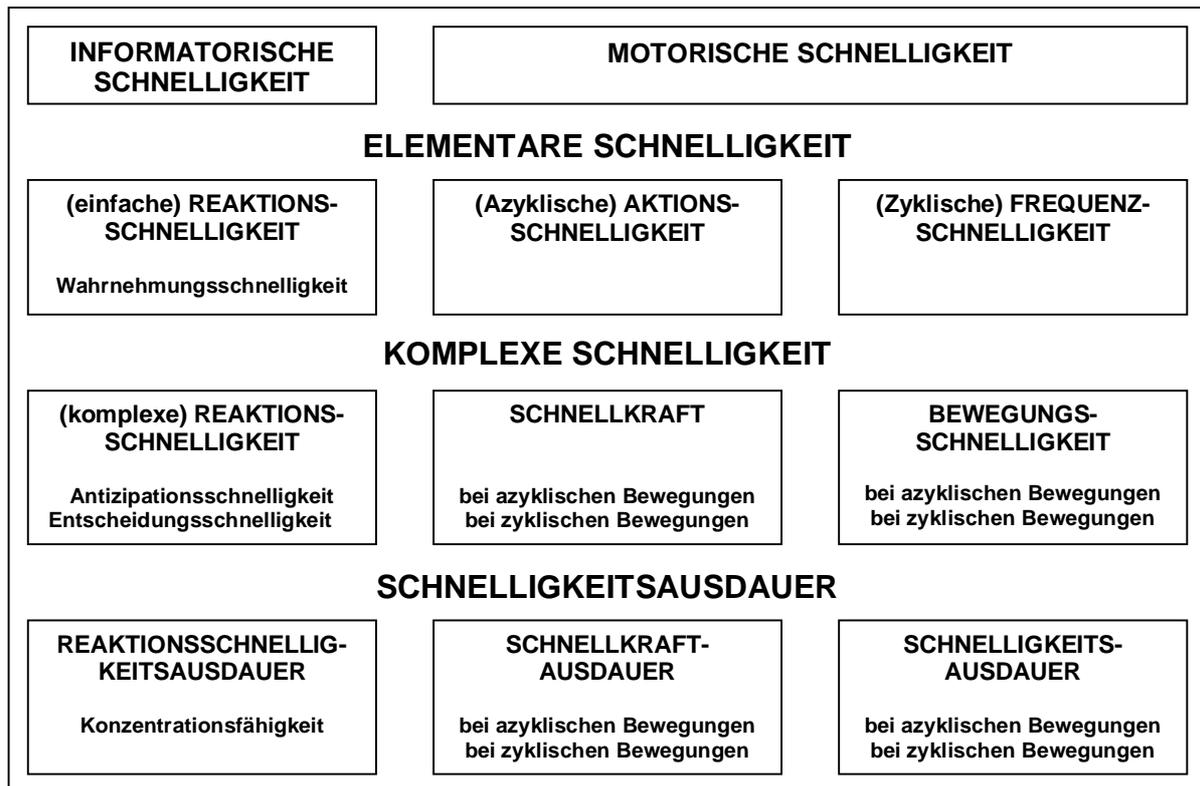


Abb. 16. Die allgemeine Struktur der Schnelligkeit (in HOHMANN u. a. 1998, 4)

In dem Forschungsprojekt interessieren für das Erfassen der Schnelligkeits- und Schnelligkeitsausdauerstruktur die inneren koordinativ determinierten Schnelligkeits- und Schnelligkeitsausdauerdimensionen und die äußeren komplexen Schnelligkeits- und Schnelligkeitsausdauerleistungen bei Berücksichtigung der Rahmenbedingungen des Sportschulkomplexes.

Über einen Zeitraum von 6 Jahren wurden mit 142 Schülern, davon 98 Schülerinnen, 3 Testwiederholungen im jeweils selben Zeitraum des Trainingsjahres durchgeführt. Erfasst wurden definierte Schnelligkeits- und Schnelligkeitsausdauerleistungen durch sportmotorische Tests, Körperbaumerkmale, Alterskategorien (auch das biologische Alter), die Wettkampfleistungen des Testjahres, sowie die Trainingsbelastung mit Hilfe von Belastungskomponenten, -umfängen und –intensitäten. Angestrebt wurden:

- Die Ableitung leistungsrelevanter Dimensionen der Schnelligkeit und der Schnelligkeitsausdauer, ausgewiesen durch eine Präsenz in der Struktur der Schnelligkeitsleistung, sowie durch stetig steigende Leistungsentwicklungen.

- Die Herstellung objektiver Relationen der einzelnen Dimensionen der Schnelligkeit bzw. Schnelligkeitsausdauer untereinander.
- Die Stellung der Ermüdung bei der Ausweisung der Dimensionen und deren Integration in ein Strukturmodell der Schnelligkeit bzw. Schnelligkeitsausdauer.

I Elementare Schnelligkeit

Die elementare Schnelligkeit ist vor allem koordinativ bedingt und hängt von den Steuer- und Regelmechanismen des Zentralnervensystems und des Nerv-Muskel-Systems ab. Auf neuro-physiologischer Ebene wird für die Ausprägung der zyklischen Frequenzschnelligkeit vor allem die Höhe der Alpha-Frequenz verantwortlich gemacht (vgl. MUNDY-CASTLE/SUGARMAN 1960, 895ff.), hingegen ist die azyklische Aktionsschnelligkeit vor allem auf die Qualität der erworbenen senso-motorischen Bewegungsprogramme zurückzuführen (BAUERSFELD/VOSS 1992, 28ff.). Als Schlussfolgerung hieraus sind die Aktions- und Frequenzschnelligkeit und die sensorisch-kognitive, sowie psychisch bedingte (einfache) Reaktionsschnelligkeit in hohem Maße anlage- und reifebedingt. Die Aktions- und Frequenzschnelligkeit sowie die Reaktionsschnelligkeit sind die zu analysierenden Dimensionen, die als aktueller Zustand erfasst und auf ihre Auffälligkeit gegenüber Ermüdung bei anhaltenden Schnelligkeitsleistungen untersucht werden.

Phänomenologisch wird der enge Bezug von Schnelligkeitsleistungen zur zentralnervösen und neuro-muskulären Steuerung darin, dass ein Sportler sowohl bei zyklischen als auch bei azyklischen Bewegungen über eine schnelle Bewegungsrealisation verfügt. Diese gilt als Indikator für „kurze“ Zeitprogramme. Um kurze Zeitprogramme auszubilden ist ein elementares Schnelligkeitstraining vorwiegend im Lern- und Entwicklungsalter anzusiedeln. In diesem Alter sind nach BAUERSFELD (1986, 168) die Kompensationsmöglichkeiten zwischen den elementaren Leistungsvoraussetzungen noch sehr vielfältig. Daher müssen explizit beurteilt werden die:

- (einfache) Reaktionsschnelligkeit
- azyklische Aktionsschnelligkeit
- zyklische Frequenzschnelligkeit

Bei der Bestimmung elementarer Schnelligkeitsfähigkeiten werden die folgenden Kriterien berücksichtigt:

- Bewegungszeit unter 200 ms
- Stabilität gegenüber Entwicklungs- und Trainingseinflüssen
- Unabhängigkeit vom Geschlecht
- Unabhängigkeit von Maximalkraft
- Abhängigkeit von Ermüdung

Kriterium 1: Bewegungszeit unter 200 ms

Für die Bewegungszeit wird bei den Tests die Dauer der Gesamtbewegung eines einzelnen Armes vom Ausgangspunkt der Bewegung bis zum Endpunkt berechnet. Beim Armziehen (azyklischer Schnelligkeitstest) wird sowohl bei der ballistischen als auch der isokinetischen Variante jeweils die Zeitdauer bis zum Erreichen der Maximalgeschwindigkeit bestimmt und als Indikator verwendet. Ein Schwellenwert von 200 ms wird durch den von BAUERSFELD/VOSS (1992, 28-29) beschriebenen „closed-loop-Prozess“ der unbewussten Bewegungssteuerung festgelegt. Für den Niedersprungtest wird die Bodenkontaktzeit gemessen, die laut LEHMANN (1994) leicht unter, jedoch nach BAUERSFELD/VOSS (1992, 21) leicht über dem geforderten Schwellenwert liegt. Für eine Charakterisierung der Sprintqualifikation (vgl. BAUERSFELD/VOSS 1992; LEHMANN 1992, 1994) wird die ermittelte Bodenkontaktzeit und der dimensionslose Schnelligkeitsquotient herangezogen, der aus der Beintappingfrequenz dividiert durch die Bodenkontaktzeit errechnet wird. Für den reaktiven Liegestütz aus dem Kniestand kann aufgrund der relativ langen Armstützzeit nicht von einer Bewegungssteuerung nach dem „closed-loop-Prinzip“ ausgegangen werden. Aufgrund der exzentrisch-konzentrischen Kontraktionsform liegen die Testanforderungen wohl eher im Bereich der reaktiven Schnellkraft. Da sich unter den Probanden des Sportschulkomplexes auch Schwimmer befinden, bei denen die schwimmsportspezifischen isokinetischen Kontraktionsformen der Armstreckmuskulatur eine nicht zu unterschätzende Bedeutung für den Kraulsprint besitzen (vgl. WILKE/MADSEN 1983, 185-190; SCHRAMM 1990, 177-180; STRASS 1988, 151), bleiben neben dem ballistischen Test auch die reaktiven Tests weiterer Untersuchungsgegenstand.

Kriterium 2: Stabilität gegenüber Entwicklungs- und Trainingseinflüssen

Laut BAUERSFELD/VOSS (1992) besteht eine relative Unabhängigkeit zwischen den elementaren Schnellkeitsfähigkeiten und dem Entwicklungs- und Trainingseinflüssen zwischen dem Alter von 6 – 9 Jahren und ab dem 14. Lebensjahr bei Mädchen und dem 15. Lebensjahr bei Jungen. MÜLLER u. a. (1995) geben auch für den dazwischen liegenden Altersbereich, also von 12 – 14 Jahren, eine Trainierbarkeit an und KUHN (1997) weist sogar noch für den Erwachsenenbereich eine Trainierbarkeit nach. Ob ein bestimmter Altersbereich für die Ausprägung der Schnelligkeit besteht oder ob generell und altersunabhängig Schnelligkeit trainiert werden kann, bleibt zu klären.

Kriterium 3: Unabhängigkeit vom Geschlecht

An leichtathletischen NachwuchsathletenInnen bestätigten sowohl BAUERSFELD/VOSS (1992) als auch MÜLLER u. a. (1995) eine relative Unabhängigkeit vom Geschlecht. Die Geschlechtsunabhängigkeit wird durch mathematisch-statistische Vergleiche erfasst.

Kriterium 4: Unabhängigkeit von Schnellkraft

Auf der Grundlage hoher und niedriger Schnellkraftvoraussetzungen können kurze Zeitprogramme realisiert werden. Diese Annahme wurde bereits durch BAUERSFELD/VOSS (1992, 33) für die Bodenkontaktzeit beim Niedersprung nachgewiesen. Die Bodenkontaktzeit wird sowohl beim Niedersprung aufgenommen, als auch durch die Ermittlung der Frequenzleistung mit Hilfe der Tapping- und Skippingtests überprüft.

Kriterium 5: Abhängigkeit von Ermüdung

Eine Ermüdungsabhängigkeit der elementaren Schnelligkeit wurde durch BAUERSFELD/VOSS (1992, 35) bei der azyklischen Aktionsschnelligkeit nachgewiesen. Dabei wurden Niedersprünge durchgeführt. Bei Einzelsprüngen mit 5 – 10 s Pause tritt keine sichtbare muskuläre Ermüdung auf, jedoch sind bei Pausenzeiten von 1 s und der anaerob-laktaziden Beanspruchung deutliche Leistungsabfälle zu verzeichnen. Wenn also bereits bei der azyklischen Bewegung Ermüdungserscheinungen auftreten, liegt die Vermutung nahe, dass auch die zyklische Frequenzschnelligkeit nicht ohne Ermüdung erfolgen kann. Das Kriterium der Ermüdung wird als ein prozentual errechneter Leistungsverlust von mehr als 1 % angegeben.

II Komplexe Schnelligkeit

Der überragende Einfluss der komplexen Schnelligkeitsfähigkeiten:

- (großmotorische) Reaktionsschnelligkeit
- Sprintkraft bzw. Sprungkraft
- Sprintschnelligkeit

auf die Leistungen in vielen schnelligkeitsbetonten Sportarten und Disziplinen ist bereits vielfach belegt. LETZELTER (1978, 197) geht von einem Anteil der Reaktionsschnelligkeit von 3 – 4 % an der leichtathletischen Sprintleistung im 100-m-Lauf aus. MAGLISCHO (1993, 544) gibt für den 50-m-Kraulsprint sogar einen Anteil von 10 % und Pfeifer (1993, 16) für den 100-m-Schwimmsprint einen Anteil von 13 % an. Eine gute Reaktion wirkt sich z. B. im Handball nicht nur auf die (zyklische) Antrittsschnelligkeit, sondern vor allem auch auf das (azyklische) Zweikampfverhalten positiv aus.

Die Schnellkraft gestaltet sich als wichtigste Fähigkeit in den meisten schnelligkeitsbetonten Sportarten. In der Leichtathletik nimmt die Sprintkraft 80 % der 100-m-Laufleistung im Erwachsenenalter ein, im Schulkindalter sogar 90 – 95 % (vgl. H. LETZELTER/M. LETZELTER 1986, 101). Die Zusammenhänge zwischen der Sprintkraft und der Weitsprungleistung werden von H. LETZELTER (1983, 102) mit 57 % angegeben. Die Dimensionen Sprint- und Schnellkraft des Beschleunigungslaufs und des Laufs mit konstanter maximaler Geschwindigkeit werden als komplexe Schnelligkeitsleistung analysiert und auf ihre Ermüdungsresistenz hin überprüft.

Auf Grund der zu untersuchenden Merkmale teilt man die Tests in drei Kategorien ein: die Intelligenztests, die Leistungstests und die Persönlichkeitstests. Im Kontext der Sportwissenschaft befasst sich diese Untersuchung mit Leistungstests, die sich aus motorischen, sensorischen und kognitiven Tests zusammensetzen.

6.3 Analyseformen des Forschungsvorhabens

In der Sportwissenschaft finden zwei Hauptanalyseformen ihre Anwendung. Diese sind die querschnittliche Analyse und die längsschnittliche Analyse. Beide Analyseformen kommen in der vorliegenden Forschungsarbeit zur Anwendung. Der Untersuchungszeit-

raum umfasst die Jahre 1996-2003. Im zweijährigen Rhythmus erfolgten die Tests zum jeweils selben Zeitpunkt im Verlauf des Trainingsjahres.

Die querschnittliche Analyse wird genutzt, um zum jeweiligen Messzeitpunkt im Rahmen von Veränderungsanalysen bestimmte Leistungsmerkmale der Schnelligkeit an verschiedenen Probanden zu untersuchen und um die unterschiedliche Merkmalsausprägung festzustellen. Unklar bleibt allerdings, ob die auftretenden Unterschiede zwischen den Probandengruppen aufgrund der unterschiedlichen Kohorten zustande kommen oder aber ein Alterseffekt vorliegt (Konfundierung von Alters- und Kohorteneffekten). Nach WERMKE et. al. (2001, 511) stellt eine Kohorte „eine nach bestimmten Kriterien ausgewählte Personengruppe dar, deren Entwicklung und Veränderung in einem bestimmten Zeitablauf soziologisch untersucht wird“. Die Personengruppe bilden Schüler des Sportschulkomplexes Magdeburg. Die Testbatterien werden im zeitlichen Rahmen der Forschung 3 mal zum selben Zeitpunkt (Januar/Februar des Jahres) wiederholt. Zum Vergleich klärt eine Pilotstudie einzelne ausgewiesene Probleme. Die querschnittliche Analyse weist den alters- und geschlechtsbestimmten Zustand der Leistungsfähigkeit aus. Kohorteneffekte werden bei der Darstellung der längsschnittlichen Analyse neben den Entwicklungstendenzen der Schnelligkeit und der Schnelligkeitsausdauer interpretiert.

Die längsschnittliche Analyse findet Anwendung, um die Veränderung von bestimmten Merkmalen über die Zeit, d. h. von Untersuchungswelle zu Untersuchungswelle, zu verdeutlichen. Die Untersuchungswelle stellt den Messzeitpunkt im Jahresverlauf dar, an dem an allen Probanden die verschiedenen Tests durchgeführt werden. Verschiedene Messzeitpunkte bilden die Grundlage für eine Zeitreihenstudie, wie sie z. B. im Fall des Forschungsprojektes „Schnelligkeit im Nachwuchsleistungssport“ (VF 0407/05/05/97) vorliegt. Im Forschungsverlauf von 6 Jahren fanden in regelmäßigen Abständen Datenerhebungen mittels konstanter Testverfahren an den gleichen Probanden statt. Die Zeitreihenanalyse stellt einen Spezialfall der Regressionsanalyse dar (Untersuchung der funktionellen Art des linearen Zusammenhangs zwischen verschiedenen Variablen). Die Untersuchung der Abhängigkeit einer Variablen von der Zeit $Y = f(t)$ steht im Mittelpunkt. Eine Zeitreihe wird aus der wiederholten Messung der gleichen Variablen an den gleichen Personen in gleichen Abständen (Äquidistanz) gebildet.

Bezogen auf die konditionellen und koordinativen Fähigkeiten werden folgende Testmaßnahmen durchgeführt:

- **Anwendungsbereich:** sportartübergreifend bzw. disziplinspezifisch (Schnellkrafttest für Spieler, Leichtathleten usw.)

Die Schnelligkeitsanalyse orientiert sich auf folgende Elemente:

- **Konditionsdimensionen:** komplexe Schnelligkeit: Beschleunigungsfähigkeit, maximale Schnelligkeit, Schnellkraftausdauer; Maximalkraft; Schnellkraft (Startkraft, Explosivkraft, Maximalkraft, reaktive Kraft)
- Vorrangig beanspruchte Muskelgruppen (Arme/Schulter; Rumpf/Hüfte; Beine)
- **Koordinationsdimensionen:** elementare Schnelligkeit: Frequenz der Bewegung, Reaktions- und Aktionstests, Geschwindigkeit einzelner Elemente der Bewegung, Schnellkoordinationstests
- Vorrangig beanspruchte Funktionen (Optische, akustische, taktile, gesamte nervale Steuerung)
- **Techniktests:** Präzision der Einzel-Technik, Genauigkeit unter den Bedingungen des Zeitdrucks

Als Methoden der Analyse von Schnelligkeitsleistungen kommen die Diagnostik unter Nutzung von Messgeräten, trainingsbegleitende Tests unter Feld- und Laborbedingungen, der Trainingsgestaltung mit Hilfe von Planung des Trainings, Diagnostik durch und bei Wettkämpfen mit Messungen ausgewählter Parameter zum Einsatz. Die Untersuchungen der elementaren und der komplexen Schnelligkeitsleistungen erfassen mehrere Leistungsmerkmale. Die im Folgenden verwendeten Tests und Verfahren werden zu bestimmten Messzeitpunkten an Sportlern verschiedener Sportarten, jedoch jeweils gleichen Alters durchgeführt. Um die Zuverlässigkeit der angewandten Tests sicherzustellen, werden die Forderungen der Haupt- und Nebengütekriterien berücksichtigt. Die Tests müssen objektiv, reliabel und valide, normiert, vergleichbar, ökonomisch und nützlich sein (vgl. LIENERT/RAATZ 1998, 7). Einen Überblick über die Erhebungen zur Diagnose der einzelnen Fähigkeiten liefert Tab. 8.

6.3 Analyseformen des Forschungsvorhabens

Tab. 8. Qualitative und quantitative Erhebungen zum Feststellen der Entwicklung der Sprintfähigkeit

Fähigkeit	Indikator	Erhebung
Komplexe Schnellkraft	Fußstreckkraft Horizontale Kraft Vertikale Kraft Beschleunigungskraft	Kastenaufsprünge 10 s; 3 x 10 s Einbeinsprünge links und rechts Bodenkontaktmessung Abdruckkraft beim Tiefstart Kraftermittlung in den Abschnitten des Sprintlaufs
Beschleunigung	Beschleunigungsleistung	30 m Ablauf aus dem Tiefstart (10 m Teilleistungen) Geschwindigkeitsverlauf, Beschleunigungsleistung, Technikbeurteilung – Eindrucks- und Videoanalyse Frequenz- und Schrittlängenermittlung, Bodenkontaktzeit
Maximale Schnelligkeit	V – max.	30 m-Lauf - fliegend (10 m Teilleistungen) Geschwindigkeitsverlauf, Beschleunigungsleistung, Technikbeurteilung, Frequenz- und Schrittlängenermittlung Kniehub 10 s Bodenkontaktzeit des Fußaufsatzes
Schnelligkeitsausdauer	V – Verlust	100 m-Lauf 200 m-Lauf 4x50-m-Lauf mit 30 s Pause zwischen den Läufen Geschwindigkeitsverlauf, Beschleunigungsleistung Frequenz- und Schrittlängenermittlung Kniehub 3 x 10 s mit 30 s Pause Technikbeurteilung
Technik/Koordination	Lauftechnik Tiefstart Zieleinlauf	Eindrucksanalyse Videoauswertung Reaktionszeitmessung beim Tiefstart Frequenzermittlung Bodenkontaktanalyse

In einer Pilotstudie schließen sich Untersuchungen zum Einsetzen von Schnelligkeitsausdauer an. Zur Erfassung der Schnelligkeitsausdauerleistung werden die Tests durch die Verlängerung der Belastungsdauer der Einzeltests modifiziert. Die Studie soll zeigen, ab welchem Zeitpunkt Ermüdungserscheinungen einsetzen und Schnelligkeitsausdauer zum Tragen kommt und einen Nachweis liefern, dass generell keine Bewegung ermüdungsfrei verlaufen kann. In der Pilotstudie erfolgt mittels Bodenkontaktmatten eine Datenaufnahme bei verschiedenen Tappingtests. Die entscheidenden Daten bilden die Kontakte pro Sekunde (Hertz) der entsprechenden Extremität (Hand oder Fuß). Als Varianten beim Fußtapping werden die freie und alternierende Bewegungsausführung für die Zeiträume 6 s, 20 s, 28 s und 49 s eingesetzt. Die einzelnen Testvarianten werden sowohl ohne eine vorherige Vorbelastung als auch mit einer Vorbelastung gefahren. Für die Interpretation der Ergebnisse werden die Messwerte geglättet, indem die gemessenen Bewegungsfrequenzwerte in relative Bewegungsfrequenzwerte umgerechnet und so der Verlauf deutlicher sichtbar wird.

6.3.1 Angewandte Tests / Verfahren

Die Testverfahren wurden auf die Erfüllung der Gütekriterien überprüft. Die statistische Auswertung (diskriptive Statistik, Regressions- und Korrelationsanalyse) erfolgte mit dem Ziel leistungsrelevante Parameter zu selektieren und sie den übergeordneten Dimensionen hinzuzuführen. Die Mittelwertbestimmung der bedeutsamen Schnelligkeits- und Schnelligkeitsausdauermerkmale berücksichtigt die Finalausprägung in den Altersklassen bei beiden Geschlechtern, sowie die Relationen zwischen den Merkmalen. Die im Folgenden aufgeführten Tests zur Bestimmung konkreter Schnelligkeitscharaktere bzw. Einflussfaktoren liefern die Ergebnisse für den Schnelligkeitsbereich der Arbeit

Bewegungsfrequenz:

- Skipping,
- Beintapping,

Reaktionsschnelligkeit:

- einfacher (optischer) Reaktionstest

Schnellkraft:

- Handballweitwurf
- Weitsprung

- Standhochsprung
- Armstütz
- Beinstütz

Maximalkraft:

- Standweitsprung rechts/links
- Standweitsprung beidbeinig

Technik

- Technikbewertung Weitsprung

Koordinationsfähigkeit:

- Wiener Testsystem

Äußerer Leistungsparameter

- Wettkampfleistung

Die Testergebnisse sollen mittels Korrelationsanalyse in Bezug gesetzt werden zur:

komplexen Schnelligkeit (maximal):

- Zeiten beim 30 m/60 m-Lauf (fliegend)

komplexen Schnelligkeit (Beschleunigung):

- Zeiten beim 30 m-Lauf (Tiefstart)

Die Frequenztests sollen einen Nachweis darüber liefern, in welchem Umfang Schnelligkeit von der Bewegungsfrequenz beeinflusst wird. Tests zur Reaktionsschnelligkeit dienen dem Nachweis der Richtigkeit SCHAPERS und LETZELTERS (1995, 364) Theorie von der Unabhängigkeit zwischen Reaktionszeit und Bewegungsgeschwindigkeit. Schnellkraft- und Maximalkrafttests dienen der Überprüfung des Kräfteinflusses auf die Schnellkeitsleistung und so der Überprüfung der Theorie von DASSEL/HAAG (1987, 14-16) einer eher kraftbegründeten Entstehung von Schnelligkeit. Ob Schnelligkeit ein Produkt koordinativer und technischer Leistungen ist, sollen die Ergebnisse aus den Koordinations- und Techniktests zeigen.

Als schnelligkeitsrelevante Bezugsdisziplinen wurden im konkreten Fall der 30 m-Sprint nach fliegender Start und der 60 m-Sprint verwendet. Bemerkenswert ist jedoch an dieser Stelle, dass verschiedene Auffassungen über die Zweckmäßigkeit dieser Laufstrecken bestehen. GÄRTNER (1968) zum Beispiel betrachtet die 60 m als geeignete Sprintstrecke, da sie „hinsichtlich der vielseitigen Laufausbildung“ geeigneter als eine kürzere Strecke ist. MATTAUSCH (1974) hingegen vertritt die Auffassung, der 30 m-Sprint

aus dem Hochstart sei geeigneter, da der 60-m-Lauf die Sprintschnelligkeit nicht eindeutig widerspiegelt, „sondern stärker zur Schnelligkeitsausdauer tendiert“. Dabei verweist MATTAUSCH auf die Argumentation von LENZ (1968) und sowjetischen Autoren, die ebenfalls den 30 m-Lauf bevorzugen. Lenz ermittelte einen sehr engen Zusammenhang zwischen 30 m und 60 m Laufzeit, der auch aus den vorliegenden Untersuchungsergebnissen deutlich wurde und somit bestätigt werden kann.

Die gewonnenen Ergebnisse der koordinativ determinierten Tests werden zu den gemessenen Schnelligkeitsleistungen des 30 m- und 60 m-Laufs in korrelative Beziehung gesetzt. Um einen Einblick über die Wirkung der verschiedenen Einflussfaktoren in den Phasen des Sprintlaufs zu erhalten, erfolgt alle 10 m des Sprintlaufs eine Zeitmessung. Die Bestimmung der 10 m Teilleistungen ermöglicht es, in verschiedenen Phasen den Geschwindigkeitsverlauf zu ermitteln und in Streckenlängen einzuteilen. Die für den Sprintlauf typischen Phasen einer positiven Beschleunigung, einer relativ konstanten Geschwindigkeit und einer negativen Beschleunigung werden alters- und geschlechtsspezifisch, sowie sportartenrelevant erfasst. Die Messungen der Teilleistungen erfolgen mittels feststehender Lichtschranken, einem festen Testsystem mit objektivem Messverhalten.

6.4 Gütekriterien / Gültigkeit der angewandten Tests

Die in der empirischen Analyse eingesetzten Tests der Schnelligkeit und der Schnelligkeitsausdauer erfüllen die wissenschaftlichen Haupt- und Nebengütekriterien. Einen Nachweis über die Gültigkeit der verwendeten Tests gibt die nachfolgende zusammenfassende Tabelle 9 nach HOHMANN; DIERKS; LÜHNENSCHLOß u. a. (1999). In der Tabelle wurde eine Unterscheidung von verschiedenen Hauptgruppen von Testkoeffizienten vorgenommen: den Binnenkriterien, den elementaren Schnelligkeitsfähigkeiten und den komplexen Schnelligkeitsfähigkeiten, der Körperkoordination, Technik, Taktik und der Maximal- und Explosivkraft.

Um von einer Signifikanz zu sprechen wird ein Koeffizienzwert von ca. 0,700 gefordert (vgl. WILLIMCZIK 1999, 75). Für die Binnenkriterien ergab sich mit 127 Probanden beim 30 m-Dribbling ein Gesamtwert von $r_{tt} = 0,624$ und beim 30 m-Slalomdribbling ein Gesamtwert von $r_{tt} = 0,831$. Der Wert des „einfachen“ Dribblings liegt also unter dem

geforderten Wert. Ebenfalls im geforderten Bereich liegt bei 150 Probanden und einem Gesamtwert von $r_{tt} = 0,849$ der Handball-Komplextest unter Zeit-, Präzisions- und Komplexitätsdruck.

Die elementaren Schnelligkeitsfähigkeiten werden mittels Armstütz, Beinstütz, Beintapping und der einfachen Reaktionsschnelligkeit charakterisiert. Mit Probandenzahlen von 95/113/142 werden Koeffizienten von $r_{tt} = 0,705$, $r_{tt} = 0,723$ und $r_{tt} = 0,736$ ermittelt. Diese kennzeichnen in jedem Fall einen mittleren Zusammenhang. Eine Objektivität/Reliabilität für die einfache Reaktionsschnelligkeit wurde nicht quantifiziert, da bei einer automatischen Testanordnung und Messung die Objektivität vorausgesetzt werden kann.

Die Testkoeffizienten für komplexe Schnelligkeitsfähigkeiten sind durch die Sprungkraftmessung (vertikal, horizontal-beidbeinig und horizontal-einbeinig), die Wurfkraftmessung, die Sprintkraftmessung, die Sprintschnelligkeit und die komplexe Reaktionsschnelligkeit gegeben. Sprintkraft-, Sprintschnelligkeits- und die komplexe Reaktionsschnelligkeitsmessung erfolgen automatisch und müssen nicht separat quantifiziert werden. Für die einzelnen Formen der Sprungkraft standen insgesamt jeweils 132/142/142/142 Probanden zur Verfügung, so dass Koeffizienten von $r_{tt} = 0,925$, $r_{tt} = 0,922$ und $r_{tt} = 0,890$ und $r_{tt} = 0,844$ ermittelt werden konnten, welche ebenfalls über dem geforderten Wert von 0,700 liegen. Die Wurfkraft erhält bei 157 Probanden einen Koeffizienten von $r_{tt} = 0,943$ und kennzeichnet einen Zusammenhang. Körperkoordination, Technik und Taktik erfahren ihre Charakterisierung mittels des Wiener Koordinationstests. Insgesamt 146 Probanden ließen eine Koeffizientenberechnung von $r_{tt} = 0,812$ zu. Für Arme und Beine wurde die isometrische Maximalkraft bei 75 bzw. 57 aufgenommen. Auf der Grundlage konnten für die Tests Koeffizienten von $r_{tt} = 0,977$ und $r_{tt} = 0,950$ berechnet werden, welche der Forderung von mindestens 0,700 entsprechen. Bei der Explosivkraft fand die Koeffizientenberechnung für Arme und Beine an 37 und 41 Probanden statt, jedoch konnte der geforderte Mindestwert nur bei den Beinen mit $r_{tt} = 0,931$ ermittelt werden, bei den Armen betrug der Wert nur $r_{tt} = 0,498$ und genügt nicht den Anforderungen.

Tab. 9. Objektivität/Reliabilität und Kriterien der Validität der Tests zur Prüfung der Schnelligkeitsfähigkeiten (nach HOHMANN; DIERKS; LÜHNENSCHLOß u. a. 1999).

Testkoeffizienten	Objektivität/Reliabilität (Gruppe (N); r_{tt})	Kriterienbezogene Validität Konstruktvalidität (Gruppe (n); r_{tc})
Binnenkriterien		
Komplexe Bewegungsschnelligkeit <u>ohne</u> Entscheidungsanforderung	Total (127): .624 Ju. (76): .488 Mä. (51): .826	Ju. (80): -.674 Mä. (61): -.574
30 m-Dribbling		
30 m-Slalomdribbling	Total (127): .831 Ju. (76): .789 Mä. (51): .835	Ju. (80): -.582 Mä. (61): -.595
Komplexe Bewegungsschnelligkeit <u>mit begrenzter</u> Entscheidungsanforderung Handball-Komplextest unter Zeit-, Präzisions- und Komplexitätsdruck	Total (150): .849 Ju. (88): .813 Mä. (62): .866	Ju. (87): -.550 Mä. (62): -.648
Elementare Schnelligkeitsfähigkeiten		
Armstütz (reaktiver Liegestütz)	Total (95): .705 Ju. (50): .708 Mä. (45): .671	Ju. (53): -.298 Mä. (53): -.507
Beinstütz (Niedersprungtest)	Total (113): .723 Ju. (63): .649 Mä. (50): .804	Ju. (61): -.128 Mä. (50): -.353
Beintapping (Fußtapping im Sitzen)	Total (142): .736 Ju. (81): .782 Mä. (61): .609	Ju. (74): .062 Mä. (58): .254
Einfache Reaktionsschnelligkeit (optische Signalreaktion)	nicht quantifiziert	Ju. (71): -.000 Mä. (54): -.290
Komplexe Schnelligkeitsfähigkeiten		
Sprungkraft – vertikal (Standhochsprung)	Total (132): .925 Ju. (79): .932 Mä. (53): .816	Ju. (74): .488 Mä. (50): .281
Sprungkraft – horizontal (Schlussprung – beidbeinig)	Total (142): .922 Ju. (82): .901 Mä. (60): .893	Ju. (80): .685 Mä. (60): .407
Sprungkraft – horizontal (Schlussprung einbeinig/rechts)	Total (142): .890 Ju. (82): .853 Mä. (60): .873	Ju. (80): .640 Mä. (60): .513
Sprungkraft – horizontal (Schlussprung einbeinig/links)	Total (142): .844 Ju. (82): .882 Mä. (60): .709	Ju. (80): .608 Mä. (60): .493
Wurfkraft (Handballweitwurf)	Total (157): .943 Ju. (90): .926 Mä. (67): .908	Ju. (80): .751 Mä. (62): .793
Sprintkraft (30 m-Start)	nicht quantifiziert	Ju. (80): -.637 Mä. (63): -.425
Sprintschnelligkeit (30 m–Sprint fliegend)	nicht quantifiziert	Ju. (80): -.624 Mä. (63): -.649

Komplexe Reaktionsschnelligkeit (Blockzeit beim 30 m-Start)	nicht quantifiziert	Ju. (73): .194 Mä. (57): .129
Körperkoordination, Technik, Taktik		
Körperkoordination (Wiener Koordinationstest)	Total (146): .812 Ju. (87): .788 Mä. (59): .821	Ju. (80): -.554 Mä. (60): -.208
Weitsprungtechnik		
Maximal- und Explosivkraft		
Isometrische Maximalkraft – Arme (MVC beim Bankdrücken)	Total (75): .977 Ju. (47): .990 Mä. (28): .949	Ju. (55): .684 Mä. (32): .744
Explosivkraft der Arme (Kraftanstiegsgradient in der MVC)	Total (37): .498 Ju. (20): .463 Mä. (17): .899	Ju. (53): .323 Mä. (32): .075
Isometrische Maximalkraft – Beine (MVC beim Beinpressen)	Total (57): .950 Ju. (34): .941 Mä. (22): .972	Ju. (44): .451 Mä. (22): .482
Explosivkraft der Beine (Kraftanstiegsgradient in der MVC)	Total (41): .931 Ju. (21): .947 Mä. (20): .846	Ju. (43): .366 Mä. (25): .214
Körperbau		
Körperhöhe	nicht quantifiziert	Ju. (83): .349 Mä. (64): .682
Körpergewicht	nicht quantifiziert	Ju. (83): .762 Mä. (64): .753
Spannweite	nicht quantifiziert	Ju. (82): .735 Mä. (64): .628
Handgröße	nicht quantifiziert	Ju. (82): .370 Mä. (63): .223
Beweglichkeit		
Schulterbeweglichkeit (Ausschultern)	nicht quantifiziert	Ju. (81): -.137 Mä. (62): -.010

6.5 Methodenkritik

Die besondere Rolle der Schnelligkeitsausdauer blieb im eigentlichen Forschungsprojekt unberücksichtigt, stellte sich jedoch bei der Aufbereitung der ermittelten Daten zur elementaren und komplexen Schnelligkeit als maßgebliche Problemstellung heraus. Kurzfristig wurde reagiert und die Pilotstudie ergänzend mit herangezogen. Die vor allem koordinativ determinierten Schnelligkeitsleistungen wurden im Rahmen einer Pilotstudie mit 22 Sportstudenten der Otto-von-Guericke-Universität durchgeführt. Diese Studenten sind ehemalige Schüler des Sportschulkomplexes, die in die Langzeitstudie einbezogen waren und später ein Sportstudium aufnahmen. Die Ergebnisinterpretation erfolgt unter dem Entwicklungsaspekt, jedoch blieb die alters- und geschlechtsspezifische

sche Vergleichbarkeit des Zustandes und des Stellenwertes der Dimension – Schnelligkeitsausdauer unberücksichtigt. Um die Aussagekraft der Erkenntnisse zur Schnelligkeitsausdauer und ihrer Stellung zur Schnelligkeit zu bestätigen sind weitere ausführliche Untersuchungen notwendig. Die Pilotstudie erhebt lediglich den Anspruch einer Einstiegsuntersuchung in ein explizit zu behandelndes Forschungsgebiet.

7 Datenerhebung / Datenbearbeitung

7.1 Datenerhebung

Das Promotionsvorhaben ist Bestandteil des Forschungsprojekts „Schnelligkeit im Nachwuchsleistungssport – Zur Bedeutung ausgewählter Schnelligkeitskomponenten als frühe Talentkriterien und später leistungsbestimmende Merkmale in den Sportarten Schwimmen, Leichtathletik und Handball (VF 0407/05/05/97). Mit der Thematik: *Die Betrachtung der Schnelligkeit im Kontext der konditionellen Fähigkeiten und die Notwendigkeit einer neuartigen Sichtweise - ein Modellansatz zur Strukturierung der Schnelligkeit*, werden Teilzielsetzungen des komplexen Projektes aufbereitet, die sich vor allem auf die Schnelligkeit und die Schnelligkeitsausdauerleistungen bei zyklischen Bewegungen reduzieren. Trotz der thematischen Einschränkung werden kennzeichnende Schnelligkeits- und Schnelligkeitsausdauermerkmale empirisch analysiert. Als Probanden zur Ermittlung der Leistungsmerkmale wurden alle Mädchen und Jungen des Sportschulkomplexes Magdeburg in den entsprechenden Klassenstufen sowie eine vergleichbare Anzahl leistungssporttreibender Schüler aus nicht-sportbetonten Schulen im Raum Magdeburg in die Untersuchung involviert, die alters-, sportart- und geschlechtsbezogen ausgewogen verteilt wurden. Am Sportgymnasium nahmen in den einzelnen Klassenstufen aus den drei und an der Sport-Haupt- und Realschule aus einer Schulklasse ca. 30 Schülern als Probanden an den Tests teil. Insgesamt wurden 604 SchülerInnen in die Analyse einbezogen. Zur Erfassung der Merkmale der Schnelligkeitsausdauer und der Schnelligkeit wurden SportlerInnen aus den Sportarten Schwimmen, Leichtathletik und Handball integriert, deren Anzahl jedoch innerhalb der Erhebungswellen schwankte. Unter Angabe der minimalen und der maximalen Teilnehmerzahl wurden 13 – 57 LeichtathletInnen, 22 - 34 HandballerInnen und 54 SchwimmerInnen des Sportgymnasiums in die Tests einbezogen. In der Realschule

setzen sich die PorbandInnen aus 6 - 10 LeichtathletInnen, 5 – 8 HandballerInnen sowie 10 – 20 SportlerInnen aus weiteren Sportarten zusammen.

Bei mehreren Merkmalen ist der Einsatz von mehrdimensionalen Tests oder Testsystemen erforderlich. Für die insgesamt sechsjährige Gesamtdauer der Untersuchung soll das Wirkgefüge zwischen den Teilkomponenten der sportlichen Schnelligkeit und der Bezug zur Leistungszielsetzung des Besuchs des Sportschulkomplexes untersucht werden. Die Datenerhebungen erfolgen mittels eines sequentiellen Untersuchungsdesigns, wobei in Anlehnung an SINGER/BÖS (1994, 25) eine echte Längsschnittanalyse über einen sechsjährigen Zeitraum mit einem querschnittlichen Kohortenvergleich kombiniert wird. Die forschungsmethodische Vorgehensweise ermöglicht es, die aktuelle Struktur der Schnelligkeit und der Schnelligkeitsausdauer zu erfassen und ihre Entwicklungstendenzen darzustellen. In insgesamt drei Wellen fanden die Datenerhebungen in den Jahren 1997/1998, 1999/2000 und 2001/2002 statt (vgl. Abb. 17).

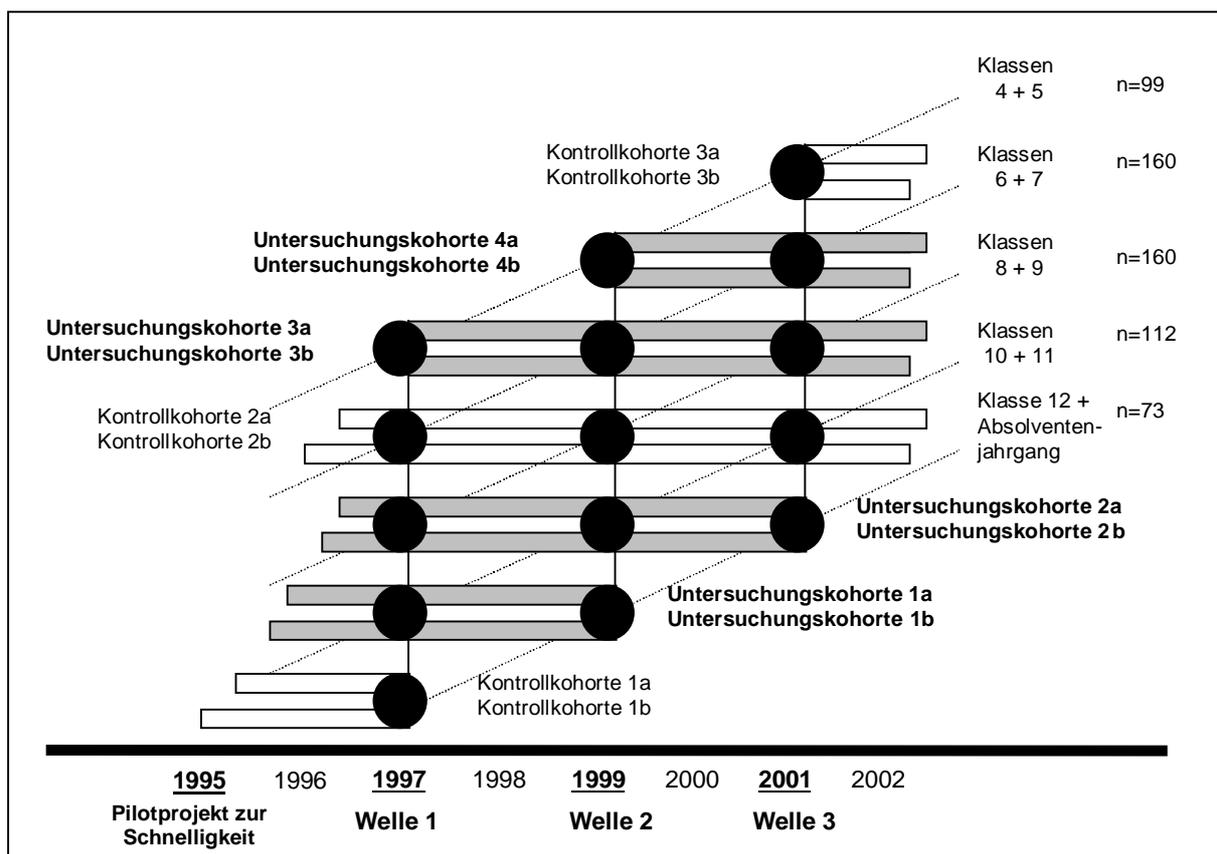


Abb. 17. Untersuchungsdesign: Differenzierter Sequenzplan mit einer Kombination von quer- und längsschnittlichen Analysen zur Erfassung von Alters-, Kohorten- und Schuleinflüssen (vgl. Hohmann 1999, 83)

Der Längsschnittanalyse wurde eine Pilotstudie mit dem Ziel vorangestellt, zunächst die hypothetisch angenommenen Merkmale für Schnelligkeit und Schnelligkeitsausdauer zu überprüfen und die Testadäquatheit mit Hilfe der Gütekriterien der Leistungstests zu ermitteln. Mit der Längsschnittanalyse wird der Entwicklungsverlauf der Erscheinungen der elementaren und der komplexen Schnelligkeit erfasst. Für eine querschnittliche Analyse wurden die in der ersten Untersuchungswelle 1997 erhobenen Daten verwendet. Dabei wurden lediglich die für dieses Promotionsvorhaben relevanten Daten zur Erfassung der Schnelligkeit und der Schnelligkeitsausdauer in die querschnittliche Analyse einbezogen.

Dieser Analyse folgt eine Pilotstudie zur Wirkung der Schnelligkeitsausdauer und dem Zeitpunkt des Einsetzens bei Schnelligkeitsleistungen. Die längsschnittliche Analyse erfolgt innerhalb der Untersuchungsgruppen:

Untersuchungskohorte 1: Gruppenzusammensetzung aus 15 – 16-jährigen Schülerinnen der Klassen 10/11 der sportbetonten (1a) und der nicht-sport-betonten Schulen (1b) - (Anzahl der Probanden: n = 112)

Untersuchungskohorte 2: Gruppenzusammensetzung aus 13 – 14-jährigen Schülerinnen der Klassen 8/9 der sportbetonten Schulen (2a) und der nicht-sport-betonten Schulen (2b) - (Anzahl der Probanden: n = 160)

Untersuchungskohorte 3: Gruppenzusammensetzung aus 9 – 10-jährigen SchülerInnen der Vorlaufklasse 4 der Grundschulen und der Eingangsklasse 5 der sportbetonten (3a) Schulen und der nicht-sport-betonten Schulen (3b) - (Anzahl der Probanden: n = 99)

Untersuchungskohorte 4: (2. Untersuchungswelle) Gruppenzusammensetzung aus 9-10jährigen SchülerInnen der Vorlaufklasse 4 der Grundschulen und der Eingangsklasse 5 der sportbetonten (4a) Schulen und der nicht-sport-betonten Schulen (4b) - (Anzahl der Probanden: n = 99)

Kontrollkohorte 1: Gruppenszusammensetzung aus 17 – 18-jährigen SchülerInnen der Abiturklasse 12 und AbsolventInnen des Vorjahres der sportbetonten (1a) und der nicht-sport-betonten Schulen (1b) - (Anzahl der Probanden: n=73)

Kontrollkohorte 2: Gruppenszusammensetzung aus 11 – 12-jährigen SchülerInnen der Klassen 6/7 der sportbetonten (2a) und der nicht-sport-betonten Schulen (2b); Es liegt weder die Ausgangssituation des Schuleintritts noch die Zielsituation des Schulabschlusses vor. - (Anzahl der Probanden: n = 160)

Kontrollkohorte 3: Gruppenszusammensetzung aus 9 – 10-jährigen SchülerInnen der Vorlaufklasse 4 der Grundschulen und der Eingangsklasse 5 der sportbetonten (3a) und der nicht-sport-betonten Schulen (3b) - (Anzahl der Probanden: n = 99)

Für das Teilprojekt zur Charakterisierung der Schnelligkeitsausdauer bei Schnelligkeitsleistungen wurden die relevanten Testergebnisse aus der Untersuchungswelle von 1997 zur sportlicher Leistungsstärke und Trainingsstruktur, und die Kohorten 1,2 und 3 herangezogen. Aus der längsschnittlichen Untersuchung des Entwicklungsverlaufs innerhalb der drei nach dem Schultyp unterteilten Altersgruppen soll die langfristige Veränderung der Einflusshöhe von Teilkomponenten auf die Schnelligkeitsleistung untersucht werden.

Mittels dreier Untersuchungswellen erfolgte eine querschnittliche Analyse im zweijährigen Abstand 1997/1998, 1999/2000 und 2001/2002. In der querschnittlichen Analyse soll die Wertigkeit der Merkmale innerhalb der Struktur der sportlichen Schnelligkeit der einzelnen Schülerjahrgänge untersucht werden. Es wird angenommen, dass sich der Ausdaueranteil als primär für die Schnelligkeit herauskristallisiert und so der bisher untergeordneten Rolle der Schnelligkeitsausdauer bei Schnelligkeitsleistungen mehr Beachtung geschenkt werden muss. Um diesen Sachverhalt zu untermauern, erfolgt eine Pilotstudie zur Charakterisierung der Rolle der Schnelligkeitsausdauer und der Bestimmung des zeitlichen Einsetzens bei einer zyklischen Bewegung.

7.1.1 Testbeschreibung

Im Folgenden werden vorrangig sportmotorische Schnelligkeitstests angeführt, deren Praktikabilität sich in der sportlichen Trainingspraxis bewährt hat (vgl. Tab. 10.).

Tab. 10. Überblick über die verwendeten quantitativen Analyseverfahren, dem zugehörigen Messanspruch und dem Anwendungsbereich (vgl. Hohmann u. a. 1999)

Testbezeichnung	Messanspruch	Anwendungsbereich
Elementare Schnelligkeit:		
Tappingtest	Frequenzschnelligkeit	Übergreifend
Skippingtest	Frequenzschnelligkeit	LA, Sportspiele
Fallstabtest	Reaktionszeitmessung	Übergreifend
Einfache Reaktionsleistung		
Komplexe Reaktionsleistung		
Komplexe Schnelligkeit:	Komplexe Geschwindigkeitsleistung	Übergreifend
20 m-Lauf Hochstart	Beschleunigung	LA, Sportspiele
30 m-Lauf Hochstart		
20 m-Lauf fliegend	Maximale Schnelligkeitsleistung	LA, Fu, Ho
30 m-Lauf fliegend		
100 m-Lauf	Komplexe Schnelligkeit: Beschleunigung, max. Schnelligkeit, Schnelligkeitsausdauer	LA, Sportspiele,
200 m-Lauf	Komplexe Schnelligkeit: Beschleunigung, max. Schnelligkeit, Schnelligkeitsausdauer	LA
300 m-Lauf	Komplexe Schnelligkeit, Schnelligkeitsausdauer	LA
4 x 30 m-Pendesprint	Beschleunigung	Übergreifend
4 x 100 m-Pendellauf	Komplexe Schnelligkeit, Schnelligkeitsausdauer	
Sprungkrafttests	Schnellkraft (Sprungkraft)	
Einbeinsprung links	Schnellkraft / Sprungkraft / Abdruckkraft / Fußstreckkraft	
Einbeinsprung rechts		
Dreierhop links		
Dreierhop rechts		
10er Sprunglauf		
Wurfkrafttest	Wurfkraft	

Diese Tests erfragen über wissenschaftlich begründete Untersuchungs- und Kontrollmethoden Indikatoren für sportmotorische Fähigkeiten und Fertigkeiten. Durch die sportmotorischen Schnelligkeitstests werden Rückschlüsse auf den aktuellen Trainings- und Wettkampfstadium möglich. Sie erfassen außerdem die Entwicklung von Schnelligkeitsleistungen und von Adaptationen infolge von Trainingsbelastungen. Ebenfalls erfolgt eine Protokollierung der Trainingsinhalte und -umfänge und verschiedener Wettkampfleistungen in den einzelnen Jahrgängen.

