

Inhaltsverzeichnis

0.0 VORWORT	2
1. SPORTLICHE LEISTUNGSFÄHIGKEIT UND TRAINING	5
1.1 ZUM BEGRIFF „LEISTUNG“ UND „SPORTLICHE LEISTUNGSFÄHIGKEIT“	5
1.2 GRUNDLAGEN DES „TRAININGSPROZESSES“	6
1.2.1 <i>Allgemeingültige Trainingsprinzipien</i>	9
1.3 ANPASSUNGERSCHEINUNGEN AUF EINEN TRAININGSREIZ	10
1.4 SUPERKOMPENSATION ALS MODELHLAFTE VORSTELLUNG DER TRAININGSADAPTATION ..	11
2. DIE VIER KONDITIONELLEN FÄHIGKEITSBEREICHE	16
2.1 ZUM BEGRIFF „KONDITION“	16
2.2 BEDEUTUNG UND ANWENDUNGSBEREICHE DER KONDITION	17
3. AUSDAUERFÄHIGKEITEN	19
3.1 GLIEDERUNGSSHEMA DER AUSDAUER IN DER SPORTMEDIZIN	19
3.2 TRAININGSMETHODEN ZUR VERBESSERUNG DER AUSDAUER	23
3.2.1 <i>Trainingsmethoden zur Verbesserung der Grundlagenausdauer</i>	24
3.3 ZUR PERIODISIERUNG BEIM AUSDAUERTRAINING	25
3.4 AUSDAUERSPORT UND GESUNDHEIT	26
3.4.1 <i>Gesundheitsförderndes und gesundheitserbaltendes Ausdauertraining</i>	28
3.4.2 <i>Orientierungswerte für ein optimales Präventionstraining durch Walking und Jogging für untrainierte Frauen und Männer mittleren Alters</i>	28
3.4.3 <i>Exkurs: Nordic-Walking - Trendsportart mit hohem gesundheitlichem Wert</i>	35
4. KRAFTFÄHIGKEITEN	38
4.1 BIOLOGISCHE GRUNDLAGEN DER KRAFT	38
4.1.1 <i>Muskelfasertypen</i>	38
4.1.2 <i>Ursachen und Ablauf der Muskelhypertrophie</i>	41
4.2 DYNAMISCHE UND STATISCHE (ISOMETRISCHE) REALISIERUNG DER MUSKELKRAFT	43
4.3 KRAFTTRAININGSARTEN	43
4.3.1 <i>Statistisches (= isometrisches) Krafttraining</i>	44
4.3.2 <i>Dynamisch-konzentrisches (= auxotonisches) Krafttraining</i>	45
4.3.3 <i>Dynamisch-exzentrisches Krafttraining</i>	46
4.3.4 <i>Isokinetisches Krafttraining</i>	47
4.4 DEFINITION UND STRUKTUR DER KRAFTFÄHIGKEITEN	49
4.4.1 <i>Zur Maximalkraft</i>	49
4.4.1.1 <i>Trainingsmöglichkeiten zur Verbesserung der Maximalkraft</i>	52
4.4.2 <i>Zur Schnellkraft</i>	52
4.4.2.1 <i>Trainingsmöglichkeiten zur Verbesserung der Schnellkraft</i>	53
4.4.3 <i>Zur Kraftausdauer</i>	54
4.4.3.2 <i>Trainingsmöglichkeiten zur Verbesserung der Kraftausdauer</i>	55
4.4.4 <i>Zur „Reaktiven“ Kraftfähigkeit</i>	56
4.4.4.1 <i>Trainingsmöglichkeiten zur Verbesserung der „reaktiven Kraftfähigkeit“</i>	58
4.5 ZUR PERIODISIERUNG DES KRAFTTRAININGS	59
4.6 ALLGEMEINE RICHTLINIEN FÜR KRAFTTRAINING (FREIZEIT UND JUGENDLICHE)	61
4.7 PRAKTISCHES BEISPIEL FÜR EIN ALLGEMEINES KRAFTTRAINING	62
4.7.1 <i>Übungsauswahl für ein „Ganzkörper-Krafttrainingsprogramm“ zur Vermeidung von muskulären Dysbalancen</i>	64
5. SCHNELLIGKEITSFÄHIGKEITEN	68
5.1 ARTEN DER SCHNELLIGKEIT	68

5.2 TRAININGSMETHODEN DER SCHNELLIGKEIT	70
5.3 ALLGEMEINE GRUNDSÄTZE ZUR GESTALTUNG UND STEUERUNG DES SCHNELLIGKEITSTRAININGS.....	72
5.4 TRAININGSÜBUNGEN ZUR VERBESSERUNG DER FORTBEWEGUNGSSCHNELLIGKEIT.....	73
6. BEWEGLICHKEITSFÄHIGKEITEN	76
6.1 ZUR BEDEUTUNG DER BEWEGLICHKEIT	76
6.2 STRUKTURIERUNG UND ERSCHEINUNGSFORM DER BEWEGLICHKEIT.....	78
6.3 ALLGEMEINE GRUNDSÄTZE ZUR GESTALTUNG DES BEWEGLICHKEITSTRAININGS.....	79
6.4 TRAININGSMETHODEN ZUR VERBESSERUNG DER BEWEGLICHKEIT	81
6.4.1 <i>Stretching</i>	82
7. SPORTMEDIZINISCHE ASPEKTE IM TRAININGSPROZEß	83
7.1 ERMÜDUNG UND ÜBERTRAINING	83
7.2 SYMPTOME UND BEHANDLUNG DES ÜBERTRAININGS (BURNOUT-SYNDROM)	87
7.2.1 <i>Behandlung des Übertrainings</i>	89
7.3 REGENERATION	90
7.3.1 <i>Allgemeine regenerationsfördernde Maßnahmen</i>	95
7.4 ZUR BEDEUTUNG DES AUF- UND ABWÄRMENS IM SPORT	96
7.4.1 <i>Aufwärmen (warm-up)</i>	96
7.4.2 <i>Abwärmen (cool-down)</i>	100
7.5 GRUNDLAGEN DER SPORTERNÄHRUNG.....	101
7.5.1 <i>Leistungsrelevante Rahmenbedingungen einer Sport-Basisernährung</i>	102
8. GRUNDLAGEN DES KINDER- UND JUGENDTRAININGS	105
8.1 ENTWICKLUNGSGEMÄßE TRAININGSGESTALTUNG MIT KINDERN.....	111
8.1.1 <i>Körperliche Leistungsfähigkeit und Akzeleration</i>	111
8.1.2 <i>Kurzcharakteristik der einzelnen Alters- und Entwicklungsstufen</i>	113
8.1.2.1 <i>Phasen der kindlichen Entwicklung (verkürzte Darstellung)</i>	114
8.1.3 <i>Die sogenannten „Trainingsgünstigen Entwicklungsphasen“</i>	118
8.1.3 <i>Gefahren des Trainings mit Kindern und Jugendlichen</i>	119
8.1.4 <i>Zusammenfassung der wichtigsten Funktionen und übergeordneten Ziele eines kindgemäßen Jugendsports</i>	120
8.2 SPORT UND GESUNDHEIT IM ALTER (DER ALTERUNGSPROZESS)	122
8.2.1 <i>Veränderungen am Skelettsystem</i>	123
8.2.2 <i>Veränderungen an der Skelettmuskulatur</i>	123
8.2.3 <i>Veränderungen im Bereich des Herz-Lungen-Systems</i>	123
8.3 DIE LEISTUNGSFÄHIGKEIT DER FRAU IM SPORT	132
8.3.1 <i>Menstruation und Schwangerschaft</i>	133
8.4 HÖHENTRAINING UND AUFENTHALT IN GRÖßEREN HÖHEN	135
8.4.1 <i>Definition, Möglichkeiten und Funktionen von Höhenttraining</i>	135
8.4.2 <i>Anpassungen an einen längeren Aufenthalt in größeren Höhen</i>	137
8.4.3 <i>Rahmenbedingungen für ein funktionelles Höhenttraining</i>	138
8.4.4 <i>Gesundheitliche Gefahren des Aufenthaltes in größeren Höhen</i>	140
9. VERZEICHNIS DER VERWENDETEN LITERATUR.....	142
10. LISTE DER LITERATUREMPFEHLUNGEN ZUM EIGENSTUDIUM.....	150
11. ZUM AUTOR	151

1. Sportliche Leistungsfähigkeit und Training

1.1 Zum Begriff „Leistung“ und „sportliche Leistungsfähigkeit“

Im Mittelpunkt jedes Trainings und Wettkampfs steht der Athlet, der mit oder ohne Trainer stets bemüht ist, seine disziplinspezifische sportliche Leistung

- zu entwickeln, d.h. zu steigern, zu verbessern oder sie
- auf einem bereits erreichten Niveau zu stabilisieren und sie
- im Wettkampf optimal zu realisieren.

Die **Leistung** des Athleten besteht bekanntlich aus mehreren verschiedenen Komponenten (vgl. hierzu Abb. 1), die in ihrer Gesamtheit das eigentliche Resultat erbringen. Letztendlich ist Leistungsfähigkeit eines Athleten aber auch Ausdruck seiner gesamten Persönlichkeit.

Die **sportliche Leistungsfähigkeit** stellt den Ausprägungsgrad einer bestimmten sportmotorischen Leistung dar und wird aufgrund der Abhängigkeit verschiedener Teilaspekte untereinander ebenso von einer Vielzahl spezifischer Faktoren bestimmt. Wesentliche Komponenten der sportlichen Leistung sind in Abbildung 1 dargestellt.

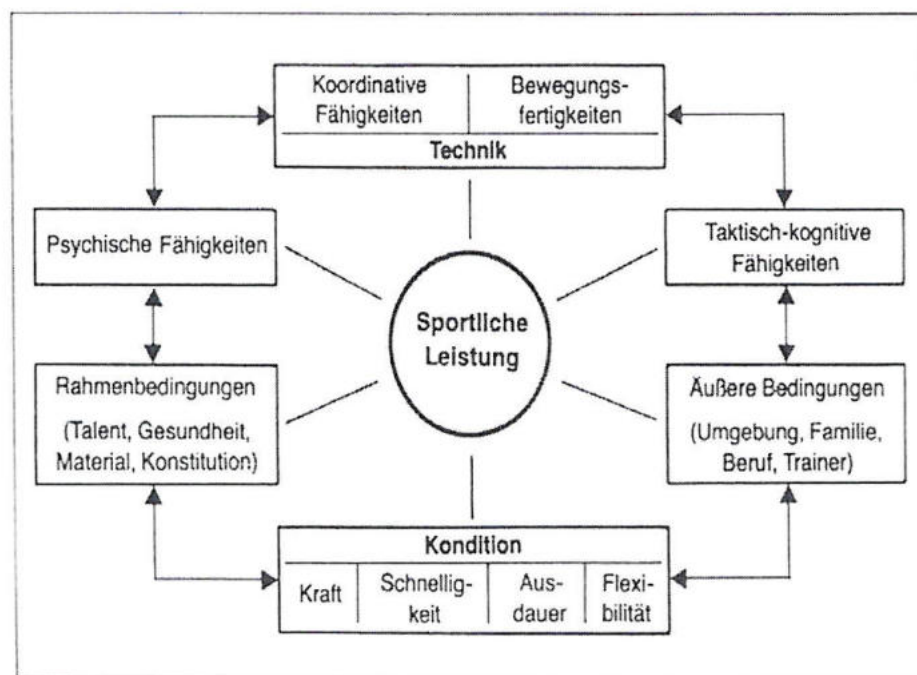


Abb. 1: Die wesentlichen Komponenten der „Sportlichen Leistung“
(aus: GROSSER 1989)

Die sportliche Leistungsfähigkeit ist aufgrund ihrer multifaktoriellen Zusammensetzung nur komplex zu trainieren. Allein die harmonische Entwicklung aller leistungsbestimmenden Faktoren ermöglicht das Erreichen einer individuellen Höchstleistung. Die sportliche Leistungsfähigkeit wird im langfristigen **Trainingsprozess** durch die Vorgabe von *Trainingszielen, -inhalten, -mitteln und -methoden* zielgerichtet entwickelt.

1.2 Grundlagen des „Trainingsprozesses“

***Training** ist in der Regel ein planmäßiger Prozeß, der eine Zustandsänderung (Optimierung, Stabilisierung oder Reduzierung) der komplexen (konditionellen, bewegungstechnischen, taktischen, physischen) sportlichen Leistungsfähigkeit beabsichtigt und bewirkt.*

So zielt sportliches Training im Schul- und Gesundheitssport zwar auch auf eine planmäßige und gezielte Verbesserung der körperlichen Leistungsfähigkeit hin, hat aber nicht -wie der Leistungssport- das Erreichen der individuellen Höchstleistung zum Ziel.

Mit dem Begriff **Trainingssteuerung** wird die Abstimmung aller kurz- und längerfristigen Maßnahmen des Trainingsprozesses im Hinblick auf das geplante Erreichen der sportlichen Form (= optimale Leistungsfähigkeit + Leistungsbereitschaft) gemeint.

Im Rahmen der **Periodisierung** (in längerfristigen Zeitabschnitten) und **Zyklisierung** (in mittleren und kurzfristigen Zeitabschnitten) des Trainingsprozesses werden verschiedene Zielsetzungen angestrebt, erarbeitet und verwirklicht. Dabei sind in der Regel gewisse Abfolgen von Trainingszielsetzungen in verschiedenen Trainingszyklen (s.u.) einzuhalten bzw. aufeinander aufbauend zu entwickeln (z.B. „Grundlagenausdauer“ vor „spezieller Ausdauer“).

Der Begriff „Periodisierung“ wurde in den 60er Jahren von russischen Sportwissenschaftlern (MATVEEV 1965) geprägt. Sie veröffentlichten in Form einer verallgemeinerten, theoretischen Konzeption eine Theorie für den Ablauf sportlichen Trainings aus gesammelten praktischen Erfahrungen im Training mit russischen Sportlern in Vorbereitung auf die Olympischen Spiele in Helsinki 1952 und Melbourne 1956. In der Folgezeit wurde die „Periodisierung des Trainings“ allmählich zum Synonym für „Planung des Trainings“.

Die Trainierbarkeit oder die **Trainingsanpassung (Adaptation)** ist funktionelle und morphologische Veränderung der Organsysteme auf wirksame Belastungsreize. Sie vollzieht sich stufenweise und letztendlich nach „logischen“ Gesetzmäßigkeiten (s.u.).

Bis zu einer relativ stabilen Veränderung der individuellen Leistungsfähigkeit werden im Rahmen einer **Periodisierung** folgende Stufen durchlaufen:

1. Stabilisierung des momentanen Funktionszustandes
2. Optimierung dieses Zustandes durch spezielle Trainingsmaßnahmen
3. Veränderung der Struktur des Funktionssystems
4. Stabilisierung dieser veränderten Strukturen

Die Trainingsperiodisierung erfordert einen biologisch vorgegebenen Zeitrahmen von mindestens ca. 4 - 6 Wochen (siehe Tabelle 2).

***Trainingsperioden** sind kontinuierlich aufeinanderfolgende Zeitabschnitte eines (mehrjährigen) Trainingsprozesses, sie werden durch eine zweckmäßige und zielgerichtete Anwendung bestimmter Trainingsinhalte und Trainingsmethoden bestimmt, die eine gezielte Einwirkung auf die individuelle Leistungsentwicklung ermöglichen.*

Trainingsperioden sind also aufeinanderfolgende Stadien eines Steuerungsprozesses zur Entwicklung der sportlichen Leistungsfähigkeit meist, innerhalb eines Trainingsjahres (**Jahreszyklus**). Die Grenzen zwischen den Perioden sind häufig fließend, stellen aber dennoch einen zeitlich ziemlich genau fixierten inhaltlichen oder belastungsgemäßen Wechsel der Belastungsanforderungen im Trainingsprozess dar. Teilziele und Zwischenschritte bzw. Veränderungen der inhaltlichen Struktur einer Trainingsperiode werden in zeitlichen Abschnitten, in sogenannten **Trainingszyklen**, geplant und realisiert (Zyklus = Anordnung von Elementen, die zusammenhängen oder regelmäßig wiederkehren). Die Trainingslehre unterscheidet hier zwischen **Mikrozyklen** (mikro = klein) und **Makrozyklen** (makro = groß).

Ein Mikrozyklus beschreibt in der Regel den Zeitraum einer Trainingswoche mit den dazugehörigen **Trainingseinheiten** (TE) als kleinste Planungseinheit der Trainingsperiodisierung. Ein Makrozyklus unterscheidet sich aufgrund veränderter inhaltlicher Trainingsschwerpunkte und eventuell veränderter Belastungsstruktur vom vorherigen und setzt sich aus den für diese neue Aufgabenstellung notwendigen Mikrozyklen zusammen. Makrozyklen innerhalb einer Trainingsperiode können daher unterschiedlich lang sein.

Tabelle 1 bietet einen Überblick über die einzelnen Planungsschritte und Planungsstufen eines periodisierten leistungssportorientierten Trainings.

