

Schnelligkeit

(Original erschienen in: SCHEID, V./PROHL, R. (2003). Trainingslehre. Kursbuch Sport. Wiebelsheim: Limpert. 111-135)

Vorbemerkungen

Von jeher beschäftigt sich der Mensch entweder aus Überlebens- oder Interessengründen mit schnellen Bewegungen bzw. schneller Fortbewegung. Den frühen Menschen dienten schnelle Reaktionen und schnelles Laufen überwiegend zur Sicherung des Überlebens. Sie ermöglichten die Flucht bei Gefahren aber auch das Fangen von Beutetieren. Auch heute sind wir in vielen Lebenssituationen auf schnelles Reagieren und eine schnelle Fortbewegung angewiesen. So spielt zum Beispiel im alltäglichen Straßenverkehr die Reaktion auf Ereignisse eine wichtige Rolle. Aber auch im Sport beeindruckt uns Schnelligkeitsleistungen. Der 100m-Lauf der olympischen Spiele zählt zu einem der Höhepunkte dieser Veranstaltung. Wer ist die schnellste Frau, wer ist der schnellste Mann der Welt? Die Antwort interessiert Milliarden von Zuschauern.

Der schnellste Mensch bewegt sich bei höchstem Einsatz mit maximal 44 km/h. Dies ist im Vergleich zu einigen Tieren eher langsam. So erreicht z.B. ein massiges Flusspferd an Land 48 km/h. Ein galoppierendes Pferd kann bis zu 69 km/h schnell werden, ein Windhund erreicht 110 km/h, das schnellste Tier auf festem Boden ist allerdings der Gepard. Er beschleunigt in kurzer Zeit bis auf 120 km/h und kann diese Geschwindigkeit ca. 400m lang halten. Das schnellste Tier der Welt ist ein Vogel. Der Stachelschwanzsegler kann beim Insektenfang bis zu 335 km/h schnell fliegen und ist damit nur wenig langsamer als Formel 1 Rennfahrzeuge.

Schnelligkeitsleistungen sind aber nicht nur von den körperlichen Voraussetzungen von Mensch und Tier abhängig, sondern beim Menschen spielen insbesondere auch materialtechnische Fortschritte eine Rolle. So haben z.B. aerodynamische Verbesserungen zu erheblichen Steigerungen der mit einem Fahrrad zu erreichenden Geschwindigkeiten geführt. Schwimmer erzielen größere Geschwindigkeiten, weil sie einen Schwimmanzug tragen, der der Haifischhaut ähnelt und Carvingskier ermöglichen wegen ihrer Form größere Kurvengeschwindigkeiten. Es handelt sich bei Schnelligkeitsleistungen des Menschen also meist um ein Konglomerat aus konditionellen Voraussetzungen, technischen Fertigkeiten und entsprechend optimiertem Material.

1 Schnelligkeit – Was ist das?

Eine eindeutige Definition bzw. Gegenstandsbestimmung der Schnelligkeit fällt schwer: „Sehr deutlich spiegelt sich dies im benutzten Begriffsspektrum wider (...). Es reicht von konditioneller Fähigkeit, konditionell-koordinativ determinierter Fähigkeit, maximal schneller Fortbewegung, koordinativer Leistung, komplexer Fähigkeit bis zum Synonym Sprint. (...) über fünfzig unterschiedliche Begriffe werden derzeit für ihre Beschreibung genutzt“ (BAUERSFELD/VOSS 1992, 13).

In den letzten Jahren wird die Schnelligkeit nicht mehr so eindeutig als konditionelle Fähigkeit eingestuft, sondern differenzierter als koordinativ-konditionelle Fähigkeit

(GROSSER 1991; BIELEFELDER SPORTPÄDAGOGEN 1993, 82f) unter stärkerer Beachtung neurophysiologischer und neuromuskulärer Gesichtspunkte gesehen (BAUERSFELD/VOSS 1992). „Der Zusammenhang von Schnelligkeitsleistungen und konditionellen Fähigkeiten wird ungerechtfertigt hoch bewertet, während der Zusammenhang der Schnelligkeit mit koordinativen Leistungen und dem technischen Bewegungsniveau mehr verbal erwähnt als systematisch herausgearbeitet wird“ (WEIGELT 1993, 106). In Anlehnung an diese Erkenntnisse erfolgt hier folgende Definition der Schnelligkeit:

Merke: Schnelligkeit ist die koordinativ-konditionelle Fähigkeit, auf einen Reiz oder ein Signal hin möglichst schnell reagieren zu können und/oder Bewegungen bei geringen äußeren Widerständen mit höchster Geschwindigkeit durchzuführen (vgl. MARTIN/CARL/LEHNERTZ 1991, 147).

2 Wie kann man die Fähigkeit Schnelligkeit strukturieren?

Betrachtet man die Fähigkeit differenzierter, so fällt auf, dass man unterschiedlichen Komponenten begegnet, die die Schnelligkeit bestimmen. Und diese Komponenten werden von verschiedenen Autoren auch unterschiedlich benannt, hergeleitet und begründet. Beispielsweise strukturiert MARTIN (1979) Schnelligkeit aufgrund trainingsmethodischer Gesichtspunkte. Er fragt sich, welche einzelnen Komponenten der Schnelligkeit man differenziert trainingsmethodisch ansteuern kann, und kommt so zu seiner Einteilung: Trainingsmethodisch lassen sich die Reaktionsschulung, die Schulung der maximalen Bewegungsgeschwindigkeit und die Entwicklung der Beschleunigungskraft gezielt beeinflussen. Andere Modelle orientieren sich wiederum an Sportartengruppen. So unterscheiden sie zyklische und azyklische Bewegungen und demnach auch zyklische und azyklische Schnelligkeit. Verschiedene Ansätze zur Strukturierung der Schnelligkeit finden sich in der folgenden Tabelle:

RÖTHIG (1983)	ZACIORSKY (1972)
a) Reaktionsschnelligkeit	a) Reaktionszeit
b) maximale zyklische Schnelligkeit	b) Bewegungsgeschwindigkeit
c) maximale zyklische Schnelligkeit	c) Bewegungsfrequenz
d) maximale azyklische Schnelligkeit	d) Schnelligkeit in zykl. Sportarten
	e) Schnelligkeit in azykl. Sportarten
BALLREICH (1969)	MARTIN (1979)
a) Reaktionszeit	a) Reaktionszeit
b) Beschleunigung	b) Beschleunigungsfähigkeit
c) Grundschnelligkeit	c) Bewegungsgeschwindigkeit
d) Schnelligkeitsausdauer	
MÜHLFRIEDEL (1983)	LETZELTER (1980)
a) Reaktionsschnelligkeit	a) Reaktionsschnelligkeit
b) Aktionsschnelligkeit (zyklisch und azyklisch)	b) Schnelligkeit bei zyklischen Bewegungen
c) Schnelligkeitsausdauer	c) Schnelligkeit bei azyklischen Bewegungen

GROSSER (1991)	
A Reine Erscheinungsformen a) Reaktionsschnelligkeit b) Aktionsschnelligkeit c) Frequenzschnelligkeit B Praktikable Einteilung a) Reaktion b) Schnelligkeit bei zykl. Bewegungen c) Schnelligkeit bei azykl. Bewegungen C Schnelligkeitsformen in verschiedenen Sportarten	

Tabelle 1: Unterschiedliche Ansätze zur Frage: Was ist Schnelligkeit?

Aufgabe: Versuchen Sie, die Strukturierungsgesichtspunkte, auf denen die verschiedenen Ansätze beruhen, zu entdecken!

Insgesamt ist festzustellen, dass es keine einheitliche und allgemein akzeptierte Strukturierung gibt. Trotzdem gibt es eine Reihe von Übereinstimmungen. So nennen fast alle Ansätze Begriffe wie Reaktionsschnelligkeit oder Reaktionsgeschwindigkeit. Die Reaktion auf bestimmte Signale scheint demnach einen wichtigen Faktor bei Schnelligkeitsleistungen darzustellen. So muss z.B. ein Basketballer auf die Aktionen der Gegenspieler reagieren oder einen Rebound richtig einschätzen, um dann erfolgreich den Ball zu erobern. Und auch der Sprinter bemüht sich um eine möglichst schnelle Reaktion auf den Startschuss. Ebenso werden immer wieder Begriffe wie Beschleunigung oder Beschleunigungsfähigkeit genannt. In diesem Zusammenhang wird dann auch meist der Querverweis auf die motorische Fähigkeit Kraft und deren Komponenten hergestellt. Um eine hohe Geschwindigkeit zu erreichen, muss zuerst eine Beschleunigung eines Körperteils oder des gesamten Körpers erfolgen. Und letztlich stellen viele Autoren Begriffe wie Aktionsschnelligkeit, maximale Bewegungsgeschwindigkeit oder Frequenzschnelligkeit heraus. Damit soll angedeutet werden, dass es bei bestimmten Bewegungen um die Erzielung einer maximalen Geschwindigkeit geht und hierbei Faktoren wie Aktionsschnelligkeit oder Frequenzschnelligkeit eine wichtige Rolle spielen.

Aus der Vielzahl von Ansätzen soll nun ein Modell als repräsentatives Schnelligkeitsmodell ausgewählt werden. Das Schnelligkeitsmodell von MARTIN/CARL/LEHNERTZ (1993) vereint viele der bisher genannten Schnelligkeitsfaktoren und hat zudem einen hohen Praxisbezug!