Die Erfassung der elementaren und komplexen Schnelligkeitsvoraussetzungen erfolgt dabei über die Kontrolle der sichtbaren Organfunktionen (Muskelkraft, Koordinationsleistung über optische und akustische Analysatoren, Frequenzmessungen, Abfallprodukte bei der Energiegewinnung) und über die Kontrolle des sichtbaren Bewegungsablaufs (Geschwindigkeitsermittlungen, Technikanalysen - Präzision der Technik, Bewegungskoordination, komplexe Bewegungsanalysen).

Zur Erfassung der koordinativ und konditionell determinierten Schnelligkeitsmerkmale wurden Tests bezüglich: -Einfachreaktion, Beintapping, Armtapping, Skipping, Wandstütz, Dribbling, Slalomdribbling, Schlusssprung, Handballweitwurf, Sprint, Koordinationsstest, Bankdrücken und Beinpressen eingesetzt, die im Folgenden beschrieben werden.

koordinativ determinierte Schnelligkeitsmerkmale

Test 1:

elementare Schnelligkeit:

optische Reaktionsfähigkeit/Schnelligkeitsausdauer

Testgegenstand: *Einfachreaktion*

Testziel: Reaktionszeitbestimmung mittels Wiener Reaktionsgerät
Messung der motorischen Zeit zur Bestimmung der Schnelligkeitsausdauer

Testaufbau: Der Proband sitzt an einem Tisch, auf dem sich vor ihm das Wiener Reaktionsgerät befindet. Am Gerät erfolgt 1 min lang die Ausgabe optischer Reize ($n = 10$) über eine Tafel mit einer roten und einer gelben Lampe (Lichtwellen bei 635 bzw. 585 nm) in ungleichen Abständen. Zusätzlich ist auf der Tafel ein Tongenerator angebracht

(Frequenz ca. 2400 Hz), der jedoch bei dieser Datenerhebung nicht zur Anwendung kommt. Unterhalb der Lampen befindet sich eine Drucktaste zur Reaktionseingabe und darunter eine kontaktbewegungslose Berührungstaste (Ruhetaste nach MÖDLING 1994), zu der die Hand nach jeder Aktion zurückgeführt wird. Der Testablauf ist computergestützt und wird durch das Testvorgabeprogramm gesteuert.

Messung: 1. Motorische Zeit (Zeitspanne vom Verlassen der Ruhetaste bis zum Kontakt mit der Drucktaste)
2. Reaktionszeit (Zeitspanne vom Beginn des gegebenen Reizes bis zum Kontakt mit der Drucktaste)

Testanweisung: Jeder Proband (Pb) hat einen Versuch. Während des Versuchs werden dem Pb in 1 min zehn optische Signale in ungleichen Zeitabständen dargeboten. Der Pb muss bei Eintreten eines Signals schnellstmöglich die Drucktaste betätigen und danach mit der Hand wieder zur Ruhetaste zurückkehren.

Test 2:

elementare Schnelligkeit:

Frequenz der Bewegung/Schnelligkeitsausdauer

Testgegenstand: *Beintapping sitzend*

Testziel: Bestimmung des Verlaufs der zyklischen Frequenzschnelligkeit der unteren Extremitäten
Bestimmung des Zeitpunktes des Einsetzens und des Verlaufs der Schnelligkeitsausdauer

Testaufbau: An dem computergestützten Testablauf (PC-Software Metior-Interface-Kontaktmatte) hat jeder Proband eine begrenzte Anzahl von zwei Versuchen. Für die Versuche sitzt der Proband auf einem Hocker, die Füße stehen auf einer Kontaktmatte. Der Proband muss nun in einem festgelegten Zeitintervall eine maximale Anzahl von Kontakten mit seinen Füßen auf der Testmatte absolvieren.

Messung: Für die Zeitintervalle von 6 s, 20 s, 28 s, 49 s (Vorlaufzeit 0,5 s) wird die zyklische Frequenzschnelligkeit mittels der Metior-Kontaktmatte

ohne und mit Vorbelastung gemessen. Die Vorbelastung wird durch 20 Hock-Streck-Sprünge erreicht.

Testanweisung: Die Unterschenkel sind frei beweglich, die Gelenke in Hüfte, Knie und Füßen haben einen Winkel von jeweils 90° und schlagen wechselseitig auf die Kontaktmatte auf. Die Versuchsperson kann sich während des Tests am Mattenrand festhalten.

Test 3:

elementare Schnelligkeit:

Frequenz der Bewegung/Schnelligkeitsausdauer

Testgegenstand: *Armtapping liegend*

Testziel: Bestimmung der zyklischen Frequenzschnelligkeit der oberen Extremitäten

Bestimmung des Zeitpunktes des Einsetzens und des Verlaufs der Schnelligkeitsausdauer

Testaufbau: An dem computergestützten Testablauf (PC-Software Metior-Interface-Kontaktmatte) hat jeder Proband eine begrenzte Anzahl von drei Versuchen. Für die Versuche liegt der Proband auf zwei Hockern, die Arme ragen darüber hinaus und die Hände ruhen auf einer Kontaktmatte. Der Proband muss nun in einem festgelegten Zeitintervall eine maximale Anzahl von Kontakten mit seinen Händen auf der Testmatte absolvieren.

Messung: Für das Zeitintervall von 6 s (Vorlaufzeit 0,5 s) wird die zyklische Frequenzschnelligkeit mittels der Metior-Kontaktmatte gemessen.

Testanweisung: Proband befindet sich in Bauchlage erhöht auf zwei Hockern. Der Schultergürtel ist frei beweglich, horizontal zur Kontaktmatte. Unterarm und Oberarm befinden sich im 90° Winkel. Die Fäuste werden geballt und wechselseitig auf die Kontaktmatte geschlagen. Der Proband wird fest gehalten.

Test 4:

elementare Schnelligkeit

Frequenz der Bewegung/Schnelligkeitsausdauer

Testgegenstand: *Skipping*

Testziel:	Bestimmung der zyklischen Frequenzschnelligkeit der unteren Extremitäten Bestimmung des Zeitpunktes des Einsetzens und des Verlaufs der Schnelligkeitsausdauer
Testaufbau:	Der Proband steht zwischen zwei Ständern, zwischen denen ein Seil in Höhe eines 90° Kniehubs (zum Oberkörper) angebracht ist. Der Proband muss nun in einem festgelegten Zeitintervall eine maximale Anzahl von Kniehüben bis an das gespannte Seil absolvieren.
Messung:	Für das Zeitintervall von 30 s wird die zyklische Frequenzschnelligkeit mittels Auszählung der Kniehübe durch einen Versuchsleiter gemessen.
Testanweisung:	Proband steht zwischen den Ständern. Gültig sind nur die Kniehübe, die an dem gespannten Seil anschlagen und im 90° Winkel erfolgen.

Test 5:

komplexe Schnelligkeit

reaktive Schnellkraft (Dehnungs-Verkürzungszyklus)/Schnellkraftausdauer

Testgegenstand:	reaktiver Wandstütz
Testziel:	Bestimmung der azyklischen Sequenzschnelligkeit der oberen Extremitäten Bestimmung des Zeitpunktes des Einsetzens und des Verlaufs der Schnellkraftausdauer
Testaufbau:	Proband steht mit 90° (Schulterhöhe) vom Körper gestreckten Armen und Händen in einem standardisierten Abstand vor einer an der Wand angebrachten Kontaktmatte (Metior-Interface-Kontaktmatte). Jeder Proband hat eine begrenzte Anzahl von drei Versuchen, bei denen er sich an die Wand fallen lassen und von dort schnellstmöglich wieder abstoßen muss.
Messung:	Die Stützzeit für drei gültige Versuche wird computergestützt gemessen.
Testanweisung:	Aus der Ausgangsstellung lässt sich der Proband gegen die Wand fallen und drückt sich explosiv mit beiden Händen wieder ab.

Test 6:

komplexe Schnelligkeit

Beschleunigungsleistung/Schnelligkeitsausdauer

- Testgegenstand: *Sprintlauf 30 m aus dem Tiefstart*
- Testziel: Bestimmung des Verlaufs der Beschleunigung und der Schnelligkeitsausdauer der zyklischen Schnelligkeit
Bestimmung des Zeitpunktes des Einsetzens und des Verlaufs der Schnelligkeitsausdauer
- Testaufbau: Der Proband startet in einer Laufhalle in zwei Versuchen aus dem Startblock. Gelaufen wird auf der Tartanbahn innerhalb der standardisierten Bahnbreitenmarkierungen.
- Messung: Für eine Distanz von 30 m wird die zyklische Schnelligkeit mittels einer fest installierten Lichtschrankenmessung alle 10 m für den Tiefstart elektronisch gemessen. Die Abstände zwischen den Läufen betragen 30 s.
- Testanweisung: Proband steht im Startblock. Der Versuchsleiter hat darauf zu achten, dass die Lichtschranke messbereit ist und der Proband keinen Frühstart durchführt.

Test 7:

komplexe Schnelligkeit

Maximalschnelligkeit/Schnelligkeitsausdauer

- Testgegenstand: *Sprintlauf 30 m/60 m aus fliegendem Start*
- Testziel: Bestimmung des Verlaufs der maximalen zyklischen Schnelligkeit und der Schnelligkeitsausdauer
Bestimmung des Zeitpunktes des Einsetzens und des Verlaufs der Schnelligkeitsausdauer
- Testaufbau: Der Proband startet in einer Laufhalle in zwei Versuchen von einer markierten Startlinie. Gelaufen wird auf der Tartanbahn innerhalb der standardisierten Bahnbreitenmarkierungen.
- Messung: Für eine Distanz von 60 m wird die zyklische Schnelligkeit mittels einer fest installierten Lichtschrankenmessung alle 10 m für den fliegenden Start elektronisch gemessen. Die Abstände zwischen den Läufen betragen 30 s.

Testanweisung: Proband steht an der Startlinie. Der Versuchsleiter hat darauf zu achten, dass die Lichtschranke messbereit ist und der Proband nicht übertritt.

Test 8:

komplexe Schnelligkeit

azyklische Frequenzschnelligkeit/Schnelligkeitsausdauer

Testgegenstand: *Handballweitwurf*

Testziel: Bestimmung des Resultats der azyklischen Frequenzschnelligkeit der oberen Extremitäten in Form der maximalen Wurfweite
Bestimmung des Zeitpunktes des Einsetzens und des Verlaufs der Schnelligkeitsausdauer

Testaufbau: Der Proband steht in einer Sporthalle an der markierten Linie eines Hallenendes mit einem Handball. Die Frauen haben eine Ballgröße 2, die Männer eine Ballgröße 3. Der Ball ist in zwei Versuchen mit einer maximalen Kraft und Beschleunigung so weit wie möglich zu werfen. Die Würfe haben unmittelbar aufeinander zu erfolgen.

Messung: Mittels eines Maßbandes wird die Wurfweite durch den Versuchsleiter in zwei Versuchen gemessen.

Testanweisung: Proband steht an der Startlinie. Der Versuchsleiter hat darauf zu achten, dass der Proband nicht übertritt.

Test 9:

komplexe Schnelligkeit

Technik + Koordination/zyklische Frequenzschnelligkeit/Schnelligkeitsausdauer

Testgegenstand: *Dribbling*

Testziel: Bestimmung der komplexen zyklischen Frequenzschnelligkeit/komplexe motorische Fertigkeit
Bestimmung des Zeitpunktes des Einsetzens und des Verlaufs der Schnelligkeitsausdauer

Testaufbau: Der Proband steht in einer Sporthalle an einer markierten Linie mit einem Handball. Im Abstand von 30 m steht ein Wendestab, um den herum er in zwei Versuchen einen Ball mit maximaler Ge-

- schwindigkeit zur Ausgangslinie zurück dribbeln muss. Die Frauen haben eine Ballgröße 2, die Männer eine Ballgröße 3.
- Messung: Mittels Stoppuhr wird durch den Versuchsleiter die benötigte Zeit in zwei Versuchen gemessen.
- Testanweisung: Proband steht an der Startlinie. Der Versuchsleiter hat darauf zu achten, dass der Proband nicht übertritt und er selbst die Zeitmessung korrekt startet und beendet.

Test 10:

komplexe Schnelligkeit

Technik + Koordination/zyklische Frequenzschnelligkeit / Schnelligkeitsausdauer

Testgegenstand: *Slalomdribbling*

Testziel: Bestimmung der komplexen zyklischen Frequenzschnelligkeit/komplexe motorische Fertigkeit unter komplexen Bedingungen
Bestimmung des Zeitpunktes des Einsetzens und des Verlaufs der Schnelligkeitsausdauer

Testaufbau: Der Proband steht in einer Sporthalle an einer markierten Linie mit einem Handball. Es sind auf einer geraden Linie Slalomstangen aufgestellt. Im Abstand von 4 m steht eine erste Slalomstange, danach folgen drei weitere Stangen im Abstand von jeweils 2 m. Nach einem Freiraum von 10 m steht die nächste Stange. Ihr folgen drei weitere Stangen im Abstand von jeweils 2 m. Die Gesamtstrecke beträgt 30 m und wird durch einen Wendestab begrenzt. Die Probanden müssen in zwei Versuchen den Ball mit maximaler Geschwindigkeit um die Slalomstangen herum zum Wendestab und zurück dribbeln. Die Frauen haben eine Ballgröße 2, die Männer eine Ballgröße 3.

Messung: Mittels Stoppuhr wird durch den Versuchsleiter die benötigte Zeit in zwei Versuchen gemessen.

Testanweisung: Proband steht an der Startlinie. Der Versuchsleiter hat darauf zu achten, dass der Proband nicht übertritt, keine Stange auslöst oder umreißt und er selbst die Zeitmessung korrekt startet und beendet.

Test 11:

komplexe Schnelligkeit

Technik + Koordination/Schnelligkeitsausdauer

Testgegenstand: *Wiener Koordinationstest (Koordinationsparcours)*

Testziel: Messung der allgemeinen Koordinationsfähigkeit unter Zeitdruck, (Gewandtheit) durch die Lösung von 8 Testaufgaben. Komplexität und Struktur der Bewegungsaufgaben fordert auch konditionelle Fähigkeiten.

Bestimmung des Zeitpunktes des Einsetzens und des Verlaufs der Schnelligkeitsausdauer

Testaufbau: Die Probanden haben in zwei Versuchen schnellstmöglich einen Parcours mit verschiedenen Aufgaben von einer Start zu einer Zielinie zu durchlaufen. Testaufgaben im Parcours sind: (1.)Rolle Rückwärts – Rolle Vorwärts, (2.)1/1 Drehung um Körperlängsachse, (3.)Langbank-Balancieren, (4.)Achterlauf um 2 Markierungen, (5.)Slalomrollen eines Medizinballes, (6.)Kreuzsprungkombination, (7.)Karreehüpfen, Hindernisklettern (Barren)

Messung: Jeder Proband durchläuft im Parcours die Stationen nacheinander abfolgend. Versuchsleiter misst per Stoppuhr die Zeit

Testanweisung: Gewertet wird die jeweils bessere Zeit aus zwei Wertungsdurchgängen.

konditionell determinierte Schnelligkeitsmerkmale

Test 12:

komplexe Schnelligkeit

komplexe Schnellkraft/Schnellkraftausdauer

Testgegenstand: *Schlussprung (Standweitsprung)*

Testziel: Bestimmung der Explosivkraft anhand der maximalen Sprungweite mit geschlossenen Beinen

Bestimmung des Zeitpunktes des Einsetzens und des Verlaufs der Schnellkraftausdauer

Testaufbau: Der Proband steht vor einer Markierung mit geschlossenen Beinen. In zwei Versuchen muss er mit beiden Armen Schwung nehmend

mit einer maximalen explosiven Körperstreckung nach vorn springen um eine größtmögliche Weite zu erzielen. Die Sprünge erfolgen unmittelbar nacheinander.

Messung: Durch einen Versuchsleiter wird am Landepunkt eine Markierung gesetzt, die Differenz zwischen beiden Markierungen gemessen und notiert.

Testanweisung: Proband darf nicht übertreten und muss beidbeinig abspringen.

Test 13:

komplexe Schnelligkeit

komplexe Schnellkraft/Beschleunigungsleistung/Schnellkraftausdauer

Testgegenstand: *Beinpressen*

Testziel: Bestimmung der Maximalkraft und Maximalkraftentwicklung der unteren Extremitäten
Bestimmung des Zeitpunktes des Einsetzens und des Verlaufs der Schnellkraftausdauer

Testaufbau: An dem computergestützten Testablauf (MVC) hat jeder Proband eine begrenzte Anzahl von zwei Versuchen. Der Proband sitzt auf einer Beinpressmaschine, die Winkel der unteren Extremitäten betragen jeweils 90° in Hüfte, Knie und Sprunggelenk. Die Fußplatte ist mittels eines elektronischen Kraftmessers festgestellt. In zwei Versuchen muss er explosiv im Oberschenkel eine maximale Kraft zur beabsichtigten Beinstreckung entfalten. Die Versuche erfolgen unmittelbar nacheinander.

Messung: In zwei Versuchen wird mittels des elektronischen Kraftmessers der Verlauf und die Höhe der Maximalkraftentwicklung gemessen.

Testanweisung: Proband sitzt aufrecht und kann sich während der Messung an der Sitzfläche festhalten.

Test 14:

komplexe Schnelligkeit

komplexe Schnellkraft/Beschleunigungsleistung/Schnellkraftausdauer

Testgegenstand: *Bankdrücken*

Testziel:	Bestimmung der Maximalkraft und Maximalkraftentwicklung der oberen Extremitäten Bestimmung des Zeitpunktes des Einsetzens und des Verlaufs der Schnellkraftausdauer
Testaufbau:	An dem computergestützten Testablauf (MVC) hat jeder Proband eine begrenzte Anzahl von zwei Versuchen. Der Proband liegt auf dem Rücken unter einer Bankdrückmaschine, die Winkel der oberen Extremitäten betragen jeweils 90° in Schulter und Ellenbogengelenk. Die Drückvorrichtung für die Hände ist mittels eines elektronischen Kraftmessers festgestellt. In zwei Versuchen muss er explosiv in den Armen (Oberkörper) eine maximale Kraft zur beabsichtigten Streckung entfalten. Die Versuche erfolgen unmittelbar nacheinander.
Messung:	In zwei Versuchen wird mittels des elektronischen Kraftmessers der Verlauf und die Höhe der Maximalkraftentwicklung gemessen.
Testanweisung:	Proband liegt wagerecht mit dem gesamten Rücken auf und die Füße sind während der Messung aufgestellt.

7.2 Datenbearbeitung

7.2.1 Querschnittanalyse

Die gewonnenen Daten besitzen metrischen Charakter d. h. die Untersuchungsgegenstände sind genau messbar und exakt in Zahlen auszudrücken und werden miteinander vergleichbar.

Um die wesentlichen leistungsbestimmenden Merkmale für den Vollzug der Schnelligkeit zu charakterisieren, ist es notwendig die Höhe des Einflusses/Zusammenhanges dieser Merkmale und den Schnelligkeitsleistungen herauszuarbeiten. Die Merkmale charakterisieren die gewonnenen Daten aus dem Wiener Testsystem, dem Handballweitwurf, den Zeiten am Startblock, dem Standweitsprung, dem Weitsprung, dem Arm- und Beinstütz, dem Standhochsprung, dem Beintapping, dem Skipping, dem einfachen (optischen) Reaktionstest und der Wettkampfleistung. Die Schnelligkeitsleistungen setzen sich aus Beschleunigungsleistungen und Maximalschnelligkeitsleistungen der gemessenen Zeiten des 30 m-Sprintlaufs mit Ablauf aus dem Tiefstart und des

30 m/60 m-Sprintlaufs nach fliegendem Start zusammen. Der Grad einer linearen Abhängigkeit zwischen den Schnellkeitsmerkmalen wird durch den Korrelationskoeffizienten angegeben. Korreliert wurde mittels Maßkorrelation nach PEARSON-BRAVIAS und Rangkorrelation nach KRUEGER-SPEARMAN (u. a. bei CLAUSS & EBENER 1989, 116ff.; CLAUSS & EBENER 1975, 124ff.). Die korrelativen Zusammenhänge bzw. Abhängigkeiten zwischen den Variablen unterliegen sogenannten bivariablen Verteilungen (CLAUSS/FINZE/PARTSCH 1995, 15). Alle Berechnungen erfolgten mittels SPSS für Windows Version 11e.

Um von einem „annehmbaren“ Zusammenhang zu sprechen, fordert z. B. Bös (2001, 548) einen Koeffizienten von 0.70 - 0.80. Ein Koeffizient von 0.80 - 0.90 würde einen sehr guten Zusammenhang und ein Wert über 0.90 einen ausgezeichneten Zusammenhang beschreiben. Bei der Interpretation eines linearen Zusammenhanges muss allerdings immer der Stichprobenumfang berücksichtigt werden. Da in einigen Klassenstufen unter sportartspezifischer Differenzierung eine geringe Probandenanzahl und dadurch bedingt ein geringer Stichprobenumfang zur Verfügung steht, wird abweichend von Bös' Forderung ein Koeffizient ab 0.6 - 0.7 festgelegt, um von einem annehmbaren Zusammenhang auszugehen. Liegt der ermittelte Korrelationskoeffizient unter diesem Wert, wird eine relative Eigenständigkeit des untersuchten Merkmals gegenüber der Schnellkeitsleistung angenommen.

In vielen Fällen reicht es jedoch nicht aus, einen Zusammenhang und dessen Größe festzustellen. Vielmehr interessiert nun die „funktionelle Art“ des Zusammenhanges. Der Zusammenhang wird mit der so genannten linearen Regression ermittelt. Die Regression (übersetzt – „Rückschritt zur Mitte“) erhielt ihren Namen von FRANCIS GALTON (1822-1911). Das Modell der Regression setzt normalverteilte, intervall-skalierte Daten voraus (LIENERT/RAATS 1998, 382). Die entsprechenden x- und y-Werte stellen sich in Form einer Punktwolke in einem Diagramm dar. (x) wird als frei wählbare, einstellbare, nicht zufällige Einflussgröße und y als davon und vom Zufall abhängige Zielgröße aufgefasst. Die Punktwolke wird als additive Überlagerung einer deterministischen (in Formeln erfassbaren) Beziehung durch zufällige Störungen interpretiert. Die deterministische Beziehung stellt sich als geeignete mittlere Kurve durch die Punktwolke dar. Die entstandene Kurve kennzeichnet die so bezeichnete Regressionsgerade. Der korrele

tive Zusammenhang zwischen den Messwerten wird um so größer, je enger sich die Punktwolke an die Regressionsgerade schmiegt.

Die in der Pilotstudie elektronisch ermittelten Bewegungsfrequenzen der Hand- und Fußtappingversuche wurden mittels der Umrechnung der Bewegungsfrequenzwerte in relative Bewegungsfrequenzwerte geglättet. Durch die graphische Darstellung der geglätteten Werte werden die Frequenzverläufe für die gemessenen Zeitabschnitte sichtbar und interpretierbar. Aus dem Verlauf sind dann Rückschlüsse über den Zeitpunkt des Einsetzens der Schnelligkeitsausdauer möglich.

7.2.2 Längsschnittanalyse

Die Längsschnittanalyse erfolgt auf der Grundlage eines Mittelwertvergleichs. Hierzu wurden die erfassten Schnelligkeitsmerkmale und Trainingsdaten einer alters- und geschlechtsspezifischen Mittelwertberechnung und deren anschließenden graphischen Darstellung zur Ermittlung des Entwicklungsverlaufs unterzogen. Der Gesamtstichprobenumfang und die Fluktuation innerhalb der Sportlerzusammensetzung der Schulklassen bedingten die Bestimmung der Mittelwerte und derer vergleichenden Betrachtung.

7.3 Fehlerbetrachtung

Die theoretischen Grundlagen eines jeden Tests sind als so genannte „Klassische Testtheorie“ (GULLIKSEN 1950) formuliert worden. GULLIKSEN geht von verschiedenen Axiomen aus. So spricht er von „beobachteten“ Testergebnissen X , „wahren“ Testergebnissen T und Messfehlern e . Aus diesen Größen leitet er u. A. die verschiedenen Aspekte der Reliabilität und die Methoden zur Ermittlung von Reliabilitätskoeffizienten ab. Die Genauigkeit oder auch Zuverlässigkeit, auch „Reliabilität eines Tests“ genannt, bezeichnet den Grad der Genauigkeit, mit dem er ein bestimmtes Persönlichkeits- oder Verhaltensmerkmal misst, gleichgültig, ob er dieses Merkmal auch zu messen beansprucht.

In seinem ersten Axiom vertritt GULLIKSEN die Auffassung, dass jedes Testergebnis mit einem zufälligen Messfehler behaftet sei. Die Summe aus Testergebnis und zufälligem Messfehler stellt den wahren Wert dar, den man bei einer absolut fehlerfreien Messung

erhalten würde. Der wahre Wert, der beobachtete Wert und der Fehler stehen in einfacher Beziehung zueinander.

Bei jeder – auch der physikalischen – Messung gibt es Fehlerquellen. Fehlerquellen spiegeln sich letztlich auch in der Gesamtvarianz wider und bilden den „Fehler“-Varianz-Anteil. Folglich setzt sich die Varianz der tatsächlich erhaltenen Rohwerte aus der „wahren“ Varianz und der „Fehler“-Varianz zusammen. Es bestehen verschiedene Quellen, die die Fehlervarianz bedingen. Die Quellen werden in zwei Gruppen von Fehlerquellen eingeteilt (Axiom 2 und 3). Als eine Quelle sei die Ungenauigkeit eines Tests genannt bzw. seine mangelnde Konsistenz (bezogen auf Homogenität der Aufgaben, Aufgabenreihung und die Eindeutigkeit der Aufgabenbewertung, d. h. die Auswertungsobjektivität). Die zweite Quelle stellt die Veränderlichkeit der Bedingungen der Testdurchführung dar, die Durchführungsbedingungen. Betroffen sind vor allem Fragen der Motivation, körperliches Befinden, Wiederholungs- und Erinnerungseinflüsse, situationsgebundene Umstände und nicht zuletzt die Veränderung des Testleiterverhaltens, welches die Durchführungsobjektivität darstellt. Die erste Quelle, die als Ungenauigkeit eines Tests bezeichnet und auch mangelnde Konsistenz genannt wird, umfasst die Homogenität der Aufgaben, die Aufgabenreihung und die Eindeutigkeit der Aufgabenbewertung, d. h. die Auswertungsobjektivität. Der Forderung nach Homogenität der Aufgaben wird durch die Verwendung gleicher Tests in gleicher Aufgabenreihung in den gesamten Testwellen Folge geleistet.

Es war angestrebt, bei jeder Testwelle die Tests durch die gleichen Versuchsleiter durchführen zu lassen um eine möglichst hohe Auswertungsobjektivität zu erzielen. Der Einsatz der jeweils gleichen Versuchsleiter in den Tests konnte nicht in jedem Fall realisiert werden. Als Testleiter wurden wissenschaftliche Mitarbeiter des Instituts und Sportstudenten eingesetzt. Durch ein Studienende unterlag der Einsatz der Versuchsleiter einer gewissen Fluktuation. Auch die Mess- und Ablesegenauigkeit unterlag subjektiven Einflüssen seitens des Versuchsleiters. Die subjektiven Einflüsse wurden jedoch versucht durch gleichbleibende Testleiter auf einem relativ konstante Niveau zu halten. Die Testdurchführung erfolgte in immer den selben Räumlichkeiten mit den gleichen Versuchsgeräten, so dass hier ein konstantes Umfeld vorlag.

Die zweite Gruppe der Fehlerquellen stellt sich in der Veränderlichkeit der Bedingungen der Testdurchführung dar. Die Motivation, das körperliche Befinden und die Stimmung der Probanden sind Faktoren, die einer großen Unabhängigkeit unterliegen. Sie sind durch den Versuchsleiter nur sehr gering bis gar nicht beeinflussbar. Wiederholungs- und Erinnerungseinflüsse können aufgrund der zeitlichen Abstände zwischen den Untersuchungen ausgeschlossen werden. Die Aufgaben sind zwar durch die vorangegangenen Tests bekannt, jedoch ist der Zeitraum zwischen den Tests zu groß, um von gravierenden Einflüssen zu sprechen. Das Testleiterverhalten unterliegt in seiner Motivation, Stimmung und seinem körperlichen Befinden gewissen Schwankungen. Diese 3 Faktoren spiegeln sich in ihrer Gesamtheit in der Durchführungsobjektivität wider.

Das Auftreten negativer Ergebnisse bei den Korrelations- und Regressionsberechnungen begründet sich durch das Vorhandensein indirekter linearer Zusammenhänge, kann jedoch auch dadurch zustande kommen, dass evtl. nicht alle Variablen vor den Berechnungen standardisiert wurden (JANSSEN/LAATZ 1999, 188, 376). Für die Standardisierung verwendet man in der Regel die Z-Transformation. Die Z-Transformation wird aufgrund der Vielzahl verschiedener Variablen und den damit verbundenen unterschiedlichen Messskalen notwendig. Hier sind die Rohdaten in vielen Fällen kaum vergleichbar oder aber man verwendet sie um die auf Ordinalskalenniveau gemessenen Daten auf Intervallskalenniveau zu heben. Eine Anwendung der klassischen Testtheorie sollte nicht ohne Plausibilitätsprüfung der impliziten Vorannahmen geschehen (vgl. BÖS/MECHLING 1983, 192f).

8 Darstellung der Ergebnisse

Das nachfolgende Kapitel zeigt die Ergebnisse der Längsschnitt- und der Querschnittuntersuchungen. Die in den Tests ermittelten Werte und die Resultate statistischer Berechnungen zur Wirkung verschiedener untersuchter Einflussfaktoren auf die Schnelligkeit und die Schnelligkeitsausdauer werden numerisch und graphisch dargestellt. Die Ergebnisse des Verfahrens der Regressionsanalyse dienen der Bestätigung der ermittelten Korrelationen und der Unterlegung des Einflusses der Kraft für Schnelligkeitsleistungen. Im Anschluss an die Querschnittsanalyse erfolgt die Darstellung der Ergebnisse der durchgeführten Pilotstudie Schnelligkeitsausdauer. Sie

sollen Aufschluss über den Zeitpunkt des Einsetzens von Schnelligkeitsausdauer bei Schnelligkeitsbewegungen geben.

8.1 Kennziffern der Trainingsbelastung

Das Training der Schüler der sportbetonten Schulen wird im Jahresverlauf in verschiedene Abschnitte eingeteilt. Diese Abschnitte setzen sich aus bis zu zwei Vorbereitungsperioden (VP) und ein bis zwei Wettkampfperioden (WP) zusammen. Das Verhältnis zwischen VP und WP gestaltet sich im Verlauf des Trainingsjahres in einem Verhältnis von ca. $\frac{2}{3}$ zu $\frac{1}{3}$.

Laut STARISCHKA (1988, 33-41) werden in der VP die für die jeweilige Sportart grundlegenden konditionellen, technomotorischen u. A. Voraussetzungen für hohe sportliche Leistungen und Trainingsbelastungen in der WP herausgebildet. Die VP ist durch einen sportlichen (körperlichen) Formaufbau, eine Erhöhung des Ausgangsniveaus leistungsbestimmender Faktoren und eine Erhöhung der Belastungsverträglichkeit gekennzeichnet. Für die Sportschüler der Klassen 5 - 13 gestalten sich altersspezifisch die Trainingsziele in den verschiedenen Perioden abweichend von dieser Charakterisierung. Die 5. - 7. Klasse stellt den Einstieg der Schüler in den Leistungsbereich dar. Die dort angesiedelte VP entspricht einer Ausbildung im Grundlagenbereich. Ab der 8. - 10. Klasse wird die VP spezialisierter auf die Herausbildung der Leistungsvoraussetzungen der jeweiligen Sportart/Disziplin und orientiert sich an der Wettkampfteilnahme. Dabei dient sie zur Herausbildung der allgemeinen Wettkampffähigkeit verbunden mit einem beginnenden Formaufbau. Ab der 11. Klasse nähert sich das Wesen der VP dem Charakter des Anschlußtrainings an das Hochleistungstraining an und ist vollständig auf den Leistungsaufbau und –erhalt in der jeweiligen Sportdisziplin spezialisiert.

Die Wettkampfperiode ist der Periodenzyklus in der die sportliche Form und die WK-Fähigkeit optimal ausgeprägt und relativ stabilisiert werden. STARISCHKA bezieht sich in seiner Charakterisierung nur auf den Hochleistungsbereich. Die WP der 5. - 7. Klasse ist in starkem Maße vom technischen Charakter und der Einführung in die WK-Taktik geprägt, beginnend mit einer disziplinspezifischen Ausrichtung der Ausbildung. Ab der

8. bis zur 13. Klasse besteht die WP aus der speziellen sportart und wettkampfspezifischen Ausprägung und Stabilisierung der sportlichen Form.

Der in dieser Untersuchung betrachtete Zyklus umfasst den Zeitraum von Oktober 1998 bis zum Juli 1999. Im Zyklus wurden diejenigen Trainingskennziffern erfasst, die laut Rahmentrainingsplan der Leichtathleten die allgemeinen Ausbildungsrichtlinien darstellen. Die Trainingsumfänge beinhalten reguläre sportstunden (3), Zusatzsportstunden (2) und das sportliche Training (3 - 6 Einheiten). Zeitliche Umfänge der Trainingskennziffern pro Woche, der VP und der WP eines Trainingsjahres für die Klassenstufen 5 – 13 basieren auf allgemeinen Traineraussagen und spiegeln die durchschnittlichen Belastungen der Schüler innerhalb des Zyklus der allgemeinen sportlichen Vorbereitung auf Wettkämpfe wieder (Abb. 18.). Bezüglich des Umfanges der Trainingseinheiten der WP und deren Gestaltung für die einzelnen Klassenstufen haben sich die Trainer allerdings bedeckt gehalten. Daher können nachfolgend nur die Gesamttrainingseinheiten der VP berücksichtigt werden.

Das Merkmal 'TE VP' (Trainingseinheiten) stellt den Gesamtumfang des wöchentlich geleisteten Trainings in der Vorbereitungsperiode in Minuten dar. 'Kon VP' und 'Kon WP' beinhalten das spezielle Training konditioneller Fähigkeiten der Vorbereitungsperiode bzw. der Wettkampfperiode. Beim allgemeinen Leichtathletiktraining – 'LA VP' und 'LA WP' handelt es sich um die Herausbildung allgemeiner konditioneller, koordinativer und technomotorischer Leistungsfaktoren in Vor- und Wettkampfperiode, die z. B. den verschiedenen leichtathletischen Laufdisziplinen gemein sind. Im Merkmal 'Dis VP' bzw. 'Dis WP' wird der Schwerpunkt des Trainings auf die Herausbildung der Leistungsvoraussetzungen der jeweiligen Sportart/-disziplin in der direkten Ausführung in der Vor- und Wettkampfperiode gelegt. So wird z. B. der Sprint mit maximalen Läufen über entsprechende Distanzen zwischen 30 m und 100 m trainiert. Dabei erfolgt u. A. die Herausbildung von maximaler Geschwindigkeit, Kraft, Schnelligkeitsausdauer, Bewegungsfrequenz und Koordination.

Die Trainingskennziffern schlüsseln sich wie folgt auf:

TE VP	=	Trainingseinheiten in der Vorbereitungsperiode
Kon VP	=	Konditionstraining in der Vorbereitungsperiode
Kon WP	=	Konditionstraining in der Wettkampfperiode

LA VP	=	Leichtathletiktraining allgemein in der Vorbereitungsperiode
LA WP	=	Leichtathletiktraining allgemein in der Wettkampfperiode
Dis VP	=	Disziplinspezifisches Training in der Vorbereitungsperiode
Dis WP	=	Disziplinspezifisches Training in der Wettkampfperiode

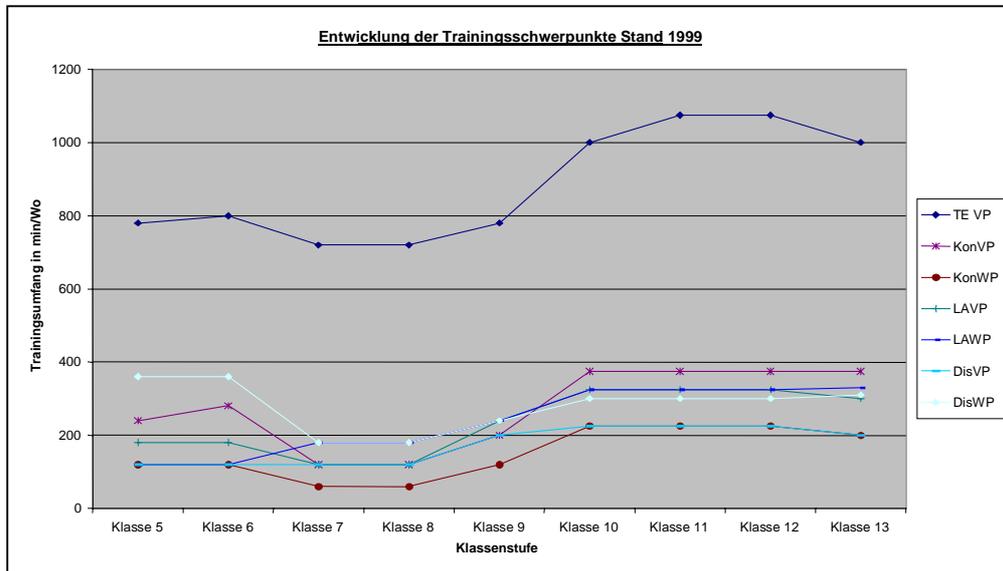


Abb. 18. Umfänge (wöchentlich) der Trainingsschwerpunkte in den einzelnen Klassenstufen

Vorbereitungsperiode

Trainingseinheiten insgesamt

In der Vorbereitungsperiode wird in den Klassenstufen nach folgenden zeitlichen Umfängen trainiert (Tab. 11.)

- Der zeitliche Umfang der Trainingseinheiten pro Woche steigert sich in der Vorbereitungsperiode von der 5. zur 6. Klasse um 20 min auf 800 min/Wo.
- Beim Übergang in die Klassenstufen 7 und 8 erfolgt in der VP eine Reduzierung des Gesamttrainingsumfangs um 80 min/Wo.
- Beim Übergang in Klassenstufe 9 erhöhen sich die einzelnen Trainingsumfänge um 60 min auf 780 min/Wo, bilden aber nur die Übergangsphase einer weiteren Umfangssteigerung zur Klassenstufe 10.
- In Klasse 10 wird die höchste Steigerung der Trainingsumfänge vollzogen, die 220 min/Wo beträgt. Die Schüler trainieren 1000 min/Wo.
- Die erreichten Trainingsumfänge werden in der 11. Klasse nochmals um 75 min/Wo erhöht und bis zur 12. Klasse mit 1075 min/Wo beibehalten.

8.1 Kennziffern der Trainingsbelastung

- In der 13. Klasse verringert sich das Training wieder auf das Niveau der Klasse 10 mit 1000 min/Wo.

Konditionstraining

- Von Klasse 5 zu Klasse 6 wird das Konditionstraining um 40 min auf 280 min/Wo angehoben.
- Eine starke Verringerung des Umfanges des Konditionstrainings um mehr als die Hälfte erfolgt beim Übergang in die 7. Klasse auf ein Niveau von 120 min/Wo. Dieser Umfang wird in der 8. Klasse beibehalten.
- In Klasse 9 kommt es wiederum zur einer Steigerung des Konditionstrainings um 80 min/Wo.
- Das Niveau der konditionellen Ausbildung erfährt beim Übergang in Klasse 10 nochmals eine drastische Steigerung auf einen Trainingsumfang von 375 min/Wo, wird dann jedoch bis in Klasse 13 beibehalten.

Tab. 11. Umfang des Trainings pro Woche in der Vorbereitungs- und der Wettkampfperiode mit Berücksichtigung der regulären und der Zusatzsportstunden im Gesamttrainingsumfang

Klasse	Vorbereitungsperiode					Wettkampfperiode				
	Trainings-einheiten	Zeitliche Umfänge der Trainingseinheiten				Trainings-einheiten	zeitliche Umfänge der Trainingseinheiten			
		Kondition	LA allgemein	disziplin spezif.	Gesamt		Kondition	LA allgemein	disziplin spezif.	Gesamt
5	5_{TE/Wo}	240	180	120	780_{min/Wo}	3_{TE/Wo}	120	120	360	xxx
6	5_{TE/Wo}	280	180	120	800_{min/Wo}	3_{TE/Wo}	120	120	360	xxx
7	5_{TE/Wo}	120	120	120	720_{min/Wo}	3_{TE/Wo}	60	180	180	xxx
8	5_{TE/Wo}	120	120	120	720_{min/Wo}	3_{TE/Wo}	60	180	180	xxx
9	5_{TE/Wo}	200	240	200	780_{min/Wo}	3_{TE/Wo}	120	240	240	xxx
10	6_{TE/Wo}	375	325	225	1000_{min/Wo}	4_{TE/Wo}	225	325	300	xxx
11	6_{TE/Wo}	275	325	225	1075_{min/Wo}	4_{TE/Wo}	225	325	300	xxx
12	6_{TE/Wo}	275	325	225	1075_{min/Wo}	4_{TE/Wo}	225	325	300	xxx
13	5_{TE/Wo}	275	300	200	1000_{min/Wo}	3_{TE/Wo}	200	330	310	xxx

Leichtathletiktraining allgemein

- Das allgemeine Leichtathletiktraining umfasst in Klasse 5 und 6 180 min/Wo
- In Klasse 7 und 8 wird das Training um 60 min auf 120 min/Wo reduziert.

- Einer Verdopplung des Trainingsumfangs in Klasse 9 auf 240 min/Wo folgt eine erneute Erhöhung der Trainingsumfänge des Trainings in Klasse 10 bis 12 auf 325 min/Wo.
- In Klasse 13 wird das Training dann wieder um 25 min reduziert.

Disziplinspezifisches Training

- Das disziplinspezifische Training bleibt von Klasse 5 - 8 konstant bei 120 min/Wo.
- In Klasse 9 wird der Umfang um 80 min und in Klasse 10 um 25 min/Wo erhöht. Der erreichte Trainingsumfang von 225 min/Wo wird bis zur 12. Klasse beibehalten.
- Eine Reduzierung des Trainings um 25 min/Wo schließt sich in Klasse 13 an.

Wettkampfperiode

Konditionstraining

- In der WP wird das Konditionstraining von 120 min/Wo in Klasse 5 und 6 beim Übergang in die Klassenstufe 7 und 8 auf die Hälfte herabgesetzt, wird jedoch in Klasse 9 wieder auf 120 min/Wo angehoben.
- Eine starke Erhöhung des Trainingsumfangs um 105 min/Wo erfolgt in Klasse 10 auf 225 min/Wo und wird bis zur 12. Klasse beibehalten.
- Reduziert wird das Training dann wieder in Klasse 13 um 25 min/Wo.

Leichtathletiktraining allgemein

- Das allgemeine leichtathletische Training beträgt bis zur 6. Klasse 120 min/Wo, wird jedoch in Klasse 7 und 8 um 60 min/Wo erhöht.
- Die Erhöhung der Trainingsumfänge setzt sich in Klasse 9 auf 240 min/Wo und in Klasse 10 auf 325 min/Wo fort. Von Klasse 10 bis 12 wird der erreichte Trainingsumfang beibehalten.
- Zu Klasse 13 erhöht sich das Training nochmals, jedoch nur um 5 min/Wo

Disziplinspezifisches Training

- Der Umfang des disziplinspezifischen Trainings mit 360 min/Wo in Klasse 5 und 6 wird in den nächsten beiden Klassenstufen (7/8) um die Hälfte reduziert.
- Eine Steigerung um 60 min/Wo erfolgt in Klasse 9 und dann nochmals in Klasse 10. Die erreichte Steigerung auf 300 min/Wo wird nun von der 10. bis zur 12. Klasse beibehalten.

8.2 Der Geschwindigkeitsverlauf des 60 m Sprintlaufs (1999)

- In Klasse 13 erhöht sich der Umfang des disziplinspezifischen Trainings nur geringfügig um 10 min/Wo.

Die ermittelten Belastungskennziffern stellen den Ausgangspunkt für die Entwicklung der spezifischen Charakteristika der komplexen Schnelligkeitsleistung und deren Ausdruck als Beschleunigungsleistung und Maximalgeschwindigkeit dar. Zur Charakterisierung von Schnelligkeitsleistungen wird der Geschwindigkeitsverlauf eines 60 m Laufs, eines 30 m Laufs aus dem Tiefstart und eines 30 m Laufs nach fliegendem Start aufgenommen.

Ergebnisse der Querschnittanalyse (1999)

Komplexe Schnelligkeit

8.2 Der Geschwindigkeitsverlauf des 60 m Sprintlaufs (1999)

Die Ermittlung des Geschwindigkeitsverlaufs für den 60 m Sprint erfolgt durch eine objektive Erfassung der Laufzeiten mittels Lichtschranken abschnittsweise alle 10 m (Abb. 19.).

- Den Verläufen zufolge ist die Länge der maximal ansteigenden Geschwindigkeit bei allen trainierenden Schülern nach 30 m (also nach spätestens 5 s) beendet.
- Nach 30 m haben die Schüler der 5. und 6. Klasse bis auf $4,63 \text{ m/s}^2$, die Schüler der 7. und 8. Klasse auf $6,02 \text{ m/s}^2$, die Schüler der 9. und 10. Klasse auf $7,46 \text{ m/s}^2$ und die Schüler der 11. bis 13. Klasse auf $7,06 \text{ m/s}^2$ beschleunigt.

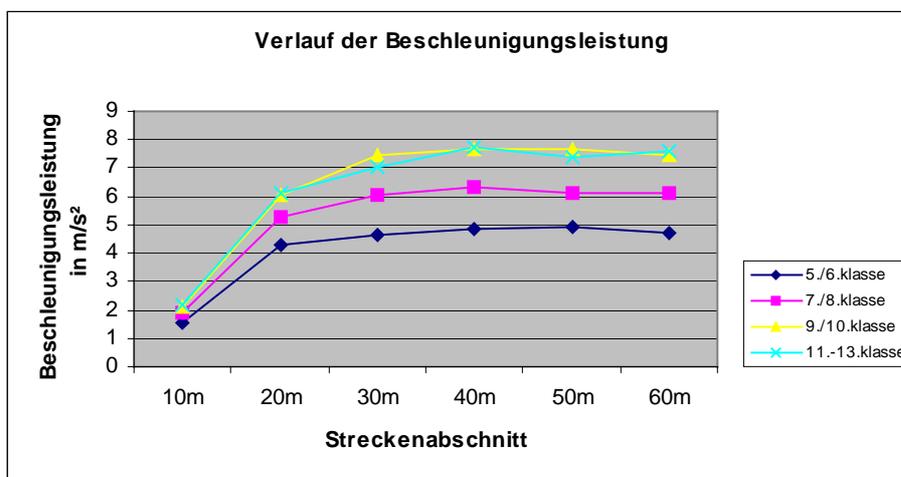


Abb. 19. Phasenweiser Beschleunigungsverlauf im 60 m Lauf (1999)

8.2 Der Geschwindigkeitsverlauf des 60 m Sprintlaufs (1999)

- Die erreichten Geschwindigkeiten steigern sich nach erster Ermüdung bis 40 m nur noch gering in der Klasse 5/6 um $0,20 \text{ m/s}^2$, in der Klasse 7/8 um $0,31 \text{ m/s}^2$, in der Klasse 9/10 um $0,23 \text{ m/s}^2$ und in Klasse 11/13 um $0,66 \text{ m/s}^2$. Mit steigendem Alter nimmt die Fähigkeit über einen längeren Zeitraum zu beschleunigen zu.
- Die in den Klassenstufen bei 40 m erreichten Beschleunigungswerte bleiben relativ konstant bis zur 60 m-Marke (also für 2 bis 3 s).

Den Verlauf der bei den Beschleunigungsleistungen erreichten Maximalgeschwindigkeiten zeigt Abb. 20.

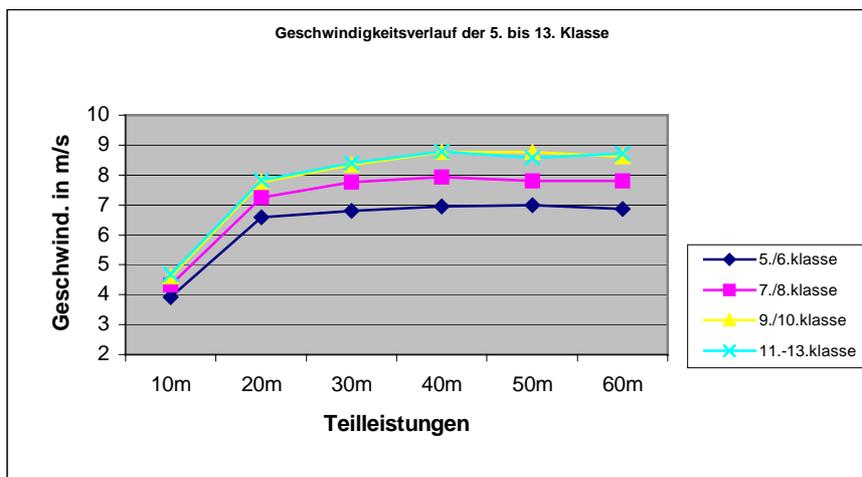


Abb. 20. Geschwindigkeitsverlauf der Jungen der 5.-13. Klasse (1999)

- Mit zunehmendem Alter verläuft die Geschwindigkeitskurve kontinuierlicher und es kommt zum Anstieg über einen längeren Streckenabschnitt. Die Entwicklung der Maximalgeschwindigkeit verläuft gleichmäßiger.
- Die Sportler haben nach 20 m in Klasse 5/6 Geschwindigkeiten um $6,58 \text{ m/s}$, in Klasse 7/8 um $7,25 \text{ m/s}$, in Klasse 9/10 um $7,75 \text{ m/s}$ und in Klasse 11 bis 13 um $7,82 \text{ m/s}$ erreicht.
- Bis 30 m können die Schüler der Klassenstufe 5/6 ihre Maximalgeschwindigkeit nochmals auf $6,8 \text{ m/s}$ erhöhen und pegeln sich in der Folge bei $6,9 \text{ m/s}$ ein.
- Die Schüler der Klassenstufe 7/8 verbessern sich deutlicher und erreichen bis 40 m eine Maximalgeschwindigkeit von $7,9 \text{ m/s}$ mit der sie sich dann ebenfalls bis zum Ende einpegeln.