Planungsabschnitt	Differenzierung
Mehrjahreszyklus	z.B. eine Olympiade, d.h. der Zeitraum zwischen 2 Olympischen Spielen (= 4 Jahre)
Jahreszyklus	mit (Saison-)Perioden (Vorbereitungs-, Wettkampf-, Übergangsperioden)
(Trainings-)Perioden	Makrozyklen (von ca. 3 - 6 Wochen)
Makrozyklus	Mikrozyklen (i.d.R. 1 Woche)
Mikrozyklus	Trainingseinheiten (eventuell mehrere pro Tag)
Trainingseinheit	Trainingsabschnitte (Erwärmung - Trainingsschwerpunkt(e) - Ausklang)

Tab. 1: Übersicht über die einzelnen Planungsabschnitte eines periodisierten Trainings im Leistungssport

Langfristig äußert sich die Trainingsanpassung (Adaptation) gewöhnlich zweifach:

- in einer Vergrößerung der Leistungsreserven und damit auch der Leistungskapazität und
- in der Fähigkeit zu einer stärkeren willentlichen Ausschöpfung der Leistungsreserven.

Die willentliche Ausschöpfung der Leistungsreserven, d.h., die „Möglichkeit bis an seine Leistungsgrenzen zu gehen“, soll bei hochtrainierten Athleten bis zu 90 - 95% der Leistungskapazität möglich sein, während der Grenzbereich für den Untrainierten mit ca. 70% angesetzt wird.

Im Kindes- und Jugendalter spielen für die Trainierbarkeit sogenannte *sensible Phasen* eine wichtige Rolle. Man versteht darunter Entwicklungsabschnitte, die für die Ausprägung bestimmter sportmotorischer Leistungsfaktoren besonders günstig sind, d.h., in denen die Trainierbarkeit besonders hoch ist (z.B. im Kindesalter die konsequente und vielseitige Entwicklung der koordinativen Fähigkeiten).

Das Verpassen derartiger sensibler/sensibler Phasen kann dazu führen, dass Leistungsfaktoren, die zu einem bestimmten Zeitpunkt bei entsprechender Förderung besonders hohe Zuwachsraten aufweisen würden, später nicht mehr oder nur mit einem unverhältnismäßig höheren Trainingsaufwand erreicht werden, und zwar unter dem Motto: „*Was Hänschen nicht lernt, lernt Hans (unter Umständen) nimmermehr*“.

Ein Beispiel für die konkrete Umsetzung dieser Theorie ist der sehr frühe Beginn des Trainings in den koordinativ höchst anspruchsvollen Sportarten Eiskunstlaufen und Turnen, bei denen das Leistungstraining teilweise bereits im Vorschulalter, spätestens aber im „frühen Schulkindalter“ (d.h. in der Grundschule, siehe Kapitel 8.1.2) beginnt, wenn sportliche Höchstleistungen zielgerichtet angestrebt werden sollen.

Wesentliches Kennzeichen eines auf Periodisierung ausgerichteten **Trainings-systems** ist dessen ständige Kontrolle, Steuerung und Regelung. Darunter soll die gezielte Abstimmung aller Maßnahmen verstanden werden, die im Hinblick auf das Erreichen des angestrebten Leistungszustandes notwendig sind.

Dies bedeutet:

- Training wird entsprechend den Trainingsleitzielen geplant und durchgeführt;
- die daraus resultierenden Trainingswirkungen und Trainingsergebnisse werden beobachtet und diagnostiziert;
- absolviertes Training selbst wird dokumentiert und ausgewertet (Trainingsdokumentation);
- die Ergebnisse - sowohl der Wettkampf- bzw. Leistungsbeobachtung als auch der Trainingsauswertung - werden rückkoppelnd wieder so verwendet, dass sie den Trainingsplan und damit den Trainingsvollzug entsprechend der Zielsetzung korrigieren können, also Wettkampf- und Trainingsanalyse und gegebenenfalls Ziel- und Planungskorrektur!

Für diesen Regelkreis hat sich in der Trainingswissenschaft der Begriff **Leistungs- und/oder Trainingssteuerung** durchgesetzt (siehe Abb. 2).

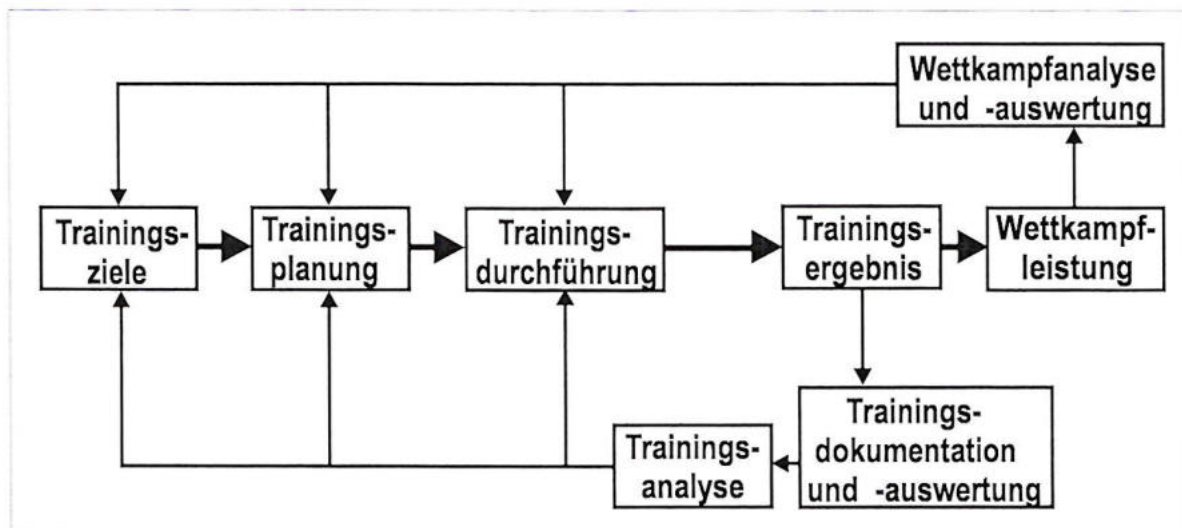


Abb. 2: Der Regelkreis „Trainingssteuerung“

1.2.1 Allgemeingültige Trainingsprinzipien

Als **Trainingsprinzipien** werden übergeordnete Anweisungen zum Handeln im sportlichen Training bezeichnet. Deshalb stellen sie eher eine allgemeine Orientierungsgrundlage und weniger eine konkrete Handlungsrichtlinie dar. Dabei sollte man sich im Klaren sein, dass es nicht gelingen wird, ein in Fachkreisen weitgehend akzeptiertes umfassendes Konzept der allgemeinen Trainingsprinzipien zu erstellen.

Obwohl in weiteren Kapiteln **Trainingsmethoden** zu jedem konditionellen Fähigkeitsbereich, also zum Krafttraining, Schnelligkeits-, Ausdauer- und Beweglichkeitstraining, gesondert dargestellt werden, sollen im Folgenden einige allgemeine Prinzipien des „sportlichen Trainings“ stichwortartig aufgelistet werden, unter deren Einhaltung die aufgeführten Trainingsmethoden durchgeführt werden sollten.

Allgemeine Prinzipien des sportlichen Trainings
• <i>Prinzip des wirksamen Belastungsreizes</i> • <i>Prinzip der progressiven Belastungssteigerung</i> • <i>Prinzip der Variation der Trainingsbelastung</i> • <i>Prinzip der optimalen Gestaltung von Belastung und Erholung</i> • <i>Prinzip der Wiederholung und Dauerhaftigkeit (Kontinuität)</i> • <i>Prinzip der Periodisierung und Zyklisierung</i> • <i>Prinzip der Individualität und Altersgemäßheit* (entwicklungsgemäß*)</i> • <i>Prinzip der zunehmenden Spezialisierung</i> • <i>Prinzip der regulierenden Wechselwirkung der einzelnen Trainingselemente</i>

Tab. 2: Allgemeine Prinzipien des sportlichen Trainings

Die obigen allgemeinen Prinzipien des sportlichen Trainings sind keine Durchführungsbestimmungen im engeren Sinne, sondern z.T. entstanden aus trainingspraktischen Erfahrungen und stützen sich auf Erfahrungswerte von Praktikern sowie teilweise auf wissenschaftliche Ergebnisse der „Trainingsforschung“. Die aufgezählten Trainingsprinzipien stehen dabei nicht isoliert nebeneinander, sondern sie überschneiden sich inhaltlich, ergänzen sich teilweise und bedingen sich teilweise gegenseitig. Sie sind daher nicht immer alle gleichzeitig anwendbar; es muss daher vom Trainer/Sportler geprüft werden, welche Prinzipien wann in Abstimmung mit der Trainingszielsetzung, der Trainingsstufe und dem jeweiligen Periodisierungsabschnitt etc. praktisch umgesetzt werden können.

1.3 Anpassungserscheinungen auf einen Trainingsreiz

Der **Trainingsreiz** (s.o.) regt eine biologische Anpassungsreaktion des Körpers an (Adaptationsphänomen = **Trainingswirkung**), wobei eine gewisse **Reizintensität** Voraussetzung ist (= überschwelliger Reiz; siehe Tab. 3). Die Reizantwort (das Adaptionsphänomen) des Körpers ist dabei von der Art der Trainingsbelastung abhängig.

<i>Die sogenannte „Reizstufenregel“:</i>
<i>1. Ohne Reiz keine Funktion (Lebenstätigkeit).</i>
<i>2. Eine Funktion entsteht erst, wenn eine bestimmte Reizschwelle überschritten wird (Alles oder Nichts Gesetz).</i>
<i>3. Reize über der Reizschwelle wirken anregend und funktionserhaltend (Funktionstätigkeit).</i>
<i>4. Starke Reize lösen bestimmte anatomische, physiologische und psychologische Anpassungsvorgänge aus (Homöostase).</i>
<i>5. Zu starke Reize lähmen oder schädigen die Funktion (Funktionseinschränkung).</i>

Tab. 3: Die sogenannte „Reizstufenregel“ zur Auslösung einer Trainingsanpassung

Die infolge eines Trainingsreizes eingetretenen Trainingswirkungen können zudem wie folgt klassifiziert werden:

Akute Wirkungen sind Veränderungen, die während der Übungsausführung eintreten (z.B. Übungseffekt)

Unmittelbare Wirkungen treten als Ergebnis einer einzelnen Trainingseinheit ein und manifestieren sich unmittelbar nach der Belastung (z.B. Ermüdung)

Kumulative Wirkungen ergeben sich bei aufeinanderfolgenden Trainingseinheiten oder auch Trainingsperioden (z.B. Kraftsteigerung)

Verzögerte Wirkungen lassen sich in bestimmten Zeitabschnitten nach einem absolvierten Trainingsablauf (-periode) feststellen (z.B. erhöhte Ermüdungswiderstandsfähigkeit durch bessere Ausdauerleistungsfähigkeiten oder bessere nervliche „Stabilität“)

Teilwirkungen betreffen Veränderungen durch einzelne Trainingsbestandteile (z.B. schnellere Zielerfassung)

Restwirkungen werden als übriggebliebene Veränderungen nach Trainingsabschluss außerhalb der Zeiträume, in denen eine Adaptation stattfinden kann, bezeichnet (z.B. dauerhaft veränderte Schießtechnik) (vgl. ZATSIORSKY 1996).

Weitere praktische Beispiele von Trainingswirkungen auf einen überschwelligen Trainingsreiz:

Nach Ausdauerbelastungen der Muskulatur beispielsweise

- *erfolgt eine Erhöhung der Glykogenspeicher in der Muskulatur, infolgedessen eine Verbesserung der Sauerstoffverbrennung durch die Art der Energiebereitstellung.*

Bei Kraftbelastungen der Muskulatur beispielsweise

- *erfolgt eine Querschnittszunahme der belasteten Muskulatur (Hypertrophie), infolgedessen z.B. eine Verbesserung der sauerstofflosen, anaeroben Energiebereitstellung.*

1.4 Superkompensation als modellhafte Vorstellung der Trainingsadaptation

Die (modellhafte Vorstellung der) Reaktion des Körpers auf einen Trainingsreiz ist in Abbildung 3 dargestellt. Diese verallgemeinerte Trainingstheorie („**Superkompensationstheorie**“ oder „Ein-Faktor-Theorie“, vgl. ZATSIORSKY 1996) ist ein stark vereinfachtes Modell, das Sportwissenschaftler und Trainer auch heute noch als das grundlegendste Konzept für einen Trainingsaufbau und zur Trainingsplanung nutzen (s.u.).

Wie aus der Abbildung 3 zu ersehen ist, kommt es nach der Belastung (2) zu einer vorübergehenden Abnahme der sportlichen Leistungsfähigkeit (Abfall des energetischen Potentials [Ermüdungsphase] (3)). Nach Belastungsende erfolgt eine Erholungsphase (4). Als Trainingseffekt kommt es dann zum Ende des Erholungszeitraumes zu einer „überschießenden“ Wiederherstellung des Ausgangsniveaus (5) (= **Überkompensation** oder **Superkompensation**).

Trifft den Organismus im Zustand der Superkompensation eine erneute Belastung vorausgegangener Art, kommt es zur Überlagerung und Verstärkung der Superkompensationswirkungen und wahrscheinlich zu einer **Anpassung** im Organismus im Sinne einer Zunahme des energetischen Leistungszustandes (siehe Abb. 5).

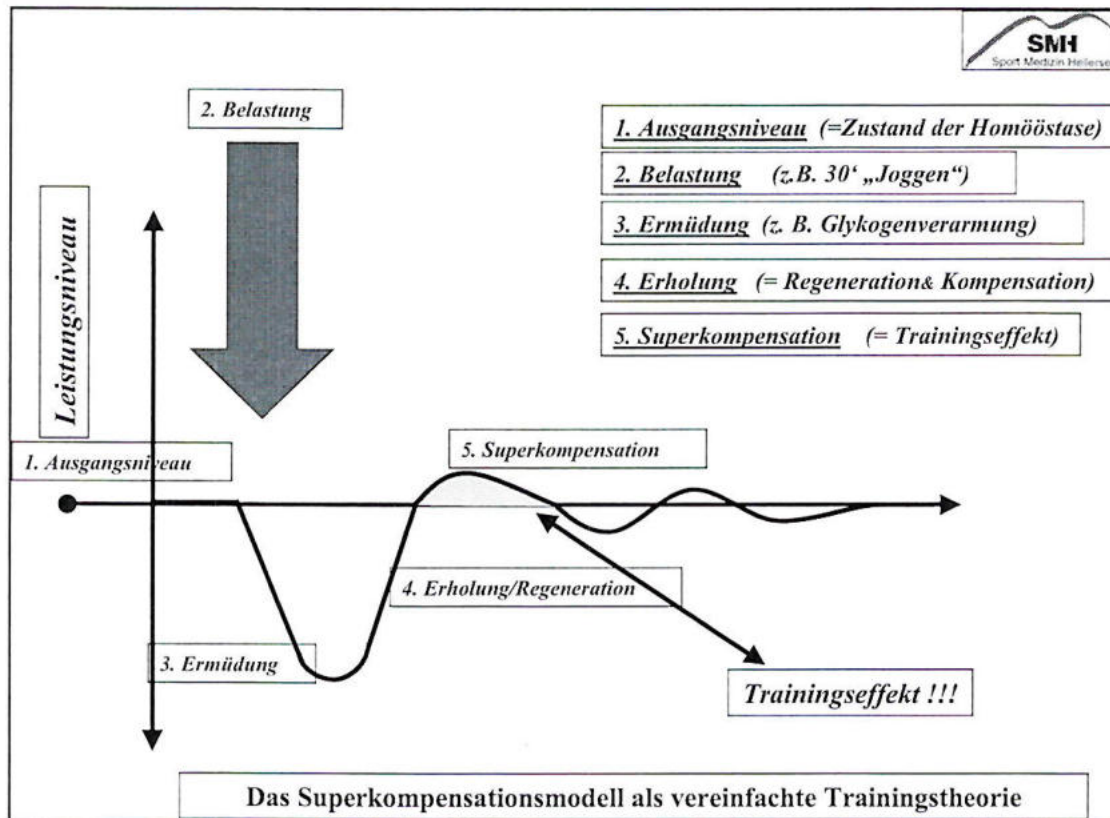


Abb. 3: Anpassungsreaktion des Körpers auf einen Trainingsreiz (modifiziert nach: GEIGER 1992)

Mit dieser Anpassung hat sich ein höheres Leistungs- und Beanspruchungsniveau manifestiert (MARTIN et al. 1991). Somit ist die Überkompensation die Grundlage für sportliche Leistungssteigerungen in diesem Theoriemodell.

Dieses vereinfachte „theoretische Modell“ der Superkompensationsmechanismen ist bisher weder experimentell noch theoretisch nachgewiesen, durch seine zu wenig differenzierte Darstellung der komplexen und vielschichtigen Anpassungsprozesse kann es als alleiniges Erklärungsmodell von Trainingswirkungen nicht dienen, es ist schlicht zu einfach. Wäre die Anpassung an Training so monokausal zu erklären, wäre z.B. die Leistungsfähigkeit eines Organismus durch ständige neue überschwellige Reize ins Unendliche zu steigern, das ist in der Realität des sportlichen Trainings (leider) nicht so. Die Konzentration wichtiger biochemischer Substrate zur Energiebereitstellung, wie z. B. des Adenosintriphosphat (ATP) ändert sich auch nach sehr harten Trainingsbelastungen nicht wesentlich (ZATSIORSKY 1996).