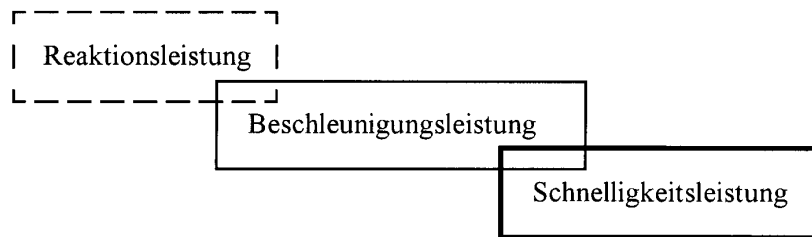


Abbildung 1: Abschnitte und Schnelligkeitsfähigkeiten beim leichtathletischen Kurz sprint



Abbildung 2: Phänomenologisches Schnelligkeitsmodell nach MARTIN/CARL/LEHNERTZ (1993)

MARTIN/CARL/LEHNERTZ orientieren sich bei ihrer Strukturierung an der Schnelligkeitsleistung eines Kurzstreckensprints (vgl. Abb. 1 und 2). Jeder Sprint beginnt mit einer Reaktion auf einen Startschuss (Reaktionsfähigkeit). Es schließt sich eine Beschleunigungsphase an, in der der Sprinter die Laufgeschwindigkeit immer weiter steigert (Beschleunigungsfähigkeit). Hat er seine maximale Geschwindigkeit erreicht, versucht er, möglichst lange, diese Geschwindigkeit aufrecht zu erhalten (Aktionsschnelligkeit / Schnelligkeitsleistung). Allerdings gelingt das nicht immer, sodass gegen Ende eines 100m-Rennens fast immer ein Geschwindigkeitsabfall eintritt (Schnelligkeitsausdauer). Als begründende Erläuterung dieses Vorgehens mögen zwei Zitate dienen: „Schnelligkeit bei sportlichen Bewegungen ist die Fähigkeit, auf einen Reiz bzw. ein Signal hin schnellstmöglich zu reagieren und/oder Bewegungen bei geringen Widerständen mit hoher Geschwindigkeit durchzuführen.“

„Jede schnelle Bewegung wird durch eine Beschleunigungsleistung in Gang gesetzt“ (MARTIN/CARL/LEHNERTZ 1993, 147 bzw. 151).

Dass das gewählte Schnelligkeitsmodell nicht nur auf den leichtathletischen Sprint übertragbar ist, zeigen weitere Beispiele aus anderen Sportarten:

Beispielsweise muss man beim Boxen enorme Schnelligkeitsleistungen vollbringen. Man muss auf Gegneraktionen möglichst schnell reagieren und beim Boxschlag eine hohe Beschleunigung der Hand und damit eine hohe Bewegungsgeschwindigkeit erreichen. Nur schnelle Schläge erreichen ihr Ziel mit der gewünschten Wirkung beim Gegner.

Der Kurzstreckenschwimmer muss am Start auf einen Startschuss reagieren, beschleunigt dann, bevor er eine Phase der maximalen Geschwindigkeit erreicht. Auch hier finden sich die entsprechenden Phasen wieder.

Und auch der Fußballtorwart benötigt entsprechende Schnelligkeitsfähigkeiten. So muss er auf Schüsse schnell reagieren, um diese abzuwehren. Wenn er sein Tor verlassen muss, um den Winkel gegenüber dem Gegenspieler zu verkleinern, muss der Torwart schnell beschleunigen können. Und sollte er sich einmal, z.B. kurz vor dem Abpfiff in der gegnerischen Hälfte befinden, muss er in der Lage sein, möglichst schnell seine Höchstgeschwindigkeit zu erreichen, um wieder in sein eigenes Tor zurückzukehren.

Aufgabe: Betrachten Sie andere Sportarten, u.a. auch die Sportschüsse und finden Sie weitere Beispiele!

Nach der Betrachtung des Schnelligkeitsmodells soll auf die drei Komponenten der Schnelligkeit - Reaktionsfähigkeit, Beschleunigungsfähigkeit, Bewegungsgeschwindigkeit - näher eingegangen und jeweils Einflussfaktoren erläutert werden (vgl. Abb. 3)

3 Wie kann man Schnelligkeitsleistungen erklären?

Erklärungsmodelle von Schnelligkeitsleistungen		
Einflussfaktoren, Ursachen		
Reaktionsfähigkeit	Beschleunigungsfähigkeit	Bewegungsschnelligkeit
5 Phasen: 1. Rezeptorerregung 2. Reizleitung zum ZNS 3. Befehlsgenerierung im ZNS 4. Muskelbefehl 5. Muskelreizung Antizipationsfähigkeit	- Dynamik der Beschleunigung - Länge des Beschleunigungsweges - Schnellkraft - Maximalkraft - neuro-muskuläre Mechanismen	- Inter-muskuläre Koordination - Intra-muskuläre Koordination - Muskelfasertypen

Abbildung 3: Einflussfaktoren der Schnelligkeit (nach MARTIN/CARL/LEHNERTZ 1993)

3.1 Was ist Reaktionsfähigkeit?

Die Reaktionsfähigkeit ermöglicht es dem Menschen auf Reize oder Signale innerhalb einer bestimmten Zeit, z.B. mit einer Bewegung, zu reagieren. Dabei unterscheidet man 5 Phasen, die den Ablauf von der Rezeptorerregung bis zur motorischen Antwort beschreiben. In der ersten Phase tritt der Reiz oder das Signal bei einem Rezeptor (Auge, Ohr, Haut, Nase, Mund) auf, was anschließend zu einer Erregung des Rezeptors führt. Diese Erregung wird über Nervenleitungen zum zentralen Nervensystem (ZNS; Gehirn und Rückenmark) geleitet (Phase 2) und dort verarbeitet. Als Ergebnis der Verarbeitung wird eine Reaktion auf das

Signal ausgewählt und die entsprechenden Anweisungen werden an die ausführenden Muskeln geschickt (Phase 3). Die Signale des ZNS erreichen dann den Muskel (Phase 4) und reizen diesen zu einer mechanischen Aktivität z.B. in Form einer Kontraktion.

Die Reaktionszeiten liegen je nach Rezeptor und je nach Zahl der Antwortalternativen zwischen 0,1 und 0,5 s. Auf akustische Reize reagiert der Mensch im Mittel am schnellsten. Beim leichtathletischen Sprint werden die Reaktionszeiten am Startblock gemessen und zur Kontrolle des Starts benutzt. Weist ein Athlet eine Reaktionszeit von unter 0,1 s auf, gilt dies als Fehlstart.

Reaktionszeiten sind weitgehend durch genetische Bedingungen bestimmt und daher nur schwer trainierbar. Die Reizleitung kann zwar in geringem Umfang verbessert werden, hohe Reizleitungsgeschwindigkeiten sind aber nicht gleichbedeutend mit schnellen Reaktionen. Einen wesentlichen Faktor zur Verkürzung von Reaktionszeiten stellt die Antizipationsfähigkeit dar. So können erfahrene Tennisspieler aus der Position des Gegners und dem Ballwurf beim Aufschlag schon früh erkennen, wohin der Aufschlag gehen wird. Dadurch ist eine erheblich frühere Einleitung der Antwortreaktion möglich, und der Spieler hat eine größere Chance, den Aufschlag zu treffen. Würde der Spieler erst nach dem Abflug des Balles vom Schläger reagieren, hätte er überhaupt keine Chance, den Ball aufgrund der hohen Fluggeschwindigkeiten zu erreichen. Das Erkennen von derartigen Zusammenhängen (z.B. Ballwurf und anschließende Aufschlagrichtung) sollte im Training einen entsprechenden Raum einnehmen. Von besonderer Bedeutung ist dies natürlich dann, wenn nicht nur eine einfache Reaktion gefordert ist (Reaktion auf Startschuss), sondern mehrere Reaktionsalternativen möglich sind. Man denke in diesem Zusammenhang an den Fußballtorwart, der sich einem Elfmeterschützen gegenüber sieht. Hier stehen die verschiedensten Bewegungen als Reaktion auf den Torschuss zur Verfügung. Je früher hier die Auswahl einer Alternative stattfinden kann, desto schneller kann die Reaktion erfolgen.

3.2 Was ist Beschleunigungsfähigkeit?

Will man einen Gegenstand beschleunigen, muss man eine Kraft auf ihn ausüben. Physikalisch ist die Kraft als das Produkt aus Masse und Beschleunigung definiert ($F = m \cdot a$ [N]; 2. Newtonsche Axiom). Große Kräfte können daher bei gleicher Masse zu größeren Beschleunigungen führen als geringe Kräfte. Aber auch gleiche Kräfte bei unterschiedlichen Massen führen zu unterschiedlichen Beschleunigungen. So hat z.B. ein Hochspringer Vorteile, wenn er trotz geringem Gewichts hohe Kräfte aufbringen kann. Ein gleichstarker, schwererer Konkurrent hätte hier das Nachsehen. Allein aus diesem physikalischen Zusammenhang wird schon deutlich, dass die Kraftfähigkeiten einen großen Einfluss auf Beschleunigungsleistungen haben müssen. Dies ist durch eine Vielzahl von Untersuchungen bestätigt (vgl. BÜHLRE 1989). Existieren hohe äußere Widerstände, gegen die die Beschleunigung stattfindet (z.B. Anschieben eines Bobs), sind hohe Kräfte notwendig. Bei geringen Widerständen (z.B. Boxschlag) ist dies von geringerer Bedeutung. Fassbar werden Beschleunigungsleistungen durch die physikalische Größe der Beschleunigung. Beschleunigung ist das Verhältnis von Geschwindigkeitsänderungen und der dazu benötigten Zeit ($a = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1}$). Sie kann positive und negative Werte annehmen. So findet man bei einem Auto beim Anfahren positive Beschleunigungswerte, da die Geschwindigkeit des Fahrzeuges zunimmt. Bremsst der Fahrer aber ab, verringert sich die Geschwindigkeit und die Beschleunigung nimmt negative Werte an.

Merke: Beschleunigung ist die Veränderung von Geschwindigkeiten pro Zeiteinheit. Erhöht sich die Geschwindigkeit, ist die Beschleunigung positiv, verringert sich die Geschwindigkeit (bremsen), hat die Beschleunigung ein negatives Vorzeichen! Sie hat die Einheit m/s^2 .
 $a = \frac{v_2 - v_1}{t_2 - t_1} = \frac{dv}{dt} [\text{m/s}^2]$

Hohe Beschleunigungswerte werden weitgehend durch eine hohe Maximal- und Schnellkraft bestimmt und sind durch entsprechende Krafttrainingsmethoden zu entwickeln (vgl. Kapitel zum Thema Kraft). Aber auch ein bestimmtes Bewegungsverhalten kann hohe Beschleunigungen begünstigen. So werden viele Bewegungen durch Ausholbewegungen eingeleitet. Dadurch wird der zur Verfügung stehende Beschleunigungsweg vergrößert (z.B. beim Speerwerfen durch das Rückführen des Speers).

Ausholbewegungen können daher sinnvoll sein, wenn die jeweilige Bewegung diese möglich macht (z.B. Würfe, Sprünge). Weniger sinnvoll erscheinen sie, wenn z.B. ein Ziel möglichst schnell getroffen werden soll, wie dies beim Boxen der Fall ist. Hier würde eine Ausholbewegung zwar die Geschwindigkeit der Hand beim Auftreffen auf den Gegner erhöhen, gleichzeitig diesem aber auch wegen der längeren Zeitdauer der Bewegung gute Ausweichmöglichkeiten geben.