- Am deutlichsten und längsten können die Schüler der 9. bis 13. Klasse ihre Geschwindigkeit erhöhen. Bis 40 m steigt diese stetig auf Werte um 8,8 m/s an und bleibt dann konstant.
- Zwischen 20 m und 40 m sind Geschwindigkeitssteigerungen in Klasse 5/6 um 0,36 m/s, in Klasse 7/8 um 0,69 m/s, in Klasse 9/10 um 1,02 m/s und in Klasse 11 bis 13 um 0,97 m/s nachweisbar.
- Bei 50 m erfolgt ein ermüdungsbedingter Geschwindigkeitseinbruch um ca. 0,15 m/s.

Elementare Schnelligkeit

8.3 Die optische Einfachreaktion (1999)

Der Vergleich der Reaktionsfähigkeit erfolgt mittels der erfassten Werte der optischen Einfachreaktion (Abb. 21.). Die Reaktionsleistungen der optischen Einfachreaktion der Mädchen und Jungen unterscheiden sich nicht voneinander und bleiben innerhalb der Klassenstufen auch auf einem konstanten Niveau um 0,3 s.

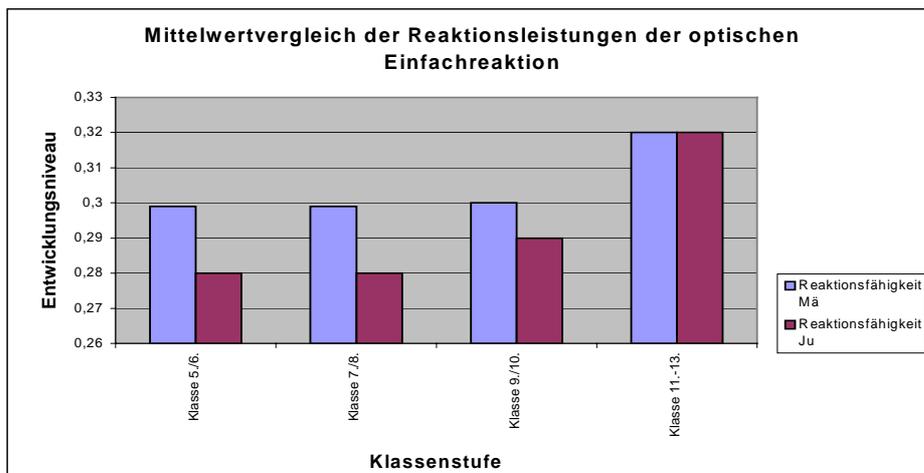


Abb. 21. Mittelwerte der optischen Einfachreaktionsleistung der Mädchen und Jungen (1999)

- Die Reaktionsleistungen der optischen Einfachreaktion liegen in der Klasse 5/6 bei den Jungen bei 0,29 s, die der Mädchen nur 0,01 s darunter.
- In der Klassenstufe 7/8 befinden sich beide Geschlechter auf dem gleichen Niveau wie in Klasse 5/6.

- Eine ermüdungsbedingte, geringe Verschlechterung um 0,01 s erfolgt sowohl bei den Mädchen als auch bei den Jungen in Klasse 9/10 im Vergleich mit der vorherigen Klassenstufe.
- Bis zur Klasse 13 setzt sich die Verschlechterung bei den Jungen und bei den Mädchen gleichermaßen auf 0,32 s fort.

8.4 Die Bodenkontaktzeiten (1999)

Zur Ermittlung der Dauer des Fußaufsatzes bei schnellen Laufbewegungen (Sprintläufen) wurde die Bodenkontaktzeit ermittelt, welche einen Rückschluss auf die Bewegungsfrequenz ermöglicht (Abb. 22.).

Im Vergleich der Dauer des Fußaufsatzes bewegen sich beide Geschlechter mit vernachlässigbar geringen Schwankungen auf einem relativ konstanten Niveau um 0,15 s, wobei die Mädchen um ca. 0,01 s besser sind als die Jungen. Zwischen den einzelnen Klassenstufen sind keine wesentlichen Unterschiede feststellbar.

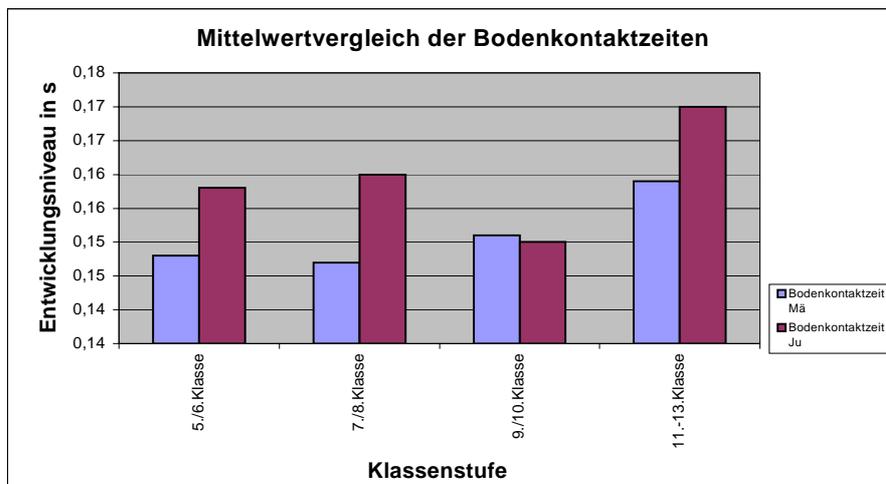


Abb. 22. Mittelwerte der Bodenkontaktzeiten der Mädchen und Jungen (1999)

- Die Bodenkontaktzeit der Mädchen liegt in der Klassenstufe 5/6 bei 0,14 s und damit 0,01 s unter der Zeit der Jungen.
- In Klasse 7/8 befinden sich die Jungen bei 0,16 s und haben damit eine 0,02 s längere Kontaktzeit als die Mädchen.

- Durch eine Verlängerung der Kontaktzeit der Mädchen und eine Verkürzung der Kontaktzeit der Jungen gegenüber der vorherigen Klasse, befinden sich beide auf dem gleichen Niveau von 0,15 s.
- Von der 11. bis zur 13. Klasse bleibt die Bodenkontaktzeit der Mädchen unverändert, die der Jungen verlängert sich nochmals auf 0,17 s. Die Mädchen sind mit der kürzeren Kontaktzeit wiederum besser als die Jungen.

8.5 Die Bewegungsfrequenz (1999)

Die Ermittlung der Frequenzleistungen zum geschlechtlichen Vergleich und zur Differenzierung in den verschiedenen Klassenstufen erfolgt mittels Tapping- und Skippingtests (Abb. 23.). Alle Frequenzangaben erfolgen in Wiederholungen pro Sekunde (Wdh/s).

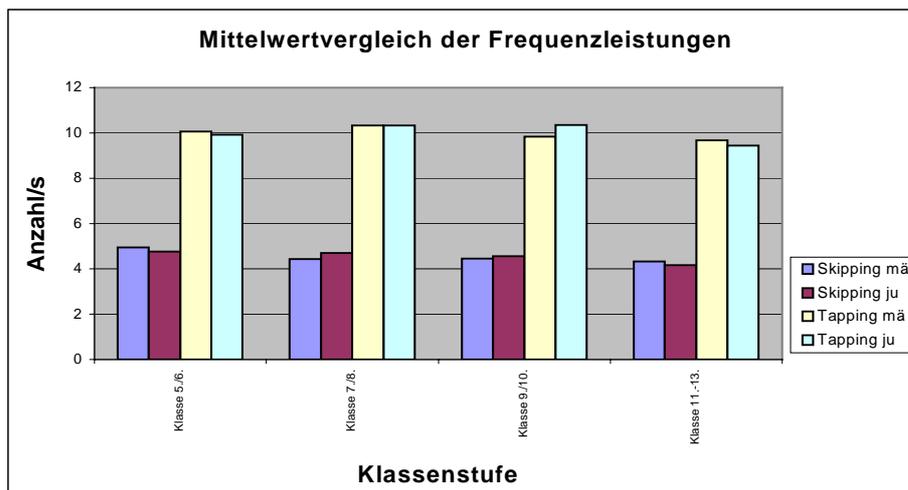


Abb. 23. Mittelwerte der Frequenzleistung der Mädchen und Jungen (1999)

Skipping

Die Skippingleistungen der Mädchen und der Jungen bewegen sich in den einzelnen Klassenstufen mit geringen Schwankungen auf einem gleichbleibenden Niveau um 4,5 Wdh/s.

- In der Klassenstufe 5./6. befinden sich die Skippingleistungen der Jungen auf einem Niveau von 4,7 Wdh/s. Die Mädchen liegen mit 4,94 Wdh/s nur leicht darüber.

8.6 Beschleunigungsleistungen und Maximalgeschwindigkeiten in den einzelnen Klassenstufen

- Die Skippingleistungen der Jungen in der 7. und 8. Klasse bleibt unverändert bei 4,7 Wdh/s, die Mädchen verschlechtern sich nur unmerklich und liegen nun auf dem gleichen Niveau wie die Jungen.
- Eine geringe Verschlechterung der Frequenz um 0,1 Wdh/s ist bei den Jungen in Klasse 9./10. Im Gegensatz zur vorherigen Klassenstufe erkennbar. Die Leistung der Mädchen verändert sich nicht.
- In Klasse 11 - 13 verschlechtern sich die Frequenzleistungen der Mädchen um 0,1 Wdh/s und die der Jungen um 0,4 Wdh/s bleiben jedoch vernachlässigbar gering.

Tapping

Ähnlich der Skippingleistungen verlaufen auch die Tappingleistungen bei den Jungen und Mädchen in den einzelnen Klassenstufen. Mit vernachlässigbar geringen Schwankungen von ca. 0,3 Wdh/s liegt die Tappingfrequenz bei 10 Wdh/s. Die Werte der Mädchen unterscheiden sich nicht von denen der Jungen.

- Die Tappingleistungen der Mädchen liegen in Klasse 5./6. bei 10,1 Wdh/s und liegen damit rund 0,2 Wdh/s über denen der Jungen.
- In Klasse 7./8. steigern sich beide Geschlechter gegenüber der Vorklasse und liegen auf dem gleichen Niveau von 10,3 Wdh/s.
- Das Frequenzniveau der Jungen in Klasse 9/10 bleibt konstant bei 10,3 Wdh/s, die Mädchen verschlechtern sich scheinbar ermüdungsbedingt, gering um 0,5 Wdh/s.
- Die Klasse 11 - 13 zeigt im Klassenstufenvergleich die deutlichsten Verschlechterungen bei den Jungen um 0,9 Wdh/s und bei den Mädchen um 0,2 Wdh/s. Hier scheint die Ermüdung zu wirken.

Ergebnisse der Längsschnittanalyse

Komplexe Schnelligkeit

8.6 Beschleunigungsleistungen und Maximalgeschwindigkeiten in den einzelnen Klassenstufen

In den einzelnen Klassenstufen wurden jeweils für die Mädchen und die Jungen die Mittelwerte der Beschleunigungsleistungen und der Maximalgeschwindigkeiten ermittelt.

8.6 Beschleunigungsleistungen und Maximalgeschwindigkeiten in den einzelnen Klassenstufen

Die Entwicklung der Mittelwerte der Beschleunigungsleistungen zeigt Abb. 24.. Die Synonyma der Legende in der Abbildung schlüsseln sich in:

30m tst mä	=	30 m Lauf der Mädchen aus dem Tiefstart
30m tst ju	=	30 m Lauf der Jungen aus dem Tiefstart
30m flieg mä	=	30 m Lauf der Mädchen nach fliegendem Start
30m flieg ju	=	30 m Lauf der Jungen nach fliegendem Start

Der Ablauf aus dem Tiefstart wird durch maximale Beschleunigungsleistungen und der Ablauf nach fliegendem Start durch maximale Geschwindigkeitsleistungen Charakterisiert.

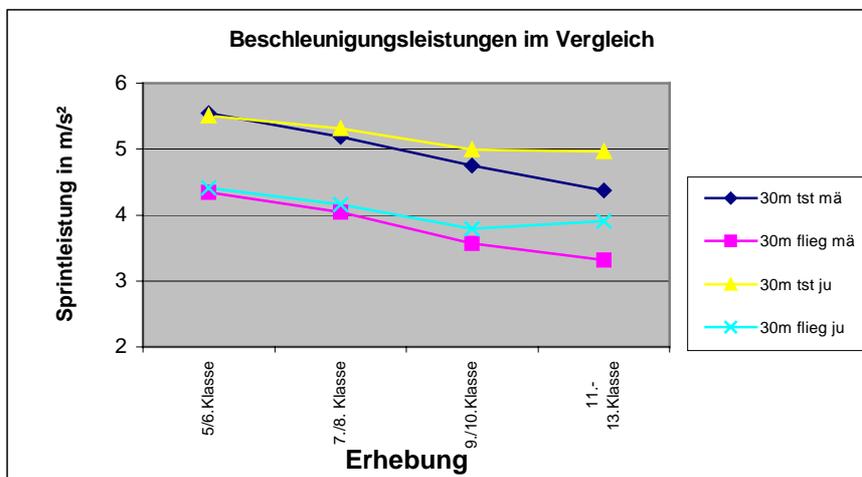


Abb. 24. Entwicklung der Beschleunigungsleistung beider Geschlechter

Ablauf aus dem Tiefstart

- Die Beschleunigungsleistung der Mädchen und der Jungen verbessert sich kontinuierlich ab der 5. bis zur 10. Klasse um durchschnittlich 0,35 s.
- Beim Ablauf aus dem Tiefstart benötigen die Jungen in der 5. Klasse für die 30 m Distanz ca. 5,51 s. Bis zur Klasse 10 steigern sie sich auf 4,99 s.
- Die Mädchen benötigen in Klasse 5 für die Distanz 5,54 s und steigern sich ebenfalls bis zur Klasse 10 auf 4,75 s.
- Bei den Jungen bleibt ab der 10. Klasse die Beschleunigungsleistung aus dem Tiefstart konstant bei 4,9 s.

8.6 Beschleunigungsleistungen und Maximalgeschwindigkeiten in den einzelnen Klassenstufen

- Die Mädchen steigern sich nochmals bis zur 13. Klasse und legen die 30 m in durchschnittlich 4,37 s zurück.

Ablauf nach fliegendem Start

- Die gemessenen Zeiten der Beschleunigungsleistung nach fliegendem Start liegen im Vergleich ca. 1 s unter den Zeiten des Ablaufs aus dem Tiefstart. Die Probanden sind rund 1 s schneller.
- In Klasse 5 laufen die Jungen die 30 m in 4,41 s, die Mädchen diese in 4,34 s.
- In Klasse 10 liegen die Zeiten der Jungen bei 3,79 s. Die Mädchen sind mit 3,57 s im Durchschnitt 0,22 s schneller als die gleichaltrigen Jungen.
- Beim Ablauf nach fliegendem Start kommt es ab der 10. Klasse bei den Jungen zu einer scheinbaren Stagnation bzw. einer leicht negativen Entwicklung der Beschleunigungsleistung von 3,79 s auf 3,91 s.
- Bei den Mädchen geht die Entwicklung der Beschleunigungsleistung weiter voran und wirkt sich auf eine Verbesserung der Zeiten von 3,57 s auf 3,32 s aus.

Die Maximalgeschwindigkeiten der Mädchen und Jungen erfahren bis zur 10. Klasse gleich den Beschleunigungsleistungen eine stetige Entwicklung (Abb. 25.).

Ablauf aus dem Tiefstart

- In der 5. Klasse liegen die Geschwindigkeiten für den Ablauf aus dem Tiefstart bei den Jungen bei 5,44 m/s, bei den Mädchen etwa 0,02 s darunter bei 5,42 m/s.
- Bis zur 10. Klasse steigern sich die Werte auf 6,01 m/s (Jungen) und 6,32 m/s (Mädchen).
- In der Entwicklung der Maximalgeschwindigkeiten beim Ablauf aus dem Tiefstart setzt bei den Jungen ab der 10. Klasse eine Stagnation auf dem Niveau von 6,0 m/s ein.
- Im Gegensatz zu den Jungen geht die Entwicklung der Maximalgeschwindigkeit bei den Mädchen weiter. Diese steigern ihre Maximalgeschwindigkeit auf 6,86 m/s.

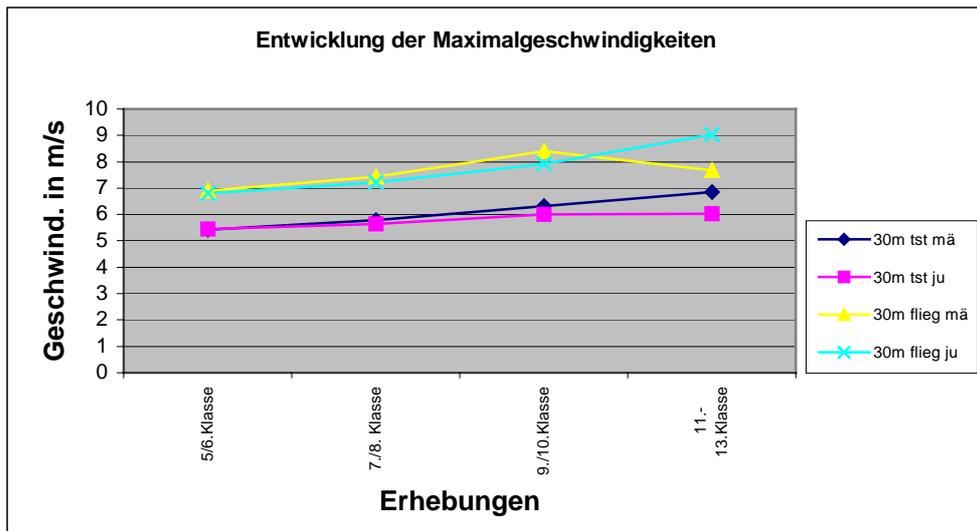


Abb. 25. Maximalgeschwindigkeiten im Längsschnitt

Ablauf nach fliegendem Start

- Die Entwicklung der Maximalgeschwindigkeiten des Ablauf nach fliegendem Start gestaltet sich im Entwicklungsverlauf ähnlich denen des Ablauf aus dem Tiefstart.
- Die Jungen steigern sich von der 5. zur 10. Klasse von 6,8 m/s auf 7,92 m/s, die Mädchen von 6,91 m/s auf 8,4 m/s.
- Ab der 10. Klasse stagniert die Entwicklung der Maximalgeschwindigkeiten der Mädchen beim Ablauf mit fliegendem Start und geht sogar bis zur Klasse 13 auf 7,67 m/s zurück.
- Bei den Jungen ist bis Klasse 13 eine weitere Verbesserung auf 9,04 m/s erkennbar.

Elementare Schnelligkeit

8.7 Die Reaktionsfähigkeit / die Schnellkoordination

8.7.1 Die Entwicklung der Reaktionsfähigkeit

Die Reaktionsschnelligkeit stellt eine koordinative Schnelligkeitsleistung dar, bei der eine Reaktionsantwort auf z. B. ein optisches oder akustisches Signal erfolgt. Eine Betrachtung der Entwicklung der Reaktionsschnelligkeit über den Schulverlauf von der 5. bis zur 13. Klasse zeigt einen gleichbleibenden Verlauf der Reaktionsfähigkeit bei der optischen Einfachreaktion (Reaktionsantwort durch Tastendruck nach einem optischen Signal) und der komplexen Tiefstartreaktion (Reaktion auf akustisches Startsignal) (Tab. 12.).

8.7 Die Reaktionsfähigkeit / die Schnellkoordination

Tab. 12. Vergleich der Reaktionsleistungen (Mittelwerte)

Test	5./6. Klasse	7./8. Klasse	9./10. Klasse	11.-13. Klasse
Optische Einfachreaktion	0,33	0,31	0,3	0,31
Tiefstartreaktion	0,25	0,25	0,26	0,24

- Alle ermittelten Werte bewegen sich auf einem gleichbleibenden Level, das nur durch geringe Schwankungen gekennzeichnet wird (Abb. 26.).
- Die optische Einfachreaktion weist ab der 5. bis zur 13. Klasse relativ konstante Werte zwischen 0,33 s und 0,31 s auf. Auch die Reaktionswerte aus dem Tiefstart ändern sich kaum merklich von 0,25 s auf 0,24 s.

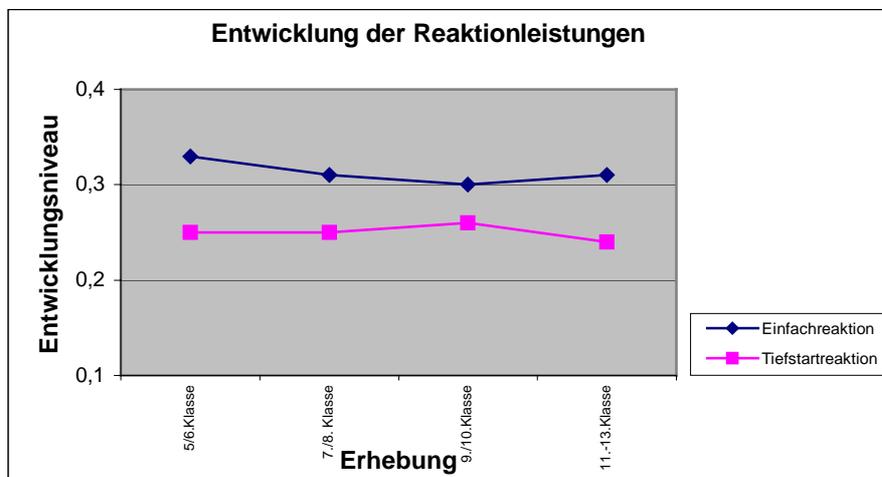


Abb. 26. Langzeitvergleich der Reaktionsleistungen (Durchschnittswerte)

Werden die koordinativen Schnelligkeitsleistungen (Reaktionsleistungen) der Jungen und Mädchen der 5. bis zur 13. Klasse differenziert betrachtet, sind geschlechtsspezifische Entwicklungen zu verzeichnen (Abb. 27.).

Einfachreaktion

- Die optische Einfachreaktion bei den Mädchen entwickelt sich gleichmäßig bis zur 10. Klasse auf einen durchschnittlichen Wert von 0,284 s, schwankt allerdings in der Folge.
- Nach dem 18. Lebensjahr kommt es bei den Mädchen zu einer Verschlechterung der einfachen Reaktionsleistung und einem Absinken auf einen Wert von 0,289 s.

Gleichzeitig verbessert sich jedoch die akustische Reaktionsleistung auf den Tiefstart von 0,24 s auf 0,225 s.

- Bei den Jungen zwischen der 5. und 10. Klasse steigert sich die Einfachreaktionsleistung von 0,33 s auf 0,3 s, sinkt jedoch danach bis zur 13. Klasse wieder auf 0,31 s ab.

Tiefstartreaktion

- Bezüglich der akustischen Reaktionsleistung auf den Tiefstart treten bei den Jungen größte Schwankungen auf.
- Bis zur 8. Klasse bewegt sich der Wert konstant bei 0,25 s, verschlechtert sich danach merklich bis zur 10. Klasse auf 0,26 s um sich bis zur 13. Klasse scheinbar wieder auf einen Wert von 0,24 s zu verbessern.

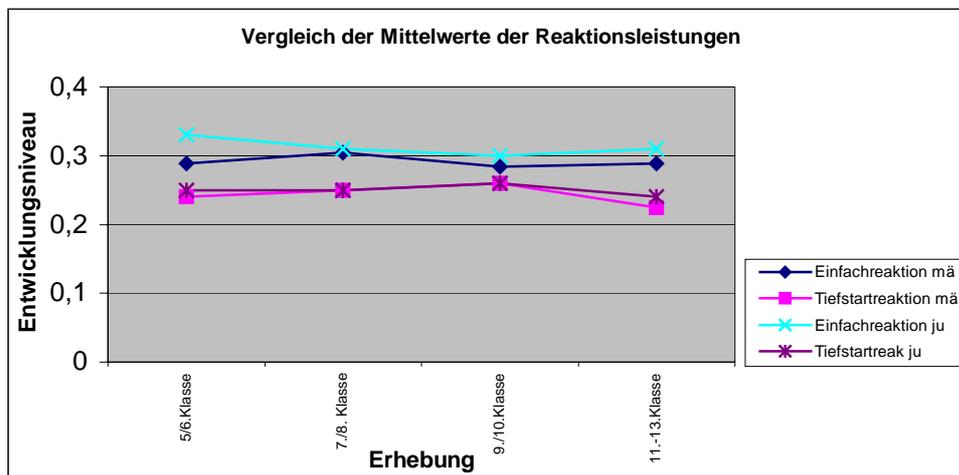


Abb. 27. Mittelwerte der koordinativen Schnelligkeitsleistung (Reaktionsleistungen)

Die Entwicklung der einfachen und der komplexen Reaktionsleistungen scheinen bei den Mädchen weniger parallel zu verlaufen als bei den Jungen. Mit zunehmendem Alter nähern sie sich die Leistungen der Mädchen jedoch an die der Jungen an.

8.7.2 Die Entwicklung der Bodenstützzeit beim Ablauf aus dem Tiefstart

Die Bodenstützzeit ist ein wesentliches Kennzeichen für die Dauer des Fußaufsatzes bei hochfrequenten Bewegungen. Je höher die Bewegungsfrequenz der Beine beim Laufen ist, desto kürzer wird die Bodenkontaktzeit. Gleichwohl ist anzunehmen, dass je höher die Bewegungsfrequenz ist auch die Schnelligkeit ansteigt und damit die Boden-

8.7 Die Reaktionsfähigkeit / die Schnellkoordination

kontaktzeit im Entwicklungsverlauf sinkt. Die ermittelten Werte der Bodenkontaktzeiten für die Klassenstufen liegen auf einem Niveau zwischen 0,147 s und 0,17 s (Tab. 13.).

Tab. 13. Entwicklung der Bodenkontaktzeiten (Mittelwerte) der Jungen und Mädchen

Test	5./6. Klasse	7./8. Klasse	9./10. Klasse	11.-13. Klasse
Bodenkontaktzeit Beinstütz Mädchen	0,148	0,147	0,151	0,159
Bodenkontaktzeit Beinstütz Jungen	0,158	0,16	0,15	0,17

Der Entwicklungsverlauf der Bodenkontaktzeiten der Jungen und Mädchen der Klassenstufen 5 - 13 ist in Abb. 28. dargestellt.

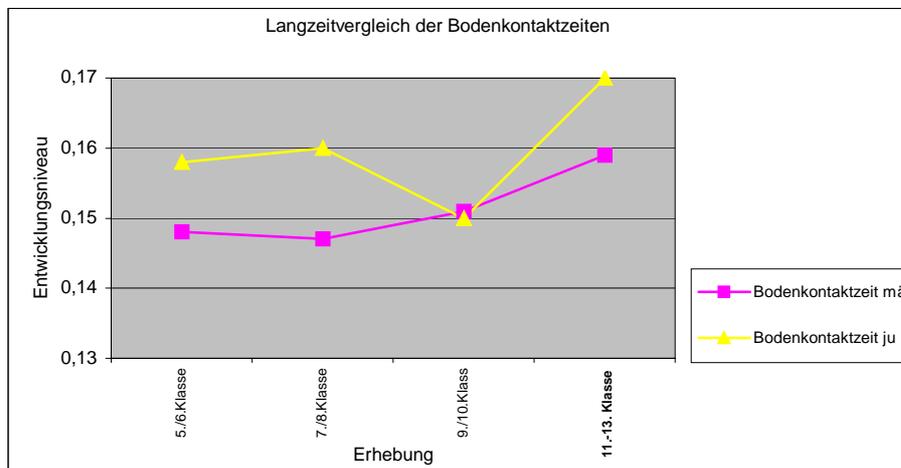


Abb. 28. Mittelwerte der Bodenkontaktzeiten beider Geschlechter

- Von der 5. bis zur 10. Klasse bewegt sich die Bodenkontaktzeit der Jungen auf einem relativ konstanten Niveau um 0,15 s.
- In Klasse 10 kommt es bei den Jungen zu einem sprunghaften Anstieg auf 0,17 s.
- Bei den Mädchen erfolgt im Vergleich zu den gleichaltrigen Jungen eine analoge Entwicklung von der 5. bis zur 10. Klasse. Die Bodenkontaktzeit befindet sich auf einem relativ gleichbleibenden Niveau von ca. 0,147 s und steigert sich nur unmerklich um 0,012 s.

Im Vergleich der Bodenkontaktzeiten beider Geschlechter lassen sich kaum Unterschiede untereinander erkennen. Bei den Jungen und den Mädchen bewegt sich bis zur 10. Klasse die Kontaktzeit relativ konstant um einen Wert von 0,15 s. Bis zur 13. Klasse

ist dann eine leichte Verschlechterung auf 0,159 s (Mädchen) und 0,17 s (Jungen) erkennbar.

8.7.3 Die Entwicklung der Frequenzleistungen – Skipping/Tapping

Die in Tapping- und Skippingtests ermittelten Frequenzleistungen als ein Merkmal der komplexen Schnelligkeitsleistung werden durch die Anzahl von Wiederholungen / Kontakten auf einer elektronischen Messkontaktmatte in einer Sekunde ausgewiesen. Der Vergleich der Mittelwerte der Frequenzleistungen aus den Tapping- und den Skippingtests zeigt eine relativ geringfügige Entwicklung der Frequenzleistung (Abb. 29.)

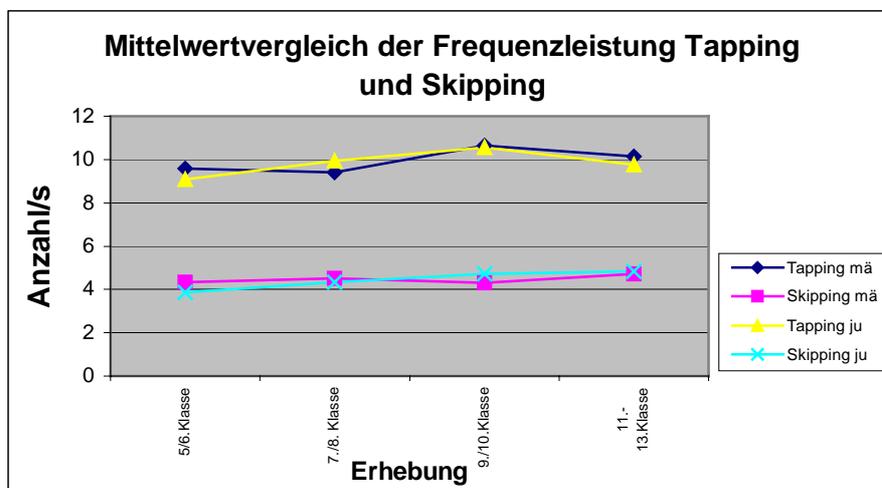


Abb. 29. Mittelwerte der Frequenzleistung Tapping und Skipping

Bei der Tappingleistung ist im Gegensatz zur Skippingleistung eine leicht progressive Entwicklung bei beiden Geschlechtern zu verzeichnen.

Tappingleistungen

- Die Tappingleistungen der Jungen steigern sich von der 5. bis zur 10. Klasse konstant von 9,08 auf 10,64 Wdh/s.
- Ab der 10. Klasse ist ein Abfallen auf 9,75 Wdh/s erkennbar.
- Bei den Mädchen ist ein ähnlicher Verlauf zu verzeichnen. Die Frequenz steigert sich von 9,59 Wdh/s in Klasse 5 auf 10,64 Wdh/s in Klasse 10 und fällt wieder auf 10,14 Wdh/s in Klasse 13 ab.

Skippingleistungen

- Die Skippingleistung bei den Mädchen bewegt sich bis Klasse 10 in allen Altersklassen relativ konstant um einen Frequenzwert von 4,4 Wdh/s.
- Ab Klasse 11 steigt die Frequenz auf einen Wert von 4,72 Wdh/s.
- Bei den Jungen ist ein leichter, jedoch kontinuierlicher Anstieg der Skippingleistung von 3,85 Wdh/s in Klasse 5 auf 4,83 Wdh/s in Klasse 13 zu verzeichnen.

Komplexe Schnelligkeit

8.8 Korrelative Zusammenhänge zum 30 m Sprint aus dem Tiefstart, dem 30 m Sprint fliegend und dem 60 m Sprint am Beispiel der Klassenstufen 5 – 8

Zum Nachweis, dass Schnelligkeit in ihrer Komplexität von einer Vielzahl von Charakteren bestimmt wird wurden die in den Tests ermittelten Daten alters- und geschlechtsspezifisch einem korrelativen Vergleich mit dem 30 m Lauf nach fliegendem Start und dem 60 m Sprintlauf unterzogen, hier werden die maximalen Schnelligkeitsleistungen erwartet. Explizit werden die Klassenstufen 5 - 8 in die Untersuchung einbezogen, da sich aufgrund der puberalen Entwicklung bis zur 8. Klasse die größten körperlichen Veränderungen vollziehen und eine Differenzierung der Einflussfaktoren zwischen den Klassenstufen noch deutlicher ausfällt (Tab. 14.).

Tab. 14. Errechnete Korrelationskoeffizienten der Mädchen der Klasse 5 + 6 (n = 19)

	30 m Lauf fliegender Start	60 m Sprintlauf	30 m Ablauf aus Tiefstart	Standweit-sprung rechts	Standweit-sprung links	Standweit-sprung beidbeinig	Weitsprung 1.Durchgang	Weitsprung 2.Durchgang	Standhochsprung	1.Wett-kampfleistung
30 m Lauf fliegender Start	**	,986**	,936**	,647**	,503	,631**	,582**	,732**	,545**	,766**
60 m Sprintlauf	,986**	**	,982**	,662**	,543**	,662**	,588**	,765**	,563**	,763**

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.
 * Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

30 m Lauf

- Bei den Mädchen der Klassenstufen 5/6 zeigen sich sowohl beim 30 m aus fliegendem Start korrelative Zusammenhänge zum 60m Lauf ($r = 0.986$), dem 30 m Ablauf aus dem Tiefstart ($r = 0.936$), dem Weitsprung ($r = 0.582$ bis $r = 0.732$), dem Standweitsprung rechts ($r = 0.631$) und dem Standhochsprung ($r = 0.545$) und Wettkampfleistung ($r = 0.766$).

60 m Lauf

- Der 60 m Lauf zeigt Korrelationen zum dem 30 m Ablauf nach fliegendem ($r = 0.986$) und aus dem Tiefstart ($r = 0.936$), dem Weitsprung ($r = 0.588$ bis $r = 0.765$), dem Standweitsprung rechts, links und beidbeinig ($r = 0.662 / 0.543 / 0.662$) und dem Standhochsprung ($r = 0.563$) und der Wettkampfleistung ($r = 0,763$).

Die graphische Darstellung der ermittelten Werte verdeutlicht die errechneten Zusammenhänge (Abb. 30 a/b.). Die in der Legende aufgeführten Synonyma stehen für:

Flieg30	=	30 m Lauf nach fliegendem Start
Lauf60	=	60 m Sprintlauf
Altst	=	30 m Ablauf aus dem Tiefstart
STweitr	=	Standweitsprung rechts
STweitli	=	Standweitsprung links
STbeid	=	Standweitsprung beidbeinig
Weit1	=	Weitsprung 1. Durchgang
Weit2	=	Weitsprung 2. Durchgang
SThoch	=	Standhochsprung
Wett1	=	1. Wettkampfleistung

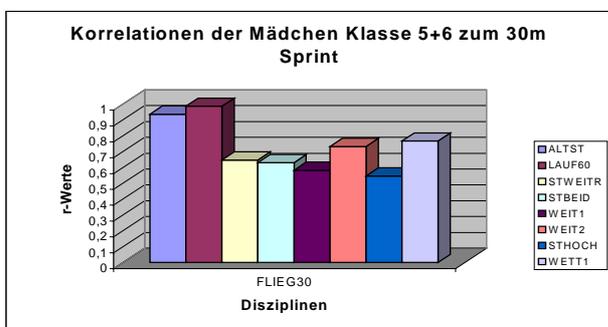


Abb. 30a. Korrelationen der Mädchen der Klasse 5 + 6 zum 30 m Sprint

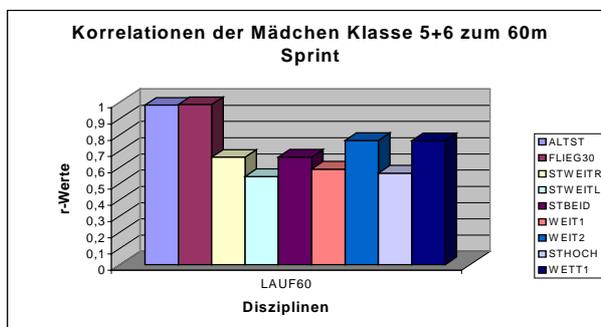


Abb. 30b. Korrelationen der Mädchen der Klasse 5 + 6 zum 60 m Sprint

8.8 Korrelative Zusammenhänge der Klassenstufen 5 – 8

Bei einer Analyse der Korrelationen der 13 und 14 jährigen Mädchen der Klassenstufe 7/8 wurden die leistungsbestimmenden Parameter für die Schnelligkeit beim 30 m Lauf aus fliegendem Start und dem 60 m Sprintlauf ermittelt (Tab. 15.).

Tab. 15. Errechnete Korrelationskoeffizienten der Mädchen der Klasse 7 + 8 (n = 7)

	30 m Lauf fliegender Start	60 m Sprintlauf	30 m Ablauf aus Tiefstart	Standweitsprung rechts	Standweitsprung links	Weitsprung 1. Durchgang	Weitsprung 2. Durchgang	Weitsprung Technikbewertung	Standhochsprung	1. Wettkampfleistung
30 m Lauf fliegender Start		,971**	,910**	,587**	,661**	,617**	,722**	,600**	,658**	,575*
60 m Sprintlauf	,971**		,982**	,603**	,701**	,732**	,794**	,691**	,694**	,555*

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.
 * Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

Die Darstellung der Werte im Diagramm zeigt den graphischen Verlauf (Abb. 31 a/b.).

30 m Lauf

- Bei den Mädchen der Klassenstufen 7/8 sind beim 30 m Lauf aus fliegendem Start korrelative Zusammenhänge zum 60 m Lauf ($r = 0.971$) und dem 30 m Lauf aus dem Tiefstart ($r = 0.910$), dem Weitsprung ($r = 0.617$ und $r = 0.722$), dem Standweitsprung rechts und links ($r = 0.587 / 0.661$) und dem Standhochsprung ($r = 0.658$) zu erkennen, hinzu kommt ein steigender Zusammenhang zur Technikbewertung ($r = 0.600$).

60 m Lauf

- Der 60 m Lauf zeigt lineare Zusammenhänge zum 30 m Lauf aus fliegendem ($r = 0.971$) und aus dem Tiefstart ($r = 0.982$), dem Standweitsprung rechts und links ($r = 0.603 / 0.701$), dem Weitsprung ($r = 0.732$ und $r = 0.794$) und dem Standhochsprung ($r = 0.694$). Korrelationen zur Wettkampfleistung sind sowohl beim 30 m, als auch beim 60 m Lauf nicht nachweisbar.

8.8 Korrelative Zusammenhänge der Klassenstufen 5 – 8

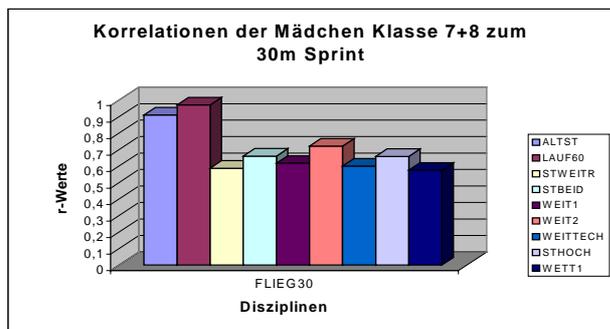


Abb. 31a. Korrelationen der Mädchen der Klasse 7 + 8 zum 30 m Sprint

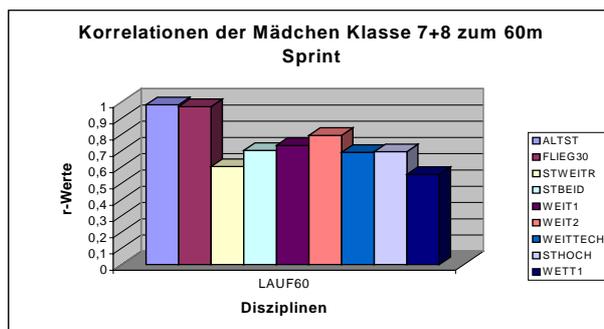


Abb. 31b. Korrelationen der Mädchen der Klasse 7 + 8 zum 60 m Sprint

Analog zu den Mädchen wurden die Korrelationsberechnungen für die 11 und 12 jährigen Jungen der Klassenstufe 5/6 zur Charakterisierung der leistungsbestimmenden Parameter für die Schnelligkeit beim 30 m Lauf aus fliegendem Start und dem 60 m Sprintlauf ermittelt (Tab. 16.).

Tab. 16. Errechnete Korrelationskoeffizienten der Jungen der Klasse 5 + 6 (n = 21)

	30 m Lauf fliegender Start	60 m Sprintlauf	30 m Ablauf aus Tiefstart	Standweitsprung beidbeinig	Weitsprung 2. Durchgang	Standhochsprung	1. Wettkampfleistung
30 m Lauf fliegender Start		,821**	,431	,737**	,854**	,756**	,561
60 m Sprintlauf	,821**		,869**	,560	,681*	,465	,750**

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.
 * Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

30 m Lauf

- Korrelationsberechnungen für die Jungen der Klassenstufe 5/6 zeigen gleich den Mädchen Beziehungen zum 60 m Lauf ($r = 0.821$), dem Standweitsprung beidbeinig ($r = 0.737$), dem 2. Durchgang im Weitsprung ($r = 0.854$) und dem Standhochsprung ($r = 0.756$). Zur Wettkampfleistung und zum 30 m Lauf aus dem Tiefstart waren keine Korrelationen ermittelbar.

60 m Lauf

- Beim 60 m Lauf bestehen Korrelationen zum 30 m Lauf aus dem Tiefstart ($r = 0.869$) und aus dem fliegendem Start ($r = 0.821$) und zur Wettkampfleistung ($r = 0.750$). Zum Standweit- und Hochsprung bestehen keine linearen Abhängigkeiten.

Eine graphische Darstellung der errechneten Korrelationskoeffizienten zeigt die Zusammenhänge in Abb. 32 a/b..

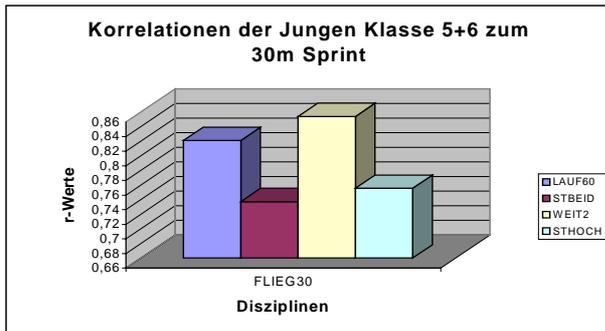


Abb. 32a. Korrelationen der Jungen der Klasse 5 + 6 zum 30 m Sprint

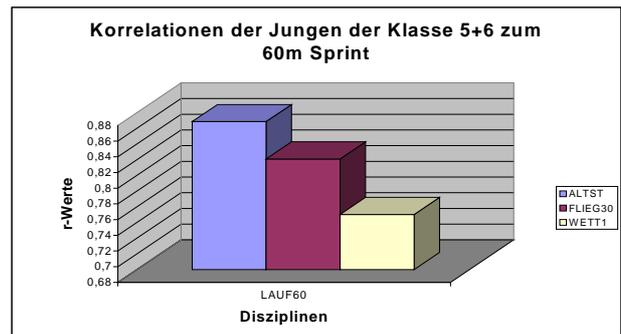


Abb. 32b. Korrelationen der Jungen der Klasse 5 + 6 zum 60 m Sprint

Bei den Jungen der Klassenstufe 7 und 8 sind nur noch bedingte Abhängigkeiten zu verzeichnen (Tab. 17.).

Tab. 17. Errechnete Korrelationskoeffizienten der Jungen der Klasse 7 + 8 (n = 20)

	30m Lauf fliegen-der Start	60m Sprintlauf	Handball-Weitwurf 2.Durchgang	30m Ablauf aus Tiefstart	Weit-sprung Technikbewertung	Einfacher Reaktionstest 1.Durchg.
30m Lauf fliegen-der Start		,968**	,837	,957*	,988**	,883*
60m Sprintlauf	,968**		,835**	,990**	,943*	,961**

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.
 * Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

30 m Lauf

- Beim 30 m Lauf nach fliegendem Start bestehen lineare Zusammenhänge zum 60 m Lauf ($r = 0.968$) und zur Technikbewertung im Weitsprung ($r = 0.988$). Der Einfluss des Weit- und Hochsprungs und der Wettkampfleistung ist nicht nachweisbar.

8.9 Regressionsanalyse für den 30 m Sprint nach fliegendem Ablauf und den 60 m Sprintlauf

60 m Lauf

- Der 60 m Sprintlauf zeigt Abhängigkeiten zum 30 m Lauf nach fliegendem ($r = 0.968$) und aus dem Tiefstart ($r = 0.990$), dem 2. Durchgang des Handballweitwurf ($r = 0.835$) und der Reaktionsschnelligkeit der optischen Einfachreaktion ($r = 0.961$). Ein Zusammenhang zu den Sprungdisziplinen und zur Wettkampfleistung ist nicht mehr vorhanden.

Die Diagramme in Abb. 33 a und b zeigen die ermittelten linearen Abhängigkeiten für den Altersbereich der 13 und 14 jährigen Jungen.

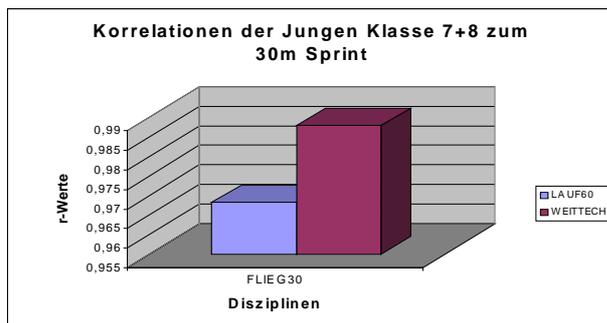


Abb. 33a. Korrelationen der Jungen der Klasse 7 + 8 zum 30 m Sprint

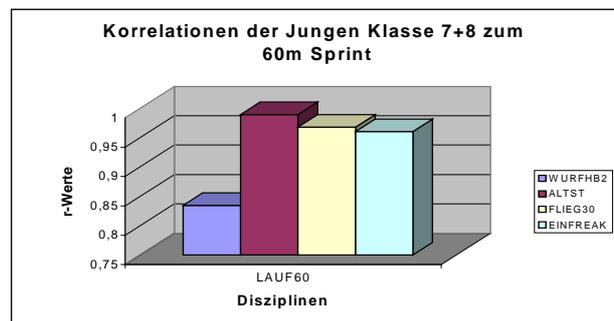


Abb. 33b. Korrelationen der Jungen der Klasse 7 + 8 zum 60 m Sprint

8.9 Regressionsanalyse für den 30 m Sprint nach fliegendem Ablauf und den 60 m Sprintlauf

Zur Bestätigung der ermittelten linearen Zusammenhänge aus den Korrelationsberechnungen wird das Verfahren der linearen Regression eingesetzt.

- Für den 30 m Sprint nach fliegendem Ablauf wird ein deutlicher Zusammenhang zu den kraftdominierenden Disziplinen ersichtlich mit Beta Werten, die sich in einem Bereich zwischen 0,66 und 0,87 bewegen (Tab. 18.).
- Auch die Werte der partiellen Korrelation bewegen sich in einem Bereich von 0,65 und 0,86.

8.9 Regressionsanalyse für den 30 m Sprint nach fliegendem Ablauf und den 60 m Sprintlauf

Tab. 18. Regressionsanalyse für den 30 m Sprint nach fliegendem Ablauf

Modell 1	Beta In	T	Signifikanz	Partielle Korre- lation	Kollinearitäts- statistik
					Toleranz
Standweitsprung rechts	,820	8,739	,000	,790	,920
Standweitsprung links	,761	7,319	,000	,734	,922
Standweitsprung beidbeinig	,816	8,945	,000	,797	,947
Standhochsprung	,664	5,915	,000	,657	,971
Weitsprung 1.Durchgang	,826	9,485	,000	,813	,962
Weitsprung 2.Durchgang	,872	11,771	,000	,866	,979

Abhängige Variable: 30 m Sprint nach fliegendem Ablauf

Ein ähnliches Ergebnis zeigt sich bei den Resultaten der linearen Regression für den 60 m Sprint (Tab. 19.).

- Beta Werte von 0,63 bis 0,86 bestätigen eine hohe lineare Abhängigkeit zu den kraftbetonten Disziplinen.
- Ebenfalls ist für die kraftbetonten Disziplinen eine hohe Signifikanz der Werte der partiellen Korrelation von 0,62 bis 0,85 nachweisbar.

Tab. 19. Regressionsanalyse für den 60 m Sprint

Modell 1	Beta In	T	Signifikanz	Partielle Korre- lation	Kollinearitäts- statistik
					Toleranz
Standweitsprung rechts	,825	8,870	,000	,794	,920
Standweitsprung links	,753	7,150	,000	,726	,922
Standweitsprung beidbeinig	,814	8,901	,000	,795	,947
Standhochsprung	,632	5,427	,000	,625	,971
Weitsprung 1.Durchgang	,815	9,110	,000	,802	,962
Weitsprung 2.Durchgang	,865	11,373	,000	,859	,979

Abhängige Variable: 60 m Sprintlauf

8.10 Korrelationen in den einzelnen 10 m Sprintabschnitten

Um einen Einblick zu erhalten, welche Einflussfaktoren bei der Schnelligkeit, und im speziellen Fall mit dem der Schnelligkeit oft gleichgesetzten leichtathletischen Sprint, während der einzelnen Phasen wirken, wurden mittels Lichtschranken Datenerhebungen zu verschiedenen Messzeitpunkten durchgeführt. Dabei werden die Trainingsinhalte in den verschiedenen Perioden des Trainings ebenfalls mit in die Untersuchung einbezogen. Aus der angegebenen Tabelle wird ersichtlich (Tab. 20.), dass bei den Mädchen zu verschiedenen Zeitpunkten des Sprints die limitierenden Faktoren einen unterschiedlichen Stellenwert besitzen. Mit VP ist in der Tabelle der Abschnitt der Vorbereitungsperiode und mit WP der Abschnitt der Wettkampfperiode im Verlauf des Trainingsjahres gekennzeichnet.