Trainingswissenschaftliche Beobachtungen und Erfahrungswerte zeigen jedoch eindeutig, dass mit steigendem Leistungsvermögen der Spielraum zur weiteren Leistungsverbesserung immer geringer wird und immer schwieriger (meist nur mit enorm erhöhten Trainingsumfängen) zu erzielen ist. Dies lässt den Schluss zu, dass die Anpassungskapazitäten eines Organismus (wahrscheinlich genetisch) begrenzt sind. Führende trainingswissenschaftlich orientierte Leistungsphysiologen und Sportmediziner bemühen sich daher in letzter Zeit, neue (multikausale) Erklärungsmodelle zur Trainingsanpassung und Trainingswirkung zu entwickeln. Stichworte hierfür sind Begriffe wie „Anpassungs- und Funktionsreserve“ (MADER 1989) oder „Zwei-Faktoren-Theorie“ bzw. „Leistungsfähigkeit-Ermüdungs-Theorie“ oder „Energie-Theorie“ (ZATSIORSKY 1996).

Letztere wird von einigen namhaften Wissenschaftlern gegenwärtig als die plausibelste angesehen. Nach dieser Theorie ist der wesentliche Faktor für einen verstärkten Proteinabbau in einem bei intensiver Kraftbelastung auftretenden Mangel an jener Energie in der Muskelzelle zu suchen, die im Normalzustand zur Proteinsynthese zur Verfügung stünde. Die Energiemenge, die für die Synthese von Muskelproteinen benötigt wird, ist beträchtlich, und der Muskelzelle steht zu jedem beliebigen Zeitpunkt nur eine bestimmte Energiemenge zur Verfügung. Diese bestimmte Energiemenge steht für den Anabolismus von Muskelproteinen und für die Muskelarbeit zur Verfügung. Bei intensiver Arbeit jedoch wird fast die gesamte Energiemenge auf die kontraktile Elemente des Muskels übertragen und damit für die Muskelarbeit aufgewandt und benötigt. Damit wird der Proteinsynthese die notwendige Energie entzogen, und es setzt die Aufspaltung von Proteinen ein. Bei Belastung wird die Zufuhr von Aminosäuren aus dem Blut in den Muskel gedrosselt, und es wird ein höherer Anteil an Proteinen aufgespalten, als in der gleichen Zeit neu synthetisiert wird. Als Folge einer intensiven Trainingsbelastung ist also im Muskel weniger Protein, aber dafür eine größere Menge an Protein-Abbauprodukten. Zwischen den Trainingsbelastungen ist dann eine verstärkte Proteinsynthese zu erwarten, es werden mehr Aminosäuren aus dem Blut in den Muskel aufgenommen als im Ruhezustand, und damit sind die Kriterien einer Superkompensation erfüllt, der „Trainingseffekt“ tritt ein (KÖTTERITZSCH / WITT 1993).

Für den Adressatenkreis dieses Buches ist das „einfache“ Theoriesystem der Superkompensation als Erklärungsmodell für Trainingswirkung akzeptabel, die meisten Trainer und Sportler nutzen dieses Konzept nach wie vor mit grossem Erfolg für ihr Konditionstraining und zur Planung von Trainingsprogrammen.

Folgt man der Superkompensationstheorie also weiter, dann kommt es zu einer allmählichen Rückkehr zum Ausgangsniveau, wenn keine weiteren Trainingsbelastungen mehr folgen (siehe Abb. 4).

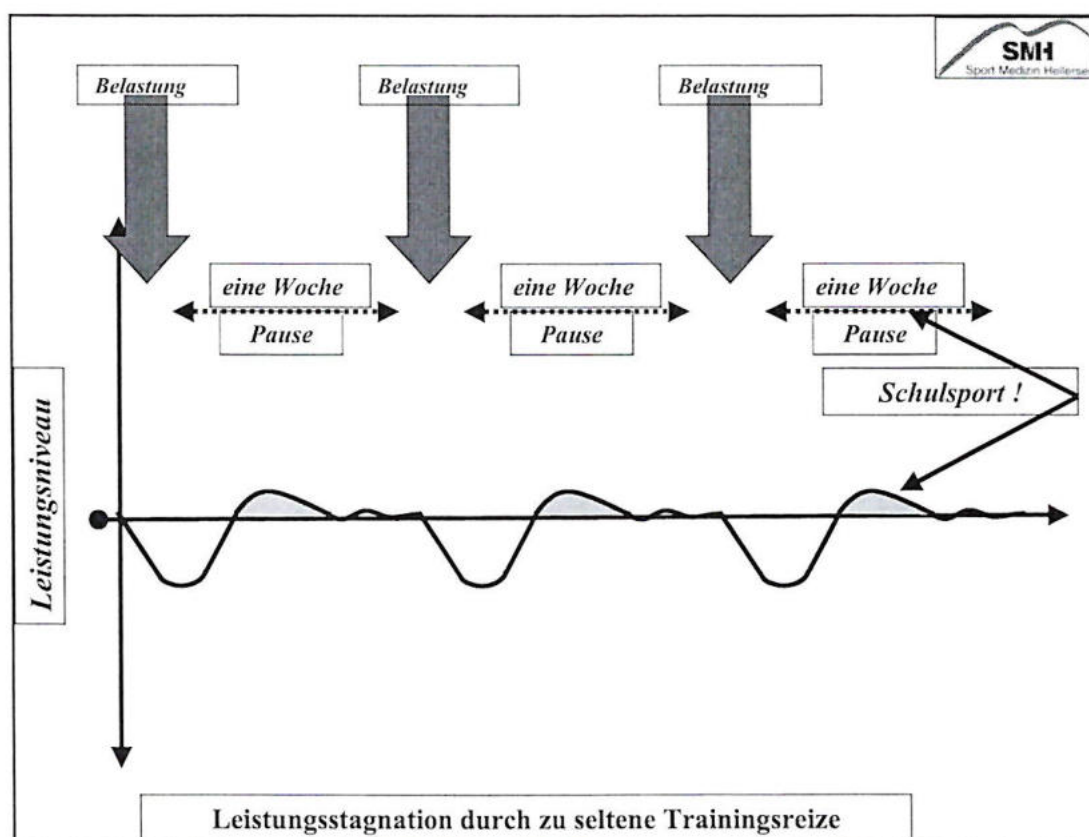


Abb. 4: Leistungsstagnation durch zu seltene Trainingsreize
(modifiziert nach: GEIGER 1992)

Werden weitere überschwellige Trainingsreize in optimaler Folge gesetzt, kommt es zu einer kontinuierlichen Verbesserung der sportlichen Leistungsfähigkeit (s. Abb. 5).

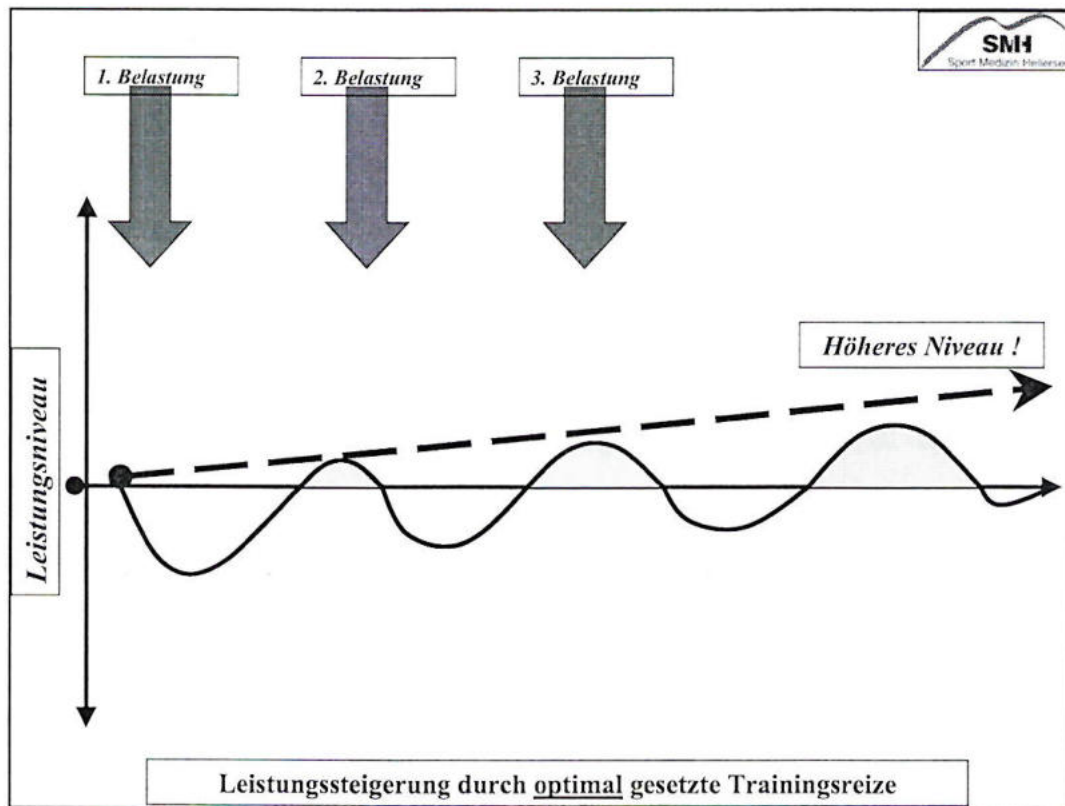


Abb. 5: Leistungsverbesserungen durch optimal gesetzte Trainingsreize (modifiziert nach: GEIGER 1992)

Werden die Trainingsreize in der Phase der unvollständigen Erholung gesetzt, so kommt es zu einem Effekt der angehäuften Ermüdung. Bei längerfristigen Zeiträumen mit einem forcierten Serientraining dieser Art, d.h. in mehreren Trainingseinheiten hintereinander, kann es dann jedoch zum sogenannten **Übertraining** (s. auch Kapitel 7.1) und letztendlich sogar zur Abnahme der sportlichen Leistungsfähigkeit kommen (= Übertrainingseffekt, siehe Abb. 7).

D.h. zu häufige, zu lange und/oder zu intensive Trainingsbelastungen verhindern demnach die vollständige Erholung nach dem Training. Der resultierende Summationseffekt (= angehäufte Ermüdung) führt zur Abnahme der sportlichen Leistungsfähigkeit (siehe Abb. 6 und 7) trotz (oder gerade wegen) eines erhöhten Trainingsumfanges oder zu hoher Trainingsintensität.

Zu häufiges Trainieren ohne ausreichende Regeneration oder abgeschlossene Superkompensation führt statt zu der gewünschten Zunahme der Leistungsfähigkeit zu einer Verschlechterung bei gleichzeitigen Überlastungssymptomen und Motivationsmängeln.

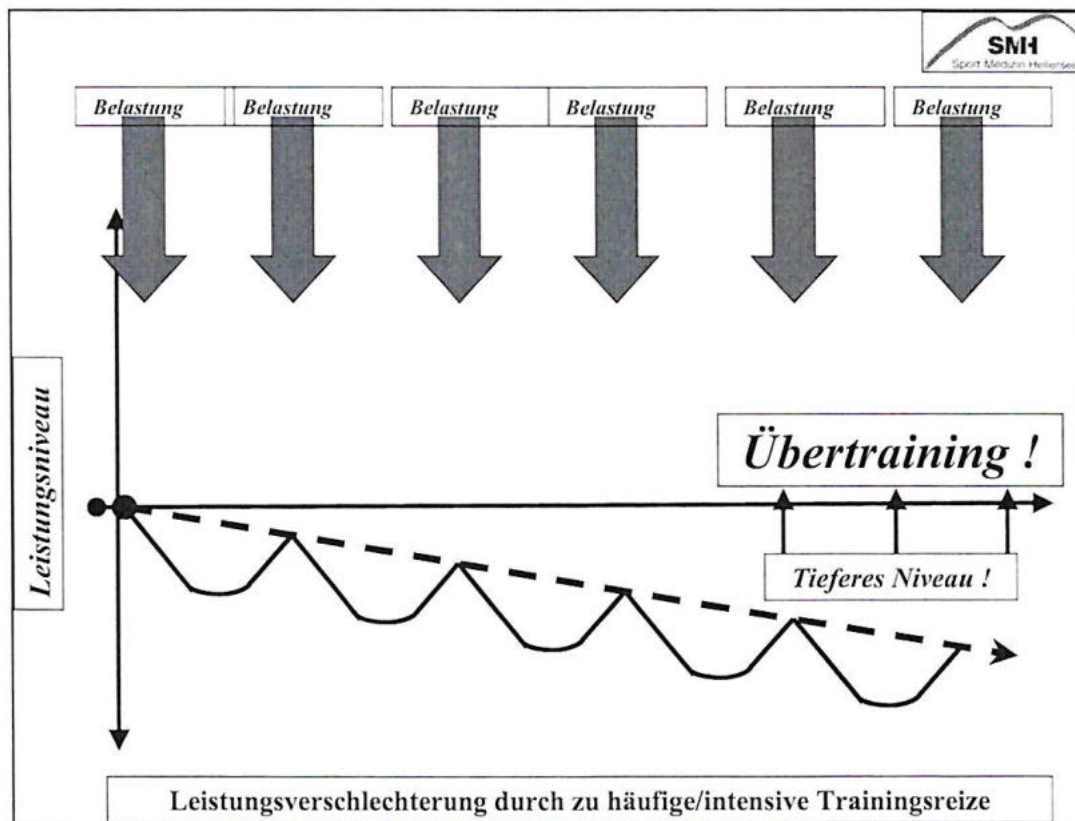


Abb. 6: „Übertrainingsreaktion“ des Körpers auf zu häufige Trainingsreize (modifiziert nach: GEIGER 1992)

Um Übertraining auszuschließen sollten Trainer und Sportler daher unbedingt vermeiden, dass die Zeiträume zwischen den Trainingseinheiten entweder zu kurz oder zu lang sind, stattdessen sollen sie nach

- optimalen Pausenintervallen (= Erholungsphasen) zwischen aufeinanderfolgenden Trainingseinheiten und
- optimalen Trainingsbelastungen (Umfang und Intensität) in jeder Trainingseinheit suchen (ZATSIORSKY 1996).

Ziel dieser Suche nach „optimalen“ Zeiträumen und Belastungen ist es, sicherzustellen, dass die nachfolgende Trainingseinheit (-belastung) mit der Superkompensationsphase zusammenfällt und durch Überlagerung und Verstärkung von Trainingseffekten zur Anpassung des Organismus und damit zu einer Leistungsverbesserung führt. Im Leistungs- und Hochleistungssport hat sich in den letzten Jahren daher ein System der „angehäuftten Ermüdung“ mit anschließender „geplanter Regeneration“ durchgesetzt. Dabei wird in der Regel nach dem „3:1-Prinzip“ trainiert, nach drei „harten“ Trainingseinheiten folgt eine „lockere“ (= regenerative) Einheit, um die Trainingsadaptation zu sichern (siehe Abb. 7). Dies gilt ebenso für die Planung innerhalb des Makrozyklus, nach drei „harten“ Mikrozyklen sollte ein „lockerer“ Mikrozyklus (=Trainingswoche) folgen um die Adaptation zu gewährleisten.

U.a. aus diesem Grund, machen Trainingslager von mehr als drei Wochen Dauer (auch im Hochleistungssport) „keinen Sinn“, weil sie, nach meiner Erfahrung, in den meisten Fällen ein Übertrainingsyndrom auslösen.