Betrachten wir die Funktion einer hohen Beschleunigung einmal an einem Beispiel: 1988 laufen bei den Olympischen Spielen von Seoul im 100 m-Finale Carl Lewis und Ben Johnson gegeneinander. Mit Messanlagen wurden in 10 m-Abschnitten die Laufzeiten der Läufer gemessen. Anhand der Zwischenzeiten (vgl. Tab. 2) kann man erkennen, wie viel Zeit die beiden Sprinter jeweils für einen Streckenabschnitt von 10 m benötigen. Lewis liegt erkennbar schon nach 10 m etwas zurück, nach 40 m zeigt sich bereits eine deutliche Distanz zu Johnson und diesen Rückstand kann er auch bis ins Ziel nicht mehr aufholen.

Streckenabschnitt	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	s [m]
Zwischenzeiten Johnson	1,95	2,93	3,81	4,69	5,52	6,37	7,22	8,06	8,93	9,79	t [s]
Zwischenzeiten Lewis	1,97	3	3,89	4,81	5,65	6,53	7,37	8,23	9,06	9,92	t [s]

Tabelle 2: Zwischenzeit beim 100 m-Lauf 1988 in Seoul

Aus den Zwischenzeiten können die Teilzeiten für die jeweiligen 10 m-Abschnitte berechnet werden:

Berechnungsbeispiel für Teilzeiten:

Johnson: Zeit von 0-10 m = 1,95 s, Zeit von 0-20 m = 2,93 s

Teilzeit Abschnitt 0-10 m = 1,95 s, Teilzeit 10-20 m = 2,93-1,95 s = 0,98 s

Streckenabschnitt	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	s [m]
Teilzeiten Johnson	1,95	0,98	0,88	0,88	0,83	0,85	0,85	0,84	0,87	0,86	t [s]
Teilzeiten Lewis	1,97	1,03	0,89	0,92	0,84	0,88	0,84	0,86	0,83	0,86	t [s]

Tabellen 3: Teilzeiten beim 100 m-Lauf 1988 in Seoul

Anhand der vorliegenden Originalzeiten kann man mit folgender einfacher Formel ausrechnen, welche Geschwindigkeiten in den einzelnen Teilstreckenabschnitten von den Sprintern erzielt werden:

Merke: Geschwindigkeit kann aus der Zurücklegung einer Wegstrecke pro Zeiteinheit berechnet werden. Sie hat die Einheit m/s.

$$v = (s_2 - s_1) / (t_2 - t_1) = ds/dt \text{ [m/s]}$$

Berechnungsbeispiel für Geschwindigkeiten:

Geschwindigkeit Johnson Abschnitt 0-10 m = $(10 - 0 \text{ m}) / (1,95 - 0 \text{ s}) = 10 \text{ m} / 1,95 \text{ s} = 5,13 \text{ m/s}$

Geschwindigkeit Johnson Abschnitt 10-20 m = $(20 - 10 \text{ m}) / (2,93 - 1,95 \text{ s}) = 10 \text{ m} / 0,98 \text{ s} = 10,2 \text{ m/s}$

Die vollständigen Berechnungen der Geschwindigkeiten finden sich in Tabelle 4.

Streckenabschnitt	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	s [m]
Geschwindigkeit Johnson	5,13	10,20	11,36	11,36	12,05	11,76	11,76	11,90	11,49	11,63	v [m/s]
Geschwindigkeit Lewis	5,08	9,71	11,24	10,87	11,90	11,36	11,90	11,63	12,05	11,63	v [m/s]

Tabelle 4: Geschwindigkeiten beim 100 m-Lauf 1988 in Seoul

Damit man nicht nur Zwischenzeiten, Teilzeiten und Geschwindigkeitsverläufe vergleichen kann, sondern auch verdeutlichen kann, wo die Sprinter positiv beschleunigen (sie erhöhen ihre Geschwindigkeit) oder negativ beschleunigen (sie verringern ihre Geschwindigkeit), benötigt man die Berechnung der Beschleunigungen!

$$a = (v_2 - v_1) / (t_2 - t_1) \text{ [m/s}^2\text{]}$$

Beschleunigung Johnson Abschnitt 0-10 m = $(5,13 - 0 \text{ m/s}) / (1,95 - 0 \text{ s}) = 5,13 \text{ m/s} / 1,95 \text{ s} = 2,63 \text{ m/s}^2$

Beschleunigung Johnson Abschnitt 10-20 m = $(10,2 - 5,13 \text{ m/s}) / (2,93 - 1,95 \text{ s}) = 5,07 \text{ m/s} / 0,98 \text{ s} = 5,18 \text{ m/s}^2$

Streckenabschnitt	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-70	70-80	80-90	90-100	s [m]
Beschleunigung Johnson	2,63	5,18	1,32	0,00	0,82	-0,33	0,00	0,17	-0,47	0,16	a [m/s ²]
Beschleunigung Lewis	2,58	4,50	1,72	-0,40	1,23	-0,61	0,64	-0,32	0,51	-0,49	a [m/s ²]

Tabelle 5: Beschleunigungen beim 100 m-Lauf 1988 in Seoul

Eine grafische Darstellung der berechneten Daten zeigt Abb. 4.

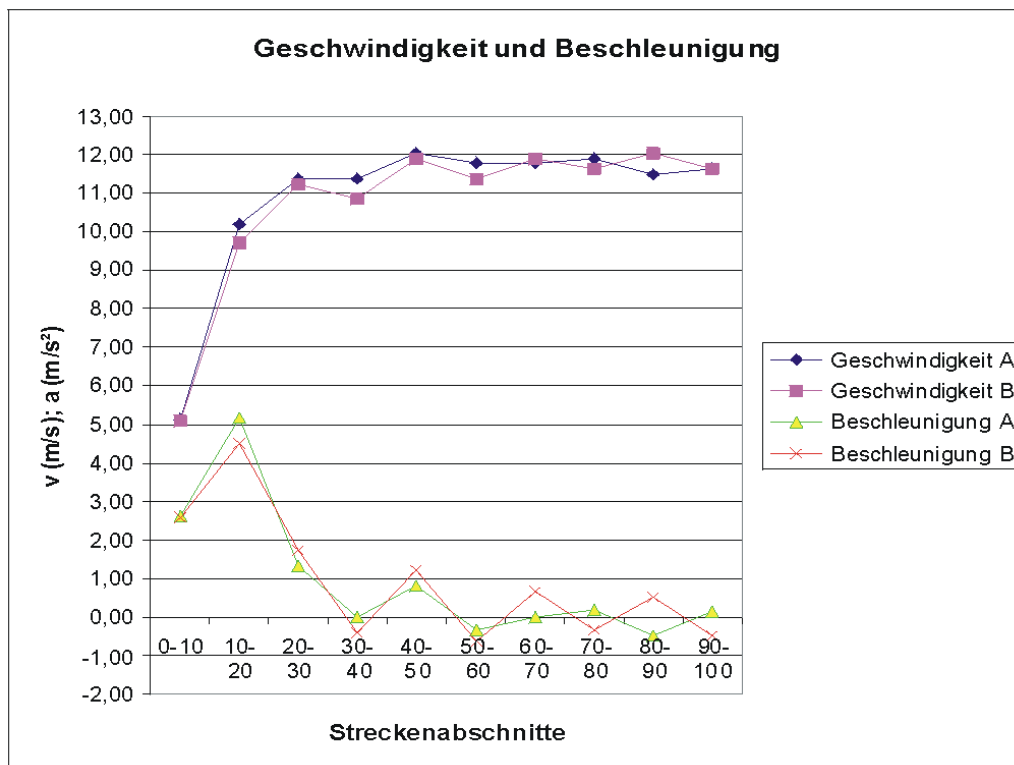


Abbildung 4: Geschwindigkeit und Beschleunigung bei einem 100m-Lauf

Trainingsmethodisch ist eine solche Bestandsaufnahme, wie sie hier geschah, äußerst wertvoll, weil man individuelle Defizite genauer lokalisieren kann! Vergleicht man beispielsweise die Werte eines Sprinters zu unterschiedlichen Zeitpunkten während eines Trainingsjahres, kann man erkennen, ob er sich im Beschleunigungsabschnitt, im Abschnitt der maximalen Bewegungsgeschwindigkeit oder im Bereich, wo es um das langen Halten einer hohen Geschwindigkeit geht, durch das durchgeführte Training verbessert oder verschlechtert hat.

In unserem Beispiel wird deutlich, dass insbesondere die sehr hohen Beschleunigungswerte von Johnson im Abschnitt zwischen 10 und 20 m zum Erfolg über Lewis beigetragen haben. Johnson wurde übrigens im Anschluss an den Lauf des Dopings überführt, so dass die hohen Kräfte, die zu den entsprechend hohen Beschleunigungen geführt haben, wohl nicht auf natürlichem Weg entwickelt worden waren...

Aufgabe: Stellen Sie das Beispiel mit Lewis und Johnson nach, indem Sie einen 100 m-Lauf stoppen! Dabei soll jeweils nach 10 m eine Zeit genommen werden, Sie benötigen also 10 Stoppuhren! Sollten diese nicht zur Verfügung stehen, reicht für einen ersten Vergleich aber auch aus, wenn Sie einen 30 m- oder 60 m-Lauf mit 10 m-Teilabschnitten stoppen. Ermitteln Sie die Abschnittszeiten, die Geschwindigkeiten und Beschleunigungen in Ihrer Gruppe und vergleichen Sie Ihre Werte mit denen der beiden Weltklassesprinter! Wo ergeben sich deutliche Unterschiede?

3.3 Was ist Bewegungsschnelligkeit?

Von Bewegungsschnelligkeit sprechen wir beim obigen Beispiel in der Phase ab ca. 40 m. Dort versucht der Sprinter, eine möglichst hohe Laufgeschwindigkeit zu erreichen. Die äußeren Widerstände sind dabei eher gering im Vergleich zur Beschleunigungsphase. Demnach spielen auch die Maximalkraft bzw. die Schnellkraft nicht mehr die entscheidende Rolle, sondern insbesondere koordinative Aspekte rücken in den Vordergrund. So berichten erfolgreiche Sprinter immer wieder, dass sie die schnellsten Zeiten laufen können, wenn sie "entspannt" laufen. Der Wechsel von Anspannung und Entspannung der beteiligten Muskulatur ist demnach für die Leistung wichtig. Dies beschreibt man mit den Begriffen der inter- und intramuskulären Koordination. Darüber hinaus ist auch die willentlich erzeugbare Kontraktionsgeschwindigkeit der beteiligten Muskeln und Muskelfasern von großer Bedeutung.