Tab. 20. Zusammenhang zwischen den leistungsbegrenzenden Parametern während verschiedener Messzeitpunkte des Laufs der Mädchen und der Jungen

Bezugsparameter	Ablauf aus dem Tiefstart			Ablauf nach fliegendem Start		
	10 m Messpunkt (Mädchen/Jungen)	20 m Messpunkt (Mädchen/Jungen)	30 m Messpunkt (Mädchen/Jungen)	10 m Messpunkt (Mädchen/Jungen)	20 m Messpunkt (Mädchen/Jungen)	30 m Messpunkt (Mädchen/Jungen)
Trainingseinheiten-VP	,157/,542**	,326/,592**	,642**/,679**	,251/,389**	,15/,502**	,525**/,314*
Trainingseinheiten-WP	,102/,346*	,24/,408	,489**/,434**	,22/,3	,135/,508**	,337**/,205
Allseitige Ausbild.-VP	,428**/,517**	,304/,542**	,661**/,588**	,291/,554**	,166/,116	,351**/,284
Allseitige Ausbild.-WP	,096/,567**	,348**/,615**	,598**/,706**	,253/,337*	,22/,556**	,489**/,333*
Kondition-VP	,027/,319*	,177/,364*	,469**/,466**	,067/,166	,074/,398**	,468**/,275
Kondition-WP	,054/,438**	,274/,493**	,559**/,588**	,209/,307*	,081/,553**	,541**/,236
Leichtathletik ausbild.-VP	,178/,627**	,381**/,682**	,622**/,780**	,361**/,711**	,211/,432**	,617**/,167
Leichtathletik ausbild.-WP	,328/,665**	,542/,718**	,688**/,661**	,530**/,700**	,493**/,832**	,583**/,019
Disziplinspez. Ausbild.-VP	,326/,359*	,511**/,718**	,675**/,656**	,532**/,718**	,417**/,821**	,633**/,01
Disziplinspez. Ausbild.-WP	,339**/,359*	,326/,400**	,178/,454**	,441**/,111	,624**/,181	,012/,431**
Trainings- umfang-VP	,24/,425**	,249/,497**	,543**/,619**	,147/,477**	,068/,227	,343/,272
Trainings- umfang-WP	,116/,379*	,193/,446**	,582**/,648**	,056/,488**	,123/,289	,383**/,233
Grundlagen- training-VP	,182/,097	,436**/,064	,476**/,103	,427**/,03	,493**/,732**	,478**/,243

8.10 Korrelationen in den einzelnen 10 m Sprintabschnitten

Grundlagen- training-WP	,068/,278	,167/,314	,25/,177	,088/,016	,243/,651**	,205/,107
Technik-VP	,361*/,174	,506**/,155	,583**/,239	,552**/,08	,603**/,717**	,471**/,271
Technik-WP	,460**/,258	,539**/,263	,642**/,457**	,619**/,245	,663**/,544**	,440**/,249
Kompensa- tionstrain.-VP	,11/,575**	,311/,623**	,267*/,451**	,355*/,058	,192/,284	,482**/,414**
Kompensa- tionstrain.- WP	,225/,599**	,422*/,648**	,520**/,597**	,474**/,117	,329*/,235	,593**/,426**
Traningsein- heiten/Wo-VP	,109/,386*	,162/,457**	,457**/,643**	,058/,483**	,182/,317*	,399*/,236
Traningsein- heiten/Wo- WP	,109/,386*	,162/,457**	,457**/,643**	,058/,483**	,182/,317*	,399*/,236
Wettkampf- anzahl	,408/,274	,154/,326	,622**/,557**	,194/,451**	,02/,2	,2/,126
Disziplinen						
Wiener Koor- dinationstest 1.Durchgang	,623**/,524*	,684**/,580*	,605**/,481*	,457/,682**	,557*/,627**	,34/,617*
Wiener Koor- dinationstest 2.Durchgang	,626**/,668**	,698**/,720**	,591**/,690**	,566*/,787**	,673**/,765**	,344/,750**
Handball- weitwurf 1.Durchg.	,532*/,638**	,666**/,693**	,566**/,639**	,562*/,774**	,630**/,740**	,081/,726**
Handball- weitwurf 2.Durchg.	,526*/,659**	,634**/,712**	,418*/,673**	,662**/,785**	,751**/,758**	,197/,743**
Ablauf aus dem Tiefstart	,577**/,209	,674**/,254	,495*/,138	,654**/,364	,753**/,289	,263/,288
Standweit- sprung rechts	,547*/,648**	,675**/,702**	,567**/,654**	,578*/,780**	,652**/,749**	,115/,734**
Standweit- sprung links	,517*/,661**	,619**/,714**	,376/,675**	,675**/,786**	,766**/,759**	,215/,744**
Standweit- sprung beid.	,590**/,679**	,695**/,727**	,563**/,716**	,616**/,781**	,710**/,769**	,232/,753**
Weitsprung 1.Durchgang	,515/,680***	,587**/,726**	,282/,720**	,705**/,774**	,811**/,767**	,317/,750**
Weitsprung 2.Durchgang	,548*/,680**	,646**/,726**	,429*/,720**	,672**/,774**	,769**/,767**	,247/,751**
Weitsprung- technik	,520*/,593*	,585**/,649**	,277/,572**	,707**/,742**	,816**/,697**	,34/,684**
Armstütz	0,318/,618*	,475*/,646**	,597**/,668**	,018/,650**	,045/,674**	,303/,657**
Standhoch- sprung	,566*/,679**	,574*/,724**	,389*/,722**	,590**/,768**	,719**/,763**	,516*/,747**
1.Wettkampf- leistung	,608**/,173	,715**/,154	,627**/,222	,562*/,07	,652**/,141	,222/,134
2.Wettkampf- leistung	,549*/,663**	,611**/,701**	,335/,713**	,700**/,728**	,814**/,736**	,369/,719**

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.
* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

10 m Tiefstart

- Bei den Mädchen wird der Ablauf aus dem Tiefstart während der ersten 10 m überwiegend durch technisch-koordinative Parameter bestimmt ($r = 0.460$), insbesondere durch die Bewegungsfrequenz ($r = 0.626$). Auch wirkt in der Startphase gravierend die konditionelle Fähigkeit Kraft ($r = 0.675$ bis $0,695$).
- Bei den Jungen scheinen die ersten 10 m nach dem Tiefstart ausschließlich Kraft- und damit konditionell gekennzeichnet ($r = 0.638$ bis 0.680) zu sein.
- Eine Realisierung über die Technik ist nicht nachweisbar, allerdings ein geringer Bezug zur Bewegungsfrequenz ($r = 0.641 / 0.660$).

20 m Tiefstart

- Für die zweiten 20 m steigt bei den Mädchen der Einfluss des Techniktrainings ($r = 0.506 / 0.539$). Abhängigkeiten werden auch durch die Werte der kraftgekennzeichneten Disziplinen sichtbar. Vor allem zeigt sich jedoch, dass auch dieser Abschnitt wieder überwiegend koordinativ charakterisiert ist und Bezüge zur Bewegungsfrequenz aufweist ($r = 0.696 / 0.694$).
- Im zweiten Abschnitt steigt bei den Jungen der Anteil der technisch-koordinativen ($r = 0.649$) Charakteristik, es überwiegt jedoch weiterhin der konditionelle Anteil.
- Bei 20 m besteht ein geringer Bezug zur Bewegungsfrequenz ($r = 0.696$ bis 0.697).

30 m Tiefstart

- Während des dritten 10 m Abschnittes sind bei den Mädchen weniger korrelative Abhängigkeiten zu verzeichnen. Neben den technisch-koordinativen Parametern mit der Bewegungsfrequenz und der konditionellen Seite, die wiederum in starkem Maße kraftgekennzeichnet ist, wirken sich die verschiedenen Arten der Trainingsgestaltung aus. Das Technik- Koordinationstraining ($r = 0.583 / 0.642$) und auch das Grundlagen- ($r = 0.476$) und leichtathletische Training ($r = 0.622 / 0.688$), das allseitige ($r = 0.661 / 0.598$) und disziplinspezifische Training ($r = 0.675$) und das Konditionstraining ($r = 0.469 / 0.559$) besitzen korrelative Werte gegenüber der Schnellkeitsleistung.
- Auf den dritten 10 m nach dem Ablauf aus dem Tiefstart entstehen in den Ergebnissen der Jungen hohe Korrelationswerte zur Bewegungsfrequenz ($r = 0.643$ bis 0.710).

8.10 Korrelationen in den einzelnen 10 m Sprintabschnitten

- Weiterhin bestehen neben den technisch-koordinativen Bezügen ($r = 0.457$), lineare Bezüge zur Kraft ($r = 0.645$ bis 0.720) und damit zur Kondition.

Werden diese drei 10 m Abschnitte betrachtet wenn ein fliegender Start erfolgte, so ergeben sich leichte Veränderungen in den errechneten Zusammenhängen gegenüber der Ablauf aus dem Tiefstart. Besonders das leichtathletische ($r = 0.530$) und das disziplinspezifische Training ($r = 0.532 / 0.441$) wirken sich auf die gemessenen Zeiten aus.

10 m fliegender Start

- Bei den Mädchen überwiegen im ersten Abschnitt nach fliegendem Start die technisch-koordinativen ($r = 0.552 / 0.619$) Charaktere. Es ist nur ein geringer Bezug zur Bewegungsfrequenz ($r = 0.565$) und auch zu den Reaktionsleistungen ($r = 0.660$) feststellbar.
- Im ersten Abschnitt realisieren die Jungen die Schnelligkeit hauptsächlich über die Kondition bzw. über die Kraft ($r = 0.780$).
- Ein geringer Bezug zur Bewegungsfrequenz ist mit $r = 0.776$ und zur Bewegungskoordination mit $r = 0.682$ nachweisbar.

20 m fliegender Start

- Zu den konditionellen Fähigkeiten und speziell zu denen der Maximalkraft ($r = 0.675$ bis 0.705) besteht bei den Mädchen bei 20 m ein scheinbar hoher Bezug. In diesem Abschnitt besteht ein Gleichgewicht zwischen konditionellen und koordinativen Bezügen ausgehen.
- Der Rolle der Technik ($r = 0.717$) und der Koordination ($r = 0.765$) für die Schnelligkeit nimmt bei den Jungen zu.
- Ebenfalls besteht mit $r = 0.743$ der Bezug zur Frequenz.

30 m fliegender Start

- Der dritte Abschnitt zeigt bei den Mädchen kaum Bezüge zu konditionellen Parametern. Es scheint, als besitze dieser Abschnitt einen rein technisch-koordinativen Charakter ($r = 0.471 / 0.440$) und die Schnelligkeit entsteht nur durch die Technik.
- Auch im dritten Abschnitt besteht bei den Jungen der Bezug zur Bewegungsfrequenz ($r = 0.729$) und zur Koordination ($r = 0.750$).
- Die Kraft bildet mit $r = 0.734 - 0.753$ einen weiteren Einflussfaktor.

8.11 Korrelationen: Einfachreaktionszeit, Schnelligkeit, 30 m Sprintlaufabschnitte

In welchem Maße sich die Trainingskennziffern und die ermittelten Schnelligkeitsbestimmenden Charakteristika auf die Entwicklung der Schnelligkeitsleistung in den einzelnen Klassenstufen auswirken zeigen die Ergebnisse der Längsschnittanalyse.

Elementare Schnelligkeit

8.11 Korrelationen: Einfachreaktionszeit und Schnelligkeit - bezogen auf die Abschnitte des 30 m Sprintlaufs

Der Bezug zwischen Reaktionszeit und Schnelligkeit wird durch die Werte der optischen Einfachreaktion und der Schnelligkeit an verschiedenen Punkten des 30 m Laufs aus dem Tiefstart und nach fliegendem Start hergestellt Tab. 21..

Tiefstart

- Zwischen Ablauf aus dem Tiefstart und der optischen Einfachreaktion ist nur ein signifikanter Zusammenhang zur Zeit des 20 m Abschnitts bei den Mädchen mit $r = 0.595$ nachweisbar.

fliegender Start

- Ebenfalls wie beim Tiefstart sind lediglich Bezüge zu den Zeiten der Mädchen erkennbar. Die Bezüge bestehen zum 10 m Abschnitt ($r = 0.660$) und zum 20 m Abschnitt ($r = 0.788$).

Tab. 21. Zusammenhang zwischen den Bodenkontaktzeit und Schnelligkeit während verschiedener Messzeitpunkte des Laufs der Mädchen und der Jungen

Reaktionszeit – Bezug	Ablauf aus dem Tiefstart			Ablauf nach fliegendem Start		
	10 m Messpunkt (Mädchen/Jungen)	20 m Messpunkt (Mädchen/Jungen)	30 m Messpunkt (Mädchen/Jungen)	10 m Messpunkt (Mädchen/Jungen)	20 m Messpunkt (Mädchen/Jungen)	30 m Messpunkt (Mädchen/Jungen)
Einfachreaktion 1. Durchgang	,568*/236	,595**/282	,359/,165	,660**/393	,788**/319	,476*/317

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.
* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

8.12 Korrelationen: Bodenkontaktzeit und Schnelligkeit - bezogen auf die Abschnitte des 30 m Sprintlaufs

Schnelligkeit wird u. A. durch die Bewegungsfrequenz bestimmt. Die Frequenz steht ihrerseits in direktem Zusammenhang zu Dauer des Fußaufsatzes beim Lauf. Je höher die Bewegungsfrequenz, desto kürzer die Dauer des Fußaufsatzes. Demnach besteht auch ein Bezug zwischen Bodenkontaktzeit und Schnelligkeit (Tab. 22.).

Tab. 22. Zusammenhang zwischen den Bodenkontaktzeit und Schnelligkeit während verschiedener Messzeitpunkte des Laufs der Mädchen und der Jungen

Zeitbezug	Ablauf aus dem Tiefstart			Ablauf nach fliegendem Start		
	10 m Messpunkt (Mädchen/Jungen)	20 m Messpunkt (Mädchen/Jungen)	30 m Messpunkt (Mädchen/Jungen)	10 m Messpunkt (Mädchen/Jungen)	20 m Messpunkt (Mädchen/Jungen)	30 m Messpunkt (Mädchen/Jungen)
Blockzeit	,581**/,641**	,604**/,696**	,417*/,643**	,614**/,776**	,741**/,743**	,487*/,729**

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.
* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

Die Tabelle zeigt den Zusammenhang zwischen der Bodenkontaktzeit und der Schnelligkeit an verschiedenen Punkten des 30 m Laufs aus dem Tiefstart und nach fliegendem Start. Die Bodenkontaktzeit wird durch die gemessenen Blockzeiten dargestellt.

Tiefstart

- Sowohl für den 10 m Abschnitt ($r_{Mä} = 0.581$ / $r_{Ju} = 0.641$) als auch für den 20 m Abschnitt ($r_{Mä} = 0.604$ / $r_{Ju} = 0.696$) bestehen bei den Mädchen und den Jungen lineare Abhängigkeiten zur gemessenen Bodenkontaktzeit.
- Beim 30 m Abschnitt sind nur noch für die Jungen Bezüge zur Kontaktzeit nachweisbar ($r = 0.643$).

fliegender Start

- Beim Ablauf nach fliegendem Start ergeben sich die gleichen korrelativen Bezüge wie beim Ablauf aus dem Tiefstart.
- Zwischen dem 10 m Abschnitt ($r_{Mä} = 0.614$ / $r_{Ju} = 0.776$); dem 20 m Abschnitt ($r_{Mä} = 0.741$ / $r_{Ju} = 0.743$) und dem 30 m Abschnitt ($r_{Ju} = 0.729$) sind Korrelationen zur Bodenkontaktzeit nachweisbar.

8.13 Korrelationen: Bewegungsfrequenz und Schnelligkeit - bezogen auf die Abschnitte des 30 m Sprintlaufs

Schnelligkeit wird wie die Bewegungsfrequenz als überwiegend koordinativ bedingte Fähigkeit angesehen. Den Zusammenhang zwischen der Frequenz und der Schnelligkeit an verschiedenen Punkten des 30 m Laufs aus dem Tiefstart und nach fliegendem Start zeigt Tab. 23..

Tab. 23. Zusammenhang zwischen den Bewegungsfrequenz und Schnelligkeit während verschiedener Messzeitpunkte des Laufs der Mädchen und der Jungen

Frequenz- bezug	Ablauf aus dem Tiefstart			Ablauf nach fliegendem Start		
	10 m Messpunkt (Mädchen/Jungen)	20 m Messpunkt (Mädchen/Jungen)	30 m Messpunkt (Mädchen/Jungen)	10 m Messpunkt (Mädchen/Jungen)	20 m Messpunkt (Mädchen/Jungen)	30 m Messpunkt (Mädchen/Jungen)
Skipping 10 s	,625**/,614**	,696**/,696**	,629**/,643**	,432/,776**	,524*/.,743**	,297/,729**
Skipping 20 s	,626**/,405	,694**/,406	,584**/,446*	,565*/.,356	,673**/,412	,356/,399
Skipping 30 s	,493*/.,660**	,559*/.,697**	,227/,710**	,707**/,721**	,813**/,731**	,323/,715**
Skipping Summe	,581**/,563*	,596**/,548*	,482*/.,610**	,479*/.,569*	,596**/,604*	,469*/.,589*
Beintapping sitzend	,371/,585*	,301/,608	,025/,633**	,528*/.,600*	,661**/,631**	,636**/,616*

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.
* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

Die Bewegungsfrequenz wird durch die Werte der einzelnen Skipping- und des Tappingtests einbezogen. Um einen weiteren Referenzwert zu erhalten, wurden die Leistungen aus den einzelnen Skippingtests zur 'summierten Skippingleistung' zusammengefasst und in Beziehung zur komplexen Schnelligkeit gebracht.

10 m Tiefstart

- Zwischen den Zeiten des 10 m Laufs nach Tiefstart und den Skippingfrequenzen für 10 s bestehen korrelative Zusammenhänge sowohl bei den Jungen ($r = 0.614$) als auch bei den Mädchen ($r = 0.625$).
- Zum Skippingtest über 20 s bestehen nur bei den Mädchen ($r = 0.626$) und zum Test über 30 s nur bei den Jungen signifikante Zusammenhänge ($r = 0.660$).

8.13 Korrelationen: Bewegungsfrequenz, Schnelligkeit, 30 m Sprintlaufabschnitte

- In der Summenzusammenfassung der einzelnen Skippingtests ist nur bei den Mädchen ein linearer Zusammenhang zu den ersten 10 m nach Tiefstart mit $r = 0.581$ nachweisbar.
- Der Vergleich mit dem Tappingtest ergab keine linearen Zusammenhänge zum ersten Laufabschnitt.

20 m Tiefstart

- Für den zweiten Abschnitt nach dem Tiefstart ergibt sich das gleiche Zusammenhangsbild wie für die ersten 10 m mit:
 - Skipping 10 s – Mädchen ($r = 0.696$) / Jungen ($r = 0.696$)
 - Skipping 20 s – Mädchen ($r = 0.694$)
 - Skipping 30 s – Jungen ($r = 0.697$)
 - Skipping Summe – Mädchen ($r = 0.596$).
- Zum Beintapping konnte auch in diesem Abschnitt kein Zusammenhang nachgewiesen werden.

30 m Tiefstart

- Im dritten Abschnitt nach dem Tiefstart bestehen die gleichen Zusammenhänge wie in den vorherigen Abschnitten:
 - Skipping 10 s – Mädchen ($r = 0.629$) / Jungen ($r = 0.643$)
 - Skipping 20 s – Mädchen ($r = 0.584$)
 - Skipping 30 s – Jungen ($r = 0.710$)
- Zur summierten Skippingleistung bestehen abweichend zu den beiden vorherigen Abschnitten korrelative Bezüge bei den Jungen ($r = 0.610$) und erstmalig sind bei den Jungen auch Zusammenhänge zum Beintapping nachweisbar.

10 m fliegender Start

- Beim Ablauf nach fliegender Start ergeben sich zum 10 s Skippingtest lediglich lineare Bezüge bei den Jungen mit $r = 0.776$.
- Für den 30 s Skippingtest sind korrelative Abhängigkeiten bei den Mädchen ($r = 0.707$) und bei den Jungen ($r = 0.721$) nachweisbar.
- Sowohl beim 20 s Skippingtest, als auch bei der summierten Skippingleistung und beim Beintapping konnte kein linearer Zusammenhang nachgewiesen werden.

20 m fliegender Start

- Auf diesen Abschnitt bestehen Bezüge bei der 10 s Skippingleistung der Jungen ($r = 0.743$), der 20 s Skippingleistung der Mädchen ($r = 0.673$) und zur 30 s Skippingleistung der Mädchen ($r = 0.813$) und der Jungen ($r = 0.731$).
- Ebenfalls ist bei den Mädchen eine lineare Abhängigkeit zur summierten Skippingleistung ($r = 0.596$) und zum Beintapping beider Geschlechter zu erkennen ($r_{Mä} = 0.661 / r_{Ju} = 0.631$).

30 m fliegender Start

- Für den 30 m Abschnitt sinken die Abhängigkeiten zu den Frequenzleistungen.
- Hier bestehen Bezüge bei der 10 s Skippingleistung der Jungen ($r = 0.729$), der 30 s Skippingleistung der Jungen ($r = 0.715$) und zum Beintapping der Mädchen ($r = 0.636$).
- Im 30 m Abschnitt nach fliegendem Start bestehen bei beiden Geschlechtern scheinbar keine Bezüge zur 20 s Skippingleistung und zur summierten Skippingleistung.

Korrelative Zusammenhänge zwischen komplexer und elementarer Schnelligkeit

8.14 Korrelationen: Technikausbildung und Schnelligkeit

Schnelligkeit wird zunehmend als koordinativ-technisch dominiertes Konstrukt angesehen. Daher ist die technische Ausbildung im Jahresverlauf des Trainings sowohl in die Vorbereitungs- als auch in die Wettkampfperiode integriert. Der Phasenverlauf der Schnelligkeit wird in verschiedene Abschnitte untergliedert, die u.a. durch eine Beschleunigungsleistung und eine Maximalgeschwindigkeit geprägt werden. Um beiden Abschnitten gerecht zu werden, wird in die Betrachtung zur Thematik des Technikbezuges der 30 m Sprintlauf aus dem Tiefstart und der 30 m Sprintlauf nach fliegendem Start sowohl für die Jungen, als auch für die Mädchen einbezogen (Tab. 24.). Im 30 m Sprintlauf aus dem Tiefstart spiegelt sich die Beschleunigungsleistung und im 30 m Sprintlauf nach fliegendem Start überwiegend die Maximalgeschwindigkeit wieder. Durch die messtechnische Lichtschrankenordnung bei der Schnelligkeitsermittlung wird es möglich den Bezug der technischen Ausbildung zu Laufabschnitten von jeweils 10 m herzustellen.

8.14 Korrelationen: Technikausbildung und Schnelligkeit

Tab. 24. Einfluss des Techniktrainings auf die Schnelligkeitsleistung

		zehn_al	zwanz_al	dreiß_al	zehn_fli	zwanz_fl	dreiß_fl
Mädchen	Tech_vp	,361*	,506**	,583**	,552**	,603**	,471**
	Tech_wp	,460**	,539**	,642**	,619**	,663**	,440**
Jungen	Tech_vp	,174	,155	,239	,08	,717**	,271
	Tech_wp	,258	,263	,457**	,245	,544**	,249

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.
 * Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

Werden die Umfänge des Techniktrainings in Vorbereitungs- und Wettkampfperiode mit den gemessenen Zeiten in den einzelnen Abschnitten des Sprintlaufs korreliert, so ergeben sich für die Mädchen und Jungen voneinander abweichende Resultate.

Techniktraining der Vorbereitungsperiode - Mädchen

- Bei den Mädchen sind zwischen dem Techniktraining der Vorbereitungsperiode und dem Ablauf aus dem Tiefstart erst auf dem zweiten und dritten 10 m Abschnitt signifikante Abhängigkeiten mit $r_{20m} = 0.506$ und $r_{30m} = 0.583$ nachweisbar.
- Zum Ablauf nach fliegendem Start bestehen zu jedem Messzeitpunkt signifikante Zusammenhänge mit $r_{10m} = 0.552$; $r_{20m} = 0.603$; $r_{30m} = 0.471$.

Techniktraining der Wettkampfperiode - Mädchen

- Die zeitlichen Umfänge des Techniktrainings in der Wettkampfperiode zeigen bei den Mädchen durchgängig lineare Abhängigkeiten zu den einzelnen Abschnitten der Schnelligkeit/des Sprintlaufs.
- Beim Ablauf aus dem Tiefstart ist auf dem ersten Abschnitt ein signifikanter Korrelationskoeffizient von $r_{10m} = 0.460$ auf dem zweiten Abschnitt ein $r_{20m} = 0.539$ und auf dem dritten Abschnitt ein $r_{30m} = 0.642$ nachweisbar. Beim Ablauf nach fliegendem Start ergaben die Korrelationsberechnungen für die verschiedenen Abschnitte Werte von $r_{10m} = 0.619$; $r_{20m} = 0.663$; $r_{30m} = 0.440$.

Techniktraining der Vorbereitungsperiode - Jungen

- Bei den Jungen gestaltet sich ein gänzlich anderes Zusammenhangsbild. Das Techniktraining der Vorbereitungsperiode verzeichnet ausschließliche Zusammenhänge zum zweiten 10 m Abschnitt des Ablaufs nach fliegendem Start mit $r_{20m} = 0.717$.

Techniktraining der Wettkampfperiode - Jungen

- Das Techniktraining der Wettkampfperiode korreliert lediglich signifikant mit dem dritten 10 m Abschnitt des Ablaufs aus dem Tiefstart ($r_{30m} = 0.457$) und dem zweiten 10 m Abschnitt des Ablaufs nach fliegendem Start ($r_{20m} = 0.544$).

8.15 Korrelationen: Trainingsbelastung der Vorbereitungsperiode und die Zusammenhänge zu den elementaren Schnelligkeitsfaktoren Frequenz, Reaktionszeit und Bodenkontaktzeit und den komplexen Schnelligkeitsleistungen

In der Vorbereitungsperiode (VP) werden die konditionellen und koordinativen Grundlagen für Schnelligkeitsleistungen der Wettkampfperiode und im speziellen des Hochleistungsbereichs geschaffen. Das Training der VP erfolgt mit verschiedenen Schwerpunkten/Kennziffern. Die Umfänge der verschiedenen Trainingskennziffern spiegeln sich im Gesamttrainingsumfang der VP wieder. Bestehende Zusammenhänge zwischen dem Trainingsumfang der VP und den elementaren Schnelligkeitsfaktoren Frequenz, Reaktionszeit und Bodenkontaktzeit verdeutlicht Tab. 25.. Ebenfalls aufgezeigt werden die Wechselbeziehungen innerhalb der elementaren und der komplexen Schnelligkeit bzw. zu ausgewählten Schnelligkeitsfaktoren.

Für die komplexen Schnelligkeitsleistungen wurden die einzelnen 10 m Abschnitte des Ablaufs aus dem Tiefstart und nach fliegendem Start einbezogen. Bei der Skippingfrequenz als eine der elementaren Schnelligkeitsleistungen flossen die Daten des 10 s, des 20 s, des 30 s Skippingtests und der summierten Skipplingleistung aus den drei Tests in die korrelativen Berechnungen ein. Als weitere elementare Schnelligkeitsleistungen wurden die Tappingfrequenz, die optische Einfachreaktionszeit und die Bodenkontaktzeit mit einbezogen.

8.15 Korrelationen: Trainingsbelastung, elementare und komplexe Schnelligkeit

Tab. 25. Korrelationen: Einfluss des Trainings der Vorbereitungsperiode auf ausgewählte Schnelligkeitsfaktoren der komplexen und der elementaren Schnelligkeit und deren Wechselbeziehungen

		Ablauf aus dem Tiefstart			Ablauf nach fliegendem Start			Skippingfrequenz				Tappingfrequenz	Optische Eifachreaktion	Bodenkontaktzeit	Trainings-einheiten VP	Trainings-einheiten WP
		10 m	20 m	30 m	10 m	20 m	30 m	10 s	20 s	30 s	Summe					
Ablauf aus dem Tiefstart	10 m	1	,740**/ ,978**	,598**/ ,922**	,307/ ,737**	,294/ ,512**	,068/ ,295*	,625**/ ,641**	,626/ ,405	,493*/ ,660**	,581/ ,563*	,371/ ,585*	,568*/ ,236	,581**/ ,641**	,157/ ,542**	,102/ ,346*
	20 m	,740**/ ,978**	1	,670**/ ,959**	,485*/ ,794**	,545**/ ,530**	,141/ ,331*	,696**/ ,696**	,694/ ,406	,559*/ ,697**	,596**/ ,584*	,301/ ,608*	,595**/ ,282	,604**/ ,696**	,326/ ,592**	,240/ ,408**
	30 m	,598**/ ,922**	,670**/ ,959**	1	,486**/ ,761**	,370*/ ,506**	,457**/ ,333*	,629**/ ,643**	,584/ ,446*	,227/ ,710**	,482*/ ,610**	,025/ ,633**	,359/ ,165	,417*/ ,643**	,642**/ ,679**	,489**/ ,434**
Ablauf nach fliegendem Start	10 m	,307/ ,737**	,485*/ ,794**	,486**/ ,761**	1	,715**/ ,346*	,166/ ,192	,432/ ,776**	,565*/ ,365	,707**/ ,721**	,479*/ ,569*	,528*/ ,600*	,660**/ ,393	,614**/ ,776**	,251/ ,389**	,220/ ,300
	20 m	,294/ ,512**	,545**/ ,530**	,370*/ ,506**	,715**/ ,346*	1	,015/ ,147	,524*/ ,743**	,673**/ ,412	,813**/ ,731**	,596**/ ,604*	,661**/ ,631*	,788**/ ,319	,741**/ ,743**	,150/ ,502**	,135/ ,508**
	30 m	,068/ ,295*	,141/ ,331*	,457**/ ,333*	,166/ ,192	,015/ ,147	1	,297/ ,729**	,356/ ,399	,323/ ,715**	,469*/ ,589*	,636**/ ,616*	,476*/ ,317	,487/ ,729**	,525**/ ,314*	,337/ ,205
Skippingfrequenz	10 s	,625**/ ,641**	,696**/ ,696**	,629**/ ,643**	,432/ ,776**	,524*/ ,743**	,297/ ,729**	1	,947**/ ,231	,346/ ,796**	,929**/ ,529**	,402*/ ,579**	,703**/ ,615**	,816**/ ,1	,205/ ,722**	,071/ ,439*
	20 s	,626/ ,405	,694/ ,406	,584/ ,446*	,565*/ ,365	,673**/ ,412	,356/ ,399	,947**/ ,231	1	,626**/ ,773**	,917**/ ,948**	,549**/ ,927**	,884**/ ,625**	,935**/ ,231	,486/ ,188	,192/ ,291
	30 s	,493*/ ,660**	,559*/ ,697**	,227/ ,710**	,707**/ ,721**	,813**/ ,731**	,323/ ,715**	,346/ ,796**	,626**/ ,773**	1	,380/ ,935**	,514**/ ,954**	,840**/ ,013	,710**/ ,796**	,964**/ ,589**	,498**/ ,467*
	Summ	,581/ ,563*	,596**/ ,584*	,482*/ ,610**	,479*/ ,569*	,596**/ ,604*	,469*/ ,589*	,929**/ ,529**	,917**/ ,948**	,380/ ,935**	1	,699**/ ,998**	,809**/ ,344	,916**/ ,529**	,167/ ,401*	,167/ ,397*
Tapping		,371/ ,585*	,301/ ,608*	,025/ ,633**	,528*/ ,600*	,661**/ ,631*	,636**/ ,616*	,402*/ ,579**	,549**/ ,927**	,514**/ ,954**	,699**/ ,998**	1	,799**/ ,287	,804**/ ,579**	,276/ ,436*	,367/ ,413*
Eifachreakt.		,568*/ ,236	,595**/ ,282	,359/ ,165	,660**/ ,393	,788**/ ,319	,476*/ ,317	,703**/ ,615**	,884**/ ,625**	,840**/ ,013	,809**/ ,344	,799**/ ,287	1	,977**/ ,615**	,678**/ ,427*	,140/ ,117
Bodenkontakt		,581**/ ,641**	,604**/ ,696**	,417*/ ,643**	,614**/ ,776**	,741**/ ,743**	,487/ ,729**	,816**/ ,1	,935**/ ,231	,710**/ ,796**	,916**/ ,529**	,804**/ ,579**	,977**/ ,615**	1	,520**/ ,722**	,029/ ,439*
Trainings-einheiten	VP	,157/ ,542**	,326/ ,592**	,642**/ ,679**	,251/ ,389**	,150/ ,502**	,525**/ ,314*	,205/ ,722**	,486*/ ,188	,964**/ ,589**	,167/ ,401*	,276/ ,436*	,678**/ ,427*	,520**/ ,722**	1	,850**/ ,850**
	WP	,102/ ,346*	,240/ ,408**	,489**/ ,434**	,220/ ,300	,135/ ,508**	,337*/ ,205	,071/ ,439*	,192/ ,291	,498**/ ,467*	,167/ ,397*	,367/ ,413*	,140/ ,117	,029/ ,439*	,850**/ ,850**	1

** Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.
* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

Trainingseinheiten VP

- Bei den Trainingseinheiten der VP (TE VP) lassen sich korrelative Zusammenhänge auf dem 10 m ($r = 0.542$) und dem 20 m ($r = 0.592$) Abschnitt nach dem Tiefstart nur bei den Jungen nachweisen. Für den 30 m Abschnitt bestehen bei beiden Geschlechtern lineare Beziehungen ($r_{\text{Mädchen}} = 0.642 / r_{\text{Jungen}} = 0.679$).
- Der Ablauf nach fliegendem Start zeigt zu den TE VP nur bei den Jungen im 10 m ($r = 0.389$) und dem 20m ($r = 0.502$) Abschnitt signifikante Korrelationen. Für den 30 m Abschnitt bestehen lineare Abhängigkeiten nur bei den Mädchen ($r = 0.525$).
- Die TE VP zeigen zu den Skippingfrequenzen im 10 s Test nur bei den Jungen einen Korrelationswert von $r = 0.722$. Zum 30 s Test bestehen bei den Jungen und den Mädchen lineare Beziehungen mit $r_{\text{Mädchen}} = 0.964$ und $r_{\text{Jungen}} = 0.589$. Zwischen den TE VP und dem 20 s Test sowie zwischen TE VP und der summierten Skipingleistung sind keine Zusammenhänge nachweisbar. Bei beiden Geschlechtern sind keine Abhängigkeiten zwischen TE VP und Tappingfrequenz nachweisbar.
- Die Bodenkontaktzeit weist mit Korrelationswerten von $r_{\text{Mädchen}} = 0.520$ und $r_{\text{Jungen}} = 0.722$ bei Jungen und Mädchen lineare Zusammenhänge zu den TE VP auf.

Trainingseinheiten WP

- Die Trainingseinheiten der WP (TE WP) wirken sich zum Ablauf aus dem Tiefstart erst nach dem 20 m Beschleunigungslauf und ausschließlich bei den Jungen ($r = 0.408$) signifikant aus. Wie die TE VP wirken, korrelieren auch die TE WP bei beiden Geschlechtern signif. zum 30 m Abschnitt ($r_{\text{Mädchen}} = 0.489 / r_{\text{Jungen}} = 0.434$).
- Der Ablauf nach fliegendem Start zeigt nur beim 20 m Abschnitt der Jungen lineare Zusammenhänge zu den TE WP ($r = 0.508$). Zum 10 m und zum 30 m Abschnitt lassen sich für Jungen und Mädchen keine linearen Zusammenhänge nachweisen.
- Für den 10 s, 20 s Test und die summierte Skipingleistung lassen sich für Jungen und für Mädchen keine linearen Abhängigkeiten bestätigen. Lediglich für die Mädchen im 30 s Skippingtest bestehen signif. Korrelationen zur TE WP mit $r = 0.498$.
- Zwischen der Tappingleistung, der optischen Einfachreaktion und den Bodenkontaktzeiten bestehen keine linearen Bezüge zur TE WP.

Komplexe Schnelligkeit

Ablauf aus dem Tiefstart

- Der 10 m Abschnitt des Ablauf aus dem Tiefstart weist zum Ablauf nach fliegendem Start nur bei den Jungen im 10 m ($r = 0.737$) und im 20 m ($r = 0.512$) Abschnitt lineare Zusammenhänge auf. Bei den Mädchen sind in diesen Abschnitten keine Abhängigkeiten nachweisbar. Zum 30 m Abschnitt bestehen bei beiden Geschlechtern scheinbar keine Zusammenhänge zum Ablauf nach fliegendem Start.

- Die 10 s Skippingleistung zeigt bei beiden Geschlechtern ($r_{\text{Mädchen}} = 0.625 / r_{\text{Jungen}} = 0.641$), die 20 s Leistung ausschließlich bei den Mädchen ($r = 0.626$), die 30 s Leistung nur bei den Jungen ($r = 0.660$) und die summierte Skippingleistung wieder nur bei den Mädchen ($r = 0.581$) signifikante lineare Zusammenhänge zum 10 m Abschnitt des Ablaufs aus dem Tiefstart.

Sowohl die Tappingfrequenz, als auch die optische Einfachreaktion weisen bei beiden Geschlechtern keine Abhängigkeiten zum 10 m Abschnitt des Tiefstarts auf.

Lineare Zusammenhänge sind bei den Mädchen ($r = 0.581$) und bei den Jungen ($r = 0.641$) zu den Bodenkontaktzeiten nachweisbar.

- Der 20 m Tiefstart-Abschnitt zeigt für die Mädchen zu den 10 m nach fliegendem Start bei den Jungen Korrelationen von ($r = 0.794$) und zu den 20 m nach fliegendem Start bei Mädchen ($r = 0.545$) und Jungen ($r = 0.530$) signif. korrelative Zusammenhänge. Zum 30 m Abschnitt (fliegend) bestehen keine linearen Abhängigkeiten.

Die 10 s Skippingleistung weist bei den Mädchen ($r = 0.696$) und den Jungen ($r = 0.696$) Korrelationen zum 20 m Tiefstart-Abschnitt auf. Zur 20 s Skippingleistung bestehen nur bei den Mädchen ($r = 0.694$), zum 30 m Abschnitt nur bei den Jungen ($r = 0.697$) und zur summierten Skippingleistung wieder nur bei den Mädchen ($r = 0.696$) Zusammenhänge. Die Tappingfrequenz hat offenbar keinen Bezug zum 20 m Tiefstart Abschnitt.

Die optische Einfachreaktion weist nur für die Mädchen gegenüber dem 20 m Tiefstart-Abschnitt signif. Zusammenhänge mit $r = 0.595$ auf.

Bei den Bodenkontaktzeiten bestehen wiederum bei beiden Geschlechtern korrelative Zusammenhänge ($r_{\text{Mädchen}} = 0.604 / r_{\text{Jungen}} = 0.696$).

- Der 30 m Tiefstart-Abschnitt weist bei Mädchen ($r = 0.486$) und Jungen ($r = 0.671$) signif. Zusammenhänge zu den ersten 10 m nach fliegendem Start auf. Beim

8.15 Korrelationen: Trainingsbelastung, elementare und komplexe Schnelligkeit

fliegenden Start bestehen bei 20 m nur bei den Jungen ($r = 0.506$) und bei 30 m nur bei den Mädchen ($r = 0.457$) lineare Abhängigkeiten zum 30 m Tiefstart-Abschnitt.

Im 30 m Abschnitt zeigen sich zur 10 s Skippingleistung Korrelationen bei beiden Geschlechtern mit $r_{\text{Mädchen}} = 0.629$ und $r_{\text{Jungen}} = 0.643$. Zur 20 s Leistung bestehen bei den Mädchen mit $r = 0.584$ und zur 30 s und der summierten Skippingleistung ausschließlich bei den Jungen mit $r = 0.710$ und $r = 0.610$ Zusammenhänge.

Die Tappingfrequenz ($r = 0.633$) weist wie die Bodenkontaktzeit ($r = 0.643$) nur bei den Jungen lineare Abhängigkeiten auf.

Zur optischen Einfachreaktion bestehen bei beiden Geschlechtern keine Zusammenhänge.

Ablauf nach fliegendem Start

- Neben den linearen Zusammenhängen zu den Trainingseinheiten und zum Ablauf aus dem Tiefstart, welche sich in den Ergebnissen bereits widerspiegeln, bestehen für den 10 m Abschnitt nach fliegendem Start Zusammenhänge zur 10 s Skippingleistung der Jungen ($r = 0.776$) und zur 30 s Skippingleistung der Mädchen und der Jungen ($r_{\text{Mädchen}} = 0.707$ / $r_{\text{Jungen}} = 0.721$). Die 20 s und die summierte Skippingleistung weisen gleich der Tappingleistung bei beiden Geschlechtern keine Abhängigkeiten zum 10 m Abschnitt auf.

Zwischen der optischen Einfachreaktion und dem 10 m Abschnitt bestehen nur für die Mädchen Korrelationen ($r = 0.660$) zum 10 m Abschnitt nach fliegendem Start.

Die Bodenkontaktzeiten weisen sowohl bei den Mädchen ($r = 0.614$) als auch bei den Jungen ($r = 0.776$) lineare Zusammenhänge auf.

- Der 20 m Abschnitt des Ablauf nach fliegendem Start weist zur 10 s Skippingleistung der Jungen ($r = 0.743$) und zur 20 s Leistung der Mädchen ($r = 0.673$) lineare Korrelationen auf. Während der 30 s Skippingleistung bestehen die signif. Korrelationen bei beiden Geschlechtern ($r_{\text{Mädchen}} = 0.813$ / $r_{\text{Jungen}} = 0.731$) und bei der summierten Skippingleistung wiederum nur bei den Mädchen ($r = 0.596$).

Zur Tappingleistung ($r = 0.661$) und zur optischen Einfachreaktion ($r = 0.788$) zeigen sich nur bei den Mädchen lineare Zusammenhänge zum 20 m Abschnitt.

Zwischen den Bodenkontaktzeiten und dem 20 m Abschnitt bestehen bei Mädchen ($r = 0.741$) wie bei Jungen ($r = 0.743$) Abhängigkeiten.

- Der 30 m Abschnitt nach fliegendem Start weist zur Skippingleistung nur bei den Jungen im 10 s ($r = 0.729$) und im 30 s Test ($r = 0.715$) Abhängigkeiten auf. Zu den

8.15 Korrelationen: Trainingsbelastung, elementare und komplexe Schnelligkeit

Mädchen und zum 20 s Test bzw. zur summierten Skippingleistung beider Geschlechter bestehen keine Zusammenhänge.

Die Tappingleistung weist bei den Mädchen ($r = 0.636$) und die Bodenkontaktzeit bei den Jungen ($r = 0.729$) Korrelationen zum 30 m Abschnitt nach fliegendem Start auf. Die optische Einfachreaktion hat auf den 30 m Abschnitt keinen Einfluss.

Elementare Schnelligkeit

Skippingfrequenz

- Die Zusammenhänge zwischen der Skippingfrequenz und den Trainingseinheiten, bzw. dem Ablauf aus dem Tief- und nach fliegendem Start sind aus den Ergebnissen ersichtlich. Weiter zeigen sich im 10 s Skippingtest bei den Jungen Korrelationen zur Tappingfrequenz ($r = 0.579$).
- Die optische Einfachreaktion korreliert bei den Mädchen ($r = 0.703$) und die Bodenkontaktzeit bei den Jungen ($r = 0.615$) zum 10 s Skipping.
- Der 20 s Skippingtest zeigt bei beiden Geschlechtern lineare Zusammenhänge zur Tappingfrequenz ($r_{\text{Mädchen}} = 0.549$ / $r_{\text{Jungen}} = 0.927$) und zur optischen Einfachreaktion ($r_{\text{Mädchen}} = 0.884$ / $r_{\text{Jungen}} = 0.625$). Lediglich bei den Mädchen korreliert die Bodenkontaktzeit ($r = 0.935$) mit den Werten des 20 s Test.
- Die Leistungen in den 30 s Skippingtests zeigen zur Tappingfrequenz ($r_{\text{Mädchen}} = 0.514$ / $r_{\text{Jungen}} = 0.954$) und zu den Bodenkontaktzeiten ($r_{\text{Mädchen}} = 0.710$ / $r_{\text{Jungen}} = 0.796$) der Mädchen und der Jungen signif. lineare Zusammenhänge.
- Korrelationen weist auch die optische Einfachreaktion bei den Mädchen mit $r = 0.840$ auf die Skippingleistung auf.
- Bei der summierten Skippingleistung ergeben sich die gleichen korrelativen Zusammenhänge gleich der 30 s Leistung. Bei der Tappingleistung der Jungen bestanden Korrelationswerte von $r_{\text{Mädchen}} = 0.699$ und $r_{\text{Jungen}} = 0.998$ und bei den Bodenkontaktzeiten von $r_{\text{Mädchen}} = 0.916$ und $r_{\text{Jungen}} = 0.529$. Die optische Einfachreaktion korreliert wiederum nur bei den Mädchen mit der summierten Skippingleistung ($r = 0.809$).

Tappingfrequenz

- Die Zusammenhänge zu den Trainingseinheiten, dem Ablauf aus dem Tief- und nach fliegendem Start und zur Skippingfrequenz spiegeln sich in den aufgeführten Ergebnissen wieder, des weiteren besteht eine lineare Abhängigkeit zur Einfache

8.16 Ergebnisse der Pilotstudie zum Nachweis des Einsetzens der Schnelligkeitsausdauer

- aktion der Mädchen ($r = 0.799$) und zu den Bodenkontaktzeiten beider Geschlechter ($r_{\text{Mädchen}} = 0.804 / r_{\text{Jungen}} = 0.579$).

Optische Einfachreaktion

- Neben den in den Ergebnissen angegebenen Abhängigkeiten zu den Trainingseinheiten, dem Ablauf aus dem Tief- und nach fliegendem Start und zur Skipping- und der Tappingfrequenz besteht ein direkter Zusammenhang zur Bodenkontaktzeit sowohl bei den Mädchen ($r = 0.977$) als auch bei den Jungen ($r = 0.615$).

Bodenkontaktzeit

- Die linearen Zusammenhänge zur elementaren und komplexen Schnelligkeit spiegeln sich bei beiden Geschlechtern in den aufgeführten Ergebnissen wieder.

Ergebnisse der Pilotstudie

8.16 Ergebnisse der Pilotstudie zum Nachweis des Einsetzens der Schnelligkeitsausdauer bei Tapping-Frequenzleistungen

Die nachfolgenden Diagramme stellen die Verläufe der relativen Bewegungsfrequenzwerte dar. Dabei entspricht der Maximalwert 1,0 immer einem Prozentsatz von 100 %. Für die Versuche standen 21 Probanden, davon 6 Frauen und 15 Männer zur Verfügung. Die Niveaus der signifikanten Veränderungen (p) sind in Klammern angegeben.

Für einen Testzeitraum von 6 s wurde für die Bewegungsfrequenz der folgende Verlauf ermittelt (Abb. 34.).

- Die Bewegungsfrequenzwerte steigen bis zur 2. s von 9,8 Wdh/s auf 10,12 Wdh/s geringfügig an.
- In der Folge kommt es zu einem stetigen Abfall auf 9,65 Wdh/s bis zur 4. s, verbunden mit einer kurzzeitigen Stagnation bis zur 5. s und einem weiteren Abfall auf 9,3 Wdh/s bis zum Ende ($p = 0.039$).

8.16 Ergebnisse der Pilotstudie zum Nachweis des Einsetzens der Schnelligkeitsausdauer

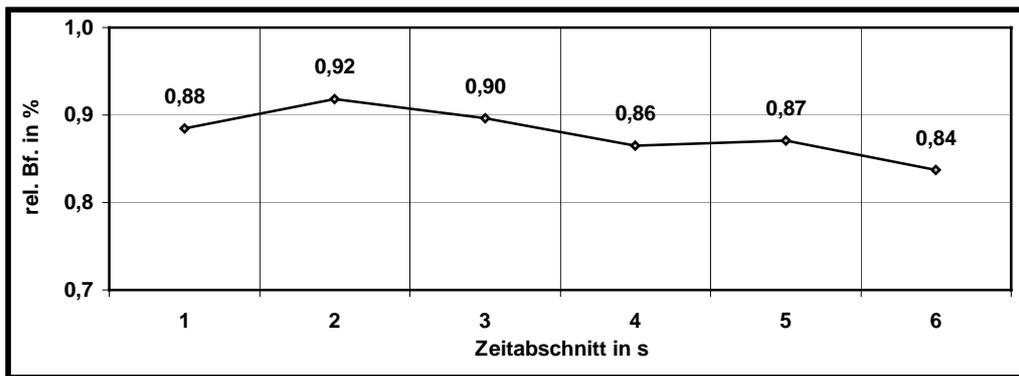


Abb. 34. Durchschnittliche relative Bewegungsfrequenzwerte beim 6-Sekunden-Fußtapping-Test

Für einen gemessenen Zeitabschnitt von 49 s wird die im Test zuvor ermittelte Verlaufsform noch deutlicher (Abb. 35.).

- Bereits von Beginn der Bewegung an fallen die Frequenzwerte kontinuierlich bis zur 24. s ab. Konkret bedeutet das ein Absinken von 9,63 Wdh/s auf 7,91 Wdh/s.
- In den folgenden 25 s bis zum Ende pegeln sich die Frequenzwerte relativ konstant um 7,8 Wdh/s ein.

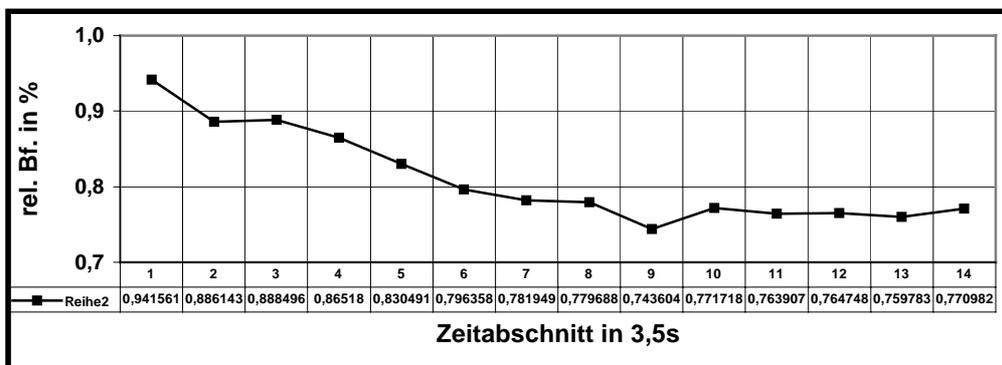


Abb. 35. Durchschnittliche relative Bewegungsfrequenzwerte beim 49-Sekunden-Fußtapping-Test

Eine Wiederholung des Tests mit unterschiedlichen Ausgangssituationen der Vorbelastung und ohne Vorbelastung führt zum gleichen Resultat des Abfalls der Bewegungsfrequenz sowohl ohne, als auch mit Vorbelastung, unverzüglich nach Beginn der Bewegung (Abb. 36.).