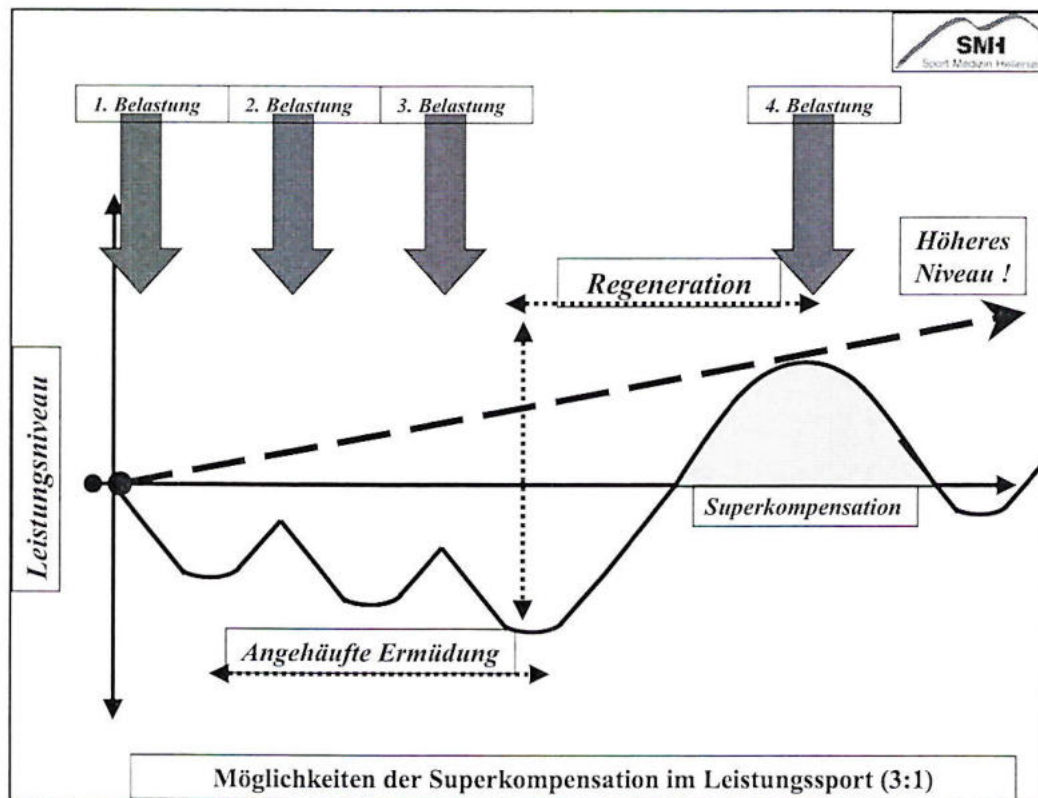


Abb. 7: Möglichkeiten der Superkompensation im Leistungssport, die 3:1-Periodisierung des Trainings

(Literaturhinweis zum ergänzenden Eigenstudium: SCHNABEL, G., D. HARRE, A. BORDE: Trainingswissenschaft. Leistung - Training - Wettkampf. Sportverlag Berlin 1994; GROSSER, M., St. STARISCHKA: Das Neue Konditionstraining für alle Sportarten, für Kinder, Jugendliche und Aktive. München, Wien, Zürich 1998⁷).

2. Die vier konditionellen Fähigkeitsbereiche

2.1 Zum Begriff „Kondition“

Kondition ist eine Komponente des Leistungszustandes. Sie basiert primär auf dem Zusammenwirken energetischer Prozesse des Organismus und der Muskulatur und zeigt sich als Kraft, Schnelligkeits-/Ausdauerfähigkeit sowie Beweglichkeit im Zusammenhang mit den für diese Fähigkeiten erforderlichen psychischen Eigenschaften (MARTIN et al. 1991).

In der aktuellen Trainingswissenschaft wird der Begriff „Kondition“ als ein Erklärungsmodell für das Zusammenwirken solcher Eigenschaften und Fähigkeiten verwendet, die die energetischen Einflussgrößen des Leistungszustandes verursachen bzw. beeinflussen. Energie ist bekanntlich das Vermögen eines Systems, mechanische Arbeit zu verrichten. Damit wird entgegen früherer Einteilungen die Kondition strenger von der Koordination abgegrenzt, die als informelle, bewegungssteuernde Einflussgröße des Leistungszustandes bewertet wird (MARTIN et al. 1991; vgl. Abb. 1), also der Technikkomponente der „sportlichen Leistung“ zuzuordnen ist.

Die Kondition ist für alle Wirkungsbereiche des menschlichen Lebens eine notwendige Voraussetzung (lateinisch: *conditio* = Bedingung für etwas) für das Zustandekommen bestimmter Leistungen, was für den Sport im besonderen Maße zutrifft. Entsprechend der obigen Definition setzt sich die Kondition aus (messbaren) konditionellen Fähigkeiten zusammen.

Die Verwendung des Begriffes „Konditionelle Fähigkeiten“ ist eine neuere Übereinkunft der Trainingswissenschaft. Als Synonyme mit gleicher Bedeutung für diesen Begriff findet man in der Literatur auch körperliche Eigenschaften, Bewegungseigenschaften, motorische Grundeigenschaften, motorische Beanspruchungsformen.

Konditionelle Fähigkeiten unterliegen auch ohne Trainingseinwirkung einem natürlichen Veränderungsprozess (z.B. Wachstum; Alterung; Alltagsbelastungen etc.). Eine Weiterentwicklung der konditionellen Fähigkeiten über das Niveau der biologischen Entwicklung hinaus ist aber nur durch Reizwirkungen (s.o.) körperlicher Tätigkeiten zu erreichen. Daraus ergibt sich, dass die Entwicklung konditioneller Fähigkeiten in Wechselbeziehung zu den Reizen (= Training) steht, die durch muskuläre Beanspruchung gesetzt werden.

Durch unterschiedliche Formen des Konditionstrainings und die dabei angewandten Methoden werden in der Trainingspraxis *vier konditionelle Fähigkeitsbereiche* voneinander unterschieden:

1. Kraftfähigkeiten

- werden von Muskelleistungen bei größeren äußeren Widerständen erbracht

2. Schnelligkeitsfähigkeiten

- basieren auf dem neuromuskulären Zusammenspiel bei schnellen Bewegungen

3. Ausdauerfähigkeiten

- resultieren aus den sauerstoff- und energiebereitstellenden Prozessen des Organismus

4. Beweglichkeit

- wird vom Aktionsradius der Gelenke und der Dehnfähigkeit der Muskulatur bedingt.

2.2 Bedeutung und Anwendungsbereiche der Kondition

Eine zentrale Bedeutung hat der Konditionserwerb im Breitensportlichen **Fitness-training** erhalten. Hier ist hauptsächlich die Kondition das motorische Ziel, weil eine bessere Kondition nachweislich eine stabilere Gesundheit, Prävention, Stressresistenz und andere Lebensqualitäten sichert (vgl. hierzu auch Kapitel 3.4 „Ausdauersport und Gesundheit“).

Im **Leistungssport** unterscheidet man prinzipiell zwischen **allgemeiner** und **spezieller Kondition**, d.h., einer Kondition, die das allgemeine Niveau energetischer Prozesse des Organismus beschreibt und einer sport- oder disziplinspezifischen Ausprägung konditioneller Fähigkeiten.

Im langjährigen Prozess der konditionellen Leistungsentwicklung bauen die *allgemeine* und die *spezielle* Konditionsentwicklung aufeinander auf.

Diese Reihenfolge hat auch teilweise für das Nacheinander der Trainingsinhalte innerhalb eines Jahreszyklus Gültigkeit, so dass *die Abfolge vom allgemeinen zum speziellen Konditionstraining eine gewisse Gesetzmäßigkeit in der sportartspezifischen Konditionsentwicklung erlangt hat.*

Der Stellenwert, die Struktur und die Ausprägung des Konditionstrainings variieren von Sportart zu Sportart. So entwickelt jede Sportart ein eigenes **konditionelles Anforderungsprofil**, das äußerst spezifische Merkmalsausprägungen enthält. Es ist daher die Aufgabe spezifischer Leistungsdiagnostik, für die jeweilige Sportart ein ganz spezielles Konditionskonzept, konstruiert auf Basis der konditionellen Anforderungsprofile der Spezialsportart, zu entwickeln.

Es ist einsichtig, dass z.B. im Marathonlauf die Ausdauerfähigkeiten der wichtigste und zentrale konditionelle Faktor sind, im Fußball oder 100 m-Lauf hingegen eine gewisse Ausdauer(leistungs)fähigkeit nur Voraussetzung für eine gute Leistung ist, jedoch andere Fähigkeiten, z.B. Grundschnelligkeit oder Schnelligkeitsausdauer (s.u.), eine ebenso große Rolle spielen. Das konditionelle Anforderungsprofil sieht also anders aus als beim Marathonlauf und damit muss auch das resultierende Trainingsprogramm andere Zielsetzungen und Trainingsinhalte haben.

Ein Modell der wesentlichen Komponenten der konditionellen Fähigkeiten von Sportern bietet Abbildung 8.

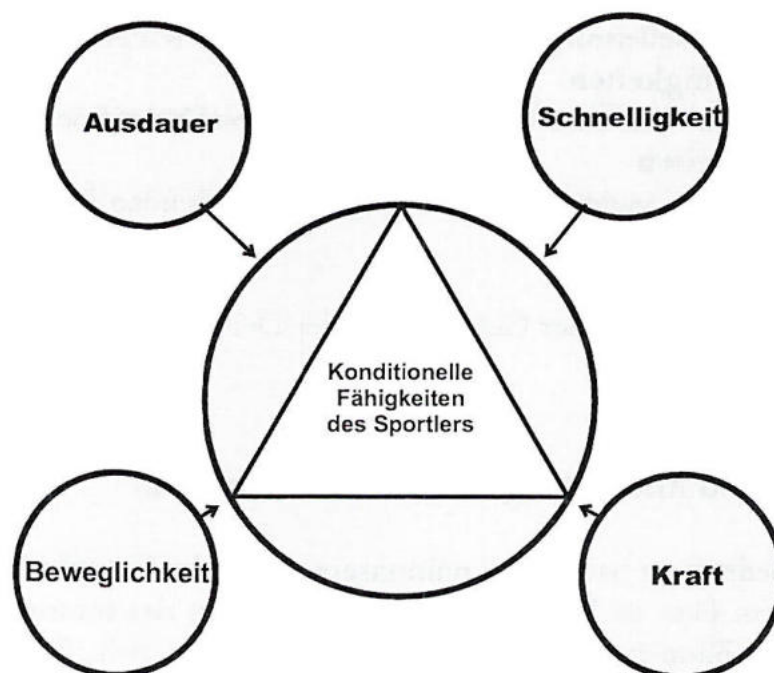


Abb. 8: Die wesentlichen Strukturelemente der konditionellen Fähigkeitsbereiche von Sportlern

Auf Grundlage des Modells Strukturierung des konditionellen Anforderungsprofils von Sportlern (Abb. 8) werden im Folgenden die vier konditionellen Fähigkeitsbereiche im Einzelnen dargestellt, dabei handelt es sich natürlich um eine verkürzte und vereinfachte Darstellung der vier konditionellen Fähigkeitsbereiche.

3. Ausdauerfähigkeiten

Ausdauer ist für nahezu alle Sportarten eine konditionelle Fähigkeit, die entweder als Voraussetzung oder als notwendige Ergänzung für andere leistungsbestimmende Fähigkeiten anzusehen ist; im Einzelnen

- für Sportdisziplinen, die möglichst lange durchgehalten werden müssen oder bei denen sich über einen längeren Zeitraum wiederholt Belastungen einstellen, ist Ausdauer *die* oder mindestens eine leistungsbestimmende Fähigkeit
- bei Sportdisziplinen, die über längere Zeit wiederholt hohe Aufmerksamkeit, geistige Konzentration und ständig inneren Antrieb erfordern, wie z.B. beim Schießsport, sowie bei allen Spiel- und Kampfsportarten, wirkt Ausdauer in diesen Bereichen unterstützend
- außerdem fördert Ausdauer die raschere Wiederherstellungsfähigkeit nach Belastung (*Stichwort* „Belastungsverträglichkeit“), z.B. zwischen Trainingsserien oder innerhalb von Turnieren sowie nach Training und Wettkampf.

Aufgrund dieser Anforderungsstruktur ist

Ausdauer die Fähigkeit, physisch und psychisch lange einer Belastung zu widerstehen, deren Intensität und Dauer letztendlich zu einer unüberwindbaren (manifesten) Ermüdung (= Leistungseinbuße) führt, um sich nach psychischer und physischer Belastung rasch zu regenerieren. Kurz ausgedrückt ist **Ausdauer = Ermüdungswiderstandsfähigkeit + rasche Wiederherstellungsfähigkeit** (ZINTL 1994).

In der Sportpraxis tritt Ausdauer in einer Vielzahl von Erscheinungsformen auf, die wissenschaftlich nach differenzierten Kriterien betrachtet werden. Die m.E. für die Sportpraxis wesentlichen zwei Unterscheidungskriterien sind **aerobe** und **anaerobe Ausdauer** differenziert nach der Art der Energiebereitstellung, dennoch läßt sich die Ausdauer auch noch nach anderen Kriterien sinnvoll unterscheiden, siehe dazu Tab. 4 „Ausdauerformen“.

3.1 Gliederungsschema der Ausdauer in der Sportmedizin

In der Sportmedizin werden für die Gliederung der Ausdauer im Wesentlichen drei Kriterien herangezogen:

1. Nach Größenumfang der eingesetzten Muskulatur wird in **lokale** und **allgemeine Muskelausdauer** getrennt.

Unter der lokalen Muskelausdauer versteht man die Ausdauer einer Muskelmasse, die kleiner ist als 1/6 der gesamten Skelettmuskulatur (ca. 15%). Die allgemeine Ausdauer stellt die Ausdauer einer Muskelmasse in einer Größenordnung oberhalb dieses Grenzwertes dar.

Beim Einsatz einer Muskelmenge von weniger als 1/6 der Gesamtmuskulatur spielt das kardiopulmonale (Herz-Kreislauf-)System als Sauerstofftransporteur bei dynamischer Arbeitsweise keine Rolle mehr für die Leistungsfähigkeit. Leistungsbegrenzend für die lokale Ausdauer werden vielmehr Faktoren der beanspruchten Mus

keln, wie z.B. die Kapillarisation, der Myoglobingehalt, der aerobe bzw. anaerobe Enzymbesatz sowie die Größe der Phosphate und Glykogenspeicher.

Die lokale Ausdauer ist die konditionelle Fähigkeit, die durch Training am stärksten zu verbessern ist !

Bei der allgemeinen Ausdauer ist die Leistungsfähigkeit vor allem von der Kapazität des kardiopulmonalen Systems, vom Sauerstoffwechsel und der disziplinspezifischen Koordination bestimmt.

Unterscheidungs-Kriterium	Ausdauerform
Nach Bedeutung für eine Sportart (s.u. Kap. 3.2)	• <i>Grundlagenausdauer (als aerobe Basiskapazität)</i>
	• <i>Spezielle Ausdauer (als sportartspezifische aerob-anaerobe Kapazität)</i>
Nach der beanspruchten Muskulatur (s.u. Punkt 1)	• <i>Allgemeine Ausdauer (mehr als 1/6 der Skelettmuskulatur)</i>
	• <i>Lokale Muskelausdauer (weniger als 1/6 der Skelettmuskulatur)</i>
Nach der Arbeitsweise der Muskulatur (s.u. Punkt 3)	• <i>Dynamische Ausdauer (Bewegung mit Spannung/Entspannung)</i>
	• <i>Statische Ausdauer (Bewegungen mit Daueranspannung)</i>
Nach der Energiebereitstellung (s.u. Punkt 2)	• Aerobe Ausdauer - Kurzzeit A. 3-10 Min. - Mittelzeit A. 10-30 Min. - Langzeit A. über 30 Min. • Anaerobe Ausdauer - Kurzzeit A. 10-20 Sek. - Mittelzeit A. 20-60 Sek. - Langzeit A. 60-180 Sek.
Nach der zeitlichen Wettkampfdauer in Verbindung mit der höchstmöglichen Belastungsintensität	• <i>Kurzzeit Ausdauer</i> 35-120 Sek. • <i>Mittelzeit Ausdauer</i> 2-10 Min. • <i>Langzeit Ausdauer 1</i> 10-35 Min. • <i>Langzeit Ausdauer 2</i> 35-90 Min. • <i>Langzeit Ausdauer 3</i> 90 Min.-6 Std. • <i>Langzeit Ausdauer 4</i> über 6 Std.

Tab. 4: Strukturierung der Ausdauer nach verschiedenen Einteilungskriterien (modifiziert aus: GROSSER 1989)

2. Nach der vorrangigen Art der Energiebereitstellung wird in **aerobe** und **anaerobe Ausdauer** unterteilt.

In reiner Form kommen sie in der Wettkampfpraxis äußerst selten vor.

Bei aerober Ausdauer (aerob = sauerstoffabhängig) steht genügend Sauerstoff zur oxidativen Verbrennung von Glykogen und Fettsäure zur Verfügung.

Bei einer Belastungsintensität mit aerober Energiebereitstellung liegt ein sogenanntes Sauerstoff-Steady-State (=Ausgleich von Sauerstoffangebot und -verbrauch) vor. Sauerstoffaufnahme und -verbrauch sind im Gleichgewicht, man spricht von „aerober Arbeit“ (d.h., die aerobe Ausdauer-Leistungsfähigkeit ist limitierend).

Die allgemeine aerobe Ausdauer wird unterteilt in:

- **aerobe Kurzzeitausdauer (3 - 10 Min.)**
- **aerobe Mittelzeitausdauer (10 - 30 Min.)**
- **aerobe Langzeitausdauer (über 30 Min.)**

Das Unterteilungskriterium ist der mögliche prozent. Anteil der maximalen Sauerstoffaufnahme während der Belastungszeit.

Ein Ausdauertrainierter kann bis zu 10 Minuten 100%, bis 30 Minuten etwa 90 - 95%, über 30 Minuten nur weniger als 90% seiner maximalen Sauerstoffaufnahme einsetzen.

Infolge der hohen Reizintensität bei aerober Kurz- und Mittelzeitausdauer reichen die aerob ablaufenden Stoffwechselvorgänge allein zur Gewinnung der nötigen Energie nicht aus. Es wird zusätzlich auch Energie auf anaerobem Wege freigesetzt, was mit entsprechend hohen Laktatwerten (s.u.) verbunden ist.

Anaerobe Ausdauer liegt vor, wenn die Sauerstoffzufuhr zur oxidativen Verbrennung unzureichend ist und Stoffwechselvorgänge, die ohne Beteiligung von Sauerstoff ablaufen (anaerob = nicht oxidativ), eine wesentliche Rolle spielen.