Was ist intramuskuläre Koordination?

Die intramuskuläre Koordination beschreibt das Zusammenspiel zwischen Nerv und Muskel, d.h. die nervale Erregung des Muskels bzw. einzelner Muskelfasern eines Muskel. Dies soll im Folgenden etwas ausführlicher betrachtet werden.

Ein Muskel besteht aus vielen Muskelfaserbündeln und diese wiederum aus vielen Muskelfasern, die zwischen einem Hundertstel- und einem Zehntelmillimeter dick und bis zu 20 Zentimeter lang sein können.



Abbildung 5: Aufbau der Muskulatur (modifiziert nach WIRHED 1984, 9)

Die Nervenimpulse kommen von speziellen Nervenzellen (Neuronen), den Alpha-Motoneuronen, die über das Rückenmark den Impuls über Nervenfasern (Axone) an die Muskelzellen weiterleiten. Ein Motoneuron innerviert (aktiviert) dabei eine Vielzahl von Muskelfasern; bei den feinst zu steuernden äußeren Augenmuskeln sind es z.B. etwa fünf, bei der verhältnismäßig grob zu regulierenden Wadenmuskulatur bis zu 2000. Ein Motoneuron mit dem zugehörigen Axon und den Muskelfasern wird als motorische Einheit bezeichnet; sie ist die kleinste, isoliert aktivierbare Untergliederung des Nerv-Muskelsystems.

Die Muskelfasern einer motorischen Einheit haben gleiche chemische und physiologische Eigenschaften. Nach ihren chemischen und physiologischen Eigenschaften lassen sich die Fasern grob in zwei Gruppen unterteilen: langsame, tonische (Typ I oder auch ST-Fasern = slow twitch) und schnelle, phasische (Typ II oder auch FT-Fasern = fast twitch) Einheiten. Letztere können in ermüdbare (Typ IIb) und ermüdungsresistentere (Typ IIa) weiter differenziert werden. Die verschiedenen Muskelfasertypen sind über den ganzen Muskelquerschnitt verteilt; ihre relativen Anteile weisen jedoch erhebliche individuelle Unterschiede auf (vgl. Abb. 6), die zunächst einmal genetisch bestimmt sind.

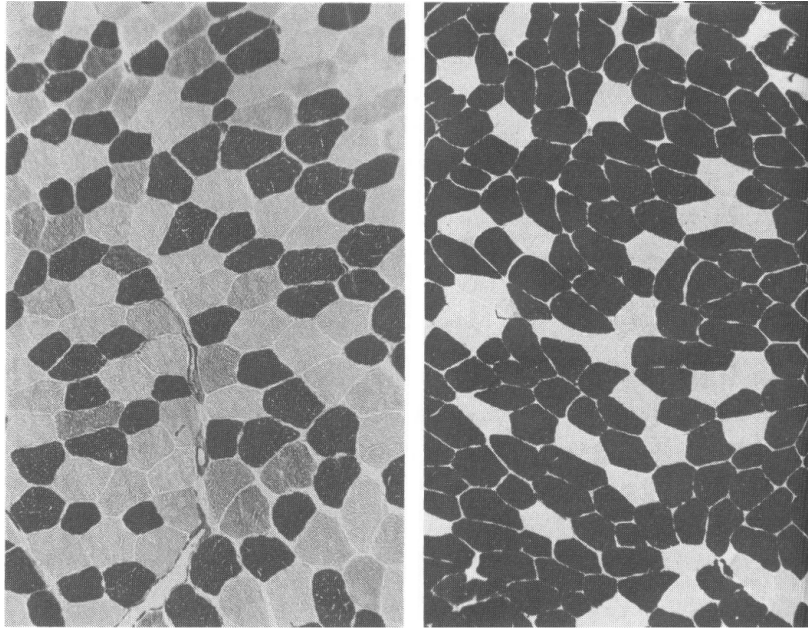


Abbildung 6: Verteilung der Muskelfasertypen bei verschiedenen Sportarten (links Sprinter, rechts Radfahrer; schnell zuckende Fasern sind weiß, langsam zuckende Fasern sind schwarz, HOWALD 1984, 6)

Erwartungsgemäß besitzen Personen, in deren Sportarten es auf Schnelligkeit ankommt, überwiegend schnelle Muskelfasern. Die Fasertypen unterscheiden sich auch im Hinblick auf ihre Funktion. So erzeugen die schnellen Fasern höhere Kräfte in kürzerer Zeit als die langsamen. Die schnellen Fasern erreichen bei einer Einzelerregung ihre maximale Kraft in 40 bis 88 ms. Diese Dauer wird als Kontraktionszeit bezeichnet. Die langsamen Fasern kommen erst in 99 bis 140 ms auf ihr Kraftmaximum (HOWALD 1985, 36). Langsame Fasern sind mehr für langandauernde, Ermüdungsresistenz erfordernde, dynamische Arbeit und die (statische) Körperhaltung prädestiniert, während schnelle Fasern entsprechend für kurzzeitige, intensive Krafteinsätze geeignet sind, wie sie vor allem bei schnellen Bewegungen erforderlich sind. Schnelle Einheiten ermüden zudem wesentlich schneller.

	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
Mittl. Leitungsgeschw. der Membranen	2,5 m/s	5,4 m/s
Impulsmuster	10/s	40-120/s

Tabelle 6: Eigenschaften von Muskelfasern (vgl. auch HOWALD 1984, 6; Untersuchung an isoliertem Kaninchenmuskel!)

Die von einem Muskel erzeugte Kraft ist die Summe der Kraftwerte, die jede einzelne motorische Einheit beiträgt. Die Kraft eines Muskels kann somit über die Anzahl der eingeschalteten (rekrutierten) motorischen Einheiten reguliert werden; verlangt die Bewegungsaufgabe einen hohen Krafteinsatz, so werden entsprechend viele motorische Einheiten eingeschaltet. Während bei geringer Kraftanforderung nur oder überwiegend die

langsamen Einheiten aktiviert werden, die mit einer relativ niedrigen Erregungsfrequenz von etwa 5 - 25 Hz (Impulsen/Sekunde) feuern, kommt es mit steigender Kraftanforderung zunehmend zur Einbeziehung von schnellen Fasern, die mit unterschiedlichen, aber wesentlich höheren Impulsfrequenzen von bis zu 120 Hz erregt (innerviert) werden können. Die Aktivierung einer motorischen Einheit hängt von ihrer Schwellenfrequenz ab; das ist jene Erregungsfrequenz, die mindestens erreicht werden muss, um die Kontraktion einer Muskelfaser auslösen zu können. Die Reihenfolge der rekrutierten motorischen Einheiten hängt somit von der Schwellenfrequenz ab; je geringer diese ist, desto früher werden sie aktiviert. Bildhaft kann man dies mit der folgenden Abbildung 7 darstellen:

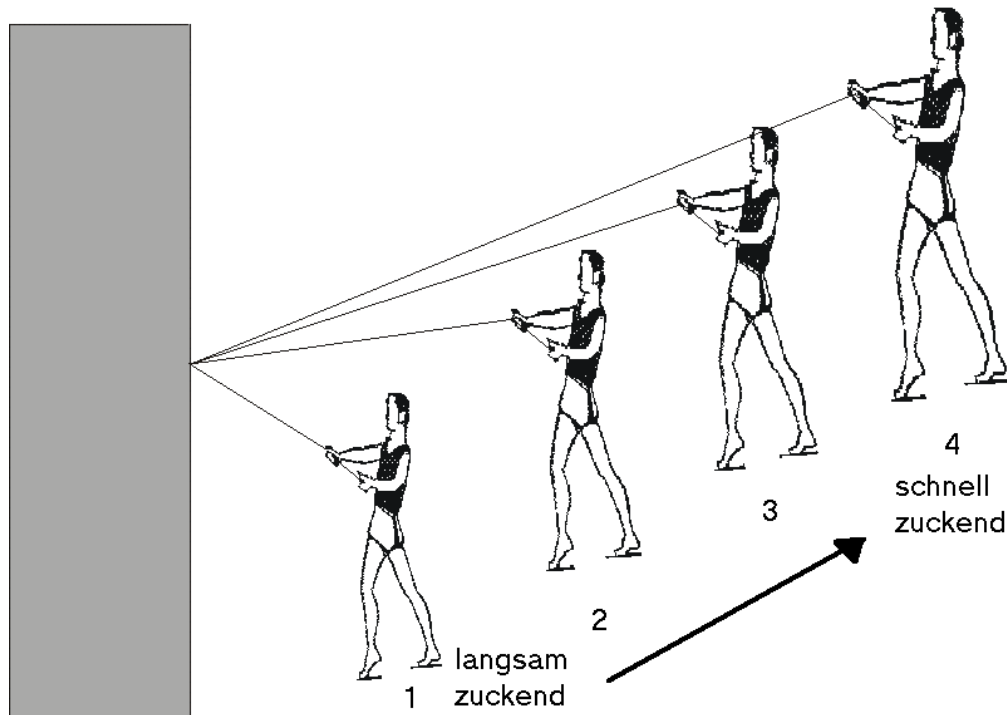


Abbildung 7: Rekrutierung von Muskelfasern

Vier Personen stellen mit den Seilen, die sie in der Hand halten die jeweiligen Muskelfasern dar und sollen einen großen Gegenstand ziehen. Die erste Person ist gleichbedeutend mit den langsamen Fasern, die drei anderen stellen die jeweiligen schnellen Fasern dar. Soll nun eine Kraft ausgeübt werden, beginnt zunächst die erste Person mit dem Ziehen am Seil. Sie kann zwar keine großen Kräfte aufbringen, kann dafür aber ausdauernder arbeiten. Erst bei größeren Kraftanforderungen ziehen auch die anderen kräftigeren Personen. Die Schwellenfrequenz, die für die Aktivierung von Person 1 (langsame Fasern) notwendig ist, ist relativ niedrig. Die Schwellenfrequenzen von Person 2-4 sind dagegen höher. Diese Abstufung hinsichtlich der Einschaltung und aufeinanderfolgenden Aktivierung der Muskelfasern beschreibt der Begriff Rekrutierung.