8.16 Ergebnisse der Pilotstudie zum Nachweis des Einsetzens der Schnelligkeitsausdauer

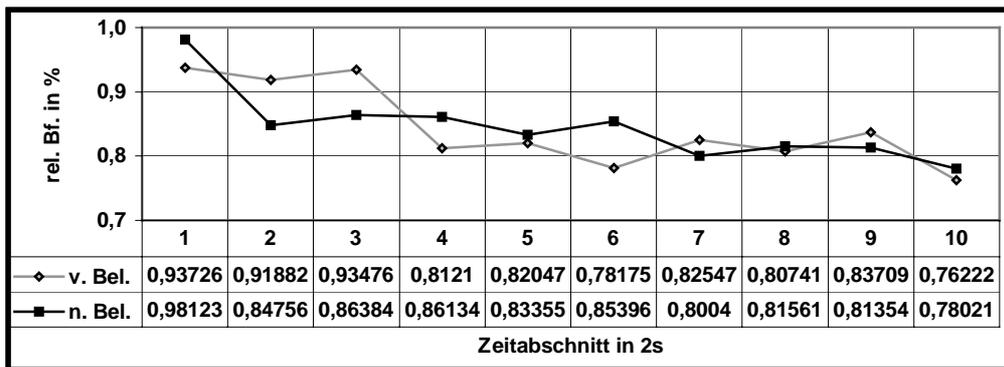


Abb. 36. Durchschnittliche relative Bewegungsfrequenzwerte beim 20-Sekunden-Fußtapping-Test vor und nach Belastung

ohne Vorbelastung

- Beim Versuch ohne Vorbelastung fällt der Frequenzwert bis zur 6. s unmerklich von 10,6 Wdh/s auf 10,5 Wdh/s.
- Bis zur 8. s ist der höchste Abfall auf 9,3 Wdh/s zu verzeichnen ($p = 0.006$). Danach pegeln sich die Frequenz bis zum Ende um diesen Wert ein.

mit Vorbelastung

- Beim Tappingtest nach einer Vorbelastung sinken die Frequenzwerte von 10,8 Wdh in der 2. s unmittelbar auf 9,3 Wdh in der 4. s ab ($p = 0.001$).
- Bis zur 8. s bleibt dieser Wert relativ konstant, um in der Folge stetig bis auf Werte von 8,8 Wdh/s abzufallen ($p = 0.08$).

Der 28 Sekunden-Fußtapping-Test separat für das rechte und das linke Bein führt zu folgendem Ergebnis:

linkes Bein

- Für das linke Bein ein Anstieg der Bewegungsfrequenz bis zur 5. s von 4,95 Wdh/s auf 5,4 Wdh/s zu verzeichnen. Danach sinkt die Bewegungsfrequenz des linken Beins kontinuierlich zum Ende bis auf 4,7 Wdh/s ab.

rechtes Bein

- Das rechte Bein verzeichnet ein kurzes Absinken der Bewegungsfrequenz bis ca. zur 3. s von 6,17 Wdh/s auf 6,05 Wdh/s. Dann steigt die Frequenz noch einmal bis

8.16 Ergebnisse der Pilotstudie zum Nachweis des Einsetzens der Schnelligkeitsausdauer

zur 5. s auf 6,25 Wdh/s, um danach adäquat dem linken Bein stetig bis auf einen Wert von 5,5 Wdh/s abzufallen (Abb. 37.).

Das jeweils andere Bein führt während des Tests die Tappingbewegung neben der Kontaktmatte durch.

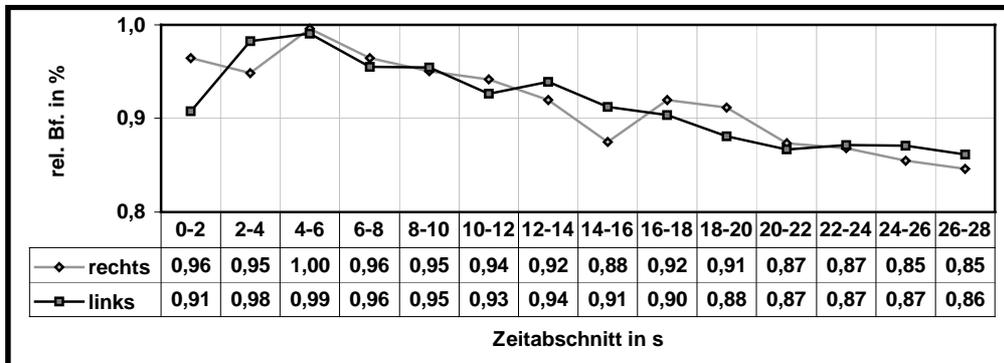


Abb. 37. Durchschnittliche relative Bewegungsfrequenzwerte beim 28-Sekunden-Tapping-Test einzeln gemessen

Die Wiederholung des 28 Sekunden-Fußtapping-Test separat für das rechte und das linke Bein mit festgesetztem zweiten Bein zeigt für beide Beine gleichermaßen einen Abfall der Bewegungsfrequenz von Beginn der Bewegung an (Abb. 38.).

rechtes Bein

- Beim rechten Bein fallen die Bewegungsfrequenzwerte unverzüglich nach Bewegungsbeginn von 5,9 Wdh/s auf 5,5 Wdh/s in der 8. s ab ($p = 0.021$), stagnieren kurzzeitig bis zur 10. s auf diesem Wert und fallen in der Folge bis zum Bewegungsende auf 5 Wdh/s ab.

linkes Bein

- Gleichermaßen fallen die gemessenen Frequenzwerte des linken Beins bis zur 4. s rapide von 5,9 Wdh/s auf 5,6 Wdh/s ab ($p = 0.008$). Bis zum Ende sinkt die Frequenz kontinuierlich auf einen Wert von 4,5 Wdh/s.

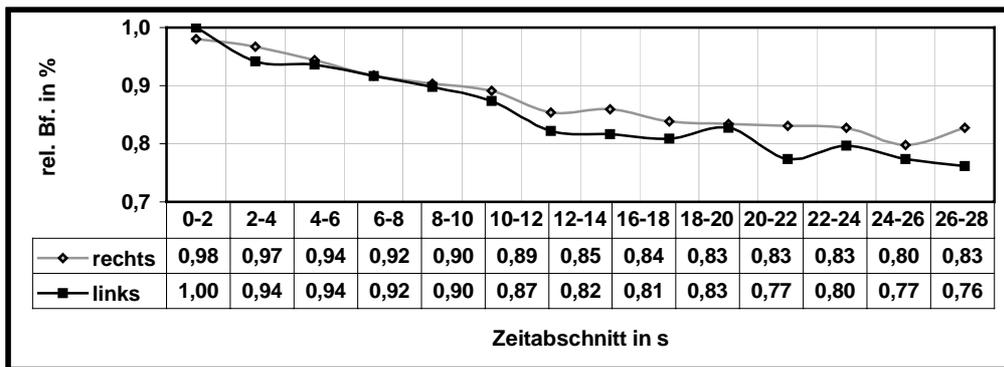


Abb. 38. Durchschnittliche relative Bewegungsfrequenzwerte beim 28-Sekunden-Fußtapping-Test (einzeln gemessen, zweiter Fuß festgesetzt)

Die Messung der Bewegungsfrequenzen im Tappingtest für die oberen Gliedmaßen (20 s-Handtappingtest) weist mit und ohne Vorbelastung den folgenden Verlauf auf:

ohne Vorbelastung

- Wenn keine Vorbelastung erfolgte, liegt der Verlauf der Bewegung bis zur 10. s auf einem relativ konstanten Niveau um 10,1 Wdh/s (Abb. 39.).
- Ab der 10. s fällt die Bewegungsfrequenz bis zum Endwert von 7,55 Wdh/s stetig ab.

mit Vorbelastung

- Erfolgte eine Vorbelastung, so reicht das Konstanzniveau von ca. 11,4 Wdh/s nur bis zur 6. s nach Bewegungsbeginn.
- Ab der 6. s fällt die Bewegungsfrequenz, gleich der Frequenz in der Messung ohne Vorbelastung, kontinuierlich bis auf einen Endwert von 8,4 Wdh/s ab.
- Aus dem Verlauf der Punktlinie nach einer Belastung ist ein deutliches Absinken der Bewegungsfrequenz entnehmbar. Lediglich vom 1. bis 3. und vom 7. bis 9. Abschnitt verläuft dieses Absinken geringer.
- In der Verlaufskurve vor einer Belastung ist die Abnahme der Frequenz nicht so deutlich ersichtlich wie nach einer Belastung.
- Ein signifikanter Abfall der Bewegungsfrequenz ist nur zwischen dem 2. und dem 10. Zeitabschnitt nachweisbar ($p = 0.02$). Zwischen dem 2. und 8. Zeitabschnitt ist dieser Frequenzabfall zwar sehr gering, jedoch stetig ($p = 0.064$).
- Die Frequenzwerte beim Test nach einer Belastung fallen stärker als beim Test vor einer Belastung.

8.16 Ergebnisse der Pilotstudie zum Nachweis des Einsetzens der Schnelligkeitsausdauer

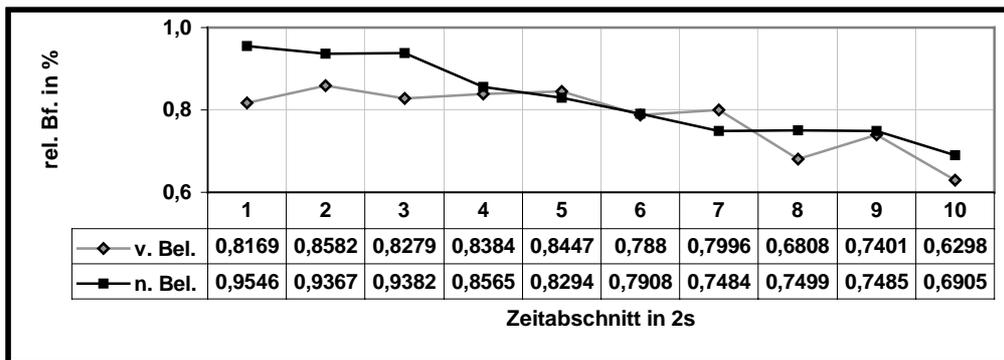


Abb. 39. Durchschnittliche relative Bewegungsfrequenzwerte beim 20-Sekunden-Handtapping-Test vor und nach Belastung

Die Durchführung einer Kontrollmessung für den 20 Sekunden-Tappingtests mit einer Kontrollgruppe ($n = 11$ männlich) zeigt einen ähnlichen Verlauf der Bewegungsfrequenzwerte beim Test mit und ohne Vorbelastung (Abb. 40.). Der Frequenzabfall zieht sich in beiden Fällen kontinuierlich durch den weiteren Verlauf der Bewegung.

ohne Vorbelastung

- Beim Tappingtest ohne Vorbelastung erfolgt ein kurzer Anstieg der Frequenzwerte bis ca. zur 4. s von 11,04 Wdh/s auf einen Wert von 11,32 Wdh/s.
- Ab Sekunde 4 sinkt die Bewegungsfrequenz mit leichten Schwankungen kontinuierlich bis zur 14. s auf einen Frequenzwert von 8,8 Wdh/s ab.

mit Vorbelastung

- Beim Tappingtest nach einer Belastung kommt es unmittelbar nach Bewegungsbeginn bis zur 16. s zum Abfall der Frequenzwerte von 10,67 Wdh/s auf 7,92 Wdh/s.
- Ab der 16. s steigen die Frequenzwerte wieder leicht an.

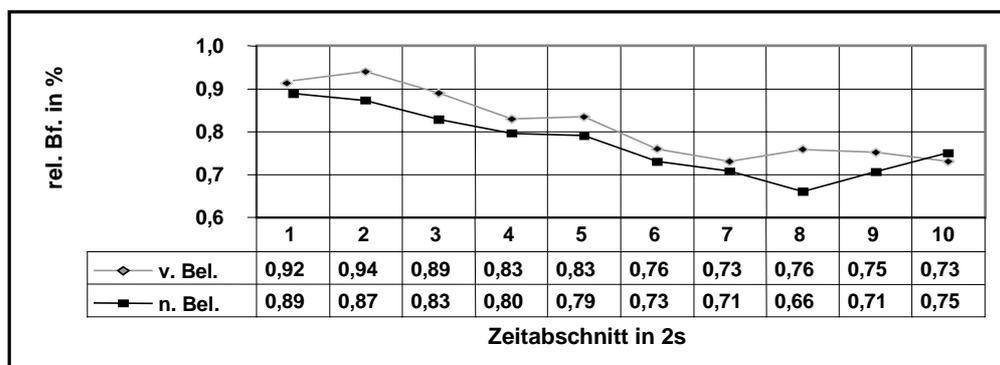


Abb. 40. Frequenzverlauf der relativen Mittelwerte der wiederholten 20 Sekunden-Tappingtests

9 Interpretation der Ergebnisse

9.1 Interpretation der Kennziffern der Trainingsbelastung

Die erfassten Merkmale der Trainingsbelastung, bestehend aus Trainingseinheiten und dem planmäßigen Sportunterricht, bilden die Grundlage und die Rahmenbedingungen für die Schnelligkeitsausbildung der Schülerrinnen und Schüler des Sportschulkomplexes. Sie sind Referenzpunkte für das erreichte Entwicklungsniveau in den verschiedenen Klassenstufen.

Innerhalb der Trainingsbelastung eines Trainingsjahres wird zwischen zwei Perioden unterschieden, die jeweils einen Ausbildungsabschnitt von 4 Monaten für die *Vorbereitungsperiode* und von 2 Monaten für die *Wettkampfperiode* umfassen. In diese Abschnitte sind die für Sachsen-Anhalt ausgewiesenen Schulferien integriert und es ist eine Skilagerexkursion der Schüler ab der Klassenstufe 8 von drei Wochen einbezogen. Die Differenzierung der Belastungskennziffern zwischen den beiden Perioden ist erforderlich, weil sich sowohl der Charakter als auch der Inhalt der Gestaltung des Trainings deutlich unterscheiden. Die Einflüsse auf die Schnelligkeitsentwicklung führt in den beiden Perioden zu verschiedenartigen Auswirkungen auf die sportliche Leistungsentwicklung der Schüler, die einmal auf die konditionellen Grundlagenformierung der Sportler in der Vorbereitungsperiode und zum anderen auf die Entwicklung der sportlichen Form in der Schnelligkeitsleistung in der Wettkampfperiode zielen. In der Querschnittsanalyse sind die verschiedenen Zielsetzungen der Perioden eines Ausbildungsjahres durch die zeitliche Abfolge der Tests berücksichtigt. Die Längsschnittanalyse kennzeichnet die Entwicklung der ermittelten Parameter in den verschiedenen Probandengruppen sowie innerhalb der Klassenstufen.

In der 5. Klasse begannen die Sportler und Sportlerinnen des Sportschulkomplexes mit einer allgemein orientierten, vielseitigen sportlichen Grundausbildung, in der eine sportliche Fähigkeits- und Fertigkeitentwicklung in den Sportarten Schwimmen, Turnen, Leichtathletik und Sportspiele integriert wird. Die Schnelligkeitsschulung ist in die konditionelle Leistungsentwicklung anteilig einbezogen. Die Schüler werden durch einen Eignungstest für verschiedene Sportarten vorgetestet und dann für bestimmte Sportarten eingeschult. Ein Wechsel in eine andere Sportart kann im Verlauf der schulischen und

sportlichen Ausbildung jederzeit vollzogen werden. Die sportliche Belastung im Anfängertraining der 5. und 6. Klassen unterliegt weiterhin Aspekten der sportlichen Eignung und der Talentsichtung. Die klare Differenzierung zwischen einer Grundlagenausbildung im Sinne einer Vorbereitungsperiode und einer Formfindung im Sinne einer Wettkampfperiode ist für die Leichtathleten in diesem Alter noch nicht gegeben.

Die erfassten Belastungskennziffern verdeutlichen folglich gerade für die 5. und 6. Klassen eine breitgefächerte Trainingstätigkeit und in den Sportstunden eine Orientierung auf grundlegende sportliche Leistungsvoraussetzungen (vgl. Tab. 11.). Für die 5. und 6. Klassen werden hohe Belastungsumfänge mit in der Regel 6 Trainingseinheiten von 90 min und mehr und 5 Sportstunden, davon 2 Regelstunden und 3 K-Stunden mit trainingsähnlichen Inhalten, praktiziert. Die Übungsintensitäten sind gering und vorrangig vom Technikerwerbstraining grundlegender sportlicher Fertigkeiten des Springens, Laufens, Werfens, Turnens und Schwimmens geprägt. Einen hohen Anteil haben spielerische Formen mit koordinativem Anspruch an Reaktions- und Aktionsleistungen. Für die erzielten Testergebnisse zu den elementaren und komplexen Schnelligkeitsleistungen der Schüler kann davon ausgegangen werden, dass sie vor allem durch den Einsatz unspezifischer Trainingsbelastungen erzielt wurden. Der konstante zeitliche Rahmen ist für die sportliche Belastungsgestaltung auch in den folgenden Klassenstufen 7 und 8 nicht verändert. Die allgemeine sportliche Grundausbildung verringert in diesen beiden Klassen ihren Anteil an der sportlichen Belastungsgestaltung. Es erfolgt die Aufnahme einer disziplinspezifischen Trainingsgestaltung. Von 780 min Training pro Woche werden in der Vorbereitungsperiode fortan 240 min disziplinspezifisch trainiert, wobei auch hierbei im Verlauf des Schuljahres eine allgemeine disziplinspezifische Grundlagenausbildung den Vorrang vor spezifischer Formentwicklung hat. Mit der Orientierung auf leichtathletische Disziplingruppen erhöht sich der Anteil der Schnelligkeitsschulung im Training vor allem bei den für das Sprinttraining ausgewählten und motivierten Schülerinnen und Schülern. Die ersten Schritte zur Formfindung werden durch eine erhöhte Anzahl an Wettkampfteilnahmen vollzogen.

Die Ergebnisinterpretation der Schnelligkeitstests berücksichtigt in den 7./8. Klassen den disziplinspezifischen Einfluss auf die Belastungswirkungen und den erhöhten Anteil schnelligkeitsspezifischer Trainingsbelastungen. Der Belastungscharakter der ersten 4 Monate des Schuljahres verändert sich in den 7. und 8. Klassen. Am Beispiel der kon-

9.1 Interpretation der Kennziffern der Trainingsbelastung

ditionellen Belastungsmerkmale (erfasste Ausdauer-, Kraft- und Schnellkeitsleistungen in den Trainingseinheiten) wird deutlich, dass die Trainingseinheiten durch höhere Belastungsumfänge (Summe der Übungen, der gelaufenen km usw.) effektiver ausgenutzt werden. Zugleich steigt das Stundenbudget der Trainingseinheiten. Während die Sportstunden den Rahmenrichtlinien des Sportunterrichts der Klassenstufen folgen, werden auch die K-Stunden mehr und mehr durch leichtathletisches Übungsgut bestimmt. Typisch sind hohe Anzahlen von Übungswiederholungen, mit geringen Intensitätsanforderungen und kurzen Belastungspausen. So steigen z. B. die gelaufenen km bei Läufen mit geringer Intensität (NI = 60 % der individuellen Leistungsfähigkeit der Leichtathleten) von 120 km mit 240 h pro Monat in den 7. Klassen auf 125 km mit 300 h in den 8. Klassen. Die Ausdauerbelastung wird um 12 % gesteigert. Das spezielle Schnellkeitstraining hat hingegen weiterhin einen geringen Anteil am Gesamtumfang der sportlichen Belastungen in den Trainingseinheiten. Allerdings sind die Schnellkeitsübungen in den Sportspielen, in den kleinen Spielen und in den mit Bewegungsschnelligkeit verbundenen leichtathletischen Disziplinen, wie z. B. die Sprünge, hierbei nicht erfasst. Die elementaren Schnellkeitsfähigkeiten werden durch entsprechende Reaktions- und Aktionsübungen, durch Frequenzschulungen über die Schulung der grundlegenden Fertigkeiten sowie die Schnellkraft- und Beschleunigungsbelastungen bei Sprüngen oder im Sportspiel mit entwickelt.

In der 9. Klasse beginnt die leichtathletische disziplinspezifische Ausbildung, bei der die Orientierung auf eine leichtathletische Disziplinengruppe einsetzt. Die Phase der Talenterkennung und Eignung als begleitende Absicht des Trainings findet vorerst einen Abschluss. Das sportliche Training setzt die Tendenz der spezialisierten Ausbildung der Leichtathleten fort. Die Sportstundengestaltung folgt den Orientierungen, die durch die Rahmenrichtlinien in Sachsen Anhalt vorgegeben werden. Die K-Stunden werden als Training gestaltet. Die Trainingsumfänge steigen um 60 min/Woche. Die Inhalte und die Trainingsmethodik werden disziplinspezifisch ausgerichtet. Das Training wird von Disziplinengruppentrainern übernommen und die Wettkampfteilnahme in der „Spezialdisziplin“ ist das Hauptziel des Trainings. Zwischen grundlegenden Ausbildungsetappen in einer Vorbereitungsphase und einer Formfindung in einer Wettkampfperiode wird inhaltlich unterschieden. Charakteristisch ist, dass die Formfindung durch eine rückgängige Umfangsbelastung und steigende intensivere Belastungsanforderungen vollzogen wird. Die zeitliche Belastung und die Anzahl der Trainingseinheiten werden in der Wett

kampfperiode reduziert. Mehr Schnelligkeitsforderungen und Schnellkraftübungen sind in den Trainingserfassungen nachweisbar. Der Entwicklungstrend verschärft sich von der 10. bis zur 13. Klasse weiterhin. Außerdem verkürzt sich der Zeitraum der Vorbereitungsperiode von 4 auf 3 und abhängig vom Wettkampfkalender auch auf 2 Monate. Die „Formfindung“ hält mit zunehmendem Schulalter auch Eingang in die Vorbereitungsperiode.

Bei Sprintern werden verstärkt schnelligkeitsspezifische Trainingsmittel eingesetzt, die eine kontinuierliche sportliche Leistungsentwicklung in den Klassenstufen 10 bis 13 garantieren. Für die weiteren Leichtathleten ist hingegen eine Stagnation in der Schnelligkeitsleistung bei beiden Geschlechtern nachweisbar – und das, obwohl von der 10 bis zur 12. Klasse die Trainingsbelastung um 1 TE mit ca. 220 min/Woche gesteigert wird. Insgesamt beträgt die Trainingsbelastung der VP 1075 min/Woche mit einer Reduzierung auf 880 min/Woche in der Wettkampfperiode. Im 13. Schuljahr wird das Training durch das Abitur beeinflusst. Die Trainingsbelastung reduziert sich bei den leistungsorientierten Leichtathleten jedoch geringfügig. Die Mehrzahl der Sportschüler beenden die sportliche Laufbahn. Die sportliche Tätigkeit wird für sie allmählich auf 5 Sportstunden zurückgeführt.

9.2 Interpretation der Schnelligkeitsleistungen

Die Entwicklung der Schnelligkeitsleistungen verläuft alters- und geschlechtsdifferenziert diskontinuierlich. In den 10. bis 12. Klassen sind Stagnationen in den elementaren und komplexen Schnelligkeitsleistungen sowohl in der Querschnitts- als auch in der Längsschnittsanalyse nachweisbar. Um diese Tendenz interpretieren zu können, sind einmal Bezüge zur Trainingsbelastung und zum anderen zu den ontogenetischen Entwicklungsabschnitten herzustellen. Der relativ konstante zeitliche Rahmen des Trainings führt u. U. zu einer Monotonie der Belastungsgestaltung und zu einem Austrainieren bezogen auf die elementaren und komplexen Schnelligkeitsfähigkeiten. Vergleichbar der in der Leichtathletik bekannten Geschwindigkeitsbarriere sind die Automatismen des überwiegend zyklischen Bewegungsablaufs dafür verantwortlich, dass in der Mehrzahl der allgemein Leichtathletik trainierenden Sportschüler keine Leistungssteigerung mehr nachweisbar ist. Demgegenüber unterstützen die speziellen Trainingsmittel der Sprinter einen weiteren Leistungsprogress. Als weitere Interpretation ist anzusehen,

dass es sich bei den Sprintern um geeignete und talentierte Sportlerinnen und Sportler handelt, deren Potential durch die Trainingsbelastung noch nicht ausgeschöpft ist. Der überdurchschnittliche Leistungsfortschritt in den 5. bis 7. Klassen kann hingegen auf die verschiedenen Phasen der ontogenetischen Entwicklung und auf die Trainingsreize zurückgeführt werden. Der natürliche Kraftzuwachs, die konstitutionellen Veränderungen des Körpers, die sensitiven Phasen der koordinativen Reifung fördern Entwicklungsschübe in den komplexen Schnelligkeitsleistungen. Die folgenden differenzierten Betrachtungen der einzelnen Schnelligkeitsmerkmale hilft, Ursachen und Zusammenhänge für den Entwicklungsverlauf aufzuklären. Zugleich wird ein Beitrag geleistet, der die Vorstellungen über die Struktur der Schnelligkeit sportlicher Bewegungen weiter theoretisch bereichert bzw. aufklärt.

9.2.1 Interpretation der Ergebnisse zu den komplexen Schnelligkeitsleistungen

Die Interpretationsansätze beziehen sich sowohl auf die Beschleunigungs- als auch auf die Maximalschnelligkeitsleistung sowie auf die analysierte Schnellkraft. Die Trainingsbelastungen der Leichtathleten sind auf eine kontinuierliche und langfristige sportliche Leistungsentwicklung und Verbesserung der komplexen Schnelligkeitsleistung ausgerichtet. Aus den Verläufen der Beschleunigungsleistung über 30 m Abläufe aus dem Tiefstart (vgl. Abb. 19.) ist zu erkennen, dass die Schülerinnen und Schüler mit zunehmendem Alter schneller werden und über einen längeren Zeitraum beschleunigen können. Der höchste Anstieg des Geschwindigkeitsverlaufs ist in allen Klassenstufen zwischen 0 und 10 m. Nach 20 m erreichen die Schüler bereits ihr maximales Geschwindigkeitspotential des Beschleunigungslaufs. Es folgt eine Phase der relativ konstanten Geschwindigkeit bzw. einer leicht negativen Beschleunigung, die darauf hinweist, dass im Abschnitt zwischen 20 und 30 m erste Ermüdungserscheinungen in der komplexen Schnelligkeit eintreten. Das Aufrechterhalten des individuellen maximalen Geschwindigkeitsniveaus im Sprintlauf (maximale Schnelligkeitsleistung) kann demnach als Vermeidung von Geschwindigkeitsverlust angesehen werden.

Die maximale Schnelligkeit tritt alters- und geschlechtsdifferenziert bei jüngeren Schülern (5. - 7. Klassenstufen) nach 20 m Sprintlauf bis maximal 40 m Sprintlauf in Erscheinung. Bei älteren setzt sie 10 m später ein und endet nach 50 m. Der Geschwindigkeitsverlust in den letzten 20 m bei den Schülern der 5. - 7. Klassen bzw. der letzten

10 m des 60 m Laufs bei den Schülern ab der 8. Klasse ist deutlich als Schnelligkeitsausdauerleistung einzuordnen. Es handelt sich um einen Leistungsverlust von über 2 % vom maximalen Leistungsvermögen bezogen auf die Beschleunigungsfähigkeit der Schüler. Hier treten die typischen Kennzeichen der Ermüdungserscheinungen, wie z. B. Schrittverlängerung und sichtbar längerer Bodenkontakt mit einem Fußaufsatz auf der ganzen Fußsohle auf. Sprintläufer hingegen setzen mit den Fußspitzen auf.

Die maximale Schnelligkeitsleistung ist in der Laufgestaltung von Geschwindigkeitsschwankungen charakterisiert, die in Abhängigkeit vom Entwicklungsstand und vom individuellen Leistungsvermögen der Schüler unterschiedlich deutlich ausfallen. Beim Vergleich der 10 m Teilleistungen werden im Mittelwertvergleich (\bar{x}) Zeitdifferenzen bis zu 0,2 s festgestellt. Die individuelle Betrachtung zeigt deutlichere Unterschiede bis zu 0,4 s, wobei sie bei Beschleunigungsleistungen gegenüber den Maximalschnelligkeitsleistungen weniger deutlich ausfallen. Dieses Ergebnis weist darauf hin, dass die komplexe maximale Schnelligkeit höhere Ansprüche an spezielle sportliche Leistungsvoraussetzungen stellt als die mehr Schnellkraft untersetzte Beschleunigungsleistung. Zugleich dürfte die Beschleunigungsfähigkeit im Training häufiger geübt werden als die maximale Schnelligkeit, die als eine spezifische Fähigkeit von Sprintern angesehen werden muss. Diese Aussage wird durch die korrelativen Beziehungen zwischen der Beschleunigungsleistung und der Schnellkraft gestützt, die in allen Altersklassen und bei beiden Geschlechtern mit Werten zwischen $r = 0.86$ und 0.92 sehr eng ausfällt. Demgegenüber sind die Beziehungen zwischen Schnellkraft und den maximalen Schnelligkeitsleistungen mit Korrelationswerten von $r = 0.67$ und $r = 0.83$ geringer. Die Schnellkraft ist in beiden komplexen Schnelligkeitsfähigkeiten mit unterschiedlichen Anteilen an der Sprintleistung ein fundamentaler Leistungsfaktor. Als Charakteristikum für die maximale Schnelligkeitsleistung existiert eine relative Ausgeglichenheit zwischen dem Einfluss der Schnellkraft und dem Einfluss der elementaren, koordinativ determinierten Merkmale, wie z. B. der Frequenz- und Sequenzfähigkeit der Sportler. Beide Merkmale- Schnellkraft und Frequenzleistung haben einen annähernd gleichen Stellenwert, der durch die korrelativen Durchschnittswerte von $r = 0.79$ und $r = 0.76$ ausgewiesen werden. In der Beschleunigungsphase dominiert die Schnellkraft gegenüber der koordinativ determinierten elementaren Schnelligkeit. Die Unabhängigkeit dieser Aussagen von Alter und Geschlecht lässt vermuten, dass es sich bezogen auf den leicht-

athletischen Sprintlauf um feststehende Bestandteile der Leistungsstruktur von komplexen Schnelligkeitsleistungen handelt.

Die Verbindung zwischen konditionell und den koordinativ determinierten Schnelligkeitsfähigkeiten wird durch die Erhebungen zur Bodenkontaktzeit sichtbar. Mit zunehmendem Alter verkürzt sich parallel zu Schnellkraftverbesserung die Bodenkontaktzeit des Fußaufsatzes. Die Sprungkraft als Merkmal der Schnellkraft verbessert sich bei den Jungen am Beispiel des Einbeinsprungs um 17 cm von der 5. zur 12. Klasse. Die Mädchen erzielen eine Steigerung von 12 cm. Bei beiden Geschlechtern verläuft die Entwicklung nicht kontinuierlich, so dass die Einflüsse der puberalen Phasen sichtbar werden. Die Bodenkontaktzeit verkürzt sich sehr schnell in den 5. bis 7. Klassen von Mittelwertleistungen von $\bar{x} = 0,24$ s auf $\bar{x} = 0,21$ s und stagniert in den folgenden Klassenstufen um in den 11. Klassen bei den Jungen durch eine weitere Verkürzung auf $\bar{x} = 0,19$ s auffällig zu werden. Die Bodenkontaktzeit charakterisiert die Kraftübertragung für das Erzielen der Bewegungsgeschwindigkeit beim Sprintlauf. Eine Zeitverkürzung kennzeichnet eine verbesserte Schnellkoordination in der Kraftübertragung auf den Boden. Die verbesserte Bewegungsgeschwindigkeit verdeutlicht in diesem Zusammenhang auch, dass in Relation zum Körpergewicht der Schüler eine größere Kraft in kürzerer Zeit übertragen wird. Zugleich ist die Bodenkontaktzeit, wie die weiteren elementaren Schnelligkeitsfähigkeiten (Bewegungsfrequenz und Reaktionszeit), ein leistungsbegrenzender Faktor, weil ihre Entwicklung limitiert ist. Die Muskelkontraktionszeit, die inter- und die intramuskuläre Koordination schränken ihre Entwicklungsmöglichkeiten ein. Dieser Zusammenhang kann wiederum als eine der Begründungen für die im leichtathletischen Sprintlauf bekannte Geschwindigkeitsbarriere angesehen werden.

Die Frequenzleistung, belegt durch die Erfassungen der Skipping- und Tappingtests, werden durch eine den Bodenkontaktzeiten vergleichbare Entwicklung gekennzeichnet. Die Steigerung der Mittelwertleistungen werden nach der 7/8. Klasse gestoppt, um dann in der 11. Klasse fortgesetzt zu werden. Die Erhöhung von $\bar{x} = 9$ Wdh / 6 s auf 11 Wdh / 6 s in den Klassen 5 - 7/8 fällt deutlich aus. Nach einem geringfügigen Rückgang auf 10 Wdh / 6 s erhöht sich die Leistung ab der 11. Klasse wieder, allerdings weniger deutlich auf nur 12 Wdh / 6 s. Gegenüber unseren Erwartungen weisen die talentierten Sprinter diskontinuierlichere Entwicklungen aus, die keinerlei Rückschlüsse auf zu ver-

allgemeinernde Tendenzen zulassen. Im allgemeinen erzielen sie frühzeitig hohe Werte, die gesteigert werden, stagnieren oder rückläufige Tendenzen in der Altersentwicklung. Als Schlussfolgerung für das Sprinttalent ist anzunehmen, dass die Schnellkraftleistung und damit vor allem die Muskelfasermuskelzusammensetzung eine bedeutendere Aussagekraft für die sportliche Eignung besitzt.

Der Zusammenhang zwischen Frequenz- und komplexer Schnelligkeit ist für beide Phasen des Geschwindigkeitsverlaufs, d. h. für die Beschleunigung und für die maximale Schnelligkeit gegeben. $R = 0.86$ zwischen Frequenz und Beschleunigung am Beispiel des 30 m Laufs aus dem Tiefstart sowie $r = 0.89$ zwischen Frequenz und maximaler Schnelligkeit am Beispiel des 30 m Laufs aus fliegendem Start. Die geringfügige Erhöhung des Werts im Hinblick auf die maximale Schnelligkeit gegenüber des Werts zur Beschleunigungsleistung stützt die These, dass der koordinative Einfluss auf die Bewegungsgeschwindigkeit in der Phase der maximalen Geschwindigkeit zunimmt. Mit dem Übergang zur Schnelligkeitsausdauerleistung wird aus den bisherigen Ergebnissen eine rückläufige Tendenz sichtbar. Der Stellenwert der komplexen konditionellen Fähigkeiten, hier der Schnellkraftausdauer steigt und die koordinativ determinierten Schnelligkeitsfähigkeiten verlieren ihren Einfluss. Die Frequenzleistung verringert sich bei andauernden Bewegungen, die Bodenkontaktzeiten steigen, um die Kraftübertragung stabil zu erhalten und die Schnellkraftleistung sinkt. In den Erhebungen werden z. B. Verschlechterungen der Frequenzleistungen um bis zu 3 Wdh / 6 s. Und eine Steigerung der Bodenkontaktzeiten um 0,03 s ausgewiesen. Die Struktur der Schnelligkeitsleistung verändert sich folglich in Abhängigkeit von der zeitlichen Dauer der Bewegung und dem Belastungsanspruch, ausgelöst durch die Intensitätsforderungen des Sprintlaufs, in ihrem Gefüge. Der Stellenwert der verschiedenen Leistungsvoraussetzungen für die komplexe Schnelligkeit ändert sich. Weitere Leistungsfaktoren treten als den sportlichen Leistungsverlust zu kompensierende Faktoren hinzu, wie z. B. die Schnelligkeitsausdauerfähigkeiten. Die Analyse der Tappingfrequenzen stützt die Aussagen der Skippinganalyse. Folglich kann der Tappingtest als mittelbare Erfassungsmöglichkeit für elementare Frequenzleistungen angesehen werden.

9.2.2 Interpretation der Ergebnisse zu den elementaren Schnelligkeitsleistungen

Die elementaren Schnelligkeitsleistungen bestehen im Wesentlichen aus den koordinativ determinierten Steuerelementen für schnelle Bewegungen, die sich durch die im Sprintlauf erzielten Bewegungsfrequenzen, die Schnellkoordination aber auch durch die Reaktionsleistung auf Signale, die auf die Analysatoren wirken, im Vollzug der Bewegung ausdrücken. Ihre Trainierbarkeit ist eingeschränkt möglich. Die Bewegungsfrequenz wurde durch den Tappingtest als elementare Frequenzleistung sowie durch den Skippingtest als komplexe Frequenzleistung erfasst. Während der Tappingtest Rückschlüsse auf die nervale Impulsgebung zulässt, kann durch den Skippingtest auf die Frequenzleistung bei integrierter Kraftübertragung geschlossen werden. Die analysierte Bodenkontaktzeit während des Tapping- und Skippingtests verdeutlicht die zur Verfügung stehende Dauer für die Kraftübertragung. Mit dem Erfassen der Schnellkraft werden die grundlegenden Bedingungen ermittelt, die für die Schnellkoordination aussagekräftig sind.

Die Bodenkontaktzeitwerte verdeutlichen die Zeit- Kraftrelation. Gemeinsam mit den Frequenzleistungen ergeben sie die Antriebsparameter für den Sprintlauf. Die Reaktionsleistung hat in der zyklischen Schnelligkeitsleistung des Sprintlaufs keine Funktion. Sie wirkt als auslösende sportliche Leistungskomponente und leitet die Bewegung des Sprintlaufs unter Wettkampfbedingungen ein. Der Sprintlauf selber ist im Training ohne Reaktionsleistung durchführbar. Ihr Anteil an der Wettkampfleistung ist gering, kann aber bei schlechter Reaktion entscheidend sein. Aus diesem Grund wurde sie in das Forschungsvorhaben einbezogen. Zugleich ist ihre Rolle in den Strukturvorstellungen zur Schnelligkeit mit einzubeziehen.

Die Bewegungsfrequenz

Die Mittelwerte der Skippingtests weisen ein konstantes Niveau von den 5. bis 13. Klassen aus. Die Schülerinnen und Schüler erzielen $\bar{x} = 4 \text{ Wdh} / 1 \text{ s}$. Bei näherer Betrachtung sind allerdings Anstiege der Wiederholungszahlen sowohl bei den weiblichen als auch bei den männlichen Probanden erkennbar. So steigen die Wiederholungen von $\bar{x} = 10 \text{ Wdh} / 6 \text{ s}$ in den 5. Klassen auf $\bar{x} = 11 \text{ Wdh} / 6 \text{ s}$ in den 7. Klassen bei beiden Geschlechtern. Ein leichter Rückgang auf das Niveau der 5. Klasse wird in den 8. Klassen vollzogen. Bei den Jungen der 11. Klasse kann ein erneuter Anstieg auf

$\bar{x} = 12 \text{ Wdh} / 6 \text{ s}$ festgestellt werden. Eine Summierung der Skippinganzahl auf 6 s. Belastung wird deshalb notwendig, weil innerhalb von 1 s der zeitliche Rahmen so kurz ist, dass keine Entwicklungstendenz erkennbar ist. Um während einer Sekunde zusätzlich eine Wiederholung zu erzielen, müsste eine Verkürzung der Zeit für die Einzelbewegung erzielt werden, die in Relation zur Zeit eine Leistungssteigerung um über 40 % ausmacht. Die Mehrzahl der nicht speziell trainierenden Schüler kann diese Verbesserung auf der Basis dieser Trainingsprogramme objektiv nicht erzielen. Durch die Summierung der Wiederholungszahlen und die Erweiterung auf die 6 s. Belastungsdauer können Veränderungen im Leistungsvermögen dargestellt werden. Es wird belegt, dass auch koordinative elementare Schnelligkeitsleistungen durch sportliches Training beeinflusst werden können.

Zwischen den Frequenzleistungen und den komplexen Schnelligkeiten existiert ein signifikanter korrelativer Zusammenhang, der sich in den einzelnen Klassenstufen und bei den Geschlechtern mit verschiedener Wertigkeit ausdrücken lässt (vgl. Tab. 23.). Die Frequenzleistung ist somit eine zur Struktur der komplexen Schnelligkeit gehörenden Leistungsvoraussetzung und ist als koordinativ determinierte Schnelligkeit in die Strukturvorstellungen zur Schnelligkeit einzubeziehen.

Die Reaktionsfähigkeit

Der Mittelwertvergleich der einfachen Reaktionsleistung auf das akustische Startsignal (Startschuss) ist bei den Mädchen von der Klassenstufe 5 bis zur Klassenstufe 10 unverändert bei $\bar{x} = 0,29 \text{ s}$. Die Jungen erzielen von der 5. - 10. Klasse $\bar{x} = 0,28 \text{ s}$ und reagieren 0,01 s schneller. Die Stagnation der Entwicklung von Reaktionsleistungen auf akustische Signale nach der 10. Klasse lässt den Schluss zu, dass sich die koordinative Fähigkeit der Steuerungs- und Regelungsprozesse im Verlauf der ontogenetischen Entwicklung nicht verändert und auch durch Trainingsbelastungen nicht verbessert werden kann. Die Anzahl der akustischen Reizwirkungen im Training ist bezogen auf die gesamte Probandengruppe zu gering. Es bleibt zu klären, ob die Reaktionsleistungen bei Sprintern mit nachweislich kontinuierlichen Reaktionsschulungen gleiche Tendenzen ausweisen. Die Vergleiche der Sprintspezialisten ab der 8. bis zur 10. Klasse weisen hingegen eine deutliche Steigerung der Reaktionsleistung von 0,29 auf 0,23 s aus. Beide Geschlechter verbessern ihre Reaktionen auf das akustische Startsignal gleichermaßen. Als Aussage ist festzuhalten, dass kein wirksames Training von Reakti-

onsschnelligkeit im Rahmen der allgemeinen leichtathletischen Ausbildung am Sport-
schulkomplex durchgeführt wird. Das disziplinspezifische Training hingegen setzt posi-
tive Entwicklungsreize. Zugleich kann aber angenommen werden, dass eine Verbesse-
rung der akustischen Reaktion auch auf eine verbesserte Konzentrationsfähigkeit oder
auch auf eine „Spekulation“ im Sinne einer Vorwegnahme des Startkommandos
(Schätzreaktion) beim Tiefstart zurückzuführen ist. Hierzu sind weitere Analysen erfor-
derlich. Ab der 11. - 13. Klasse tritt bei beiden Geschlechtern eine minimale Erhöhung
der Reaktionszeit um 0,01 s und damit eine Verschlechterung ein. In der 13. Klasse
befinden sich Jungen und Mädchen auf gleichem Niveau mit $\bar{x} = 0,32$ s. Die längeren
Reaktionszeiten resultieren aus den physiologischen Veränderungen und der ge-
schlechtlichen und körperlichen Reifung (massives Muskel-, Längenwachstum und
Massenzunahme) während und nach der Pubertät. Bleibt auch der die Bewegung aus-
lösende Reiz für die Muskulatur gleich, so müssen längere Gliedmaßen mit einer größe-
ren Masse bewegt werden, was sich letztlich auf die Zeit der Reaktion auswirkt.

Die Reaktionsleistungen korrelieren mit den weiteren koordinativ determinierten Schnel-
ligkeitsleistungen: Reaktionsleistung zum Tapping: $r_{\text{Mädchen}} = 0.335^*$ / $r_{\text{Jungen}} = 0.375^{**}$ in
den Klassenstufen 5 - 10, in den Klassen Stufen 11 - 13 $r_{\text{Mädchen}} = 0.026$ / $r_{\text{Jungen}} = 0.043$
bzw. zum Skipping: $r_{\text{Mädchen}} = 0.097$ / $r_{\text{Jungen}} = 0.386^{**}$ in den Klassenstufen 5 – 10, in
den Klassen 11 - 13 $r_{\text{Mädchen}} = 0.494$ / $r_{\text{Jungen}} = 0.394$. In den Klassenstufen 5 – 10 exis-
tieren lediglich bei den Jungen Korrelationen zwischen den Reaktionsleistungen und
dem Tapping bzw. Skipping. Durch diese Ergebnisse wird eine unabhängige Struktur
der koordinativ determinierten elementaren Schnelligkeitsfähigkeiten ausgewiesen.
Diese Ergebnisse sind auf einem Niveau von $p = 0,01$ signifikant. Ein Zusammenhang
ist auch nicht zu erwarten gewesen, da die Reaktionsfähigkeit lediglich für das Startver-
halten ein entscheidendes Kriterium darstellt. Sie übt hingegen keinen Einfluss auf den
zyklischen Verlauf einer hochfrequenten Tapping- bzw. Skippingbewegung aus. Diese
frequenzcharakterisierten Bewegungen erfolgen in einem automatisierten Prozess, bei
dem die gebildeten kurzen Zeitprogramme die Bewegungssteuerung übernehmen.
Zwischen der Reaktionsfähigkeit und der komplexen Schnelligkeit des 60 m Laufs aus
dem Tiefstart besteht interessanterweise kein signifikanter korrelativer Zusammenhang.
Diese Feststellung und die Unabhängigkeit zu weiteren koordinativ determinierten

Schnelligkeitsleistungen stützt die Hypothese der relativen „Eigenständigkeit“ der Reaktionsfähigkeit in der Struktur der Schnelligkeit und bestätigt damit die Auffassungen von FLEISHMAN & HEMPEL (1956) oder auch WEINECK (1987) und JOCH & HASENBERG (1990). Die Startreaktionsschnelligkeit auf akustische Signale kann als ausschließlich koordinative Leistungsfähigkeit angesehen werden. Zu analysieren wäre allerdings das Verhalten der komplexen Reaktionsleistung im Sinne der Wahlreaktion im sportlichen Handlungsvollzug. Ihre Wertigkeit für schnelles Handeln dürfte ungleich höher sein.

Aus den vorliegenden Ergebnissen wird geschlussfolgert, dass die einfache Reaktionsfähigkeit auf akustische Signale unter allgemeinen leichtathletischen Trainingseinflüssen nicht verbessert und damit nicht durch sportliches Training beeinflusst werden kann. Hierzu ist ein spezielles Training der Reaktionsleistung erforderlich. Das Training der akustischen Reaktionsleistung ist dann nur im Zusammenhang mit der technischen Bewegungsausführung des Tiefstarts interpretierbar. Es dürfte sich dann u. U. um eine komplexe Schnelligkeitshandlung handeln. Die Reaktion überlagern koordinative Steuerleistungen, wie Antizipation des Startsignals (Spekulation), Schnellkoordination der Kraftübertragung, oder auch Konzentrationsfähigkeit. Der Trainingseffekt wird durch die Summe der verbesserten Steuerung dieses Prozesses zustande kommen können. Die Reaktionsfähigkeit ist losgelöst von der Struktur der komplexen Schnelligkeit zu betrachten. Sie wird durch den Grad der Aufmerksamkeitslenkung und durch das genetisch fixierte, neuro-muskuläre System limitiert.

9.3 Zusammenfassung der Interpretationen

Die Ausprägung der Schnelligkeit erfolgt in einem komplexen und langwierigen sportlichen Trainingsprozess in Abschnitten mit unterschiedlicher Schwerpunktlegung. Sportlerinnen und Sportler trainieren entwicklungsgemäß mit einer Grundlagenausbildung im Sinne einer Vorbereitungsperiode und einer Formfindung im Sinne einer Wettkampfperiode in den Altersstufen ab der 9. Klasse. Der Zeitraum des Einstieges in die leistungssportliche Ausbildung in der 5. Klasse bis zur Sportartengruppenfindung in der 8. - 9. Klasse dient der allseitigen und allgemeinen Grundlagenausprägung und kann nur bedingt in Vorbereitungs- und Wettkampfperiode eingeteilt werden, da Wettkämpfe hier eine noch untergeordnete Rolle spielen. Die komplexe Ausbildung mit einem zunehmendem Anteil an konditioneller und disziplinspezifischer Ausrichtung von der 5. bis zur

13. Klasse spricht für einen Erlangen sportlicher Kompetenz im Sinne eines Fähigkeits- und Fertigkeitserwerbs. Schnelligkeit ist nachgewiesen auch noch über die sensitiven Phasen hinaus entwickelbar und damit keine angeborene Fähigkeit, deren Ausprägung mit der Pubertät abgeschlossen ist. Die komplexe Schnelligkeit weist sich durch einen korrelativ hohen Bezug zu den koordinativen Leistungsvoraussetzungen (vgl. Koordinationstests Kap. 6.) aus. Zielsetzung jeder schnellen zyklischen Bewegung ist es, automatische Bewegungsabfolgen zu entwickeln, um den Anspruch, hohe Bewegungsgeschwindigkeiten zu erzielen, erfüllen zu können. Langandauernde Kraftübertragungen oder langandauernde inter- und intramuskuläre Koordinationsvorgänge verzögern den Bewegungsablauf und verlangsamen die Bewegung. Die elementaren inneren Schnelligkeitsvoraussetzungen werden durch das sportliche Training ökonomisiert und effektiviert. Die Frequenzschnelligkeit und die Reaktionsschnelligkeit bilden für die Schnelligkeitsleistung einen Rahmen. Beide koordinativen Fähigkeiten sind elementar gesehen bedingt und im komplex deutlicher entwickelbar. Damit wird auch die in Kap. 5 formulierte Fragestellung (F1) beantwortet, dass Schnelligkeit ein koordinatives Endprodukt darstellt. Mit unseren Ergebnissen bestätigen wir auch WEIGELT'S Aussagen und die überwiegend koordinative Determiniertheit der Schnelligkeitsleistungen.