Im Mittelpunkt der anaeroben Energiewandlung steht die anaerobe Glykolyse, der Weg des Glykogenabbaus zur Milchsäure (= **Laktat**). Der anaerobe Weg der Energiebereitstellung wird immer dann beschritten, wenn ein hoher Energiebedarf durch die aerobe Oxidation nicht mehr gedeckt werden kann. Die anhaltende Milchsäurebildung führt zur Übersäuerung des Muskels. In der Muskelzelle werden viele biologische Reaktionen gebremst, weshalb die hohen Belastungsintensitäten abgebrochen bzw. wesentlich gedrosselt werden müssen. Das Laktat gelangt durch die Muskelzellwand ins Blut und wird über den Kreislauf verteilt. Leber, Niere, Herzmuskel und die ruhende Skelettmuskulatur nehmen das Laktat auf und verarbeiten es weiter zu Kohlendioxyd und Wasser oder bauen es zum Ausgangsprodukt Glykogen wieder auf (der sogenannte „Zitronensäurezyklus“).

Die allgemeine anaerobe Ausdauer wird nach HOLLMANN/HETTINGER (1990) unterteilt in anaerobe Kurzzeitausdauer (10 - 30 Sek.), anaerobe Mittelzeitausdauer (20 - 60 Sek.) und anaerobe Langzeitausdauer (60 - 120 Sek.).

Für diese Unterteilung ist das Anteilsverhältnis von Energiebereitstellung mit oder ohne Laktatbildung (=laktazid oder alaktazid) maßgebend. Anaerobe Kurzzeitaus-

dauerbeanspruchungen werden überwiegend (über 80%) vom alaktaziden Anteil unterhalten, anaerobe Mittelzeitausdauerbeanspruchungen überwiegen bei laktazidem Anteil (über 70%) und anaerobe Langzeitausdauerbeanspruchungen werden auch zunehmend von der aeroben Glykoseoxidation beeinflusst, wobei der anaerobe Gesamtanteil durchweg überwiegt (über 60%).

3. Nach der Arbeitsweise der Skelettmuskulatur wird zudem zwischen **dynamischer und statischer Ausdauer** unterschieden. Letztendlich läuft der Unterschied auf die Art der Energiebereitstellung hinaus, da mit zunehmendem statischem Arbeitsanteil der Muskelinnendruck die Blutzufuhr und damit die Sauerstoffzufuhr in den Kapillargefäßen drosselt. Bei statischer Arbeitsweise wird ab 15% der maximalen Muskelanspannung die Durchblutung bereits behindert, ab ca. 50% kommt es zum vollen Durchblutungsstopp. Damit wird die Energiebereitstellung immer mehr anaerob und führt aufgrund der hohen Laktatproduktion letztendlich zur Arbeitseinstellung. Verbesserungen der statischen Ausdauer, aerober und anaerober Art, sind in erster Linie durch Vergrößerung der maximalen statischen Kraft zu erreichen, damit die Reizschwelle (15%) hinausgeschoben wird, jenseits derer das anaerobe Stoffwechselgeschehen einsetzt. Statisches Kraftausdauertraining ist deshalb auch methodisch mehr eine Angelegenheit des Krafttrainings (vgl. Kapitel 4.3).

In der Sportpraxis werden die verschiedenen Ausdauerformen nach der zeitlichen Wettkampfbeanspruchung der Spezialsportart benannt. Die Differenzierung nach der zeitlichen Wettkampfbeanspruchung, von der Kurzzeitausdauer (KZA) ab 35 Sek. bis zur Langzeitausdauer (LZA IV) mit über sechsstündiger Beanspruchung ergibt deshalb auch weitere unterschiedliche Anteile bezüglich der Funktionssysteme und der energetischen Mechanismen. Auf diese Einzelheiten näher einzugehen, ist im Rahmen dieses Handbuches nicht notwendig. Mit Tabelle 6 sei lediglich ein Überblick zu diesen biologischen Voraussetzungen gegeben.

Verbindet man die drei o.g. Einteilungskriterien *Muskelmasse*, *Energiebereitstellung* und *Arbeitsweise*, so führen die Kombinationsmöglichkeiten zum Einteilungsschema der Ausdauerfähigkeiten nach HOLLMANN/HETTINGER (1990, Abb. 9).

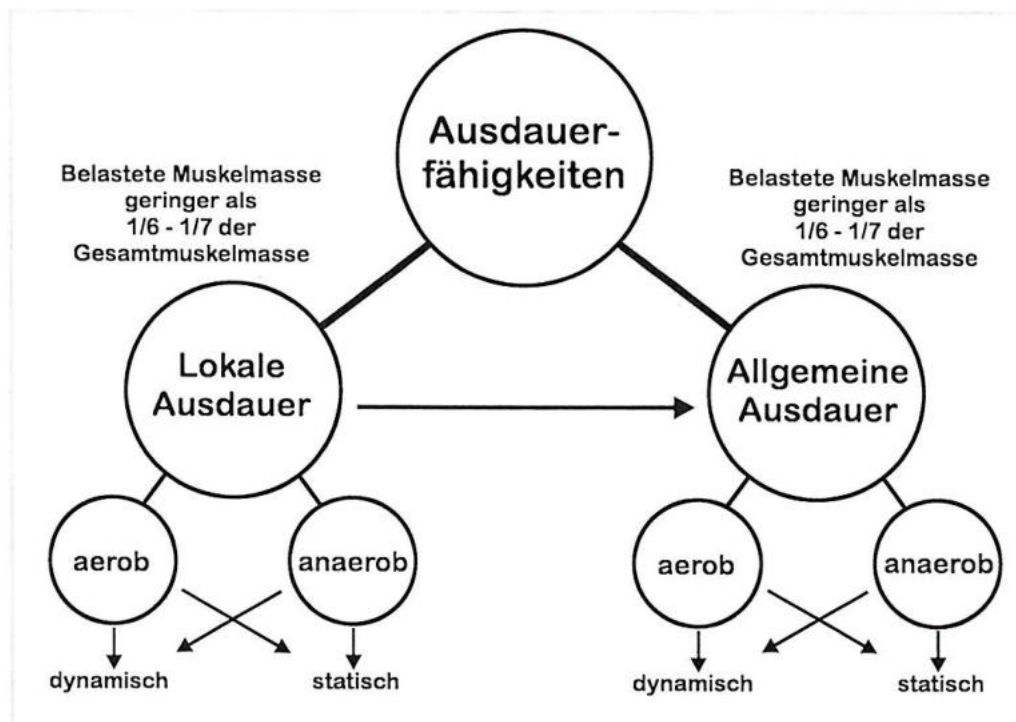


Abb. 9: Das Schema der verschiedenen Formen von Ausdauerfähigkeiten
(modifiziert aus: HOLLMANN/HETTINGER 1990)

3.2 Trainingsmethoden zur Verbesserung der Ausdauer

Entsprechend den Erscheinungsformen, ihren biologischen Bedingungen und deren Erfordernissen in verschiedenen Sportarten bzw. Disziplinen ergeben sich zwei Hauptziele des Ausdauertrainings:

1. Verbesserung der **Grundlagenausdauer** (der sogenannten „aeroben Kapazität“) für Nichtausdauersportarten wie Spiel- und Wettkampfsportarten, Sprint-, Sprung- und Wurfdisziplinen, Ski, Sportschießen u.a., um den hohen Trainingsumfang in Kondition und Techniktraining und die Wettkampfbelastung durch Beschleunigung der Regenerationszeiten durch eine verbesserte Grundlagenausdauer besser kompensieren zu können.

	Kurzzeit- Ausdauer	Mittelzeit- Ausdauer	Langzeit-Ausdauer			
			I	II	III	IV
Belastungs- dauer	35 sek - 2 min.	2 min. - 10 min.	10 min. - 35 min.	35 min. - 90 min.	90 min. - 6 Std.	über 6 Std.
Belastungs- intensität	maximal	maximal	maximal	submaximal	mittel	leicht
HF/min.	185-195	190-200	180	170	160	140 -160
%VO ₂ max	100	100-95	95-90	90-80	80-60	60-50
Laktat mmol/l	10-18	12-20	10-14	6-8	4-5	unter 3
Energie- verbrauch kcal (kJ)/min.	60 (250)	45 (190)	28 (105)	25 (105)	20 (80)	18 (75)
Energie-	dominant	aerob/				

wandlung	anaerob	anaerob	dominant aerob bis rein aerob			
Verhältnis anaerob zu aerob	80:20 65:35	60:40 40:60	30:70 20:80	10:90	5:95	1:99
Alaktazid (%)	15-30	0-5	-	-	-	-
laktazid (%)	50	40-55	20-30	5-10	unter 5	unter 1
aerob (KH in %)	20-35	40-60	60-70	70-75	60-50	unter 40
aerob (Fette in %)	-	-	10	20	40-50	über 60- 75%
energie- lieferndes Hauptsubstrat	Glykogen Phosphate	Glykogen (Muskel)	Glykogen (Muskel + Leber)	Glykogen (Muskel + Leber) Fette	Fette+ Glykogen	Fette Eiweiße

Die Zahlenangaben sind Durchschnittswerte aus mehreren Sportarten, deshalb treten die aus manchen Ausdauerdisziplinen bekannten individuellen Extremwerte nicht in Erscheinung. Die Zahlenangaben sind mehr als grundsätzliche Orientierungswerte und nicht als exakte Angaben zu verstehen.

Tab. 5: Abgrenzung der speziellen Ausdauerarten nach der zeitlichen Beanspruchung, Belastungsintensität und Energiebereitstellung
(aus: ZINTL 1988)

In diesem Zusammenhang wird von einem „relativen Optimum“ an Ausdauerleistungsfähigkeit gesprochen. D.h., Ausdauer ist nicht die entscheidende konditionelle Fähigkeit der Sportart, jedoch ohne eine gewisse Ausdauerleistungsfähigkeit ist die Leistungsfähigkeit in der Spezialsportart auch eingeschränkt, weil z.B. Regenerationsfähigkeit, Konzentrationsfähigkeit etc. nur unzureichend vorhanden sind. Vom konditionellen Anforderungsprofil der Sportart (s.o.) ist es dann abhängig, in welchem Ausmaß die Grundlagenausdauer neben dem Training für die Spezialsportart trainiert werden muss, um optimal entwickelt zu sein. Dieses Ausdauertraining für ein relatives Optimum an Ausdauerfähigkeit ist für eine Sportsportart sicherlich größer als für das Bogenschießen, jedoch werden auch hier mit höherer Leistungsklasse und steigenden Wettkampfansprüchen die Anforderungen an den Umfang des Grundlagenausdauertrainings größer werden, um dem gestiegenen Wettkampfstress gewachsen zu sein.

2. Das zweite Hauptziel des Ausdauertrainings ist die Verbesserung bzw. Stabilisierung der **speziellen Ausdauer** für Sprint-, Kraft- und Schnelligkeitsausdauer sowie für reine Ausdauerdisziplinen. Sie ist sportartspezifisch geprägt und richtet sich nach der Anforderungsstruktur der jeweiligen Sportdisziplin (z.B. 1500m-Lauf oder Marathon).

3.2.1 Trainingsmethoden zur Verbesserung der Grundlagenausdauer

***Grundlagenausdauer** ist die sportartunabhängige Ermüdungswiderstandsfähigkeit bei Langzeitbelastung unter Einsatz großer Muskelgruppen.*

Für eine Verbesserung bzw. Stabilisierung der Grundlagenausdauer sind folgende methodische Aspekte von Bedeutung:

- Für (leistungsorientierte) Sportler aller Nichtausdauerdisziplinen sollte eine 70 - 80%ige Auslastung der maximalen Kreislauffähigkeit erreicht werden, zusätzlich zum Training in der Spezialsportart. Dies bedeutet in der Praxis eine wöchentliche Ausdauertrainingsleistung von 2 - 3 Std.. Bei diesem Trainingsumfang wird neben einer „ausreichenden“ Herzgröße auch eine günstige Fettstoffwechselkonstellation erreicht.

Als konkrete Empfehlung hierfür, aber auch für ein vorbeugendes gesundheitsorientiertes Ausdauertraining jeglicher Sportart und -disziplin (selbstverständlich auch als alleinige sportliche Betätigung) ist das 2000-kcal-Optimalprogramm des Ausdauer-Gesundheitstrainings, dargestellt in Kapitel 3.4, zu verfolgen.

Die hauptsächlich verwendeten Trainingsmethoden zur Verbesserung der Grundlagenausdauer sind (siehe auch Tab. 6):

- die **extensive Dauermethode** = kontinuierliche, ununterbrochene Belastung unterschiedlicher Dauer und niedriger Intensität, beispielsweise mit 140 Herzschlägen pro Minute; *(sie ist die Basis eines gesundheitsorientierten Ausdauertrainings, dabei spielt die -möglichst gleichbleibende- Intensität gegenüber der Dauer eine untergeordnete Rolle)*

und z. T. auch

- die **intensive Dauermethode** = ununterbrochene Belastung mit höherer Intensität aber kürzerer Dauer (z.B. über der aeroben Schwelle) mit Herzfrequenzen von 150 - 160/min.

Dauermethoden		
kontinuierliche Dauermethode	variable Dauermethode	Fahrtspiel
<i>Gleichbleibende Intensität (z.B. 150 HF/min.) bzw. Geschwindigkeit (z.B. 12 km/h)</i>	<i>(= Tempowechselmethode) Planmäßiger Wechsel der Intensität innerhalb einer gewissen Bandbreite (z.B. 140 - 160 HF/min.)</i>	<i>Unplanmäßiger Wechsel (geländebedingt oder nach subjektivem Befinden) der Belastungsintensität von niedrig bis maximal (z.B. Gehen bis Sprint)</i>

Tab. 6: Varianten der Dauermethode zum Training der Grundlagenausdauer

3.3 Zur Periodisierung beim Ausdauertraining

Eine Periodisierung beim Ausdauertraining ist stets sport-, leistungs- und wett-kampfbezogen, deshalb können hier nur einige methodische Grundsätze aufgeführt werden. Langfristig wird jede Ausdauerform in den ersten 2 - 5 Jahren über eine Verbesserung der Grundlagenausdauer als Basis aufgebaut.

Hier wird man zunächst die Trainingseinheiten steigern, und zwar

- für Ausdauersportler bis zum täglichen Training, für Nichtausdauersportler von 2-, 3- bis evtl. 5-mal wöchentlich und mehr

- weiterhin die Umfänge der Kilometer oder Stunden bis an die von der Sportart erforderlichen Leistungsgrenzen (bis zum sogenannten „relativen Optimum“ s.o.) oder darüber hinaus.

Periodisch mittel- und langfristig müssen bei allen Versuchen, die Ausdauerleistungen zu verbessern, stets die wechselseitigen Beeinflussungen von

- Belastungs- und Regenerationsphasen
- und
- verschiedenen leistungsbestimmenden Fähigkeiten untereinander berücksichtigt werden, z.B. Kraft, Technik und Ausdauer.

Allgemein sollten anaerobe Belastungsphasen höchstens 2- bis 3-mal pro Woche durch Trainings- oder Wettkampfmaßnahmen auftreten, andernfalls kommt es erfahrungsgemäß schnell zu Übertrainingerscheinungen aufgrund zu starker kataboler Prozesse (vgl. Kapitel 7 „Übertraining und Regeneration“).

Ausdauerleistungen haben, wie alle sportlichen Leistungen, ihren Ausgangspunkt in einer Motivation, stützen sich auf eine Reihe organischer Versorgungssysteme als Zwischenglieder und haben ihren Endpunkt in der Skelettmuskulatur als motorisches Antriebssystem. Dementsprechend sind für die Ausdauerleistungsfähigkeiten eine ganze Reihe von Organsystemen mitbestimmend.

Insgesamt sind bei Ausdauerleistungen folgende Organsysteme gefordert:

- Skelettmuskulatur
- Herz-Kreislauf-System einschließlich Blut
- Atemsystem
- Zentrales und peripheres Nervensystem
- Vegetatives Nervensystem
- Hormonsystem
- Passiver Bewegungsapparat

(Literaturbinweis zum ergänzenden Eigenstudium: ZINTL, F.: Ausdauertraining. Grundlagen, Methoden, Trainingssteuerung. BLV-Sportwissen 1994³.)

3.4 Ausdauersport und Gesundheit

Die Bedeutung des Grundlagenausdauertrainings für die Gesundheit ist bereits erwähnt worden. Dieser wichtige Aspekt soll nun im Folgenden ausführlich erläutert werden.

Gesundheit, so definiert die Weltgesundheitsorganisation, *ist ein Zustand des vollkommenen körperlichen, psychischen und sozialen Wohlbefindens, nicht nur bestimmt durch die Abwesenheit von Krankheit und Gebrechen.*

Der gesundheitliche Idealzustand ist jedoch labil, durch Umweltbedingungen und Lebensweise beeinflussbar. Die umwälzende Veränderung unseres Lebensstils seit dem Anfang dieses Jahrhunderts korrespondiert mit dem gesellschaftlichen Krankheitsspektrum.