Merke: Mit dem Begriff **Rekrutierung** beschreibt man die Reihenfolge, in der langsame und schnelle Muskelfasern aktiviert werden. Zunächst arbeiten die langsamen Fasern bei geringeren Belastungen, die schnellen Fasern werden erst bei höheren Belastungen zugeschaltet. Bei einer Kraftanforderung von etwa 90 % der isometrischen Maximalkraft sind praktisch alle willkürlich aktivierbaren motorischen Einheiten rekrutiert (MÜLLER 1987, 10).

Bei schnellen Bewegungen kommt es darauf an, in kürzester Zeit eine maximale Menge sowohl an langsamen als auch an die sich etwas später zuschaltenden schnellen Fasern zu aktivieren. Insbesondere kommt es darauf an, den Zuschaltzeitpunkt der schnellen Fasern so frühzeitig wie möglich, also so nahe wie möglich, an den Aktivierungsbeginn der langsamen Fasern zu legen. Dieses funktioniert um so besser, je mehr Impulse die motorischen Einheiten von ihren Motoneuronen erhalten (Frequenzierung).

Merke: Unterschiedliche Muskelfasern werden vom Motoneuron mit unterschiedlichen Impulsmustern versorgt (**Frequenzierung**, vgl. Tab. 6). Je schneller die Impulse aufeinander folgen, desto höher ist die Impulsfrequenz und damit auch die Kraft, die die Fasern produzieren können.

Die möglichst gleichzeitige Aktivierung der motorischen Einheiten, die auch als Synchronisation bezeichnet wird, ist die entscheidende Voraussetzung für schnelle Bewegungen. Im obigen Beispiel würde das bedeuten, dass alle Personen möglichst schnell hintereinander mit dem Ziehen beginnen und dann möglichst immer gleichzeitig ziehen sollen.

Merke: Hohe Belastungen erfordern eine **Synchronisation** von Muskelfasern. Ziehen viele Fasern gleichzeitig, addieren sich ihre Kräfte und können damit höhere Kräfte produzieren, als wenn sie nacheinander ziehen würden.

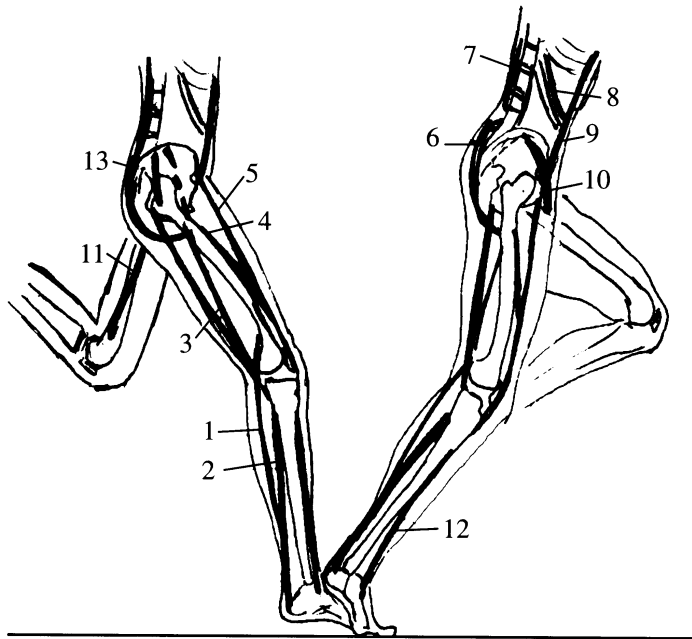
Aufgabe: Synchronisation von Muskelfasern eines Muskels kann man leicht produzieren: Setzen Sie sich auf ihr Gesäß und strecken Sie die Beine leicht vom Boden angehoben nach vorn! Schon nach kurzer Zeit werden Sie ein Zittern der Bauchmuskulatur feststellen.

Dieses Zittern entsteht dadurch, dass viele motorischen Einheiten in der Bauchmuskulatur gleichzeitig kontrahieren und sich dann wieder entspannen. Die motorischen Einheiten der Bauchmuskulatur versuchen hier, durch Synchronisierung ihrer Zuckungen die hohen Kräfte für die Aufrechterhaltung der Position aufzubringen.

Das geschilderte Zusammenspiel (Rekrutierung, Synchronisierung, Frequenzierung) der einzelnen motorischen Einheiten innerhalb eines Muskel wird als intramuskuläre Koordination bezeichnet.

Was ist intermuskuläre Koordination?

An einer Bewegung sind stets viele Muskeln bzw. Muskelgruppen beteiligt. Diese müssen z.T. gleichzeitig oder in einer bestimmten zeitlichen Reihenfolge über eine bestimmte Dauer innerviert werden. Dabei sind für die Schnelligkeit von Bewegungen zwei Dinge außerordentlich wichtig: Die Gegenspieler (Antagonisten) der gerade tätigen Muskeln (der sog. Synergisten) müssen gehemmt sein, wenn diese aktiv sind. Man stelle sich als Beispiel eine Beugebewegung im Ellenbogengelenk vor. Die Beugung wird vor allem durch die Kontraktion des M.biceps brachii (auf der Vorderseite des Oberarms) verursacht, die Streckung vom M.triceps brachii (auf der Rückseite des Oberarms). Je stärker letzterer innerviert wird, desto mehr Widerstand setzt er der Beugung entgegen. Besonders bei schnellen zyklischen (sich wiederholenden) Bewegungen müssen die Erregungs- und Hemmungszustände möglichst rasch und vollständig ablaufen. Je entspannter also die Muskulatur in der nichtaktiven Phase ist, desto weniger Gegenkräfte setzt sie der gerade aktiven Muskulatur entgegen. Die intermuskuläre Koordination schnell ablaufender Bewegungen führt bei systematischer Übung zu einem optimalen "Einschleifen" von Erregungs- und Hemmmechanismen. Um eine Vorstellung der Komplexität der Sprintbewegung zu erhalten, sind in der folgenden Abbildung die wesentlichen am Sprintlauf beteiligten Muskeln aufgelistet.



- | | | | |
|----|------------------------------------------|----|------------------------------------------------------------------|
| 1 | M. gastrocnemius | 2 | M. soleus |
| 3 | ischio-crurale M. | 4 | M. vastus medialis, intermedius und lateralis |
| 5 | M. rectus femoris | 6 | M. gluteus maximus |
| 7 | M. iliocostalis,
M. longissimus | 8 | M. obliquus externus abdominis
M. obliquus internus abdominis |
| 9 | M. rectus abdominis | 10 | M. iliopsoas, M. psoas major |
| 11 | M. adductor magnus,
longus und brevis | 12 | M. tibialis anterior
M. peroneus longus |
| 13 | M. gluteus medius | | |

Abbildung 8: Vereinfachte Darstellung der in der Sprint-Stützphase zu koordinierenden Muskelgruppen (GEESE/HILLEBRECHT 1995, 35)

Die Betrachtung in Abbildung 8 zeigt am Beispiel der Sprint-Stützphase in einer verhältnismäßig groben Übersicht, welche Muskulatur an der Laufbewegung beteiligt ist. Die Kompliziertheit der Koordination wird deutlich, wenn man die Zahl der Muskeln und die zeitweilige Umkehr von Muskelfunktionen berücksichtigt oder die Tatsache, dass bestimmte Muskeln über zwei Gelenke ziehen, also sowohl Beuger eines Gelenks als auch Strecker des benachbarten Gelenks sind (z.B. M. gastrocnemius streckt den Fuß und beugt den Unterschenkel).

Aufgabe: Stellen Sie sich in eine leichte Hockstellung, so dass Sie einen Kniewinkel von ca. 90° einnehmen! Springen Sie aus dieser Position nach oben! Versuchen Sie durch das Abtasten der Gesäß- und Beinmuskulatur herauszufinden, welche Muskeln die Hauptarbeit bei der Streckung verrichten (Synergisten)! Welche Muskeln müssen sich eher passiv verhalten, weil sie der Streckung entgegen arbeiten (Antagonisten)?

Die wenigen Beispiele mögen ausreichen, um zu verdeutlichen, welche komplizierte und in kürzesten Zeitintervallen ablaufenden neurophysiologische Regulationsprozesse die inter- und intramuskuläre Koordination ausmachen. Im Schnelligkeitstraining hat die Verbesserung der Koordination daher einen hohen Stellenwert.

3.4 Welche Faktoren beeinflussen die Schnelligkeit noch?

Bei den die Schnelligkeit beeinflussenden Faktoren findet man eine größere Einigkeit, verglichen mit der Vielfalt der Strukturierungen. Allerdings hängt die Benennung der Einflussfaktoren natürlich auch von der vorgenommenen Unterteilung der Schnelligkeit ab. Während sich MARTIN/CARL/LEHNERTZ (1993), wie oben beschrieben, auf die Einflussfaktoren der drei Schnelligkeitsformen Reaktion, Beschleunigung und Bewegungsgeschwindigkeit beschränken, liefern GEESE/HILLEBRECHT (1995, 11) und WEINECK (1997) ein umfangreiches Bedingungsgefüge (vgl. Tab. 7).

SCHNELLIGKEIT				
anlage- und entwicklungsbedingte Einflussfaktoren	motorisch-sensorische Einflussfaktoren	psychische Einflussfaktoren	neuro-physiologische Einflussfaktoren	anatomisch/biomechanische Einflussfaktoren
Konstitution	Bewegungstechnik	Konzentration	Reizverarbeitungsgeschwindigkeit	Muskelkraft
Alter	motorische Lernfähigkeit	Aufmerksamkeit	intramuskuläre Koordination	Muskelquerschnitt
Geschlecht	motorische Fähigkeiten	Motivation	intermuskuläre Koordination	Kontraktionsgeschwindigkeit
Talent	Koordination	Wille	Reflexaktivität	Skeletthebellängen
	Antizipation	Anstrengungsbereitschaft	Stoffwechsel	Muskellängen
	Steuerung + Regelung	psychische Regulationsfähigkeit	Energieflussrate	Gewebeeigenschaften
	Wahrnehmung			Gelenkeigenschaften
	Informationsverarbeitung			muskuläre Balance

Tabelle 7: Schnelligkeit und ihre Einflussfaktoren (vgl. GEESE/HILLEBRECHT 1995, 11)

Auch hier finden sich die schon angesprochenen neuro-physiologischen und motorisch-sensorischen Faktoren. Darüber hinaus werden noch entwicklungs- und anlagebedingte, psychische und anatomisch biomechanische Einflussfaktoren genannt. So kann z.B. das Alter

einen gewichtigen Einfluss auf die Leistung haben. Mit zunehmendem Alter verringern sich Schnelligkeitsleistungen, diese Verringerung kann aber durch entsprechendes Training z.T. kompensiert werden. So sind auch jenseits der 30 Jahre noch sehr gute Leistungen erreichbar. Auch die psychischen Faktoren können eine Rolle spielen. Eine hoch entwickelte Motivations- und Konzentrationsfähigkeit kann die Leistungen im Schnelligkeitsbereich positiv beeinflussen. Und auch körperbauliche (anthropometrische) Aspekte können einen Einfluss haben. Immer wieder beobachtet man z.B. bei Basketballern, dass die Aufbauspieler eher kleiner sind, da sie schnell und wendig sein müssen. Großen Spielern fällt dies aufgrund ihrer langen Extremitäten meist schwer.