Die nervale Impulsgebung bildet die Voraussetzung für das Erzielen hoher Bewegungsfrequenzen. Der nachgewiesene wechselseitige Zusammenhang zwischen der Bewegungsfrequenz und der komplexen Schnelligkeitsleistung unterstreicht den Stellenwert der Bewegungsfrequenz in der Struktur der Schnelligkeitsfähigkeit. Die seit 1958 formulierte Auffassung, dass die Bewegungsgeschwindigkeit des Sprintlaufs das Produkt aus der Frequenzleistung und der Schrittlänge ist, kennzeichnet darüber hinaus zugleich die Bedeutung des Kraftübertragungsprozesses für die erzielte Geschwindigkeit. Die Schrittlänge ist das Ergebnis der Kraftübertragung. Die Zusammenhänge zwischen den Schnell- und Maximalkraftleistungen und der komplexen Schnelligkeit ist vergleichbar mit dem Zusammenhang zwischen Bewegungsfrequenz und der komplexen Schnelligkeit. Beide Faktoren scheinen einen gleichwertigen Einfluss auf die Sprintleistung auszuüben. Die Frage ob Schnelligkeit ein konditionelles Resultat darstellt, wird dahingehend beantwortet, dass Schnelligkeit differenziert werden muss. Als komplexe Schnelligkeitsleistung ist sie aufgrund der Basisfunktion der Krafftähigkeit im Bewegungsvollzug ein konditionelles Resultat. Die Kraft nimmt einen wesentlichen Anteil im Konstrukt der sportlichen Schnelligkeitsleistung ein. Die elementare Schnellig

9.4 Interpretation der Rolle der Schnelligkeitsausdauer bei schnellen Bewegungen

keit kann hingegen nicht als konditionelles Resultat angesehen werden. Sie wird von den koordinativ determinierten Schnelligkeitsleistungen bestimmt.

Die Struktur der komplexen Schnelligkeit kann darüber hinaus nicht ohne koordinativ determinierte Schnelligkeitsleistungen wie z. B. die Bewegungsfrequenz existieren. Sowohl die Kraftentwicklung (Umwandlung chemischer in mechanische Energie - Kondition) als auch hohe Bewegungsgeschwindigkeiten werden unter Zuhilfenahme der steuernden Prozesse (Koordination) vom neuro-muskulären System und den Mechanismen der Energiebereitstellung bestimmt. Bei zyklischen Bewegungen realisiert die koordinativ determinierte Steuerung der elementaren Schnelligkeit vorrangig die Frequenz und Impulsgebung. In einer Struktur der sportlichen Leistungsfähigkeit kann Schnelligkeit somit nicht auf gleicher Ebene mit der Kraft oder der Ausdauer eingestuft werden. Sie rekrutiert sich aus inneren, meist koordinativ determinierten Fähigkeiten und aus komplexen meist konditionellen Leistungsfaktoren. Schnelligkeit ist das Resultat des Ausschöpfens der vorhandenen individuellen Leistungsvoraussetzungen des Sportlers und letztendlich eine Bewegungsgeschwindigkeit. Die *Hypothese der koordinativen Determination der Schnelligkeit* findet Bestätigung.

9.4 Interpretation der Rolle der Schnelligkeitsausdauer bei schnellen Bewegungen

Die in der Querschnitts- und Längsschnittsanalyse erfassten Ergebnisse sind zunächst ohne Berücksichtigung des Leistungsfaktors Schnelligkeitsausdauer interpretiert worden. Eine Vielzahl von Erscheinungen weisen jedoch darauf hin, dass die Schnelligkeit begleitende Ermüdungserscheinungen einige Resultate und Schlussfolgerungen beeinflussen und verfälschen können. Unter Einbeziehung der Pilotstudie, die Einzelprobleme aufgreift und analysieren hilft, werden in der Interpretation zur Schnelligkeitsausdauer in Erweiterung unseres Ansatzes Probleme der Schnelligkeitsausdauer aufgegriffen und beantwortet, die sich vor allem auf die formulierte Fragestellung (F2) beziehen. Die Frage griff die Problematik auf, ob Schnelligkeitsleistungen und im speziellen maximal schnelle motorische Bewegungen ohne den Einfluss der Schnelligkeitsausdauer und der auftretenden Leistungsverluste aufgrund von Ermüdungserscheinun-

9.4 Interpretation der Rolle der Schnelligkeitsausdauer bei schnellen Bewegungen

gen ablaufen können. Schnelligkeitsleistungen stellen dabei hochintensive koordinative und konditionelle sportliche Leistungen dar.

Maximale Geschwindigkeiten sind nur durch die konzentrierte und intensive neuronale Steuerung erreichbar. Doch gerade nervale Prozesse ermüden sehr schnell, so dass es ermüdungsfreie schnelle Bewegungen in der Regel kaum geben kann. Eine Schnelligkeitsleistung ohne Schnelligkeitsausdauer bzw. Schnellkraftausdauer ist nicht denkbar. Ein Kennzeichen für die Wirkung der Schnelligkeitsausdauer sind auftretende Ermüdungserscheinungen und ein damit verbundener Leistungsrückgang. Ursachen der Ermüdung können physiologischer, physischer oder psychisch-mentaler Art sein. Sie liegen z. B. an einer unzureichenden Energieversorgung der Muskeln, der Unfähigkeit, schnell genug Energie bereit zu stellen oder an ineffektiven Körperkonstitutionen aufgrund eines zu hohen Körperfettanteils. Ermüdungen können ebenfalls auf die Unfähigkeit zur Konzentration auf die zu bewältigende Aufgabe oder durch mentale Störungen aufgrund einer Übererregung zurückzuführen sein. Sollte sich die tragende Rolle der Schnelligkeitsausdauer bestätigen, wäre weiter die Frage zu beantworten, ob die Ausdauer Grundlagencharakter für schnelle Bewegungen besitzt und Schnelligkeit nur eine spezielle Form der Ausdauer darstellt (F2) und fortan im Leistungsmodell der konditionellen Fähigkeiten der Ausdauer untergeordnet werden müsste.

In unseren Untersuchungen konnten wir die Wirkung der Schnelligkeitsausdauer sowohl bei der komplexen, als auch bei der elementaren Schnelligkeit an verschiedenen Erscheinungen aufzeigen. Die Wirkungen traten in allen untersuchten Altersstufen sowohl im Geschwindigkeitsverlauf der Beschleunigungsleistungen, als auch im Verlauf der Maximalgeschwindigkeiten, der Schnellkraft und der Bewegungsfrequenz auf und wurden durch Geschwindigkeitsverlust, Rückgang der Koordinationsfähigkeit, Frequenzrückgang, Rückgang der Weiten in den verschiedenen Sprungtests von Durchgang zu Durchgang und Reaktions- sowie Verlängerung der Bodenkontaktzeit sichtbar.

Komplexe Schnelligkeit

Bei der Betrachtung der Beschleunigungsleistungen wird sichtbar, dass der höchste Beschleunigungsanstieg in allen Klassen bereits nach ca. 20 m, also nach 5 s beendet ist, und danach ermüdungsbedingt die Beschleunigungsfähigkeit absinkt und in eine relativ konstante Geschwindigkeit übergeht. Die maximale Schnelligkeit der Schüler ist

9.4 Interpretation der Rolle der Schnelligkeitsausdauer bei schnellen Bewegungen

großen Schwankungen von bis zu 0,2 s beim Vergleich der 10 m, 20 m, 30 m, 40 m und 50 m Teilstrecken unterlegen. Der Beschleunigungs- und der Maximalschnelligkeitslauf ist durch die Schrittfrequenz bestimmt. Die Schwankungen im Maximalschnelligkeitsbereich können der koordinativen Ermüdung der Prozesse des ZNS zugeschrieben werden, die der energetischen vorangeht und nach kürzester Zeit einsetzt. Diese Erscheinung setzte sich von Klasse 5 bis Klasse 13 fort. Der Geschwindigkeitsverlust in den letzten 20 m bei den Schülern der 5. - 7. Klassen bzw. der letzten 10 m des 60 m Laufs bei den Schülern ab der 8. Klasse ist deutlich als Schnelligkeitsausdauerleistung einzuordnen. Es handelt sich um einen Leistungsverlust von über 2 % vom maximalen Leistungsvermögen bezogen auf die Beschleunigungsfähigkeit der Schüler. Hier treten die typischen Kennzeichen der Ermüdungserscheinungen, wie z. B. Schrittverlängerung und sichtbar längerer Bodenkontakt mit einem Fußaufsatz auf der ganzen Fußsohle auf. Sprintläufer hingegen setzen mit den Fußspitzen auf. Die Ursache für die auftretende Ermüdung kann in der Unfähigkeit des elektrischen Impulses liegen, einen Kontraktionsprozess in der beteiligten Muskulatur auszulösen. Diese Unfähigkeit beruht auf der Übersäuerung der Muskelzelle mit einer Anhäufung von Milchsäure, was zu einer Blockade einiger Schlüsselschritte innerhalb der Schritte führt, welche die Muskelschnellkontraktion auslösen.

Eine weitere Begründung für diese Ausdauererscheinung liegt darin, dass keine explizite disziplinspezifische Schnelligkeitsentwicklung der Leichtathletik- trainierenden Schüler des Sportgymnasiums ab der 11. Klasse durch ein spezielles Schnelligkeitstraining erfolgt, wie z. B. bei Sprintern. Eine weitere Verbesserung der Schnelligkeitsleistungen kann folglich unter den allgemeinen Bedingungen des Leichtathletiktrainings am Sportschulkomplex nur noch durch ein systematisches, schnelligkeitsorientiertes und disziplinspezifisches Training erreicht werden. Schnelligkeitstalente scheinen eine Ausnahme und besonders geeignet zu sein, auf dem Weg der Leistungssteigerung ein hohes Niveau zu erreichen. Die eher schnellkraftausgebildeten Werfer und Springer verbessern zwar die Beschleunigungsleistung, erzielen hingegen in der Maximalschnelligkeit keine weitere Verbesserung. Im allgemeinen scheint die Austrainertheit der komplexen Schnelligkeitsleistung durch die limitierten Trainingsbelastungen (bezogen auf den Trainingsumfang) begründet zu sein. Die Trainer spezialisieren das Training im hohen Schulalter durch einen überwiegenden Anteil an intensiven Belastungen, d. h. durch dominierend maximal schnelle Laufanforderungen. Die Wege über Schnellig-

9.4 Interpretation der Rolle der Schnelligkeitsausdauer bei schnellen Bewegungen

keitsausdauererschulungen mit submaximalen Intensitäten werden nicht durchgängig eingesetzt. Leistungsstagnation und begleitende Motivationsprobleme sind die Ursache. Die einsetzenden Ermüdungserscheinungen und der damit verbundene Rückgang der Beschleunigungsleistungen ab 35, 40 bzw. 50 m stellen den Ansatzpunkt für ein spezielles Schnelligkeitsausdauertraining dar. Dieses spezielle Ausdauertraining wirkt dem ermüdungsbedingten Beschleunigungsabfall entgegen und zögert ihn möglichst lange heraus.

Elementare Schnelligkeit

Zum Nachweis der Erscheinung und des Einsetzens der Schnelligkeitsausdauer bei der elementaren Schnelligkeit erfolgte eine Pilotstudie speziell zum Verlauf der Bewegungsfrequenzen beim Tapping. Untersucht wurde das Tappingverhalten männlicher Probanden in verschiedenen ausgewiesenen Zeitabschnitten von 6 – 49 s und unter verschiedenen Ausgangsbedingungen der Belastung.

Für einen Abschnitt von 6 s, der nach ROTH (1982) eindeutig der „reinen“ Schnelligkeit zuzuordnen ist, ist ein deutlich signifikanter Abfall der relativen Bewegungsfrequenz ab der zweiten Sekunde zu verzeichnen ($p = 0.039$) um 4 % (vgl. Abb. 34.). Da der Anstieg bis zur 2. s nicht signifikant verläuft, kann von einem ermüdungsbedingten Rückgang der Frequenz, von Beginn der Bewegung an ausgegangen werden. Eine Ermüdung aufgrund der Ausschöpfung der Phosphatspeicher der Muskulatur kann ausgeschlossen werden, da nach BADTKE (1987) diese Energiespeicher bis ca. 10 s Energie liefern. Hemmprozesse im ZNS aufgrund von Milchsäureanhäufungen können ebenfalls ausgeschlossen werden, da die Zeit zur Entwicklung hoher Laktatwerte nicht ausreicht. Folglich muss eine koordinative Ermüdung der Prozesse des ZNS aufgrund einer Reizüberflutung vorliegen, welche zu Hemmprozessen in den motorischen Zentren führen. Die Ermüdungserscheinungen in den koordinativ bedingten Steuerungsprozessen schneller Bewegungen mit den damit verbundenen Hemmprozessen stellen die Antwort für die in Kap. 5 formulierte Fragestellung F2 nach der Wirkung der Schnelligkeitsausdauer in diesen Steuerungsprozessen dar. Das lässt den Schluss zu, dass nicht erst nach 5 - 8 s (ROTH 1982), sondern unverzüglich nach Bewegungsbeginn, spätestens aber nach 2 s der Bewegung Ermüdungserscheinungen auftreten.

9.4 Interpretation der Rolle der Schnelligkeitsausdauer bei schnellen Bewegungen

Einen identischen Verlauf kennzeichnen auch die gemessenen Zeiträume von 28 s und 49 s. Auch in diesen Zeiträumen fällt die relative Bewegungsfrequenz von Beginn an bis zum Ende um bis zu 20 % ab (vgl. Abb. 35. u. 37.). Auch die Zeiträume 28 s und 49 s sind explizit von Ermüdungserscheinungen und somit von Ausdauer geprägt. Die hier auftretenden Leistungsverluste entstehen durch Ermüdungserscheinungen auf neuronaler, energetischer und muskulärer Ebene. Auf neuronaler Ebene treten Hemmprozesse in der Bewegungsansteuerung und deren Koordination auf, auf energetischer Ebene sind die Phosphatspeicher aufgebraucht, so dass eine Umstellung der energieliefernden Prozesse auf die Glykolyse erfolgt. Auf muskulärer Ebene erfolgen durch die Anhäufung von Stoffwechselneben- und -endprodukten wie z. B. dem Laktat Blockaden der elektrischen Impulsgebung an den Muskel-Nerv-Übergängen und eine Hemmung der Feedbackprozesse für die Bewegungsregelung. Die Bereiche bis 28 und bis 49 s sind aufgrund der Ermüdungsprozesse und der zeitlichen Dauer uneingeschränkt der Schnelligkeitsausdauer zuzuordnen.

Die Wiederholung der Tappingtests mit und ohne vorherige Belastung über einen Zeitraum von beispielsweise 20 s zeigt keine Verlaufsunterschiede. An den relativen Bewegungsfrequenzen ist ein tendenzielles Absinken der Werte von Beginn an und dann über die gesamte Testdauer hinweg um 20 % mit einer Signifikanz von $p = 0.064 - 0.02$ erkennbar (vgl. Abb. 36.). Die Schnelligkeitsausdauer wirkt auch bei der Tappingfrequenz mit und ohne vorherige Belastung von Beginn der Bewegung an. Das Absinken der Bewegungsfrequenzwerte beruht auf den koordinativen Ermüdungserscheinungen im ZNS und einer sich anschließenden energetischen Ermüdung verbunden mit der Umstellung in den Energiebereitstellungsprozessen bei Schnelligkeitsausdauererscheinungen nach bis ca. 10 s.

Der Frequenzabfall und die Wirkung der Schnelligkeitsausdauer wird auch in der differenzierten Betrachtung des Bewegungsverlaufs beider Füße deutlich. Aus der gemeinsamen Darstellung der Frequenzverläufe ist zu erkennen, dass hier ein ausgeprägtes Gefälle vorliegt (vgl. Abb. 37.). Beide Kurven erreichen zwischen der 4. und 6. s ihren Maximalwert, von da an fallen sie bis zum Testende tendenziell ab. Im Kurvenverlauf des rechten Fußes sind weiterhin etwas stärkere Schwankungen als beim linken Fuß zu verzeichnen. Eine erwartete Seitendominanz eines Fußes kommt jedoch nicht zum Tragen. Der Anstieg der Frequenzwerte zwischen der 4. und 6. s findet höchstwah-

9.4 Interpretation der Rolle der Schnelligkeitsausdauer bei schnellen Bewegungen

scheinlich im Testaufbau seine Begründung. Bautechnisch bedingt hat die Bodenkontaktmatte eine Dicke von ca. 1 cm. Auch stellt das Gummimaterial im Gegensatz zum Fußboden ein weiches, nachgebendes Medium dar. Vom Bewegungsgefühl her für den Probanden also nicht synchron und für das „normale“ Ganggefühl nicht alltäglich. Der Proband hat so ein unterschiedliches Bewegungsgefühl unter beiden Füßen. Das unterschiedliche Bewegungsgefühl, gekoppelt mit der nicht automatisierten Koordination der Fußbewegung untereinander führt dazu, dass sich ein Bewegungsfrequenzmaximum erst nach einem gewissen Zeitraum einstellt, womit sich der Anstieg beider Kurven bis zur 6. s erklären lässt. Der weitere stetige Abfall danach bzw. der Frequenzabfall beim rechten Bein bis zur 4. s bestätigen jedoch die Vermutung, dass sofort nach Beginn der Bewegung konditionelle Leistungsverluste verbunden mit Ermüdungserscheinungen auftreten d. h. hier die Schnelligkeitsausdauer zum Tragen kommt.

Bei einer Wiederholung des Versuchs und einem feststellen des jeweils nicht getesteten Beins, wird der Bewegungsfrequenzabfall, die Ausdauercharakteristik, noch offensichtlicher (vgl. Abb. 38.). Während der ersten Testhälfte sind kaum Abweichungen im Verlauf zwischen dem linken und dem rechten Fuß zu erkennen. In diesem Abschnitt kann also nicht von einer Seitendominanz gesprochen werden. In der zweiten Testhälfte liegen die relativen Bewegungsfrequenzen des rechten Fußes jedoch immer etwas höher, als die des linken Fußes. Von einem konditionellen Vorteil der dominierenden Körperseite kann ausgegangen werden. Im dominierenden Bein wirkt eine höhere Schnelligkeitsausdauer. Die einseitige Tappingbewegung entspricht keiner Form, wie sie im natürlichen Bewegungsmuster eines Menschen vorkommt. Somit wird von den Probanden eine Bewegungsform abverlangt, die erst bewusst koordiniert werden muss, um eine für sie optimale Ausführung zu gewährleisten. D. h. für die einseitige Tappingbewegung existiert im ZNS kein gespeichertes Zeitprogramm zur Ansteuerung und Koordination der Muskulatur. Die neuartige Koordination der einseitigen Bewegung kann mit dem 'Prinzip der Gewöhnung an die Bewegungsausführung' bzw. mit einem Neulernen gleichgesetzt werden. Jedoch verhindert auch diese Neukoordination nicht den sofortigen und danach kontinuierlichen Abfall der Bewegungsfrequenzen des rechten und des linken Fußes um 28 – 32 %. Ein Bewegungsfrequenz- bzw. Schnelligkeitsabfall erfolgt auch hier von Beginn der Bewegung an. Wiederholt ist die Charakteristik und die Wirkung der Schnelligkeitsausdauer nachgewiesen.

9.4 Interpretation der Rolle der Schnelligkeitsausdauer bei schnellen Bewegungen

Eine weitere Erscheinung konnte während der Tappingtests beobachtet werden, der Einfluss der Atmung auf hohe Frequenzleistungen. Durch die Probandenbeobachtung seitens des Versuchsleiters stellte sich heraus, dass die gravierenden Leistungseinbrüche im Frequenzverlauf immer dann auftraten, wenn der Proband einen Atemzug tätigte. Erklärt werden kann die Tatsache mit der Aufgabe der Körperspannung in diesen Momenten. Mit dem Einfluss der Atmung auf die Schnelligkeitsleistungen eröffnet sich ein weiterer zu klärender Aspekt, der in Untersuchungen die dieser Arbeit folgen zu charakterisieren ist. In künftigen Untersuchungen ist festzustellen, ob sich die Schnelligkeitsleistung eines Sprinters ohne Atemzüge über beispielsweise eine Streckenlänge von 100 m maßgeblich zur vergleichbaren Strecke mit äußerer Atmung ändert.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass das auftretende Abfallen der Bewegungsfrequenzen nicht nur bei den unteren, sondern auch bei den oberen Gliedmaßen wirkt (vgl. Abb. 39.) und folglich auf den ganzen Körper transferiert werden kann. Leistungsverluste bedingt durch das Auftreten von koordinativen Ermüdungserscheinungen im ZNS, des sich anschließenden Ausschöpfens von Energiedepots und der Unterversorgung der Muskulatur mit Energie durch eine Anhäufung von Stoffwechselneben- und -endprodukten, die sich auch auf die Stimulation der Muskulatur auswirken, treten bereits von Beginn jeder Bewegung an auf. Schnelligkeit tritt also unabhängig von der Dauer und Art der Bewegungsausführung und Unabhängig vom Grad der Vorbelastung jederzeit als Schnelligkeitsausdauer in Erscheinung. Bezogen auf den leichtathletischen Sprint, der in starkem Maße von der Frequenz bestimmt wird bedeutet dies mit dem Abfallen der Bewegungsfrequenz auch einen Geschwindigkeits-, einen Schnelligkeitsverlust.

Der allgemein vertretenen Theorie der Schnelligkeitsleistungen ohne jeglichen Leistungsverlust während der ersten 5 s der Bewegung wird mit den vorliegenden Resultaten aus der Pilotstudie widersprochen. Die Ergebnisse führen zu der Theorie, dass eine „reine“ Schnelligkeit aufgrund der sofort eintretenden Leistungseinbußen, unmittelbar nach Bewegungsbeginn, nicht existieren kann. Die von uns erhobene Hypothese (H2) des fundamentalen Charakters der Schnelligkeitsausdauer findet in den vorliegenden Ergebnissen ihre Bestätigung. Schnelligkeit ist demzufolge eine Form der konditionellen Fähigkeit Ausdauer und unterliegt von Beginn an dem Verbrauch von Funktionskapazitäten. Diese Abbauprozesse die letztlich zu sichtbaren Leistungsverlusten/Ermüdungs-

erscheinungen führen und das Kompensationsbestreben des Körpers verdeutlichen, erfolgen auf neuronaler, energetischer und muskulärer Ebene. Abbauprozesse, Ermüdungserscheinungen (sichtbar/nicht sichtbar) und Kompensationsprozesse (energetisch/muskulär) beginnen unmittelbar nach Bewegungsbeginn und sind ein Ausdruck der Schnelligkeitsausdauer. Diese Prozesse kennzeichnen insbesondere hochintensive Schnelligkeitsbewegungen.

Schnelligkeitsleistungen unterliegen in jedem Fall von Beginn an dem Ausdauerinfluss und entsprechen damit dem Charakter von Schnelligkeitsausdauerleistungen. Sollte die Hypothese des fundamentalen Charakters der Schnelligkeitsausdauer durch weitere Untersuchungen ihre Bestätigung finden, muss fortan explizit von Schnelligkeitsausdauer gesprochen werden. Eine Reformierung in der Zuordnung dieser im Strukturmodell der sportlichen Leistung und hinsichtlich des Stellenwertes in der Trainingspraxis wird notwendig.

10 Zusammenfassender Erkenntnisgewinn

Das Grundanliegen dieser Arbeit bestand darin, im Rahmen des Forschungsprojektes „Schnelligkeit im Nachwuchsleistungssport“ (VF 0407/05/05/97) zu klären, ob sich die sportliche Schnelligkeit in der Bewegung als eine konditionell-koordinative oder aber als eine koordinativ-technisch-motorische Erscheinung darstellt. Dabei galt es die Komponenten zu kennzeichnen die die sportliche Schnelligkeit charakterisieren. Im Verlauf der Untersuchungen und der Auswertung der empirischen Daten erwies sich die Schnelligkeitsausdauer als grundlegendes Kriterium für das Erzielen von Schnelligkeitsleistungen. Einem Überblick zur Thematik der Schnelligkeitsausdauer folgte die Erstellung der Arbeitshypothesen und deren anschließende empirische Überprüfung. Dazu erfolgten im Rahmen einer Pilotstudie zusätzlich Datenerhebungen, die den Zeitpunkt des Auftretens von Ausdauererscheinungen bei hochfrequenten zyklischen Bewegungen aufzeigen sollten. In einer Fragestellung galt es zu klären, ob sich die Schnelligkeitsausdauer als relativ unabhängige Teileigenschaft des Menschen eher schnelligkeits- oder eher ausdauerdeterminiert erklären lässt. In diesem Zusammenhang bleibt die Zuordnung der Schnellkraft, der Schnellkraftausdauer und der Schnellkoordination unter den Bedingungen der Ermüdung als ungeklärtes Problem zu berücksichtigen.

Zunächst wurden in der Arbeit in einem einführenden Kapitel theoretische Betrachtungen zur Schnelligkeit hinsichtlich ihrer Erscheinung in der Historie durchgeführt. Demnach stellte sie zunächst ein Überlebenskriterium für die Menschen dar. Es befähigte sie vor Raubtieren zu fliehen oder aber ihrerseits als erste die erlegten Beutetiere zu erreichen und sich so einen Nahrungsvorteil zu verschaffen. Das Heranwachsen menschlicher Populationen mit der Entstehung von Riten und Bräuchen, das bewusste Handeln im allgemeinen, führte jedoch auch zu rituellen Kämpfen und Kriegen. Der Charakter der Schnelligkeit wandelte sich vom Überlebenskriterium zum kriegerischen Geschwindigkeitsvorteil. Dieser Geschwindigkeitsvorteil prägte sich noch expliziter durch die Nutzung von Pferden als Reit-, Last- und Streittier heraus. Im Zweikampf stand jedoch nicht das schnelle Besiegen des Gegners im Vordergrund, sondern der eigentliche finale, kräftige Schlag. Die Verbindung der Schnelligkeit mit der Kategorie Zeit erfolgte erst im 11. Jahrhundert. Der eigentliche Schnelligkeitsbegriff und eine bewusste Zeitmessung kristallisierten sich um 1400 heraus. Erst Anfang des 17. Jahrhunderts wurde durch die Tanzbewegung in Italien Schnelligkeit mit dem Synonym Tempo versehen und beinhaltete sowohl das angemessene Zeit-, Regel-, Takt- und Gleichmaß einer schnellen Bewegung mit dem dazugehörigen Energie- und Kraft-einsatz. Schnelligkeit oder Geschwindigkeit verkörperten jedoch immer noch nicht den quantitativ messbaren, zeitlichen Charakter. Dieser prägte sich erst durch die fortschreitende Zivilisation, dem schnellen Handel und Wandel und durch die Herausprägung von Spielen und dem Kräfte- und Schnelligkeitsvergleich in Wettstreiten in der Antike und im Mittelalter heraus.

Im Laufe der historischen Entwicklung veränderte sich auch grundlegend die Rolle des Körperbaus für die Realisierung schneller Bewegungen. In der Urzeit war der Mensch durch seine körperbauliche Ausstattung ein guter und schneller Dauerläufer. Diese Voraussetzungen benötigte er sowohl in seiner Rolle als Jäger, als auch als Gejagter. Durch die fortschreitende Zivilisation und immer bessere Voraussetzungen im Überlebenskampf rückten die anatomischen Grundlagen jedoch immer mehr in den Hintergrund. Ab etwa dem 19. Jahrhundert bildeten nur noch wenige Menschen zum Zwecke des Zeitvertreibs, für sportliche Leistungsvergleiche und als Mittel der Erholung und Körperertüchtigung Leistungsfähigkeiten wie Kraft, Schnelligkeit und Ausdauer bewusst aus. Die Bedeutung äußerer Bedingungen wie z. B. sportliche Geräte und sportliche Kleidung nahm stetig zu.

Der Ablauf eines Geschehens bildete einen Maßstab, mit dem andere Ereignisse oder Bewegungen verglichen wurden. Die Koordination und Synchronisation zwischen natürlichen und gesellschaftlichen Bewegungen erfolgte mittels natürlicher Abläufe wie dem Sonnenauf- und Untergang bzw. der Mondphasen. So verwundert es auch nicht, dass die Erscheinung der Schnelligkeit im sportlichen Wettkampf stets mit einer konkreten, zyklisch wiederkehrenden, also weithin bekannten Handlung oder einem Naturphänomen bzw. metaphorisch mit einer mythischen Tat verglichen wurde. Erst ab Mitte des 15. Jahrhunderts wurde der Tag in einen 24 Stunden Zyklus eingeteilt, an dem fortan die Ausrichtung des gesellschaftlichen Handelns erfolgte. Gleichzeitig entstand der Begriff der Geschwindigkeit in den die Koordination von zeitlichen Abläufen und Bewegungen einfluss. Die Kenntnis und bewußte Nutzung des physikalischen Zusammenhangs zwischen Schnelligkeit oder Geschwindigkeit als Quotient aus Weg und Zeit, wie er zur Regulation des Verlaufs von Bewegungen verwandt wird sowie die damit verbundene direkte Zeitmessung, entwickelten sich Mitte des 18. Jahrhunderts.

Die Betrachtung der Schnelligkeit unter sportlichem Aspekt und als Teil der körperlichen Leistungsfähigkeit erlangte durch die physikalischen Kategorien Weg und Zeit und die daraus hervorgehende Bewegungsgeschwindigkeitsbestimmung mit der Einführung des organisierten Sports im 19. Jahrhunderts ihren größten Aufschwung. Dabei erlangten das Messen und die Registrierung von Schnelligkeitsleistungen immer mehr an Bedeutung, sei es in der menschlichen Bewegung an sich, oder in der Ausführung mittels Sport- oder Hilfsgeräten.

Schnelligkeit entsteht dabei jeweils als Ergebnis einer motorischen Bewegung und basiert auf Bewegungsfertigkeiten, die erlernt und trainiert werden müssen. Zur Beschreibung von Schnelligkeit und von Schnelligkeitsleistungen stellte die Kraft meist die Grundlage dar. Die Eigenständigkeit des Begriffs Schnelligkeit als Kategorie der sportlichen Leistungsfähigkeit kristallisierte sich erst Anfang des 20. Jahrhunderts heraus. Fortan wurde nicht mehr nur vom naturgegebenen, ererbten Kraftkörper ausgegangen, sondern konkret die Geschwindigkeit einer Bewegung betrachtet. Mit der Entwicklung einer Sportwissenschaft im 20. Jahrhundert erlebte auch die zeitliche Betrachtung der Schnelligkeit einen deutlichen Aufschwung. Dadurch wurde es möglich, z. B. während des Trainings die Dauer der Belastung für die Schulung der Bewegungsgeschwindigkeit oder die Strecke des Übens festzulegen.

Die Forschungen der Sportwissenschaft führten zu einem Hinterfragen von Zusammenhängen und Strukturen in den Grundlagen der körperlichen Leistungsfähigkeit die zur Schnelligkeit beitragen und zu ersten Modellvorstellungen von OSOLIN (1952) oder SIMKIN (1960). Sowjetische (z. B. MATWEJEW 1978) sowie deutsche Wissenschaftler (z. B. GROPLER/THIEß 1976 oder WEINECK 1995) trieben die Sportwissenschaft und die Forschung um die Komponenten der körperlichen Leistungsfähigkeit voran. Hieraus gingen Strukturmodelle zur sportlichen Schnelligkeit und ihrer Einordnung in Modelle körperlicher Leistungsfähigkeit hervor, die sich durch phänomenologische Betrachtungen, vorrangig an zyklischen Bewegungsstrukturen, z. B. am leichtathletischen Sprint, orientierten. Schon früh wurde die komplexe Struktur der Schnelligkeit erkannt und versucht durch überwiegend theoretische Ansätze, die Schnelligkeitsmerkmale und ihre wechselseitigen Beziehungen darzustellen. Die Diskussionen rankten sich vor allem um die Existenz einer elementaren und einer komplexen Schnelligkeit, um ihren konditionellen oder koordinativen Charakter sowie die Zuordnung der Reaktionsschnelligkeit. Das die Diskussionen nach wie vor aktuell sind und bisher nicht zu einheitlichen Standpunkten führten, zeigt die Vielzahl an Definitionen und Modell- und Strukturvorstellungen.

Neuere Untersuchungen befassten sich mit der Rolle der Reaktionsfähigkeit (VILKNER 1987, MARTIN/NICOLAUS/OSTROWSKI/ROST 1999), der nervalen Impulsgebung an die beteiligte Muskulatur (WULF 1994, SCHMIDT 1991), der Muskulatur (BAUERSFELD 1994), der Bewegungsfrequenz und der Technik (WEIGELT 1997), der Schnellkraft und Schrittlänge (MARTIN/CARL/LEHNERTZ 1991) und der Rolle der Schnelligkeitsausdauer (LÜHNENSCHLOß 1997, ENGELBART 1999) für die sportliche Schnelligkeit. Weiterhin erfolgten umfassende Forschungen zur Bestimmung von Talentauswahlkriterien zur Schnelligkeit (Hohmann 1997, LÜHNENSCHLOß/DIERKS 2003). Die Frage nach der konditionell-koordinativen Begründung (MARTIN/CARL/LEHNERTZ 1991) bzw. nach dem koordinativ-technisch-motorischen Charakter (LÜHNENSCHLOß 1997, WEIGELT 1997) wurde bislang jedoch nicht eindeutig geklärt.

Um die Erscheinung -Schnelligkeit- sportwissenschaftlich zu charakterisieren ist es notwendig, deren verschiedene Modellierungen und Einordnung in die sportliche Leistungsfähigkeit zu kennzeichnen (EHLENZ/GROSSER/ZIMMERMANN 1985, HIRTZ 1990). Der sportlichen Leistung wird dabei ein inneres und ein äußeres Gefüge zugeschrieben.

Das innere Gefüge setzt sich aus metabolischen und morphologischen, sowie aus den angebohrten und erworbenen Leistungsvoraussetzungen zusammen. Als äußere Gefüge ist der Bewegungsvollzug erkennbar, der beeinflusst wird durch die Sportstätte, das Klima, den Gegner etc.. Im Zusammenspiel bedingen beide den qualitativen und quantitativen Grad der (Schnelligkeits-) Leistung. Das harmonische Zusammenspiel der körperlichen Voraussetzungen verdeutlicht den qualitativen Anteil der Schnelligkeitsleistung.

Quantitativ führen kinematische und biomechanische Merkmale zur letztlich sichtbaren und messbaren Geschwindigkeit z. B. in Form der Maximalgeschwindigkeit, der Beschleunigung oder der Bewegungsfrequenz. Limitierend wirken die körperbaulich-anlagebedingten Merkmale, die als Fähigkeiten bezeichnet werden. Begrenzenden Einfluss nehmen des weiteren die sogenannten Fertigkeiten, die der Sportler erlernt bzw. sich angeeignet. Aufgrund der Trainier- und Entwickelbarkeit und den damit verbundenen morphologischen und energetischen Veränderungen wird die Schnelligkeit bislang den konditionellen Fähigkeiten zugeordnet (vgl. HIRTZ 1990). Eine solche Zuordnung wird seit geraumer Zeit immer mehr in Frage gestellt (LÜHNENSCHLOß u. A. 1997, THIENES 1998), da Schnelligkeit primär durch eine optimal koordinierte, technisch saubere Bewegungsausführung entsteht. Um diese Bewegung optimal ausführen zu können, muss die dafür notwendige Bewegungskoordination, bzw. die Technik erlernt werden und entspricht damit einer Fertigkeit. In einem Lernprozess müssen auch die Zeitprogramme ausgebildet werden, welche die zeitlich abgestimmte neuromuskuläre Impulsfolge des Muskeleinsatzes für die schnelle Bewegung regeln. Verschiedene aktuelle Modelle sehen die sportliche Schnelligkeit als technisch-koordinatives Produkt der Bewegungsfrequenz (SCHMOLINSKY 1977), als rein neuronales Produkt (HOHMANN 1999), als Form der sportlichen Ausdauer (LÜHNENSCHLOß 1997) oder der Kraft (SCHMIDT-BLEICHER 1987).

Die biologisch-energetischen Grundlagen der Schnelligkeit liegen in der Vergrößerung der Energiereserven und funktionellen Potenzen und derer schnelleren Mobilisierung, der Ökonomisierung der Funktionen des Organismus und der Ausbildung und Stabilisierung spezifischer motorischer Fertigkeiten (nach FINDEISEN/LINKE/PICKENHAIN 1980).

Letztlich entsteht die Schnelligkeit als theoretisches Konstrukt, dass sich auf Phänomene bezieht (Beschleunigung und gleichbleibende Geschwindigkeit), denen keine unmittelbar messbaren Sachverhalte (Energiepotentiale/Muskelmasse- und querschnitt) zugrunde liegen (BAUERSFELD/WERNER 1980). Erst das Ergebnis des Bewegungsvollzuges ist mittels zeitlicher Parameter (z. B. Sekunden) messbar und tritt als reine (Aktion, Reaktion, Frequenz) bzw. als komplexe Erscheinungsform (Schnellkraft, Schnelligkeitsausdauer) auf (GROSSER 1991). Die verschiedenen Erscheinungen der Schnelligkeit führen zu vielfältigen Erklärungsansätzen und auch zu einer Vielzahl von teils ungenauen Wortschöpfungen (vgl. WEIGELT 1997), mit dem Versuch, die Schnelligkeit umfassend zu charakterisieren bzw. deren Verlaufsform in Phasenstrukturmodellen darzustellen (MARTIN/CARL/LEHNERTZ 1991).

Die phänomenologische Betrachtung der Schnelligkeit und die Eingliederung der verschiedenen Erscheinungsformen in Definitions- und Erklärungsansätze machen durch die Vielzahl von Wortschöpfungen die Komplexität der Schnelligkeit deutlich. Demnach wird unterschieden in elementare und komplexe Schnelligkeit, Wahrnehmungsschnelligkeit, Reaktionsschnelligkeit (Einfach und Wahlweise), Aktionsschnelligkeit, Frequenzschnelligkeit, Schnellkoordination, Geschwindigkeit, zyklische und azyklische Bewegungsschnelligkeit, Beschleunigungsfähigkeit, maximale Schnelligkeit, Schnelligkeitsausdauer, Kraftschnelligkeit, Handlungsschnelligkeit, Koordinationsschnelligkeit und lokomotorische Schnelligkeit. Es scheint schier unmöglich eine einheitliche, übergreifende Definition der sportlichen Schnelligkeit anzugeben, die der Komplexität aller ihrer Erscheinungsformen gerecht wird (vgl. WEIGEL 1997).

Schnelligkeit ist eine komplexe Erscheinung. Verschiedenen Einflussgrößen bestimmen die Qualität und Quantität der Schnelligkeit. GROSSER (1991) differenziert hierzu in Anlage-, entwicklungs- und lernbedingte Einflussgrößen wie das Geschlecht, das Alter, die Konstitution, die sportliche Technik und die Bewegungsantizipation. Sensorisch-kognitive und psychische Einflussgrößen umfassen die Konzentration, die Informationsaufnahme, die Motivation und die Anstrengungsbereitschaft. Neuronale Einflussgrößen beinhalten die Rekrutierung und Frequenzierung, den Erregungs- und Hemmungswechsel, die Reizleitungsgeschwindigkeit und die Vor- und Reflexinnervation. Tendomuskuläre Einflussgrößen werden durch die Muskelfasertypen, deren Querschnittsfläche, Elastizität und Dehnbarkeit, der Kontraktionsgeschwindigkeit, der Muskellänge und

Extremitätenverhältnisse, der Energiebereitstellung und der Muskeltemperatur bestimmt.

In den bestehenden Definitionsansätzen zur Schnelligkeit werden unterschiedliche Sachverhalte spezifiziert. So sehen einige Wissenschaftler in der Schnelligkeit ein rein neuronales Produkt (MARTIN/CARL/LEHNERTZ 1991), andere hingegen favorisieren den konditionellen Charakter (GROSSER/STARISCHKA/ZIMMERMANN 1981) oder auch ein gemeinsames Konstrukt aus beiden Charakteren (FREY 1977). Die Reaktionsschnelligkeit erlangt sowohl in den Definitions- als auch den Erklärungsansätzen der Schnelligkeit eine überwiegende Eigenständigkeit. Simkin (1960), Grosser (1991) oder auch Hohmann u. a. (1999) verweisen auf die in sportwissenschaftlichen Analysen festgestellte relative Unabhängigkeit von weiteren Komponenten der Schnelligkeit und unterstreichen die Forderung Reaktionsschnelligkeit als separate Form anzusehen.

Als weitere Besonderheit werden der Schnelligkeit zwei Kriterien zugesprochen. Das sind die Ausführung mit maximalen Geschwindigkeiten und ein ermüdungsfreier Verlauf innerhalb der ersten 5 – 8 s nach Bewegungsbeginn (ROTH 1982, BADTKE 1999). Ein solcher Verlauf ohne das Auftreten jeglicher Ermüdungs- und Ausdauererscheinungen ist jedoch anzuzweifeln und wird auch durch MESTER (1991), LÜHNENSCHLOß (1999) und RÖCKER (2002) bestritten. Begründung finden diese Zweifel durch auftretende Leistungseinbußen in der Sprunghöhe bei Seriensprüngen (MESTER 1991), durch den Geschwindigkeitseinbruch bei Sprintläufen (LÜHNENSCHLOß 1999) und durch Rückstände in der Ausatemluft (RÖCKER 2002). Keine Schnelligkeitsbewegung verläuft ohne Leistungsverluste. In jedem Fall ist die Ausdauer an der schnellen Bewegung beteiligt. Mit dieser Annahme verliert auch die bisherige Charakterisierung der Schnelligkeit und ihre Einordnung in eine Struktur der konditionellen Fähigkeiten ihre Gültigkeit. Fortan muss von einer Form der Schnelligkeitsausdauer ausgegangen werden.

Unter Berücksichtigung des Grundlagencharakters der Schnelligkeitsausdauer für Schnelligkeitsleistungen wurde ein erster Modellansatz zur Neustrukturierung der konditionellen Fähigkeiten erstellt, welche den Basischarakter der Ausdauer für alle Leistungsbereiche voraussetzt. Berücksichtigung findet in diesem Modellansatz zugleich die Unterscheidung zwischen der konditionell-koodinativ determinierten und der koodinativ-technisch determinierten Schnelligkeit.

Über die Annahme des Basischarakters der Schnelligkeitsausdauer für die Schnelligkeit wurden die theoretischen Ausgangspositionen formuliert und wissenschaftliche Arbeitshypothesen abgeleitet. Es galt zu klären, ob sich die Schnelligkeit als eine Form der Ausdauer darstellt und wie sich die Schnelligkeitsausdauer auf die koordinativ bedingten Steuerungsprozesse schneller Bewegungen auswirkt. Darüber hinaus interessierte uns das Problem oder die Frage, ob Schnelligkeit ein koordinatives oder ein konditionelles Produkt darstellt. Interessanterweise erweisen sich die literarischen Ausführungen in diesem Bereich als sehr spärlich.

Schnelligkeitsausdauer gestaltet sich als die Fähigkeit maximal schnelle Bewegungen über einen möglichst langen Zeitraum ohne Leistungsverluste aufrecht zu erhalten und wird durch eine zeitliche Spanne, gemessen an den Energiebereitstellungsprozessen, begrenzt. Die auftretenden Verluste werden durch Ermüdung hervorgerufen und sind durch unterschiedliche Erscheinungen wie z. B. Geschwindigkeits-, Koordinations- oder Aufmerksamkeitsverlust sichtbar. Schnelligkeitsausdauer ist ebenfalls an Hautverfärbung, Schweißabsonderung, Zittern oder einer schweren Atmung erkennbar.

Die Schnelligkeitsausdauer wird aufgrund ihres Ausdaueranteils der Ausdauer zugeordnet (SCHNABEL/HARRE/BORDE 1997) und neben eines komplexen Charakters als konditionelle Fähigkeit angesehen. Der Faktor der Ermüdung und der Ausdauerbezug spiegeln sich daher in den verschiedenen Definitions- und Erklärungsansätzen wieder. In den Modellierungen wird zwischen einer zentralen (ZNS) (PAHLKE 1988) und einer peripheren Ermüdung (z. B. Muskulatur, Blut) unterschieden (DEMAREES/MESTER 1991). LÜHNENSCHLOß (2004) fordert eine erscheinungsspezifische Betrachtung der Schnelligkeitsausdauer je nach Belastungs- bzw. Sportart. Sie strukturiert die Schnelligkeitsausdauer in einer allgemeinen Übersicht nach verschiedenen inneren und äußeren Prozessen und Erscheinungen und bezieht auch Vorstellungen über bestehende temporäre und medizinische Klassifizierungen mit ein. LÜHNENSCHLOß gibt einen Vorschlag für ein spezifisches Modell um die präzise Integration der Schnelligkeit in ein Gesamtkonzept der sportlichen Leistungsvoraussetzungen vorzunehmen. Eine Strukturierung erfolgt adäquat der Schnelligkeit in elementare und komplexe Schnelligkeitsausdauer und zusätzlich in die Schnelligkeitsausdauer des Handlungsvollzuges. Damit wird jeder schnellen Bewegung ein Schnelligkeitsausdauercharakter unterstellt und die spezielle Erscheinung im Handlungsvollzug berücksichtigt.

Uneinigkeit besteht bei allen Modellen in der Frage, ab welcher Höhe des Leistungsverlustes bzw. ab welchem Zeitpunkt von Schnelligkeitsausdauer gesprochen wird. GUNDLACH gibt einen Wert von 1 % an, WEIGELT fordert hingegen einen Leistungsverlust von 2 %. ROTH gibt beispielsweise einen zeitlichen Bereich ab 5 s an. Die empirischen Ergebnisse dieser Arbeit bestätigen diese Annahmen jedoch nicht.

Im Ergebnis der Fachwissenschaftlichen Studien und eigenen Annahmen stellten sich für die empirische Untersuchung folgende Fragen:

- Kann die Schnelligkeit als konditionell – koordinative Fähigkeit angesehen werden?
- Ist eine Schnelligkeitsleistung deshalb ohne Schnelligkeitsausdauer bzw. Schnellkraftausdauer denkbar?

Daran anschließend erfolgte die Formulierung der fragebezogenen Hypothesen:

- *der Hypothese der koordinativen Determination der Schnelligkeit und*
- *der Hypothese des fundamentalen Charakters der Schnelligkeitsausdauer.*

Die Hypothese der koordinativen Determination der Schnelligkeit wird findet dadurch Begründung, dass die Schnelligkeit nicht in eine Struktur der sportlichen Leistungsfähigkeit integriert werden kann. Sie rekrutiert sich aus inneren, meist koordinativ determinierten Fähigkeiten und aus komplexen meist konditionellen Leistungsfaktoren und ist das Resultat des Ausschöpfens der vorhandenen individuellen Leistungsvoraussetzungen des Sportlers und letztendlich eine Bewegungsgeschwindigkeit. Die Hypothese des fundamentalen Charakters der Schnelligkeitsausdauer basiert auf dem Grundlagencharakter der Ausdauer. Schnelligkeit wird als eine Form der konditionellen Fähigkeit Ausdauer interpretiert, da jede (schnelle) Bewegung von Beginn an dem Verbrauch von Funktionskapazitäten unterliegt. Diese Abbauprozesse führen letztlich zu sichtbaren Leistungsverlusten/Ermüdungserscheinungen und verdeutlichen das Kompensationsbestreben des Körpers auf neuronaler, energetischer und muskulärer Ebene. Abbauprozesse, Ermüdungserscheinungen (sichtbar/nicht sichtbar) und Kompensationsprozesse (energetisch/muskulär) beginnen unmittelbar nach Bewegungsbeginn und sind ein Ausdruck der Ausdauer. Diese Prozesse kennzeichnen insbesondere hochintensive Schnelligkeitsbewegungen. Schnelligkeitsleistungen unterliegen in jedem Fall von Be-

ginn an dem Ausdauerinfluss und entsprechen damit dem Charakter von Schnelligkeitsausdauerleistungen.

Die Datenerhebung zur Überprüfung der Hypothesen erfolgte an Schülern des Sportgymnasiums und der Sportsekundarschule in Magdeburg. In einer Längs- und einer Querschnittstudie wurden wissenschaftliche Tests und Verfahren durchgeführt, die speziell auf die Erfassung von Leistungsmerkmalen der sportlichen Schnelligkeit (elementar und komplex) und der Schnelligkeitsausdauer ausgerichtet sind und die Haupt- und Nebengütekriterien wissenschaftlicher Tests erfüllen. Testpersonen waren insgesamt 604 Jungen und Mädchen der Klassenstufen 5 – 13, der Sportarten Schwimmen, Handball und Leichtathletik. Ergänzt wurden diese Untersuchungen durch eine Pilotstudie an Studenten der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, um hinsichtlich der Schnellkoordination den Zeitpunkt des Einsetzens der Schnelligkeitsausdauer bei hochfrequenten zyklischen Schnelligkeitsbewegungen festzulegen.

Kritisch müssen die in die Datenerhebung einfließenden subjektiven und objektiven Fehlereinflüsse betrachtet werden, die GULLIKSEN (1950) in der so genannten „klassischen Testtheorie“ formulierte. Um die auftretende Fehlerrate möglichst gering zu halten, wird eine „personelle Konstanz“ und eine „instrumentelle Konstanz“ gefordert (vgl. HOHMANN 1994). Die personelle Konstanz wurde durch stets die gleichen Test- und Versuchsleiter angestrebt, um die subjektiven Fehler in Form von Ablesefehlern auf einem möglichst geringen Niveau zu halten. Ebenfalls war damit eine stets gleiche Testdurchführung gesichert. Durch studienbedingte Fluktuation der Testleiter gelang dies jedoch nicht immer. Eine instrumentelle Konstanz gewährleistete die Anwendung jeweils gleicher Tests und Verfahren unter den möglichst gleichen Bedingungen. Die Testgenauigkeit gewährleistete die Überprüfung der Gütekriterien. Die veränderlichen Test(Ausgangs-)bedingungen resultierten auch immer aus der jeweiligen motivationalen Situation der Sportler.