Während früher Infektionskrankheiten als Haupttodesursache festzustellen waren, sterben heutzutage in den Industrienationen ca. 50% der Bürger an koronaren Herzkrankheiten.

Der neue **Lebensstil** wirkt sich auf unsere Gesundheit nachweislich negativ, also krankmachend aus. Bei der Betrachtung der Veränderungen fallen im Wesentlichen drei Faktoren auf, die unsere körperliche und geistige Leistungsfähigkeit ungünstig beeinflussen:

- **Bewegungsmangel**
- **Fehlernährung**
- **Streß**

Insbesondere der **Bewegungsmangel** ist ein zentrales Problem unserer Epoche. Denn die Zeiten sind vorbei, da Herz, Kreislauf und Muskeln während der Arbeitszeit noch genügend beschäftigt wurden und am Wochenende die verdiente Ruhe folgte.

Sport, insbesondere maß- und sinnvoll betriebener **Ausdauersport**, ist m.E. ein Weg aus diesem Dilemma und kann alle drei obengenannten Faktoren direkt oder indirekt positiv beeinflussen. Sport so verstanden, hat durchaus gesundheitsfördernde Aspekte (KETELHUT et al. 1996) und kann aufgrund geänderter Lebensgewohnheiten (z.B. Verzicht auf Rauchen und Alkohol) **Risikofaktoren für einen Herzinfarkt** mindern oder sogar ausschalten (Bewegungsmangel).

Im Folgenden wird ein Ausdauertrainingsprogramm mit seinen Belastungsdaten und den wichtigsten Auswirkungen auf verschiedene medizinische Aspekte vorgestellt, das erwiesenermaßen das Risiko einer koronaren Herzkrankheit um 50 - 80% senken kann und ebenso die Risiken anderer Zivilisationskrankheiten und –auswirkungen deutlich mindert. In neueren Untersuchungen wird dabei neben einer Reduzierung des Risikos einer Herzerkrankung der positive Einfluss einer bewegungsaktiven Lebensweise auf die Vermeidung einer Störung des Insulinstoffwechsels, z.B. des sogenannten „Alterszuckers“ (Typ-II-Diabetes), der vorwiegend ab dem vierten Lebensjahrzehnt auftritt, herausgestellt (BÖS/BREHM 1998).

1. Wirkungen auf das Herz-Kreislauf-System	• Herzfrequenz und systolischer Blutdruck in Ruhe und submaximaler Belastung ↓ • Systolen- und Diastolendauer ↑ • peripherer Widerstand ↓ • Kapillaroberfläche in der Skelettmuskulatur ↑ • koronare Kollateralgefäße ↑ • Katecholaminausschüttung ↓	positive Auswirkung: Ökonomisierung der Herzarbeit
	• Blutlaktatspiegel bei submax. Belastung ↓ • Laktatelimination nach Belastung ↑	positive Auswirkung: Begünstigung des oxidativen

		Stoffwechsels
2. Wirkungen auf das Stoffwechselsystem	• Bluttriglyzeridspiegel ↓ • Lipaseaktivität ↑ • Verhältnis freier Fettsäuren zu Glycerol ↓	<i>positive Auswirkung:</i> Zunahme des Fettstoffwechsels
	• HDL-Cholesterin ↑ • LDL-Cholesterin ↓	<i>positive Auswirkung:</i> Erhöhte Schutzwirkung gegen Arteriosklerose
3. Wirkungen auf das Blutgerinnungsmuster	• Fibrinolyse ↑ • Thrombozytenaggregation ↓	<i>positive Auswirkung:</i> Herabgesetzte Thrombusbildung im Blut, d.h. geringeres Infarktrisiko
↑ = Zunahme ↓ = Abnahme		

Tab. 7: Anpassungserscheinungen durch Ausdauer-Gesundheitstraining
(aus: ZINTL 1994)

3.4.1 Gesundheitsförderndes und gesundheitserhaltendes Ausdauertraining „Training gegen den Herzinfarkt“

Tabelle 7 gibt einen stichwortartigen Überblick der wichtigsten sportmedizinischen Aspekte und Auswirkungen eines regelmäßigen Ausdauertrainings.

Wie aus Tabelle 7 ersichtlich, kann man grundsätzlich die positiven Auswirkungen eines regelmäßigen Ausdauertrainings in drei Bereiche aufgliedern:

1. Wirkungen von Sport auf das Herzkreislaufsystem,
2. Wirkungen auf das Stoffwechselsystem,
3. Wirkungen auf die Blutgerinnung.

3.4.2 Orientierungswerte für ein optimales Präventionstraining durch Walking und Jogging für untrainierte Frauen und Männer

Nach allgemein anerkannten Forschungsergebnissen ist ein relatives Optimum an Prävention chronisch-degenerativer Krankheiten, die meist durch Bewegungsmangel mitverursacht werden, bei einem Kalorienmehrverbrauch durch körperliche Aktivität und Sport von ca. 2000 kcal Energiemehrverbrauch erreicht. Bereits 1978 fand PAFFENBARGER (13) die geringste Inzidenz an myokardialen Infarkten

und ein Optimum an Schutzwirkungen bezüglich eines KHK-Risikos bei Männern mit einem gesteigerten Energieumsatz durch körperliche Aktivität und Sport von über 2000 kcal/Woche. Aktuelle Studien (5) bestätigen auch heute noch diesen notwendigen Energieumsatz zur KHK-Risikoprävention, aber auch zu anderen Krankheitsbildern läßt sich eine Risikoreduktion bei einem 2000kcal-Energiemehrverbrauch pro Woche durch körperliche Aktivität nachweisen. Ebenso wurde in allen Studien, die günstige Trainingseffekte auf den Glucosestoffwechsel nachwiesen, ein wöchentliches Training mit ca. 2000 kcal Energieverbrauch durchgeführt.

Therapeutisches Ziel der Gesundheitsprävention ist daher ein aktivitäts- und trainingsbedingter Energiemehrverbrauch von 2000 kcal pro Woche!

Der Energieumsatz bei körperlicher Aktivität ist für den Normalbürger jedoch völlig abstrakt, eine alleinige Kalorienverbrauchsvorgabe für das zu absolvierende Gesamttraining ist für ihn daher unsinnig. Für diesen Adressatenkreis ist eine Angabe von bekannten Belastungsstrukturen wie Trainingsumfang, -dauer und -intensität sowie die dazugehörige Aktivität oder Sportart notwendig. Konkreter ist daher die aktuelle Empfehlung der American Heart Association und dem American College of Sports Medicine, die sich am wöchentlichen 2000kcal-Kalorienmehrverbrauch für eine optimal gesundheitswirksame körperliche Aktivität orientiert. Die Institute fordern, „*dass regelmäßig, möglichst täglich, eine moderate körperliche Aktivität von mindestens 30 Minuten Dauer, insbesondere mit Ausdauercharakter und mittlerer Intensität, absolviert werden sollte*“. Mittlere Intensität wird dabei als zügiges Gehen (=Walking) definiert. Täglich eine halbe Stunde Walking läßt sich auf 3,5 Std. Belastungsdauer pro Woche als Empfehlung für ein optimales Gesundheitstraining subsummieren. Europäische Arbeitsgruppen orientieren sich ebenso an obigen Vorgaben, konkret empfehlen verschiedene Autorengruppen nahezu unisono *2 bis 4 moderate Trainingseinheiten pro Woche von 30 bis 40 Min. Dauer unter Einsatz großer Muskelgruppen mit einem Energieverbrauch von ca. 300 kcal pro Trainingseinheit*. Explizit werden Sportarten wie Joggen, Walking, Radfahren, Ski-Langlauf oder Schwimmen empfohlen, möglichst in Kombination mit einem aktiven Freizeitverhalten mit regelmäßigen Spaziergängen, häufigen Fußwegen sowie Haus- und Gartenarbeit. Die Empfehlungen dieser Autorengruppen lassen sich also auf 1-2,5 Stunden (sportlicher) Aktivität subsummieren in Kombination mit einem „aktiven“ Lebensstil. In einer eigenen wissenschaftlichen Untersuchung versuchten wir präzisere Anweisungen und Trainingsvorgaben für die Verwirklichung eines 2000 kcal-Trainingsprogramms zu entwickeln. *Zielstellung unserer Untersuchung* war es, für untrainierte Probandengruppen präzisere Trainingsanweisungen und Belastungsvorgaben für ein optimal-effektives Gesundheitstraining in den von ihnen bevorzugten Sportarten Walking bzw. Jogging zu entwickeln.

Vor Beginn eines Lauf-/Walkingkurses für Sportanfänger mittleren Alters absolvierten die Teilnehmer daher eine komplexe gesundheits- und leistungsdiagnostische Untersuchung. Als Gesundheitscheck fand u.a. eine internistische Untersuchung einschließlich EKG, Labordiagnostik, Echokardiographie und Körperfettmessung statt.

	Frauen (n = 22)			Männer (n = 19)		
	$\bar{X} \pm SD$	Min.	max.	$\bar{X} \pm SD$	min.	max.
Alter [J]	41,6 $\pm$ 9,8	27,0	62,0	46,1 $\pm$ 10,6	30,0	63,0
Größe [cm]	167,5 $\pm$ 7,4	147,0	181,0	179,1 $\pm$ 7,2	165,0	192,0
Gewicht [kg]	66,4 $\pm$ 11,7	52,2	101,0	86,6 $\pm$ 15,7	57,0	115,0
BMI [kg/m ²]	23,8 $\pm$ 4,39	18,6	36,2	26,8 $\pm$ 4,2	18,8	34,7
Fettanteil [%]	25,7 $\pm$ 5,1	18,2	38,2	24,3 $\pm$ 6,5	9,7	33,2
Fettfreie Masse [kg]	48,9 $\pm$ 5,9	38,3	62,2	64,8 $\pm$ 8,1	48,5	76,8

Tab. 8: Die anthropometrischen Kenngrößen der untersuchten Probandengruppe

Die leistungsdiagnostische Belastungsuntersuchung erfolgte als Laufbandergometrie (Anfangsstufe 6 km/h, Stufenzuwachs 1 km/h je 3 min. bis zum Belastungsabbruch, nach jeder Stufe 0,5 min. Pause, Steigung 1%), die O₂-Aufnahme wurde kontinuierlich im offenen System (OXYCON BETA) ermittelt. Die Herzfrequenz wurde mit dem Polar-System gemessen, Laktat aus dem Ohrläppchenkapillarblut nach jeder Stufe sowie in der 1. und 3. min. nach Belastung enzymatisch-amperometrisch (EBIO plus, Fa. Eppendorf) bestimmt. Die individuelle anaerobe Schwelle (IAS) wurde nach der Methode von DICKHUTH ermittelt. 41 untrainierte Laufanfänger (Tab. 8) absolvierten diesen standardisierten spiroergometrischen Laufbandstufentest. Auf Berechnungsgrundlage der „indirekten Kalorimetrie“ wurde der durchschnittliche Energieaufwand der Probanden bei den verschiedenen Stufentestgeschwindigkeiten kalkuliert. Auf dieser Grundlage wurden zeitliche Orientierungswerte für den 2000, 1500 und 1000kcal-Energiemehraufwand/Woche durch Walking oder Jogging errechnet.

ZU DEN ERGEBNISSEN: Tabelle 9 zeigt (leicht gerundet) den durchschnittlichen Kalorienverbrauch unserer Probanden pro Stunde, differenziert für Männer und Frauen bei verschiedenen Lauf- und Walking-Geschwindigkeiten. Aus diesen Werten wurde dann der notwendige Zeitaufwand für den 2000, 1500, 1000kcal-Energieverbrauch bei den einzelnen Geschwindigkeiten berechnet, zusätzlich berechnet wurde auch noch der Zeitaufwand für diese drei Energieumsätze an der individuellen anaeroben Schwellengeschwindigkeit (IAS= Ausdauerleistungsgrenze). Es ergeben sich naturgemäß deutliche Energieverbrauchs- und Zeitunterschiede für Männer und Frauen, insbesondere bei den relativ niedrigen Geschwindigkeiten des Walking mit 6 km/h bzw. 7 km/h Gehgeschwindigkeit. Zusätzlich ist noch für beide Geschlechter die durchschnittliche Laufgeschwindigkeit an der IAS mit dem dazugehörigen Energieumsatz pro Stunde berechnet.

Belastungsart+ Geschwindigkeit	Männer kcal/h♦	Std. für 2000 kcal/Wo	Std. für 1500 kcal/Wo	Std. für 1000 kcal/Wo	Frauen kcal/h♦	Std. für 2000 kcal/Wo	Std. für 1500 kcal/Wo	Std. für 1000 kcal/Wo
Walken 6 km/h	421 $\pm$ 129	5:07 $\pm$ 80	3:50 $\pm$ 60	2:34 $\pm$ 40	335 $\pm$ 87	6:21 $\pm$ 93	4:46 $\pm$ 70	3:10 $\pm$ 47

Walken/Joggen 7 km/h	530 ± 134	3:59 ± 52	2:59 ± 39	1:59 ± 26	461 ± 100	4:31 ± 55	3:23 ± 41	2:16 ± 27
Joggen 8 km/h	658 ± 116	3:08 ± 33	2:21 ± 24	1:34 ± 16	535 ± 98	3:51 ± 40	2:53 ± 30	1:56 ± 20
Joggen 9 km/h	749 ± 124	2:45 ± 29	2:03 ± 22	1:22 ± 14	570 ± 83	3:35 ± 29	2:41 ± 22	1:47 ± 15
Joggen 10 km/h	810 ± 97	2:30 ± 19	1:53 ± 14	1:15 ± 19	602 ± 40	3:20 ± 13	2:30 ± 10	1:40 ± 7
Joggen 11 km/h	909 ± 104	2:14 ± 15	1:40 ± 11	1:07 ± 7	—	—	—	—
IAS-V max M 8,4 km/h W 7,7 km/h	696 ± 120	2:52 ± 31	2:09 ± 22	1:26 ± 16	492 ± 91	4:04 ± 48	3:03 ± 36	2:02 ± 23

*Nur grau unterlegte Geschwindigkeitsstufen wurden von allen Probanden erreicht

Tab. 9: Der durchschnittliche Kalorienverbrauch von untrainierten Laufanfängern mittleren Alters beim Walken und Joggen mit unterschiedlichen Geschwindigkeiten sowie der notwendige Zeitaufwand bis zum Energie-mehrverbrauch von 2000, 1500 und 1000 kcal pro Woche

Sie verdeutlicht als Dauerleistungsgrenze den maximal möglichen Energieumsatz bei den geforderten, mindestens halbstündigen Dauerbelastungen (s.o.) der von uns untersuchten Probandengruppe. Die Umrechnung dieser *maximal möglichen Energieumsätze für kontinuierliche Dauerleistungen* auf 2000kcal-Gesamtenergieverbrauch pro Woche erfordert für Männer eine Gesamtbelastungszeit von mindestens 2:52 Std., für Frauen mindestens 4:04 Std..