Aufgabe: Betrachten Sie erneut den 100 m-Sprint, der hinsichtlich der Schnelligkeitsleistung in Reaktion, Beschleunigung und maximale Bewegungsschnelligkeit unterteilt werden kann. Welche psychischen Einflussfaktoren spielen für den Sprinter eine Rolle?

Betrachten Sie auch andere Sportarten, z.B. die Sportspiele und diskutieren Sie die psychischen Einflussfaktoren in diesem Zusammenhang! Gibt es lineare Zusammenhänge nach dem Muster „je höher die Motivation, desto höher die Leistung“?

4 Wie kann man Schnelligkeitsleistungen messen?

Fortschritte in der Ausprägung von motorischen Fähigkeiten sind nur dann objektiv zu beurteilen, wenn sie von Zeit zu Zeit quantifiziert, d. h. gemessen, werden. Dazu dienen Leistungsdiagnosen, die z.B. alle 6-8 Wochen oder nach einzelnen Trainingsphasen durchgeführt werden. Die Testergebnisse sollen Stärken und Schwächen offenbaren, die man anschließend gezielt im Training beachten kann.

Im Hinblick auf den Sprint (Beschleunigungsfähigkeit und maximale Bewegungsschnelligkeit) werden meist die folgenden Testformen vorgeschlagen: 20-40-Meter-Sprint aus dem Hochstart oder Tiefstart, 20 oder 30 Meter fliegend, Sprint zwischen 30 und 60 Meter. Dies ist auch bei GROSSER/STARISCHKA (1981, 64ff) und GEESE/HILLEBRECHT (1995) angegeben. Die relativ kurzen Laufzeiten können objektiv nur über Lichtschrankensysteme oder eine Videozeitmessung erfasst werden. Eine Handstoppung produziert insbesondere bei unerfahrenen Zeitnehmern zu große Fehler.

Aufgabe: Messen Sie eine 30 m-Strecke aus und postieren Sie bei 20 und 30 Metern jeweils mindestens 3 Zeitnehmer. Lassen Sie drei bis fünf Personen die 30 m-Strecke mit Startsignal aus dem Tiefstart sprinten. Vergleichen Sie die Handzeiten der einzelnen Zeitnehmer, und bestimmen Sie die Abweichungen zwischen den Zeitnehmern. Steht Ihnen eine Lichtschrankenanlage zur Verfügung, können Sie die Handzeiten mit den elektronischen Zeiten vergleichen. Hinweis: Lichtschrankenanlagen sind meist in Sportinstituten von Universitäten oder Olympiastützpunkten vorhanden und können dort manchmal auch ausgeliehen werden. Auch in manchen Physiksammlungen von Schulen findet man verwendbare Lichtschranken.

Der Aufbau einer Lichtschrankenanlage ist in den Abbildungen 9 und 10 dargestellt und näher erläutert.

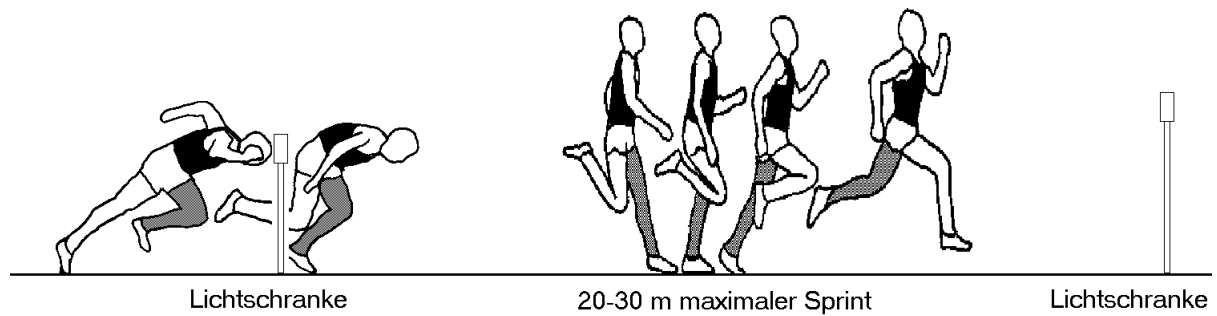


Abbildung 9: Sprinttest über 20 oder 30 m aus dem Hochstart mit Lichtschranken zur Bestimmung der Beschleunigungsfähigkeit

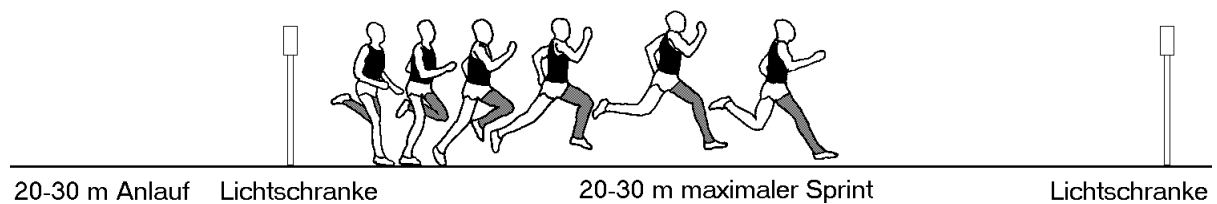


Abbildung 10: Fliegender Sprinttest mit Lichtschranken über 20 oder 30 m zur Bestimmung der maximalen Bewegungsschnelligkeit

Beim Sprinttest aus dem Hochstart startet der Läufer aus dem Stand und beschleunigt dann auf einer Strecke von 20-30 Metern. Mit diesem Test kann die Ausprägung der Beschleunigungsfähigkeit abgeschätzt werden. Beim fliegenden Sprinttest läuft der Läufer auf einer Strecke von 20-30 Metern an und versucht, an der ersten Lichtschranke, seine Höchstgeschwindigkeit zu erreichen. Die folgenden 20-30 Meter sollen mit der maximal möglichen Geschwindigkeit gelaufen werden. Aus den Ergebnissen lässt der Entwicklungszustand der maximalen Bewegungsschnelligkeit ableiten.

Sind keine Lichtschranken vorhanden, kann man auf eine Videokamera, die über eine Einzelbildschaltung verfügt, zurückgreifen. Im Folgenden ist kurz das Vorgehen bei einem 40m-Sprinttest mit einer Videozeitmessung beschrieben.

Test: *Bestimmung von Abschnittszeiten und mittleren Geschwindigkeiten beim Sprint mit einer Videokamera*

Benötigte Gerätschaften: 1 Videokamera auf Stativ, 4 Fahnenstangen, 1 Startblock, 1 Startklappe

Durchführung: Zunächst wird eine 40 m-Strecke markiert. Bei 20 m wird in 20-30 m Entfernung die Videokamera aufgestellt. Von diesem Standort aus kann man einen kompletten Lauf über 40 m aufnehmen. Bei 10, 20, 30 und 40 m wird jeweils eine Fahnenstange aufgestellt. Dabei muss allerdings die perspektivische Verzerrung durch das Schwenken der Videokamera ausgeglichen werden. Die Fahnenstangen werden daher nicht direkt auf den jeweiligen Marken aufgestellt, sondern dort, wo sie in der Verlängerung der Perspektive der Kamera die Markierungslinie schneiden. Am besten stellt man dazu einen Läufer auf die Markierungslinie, peilt ihn mit der Kamera an und stellt dann die Fahne auf die Stelle, die der Peilung seiner Brust entspricht (vgl. Abb. 11).

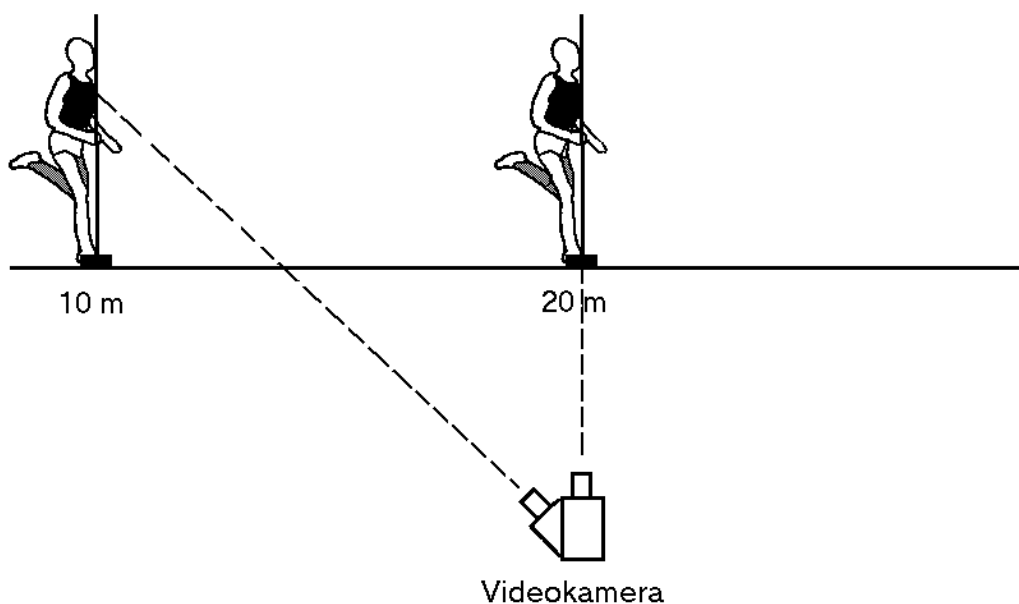


Abbildung 11: Exemplarischer Aufbau der Videokamera und Fahnenstangen bei 10 und 20 m

Nun laufen die Läufer die 40 m Strecke mit einem Start aus dem Startblock mit maximaler Intensität. Alle Läufer werden mit der Videokamera gefilmt. Wichtig ist dabei noch, dass der Starter und die Startklappe im Videobild mit zu sehen sind, um später den Startzeitpunkt genau ermitteln zu können.