Für die Datenverarbeitung und die anschließende Darstellung der Ergebnisse wurden der Mittelwertvergleich sowie korrelative und Regressionsberechnungen herangezogen. Die Berechnungen erfolgten mit dem Statistikprogramm SPSS, die grafische Darstellung der Resultate mit Microsoft Excel. Aus den fachwissenschaftlichen Studien und der

Interpretation der empirischen Daten ergeben sich zusammenfassend folgende Erkenntnisse:

Erkenntnisse des fachwissenschaftlichen Literaturstudiums

- In der Theorie der Sportwissenschaft wird die sportmotorische Schnelligkeit überwiegend als konditionelle Fähigkeit beschrieben. Ein Problem der Interpretation von Schnelligkeit ist das Ausweisen einer Theorie zu ihrer Integration in eine allgemeine sportliche Leistungsstruktur. In der Erklärung zum Charakter der Schnelligkeit werden verschiedene Struktur- und Modellansätze zur Diskussion gestellt.
- Bei der Definition von Schnelligkeit sind folgende grundsätzliche Probleme weiterhin ungeklärt: Z. B. führt die Anzahl der verschiedenen Erscheinungsformen im Sport, aber auch die Integration der 'Teil-Fähigkeiten' in den Schnelligkeitsbegriff zu einer Vielzahl verschiedener Interpretationsansätze. Schnelligkeit wird als konditionelle Fähigkeit, als koordinativ-konditionelle Fähigkeit bzw. als sportliche Fertigkeit angesehen. Da die Kraftleistung für jede sportliche Bewegung Grundlagencharakter hat, ist es aus trainingsmethodischer Sicht erforderlich, zwischen Kraft- und Schnelligkeitsleistung zu unterscheiden. Eine Abgrenzung zu den Krafteigenschaften, vor allem unter Bezug auf die äußere Last (äußeren Widerstände), wird im Zusammenhang zum auftretenden Widerstand bei der schnellen Bewegungsausführung erörtert. Schnelligkeitsleistungen erfolgen „ohne Widerstände“. Anerkannte Kraftleistungen existieren erst bei Widerständen über 20 % des muskulären Leistungsvermögens. Die eigentlichen Strukturmerkmale und die Modellvorstellungen von Schnelligkeit oder Kraft bleiben unberücksichtigt. Weder die energetischen noch die steuernden Grundlagen werden bei der Problemaufbereitung einbezogen. Diese Diskrepanz und die weiteren aufgeführten Probleme führen dazu, dass aufgrund der Vielfalt der Erscheinungsformen der Schnelligkeit (den Schnelligkeitsphänomenen) die Definitionen einen oft aufzählenden Charakter besitzen und wenig theoretisch untersetzt sind. Um die einzelnen Erscheinungsformen trotzdem voneinander abgrenzen zu können, wird zu ungenauen praxisgebräuchlichen Wortschöpfungen übergegangen.
- Eine Betrachtung der Entwicklung des Schnelligkeitsbegriffs zeigt, dass der phänomenorientierte Ansatz bisher zu keiner wissenschaftlich befriedigenden

Begriffsbildung geführt hat und auch nicht führen kann. Ausgehend von einer „Schnelligkeit“, stellvertretend als Sammelbegriff für die „Schnelligkeit im Sport“, die bestimmte zeit- und geschwindigkeitsoptimierte Handlungsvollzüge umfasst, ist es nahezu unmöglich, auf diese Weise eine Schnelligkeitsfähigkeit zu definieren, die der vielschichtigen Anforderungen gerecht wird.

- Das Modell der Schnelligkeit von GROSSER, STARISCHKA & ZIMMERMANN (1981, 81). liefert einen allgemeinen Ansatz zur Charakterisierung der Schnelligkeit In dem Modell werden die Dimensionen (Komponenten) der Schnelligkeit, ihre Zusammenhänge untereinander und deren verbreitete Begrifflichkeiten umfassend dargestellt. In GROSSERS Modell wird, wie auch in Strukturvorschlägen anderer Autoren (vgl. BAUERSFELD/VOSS 1992; THIENES 1998; HOHMANN 1999) eine klare Differenzierung zwischen Reaktionsschnelligkeit, maximaler azyklischer Schnelligkeit und maximaler zyklischer Schnelligkeit vorgenommen und für jede dieser Dimensionen eine gewisse Unabhängigkeit von den anderen vorausgesetzt. Die hohe Wertigkeit der Reaktionsfähigkeit ist bezogen auf die zyklischen Schnelligkeitsleistungen nicht nachvollziehbar. Auf keinen Fall kann sie nach unseren Erkenntnissen mit azyklischer und zyklischer Schnelligkeit in einer Ebene betrachtet werden. Die Reaktionsfähigkeit hat als spezielle koordinative Fähigkeit ihren Stellenwert im Leistungsgefüge der sportlichen Handlung.

Erkenntnisse der empirischen Untersuchungen

- Hinsichtlich der Eigenständigkeit der Reaktionsschnelligkeit lassen die Untersuchungsergebnisse erkennen, dass nur im Fall einer Klassenstufe und einer Geschlechtsspezifik lineare Abhängigkeiten zwischen der maximalen Schnelligkeit und der direkt gemessenen Reaktionszeit bestehen und stützen damit die Aussagen zur relativen Eigenständigkeit der Reaktionsschnelligkeit. Ausführungen von FLEISHMAN & HEMPEL (1956) oder auch WEINECK (1987) und JOCH & HASENBERG (1990) finden insofern Bestätigung, dass zwischen der Reaktionszeit und der Bewegungsgeschwindigkeit keine oder nur sehr geringe Korrelationen bestehen. Ein reaktionsschneller Mensch muss bei weitem noch nicht motorisch schnell sein und umgekehrt. Die geringen Fortschritte im Laufe der ontogenetischen Entwicklung weisen darauf hin, dass die Reaktionsfähigkeit auf akustische Signale eine stabile

und konstante Leistung erzielen. Sie kann lediglich mit speziellen Reaktionsübungen verbessert werden. Insofern bleibt der Zweifel bestehen, dass sich die elementare Reaktionsfähigkeit wirklich verbessern lässt. Die verbesserte Reaktion der Probanden in der 8. - 13. Klasse kann u. U. auf die Häufigkeit von Schätzreaktionen zurückgeführt werden.

- Die nicht existierende korrelative Beziehung zwischen der koordinativen Fähigkeit (Reaktion auf akustische Signale) und der konditionell determinierten Schnelligkeitsleistung (60-m-Ablauf aus dem Tiefstart) verstärkt die Position der Eigenständigkeit der Reaktionsfähigkeit im Modell der Schnelligkeit zyklischer Bewegungen. Fraglich bleibt die Tatsache, dass von allen untersuchten leichtathletischen Sprintbewegungen lediglich Zusammenhänge zur Beschleunigungsleistung in der Disziplin 30-m-Ablauf aus dem Tiefstart zu verzeichnen sind. Die Bezüge zu dieser Disziplin sind durchgängig in allen untersuchten Alters und Geschlechtsklassen nachweisbar. Die lineare Abhängigkeit lässt sich mit dem Startverhalten und der Reaktion auf das Startsignal erklären, sozusagen dem schnellstmöglichen „Abkommen aus dem Startblock“. Die Reaktionsleistung hat prozentual einen 8 %-Anteil an der 30-m-Laufleistung gegenüber 0,2 % am 60-m-Lauf.
- Wird die konditionell determinierte Komponente der maximalen zyklischen Schnelligkeit: 30-m-Lauf aus fliegendem Start betrachtet, so ist weder in der Klassenstufe 5/6 noch in der Klassenstufe 7/8 sowohl bei den Mädchen als auch bei den Jungen ein Bezug zu den frequenzkennzeichnenden Tests wie dem Tapping oder Skipping zu erkennen. Maximale Schnelligkeit stellt also kein ausschließliches Produkt der Bewegungsfrequenz dar. Die von GROSSER, STARISCHKA & ZIMMERMANN in ihrem Modell vertretene Eigenständigkeit der Komponente Frequenzschnelligkeit wird durch die vorliegenden Ergebnisse gestützt. Die fehlende korrelative Beziehung ist darauf zurückzuführen, dass im Sprintlauf niemals die maximalen Frequenzleistungen abgerufen werden können, sondern nur solche, die in Relation zur Schrittlänge maximal sind. Sie sind in dem automatisierten Laufschrift effektiv und ökonomisch, aber nicht individuell maximal und stellen so ein koordinativ-motorisches Problem dar. Es kann davon ausgegangen werden, dass die Frequenz im Sprintlauf ca. 90 % des individuell maximalen Leistungsvermögens ausmacht. Die nicht genutzte Reserve bleibt in jedem Fall erhalten.

- Limitierend für eine Erhöhung der Bewegungsfrequenz sind die Rekrutierung der Muskulatur, die zeitliche Dauer der Kraftübertragung bzw. die Schnellkoordination innerhalb des Bewegungsablaufs. Die Bewegungsfrequenz stellt einen Bestandteil der Schnellkoordination dar. Die Auffassung von der relativen Eigenständigkeit der Frequenz wird durch die Resultate der komplexen Reaktionsleistung unterstützt. Zum „Wiener Koordinationstest“, der speziell auf die Erfassung der Koordinationsfähigkeit ausgerichtet ist, bestehen keine direkten linearen Zusammenhänge. Die relative Eigenständigkeit der elementaren koordinativ determinierten Schnelligkeitsleistungen wie der Schnelligkeit im Dehnungs-Verkürzungszyklus und der Frequenzschnelligkeit deuten darauf hin, dass ihre Steuerung von schnellen Bewegungen als komplexe Leistung angesehen werden kann. Die komplexe Schnelligkeitsleistung wird durch die Beschleunigungs- und die Maximalgeschwindigkeitsleistung charakterisiert. Die Schrittfrequenz des Sprintlaufs ist folglich eine komplexe koordinative Leistung der Schnellkoordination elementarer neuro-muskulärer Prozesse. Die analysierten elementaren Merkmale der Schnelligkeit steuern im Sinne einer Schnellkoordination die Sprintleistung. Die Auffassungen von HIRTZ (2000) finden Unterstützung.
- Die Untergliederung der Schnelligkeit in ein dimensionsanalytisches Modell, wie sie von GROSSER, STARISCHKA & ZIMMERMANN zur Beschreibung ihrer verschiedenen Erscheinungsformen der Schnelligkeit vorgenommen wird, kann in dieser Form nicht mehr vertreten werden. Hier wird von einer relativen Unabhängigkeit der genannten Komponenten ausgegangen, in komplexe Schnelligkeitsleistungen gehen diese jedoch mehr oder weniger kombiniert ein. Somit besitzt die elementare Schnelligkeit Grundlagencharakter für die komplexe Schnelligkeit. Schon GROPLER und THIESS wiesen nach, „dass die Koordinationsfähigkeit einerseits, Sprint-, Weitsprung- und Dreierhopleistung andererseits eng miteinander korrelieren. Daraus ist zu folgern, dass Schnellkraft im allgemeinen und Sprungkraft im besonderen stark an das Koordinationsniveau gekoppelt sind“ (vgl. GROPLER/THIESS 1973, 514f). Die offensichtliche konditionelle Abhängigkeit zur Kraft und der ebenfalls unbestrittene koordinative und technische Anspruch an die Bewegungsausführung lassen die Schlussfolgerung zu, dass keine rein konditionelle bzw. rein koordinative Schnelligkeit existiert, sondern dass diese ein Resultat aus dem Zusammenspiel verschiedener Komponenten/Dimensionen darstellt. Der enge Technikbezug deutet darauf hin, dass es

sich hierbei eher um ein Zusammenspiel von koordinativen und psychomotorischen Eigenschaften handelt.

- Zur gleichen Schlussfolgerung führt die Betrachtung der Charakterisierung der Schnelligkeit von MARTIN, CARL & LEHNERTZ. Wenn diese formulieren, „dass Schnelligkeit nur bedingt den konditionellen Fähigkeiten zuzuordnen sei, da ihre Verursachung nur teilweise energetisch ist, eine Zuordnung zum Konditionsbereich aus Gründen der Zweckmäßigkeit geschehe und weil sie in der Trainingslehre traditionell zu diesem Bereich gehöre“ (MARTIN, CARL & LEHNERTZ 1993, 147), so kann diese Position als oberflächlich und theoretisch unausgewogen charakterisiert werden.
- Schnelligkeit ist durch elementare, koordinativ determinierte Leistungsvoraussetzungen und durch Prozesse der Energiebereitstellung charakterisiert. Ihre äußere Erscheinung sind die Bewegungsgeschwindigkeit und die Genauigkeit der Bewegung, die immer das komplexe Resultat der steuernden und energieliefernden Körperfunktionen darstellen. Eine Zuordnung der Schnelligkeit zum Leistungsfaktor Kondition bzw. zum Leistungsfaktor Koordination kann nicht vertreten werden, weil alle elementaren Leistungsvoraussetzungen für die Schnelligkeit relativ eigenständigen Charakter besitzen und eindeutig entweder der Koordination oder der Kondition zuzuordnen sind. Die Reaktions-, Frequenz- und Sequenzleistungen gehören eindeutig zur Struktur der koordinativen Leistungsfähigkeit. Die energetischen Prozesse während des Bewegungsvollzuges führen zu Kraftleistungen, die eindeutig konditionelle Fähigkeiten darstellen. Die Schnelligkeitsleistungen, ausgedrückt als Bewegungsgeschwindigkeit, werden durch komplexe Leistungsvoraussetzungen bestimmt, die jeweils den einen oder anderen Faktor (Kondition, Koordination) mehr beanspruchen und dann nicht mehr relativ eigenständig und unabhängig voneinander agieren. Z. B. sind Schnellkraft, Schnelligkeitsausdauer und Beschleunigungsfähigkeit mehr konditionell determiniert, hingegen die komplexe Reaktion und die Schrittfrequenz mehr koordinativ determiniert. Die Position von BAUERSFELD wird dahingehend unterstützt, dass Bewegungsschnelligkeit durch elementare Leistungsvoraussetzungen erzeugt wird.
- Problematischer sind allerdings die Aussagen zur Theorie der Zeitprogramme. BAUERSFELD vertritt die Auffassung „Die Schnelligkeit ist eine elementare Leistungs-

voraussetzung. Sie wird vorrangig durch die Qualität neuromuskulärer Steuer- und Regelmechanismen bestimmt. Ihr Ausprägungsgrad spiegelt sich in bewegungsspezifischen Zeitprogrammen wider. In motorischen Bewegungen tritt sie stets gemeinsam mit anderen Leistungsvoraussetzungen auf, ohne durch deren Ausprägungsgrad beeinflusst zu werden (1989, 38).“ Nach unseren Ergebnissen umfassen im leichtathletischen Sprintlauf die Zeitprogramme alle Leistungsvoraussetzungen, die für den Bewegungsvollzug erforderlich sind. Sie bilden den Steuer- und Rekrutierungsmechanismus der Bewegung. Die weiteren Leistungsvoraussetzungen, deren Ausprägungsgrad für den Sprintlauf unerheblich sind, werden im Bewegungsvollzug nicht abgerufen.

- THIENES spricht davon, dass Schnelligkeit „ein in hohem Maße fertigungsgebundener Motorikbereich ist mit einer, wenn auch gegenüber der Kraft und Ausdauer enger begrenzten Trainierbarkeit“ (1998). Die Fertigungsorientierung der Schnelligkeit kann für den Sprintlauf unterstützt werden, da diese in starkem Maße von der Rationalität, der Effektivität und der Harmonie der Lauftechnik geprägt wird. Die konditionell determinierten Einflüsse innerhalb der komplexen Schnelligkeit, wie z. B. im Beschleunigungslauf über 30 m, erhalten gegenüber den koordinativen Steuerprozessen zu Beginn eine höhere Wertigkeit. Bei technisch anspruchsvolleren Bewegungen sind allerdings fertigungsgebundene motorische Ansprüche für schnelle Bewegungen ungleich leistungsbestimmender. THIENES Auffassungen können tendenziell unterstützt werden. In der Wertung der von uns ermittelten Ergebnisse, welche ebenfalls die Auffassungen von GROPLER/THIESS (1973), MARTIN/CARL/LEHNERTZ (1993) und BAUERSFELD (1986 b) stützen, findet die erhobene Hypothese (H1), *Hypothese der koordinativen Determination der (elementaren) Schnelligkeit*, ihre Bestätigung. Die Auffassung über den Fähigkeitscharakter der Schnelligkeit kann allerdings nicht gestützt werden.
- In diesem Kontext bekommt das von GROSSER erstellte Modell über die motorische Schnelligkeit und ihre Unterteilungen (Erscheinungsformen/Subkategorien) eine größere Bedeutung. Aber auch dieses Modell unterliegt einigen Kritikpunkten. Die erste Ebene, die „reine Erscheinungsform“, wie sie GROSSER bezeichnet, mit geringem Kraftanteil, entspricht dem Modell, wie es bei GROSSER, STARISCHKA & ZIMMERMANN beschrieben wurde. Diese Ebene bzw. diese Dimensionen/Erschei-

nungsformen sind, wie schon zuvor in der Ergebnisdiskussion belegt, in dieser Form nur teilweise belegt. Die von GROSSER beschriebene zweite Ebene, die „komplexe Erscheinungsform“ mit erhöhtem Kraftanteil bei längerer Ausführungsdauer, wird nach Auswertung der Untersuchungsergebnisse immer mehr bestärkt, setzt sich jedoch aus verschiedenen Komponenten zusammen. Auch hier ist kein ausschließlicher Bezug auf muskuläre oder energetische Faktoren zu verzeichnen und somit auch keine explizite Realisierung der Schnelligkeit durch die Kraft. Durch die Tatsache, dass in den Untersuchungen keine ausschließliche Abhängigkeit der Schnelligkeit zu konditionellen Charakteristika nachgewiesen werden konnte, wird deutlich, dass die klassische Auffassung von der Schnelligkeit als reine konditionelle Fähigkeit immer fraglicher wird (siehe auch WEIGELT 1997, 24).

- Dass Kraft und Schnelligkeit jedoch untrennbar zusammenhängen, zeigen die Ergebnisse der 11 bis 14 jährigen Schüler der Klassenstufen 5 bis 8. Diese befinden sich in ihrem Entwicklungsprozess in der puberalen Phase. Hier setzt u. A. die geschlechtsspezifische körperliche Entwicklung ein, die zugleich durch ein verstärktes Muskelwachstum gekennzeichnet ist (siehe auch KAUP und FÜRST 1930, 123). Das verstärkte Muskelwachstum bedingt die in den Ergebnissen nachgewiesene deutliche lineare Abhängigkeit der kraftspezifischen Disziplinen zu den Bezugsdisziplinen der komplexen Schnelligkeit. Diese Abhängigkeit betrifft sowohl die Kraftkomponenten der oberen als auch der unteren.
- GROSSER spricht ebenfalls von einem direkten Bezug der Schnelligkeit zur Ausdauer und kennzeichnet diesen Zusammenhang mit den Energiebereitstellungsprozessen in der Muskulatur und der Widerstandsfähigkeit gegenüber Ermüdung. In seiner Struktur für Schnelligkeitsleistungen schließt er die Ausdauer in die komplexe Schnelligkeit ein und untergliedert zunächst in Schnellkraftausdauer und maximale Schnelligkeitsausdauer. Zur Schnellkraftausdauer wird die Beschleunigungsausdauer gerechnet. Das entspricht unserer Integration der Beschleunigung in die konditionell determinierte Schnelligkeit. Die Kategorien Sprintausdauer, Frequenzschnelligkeitsausdauer, allgemeine anaerobe Kurzeitenausdauer und die Sprint-schnelligkeits- und Geschwindigkeitsausdauer zählen zur Schnelligkeitsausdauer. Eine Differenzierung zwischen konditionell determinierter und koordinativ determinierter Schnelligkeit wie sie den Verschiedenen Modellierungen z. B. von WEIGELT

(1995) oder BÖTTCHER/HÖNEL (1996) gerecht würde, wird nicht vollzogen, so dass seine Struktur unvollständig ist. Die Frequenzschnelligkeitsausdauer ist eher komplexe koordinative Schnelligkeit. Die Sprintschnelligkeitsausdauer entspricht unserer analysierten maximalen Schnelligkeit, bei der die Ermüdung einsetzt und sich durch Geschwindigkeitsverlust (negative Beschleunigung) bemerkbar macht. Den Anregungen GROSSERS folgend sind die von uns erhobenen Tests auf Ermüdungserscheinungen untersucht und durch eine Pilotstudie zur Klärung der offenen Fragen nacherhoben wurden. Eine Vielzahl der Resultate aus der Querschnitts- und Langzeitanalyse im Sportschulkomplex sind nur über Ermüdungserscheinungen interpretierbar.

- Bestätigung findet somit der Ausdauerbezug durch unsere Ergebnisse aus der Pilotstudie und dem Nachweis des Auftretens von Ermüdungserscheinungen der Schnelligkeitsausdauer. Die Geschwindigkeitsschwankungen im 60-m-Lauf, die diskontinuierlichen Frequenzergebnisse und die Schnellkraft- und Reaktionsleistungen der Querschnittsanalyse verdeutlichen den negativen Einfluss von Ermüdungserscheinungen auf die sportliche Leistung in den Tests. Die Resultate lassen den Rückschluss zu, dass sich nicht nur konditionell determinierte Ermüdungserscheinungen bemerkbar machen, sondern viel schneller die koordinativ determinierten Ermüdungen wirken. Zu bemerken ist, dass die konditionellen Ermüdungen sichtbar als Leistungsverlust auftreten. So wurden beim 60-m-Lauf bereits nach 30 bis 50 m eindeutige Geschwindigkeitsverluste bzw. Geschwindigkeitsschwankungen erkennbar. Die Frequenzerhebungen (Tapping und Skipping) zeigen bereits nach der zweiten Frequenz eindeutige Verschlechterungen. Der Nachweis kann durch eine Verlängerung der Bodenkontaktzeit beim Skipping und beim Tapping bei allen Schülern fixiert werden. Im Geschwindigkeitsverlauf ist aufgrund dieser Ermüdung allerdings noch kein Leistungsverlust sichtbar. Erst in der Summe der koordinativen Ermüdungen mit den konditionellen Ermüdungen treten Geschwindigkeitsschwankungen auf. Die nervalen Ermüdungen werden anscheinend durch Rekrutierung konditioneller Fähigkeiten zunächst kompensiert. Erst nach ca. 3 - 6 s (in Abhängigkeit vom Alter, Geschlecht und Leistungszustand) werden dann auch koordinative Ermüdungen, z. B. durch Frequenzverlust im Sprintlauf begleitet von einer Schrittverlängerung, sichtbar.

- In der Pilotstudie konnte ein sofortiges Auftreten von Leistungsverlusten bzw. Ermüdungserscheinungen bei hochfrequenten motorischen Bewegungen aufgezeigt werden. Die Auffassung von der „ermüdungsfreien Schnelligkeit“ ohne Leistungsverluste in den ersten 5 s der Bewegung wird demnach widerlegt. Es ist nachgewiesen, dass diese „reine“ Schnelligkeit nach ROTH (1982) nicht existiert, sondern in jedem Falle eine Ausdauererscheinung, die Schnelligkeitsausdauer, vorliegt. Ausdauer besitzt im Kontext der konditionellen Fähigkeiten Basischarakter. Aus ihr gehen die anderen Fähigkeiten hervor. Der Ausdauer als Grundfähigkeit muss demnach die Kraft und auch die (Bewegungs-)Schnelligkeit untergeordnet werden. Der Ausdauererfluss wurde im Verlauf der Beschleunigung und dem Verlauf der Maximalgeschwindigkeiten der komplexen Schnelligkeitsleistung nachgewiesen. Weiterhin kennzeichnete der ermüdungsbedingte Leistungsabfall in der elementaren Schnelligkeitsleistung (Tappingfrequenzleistung) der Pilotstudie die Wirkung der Schnelligkeitsausdauer von Beginn der Bewegung an. Die Schnelligkeitsausdauer während der komplexen und der elementaren Schnelligkeitsleistung bestätigen die Hypothese (H2), die *Hypothese des fundamentalen Charakters der Schnelligkeitsausdauer*.

Durch stetige wissenschaftliche Forschungen und neuartiger Erkenntnisse und Sichtweisen bedarf die Trainingslehre hinsichtlich der *Betrachtung der Schnelligkeit im Kontext der konditionellen Fähigkeiten* also dringend einer Reformierung verbunden mit *neuen Modellansätzen zur Strukturierung der Schnelligkeit*.

An der Methodik der Datenerhebung für die vorliegende Dissertation muss jedoch auch Selbstkritik geübt und, forschungsmethodologische Hinweise und Folgerungen gegeben werden. Bei der Aufbereitung der ermittelten Daten zur elementaren und komplexen Schnelligkeit stellte sich die besondere Rolle der Schnelligkeitsausdauer als maßgebliche Problemstellung heraus, die im eigentlichen Forschungsprojekt bis dahin unberücksichtigt blieb. Um der besonderen Situation gerecht zu werden, wurde kurzfristig reagiert und eine dementsprechende Pilotstudie ergänzend mit herangezogen. Im Rahmen dieser Pilotstudie erfolgten mit 22 Sportstudenten der Otto-von-Guericke-Universität die Untersuchungen an vor allem koordinativ determinierten Schnelligkeitsleistungen. Diese Studenten sind ehemalige Schüler des Sportschulkomplexes, die in die Langzeitstudie einbezogen waren und später ein Sportstudium aufnahmen. Die Ergebnisinterpretation erfolgt unter dem Entwicklungsaspekt, jedoch blieb die alters- und geschlechtsspezifische

sche Vergleichbarkeit des Zustandes und des Stellenwertes der Dimension – Schnelligkeitsausdauer unberücksichtigt. Um die Aussagekraft der Erkenntnisse zur Schnelligkeitsausdauer und ihrer Stellung zur Schnelligkeit zu bestätigen sind weitere ausführliche Untersuchungen notwendig. Die Pilotstudie erhebt lediglich den Anspruch einer Einstiegsuntersuchung in ein explizit zu behandelndes Forschungsgebiet.

11 Fazit

Die theoretischen Vorbetrachtungen und die Resultate der experimentellen Untersuchungen geben einen Einblick in die Komplexität der sportlichen Schnelligkeit. So konnten die Auffassungen verschiedenen Wissenschaftler untermauert, aber auch teilweise widerlegt werden. Als Ergebnis der theoretischen Vorbetrachtungen, der aufgestellten Hypothesen und der vorliegenden Untersuchungsergebnisse wird festgestellt:

↪ Training ist in jedem Falle auf gewollte, zielgerichtete Adaptationen ausgerichtet. Es erfolgen Anpassungen, die mit morphologischen und metabolischen Veränderungen verbunden sind.

↪ Schnelligkeit resultiert aus der Leistungsfähigkeit von Nervenleitprozessen und steht somit in direktem Zusammenhang mit Steuerungs- und Regelungsmechanismen. Steuerungs- und Regelungsmechanismen wiederum bilden ein Merkmal koordinativer Fähigkeiten. Schnelligkeit ist ein koordinatives Resultat mit den konditionellen Grundlagen der Kraft und der Ausdauer.

↪ Als Schlussfolgerung ergibt sich, dass die reine Schnelligkeit als Fähigkeit mit Grundlagenfunktion nicht existiert. Sie setzt sich aus konditionellen und koordinativen Merkmalen zusammen, d. h. Schnelligkeit besteht aus einem Konstrukt aus Kraft, Ausdauer, Koordinationsvermögen, Technik und weiteren Komponenten. Schnelligkeit stellt somit den quantitativen Ausdruck einer qualitativ bestmöglichen Bewegung dar und besitzt Ergebnischarakter.

↪ Die Fähigkeit Ausdauer verkörpert Grundlagenfunktion für die Schnelligkeit. Der Schnelligkeitsausdauer wird die Basisfunktion zugeordnet. Sie findet ihre Grundlagen

auf energetischer Basis und ist abhängig von der Leistungsfähigkeit des Herz-Kreislauf-Systems und dem damit verbundenen Leistungsabfall aufgrund von Ermüdungserscheinungen.

↪ Schnelligkeit ohne Ermüdungserscheinungen in den ersten 5 s nach Bewegungsbeginn existiert nicht. Jede Form einer Schnelligkeitsbewegung ist eine Schnelligkeitsausdauerbewegung und unterliegt von Beginn an Leistungsverlusten aufgrund von Ermüdungserscheinungen.

↪ Schnelligkeit ist keine Fähigkeit, die angeboren und ausschließlich genetisch bedingt ist, sondern sie wird erworben und genügt somit dem Anspruch einer Fertigkeit.

Wird vor dem angegebenen neustrukturierten Modell in Kap. 3.2 (Abb. 15.) fortan der Ausdauer eine Grundlagenfunktion und der Schnelligkeit der Charakter einer technisch-koordinativen Leistungsvoraussetzung zugesprochen, so bedarf es einer gewissen Umstrukturierung in der Betrachtungsweise der allgemeinen inneren Leistungsstruktur, wie sie z. B. HIRTZ (1990) mit seinem Vier-Komponenten-Ansatz vorstellte.

Technisch-koordinative Leistungsvoraussetzungen basieren auf der Erstellung ausgereifter Zeit- (Bewegungs-) Programme. Das Aneignen einer optimalen Technik und das vorausgehende Erstellen von idealen Zeit- (Bewegungs-) Programmen bedarf eines zum Teil langwierigen Lernprozesses. Das Aneignen oder auch Lernen oder Trainieren sind jedoch eindeutige Charakteristika von Fertigkeiten. Wird Schnelligkeit der Gruppe der Fertigkeiten zugeordnet, so empfehlen wir beispielsweise den Vier-Komponenten-Ansatz von HIRTZ (1990) folgendermaßen um zu strukturieren (Abb. 41.).

Im korrigierten Vier-Komponenten-Ansatz ist lediglich die konditionelle „Hauptfähigkeit“ Ausdauer vorhanden. Aus der Ausdauer resultieren dann, wie aus dem angeführten Modell ersichtlich wird, die Kraftausdauer und die Schnelligkeitsausdauer. Letztere gestaltet sich jedoch nicht vollständig als eine konditionell determinierte Fähigkeit, sondern besitzt je nach Dauer und Intensität der Bewegungsausführung, d. h. je nach Erscheinungsform, eine verstärkt koordinativ-konditionelle bis rein koordinative Charakteristik. Schnelligkeit erfährt unter dem Gesichtspunkt einer technisch-koordinativen Leistungsvoraussetzung eine schwerpunktmäßig andere Zuordnung.

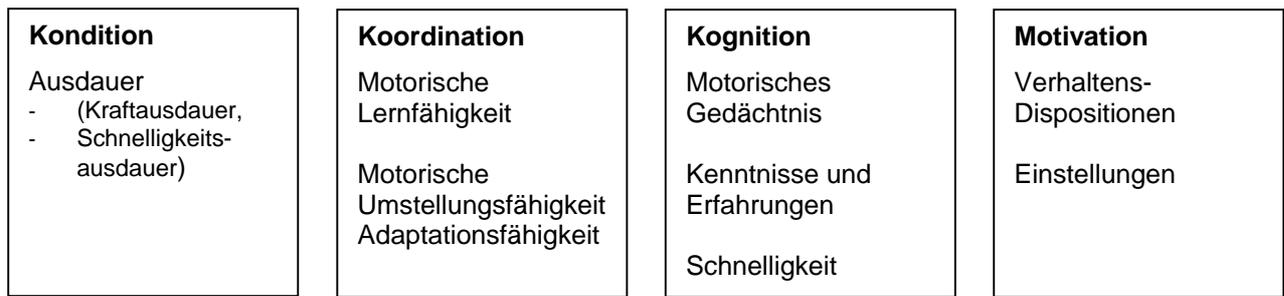


Abb. 41. Veränderter Vier-Komponenten-Ansatz von HIRTZ (1990)

In der Literatur wird z. B. bei BAUERSFELD/VOSS (1992, 18) das Vorhandensein von Bewegungs- oder auch Zeitprogrammen für motorische Bewegungen beschrieben. Bewegungs- oder Zeitprogramme entstehen durch einen langwierigen Lernprozess, der geprägt ist durch Kenntnisse und Erfahrungen. Es erfolgen stetig Steuer- und Regelprozeduren und somit eine ständige Korrektur und Optimierung der Bewegungsausführung. Letztlich entsteht ein Programm, welches die Ausführung der Bewegung unter optimalen energetischen, morphologischen und metabolischen Gesichtspunkten zulässt. Nach außen hin wird das mit maximalen Kraft-, Ausdauer-, Schnelligkeits- und Technikleistungen sichtbar. Die optimierten Programme sind von nun an im Gehirn abgespeichert und jederzeit abrufbar. „Schnelligkeit“ wird fortan je nach Erscheinungsform dem Komplex der Kognition zugeordnet.

Die fachwissenschaftlichen theoretischen sowie die empirischen Daten und die daraus resultierenden angegebenen Modellansätze spiegeln den aktuellen Erkenntnisstand zur Schnelligkeit wieder. So wie seit jeher sportwissenschaftliche Modelle im Mittelpunkt von Diskussionen standen, sollen auch die formulierten Modellansätze zu neuerlichen Überlegungen anregen. Die Sportwissenschaft bedarf in naher Zukunft einen Umschwung in bestimmten Betrachtungsweisen bzw. Modellvorstellungen. Diese Arbeit soll einen Anreiz geben, sich weitergehend mit dem Forschungsgegenstand Schnelligkeit und der Rolle der Schnelligkeitsausdauer auseinander zu setzen.

12 Literatur - Trainingslehre

- AMESBERGER, G. (1989) 2. Kognitive Repräsentation und Bewegungskonzept. *Spectrum der Sportwissenschaft*. Wien 1, 5-36.
- ANOCHIN, P.K. (1978). Beiträge zur allgemeinen Theorie des funktionellen Systems. *Abhandlungen aus dem Gebiet der Hirnforschung und Verhaltensphysiologie*. Bd.8. Jena.
- BACHL, N. (1988). Schnelligkeit. In: PROKOP, L.(Hrsg.): *Frauensportmedizin*. Wien, S.75-89.
- BADTKE, G., u.a. (1987, 1988). *Sportmedizinische Grundlagen der Körpererziehung und des sportlichen Trainings*. Leipzig.
- BAUERSFELD, K.H., SCHRÖTER, G. (1979). *Grundlagen der Leichtathletik*. Berlin, S.383.
- BAUERSFELD, K.H., SCHRÖTER, G. (1980). *Grundlagen der Leichtathletik*. Berlin, S.119.
- BAUERSFELD, K.H., SCHRÖTER, G. (RED.), (1986). *Grundlagen der Leichtathletik*. Berlin.
- BAUERSFELD, M. (1986a). Standpunkte zur Ausbildung der Schnelligkeit im Grundlagen-training. In: *Theorie und Praxis des Leistungssports* 24 10, S.98-103.
- BAUERSFELD, M. (1986b) 8/9. Ausgewählte Probleme und neuere Standpunkte zur Schnelligkeit und ihre trainingsmethodischen Konsequenzen. In: *Theorie und Praxis des Leistungssports* 24, S.155-173.
- BAUERSFELD, M. (1989) 3. Charakteristik der Schnelligkeit und deren Trainierbarkeit im Prozeß der sportlichen Vervollkommnung. In: *Wissenschaftliche Zeitschrift der DHfK Leipzig* 30, S.36-47.
- BAUERSFELD, M., VOSS, G. (1992). *Neue Wege im Schnelligkeitstraining*. Münster, S.110.
- BAUERSFELD, M., WERNER, U. (1980) 3. Zum Frequenzverhalten unterschiedlicher Teilkörperbewegungen. In: *Wissenschaftliche Zeitschrift der DHfK Leipzig* 21, S.25-31.
- BAUMANN, H. (1986). *Methodik der Fehleranalyse durch Bewegungsbeobachtung*. Bad Homburg.
- BAUMANN, H., REIM, R.: (1988). *Bewegungslehre*. Frankfurt / Main, S.43.
- BECKER, P. (1997). *Sport und Höchstleistung*. Hamburg.
- BERGER, J., MINOW, H.J. (1985) 5. Der Mesozyklus in der Trainingsmethodik. In: *Theorie, Praxis, Körperkultur* 34, S.373-381.

- BERITOV, I.S. (1959). Obscaja fiziologija mysecnoj i nernoj sistemy. Moskau.
- BERNSTEIN, N.A. (1947). O postroenij dvizenij. Moskva (Über den Aufbau von Bewegungen).
- BERNSTEIN, N.A. (1960). Problemy kibernetiky. Moskau.
Bewegungsfrequenztelemetrie In: TuP der Körperkultur 23, S.46–51.
- BERNSTEIN, N.A. (1967). The Co-ordination and Regulation of Movements. Pergamon Press, Oxford.
- BINZ, K. (1984) 3. Die Bedeutung der Ausdauer für Training und Spiel. In: Fußballtraining 2, S.27-35.
- BLASER, P. (1974) 1. Komplexuntersuchungen im leichtathletischen Lauf und im Sportswimmen mit Hilfe der Speedographie und der
- BLASER, P. (1978). Die Entwicklung der konditionellen Fähigkeit Schnelligkeit und Schnellkeitsausdauer. Berlin.
- BLASER, P., WITTE, K., STUCKE, CH. (1994). Steuer- und Regelvorgänge der menschlichen Motorik. Sankt Augustin.
- BORMANN, T., PAHLKE, U., PETERS, H. (1981) 7. Blutlaktatkonzentrationen nach Wettkampfbelastungen im Schwimmen und Laufen bei 9jaehrigen Kindern. Medizin und Sport. Berlin. 21, S.198-201.
- BÖTTCHER, G., HÖNEL, M. (1996). Effektives Schnelligkeitstraining im Handball - mehr als nur Sprinten! Handballtraining. Münster. S.39-50.
- BÖS, K., MECHLING, H. (1983). Dimensionen sportmotorischer Leistungen. Schorndorf, Hofmann. S.213.
- BÜHRLE, M. (1993) 2. Schnellkraft. In: Spectrum der Sportwissenschaften 5, S.5-29.
- BÜHRLE, M., SCHMIDTBLEICHER, D. (1977) 1. Der Einfluß von Maximalkrafttraining auf die Bewegungsschnelligkeit. In: Leistungssport 7, S.3-10.
- BUSEMANN, F.-J. (2001). Der deutsche Sprint! Oder: Warum laufen andere schneller? WLTV-Training. 07.
- CARL, K. (1988). Talentsuche, Talentauswahl und Talentförderung. Schorndorf: Hofmann.
- CARLIER, M., DUMONT, A.M., BEAU, J., MICHEL, F. (1993) 3. Hand performance of french children on a finger tapping test in relation to handedness, sex and age. In: Perceptual and Motor Skills 76, S.931-940.
- CLAUSS, G., EBENER, H. (1975). Grundlagen der Statistik für Pädagogen und Soziologen. Zürich – Frankfurt/M., 124ff.

- CLAUSS, G., U. A. (HRSG). (1976, 1985⁴). Wörterbuch der Psychologie. Leipzig.
- CLAUSS, G., EBENER, H. (1989). Grundlagen der Statistik für Pädagogen und Soziologen. Zürich – Frankfurt/M., 116ff.
- CONZELMANN, A. (1997). Entwicklung konditioneller Fähigkeiten im Erwachsenenalter. Schorndorf, Bd.29
- CRASSELT, W. (1977) 4. Entwicklungsstand und –tendenzen in sportlichen Grundübungen sowie einigen leichtathletischen Disziplinen, In:TuP der KK, 26, S.285.
- CRASSELT, W., ISRAEL, S., RICHTER, H. (1984) 6. Schnellkraftleistungen im Alternsgang. In: Theorie und Praxis der Körperkultur 33, S.423-431.
- CRASSELT, W., u.a. (1990). Physische Entwicklung der jungen Generation (Forschungsbericht). Akademie der Pädagogischen Wissenschaften der DDR. Berlin.
- DASSEL, H., HAAG H. (1987). Circuit-Training in der Schule. Schriftenreihe zur Praxis der Leibeserziehung und des Sports. 6. unveränderte Auflage. Schorndorf, S.14-16.
- DAUGS, R., BLISCHKE, K. (Hrsg.), (1993). Aufmerksamkeit und Automatisierung in der Sportmotorik. Sankt Augustin.
- DE MAREÉS, H. (1996). Sportphysiologie. Köln 8.Aufl.
- DE MAREES, H., MESTER, J. (1991b). Sportphysiologie III. Frankfurt/M., S.101ff.
- DE MAREES, H., Raschka, C. (1996). Unfallhergangstypen und Vorschläge zu ihrer Prävention im Feld- und Hallenfußball, S.140-151.
- DINTIMAN, G., WARD, B., TELLEZ, T. (1988). Sports Speed # 1 Program for Athletes. -- 2nd ed. USA.
- DIERKS, B., HEINZ, B. (1980). Einige methodische Aspekte zur Effektivierung des motorischen Lernprozesses im Sportspiel Handball. Theorie und Praxis der Körperkultur. Berlin, S.588-590.
- DIERKS, B., HOHMANN, A., DAUM, M., LÜHNENSCHLOß, D., SEIDEL, I. (2002). Die Handlungsorientierte Schnelligkeit als leistungslimitierender Faktor bei der Bestimmung des sportlichen Talents im Nachwuchshandball. In: HOHMANN, A., WICK, D., CARL, K. Talent im Sport. Schorndorf, S.193-200.
- DIERKS, B., LÜHNENSCHLOß, D. (2003). Koordinativ determinierte Schnelligkeit am Beispiel der Frequenzleistung. Kinesiology new perspectives. Poznan.
- DOHRN-VAN ROSSUM, G., REIF, H.G. (1980) 1. Sportgeschichte als Strukturgeschichte, Schorndorf 10, S.71-87.
- DONSKOI, D.D. (1961). Biomechanik der Körperübungen. Berlin.

- DUDEL, J. (1993). Informationsvermittlung durch elektrische Erregung. In: Schmidt, R.F., Thews, G. (Hrsg.): Physiologie des Menschen. 25.Aufl., Berlin, S.20-44.
- EHLENZ, H., GROSSER, M., ZIMMERMANN, E. (1985). Krafttraining. blv sportwissen Bd. 407. München, 2.Aufl..
- ELFTMAN, H. (1940). The work done by muscles in running. Am J Physiology 129, S.672-684.
- ENGELBART, A. (1999). Examensarbeit: Ausdauerbelastung im Wettkampfspiel „Rugby“. Eine Untersuchung zum Problem der Belastungssteuerung im Ausdauertraining einer Rugby – Bundesligamannschaft.
- ERA, P., JOKELA, J., HEIKKINEN, E. (1986) 1. Reaktion and movement times in men of different ages: a population study. In: Perceptual and Motor Skills 63. S.111-130.
- ERIKSSON, E., HAEGGMARK, T. (1982). Muscle and tendon physiology. S.80-85.
- ETZOLD, R. (1986). Leichtathletik in der Schule. Berlin.
- FARFEL, W.S. (1960). Fiziologija sporta. Moskau.
- FARFEL, W. S. (1977). Bewegungssteuerung im Sport. Berlin.
- FARFEL, W.S. (1983). Bewegungssteuerung im Sport. Berlin.
- FENN, W.O. (1930). The anaerobic oxygen debt of frog nerve. Am J Physiology 92. S.349-361.
- FENN, W.O. (1938) 3. The Mechanics of Muscular Contraction in Man. In: Journal of applied Physics 9. S.165-177.
- FETZ, F., BALLREICH, R.: Die Schnelligkeit. In: NEUMANN, O. (HRSG.), (1964). Die sportliche Leistung im Jugendalter. Frankfurt/ M., S.348.
- FILIPPOVIĆ, V.J., TUREWSKI, J.M. (1977)6. Über die Prinzipien der sportlichen Orientierung von Kinder und Jugendlichen im Zusammenhang mit der altersspezifischen Veränderung in der Struktur des Bewegungsfähigkeiten. In: Leistungssport. Frankfurt/m: 7, S.503-508.
- FINDEISEN, D.G.R., LINKE, P.-G., PICKENHAIN, L. (1980). Grundlagen der Sportmedizin. Leipzig, 224.
- FISCHER, G. (1990) 31. Konzeptionelle Überlegungen zur Entwicklung von Schnelligkeit und Sprintleistung im Leichtathletik – Nachwuchstraining. In: Die Lehre der Leichtathletik 29, S.19-22.
- FLEISHMAN, E.A., HEMPEL, W.E. Jr. (1956). Factorial Analysis of complex psychomotor performance and related skills. Journal of Applied Psychology 40.

- FREY, G. (1977). Zur Terminologie und Struktur physischer Leistungsfaktoren und motorischer Fähigkeiten, S.339-362.
- FUCHS, E., KUBER, D., PAULUS, H., SCHICKETANZ, A. (1972). Schnelligkeits-bestimmende Faktoren bei Kindern und Jugendlichen. Lehre der Leichtathletik 23., S.41.
- FURNADZIEV, V., PETKOV, L. (1977). Schnelligkeitscharakteristik des 60 – m Laufs unter Alters– und Geschlechtsaspekt. Leipzig.
- GABLER, H., ROUFF, B. (1979) 2. Zum Problem der Talentbestimmung im Sport. In: Sportwissenschaft 9.
- GALPERIN, P. (1980). Zu Grundfragen der Psychologie. Berlin.
- GASSE, M. (1995). Ermüdung im Volleyball. Zum Wahrnehmungs- und Entscheidungsverhalten des Mittelblockers unter physischer Belastung, S.113.
- GEESE, R., HILLEBRECHT, M. (1995). Schnelligkeitstraining. Aachen.
- GLOCKAUER, I. (2004). (Magisterarbeit in Aufbereitung). Eine Pilotstudie am Beispiel ausgewählter Tests zur Schnelligkeitsausdauer – Ermüdungseffekte bei zyklischen, hochintensiven Frequenzbelastungen (Tapping). Magdeburg. S.4-37.
- GÖHNER, U. (1999). Einführung in die Bewegungslehre des Sports. Schorndorf.
- GONCAROV, N.N. (1952). Dinamika mysc celoveka pri predel'nych naprjazenijach i ee cozrastnye izmenenija. Moskau.
- GREEN, H.J. (1987). Suppl. 1. Neuromuscular aspects of fatigue - Neuromuskuläre Aspekte der Ermüdung. In: Can. J. of Sport Sci. Vanier 12, S.7-19.
- GREHN, J., v. HESSBERG, A., HOLZ, H.-G., KRAUSE, J., KRÜGER, H., SCHMIDT, H.K. (1986) Metzler Physik für den kursorientierten Unterricht in der gymnasialen Oberstufe. Stuttgart, S.21
- GROPLER, H., THIEß, G. (1974) Heft 5. Innere Struktur der körperlichen Leistungsfähigkeit bei Schülern. In: TuP der KK, S.414-436.
- GROPLER, H., THIEß, G. (1975). Die Kennzeichnung der inneren Struktur der körperlichen Leistungsfähigkeit von Kindern- und Jugendlichen der DDR. Dissertation B. Berlin.
- GROPLER, H., THIEß, G. (1976) 2. Elemente der körperlichen Leistungsfähigkeit In: TuP der Körpererziehung 25, 127-132.
- GROPLER, H., THIEß, G. (1977) 3. Zum Einfluss der Schnellkraft auf die Ausprägung körperlich-sportlicher Fertigkeiten. In: Theorie und Praxis der Körperkultur 26, S.212-215.

- GROSSER, M. (1976a). Psychomotorische Schnellkoordination. Schorndorf.
- GROSSER, M. (1991). Schnelligkeitstraining. Grundlagen, Methoden, Leistungssteuerung, Programme. München, Wien, Zürich.
- GROSSER, M. (1993). Schnelligkeitstraining. Sindelfingen, S.4-7.
- GROSSER, M., BRÜGGEMANN, G.-P., ZINTL, F. (1986). Leistungssteuerung in Training und Wettkampf. München.
- GROSSER, M., STARISCHKA, S. (1986) 2.Aufl. Konditionstests. Blv Sportwissen Bd.402. München.
- GROSSER, M., STARISCHKA, S., ZIMMERMANN, E., ZINTL, F. (1993). Konditionstraining. 6.Auflage, München.
- GUNDLACH, H. (1963) 3. Laufgeschwindigkeit und Schrittgestaltung im 100 m Lauf. In: Theorie und Praxis der Körperkultur 12, S.254-262; 4, 346-359;5, 418–425.
- GUNDLACH, H. (1963) 4. Untersuchungen über den Zusammenhang zwischen Schrittgestaltung und Laufgeschwindigkeit bei 100-m-Läuferinnen und Läufern unterschiedlicher Qualifikation. Theorie und Praxis der Körperkultur 12, S.351.
- GUNDLACH, H. (1965). Zu einigen allgemeinen leistungsbestimmenden Faktoren. In: Theorie und Praxis des Leistungssports 3.Jahrgang, 7/8.
- GUNDLACH, H. (1968 b). Zur Trainierbarkeit der Kraft- und Schnelligkeitsfähigkeiten im Prozeß der körperlichen Vervollkommnung. In: Theorie und Praxis der Körperkultur 17, Beiheft 2, S.167-173.
- GUNDLACH, H. (1968). Systembeziehungen körperlicher Fähigkeiten und Fertigkeiten. Theorie und Praxis der Körperkultur 17, Beiheft, Teil II, S.200.
- GUNDLACH, H. (1969) 3. Testverfahren zur Prüfung der Sprintschnelligkeit. In: Theorie und Praxis der Körperkultur 18, S.224-229.
- GUNDLACH, H. (1973). Olympische Leichtathletik-Wettkämpfe 1972 – Dokumentation, Einschätzungen, Bildreihen. Leipzig.
- GUNDLACH, H. (1973). Olympische Leichtathletik-Wettkämpfe 1972 – Dokumentation, Einschätzungen, Bildreihen. Leipzig.
- HARRE, S. (Hrsg.), (1973). Trainingslehre, Berlin.
- HARRE, D. (1983) 3. Facts about speed training. In: Modern Athlete & Coach 21, S.25-27.
- HARRE, D. (1986). Trainingslehre. 10.Aufl., Berlin.
- HARRE, D. (1972). Trainingslehre. Berlin.

- HARRE, D. (1994). Ausdauerfähigkeiten. In: SCHNABEL, G., HARRE, D., BORDE, A. (Hrsg.), (1994). Trainingswissenschaft. Leistung – Training – Wettkampf. Berlin, S.181-194.
- HARRE, D., LEOPOLD, W. (1986), 4: Kraftausdauer und Kraftausdauertraining. – Theorie und Praxis der Körperkultur. – Berlin 35, S.282-292.
- HARSANYI, L., MARTIN, M. (1986a, 1986b). Vererbung - Stabilität – Auswahl. Münster, S.9-11.
- HARTMANN, J., TÜNNEMANN, H. (1988). Modernes Krafttraining. Berlin.
- HAUNSCHILD, S. (1980) 3. Zur weiteren Klärung des Leistungs- und Strukturbegriffs im Sport. In: WZ der DHfK Leipzig 21, S.95-106.
- HECKHAUSEN, H. (1973). Die Entwicklung des Erlebens von Erfolg und Mißerfolg. In: GRAUMANN, C.F., HECKHAUSEN, H. (Hrsg.). Pädagogische Psychologie. Funk-Kolleg Grundlagentexte, Bd. 1. Frankfurt, S.95-105.
- HEISE, N. (1981). Ausprägungsgrade und Beziehungen zwischen einigen anthropometrisch/physiologischen Merkmalen, psychischen Komponenten, körperlichen Fähigkeiten und sportlichen Fertigkeiten – Ergebniszusammenführung aus einem pädagogischen Langzeitexperiment mit zeitweiliger Akzentuierung im Sportunterricht an Versuchs- und Kontrollklassen. Promotion. Magdeburg.
- HENATSCH, H.-D., LANGER, H.H. (1983). Neurophysiologische Aspekte der Sportmotorik. In: RIEDER, H., BÖS, K., MECHLING, H., REISCHLE, K. (Hrsg.). Motorik und Bewegungsforschung. Schorndorf, S.27-55.
- HILL, A.V. (1938). The heat of shortening and the dynamic constants of muscle. In: Proc. Roy. Soc. (B) London, S.126, 136-195.
- HILL, A.V. (1964). The effect of tension in prolonging the active state in a twitch In: Proc. Roy. Soc. London S.159, 589-595.
- HILL, A.V. (1974). First and last experiments in muscle mechanics- Cambridge, S.141.
- HIRTZ, P. (1979). Untersuchungen zur koordinativen Vervollkommnung von Kinder und Jugendlichen. Diss.B Greifswald.
- HIRTZ, P. (2000). Gleichgewichtsfähigkeit. Berlin.
- HIRTZ, P., HOTZ, A., LUDWIG, G. (2000). Bewegungskompetenzen. Gleichgewicht; Schorndorf, S.208.
- HIRTZ, P., HUMMEL, A. (1990). Lernen im Schulsport als pädagogisch geführter Aneignungsprozess Berlin 39, Beiheft 1.