Fazit: Aus Untersuchungen mit 41 untrainierten Freizeitsportlern, die sich vor Beginn ihres Lauf- bzw. Walkingtrainings in unserer Abteilung untersuchen ließen, leiten sich die Angaben über den Kalorienverbrauch beim Walken und Joggen ab. Die von uns mittels indirekter Kalorimetrie berechneten Energieumsätze erlauben es mit hinreichender Genauigkeit die Zeitdauer für einen 2000kcal-Energiemehraufwand für verschiedene Geschwindigkeitsstufen zu berechnen: Die für unsere Probandengruppe ermittelten notwendigen Zeitumfänge pro Woche liegen insbesondere für die niedrigeren Geschwindigkeiten des Walking (6 und 7 km/h) und hier insbesondere bei den Frauen deutlich höher (Männer 4-5 Std./Wo; Frauen 4,5-6,3 Std./Wo) als die in der Literatur gemachten Orientierungswerte von 1-3,5 Std. notwendiger Belastungszeit für beide Geschlechter. Ursächlich hierfür ist u.E. zunächst einmal das „relativ hohe“ Durchschnittsalter der Probanden mit 41,6 bzw. 46,1 Jahren, denn mit zunehmendem Alter nimmt der Energieumsatz in Ruhe und Belastung ab. Zudem handelte es sich bei unserer Probandengruppe um untrainierte Laufanfänger bzw. Sportwiedereinsteiger, sie erreichen im Stufentest aufgrund mangelnder körperlicher Fitness nicht die Laufgeschwindigkeiten, die für hohe Energieumsetzungsraten pro Minute notwendig sind. Dass es sich weitgehend um untrainierte Probanden handelte, wird auch an den niedrigen IAS-Schwellengeschwindigkeiten von 7,7 km/h (weiblich) und 8,4 km/h (männlich) deutlich, die nur knapp über dem Geschwindigkeitsbereich liegen, wo das schnelle „Gehen“ zum „Laufen“ wird. Literaturempfehlungen europäischer Veröffentli

chungen beziffern den Energieverbrauch für die geforderte halbe Stunde moderaten Ausdauersports mit ca. 300 kcal pro Trainingseinheit. Dieser 300 kcal-Energieverbrauch pro halbe Stunde war für unsere Probanden jedoch unrealistisch. Deren durchschnittlicher Energieverbrauch an ihrer individuellen anaeroben Schwelle als (absolute) *Dauerleistungshöchstintensität* beim Joggen liegt für Männer bei rd. 350 kcal, bei Frauen bei rd. 250 kcal für 30 Minuten. Dabei ist es unrealistisch und gegen jegliche Praxiserfahrung davon auszugehen, dass diese Intensität überhaupt im Training über längere Zeit (bis zu 30 Min.) beibehalten werden kann, zumal gesundheitsorientiertes Training ausdrücklich mit „moderater“ Intensität absolviert werden sollte. Insofern sind die deutlich höheren notwendigen Belastungszeiten unserer Probandengruppe im Vergleich zu den Literaturwerten nicht verwunderlich. Diese längeren Belastungszeiten bleiben bestehen, auch wenn man in die Überlegungen miteinbezieht, dass i.d.R. ein Teil des notwendigen 2000kcal-Energiemehrverbrauchs pro Woche durch andere Alltagsaktivitäten wie Treppensteigen oder Spazierengehen etc. aufgebracht wird. Setzt man diesen Anteil mit ca. 500 kcal/Wo an, so ergeben sich für unsere Probandengruppe trotzdem noch höhere notwendige Belastungszeiten als die der Literaturvorgaben (Männer 3-3,8 Std; Frauen 3,3-4,75 Std. Walking). „Nur“ 500 kcal Energieumsatz durch sonstige körperliche Aktivitäten pro Woche erscheint zunächst als sehr niedrig angesetzt, ist aber in unserer zunehmend bewegungsarmen Zeit dennoch für den „bewegungsfaulen“ Teil unserer Bevölkerung durchaus realistisch. So gibt DUNN (1996) den Anteil der Bevölkerung in den USA, der sich überhaupt nicht oder nur unzureichend körperlich betätigt, mit 60% (!) an. Für Deutschland liegen nur sehr wenige aktuelle Studien vor, jedoch konnte in einer international vergleichenden Untersuchung zwischen Finnland und Deutschland gezeigt werden, dass in Deutschland mehr als die Hälfte der erwachsenen Bevölkerung durchschnittlich weniger als 2 km am Tag zu Fuß zurücklegt. In einer kommunalen Repräsentativ-Untersuchung wird berichtet, dass z.B. in der Altersgruppe der 55-Jährigen weniger als 5% der Personen mehr als 2 Stunden pro Woche sportlich aktiv sind. Selbst wenn man den Energieverbrauch durch außersportliche Aktivität auf 1000 kcal/Wo festlegt, dann liegt der Bevölkerungsanteil der sportlich-aktiven Erwachsenen in Deutschland, der darüber hinausgeht, nach Angaben verschiedener Autoren nur zwischen 10 und 20%. Für diesen aktiven Teil der Bevölkerung haben wir als **Orientierungshilfe** auch die Zeitdauer für den 1000kcal-Energiemehrverbrauch pro Woche durch Walking/Jogging berechnet (Tab. 9). Für das Walken liegen diese Zeitvorgaben dann ziemlich exakt im Bereich der Literaturangaben (Männer 2-2,5 Std./Wo; Frauen 2,3-3,2 Std./Wo). Zusammenfassend bleibt festzuhalten, dass für unsere untrainierten Probanden mittleren Alters die in der Literatur veröffentlichten Orientierungsdaten für die Dauer eines *optimal-effektiven Gesundheitstrainings* mit einem 2000kcal-Energiemehrverbrauch bei sportlichen Aktivitäten mit relativ geringer Intensität deutlich zu niedrig angesetzt sind. Aus den Werten unserer *speziellen* Probandengruppe lässt sich schlussfolgern, dass das optimale Gesundheitstraining *untrainierter Sport(wieder)einsteiger mittleren Alters* sinnvoll nur im niedrigen Geschwindigkeitsbereich des Walkings (6-8 km/h) absolviert werden kann. Außerdem müssen

nach unseren Daten die Empfehlungen für die Trainingsdauer deutlich nach oben korrigiert werden, von pauschal 1-3,5 Stunden Walkingzeitdauer pro Woche auf 3-4 Std. pro Woche für Männer und 3,5- 5 Std. pro Woche für Frauen.

Trainingswoche	1. - 2.	3.	4.	5.	6.
Trainingshäufigkeit (Einheiten pro Woche)	2	2	2	2 - 3	2 - 3
Trainingsdauer in Minuten					
• Aufwärmphase/Warm up	5	5	6	8	10
• Belastung* (<i>kontinuierlich</i>)	10	15	20	25	30
• Abkühlphase/Cool down	5	5	4	5	5
Gesamtzeitaufwand in Minuten	20	25	30	38	45
* Trainingsintensität mit Hilfe der Pulsfrequenz steuern; Faustregel: 160 minus Lebensalter					

Tab. 10: Aufbautraining für untrainierte Sporteinsteiger

Wie schon oben beschrieben, ist der untrainierte Sport-(wieder)einsteiger normalerweise nicht in der Lage, sich von Beginn an kontinuierlich 30 Minuten lang mit einer Herzfrequenz von 130/min zu belasten. Deshalb sind Aufbauprogramme notwendig (siehe Tab. 10), bei denen Belastungsdauer und Häufigkeit der Trainingseinheiten dem Ausgangsniveau angepasst und Schritt für Schritt erhöht werden, bis das "2000kcal-Gesundheitsprogramm" absolviert werden kann.

Da die obengenannten Trainingsprogramme nur die Rahmenbedingungen für ein präventives Gesundheitstraining benennen, stellt sich natürlich die Frage, welche Sportarten für ein präventives Gesundheitstraining sinnvoll sind und was bei der Umsetzung der o.g. Trainingsprogramme in die Sportpraxis, d.h. in das persönliche Fitnesstraining, sonst noch zu beachten ist.

Grundsätzlich ist hierzu Folgendes zu sagen:

Grundlagenausdauer kann unspezifisch erworben werden.

Deshalb sind eigentlich alle zyklischen Fortbewegungsformen besonders geeignet, soweit sie mehr als 1/6 der Skelettmuskulatur beanspruchen (z.B. beide Beine) und über längere Zeit durchführbar sind.

Unter dem Aspekt des Kalorienverbrauchs sind als besonders geeignet und wirkungsvoll anzuführen:

Laufen, Walking, Nordic-Walking (s.u.), Bergaufgehen (auch mit Skistöcken), Skilanglauf, Skirollerlauf, Eisschnelllauf, Rudern (auch Heimtrainer), Radfahren (auch Ergometer) und Schwimmen.

besonders geeignet	geeignet	weniger geeignet
Ausdauersportarten	Intervallartige Sportarten	Schnelligkeits-/ Kraftsportarten
	<i>Mannschaftsspiele:</i>	<i>Krafttraining:</i>
<i>Laufen/Joggen</i>	<i>Fußball</i>	<i>Maximalkraft</i>
	<i>Handball</i>	<i>Schnellkraft</i>
<i>Skilanglauf</i>	<i>Basketball</i>	
<i>Inline-Skaten</i>	<i>Feldhockey</i>	<i>Turnen</i>
<i>Radfahren</i>	<i>Eishockey</i>	
	<i>Wasserball</i>	<i>Sprints</i>
<i>Schwimmen</i>	<i>Rückschlagspiele:</i>	<i>Wasserspringen</i>
<i>Aqua-Jogging</i>	<i>Squash</i>	<i>Surfen</i>
<i>Walking</i>	<i>Tennis</i>	
<i>Nordic-Walking</i>	<i>Badminton</i>	<i>Volleyball</i>
<i>Rudern</i>	<i>Circuit-Training</i>	<i>Faustball</i>
	<i>Synchronschwimmen</i>	<i>Skilang (Abfahrt)</i>
<i>Ergometer (Heimtrainer)</i>	<i>Konditionsgymnastik</i>	<i>Reiten</i>
	<i>Wassergymnastik</i>	<i>Tischtennis</i>
<i>Bergwandern</i>	<i>Tanzsport</i>	<i>Kegeln</i>
	<i>Aerobic</i>	<i>Golf</i>
	<i>Kraftausdauertraining</i>	

Tab. 11: Die Eignung verschiedener Sportarten bzw. Belastungsformen für ein „Ausdauer-Gesundheitstraining“

Als sogenannte „Modesportart“ kann auch das *Inline-Skaten* als ebenfalls zyklische (Ganzkörper-)Sportart empfohlen werden. Nach neuesten Untersuchungen ist es von der Herz-Kreislauf-Belastung dem Radfahren, von der muskulären Belastung dem Laufen gleichzusetzen. Vorteilhaft neben dem „Fun- bzw. Spaßfaktor“ beim Inline-Skaten ist die geringe Kniegelenksbelastung, die auch Übergewichtigen ein „laufähnliches Training“ ermöglicht. Einen Orientierungswert für die Berechnung des Kalorienumsatzes beim Rad- bzw. Rad-Ergometerfahren bietet Abb. 9a.

Der Kalorienverbrauch beim Radfahren:											
Voraussetzung der Berechnung:											
<i>gerade Strecke, kein Gegenwind</i>											
<table border="1"> <tr> <th>Radfahr-Tempo (km/h)</th><th>Kalorienverbrauch pro kg/KG/Min.</th></tr> <tr> <td>10</td><td>0,06</td></tr> <tr> <td>20</td><td>0,11</td></tr> <tr> <td>25</td><td>0,16</td></tr> <tr> <td>30</td><td>0,24</td></tr> </table>	Radfahr-Tempo (km/h)	Kalorienverbrauch pro kg/KG/Min.	10	0,06	20	0,11	25	0,16	30	0,24	
Radfahr-Tempo (km/h)	Kalorienverbrauch pro kg/KG/Min.										
10	0,06										
20	0,11										
25	0,16										
30	0,24										
<i>Berechnungsbeispiel:</i> <i>Eine 75 Kilogramm schwere Person fährt 20 Kilometer Rad in einer Stunde, dabei beträgt der Kalorienverbrauch:</i> 75 (kg) x 0,11 (Kalorienverbrauch) x 60 (Min.)= 495 Kalorien											

Abb. 9a: Orientierungswerte für den Kalorienumsatz beim Radfahren

Geeignet sind auch Spiele, wenn sie mit möglichst kurzen Belastungsunterbrechungen durchgeführt werden können bzw. durchgeführt werden (u.U. mit Regelabänderungen). Hierzu gehören: *Fußball*, *Badminton*, *Handball* sowie *Feld- und Eishockey* (vgl. dazu auch Tab. 11). Trainingswirksam ist nur die effektive Belastungszeit, in der die Minimalherzfrequenz überschritten ist. Dies bedingt zumeist Spielzeiten, die auf alle Fälle 2- bis 3-mal so lang sind wie die notwendigen Belastungszeiten beim Laufen. Beim Fußball weiß man beispielsweise, dass nur etwa rd. 40% der gesamten Spielzeit im Ausdauerbereich absolviert werden, d.h., beim Fußball muss z.B. die Belastungszeit mehr als doppelt so lang sein wie beim „reinen“ Laufen. Aus diesem Grunde scheiden als praktikable Sportarten für ein zeitlich vertretbares Grundlagenausdauertraining z.B. Tischtennis, Volleyball und Faustball aus.

3.4.3 Exkurs: *Nordic-Walking* - Trendsportart mit hohem gesundheitlichem Wert

Der präventive Wert des **Walkings** für ein cardio-pulmonales Gesundheitstraining ist allgemein anerkannt. Aktuell wird dem **Nordic-Walking** (Walking mit Armunterstützung durch spezielle Stöcke) ein noch effektiverer gesundheitlicher Benefit nachgesagt. Fragestellung einer wissenschaftlichen Studie von uns war es daher, die Auswirkungen des zusätzlichen Stockeinsatzes beim Nordic-Walking zu überprüfen. Zur Methodik: 20 Probanden (M: n=10, Alter $40,2 \pm 3,9$ J., BMI $24,5 \pm 2,2$; F: n=10, Alter $44,7 \pm 9,4$ J., BMI $25,7 \pm 3,0$) absolvierten an zwei aufeinanderfolgenden Tagen einen standardisierten spiroergometrischen Walkingstufentest auf dem Laufband „ohne“ und „mit“ Stöcken. Auf 11 Belastungsstufen bis zur Ausbelastung wurden folgende Parameter ermittelt: Sauerstoffaufnahme ($\dot{V}O_2$), Herzfrequenz (HF), Laktat (Lak) und subjektives Belastungsempfinden (RPE).

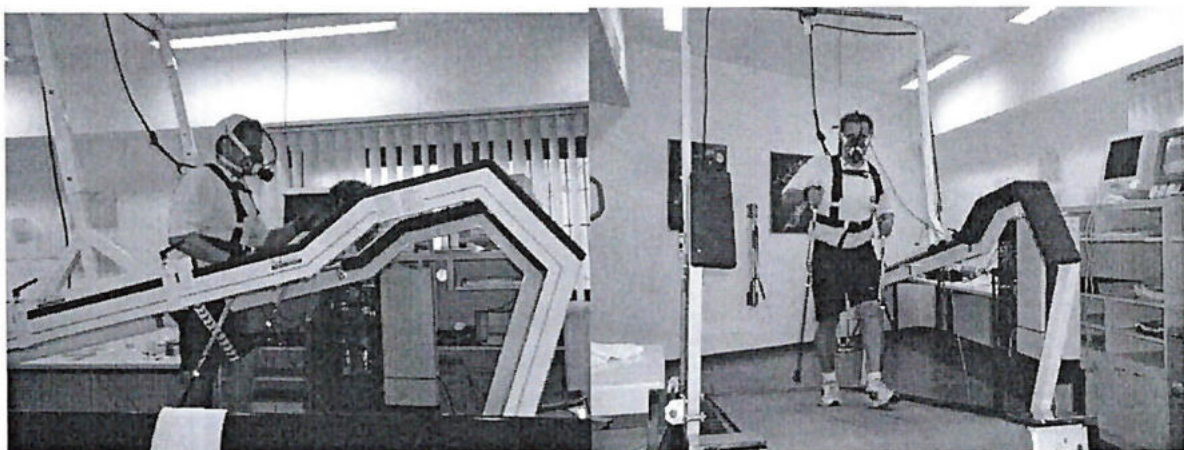


Bild 1 und 2: Nordic-Walking mit spiroergometrischer Messung auf dem Laufband

Bei der Betrachtung und Auswertung der oben aufgezählten Belastungsparameter ließ sich im Vergleich von Walking und Nordic-Walking Folgendes zusammenfassend feststellen:

- 1. Die Durchschnittsergebnisse der gemessenen Belastungsparameter beim Walking (Wa) und Nordic-Walking (NWA) unterscheiden sich deutlich.
- 2. Im Durchschnitt der 11 Belastungsstufen liegt die gemessene Sauerstoffaufnahme (VO_2max) beim Nordic-Walking der Männer durchschnittlich um $4,2 \pm 2,5\%$, der Frauen um $2,4 \pm 1,1\%$ höher als beim „normalen“ Walking. Entsprechend höher ist damit auch der errechnete kalorische Umsatz beim Nordic-Walking, denn höherer Sauerstoffumsatz bedeutet auch höherer kalorischer Umsatz, d.h. beim Nordic-Walking werden mehr Kalorien „verbrannt“ (vgl. auch Abb. 9b).
- 3. Das gemessene Laktat ist beim Nordic-Walking durch den zusätzlichen Stockeinsatz auf allen Belastungsstufen im Durchschnitt bei den Frauen rd. 20% niedriger, bei den Männern rd. 10% niedriger (vgl. auch Abb. 9b).
- 4. Die Herzfrequenzwerte unterscheiden sich bei beiden Belastungsformen nur marginal und nicht signifikant; Gleiches gilt für die subjektive Belastungseinschätzung beider Sportarten durch die Probanden nach der BORG-Skala (RPE). Auch hierbei sind die Unterschiede beider Gruppen nur marginal und nicht signifikant.

Zusammenfassend ließ sich nach den Ergebnissen unserer Studie folgendes feststellen:

Nach den Ergebnissen unserer vergleichenden Studie hat das Nordic-Walking gegenüber dem „normalen“ Walking einen höheren gesundheitlichen Benefit und ist damit für ein präventives Gesundheitstraining (noch) besser geeignet.