Auswertung: Die Auswertung erfolgt am Videomonitor. In Einzelbildschaltung (in der Regel Still/Pause-Taste und dann Einzelbildtaste für Weiterschaltung der Bilder) wird der Startzeitpunkt des ersten Läufers ermittelt. Ab dem Moment, wo die Startklappe geschlossen ist, zählt man die Anzahl der Einzelbilder, bis der Läufer mit der Brust die erste Fahnenstange erreicht. Die Zahl der Einzelbilder wird notiert und anschließend die Zahl der Einzelbilder von Fahnenstange 1 zu Fahnenstange 2 ermittelt. Dieses Verfahren führt man weiter durch, bis der Läufer die letzte Fahne erreicht hat. Hat man alle Läufer in dieser Form ausgewertet, muss man nur noch die Zahl der Einzelbilder mit 0,04s multiplizieren und erhält damit die im jeweiligen Abschnitt gelaufene Zeit. Setzt man einen Videorecorder mit Jog-Shuttle (Drehrad zum Weiterschalten der Einzelbilder) ein, kann man sogar Halbbilder auflösen. Der Abstand von Bild zu Bild beträgt dann 0,02 s! Bei digitalen Kameras kann man häufig Timecodes (Sekunden und Nummer des aktuellen Einzelbildes) einblenden, die sogar eine direkte Umrechnung in eine Laufzeit ermöglichen.

Am Ende der Auswertung erhält man beispielsweise Tabelle 8 (Auswertung von Halbbildern, Abstand zwischen Bildern 0,02s). Aus dieser tabellarischen Darstellung kann man dann die jeweiligen Geschwindigkeiten für die einzelnen Abschnitte berechnen. Dazu teilt man immer den 10 m Abschnitt durch die erzielte Laufzeit und erhält so die mittlere Geschwindigkeit für den entsprechenden Abschnitten (vgl. Beispiel in Tabelle 8).

Name	0-10	10-20	20-30	30-40	0-40 m	Abschnitt
A (Beispiel)	120	72	68	67	327	Bilder
	2,40	1,44	1,36	1,34	6,54	t [s]
	4,17	6,94	7,35	7,46	6,12	v [m/s]
						Bilder
						t [s]
						v [m/s]
						Bilder
						t [s]
						v [m/s]

Tabelle 8: Tabelle zur Geschwindigkeitsberechnung mit Beispiel

Zum Vergleich sollen hier noch einmal kurz die Zeiten eines Spitzensprinters für den Abschnitt 0-40 m angegeben werden. Die Endzeit des hier dargestellten Teilabschnittes eines 100m-Laufes betrug 9,92 s (siehe auch Abb. 2 und Tabelle 2-4).

Name	0-10	10-20	20-30	30-40	0-40 m	Abschnitt
Weltklasse	1,97	1,03	0,89	0,92	4,81	t [s]

Aufgabe: Sie können das eben dargestellte Videoverfahren auch benutzen, um die Zeitabstände von Läufern im Ziel eines 100 m-Laufs zu bestimmen. Nehmen Sie dazu einen 100 m-Zieleinlauf, z.B. bei den Bundesjugendspielen, mit einer Videokamera auf. Notieren Sie die gestoppten Zeiten aus der Handstoppung und zählen Sie aus dem Video die zeitlichen Abstände zwischen den Läufern aus den Bildabständen aus! Vergleichen Sie die Abstände bei der Handzeitnahme mit denen aus Ihrer Videoauswertung! Wie gut haben die Handzeitnehmer gearbeitet und wo könnten die Fehlerquellen der Handzeitnahme liegen?

In den Sportsportarten werden zusätzlich zu den gerade geschilderten Sprinttests häufig Testbatterien angewendet. Dazu werden mehrere Tests durchgeführt, um verschiedene Fähigkeiten möglichst grundlegend testen zu können. So findet man im Basketball z.B. neben den Tests zur Sprintschnelligkeit auch noch komplexere Spielformen, bei denen der Einfluss der Balltechnik mit erfasst wird. Bildet man z.B. die Differenz zwischen einem 20 m-Sprint und einem 20 m-Slalom-Dribbling, kann die Qualität der Ballführung bei hoher Beschleunigung beurteilt werden. In diesem Zusammenhang wird wieder die Kombination mit technischen Fertigkeiten deutlich, die für Schnelligkeitsleistungen häufig von großer Bedeutung sind und daher auch diagnostisch erfasst werden sollten.

Aufgabe: 5 Personen absolvieren einen 30 m-Sprint und anschließend ein 20 m-Slalomdribbling. Die Zeiten werden von je 2 Zeitnehmern gestoppt, um Fehlstoppungen zu

vermeiden. Berechnen Sie die Differenz zwischen den beiden Tests für jede Person und interpretieren Sie diese.

Beobachten Sie gleichzeitig die Tests mit 3 Personen von außen und lassen Sie diese die Dribblingqualität nach dem Schulnotensystem (1-6) bewerten. Wie äußert sich eine gute Dribblingtechnik in den Zeiten? Kommen die Beobachter zu den gleichen Ergebnissen wie die Zeitmessungen? Kann man aus den Tests Aussagen für das Training ableiten?

5 Wie trainiert man Schnelligkeit?

Das Schnelligkeitstraining kann aus den bisher genannten Bereichen Strukturierung, Einflussfaktoren und Diagnose abgeleitet werden.

Grundsätzlich stellt ein Schnelligkeitstraining hohe Anforderungen an die beteiligten Systeme. Deshalb sollte es im ausgeruhten Zustand erfolgen.

Stellvertretend für das Schnelligkeitstraining in Individualsportarten (z.B. Schwimmen, Leichtathletik, Eisschnelllauf) soll der leichtathletische Kurzsprint und in den Sportarten das Basketballspiel etwas genauer betrachtet werden.

Formen des Schnelligkeitstrainings im Kurzsprint

Zur Verbesserung der Reaktions- und Beschleunigungsfähigkeiten sowie der Bewegungsgeschwindigkeit und der Schnelligkeitsausdauer beim leichtathletischen Kurzsprint stehen für jeden benannten Teilfaktor verschiedene Trainingsinhalte zur Verfügung (vgl. JOCH 1992; GEESE/HILLEBRECHT 1995; MARTIN/CARL/LEHNERTZ 1993).

Reaktionsschnelligkeit

Die Reaktionsschnelligkeit, die jedoch nur bedingt entwickelbar ist, kann anhand von Übungen mit einfachen Reaktionen z.B. in Form von Spielformen, als Startreaktionsübung mit unterschiedlichen Signalen und aus unterschiedlichen Positionen oder aber als regelgerechte Sprintstartbewegung geschult werden. Der Reagierende sollte sich dabei nicht auf die Wahrnehmung des Signals konzentrieren, sondern sich in seiner Konzentration mit der folgenden Bewegung beschäftigen. Die Signale sollten möglichst variiert werden und können optisch, akustisch oder taktil (Berührung) gegeben werden. Auch die Reaktion auf die Startaktion einer anderen Person ist möglich.

Fotoreihe zu einem Reaktionsbeispiel

Beschleunigungsfähigkeit

Die Beschleunigungsfähigkeit versetzt einen ruhenden Körper in Bewegung. Diese Fähigkeit kann für den Sprint durch verschiedene Ablaufaktionen angesteuert werden (Fallstarts, Sprintspiele, Tiefstarts). Um die Kraftfähigkeiten positiv zu beeinflussen, können die Widerstände im Beschleunigungsabschnitt erhöht werden. Auf diese Weise gelingt eine Kräftigung unter technikhohen Bedingungen. So kann man Bergaufsprints oder sogenannte Schleppläufe durchführen, bei denen der Athlet ein Gewicht oder einen kleinen Bremsfallschirm hinter sich herzieht.

Fotoreihe zu einem Schlepplauf

Die Beschleunigungsfähigkeit steht in enger Beziehung zur Maximal- und Schnellkraft eines Athleten (vgl. BÜHRLE/SCHMIDTBLEICHER 1977 und 1981; BÜHRLE 1985; PAMPUS 1995). Die Ansteuerung der Maximal- und Schnellkraft funktioniert einerseits über ein Krafttraining mit Fremdgewichten (Muskelquerschnitt-, Maximalkrafttraining) sowie über ein Sprungkrafttraining, in dem die reaktiven Fähigkeiten besonders angesteuert werden können (vgl. Kapitel zum Krafttraining).

Fotoreihe zu reaktiven Sprüngen

Maximale Bewegungsschnelligkeit

Die maximale Bewegungsschnelligkeit ist v.a. bestimmt durch koordinative Aspekte. Die Verbesserung der inter- und intramuskulären Koordination gelingt durch spezielle Koordinationsläufe (Sprint-ABC, Übergänge), aber auch durch Kontrastläufe (Frequenz-, Druck-, Steigerungs-, Tempowechselläufe). Dabei liegt der Schwerpunkt auf dem isolierten Üben von bestimmten Technikmerkmalen und der Entwicklung eines "entspannten" Laufens.

Exemplarische Fotoreihen zu Skipping, Kniehebelauf und Sprunglauf

Eine sehr effektive Möglichkeit, die maximale Bewegungsschnelligkeit positiv zu beeinflussen, sind sogenannte supramaximale Läufe, bei denen eine höhere Laufgeschwindigkeit als tatsächlich möglich erreicht wird (supramaximale Zugunterstützungsläufe, Bergabläufe). Dadurch wird der Läufer zu einer anderen Koordination als seiner bisherigen gezwungen.

Foto zu Zugunterstützungslauf

Die Belastungsnormative sind beim Training der Beschleunigungsfähigkeit und der maximalen Bewegungsschnelligkeit wie folgt definiert:

Belastungsintensität: 100% (Die Laufstrecke soll mit höchster Intensität durchlaufen werden; bei supramaximalen Läufen sogar mehr als 100% Intensität!)

Belastungsumfang: z.B. 2 Serien mit 8 Wiederholungen einer 30 m-Sprintstrecke

Belastungsdichte: Pausen von 2 Minuten zwischen den Wiederholungen und 4 Minuten zwischen den Serien.