- HIRTZ, P., KIRCHNER, G., POHLMANN, R. (Hrsg.), (1994). Sportmotorik. Grundlagen, Anwendungen und Grenzgebiete. Kassel.
- HIRTZ, P., NÜSKE, F. (1997). Bewegungskoordination und sportliche Leistung integrativ betrachtet. Hamburg.
- HIRTZ, P., THOMAS, S. (1977) 3. Zur Entwicklung und Struktur koordinativ-motorischer Leistungsvoraussetzungen von Teilnehmern am ausserunterrichtlichen Sport. Theorie und Praxis der Koerperkultur. Berlin 26, S.219-222.
- HOCHMUTH, G., GUNDLACH, H. (1982) 2/3. Zum gegenwärtigen Stand der Theorie und Praxis des Krafttrainings und zu einigen Reserven für die weitere Steigerung der sportlichen Leistungen. Berlin 20, S.7-39.
- HOFFMANN, G., SCHNEIDER, W. (1985) 1. Eignungsbeurteilung und Auswahl im Nachwuchsleistungssport. In: TuP der Körperkultur Berlin 34, S.44-52.
- HOHMANN, A. (1992). Grundlagen der Trainingssteuerung im Sportspiel (unv. Hab.). Stuttgart.
- HOHMANN, A., DIERKS, B., LÜHNENSCHLOß, D., SEIDEL, I., DAUM, M., STRESO, W., WIECHMANN, E. (1998). 2. Zwischenbericht zum Forschungsprojekt (Kurzform). Schnelligkeit im Nachwuchsleistungssport. Magdeburg.
- HOHMANN, A., DIERKS, B., LÜHNENSCHLOß, D., SEIDEL, I., DAUM, M., STRESO, W., WIECHMANN, E. (1999). Schnelligkeit im Nachwuchsleistungssport. Magdeburg. S.18.
- HOHMANN, A., CARL, K. (2002) 7. Talent im Sport – Versuch einer Bilanz. In: HOHMANN, A., CARL, K., WICK, D. (Hrsg.), Talent im Sport. Hofmann, Schorndorf. S.3ff.
- HOISCHEN, N. (1983). Körperwahrnehmung und Körpererfahrung eines männlichen Spitzensportlers. In: KLEIN, M. (Hrsg.), Sport und Geschlecht. Reinbek bei Hamburg, S.75-88.
- HOLLMANN, W. (1968) 3. Zur Trainingslehre: Muskuläre Beanspruchungsformen und ihre leistungsbegrenzenden Faktoren. In: Die Lehre der Leichtathletik, S.75-78.
- HOLLMANN, W. (1973). Sportmedizin. In: JONATH, U. (Hrsg.), Praxis der Leichtathletik, Frankfurt/M, S. 261-315.
- HOLLMANN, W. (1994). Vorlesung - Grundlagen der Trainingslehre. Magdeburg.
- HOLLMANN, W., HETTINGER, T. (1990). Sportmedizin – Arbeits- und Trainingsgrundlagen. 3.Aufl., Stuttgart.
- HOLLMANN, W., HETTINGER, T. (2001). Sportmedizin – Arbeits- und Trainingsgrundlagen. 4.Aufl., Stuttgart. S.130.

- HOWALD, H. (1989). Veränderungen der Muskelfasern durch Training. Leistungssport 2.
- HUBBARD, C.J. (1939, 1960). Educational psychology. Boston.
- HUHN, D. (1974). Untersuchungen zum Höchstleistungsalter in den Olympischen Disziplinen der Leichtathletik. In TuP des Leistungssports 3, S.24.
- ILJIN, E. (1980,1983). Psychofisiologija. Leningrad.
- ISRAEL, S. (1976 b) 11. Die Bewegungskoordination frühzeitig ausbilden. In: Körpererziehung 26, S.501-505.
- ISRAEL, S. (1976a) 2. Akzentuierung bei der Ausbildung körperlicher Fähigkeiten für verschiedene Körperpartien. In: Theorie und Praxis der Körperkultur 25, S.118-127.
- ISRAEL, S. (1982) 4. Möglichkeiten und Grenzen sportmedizinischer Leistungsprüfungen zur Erfassung von Adaptationen. In: Medizin und Sport. Berlin 22, S.97-102.
- IVES, J.C., KROLL, W.P., BULTMAN, L.L. (1993) 3. Rapid Movement Kinematic and Elektromyographic Control Characteristics in Males and Females. In: Research Quaterly for Exercise and Sport 64, S.274-283.
- JAKOVLEV, N.N., KOROBKOV, A.V., JANANIS, S.V. (1960). Fiziokogiceskie i biochimiceskie odnovy teorii i metodiki sportivnoj trenirovki. Moskau.
- JANKE, R. (1990). Möglichkeiten der Eignungsdiagnostik für eine differenzierte Bewertung der Leistungsentwicklung bei Nachwuchssportlern. In TuP der Körperkultur 3, S.173-180.
- JANSSEN, J.-P., MECHLING, H., WEGNER, M. (1991). Informationsverarbeitung und Handlungskontrolle im Sportspiel 6.
- JARVER, J. (1981). Procedures of talent identification in the U.S.S.R. Adelaide. S. 3-6.
- JOCH, W. (1984). Motorische Entwicklung. In: CARL, K., KAYSER, D., MECHLING, H., PREISING, W. (Hrsg.): Handbuch Sport: wissenschaftliche Grundlagen von Unterricht und Training. Düsseldorf S.353-380.
- JOCH, W. (1988b) 43/44. Dimensionen der motorischen Schnelligkeit. In: Die Lehre der Leichtathletik 27, S.1521-1528.
- JOCH, W. (1995a) 4. Strukturmodell einer Theorie des sportlichen Trainings. In: Leistungssport 25, S.6-12.
- JOCH, W. (Hrsg.), (1992). Rahmentrainingsplan für das Aufbautraining Sprint. Aachen.
- JOCH, W., HASENBERG. R. (1990). Über den Zusammenhang zwischen Startreaktionszeit und Sprintleistung. Leistungssport 1, S.36-39.

- JOCH, W., KRAUSE, I. (1978) 11. Altersabhängige Veränderungen motorischer Schnelligkeitsfaktoren bei Kindern und Jugendlichen im Alter von 6-18 Jahren. In: Sportunterricht 27, S.405-413.
- JOCH, W., ÜCKERT. (1999). Grundlagen des Trainierens SportSpektrum, BTG Band 5 Münster, S.37 ff.
- JONES, D. S., OSTROW, A. (1981). Das Verhältnis von Geschlechtsrolle und Stereotypen aufgezeigt an weiblichen Athleten in ausgewählten Sportarten, S.22-28.
- JUNG, K. (1982) 12. Zu ausgewählten Elementen der Leistungsstruktur des Kurzsprints bei Sportlehrerstudenten.: In Theorie und Praxis der Körperkultur 31, S.922.
- KARCIJL, F. (1977) 15. Von der Schnelligkeit zur Ausdauer. In: Sport za Rubezom, Moskva, 10-15.
- KAROB, S., KÖNIG, K., SIMSHÄUSER. H. (1994). Handbuch – Vielseitige sportartübergreifende Grundausbildung. Trainingsmodelle für die Talentaufbaugruppen. Wiesbaden.
- KEELE, S.W. (1986) 1. Motor Control. In: BOFF, K.R., KAUFMAN, L., THOMAS, J.P. (Ed.): Handbook of Perception and Human Performance, Vol. II New York, S.30.
- KEELE, S.W., POSNER, M.I. (1968) 1. Processing of visual feedback in rapid movements. In: Journal of Experimental Psychology 77, S.155-158.
- KIRCHGÄSSNER, H. (1990). Zur Vervollkommnung des Systems der Trainingsmethoden in den Zweikampfsportarten. Berlin.
- KLEIN, M. (1984). >>Social body<<. Persönlicher Leib und der Körper im Sport. In: Ders. (Hg.): Sport und Körper. Rainbek bei Hamburg.
- KLISSOURAS, V. (1971). Heritability of adaptive variation. Journal of Applied Physiology, 31, S.338-344.
- KLIX, F. (1971). Information und Verhalten. Berlin, S.347.
- KOITZSCH, J. (1979). Zu Grundfragen der Schnelligkeitsfähigkeiten im Fußball. Theorie und Praxis des Leistungssports, 4, S.75).
- KOMI, P.V. (1979) 1. Neuromuscular performance: Factors influencing force and speed production. In: Scandinavian Journal of Sports Science 1, S.2-15.
- KORNHUBER, H.H. (1971) 4. Motor Functions of Cerebellum and Basal Ganglia: The Cerebellocortical Saccadic (Ballistic) Clock, the Cerebellonuclear Hold Regulator, and the Basal Ganglia Ramp (Voluntary Speed Smooth Movement) Generator. In: Kybernetik 8, S.157-162.

- KRÜGER, A. (1982). Die Reaktionszeit des Sportlers. Ein Überblick über ausgewählte Forschungsergebnisse. Wernitz. S. 4-33
- KRÜMMEL, C. (1930). Eignungslehre. In: KRÜMMEL, C. (Hrsg.). Athletik. Ein Handbuch der lebenswichtigen Leibesübungen. München.
- KÜCHLER, G. (1983). Motorik – Steuerung der Muskeltätigkeit und begleitende Anpassungsprozesse. Stuttgart.
- KUNZ, H., UNOLD, E. (1990). Schnelligkeitstraining – Grundlagen und Trainingshinweise. Magglingen.
- LARSSON, L., GRIMBY, G., KARLSSON, J. (1979) 3. Muscle strength and speed of movement in relation to age and muscle morphology. In: Journal of applied Physiology 46, S. 451-456.
- LEHMANN, F. (1991). Zur Struktur und Entwicklung der maximalen Laufgeschwindigkeit in der Wechselwirkung von Schnelligkeit als neuromuskuläre Leistungsvoraussetzung und Kraft (dargestellt am Beispiel des Nachwuchstrainings im Sprint). Habilitationsschrift, Leipzig.
- LEHMANN, F. (1992) 4. Zur Beziehung zwischen Schnelligkeit als neuromuskuläre Leistungsvoraussetzung und maximaler Laufgeschwindigkeit im Sprint – Nachwuchstraining. In: Leistungssport 22, S.13-19.
- LEHMANN, F. (1993) 5/6. Schnelligkeitstraining im Sprint. In: Leichtathletiktraining 4, S.9-16.
- LEHNERTZ, K. (1986). Die Ermüdung der koordinativen Leistungsfähigkeit. Münster, S.6.
- LEHNERTZ, K. (1988). Muskelkraft und Bewegungsleistung – magnetische Aspekte. Leistungssport 1, S.45.
- LEHNERTZ, K., Martin, D., Carl, K. (1991). Handbuch Trainingslehre. Schorndorf.
- LEHNERTS, K., MARTIN, D. (1985). Regeneration des schnellkoordinativen Leistungsvermögens nach Ausdauer-, Schnellkraft- und Maximalkrafttrainingseinheiten. Münster, S.39-46.
- LETZELTER, H. (1978). Der Sprintlauf im Grundschulalter. Berlin, München, Frankfurt a.M. Bd.12.
- LETZELTER, H., LETZELTER, M. (1982 a) 6. Schnelligkeit als Trainingsziel. In: Sport-Praxis in Schule und Verein 23, S.103-105.
- LETZELTER, H., SCHÖPE, H.G. (1991). Beiträge zur Sportwissenschaft. Ahrensburg bei Hamburg.
- LETZELTER, M. (1978). Trainingsgrundlagen. Reinbek.

- LETZELTER, M. (1978). Trainingsgrundlagen. Training–Technik–Taktik. Reinbek: Rororo.
- LEXIKON (2001). Duden. Das Fremdwörterbuch. Bd. 5, Mannheim.
- LIESEN, H., HILLMANN, W. (1985). Neue Wege zu besserem Hockeytraining – Teil3: Allgemeine Sportmedizinische Aspekte. In: Deutsche Hockeyzeitung 38, Band 9, S.6-7.
- LOHMANN, W. (1974) 2. Die Verwirklichung einer vielseitigen sportlichen Ausbildung in der 1. Förderstufe der Leichtathletik. Theorie und Praxis des Leistungssports 12, S.65–76.
- LOOSCH, E., TAMME, M. (Hrsg.), (1997). Motorik – Struktur und Funktion. Bd.79 Hamburg.
- LORENTZ, F. (1938). Der Gesundheitswert der Sportarten. Stuttgart.
- LUDWIG, R., THIEß, G. (1977) 10. Auswertung und Interpretation von Faktoranalysen bei der Aufklärung der körperlichen Leistungsfähigkeit. In: Theorie und Praxis der Körperkultur. Berlin 26, S.758-773.
- LÜHNENSCHLOß, D. (1979). Anwendung trainingsspezifischer Übungen der Laufausbildung im Sportunterricht der 9./10. Klassen. Zwickau.
- LÜHNENSCHLOß, D. (1979). Zur Leistungsentwicklung in der Leichtathletik bei Schülern der 9. und 10. Klassen. In: WZ der PH 5, S.486.
- LÜHNENSCHLOß, D. (1980). Dissertation A. Magdeburg.
- LÜHNENSCHLOß, D. (2004). Die Ausdauerfähigkeit. Vorlesung zur Trainingswissenschaft. Magdeburg.
- LÜHNENSCHLOß, D. (2005). Zu Fragen der Schnelligkeitsausdauer. In Aufarbeitung. Magdeburg.
- LÜHNENSCHLOß, D. und DIERKS, B. (2005). Schnelligkeit. Bewegungskompetenzen. In: Praxisideen 16. Schriftenreihe für Bewegung, Spiel und Sport. Berlin. S. 86.
- LÜHNENSCHLOß, D., GRIEBSCH, J., TOEPEL, D. (1997). Leistungsvoraussetzungen und Leistungsentwicklung von Nachwuchssprintern. Eine Analyse zur Talentförderung. Münster.
- MADER, A. (1989). Aktive Belastungsadaptation und Regulation der Proteinsynthese auf zellulärer Ebene. Ein Beitrag zum Mechanismus der Trainingswirkung und der Kompensation von funktioneller Mehrbelastung.
- MARKWORTH, P. (1997). Sportmedizin – Physiologische Grundlagen. Reinbek.
- MARTIN, D. (1977). Grundlagen der Trainingslehre. Teil 1. Schorndorf.

- MARTIN, D., CARL, K., LEHNERTZ, K. (1993). Handbuch Trainingslehre. 2.Auflage, Schorndorf.
- MARTIN, D., KAROß, S., KÖNIG, K., SIMSHÄUSER, H. (1994). Handbuch. Vielseitige sportartübergreifende Grundausbildung. Trainingsmodelle für Talentaufbaugruppen. Wiesbaden.
- MARTIN, D., NICOLAUS, J., OSTROWSKI, CHR., ROST, K. (1999). Handbuch Kinder- und Jugendtraining. Schorndorf: Hofmann. S. 151.
- MATTO, M. (1977). Talentsuche und Entwicklung. Adelaide. S. 26-28.
- MATWEJEW, L.P. (1978). Periodisierung des sportlichen Trainings, Trainerbibliothek, Bd 2, Berlin, S.182.
- MATWEJEW, L.P. (1981). Grundlagen des sportlichen Trainings. Berlin (OST), S.211.
- MC FARLANE, B. (1985) 1. Developing maximum running speed. In: Modern Athlete and Coach 23, S.3-8.
- MEINEL, K. (1976). Bewegungslehre. Berlin, S.223.
- MEINEL, K., SCHNABEL, G. (1987). Bewegungslehre – Sportmotorik. 8.Aufl., Berlin .
- MEINEL, K., SCHNABEL, G. (1998) Bewegungslehre – Sportmotorik. Abriss einer Theorie der sportlichen Motorik unter pädagogischem Aspekt. Berlin.
- MESTER, J., KLEINÖDER, H. (1991). Krafttraining im Tennis - Auswirkungen auf die Bewegungsschnelligkeit. Sindelfingen.
- MEUSEL , H. (1969) 6. Die Schnelligkeit als sportmotorische Eigenschaft. In: Praxis der Leibesübungen 10, S.103.
- MUNZERT, J. (1989). Flexibilität des Handelns. Köln.
- MÜHLFRIEDEL, B. (1991). Trainingslehre. 3. neubearb. u. erw. Aufl. Frankfurt a.M., S.83.
- NEDIM CETIN, H., FLOCK, T. (1991). Leistungssteuerung im Sport. Sankt Augustin.
- NETT, T. (1969). Der Sprint. München.
- NEUMAIER, A. (1988). Bewegungsbeobachtung und Bewegungsbeurteilung im Sport. Sankt Augustin.
- NEUMAIER, A., CHRISTMANN, E. (1984). Zum Einfluss von Beobachtungsanweisungen auf Antizipation von Volleyballangriffen. Ahrensburg, Czwalina, S.172-173.
- NEUMAIER, A., MECHLING, H. (1995) 5. Allgemeines oder sportartspezifisches Koordinationstraining? In: Leistungssport 25, S.14-18.
- NEUMANN, G., SCHÜLER, K.P. (1994). Sportmedizinische Funktionsdiagnostik. Bd.29. 2.Aufl. Leipzig, Berlin, Heidelberg.

- OLFERT, M., BLASER, P., WITTE, K. (1993). Motorisches Können von Langstreckenläufern unter den Bedingungen unterschiedlicher Belastungsgestaltung - eine Einzelfallstudie In: MARTIN, D. (HRSG.), WEIGELT, S. (HRSG.). Trainingswissenschaft - Selbstverständnis und Forschungsansätze. 1. Symposium der dvs-Sektion Trainingswissenschaft in Kassel vom 29.9. bis 1.10.1992 St. Augustin, Academia. S.136-140.
- OZOLIN, N. G. (1952). Das Training des Leichtathleten. Berlin.
- OZOLIN, N. G. (1958). Sostojanie i puti soversenstvovanija sovetskoj sistemy sport trenirovki. Moskau.
- OZOLIN, N. G., CHROMENKOV, L. S. (1974). Naucno metodiceskie osnovy podgotovki legkoatletov. In: Ucebnik trenere po legkoj atletike. Moskva, S.6-143.
- PAHLKE, U. (1995). Muskelgewebe. In: BADTKE, G.(Hrsg.), Lehrbuch der Sportmedizin. 3.Aufl., Heidelberg, S.17-68.
- PANSOLD, B., ZINNER, J., GABRIEL, B.M. 23 (1985) 9/10. Zum Einsatz und zur Interpretation von Laktatbestimmungen in der Leistungsdiagnostik. In: Theorie und Praxis Leistungssport. Berlin, S.98-160
- PETERS, M. (1980) 1. Why the preferred hand taps more quickly than the non-preferred hand: Three experimentson handedness. In: Canadian Journal of Psychology 34, S.62-71.
- PETERS, M., DURDING, B. (1979) 2. Left-handers and right-handers compared on a motor task. In: Journal of Motor Behavior 11, S.103-111.
- PIAGET, J. (1955). Die Bildung des Zeitbegriffs beim Kinde. Zürich.
- PÖHLMANN, R. (1986). Motorisches Lernen. Berlin.
- PUNI, A.C. (1961). Abriss der Sportpsychologie. Berlin.
- RAUCHMAUL, H. (1988). Zur Ausschöpfung physischer Potentiale im Leistungsvollzug. Forschungsbericht. Leipzig.
- RIEDER, R. (1991). Bewegungslernen und Techniktraining. Schorndorf, S.38.
- ROHMERT, W. (1984) 4. Das Belastungs-Beanspruchungskonzept. In: Zeitschrift für Arbeitswissenschaft 34, S.193-200.
- ROSS, S., HUSSMANN, T.A., ANDREWS, T.G. (1954) 2. Effects of Fatigue and Anxiety on Certain Psychomotor and Visual Functions. In: The Journal of Applied Psychology 38, S.119-125.
- ROTH, K. (1982). Strukturanalyse koordinativer Fähigkeiten. Bad Homburg.

- ROTH, K. (1989b). Wie verbessert man die koordinativen Fähigkeiten? In: Bielefelder Sportpädagogen: Methoden im Sportunterricht. Schorndorf, S.76-87.
- ROTH, K. (1990) 1. Ein neues „ABC“ für des Techniktraining im Sport. In: Sportwissenschaft 20, S.9-26.
- RÖTHIG, P., NICOL, K. (1976). Zum Problem der Entwicklung lokomotorischer Grundmuster. In: RIEDER, H., HAHN, E. (HRSG.): Psychomotorik und sportliche Leistung. Schorndorf, S.28-37.
- RUBINSTEIN, S.L. (1984). Grundlagen der allgemeinen Psychologie. Berlin.
- SALE, D.G. (1994). Neurale Adaption im Verlaufe eines Krafttrainings. In: KOMI, P.V. (Hrsg.): Kraft und Schnellkraft im Sport. Köln, S.249-265.
- SALTIN, B., ESSEN, B., FOHLIN, L., THOREN, C. (1981). Skelettmuskelfasertypen und -größen bei Anorexia-nervosa-Patienten. Oxford, S.395-403.
- SCHAPER, A., LETZELTER, M. (1994) 4. Dimensionen der motorischen Schnelligkeit. In: Sportwissenschaft 24, S.358-369.
- SCHARSCHMIDT, F. (1976). Ermüdung und Erholung. In: FINDEISEN, D.G.R.; LINKE, P.-G.; PICKENHAIN, L. (Hrsg.): Grundlagen der Sportmedizin. Leipzig, S.242.
- SCHMIDT, R.A. (1991). Motor Learning and Performance. Champaign.
- SCHMIDT, R.F. (1977). Grundriss der Neurophysiologie. Berlin, Heidelberg, NewYork, S.181.
- SCHMIDT, R.F. (1993). Integrative Leistungen des Zentralnervensystems. In: SCHMIDT, R.F., THEWS, G. (Hrsg.): Physiologie des Menschen. 25.Aufl., Berlin, S.87-131.
- SCHMIDT, R.F., THEWS, G. (Hrsg.), (1997). Physiologie des Menschen. Berlin, Heidelberg, New York 23.Aufl. (1987), 27.Aufl.
- SCHMIDTBLEICHER, D. (1980). Maximalkraft und Bewegungsschnelligkeit. Bad Homburg.
- SCHMIDTBLEICHER, D. (1987) 9. Motorische Beanspruchungsform Kraft. In: Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin 38, S.356-377.
- SCHMIDTBLEICHER, D. (1987). 3. Applying the theory of strength development - Die Anwendung der Theorie der Kraftentwicklung. Kalamazoo (Mich.). S. 34-44.
- SCHMIDTBLEICHER, D. (1989). Zum Problem der Definition des Begriffs Kraftausdauer. In: CARL, K, STARISCHKA, S., STORK, H.-M. (Hrsg.). Kraftausdauertraining. Köln, 10-30.
- SCHMIDTBLEICHER, D., GOLLHOFER, A. (1985). Einflußgrößen des reaktiven Bewegungsverhaltens und deren Bedeutung für die Trainingspraxis. – In: BÜHRLE, M. (Hrsg.), Grundlagen des Maximal- und Schnellkrafttrainings. Schorndorf, S.271-281.

- SCHMIDTBLEICHER, D., GOLLHOFER, A. (1985). In: BÜHRLE, M., SCHMIDTBLEICHER, D. (Hrsg.): Maximalkraft und Bewegungsschnelligkeit. Schorndorf.
- SCHMOLINSKY, G. (1977). Leichtathletik. Ein Lehrbuch für Trainer, Übungsleiter und Sportlehrer. Berlin.
- SCHNABEL, G. (1977). Struktur der sportlichen Leistung. In: Bauersfeld, K.H., u.a.: Grundstandpunkte zur Bearbeitung der Struktur der sportlichen Leistung. Arbeitsmaterial der DHfK. Leipzig, S.74-77.
- SCHNABEL, G. (1980) 10. Sportliche Leistung – ein Beitrag zur Theoriediskussion. In: Theorie und Praxis der Körperkultur. Berlin 29, S.780-787.
- SCHNABEL, G. (1987). Motorisches Lernen im Sport. In: K. MEINEL & G. SCHNABEL Bewegungslehre – Sportmotorik. 8.Aufl. Berlin, S.172-241.
- SCHNABEL, G. (1994). Sportliche Leistung, Leistungsfähigkeit – Wesen und Struktur, In: SCHNABEL, G., HARRE, D., BORDE, A. (Hrsg.), Trainingswissenschaft, Leistung – Training – Wettkampf, Berlin.
- SCHNABEL, G., HARRE, D., BORDE, A. (Hrsg.), (1997). Trainingswissenschaft. 2.Aufl., Berlin.
- SCHNABEL, G., THIEß, G. (1997). „Trainingswissenschaft: Leistung-Training-Wettkampf“, 2.Aufl. Sportverlag, Berlin.
- SCHNEIDER, K. (1989). Koordination und Lernen von Bewegungen. In: ALTENBERGER, H., RÜMMELE, E.: Beiträge zur Sportwissenschaft. Frankfurt am Main.
- SCHNEIDER, K. (1990). Koordination und Lernen von Bewegungen. In: ALTENBERGER, H., RÜMMELE, E. (Hrsg.), Beiträge zur Sportwissenschaft 12.
- SENF, G. (1990). Eignungsdiagnostik – und Normprogramme für die prozessbegleitende Auswahl im Verlauf des Grundlagentrainings – Grundlagen sportartspezifischer Auswahl. In: TuP der Körperkultur 1, S.21-26.
- SHEPARD, R.J. (1993). Allgemeine Grundlagen. In: SHEPARD, R.J., ASTRAND, P.O. (Hrsg.), Ausdauer im Sport. Köln: Deutscher Ärzteverlag, S.43.
- SIMKIN, N.W. (1960). Physiologische Charakteristik von Kraft, Schnelligkeit und Ausdauer. Berlin.
- SIMSHÄUSER, K., KAROß, H., KÖNIG, S. (1994). Handbuch. Vielseitige sportartübergreifende Grundausbildung – Trainingsmodelle für die Talentaufbaugruppen. Wiesbaden, S.122.
- SINGER, R.N. (1985). Motorisches Lernen und menschliche Leistung, Bad Homburg.

- SINGER, R.N., BÖS, K. (1994). Motorische Entwicklung: Gegenstandsbereich und Entwicklungseinflüsse. In: BAUR, J., BÖS, K., SINGER, R.N. (Hrsg.), Motorische Entwicklung. Ein Handbuch. Schorndorf: Hofmann, S.15-26.
- SPIJKERS, W. (1995). Visuelle Verarbeitungszeit und die Kontrolle manueller Zielbewegungen. In: Jäncke, L., Heuer, H. (Hrsg.), Interdisziplinäre Bewegungsforschung. Lengerich, S.312-348.
- STARISCHKA, S. (1990). Zur Diagnostik und Trainierbarkeit sportmotorischer Fähigkeiten Älterer. In: MENZEL, H-J., PREISS, R. (Hrsg.), Forschungsgegenstand Sport. Frankfurt/M, S.339-367.
- STEGEMANN, J. (1991). Leistungsphysiologie. 4. Aufl. Stuttgart, New York.
- STEINBACH, M. (1966) 1. Der menschliche Schnellläufer. In: Sportarzt und Sportmedizin 17, S.7-13 und Nr.3, S.102-107.
- STEMMLER, R. (1962). Die Entwicklung einer Punkttabelle für Leichtathletik im Kindes- und Jugendalter. Leipzig DHfK. Dissertation.
- STEMMLER, R. (1964). Entwicklungstendenzen von Kraft und Schnelligkeit im Kindes- und Jugendalter. In: Wissenschaftliche Zeitschrift der DHfK Leipzig 6 Sonderheft, S.77-83.
- STRASS, D., HABERER, K. (1987) 4. Der Einfluß von Maximalkrafttraining auf die Sprintleistung des Wettkampfschwimmers. In: Leistungssport 17, S.49-53.
- SZOEGY, A. (1988). Einsatz anaerober Tests zur Talentsuche am Beispiel von Radrennfahrern. Clausthal-Zellerfeld. S.180-186
- TEICHGRÄBER, M. (1982) 6. Der Kurzstreckenlauf als allgemeines Trainings- und Kontrollmittel zur Überprüfung bzw. Ausbildung der Sprintleistung im Nachwuchsbereich. In: Theorie und Praxis der Körperkultur 31, S.460–465.
- TEIPEL, D. (1979). Bewegungslernen und visuelle Kontrolle. Eine theoretische und experimentelle Studie zur Bedeutung der visuellen Kontrolle beim Erlernen einer feinmotorischen Bewegung. Dissertation. Köln.
- THIENES, G. (1998). Motorische Schnelligkeit bei zyklischen Bewegungsabläufen. In: Sport Spektrum, Bewegung-Training-Gesundheit. Münster.
- THIEß, G. (1973). Möglichkeiten der Eignungsdiagnostik. In: Harre, D. Trainingslehre. 4.Aufl. Berlin (Ost). S.32-38.
- THIEß, G. (1979). Möglichkeiten der Eignungsdiagnostik. In: Harre, D. Trainingslehre. 8.Aufl. Berlin (Ost). S.34-40.
- THIEß, G, SCHNABEL, G. (1986). Grundbegriffe des Trainings. Berlin.

- THORHAUER, H.A. (1981) 3. Zu den Begriffen „Leistungsstruktur“ und „Anforderungsstruktur“ im Sport. In: Theorie und Praxis der Körperkultur. Berlin 30, S.206-212.
- THORHAUER, H.-A., KEMPE, M. (1993) 2. Sporttechnische Leitbilder im Trainingsprozeß. Sportwissenschaft. Schorndorf 23, S.158-174.
- THORSTENSSON, A. (1989). Schnelligkeit und Beschleunigung. In: DIRIX, A. / Knuttgen, H.G., TITTEL, K. (Hrsg.), Olympia Buch der Sportmedizin. Köln, S.188-197.
- UNGERECHTS, B. (1989). Schwimmen. In: WILLIMCZIK, K. (Hrsg.), Biomechanik der Sportarten. Reinbek, S.282-296.
- VASILÉV, A.N. (1954). Nekotorye zakonomernosti razvitija i pojavlenija mysecnoj sily v razlicnych uslovijach. Leningrad.
- VILKNER, H.J. (1977) 7. Zur Erfassung und Entwicklung der motorischen Reaktionsfähigkeit im Schulalter. In: Theorie und Praxis der Körperkultur Berlin 26, S.516-521.
- VILKNER, H.-J. (1987) 1. Untersuchungen zu Beziehungen zwischen verschiedenen Arten der motorischen Reaktionsfähigkeit bei Schülern und Studenten. In: Theorie und Praxis der Körperkultur 36, S.35-43.
- WASSERMANN, B., TOEPEL, D. (1977). Zum Zusammenhang von Schnellkraftfähigkeiten und sportlichen Fertigkeiten In: Theorie und Praxis der Körperkultur. Berlin. S.215-218.
- WEBER, E. (1974). Einführung in die Faktoranalyse. Jena.
- WEDEKIND, S. (1984). Trainingswissenschaftliche Grundbegriffe – zur Terminologie konditioneller Leistungskomponenten. Berlin – München – Frankfurt.
- WEIDNER, A. (1985). Geschlechtsdifferenzen der Leistungsfähigkeit und der Adaptabilität im Alternsgang. Wissenschaftliche Zeitschrift der DHfK. Leipzig 26, Sonderheft 1, S.47-73.
- WEIGELT, S. (1995). Zum trainingswissenschaftlichen Modell der Schnelligkeit - aktueller Stand und eigene Überlegungen. In: NICOLAUS, J., ZIMMERMANN, K. W., (Hrsg.), Sportwissenschaft interdisziplinäre Beiträge zur Trainingswissenschaft, Sportpädagogik, Sportmedizin und Sportpsychologie. Kassel, Gesamthochschul-Bibliothek. S.149-160.
- WEIGELT, S. (1997). Die sportliche Bewegungsschnelligkeit. Köln.
- WEIGELT, J., Starischka, S., Velmeden, U. (2001). Hypermediale Lehr-Lern-Bausteine im Sport - Konzeption und Erfahrungen im universitären/schulischen Einsatz; Köln; In: Sport und Informatik VIII. Bericht über den 7. Workshop Sport und In-

- formatik vom 14.-16. Juni 2000 in Mainz; (2001), S.169-179, Reihe: Wissenschaftliche Berichte und Materialien des Bundesinstituts für Sportwissenschaft Bd 5.
- WEINECK, J. (1988). Optimales Training. Erlangen. S.227.
- WEINECK, J. (1995). Wie verbessere ich... die Schnelligkeit/ Teil 2. Theoretische Grundlagen einer zentralen konditionellen Leistungseigenschaft im Fussball sowie methodische Grundinformationen für eine zielgerichtete Schulung. Münster, S.64-71.
- WEINECK, J. (1997). Optimales Training. 10.Aufl., Erlangen.
- WELLS, K.F. (1955). Kinesiology. Philadelphia.
- WERCHOSCHANSKI, J.W. (1988). Effektiv trainieren, Berlin (DDR).
- WERCHOSCHANSKI, J.W., TATJAN, W.W. (1975) 1. Komponenten und funktionelle Struktur der Explosivkraft des Menschen. In: Leistungssport 5, S.25-31.
- WERCHOSCHANSKI, Y. (1996). Der Ausdruck der Schnellkraft in den Sprintdisziplinen, im Huerden- und Mittelstreckenlauf sowie in den Sprüngen. In: HOMMEL, H., VONSTEIN, W., Die Rolle der Schnelligkeit in leichtathletischen Disziplinen. Bericht vom XX. Kongress des Europaeischen Leichtathletik-Lehrer-Verbandes in Rom, 6. Bis 7. Januar 1996. Köln.
- WERCHOSCHANSKI, I., SEMJONOW, W. (1973). Das Schnelligkeitstraining des Sprinter. In: Der Leichtathlet 2.
- WILKE, K. (1985). Schwimmen. Düsseldorf.
- Willimczik, K., Roth, K. (1983). Bewegungslehre. Reinbek.
- WILSON, D.M. (1961). The central nervous control of flight in a locust. In: Journal of experimental Biology 38, S.471-490.
- WILSON, D.M. (1966). Insect walking. In: Annual Review of Etomology 11, S.102-123.
- WIRHED, R. (1984). Sport-Anatomie und Bewegungslehre. Stuttgart-New York, S.9.
- WITTEKOPF, G., BAUERSFELD, M., BEHREND, R., KROPPE, P. (1991) 2. Zur Trainierbarkeit neuromuskulärer Innervationscharakteristika der Schnelligkeitsmotorik. In: Leipziger Sportwissenschaftliche Beiträge 32, S.206-215.
- WLASSOW, W.N., FILIN, W.P. (1972) 8. Untersuchung der Methodik für die Schnelligkeitsschulung. In: Lehrhilfen für die Leibeserziehung 21, S.91-94
- WOLKOW, W.M. (1974) 3. Theoretische Überlegungen zum Aufbau eines Mikrozyklus, In: Leistungssport 4 (1974) 3. Ermüdung und Wiederherstellung im Sport, In: Leistungssport 4.

- WULF, G. (1994). Zur Optimierung motorischer Lernprozesse. Schorndorf.
- WUTSCHERK, H. (1973). Die Anthropometrie in der Praxis des Kreissportarztes. Leipzig, DHfK, Anleitungsmaterial, S.188.
- ZACIORSKIJ, V.M. (1968). Die körperlichen Eigenschaften des Sportlers. In: Theorie und Praxis der Körperkultur. Sonderheft.
- ZACIORSKIJ, V. M. (1971). Die körperlichen Eigenschaften des Sportlers. In: Theorie und Praxis der Körperkultur. Berlin 20, Beiheft 2.
- ZACIORSKIJ, V.M. (1972). Die körperlichen Eigenschaften des Sportlers. Berlin. (1968 als Sonderheft der Zeitschrift „Theorie und Praxis der Körperkultur“, 17.Jg., S.1-178).
- ZACIORSKIJ, V.M., BULGAKOWA, N.S., RAGIMOW, R.M., SEGIJONKO, L.P. (1974). Das Problem des Talents und der Talentsuche im Sport. Richtungen und Methodologien der Untersuchungen. Leistungssport. 4. S.239-251.
- ZIMKIN, N.V. (1965). Fiziologija celoveka. Moskau.
- ZINNER, J. (1987) 1. Zu einigen mit der sportlichen Leistung und ihrer Struktur im Zusammenhang stehenden Begriffen und ihrer Handhabung in der Leistungsdiagnostik. In: Theorie und Praxis der Körperkultur 36, S.21-29.
- ZINTL, F. (1988). Ausdauertraining. Grundlagen – Methoden – Trainingssteuerung. München: BLV, S.28.

12 Literatur - Internetquellen

www.msporting.com
www.sportunterricht.de
www.sportlk.de

12 Literatur - Datenverarbeitung

- BEREITER, C. (1963). Some persisting dilemmas in the measurement of change. In: HARRIS, C.W. (Ed.) Problems in Measuring Change. Madison.
- BÖS, K. (HRSG.) (2001). Handbuch Motorische Tests. 2., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage. Göttingen/Bern/Toronto/Seattle, S.546.
- BOX, G.E.P., JENKINS, G.M. (1976). Time series analysis; Forecasting and control. San Francisco.

- BUSS, A.R. (1979). Toward a unified framework for psychometric concepts in the multivariate developmental situation, In: NESSELROADE, J.R., BALTES, P.B.
- BÜHL, A., ZÖFEL, P. (1998). SPSS Version 8 [Medienkombination]: Einführung in die moderne Datenanalyse unter Windows, Bonn.
- CLAUß, G., FINTZE, F.R., PARTSCH, L. (1995). Statistik für Soziologen, Pädagogen, Psychologen und Mediziner, Bd 1, Frankfurt/Main.
- JANSSEN, J., LAATZ, W. (1999). Statistische Datenanalyse mit SPSS für Windows. Berlin Heidelberg. 3., neubearbeitete und erweiterte Auflage.
- LIENERT, G.-A., RAATZ, U. (1994). Testaufbau und Testanalyse. Weinheim, 5. Auflage.
- FURBY, L. (1973) 8. Interpreting regression toward the mean in developmental research, *Developmental Psychology*, S.172-179.
- GULLIKSEN, H. (1950). The reliability of speeded tests. *Psychometrika* 15.
- SCHMITZ, B. (1989). Einführung in die Zeitreihenanalyse, Bern.
- MÖBUS, C., NAGEL, W. (1983). Messung, Analyse und Prognose von Veränderungen. In: BREDEKAMP, J. & FEGER, H. (Hrsg.), Hypothesenprüfung. Band 5 der Serie Forschungsmethoden der Psychologie der Enzyklopädie der Psychologie. Göttingen.
- MÖBUS, C., SCHNEIDER, W. (1986). Strukturmodelle für Längsschnittdaten und Zeitreihen, Bern.
- NESSELROADE, J.R., BALTES, P.B. (Ed.) (1979). *Longitudinal Research in the Study of Behavior and Development*, New York.
- RUDOLPH, K. (1997). Trainingsdokumentation im Sportschwimmen, In: FREITAG, W. (Hrsg./Red.) *Schwimmen; Lernen und Optimieren*, Rüsselsheim, Band 13.
- TROUP, J.P., HOLLANDER, A.P., STRASSE, D., TRAPPE, S.W., CAPPAERT, J.M., TRAPPE, T.A. (1996). *Biomechanics and Medicine in Swimming*, London.
- WILKE, H. (1983). Datenmanagement mit statistischen Programmpaketen. Möglichkeiten und Grenzen, In: WILKE, H. (Hrsg.), *Berichtsband zur 2. Konferenz über die wissenschaftliche Anwendung von Statistik – Software*, Mannheim.
- WILLIMCZIK, K. (1999). *Statistik im Sport*. Hamburg. 4.Aufl.
- WERBOS, P.J. (1974). *Beyond regression.: new tools for prediction and analysis in the behavioral sciences*, Cambridge.

13 Anhang

13.1 In den Berechnungstabellen verwendete Disziplin-Synonyma

Disziplin	Charakter der Schnelligkeit	Testgegenstand
Flieg30	- komplexe Schnelligkeit	- fliegender Start mit 30m Sprint
Lauf60	- komplexe Schnelligkeit	- 60m Sprint - Lauf
Wien1	- Koordinationsfähigkeit	- Wiener Koordinationstest 1. Durchgang
Wien2	- Koordinationsfähigkeit	- Wiener Koordinationstest 2. Durchgang
WurfHB1	- Schnellkraft	- Handballweitwurf 1. Durchgang
WurfHB2	- Schnellkraft	- Handballweitwurf 2. Durchgang
Blockzei	- Reaktionsschnelligkeit	- Zeiten am Startblock beim 60m Sprint
Altst	- Beschleunigungsfähigkeit	- Ablauf aus dem Tiefstart
Stweitr	- max. Kraft	- Standweitsprung rechtes Bein
Stweitli	- max. Kraft	- Standweitsprung linkes Bein
STbeid	- max. Kraft	- Standweitsprung Beidbeinig
Weit1	- Schnellkraft	- Weitsprung 1. Durchgang
Weit2	- Schnellkraft	- Weitsprung 2. Durchgang
Weitech	- Technik	- Weitsprung – Technikbewertung
Stützbei	- Reaktionsschnelligkeit	- Beinstütz (Stützzeit - vom Hocker auf Kontaktmatte springen)
Stützarm	- Reaktionsschnelligkeit	- Armstütz (Stützzeit - mit gestreckten Armen gegen die Wand fallen lassen)
SThoch	- max.Kraft / Schnellkraft	- Standhochsprung (Hochreitsprünge mit max. Weitfassen)
Beitapsi	- Frequenz	- Beintapping im Sitzen (max. Mattenkontakte der Beine im Sitzen auf einem Hocker)
Skippi10	- Frequenz	- Skipping 1te 10sec. Lang (10sec. Lang Kniehub bis zum 90° Hüftwinkel)
Skip20	- Frequenz	- Skipping 2te 10sec. Lang (20sec. Lang Kniehub bis zum 90° Hüftwinkel)
Skip30	- Frequenz	- Skipping 3te 10sec. Lang (30sec. Lang Kniehub bis zum 90° Hüftwinkel)
Skipsumm		- summierte Skipperingebnisse
Einreak	- Reaktionsschnelligkeit	- einfacher Reaktionstest / Einfachreaktionszeit 1. Durchgang - optische Einfachreaktion
Einfrz2	- Reaktionsschnelligkeit	- Einfachreaktionszeit 2. Durchgang - optische Einfachreaktion
Einrz3	- Reaktionsschnelligkeit	- Einfachreaktionszeit 3. Durchgang - optische Einfachreaktion
Wett1		- Wettkampfleistung 1.
Wett2		- Wettkampfleistung 2.

13.2 Verzeichnis verwendeter Abkürzungen (in Anlehnung an Thienes 1998)

Abb.	Abbildung	Ms	Millisekunde
ADP	Adenosindiphosphat	Min.	Minute
ATP	Adenosintri-phosphat	m/s	Meter pro Sekunde
AMP	Adenosinmonophosphat	MW	Mittelwert
Bew.	Bewegung	MZA	Mittelzeitausdauer
Bzw.	Beziehungsweise	n.s.	nicht signifikant
Cm	Zentimeter	re	rechts
CP	Kreatinphosphat	S.	Seite
d.h.	das heißt	SA	Standardabweichung
ebd.	ebenda	Sek./s	Sekunde
EEG	Elektroenzephalogramm	s.o.	siehe oben
Einhänd.	einhändig	sog.	sogenannt
EMG	Elektromyogramm	ST	slow twitch
et al.	und andere	s.u.	siehe unten
Etc.	et cetera	Tab.	Tabelle
Expgr.	Experimentalgruppe	u.a.	unter anderem
FFS	Freie Fettsäuren	vgl.	vergleiche
FT	fast twitch	VL	Versuchsleiter
GA	Grundlagenausdauer	Vp(n)	Versuchsperson(en)
Hz	Hertz	vs.	versus
i.d.R.	in der Regel	Wechsels./ws	wechselseitiges
IEMG	integriertes Elektromyogramm	z.B.	zum Beispiel
J.	Jahre	zit.	zitiert
KA	Kraftausdauer	ZNS	Zentralnervensystem
Kap.	Kapitel	z.T.	zum Teil
KP	Kreatinphosphat		
KZA	Kurzzeitausdauer		
Li	links		
LZA	Langzeitausdauer		
M	Meter		
m.E.	meines Erachtens		

Eidesstattliche Erklärung

Hiermit versichere ich, Mario Damerow M.A. an Eides Statt, dass ich die von mir eingereichte Dissertation zur Erlangung des akademischen Titels eines Doktors der Philosophie (Dr. phil.) auf dem Gebiet der Sportwissenschaft, mit dem Thema:

Die Betrachtung der Schnelligkeit im Kontext der konditionellen Fähigkeiten und die Notwendigkeit einer neuartigen Sichtweise - ein Modellansatz zur Strukturierung der Schnelligkeit,

selbständig angefertigt habe und keine anderen als die dort aufgeführten Hilfsmittel von mir benutzt wurden.

Diese Arbeit wurde in gleicher oder ähnlicher Form als Dissertation, Diplom- oder ähnliche Prüfungsarbeit keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch noch nicht veröffentlicht.

Magdeburg, 15.09.2005

Mario Damerow M.A.



Darstellung des Bildungsweges

Mario Damerow (geb. 10.01.73, Stendal) legte 1992 die Prüfung zur Hochschulreife am Winkelmannngymnasium in Stendal ab. Parallel führte er eine Berufsausbildung zum Elektroinstallateur an der Berufsschule Bau-Technik, ebenfalls in Stendal, durch. Er studierte an der Otto-von-Guericke Universität Magdeburg in den Fächern Sportwissenschaften, Pädagogik und Psychologie. Nach seinem akademischen Abschluss Magister Artium im Jahr 2000, arbeitete er als Bildungsreferent für die Sportjugend im Landessportbund Sachsen-Anhalt e. V. mit dem Schwerpunkt Lehrarbeit. Parallel zu seiner Referententätigkeit schrieb er diese Dissertation zum Themengebiet „Schnelligkeit“ und verteidigte erfolgreich im März 2006. Seit der Beendigung seiner eigenen leistungssportlichen Laufbahn in der Sportart Rudern arbeitet der Autor seit ca. 12 Jahren ehrenamtlich als Trainer und ist als Referent für den Sport tätig. Während seiner Bemühungen rund um den Sport, insbesondere der Förderung des Kinder- und Jugendsports und die wissenschaftliche Weiterentwicklung des Sports, erwarb der Autor Trainerlizenzen in den Sportarten Rudern, Judo und Leichtathletik.

Kernaussage der Promotionsarbeit

In seiner Kernhypothese geht Mario Damerow davon aus, dass keine zyklische Schnelligkeitsbewegung ohne jedwede Leistungsverluste ablaufen kann. Der Autor weist nach, wie die Schnelligkeitsausdauer in jeder Schnelligkeitsbewegung zum Tragen kommt. Er legt dar, dass Schnelligkeit den Charakter einer technisch-koordinativen Leistungsvoraussetzung besitzt und dem Anspruch einer konditionellen Fähigkeit nicht weiter gerecht wird. Neben der Entwicklung und Begründung dieser Darlegungen werden bisherige Definitionen und Erklärungsansätze zur Schnelligkeit und der Einordnung in bestehende Modelle zur sportlichen Leistung in Frage gestellt. Der Auffassung entsprechend, dass Ausdauer im Allgemeinen Grundlagencharakter für alle Bewegungen besitzt, macht der Autor Vorschläge für ein neu strukturiertes Modell zur Einordnung der konditionellen Fähigkeiten.

Die Dissertation soll einen allgemeinen Überblick in die Schnelligkeitsproblematik und einen Anstoß geben, sich vertiefend mit dem Forschungsgegenstand Schnelligkeitsausdauer auseinander zu setzen.

Wissenschaftlicher Bildungsgang

Persönliche Daten

Geb. am 10.01.1973 in Stendal (Deutschland)

wissenschaftliches Studium

- 10/93 – 04/00 Otto-von-Guericke Universität Magdeburg, Magisterstudium, Schwerpunkt
Bewegungs- und Trainingswissenschaft
- 05/97 – 05/02 Otto-von-Guericke Universität Magdeburg, studienbegeleitende Tätigkeit:
- Realisierung empirischer Forschungsaufgaben im Drittmittelprojekt
„Schnelligkeit im Nachwuchsleistungssport“, Projektleiter: Prof. Hohmann (VF
0407/05/05/97), theoretische Aufbereitung und Testerhebungen in Feld- und
Laborversuchen
- 06/99 – 12/99 Magisterarbeit in Zusammenarbeit mit dem Sportclub Magdeburg, Abteilung
Schwimmen:
- „Prognosen von Adaptationsprozessen in der Sportart Schwimmen“ Simulation
von Lernprozessen künstlicher neuronaler Netze, Gesamtnote 2
- 04/00 – 04/06 Otto-von-Guericke Universität Magdeburg, Promotionsstudium, Schwerpunkt
Trainingswissenschaft:
- „Die Betrachtung der Schnelligkeit im Kontext der konditionellen Fähig-
keiten und die Notwendigkeit einer neuartigen Sichtweise - ein Modellansatz
zur Strukturierung der Schnelligkeit“, Gutachter: Prof. Lühnenschloß
- 13.-14.10.2003 Otto-von-Guericke Universität Magdeburg, Internationales Kolloquium der
Strukturbereiche Bewegungs- und Trainingswissenschaft, Osterburg:
- Referat: „Schnelligkeit als konditionelle Fähigkeit im Wandel der Zeit“,
Publikation in: „Sporttheorie trifft Praxis“, Schriften zur Sport-
wissenschaft, Band 50, Hamburg 2004.
- 14.-19.06.2005 University of Tartu, Summer School „From Hypothesis to Article“ for PhD students
in exercise and sport sciences, Kääriku-Sport-Camp of the University of Tartu
(Estonia):
- Main Topics: Research project, reviewing the literature, research
hypothesis, design of the study, statistics, scientific writing, oral and
poster presentation.

Magdeburg, 11.05.2006