Stellen sich Verschlechterungen der Laufzeiten ein, sollte das Training abgebrochen werden!

Bei Koordinationsläufen, Steigerungs- und Tempowechselläufen ist die Belastungsintensität geringer als 100%, sie sollten aber auch immer wieder mit schnellen Läufen kombiniert werden, um auch bei hohen Belastungsintensitäten koordinative Verbesserungen zu erreichen!

Schnelligkeitsausdauer

Das sogenannte Stehvermögen oder auch die Sprint- bzw. Schnelligkeitsausdauer wird in der Regel mit Läufen trainiert, die Überdistanz haben, das heißt Tempoläufe zwischen 120 und 200 Metern beim 100-Meter-Sprint, mit 3-8 Wiederholungen und Pausen von 3-5 Minuten.

Formen des Schnelligkeitstrainings im Basketball

Im Basketball sind ebenfalls die Komponenten Reaktions-, Beschleunigungsfähigkeit und Bewegungsgeschwindigkeit zu entwickeln (vgl. MARTIN/CARL/LEHNERTZ 1993, GROSSER 1991).

So kommt es für einen Basketballer, ebenso wie für einen Sprinter, darauf an, schneller als der Gegner zu sein: er muss schneller auf Gegnerreaktionen bzw. Mitspieleraktionen reagieren, schneller beschleunigen und v.a. beim Fastbreak dem Gegner davon laufen. Ein Basketballer muss allerdings, im Gegensatz zum Sprinter, diese Schnelligkeitsleistungen meist mit der Handhabung eines Balles koordinieren.

In diesem Zusammenhang bemerken BAUERSFELD/VOSS (1992, 76), dass es in den Sportsportarten wesentlich sei, „neben der notwendigen Ausprägung der motorischen Komponente besonders unter technisch-taktischem Aspekt Schnelligkeitsanforderungen in den Bereichen des Spielhandlungs- und Situationstraining“ zu verwirklichen. Ein Schnelligkeitstraining in Sportsportarten wird daher häufig mit Techniktrainingsinhalten gekoppelt.

Die häufig gemachte Beobachtung, dass Spieler selbst mit Ball noch schneller sind als Spieler ohne Ball, muss ihren Eingang in die Trainingspraxis finden, wo Schnelligkeit mit Ball und Partnerbehinderung trainiert werden müssen. So besteht im Schnelligkeitstraining zunächst die Aufgabe festzustellen, wo die individuellen Defizite liegen, um eine sinnvolle Ansteuerung vornehmen zu können! Ist ein Athlet schnell, aber balltechnisch schlecht oder stimmt die Ballsicherheit, aber die Schnelligkeit ohne Ball ist verbesserungsbedürftig?

Anhand von Trainingsdiagnosen lassen sich diese Fragen klären!

Muss die Sprintschnelligkeit verbessert werden, so greifen alle bereits vorgestellten Übungen zum Kurz sprint, die die Beschleunigungsfähigkeit und die maximale Bewegungsschnelligkeit verbessern. Ist dagegen die Schnelligkeit mit Ball defizitär, so müssen technisch-taktisch spezifische Übungen im Training erfolgen.

Beispielweise können im Beschleunigungstraining Fangspiele, Partnerverfolgungssprints und Sprints mit Ball erfolgen.

Das Reaktionstraining im Basketball ist ebenso wesentlich komplexer als im Kurz sprint, weil auf unterschiedliche Reize reagiert werden muss. So sind die Gegner- und Mitspieleraktionen zu beobachten und möglichst vorwegzunehmen (Finten, Täuschungen, Spielsystem, Lauf- und Passaktionen), um die eigenen Entscheidungen und Handlungen schneller auswählen zu können. Zudem müssen die Ballwege verfolgt und antizipiert werden (Pässe, Wurfaktionen, Rebound).

Hier sollten im Training spezifische Reaktionsübungen stattfinden, z.B. zum Rebound und zum Täuschen, wo Auswahlreaktionen gefordert sind. Außerdem eignen sich Spielformen, wie 1:1, 2:2 oder 3:3, bei denen im Spiel die Reaktion auf Gegner und Ball angeregt werden

WEINECK (1997, 398) listet detailliert die Schnelligkeitsfähigkeiten von Sportsportlern auf und stellt eine Art Zusammenfassung des bisher Gesagten dar: Sportsportler müssen über Aktions- und Bewegungsschnelligkeit mit Ball verfügen, Wahrnehmungs-, Antizipations-, Reaktions- und Entscheidungsschnelligkeit aufweisen und Handlungsschnelligkeit beweisen.

Aufgabe:

Führen Sie mit einer Basketballgruppe einen Sprinttest über 30 m und einen Slalomdribblingtest über 20 m durch! Was müssen Sie bei den Tests festlegen (Zeitmessung, Startposition, etc.)? Wie protokollieren Sie die Tests? Welche Daten könnten neben den

Sprintzeiten noch von Interesse sein? Wie werten Sie den Test aus? Welche Schlüsse können Sie aus den Ergebnissen ziehen?

Teilen Sie anschließend die Trainingsgruppe in zwei Gruppen auf: Eine Gruppe besteht aus den Teilnehmern, die große Zeitdifferenzen zwischen den verschiedenen Tests aufweisen. Die andere Gruppe weist die geringeren Differenzen aus. Planen Sie für beide Gruppen ein Training über 4 Wochen, in dem die jeweiligen Schwächen behoben werden sollen! Welche Trainingsmethoden bzw. -formen benutzen Sie bei der ersten Gruppe, welche bei der zweiten Gruppe? Wie sehen Ihre Erwartungen (Hypothesen) aus, was soll sich nach 4 Wochen Training in den einzelnen Gruppen verändert haben?

Nach 4 Wochen wiederholen Sie die Tests! Welche Veränderungen haben sich tatsächlich ergeben? Diskutieren und interpretieren Sie die Ergebnisse!

Zur vertiefenden Weiterarbeit empfohlen:

GEESE, R./HILLENBRECHT, M.: Schnelligkeitstraining. Aachen 1995

GROSSER, M.: Schnelligkeitstraining. Grundlagen, Methoden, Leistungssteuerung, Programme. München, Wien, Zürich 1991

MARTIN, D./CARL, K./LEHNERTZ, K.: Handbuch Trainingslehre. 2. Aufl., Schorndorf 1993

WEINECK, J.: Optimales Training. 10. Aufl., Balingen 1997

Literaturverzeichnis:

BALLREICH, R.: Weg- und Zeitmerkmale von Sprintbewegungen. Berlin 1969

BAUER, G.: Lehrbuch Fußball. München 1990

BAUERSFELD, M./VOSS, G.: Neue Wege im Schnelligkeitstraining. Münster 1992

BIELEFELDER SPORTPÄDAGOGEN: Methoden im Sportunterricht. Ein Lehrbuch in 13 Lektionen. 2. Aufl., Schorndorf 1993

BÜHRLE, M. (Hrsg.): Grundlagen des Maximal- und Schnellkrafttrainings. Schorndorf 1985

BÜHRLE, M.: Maximalkraft - Schnellkraft - Reaktivkraft. Kraftkomponenten und ihre dimensionale Struktur. In Sportwissenschaft, 1989/3, 311-325

BÜHRLE, M./SCHMIDTBLEICHER, D.: Der Einfluß von Maximalkrafttraining auf die Bewegungsschnelligkeit. In: Leistungssport, (7) 1977/1, 3-10

CARL, K. u.a. (Hrsg.): Handbuch Sport, Band 1. Düsseldorf 1984

- CARL, K.: Trainingswissenschaft. In: CARL, K. u.a. (Hrsg.): Handbuch Sport, Band 1. Düsseldorf 1984, 135-164
- COUNCILMAN, J.E.: Handbuch des Sportschwimmens für Trainer, Lehrer und Athleten. Bockenem 1980
- FREYTAG, W.: Schwimmen. Training, Technik, Taktik. Reinbek 1998, 129ff
- FRITSCH, W.: Handbuch für das Rennrudern. Planung - Training - Leistung. Aachen 1990
- GROSSER, M./STARISCHKA, S.: Konditionstests. Theorie und Praxis aller Sportarten. München, Wien, Zürich 1981
- GROSSER, M./STARISCHKA, S./ZIMMERMANN, E.: Konditionstraining. Theorie und Praxis aller Sportarten. München, Wien, Zürich 1981
- HAGEDORN, G./NIEDLICH, D./SCHMIDT, G.: Basketball-Handbuch. Berlin 1980
- HOWALD, H.: Morphologische und funktionale Veränderungen der Muskelfasern durch Training. In: Schweizerische Zeitschrift für Sportmedizin, (31) 1984, 5-14
- HOWALD, H.: Morphologische und funktionale Veränderungen der Muskelfasern durch Training. In: BÜHRLE, M. (Hrsg.): Grundlagen des Maximal- und Schnellkrafttrainings. Schorndorf 1985
- LETZELTER, M.: Trainingsgrundlagen. Training, Technik, Taktik. Reinbek 1980
- MARTIN, D.: Grundlagen der Trainingslehre. Teil I: Die inhaltliche Struktur des Trainingsprozesses. Schorndorf 1979
- MARTIN, D./CARL, K./LEHNERTZ, K.: Handbuch Trainingslehre. Schorndorf 1991
- MÜHLFRIEDEL, B.: Trainingslehre. 2. Aufl., Frankfurt/M., Aarau 1983
- MÜLLER, K.-J.: Statische und dynamische Muskelkraft. Frankfurt/M. 1987
- PAMPUS, B.: Schnellkrafttraining. Theorie - Methoden - Praxis. Aachen 1995
- RÖTHIG, P. (Red.): Sportwissenschaftliches Lexikon. 5. Aufl., Schorndorf 1983
- RÖTHIG, P./GRÖSSING, S. (Hrsg.): Kursbuch 2. Trainingslehre. 2. Aufl., Bad Homburg 1983
- STEINHÖFEL, L.: Leistungstennis. Aachen 1991
- WEIGELT, S.: Zum Lernverhalten bei schnellen Unterarm- und Handgelenksbewegungen - Darstellung eines Forschungsansatzes zur Analyse und Verbesserung von Schnelligkeitsleistungen. In: MARTIN, D./WEIGELT, S. (Hrsg.): Trainingswissenschaft. Selbstverständnis und Forschungsansätze. Sankt Augustin 1993, 105-114
- WIRHED, R.: Sport-Anatomie und Bewegungslehre. Stuttgart, New York 1984