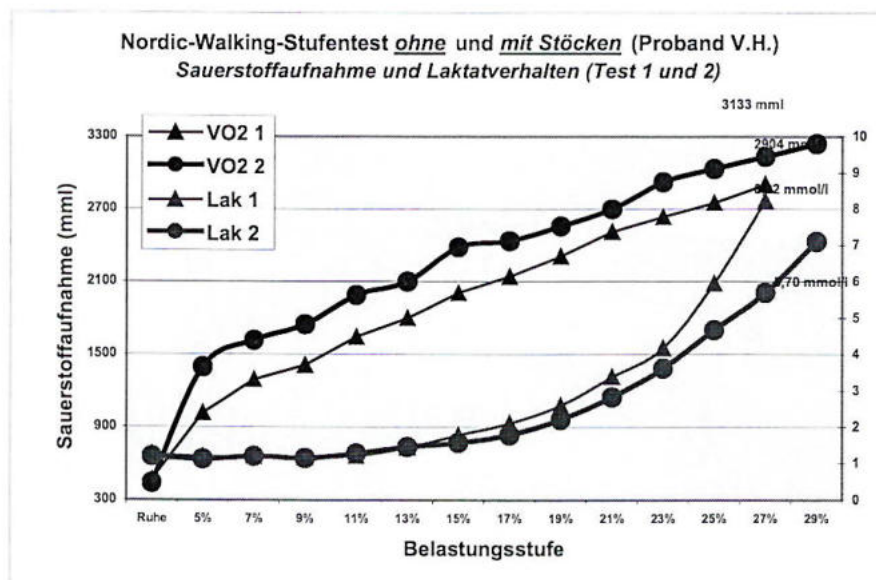


Abb. 9b: Beispielhafte Werte von VO_2 -Aufnahme und Laktatverhalten eines Probanden

Dieser höhere Gesundheits-Benefit resultiert aus einer durchschnittlich höheren Sauerstoffaufnahme bei gleicher Belastungsstufe wegen des zusätzlichen Arm- bzw. Muskeleinsatzes durch Benutzung der Nordic-Walking-Stöcke. Zusätzliche Vorteile

ergeben sich zudem noch auf metabolisch-zirkulatorischer Ebene, da der höhere VO_2 -Umsatz mit einem niedrigeren Laktatspiegel korrespondiert, was ebenfalls als positiv zu bewerten ist. Dieses niedrigere Laktatniveau auf gleichen Belastungsstufen bei vergleichbar hoher Herzfrequenz und ähnlichem Belastungsempfinden (RPE) lässt sich nur durch den vermehrten Muskeleinsatz der Arme erklären. Mehr eingesetzte Muskelmasse ermöglicht damit in diesem Falle auch vermehrte Möglichkeiten der Verstoffwechselung von anfallendem Laktat, was sich dann in niedriger gemessenen Laktatwerten niederschlägt. Ein weiterer, nicht zu unterschätzender positiver Effekt beim Nordic-Walking liegt neben den schon bekannten Vorteilen wie Entlastung der Kniegelenke und der Wirbelsäule (bei Normalgewichtigen und insbesondere bei Übergewichtigen) in der Erhöhung der Gehsicherheit und Steigehilfe bei An- oder Abstiegen im bergigen Gelände. Zusammenfassend lässt sich also subsumieren, dass Nordic-Walking im Vergleich zum Walking eine Reihe von zusätzlichen Vorteilen bietet und für ein präventives Gesundheitstraining deshalb noch besser geeignet ist. Alle Ergebnisse der obigen Untersuchung sind im Internet unter www.Sportkrankenhaus.de einzusehen und abzurufen.

Abschließend und zusammenfassend lässt sich zum *Gesundheitstraining durch Sport* noch Folgendes anmerken:

Die insbesondere im mittleren und höherem Lebensalter bemerkte und als unabänderliche Alterserscheinung angesehene Einbuße der körperlichen Leistungsfähigkeit kann durch sportliche Betätigung deutlich positiv beeinflusst und verzögert werden (Motto: „20 Jahre lang 40 bleiben“) (KAYSER 1992, EHRSAM 1997).

Der Leistungszustand bezieht sich keineswegs nur auf das Herz-Kreislauf-System und die Muskulatur, sondern umfasst alle Organe unseres Körpers. Um dieses Ziel zu erreichen, muss das sportliche Training *sinnvoll* geplant und durchgeführt werden. Dies gilt es besonders zu beachten, wenn die Verletzungsrisiken, die sich mit steigendem Alter erhöhen, gering gehalten werden sollen.

Deshalb sollten Sie vor Aufnahme eines regelmäßigen Trainings unbedingt einen Arzt aufsuchen und sich Ihre Sporttauglichkeit bestätigen lassen!

Die konsequente Anwendung der obengenannten Ratschläge wird dann zu einem optimalen Trainingserfolg führen und Ihre Gesundheit, Psyche und allgemeine Lebensqualität auf Dauer entscheidend verbessern.

(Literaturhinweis zum ergänzenden Eigenstudium: BÖS, K., W. BREHM (Hrsg.): *Gesundheitssport - Ein Handbuch*. Verlag Hofmann Schorndorf 1998.)

4. Kraftfähigkeiten

Im biologischen Sinne ist Kraft die Fähigkeit des Nerven-Muskel-Systems durch Muskeltätigkeit Widerstände zu überwinden (konzentrische Kontraktion), ihnen entgegenzuwirken (exzentrische Kontraktion) bzw. sie zu halten (isometrische Kontraktion).

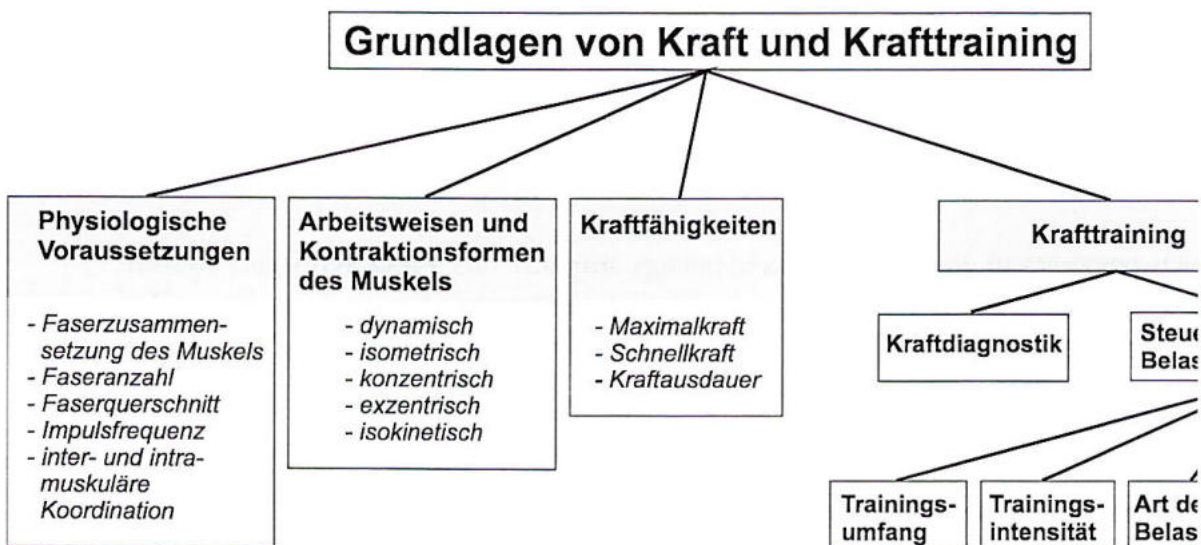


Abbildung 10: Die Strukturelemente von Kraft und Krafttraining

4.1 Biologische Grundlagen der Kraft

4.1.1 Muskelfasertypen

Jede sportliche Bewegung erfordert den koordinierten Einsatz der Muskulatur. Man unterscheidet dabei die glatte Muskulatur, die quergestreifte Herzmuskulatur und die quergestreifte Skelettmuskulatur. Die Skelettmuskulatur setzt sich, vereinfacht dargestellt im Wesentlichen aus drei Muskelfasertypen zusammen (vergleiche dazu auch Tab. 12).

1. **Weißer Fasern**, die schnell reagieren und hohe Krafteinsätze ermöglichen, jedoch schnell ermüden. Man nennt sie auch **Fast-Twitch-Glycolytic-Fasern**, sog. **FTG-Fasern**.
2. **Rote Fasern**, die mit langsamer Impulsfrequenz innerviert werden. Diese sog. **Slow-Twitch-Fasern (ST-Fasern)** ermüden weniger schnell.
3. Der **Intermediärtyp** kann zwar schneller als die ST-Fasern kontrahieren, hat aber trotzdem noch gute Voraussetzungen für die aerobe Energiebereitstellung. Im Gegensatz zu den FTG-Fasern wird dieser **Typ Fast-Twitch-Oxidativ-Faser (FTO-Faser)** genannt.

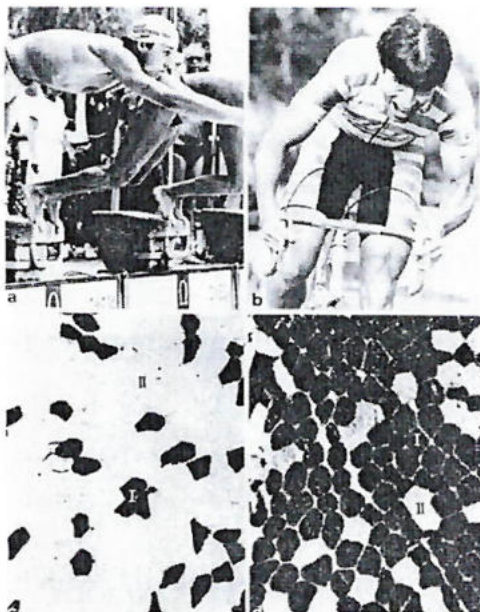


Abb. 11:

Fasertypenverteilung in Biopsien aus dem **M. vastus lateralis** (äußerer Schenkelmuskel) zweier Spitzenathleten (aus: BILLETER et al 1994).

a+c) Ein Schwimmer der Weltklasse im 50m Freistilsprint
b+d) Ein Schweizer Radprofi

Die **ST-Fasern** (Typ-I-Fasern) sind schwarzbraun,
die **FT-Fasern** (Typ-II-Fasern) sind ungefärbt.
Der Sprinter hat etwa 80% FT-Fasern
Der Radprofi 80% ST-Fasern.

Die verschiedenen Fasertypen kommen innerhalb eines Muskels immer gemischt vor. So beträgt der Anteil der ST-Fasern in der Haltemuskulatur 95 %, während in der dynamischen Muskulatur bei Durchschnittspersonen ein Anteil von 40 % angenommen wird.

ST-Fasern	FT-Fasern	
	FTO-Fasern	FTG-Fasern
langsam kontrahierend Kontraktionsdauer 75 ms	schnell 30ms	sehr schnell kontrahierend 20 ms
wenig Kraft pro Kontraktion Zugspannungsfaktor 1	kräftige Kontraktionen Zugspannungsfaktor 4	sehr kräftige Kontraktionen Zugspannungsfaktor 12
Ermüdungsresistent	ermüdbar	schnell ermüdet

kleine Motoneurone kleine mot. Endplatten Reizschwellen niedrig	große Motoneurone größere mot. Endplatten Reizschwellen höher	große mot. Endplatten Reizschwellen hoch
sehr viele Mitochondrien sehr viel Myoglobin sehr viele Kapillaren	viele Mitochondrien mäßig viel Myoglobin viele Kapillaren	wenig Mitochondrien wenig Myoglobin wenig Kapillaren
wenig Phosphagene viel Fett und Kohlenhydrate gespeichert	viele Phosphagene viel Kohlenhydrate gespeichert	sehr viele Phosphagene sehr viel Kohlenhydrate gespeichert

Tab. 12: Die wesentlichen Merkmale der einzelnen Muskelfasertypen
(modifiziert nach BADTKE 1987)

Die genetisch vorgegebene Verteilung von Muskelfaserarten in der Muskulatur eines Sportlers ist also ein wichtiger Faktor für die Eignung eines Athleten (Talent !) für eine bestimmte Sportart („Sprinter- oder Ausdauerartyp“), da dieser Muskelfaseranteil in der „Arbeitsmuskulatur“ nur unwesentlich durch Training beeinflusst werden kann. Das „normale“ Verteilungsverhältnis in der Bevölkerung liegt bei 50-60% ST-Fasern und 40-50% FT-Fasern, in Einzelfällen kann die Verteilung jedoch bis zu 90:10 bzw. 10:90 abweichen. Spitzenleistungen in „reinen“ Sprint- oder Ausdauerdisziplinen sind daher nur bei optimaler (genetisch bedingter) Fasertypverteilung in der Muskulatur zu erwarten (siehe auch Abb. 11).

Vor Aufnahme eines Hochleistungstrainings sollte daher unbedingt die Faserzusammensetzung des Sportlers festgestellt werden, um ihn bei der Wahl der „richtigen“ Sportart zu beraten.

Die verschiedenen Muskelfasertypen können zwar nicht umgewandelt, jedoch durch zielgerichtete Beanspruchung metabolisch differenziert werden. D.h. durch entsprechende Trainingsformen können die vorwiegend oxidativ arbeitenden FTO-Fasern mehr anaerob, die glykolytisch arbeitenden FTG-Fasern in aerobe Richtung verschoben werden. Schnelligkeits-, Schnellkraft- und Maximalkrafttraining prägen in Richtung FTG-, Ausdauertraining in Richtung FTO-Fasern. Ebenso führt ein alleiniges, langandauerndes Ausdauertraining zwar zur Umfangszunahme der ST-Fasern, lässt aber die FT-Fasern verkümmern. Der Leistungsfortschritt in dem einen konditionellen Fähigkeitsbereich (hier Ausdauerfähigkeiten) wird „erkauft“ mit Leistungsrückschritten in anderen konditionellen Fähigkeitsbereichen (hier Schnelligkeit bzw. Schnellkraft). Nach Absetzung der entsprechenden Trainingsform bilden sich die erzwungenen Veränderungen der Muskelfasern wieder zurück. Bei der Auswahl und der Kombination verschiedener Trainingsformen sollten diese Aspekte ebenso Berücksichtigung finden.

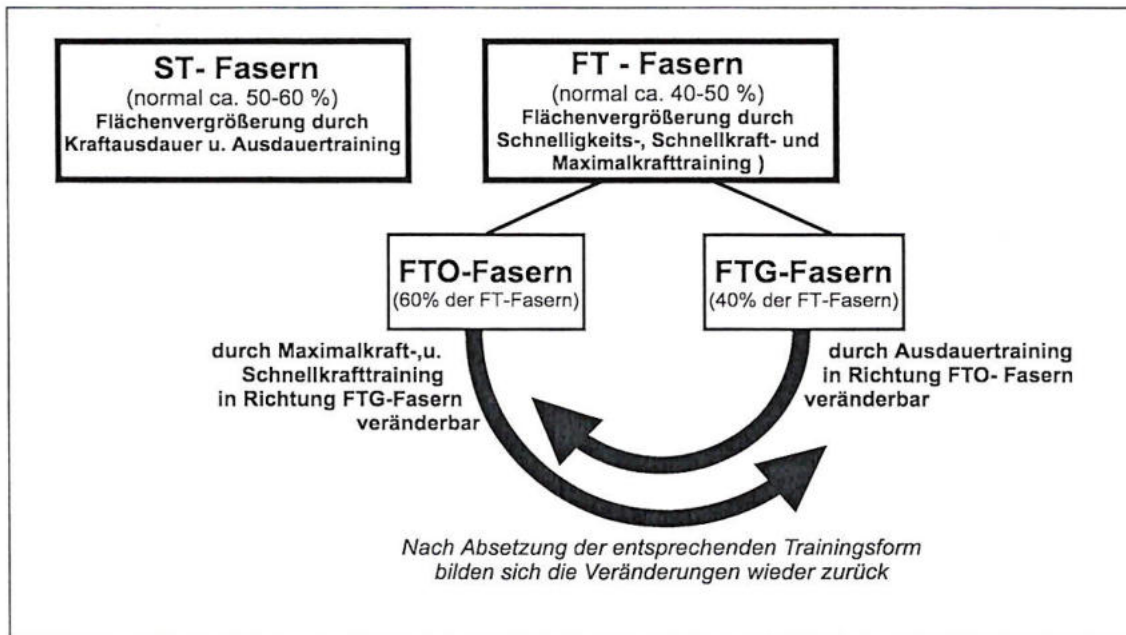


Abb. 12: Trainingsanpassungen von Muskelfasertypen

Abbildung 12 verdeutlicht nochmals die Möglichkeiten der metabolischen Differenzierung der verschiedenen Muskelfaserarten.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass der Einsatz und die Kraftwirkung der Muskelfasern abhängig sind von

- der prozentualen Verteilung der FT- und ST-Fasern innerhalb des Muskels
- der Faseranzahl
- der intramuskulären Koordination
- dem Faserquerschnitt
- der Impulsfrequenz und
- der Belastungsintensität

4.1.2 Ursachen und Ablauf der Muskelhypertrophie

Es ist allgemein bekannt, dass Muskeln mit einem großen (physiologischen) Querschnitt größere Kräfte entwickeln, als vergleichbare Muskeln mit geringerem Querschnitt. Dies trifft unabhängig von der Muskellänge zu. Mit der Querschnittsvergrößerung durch das Krafttraining mit großen Lasten geht im Normalfall eine Kraftzunahme einher. Die Fähigkeit zur Kraftentwicklung eines Muskels hängt von seinem physiologischen Querschnitt ab (seiner „aktiven Masse“), insbesondere von der Anzahl der im Muskel enthaltenen Muskelfasern und deren Querschnittsfläche. Durch ein Krafttraining vergrößert sich der Muskelumfang. Diese Vergrößerung wird **Muskelhypertrophie** genannt und ist in ihrer stärksten Ausprägung bei Bodybuildern zu beobachten.

Unter **Hypertrophie** versteht man einen Anpassungsvorgang beanspruchter Organe oder Organteile an vermehrte Arbeitsleistung. Bei Hypertrophie kommt es zu einer Vergrößerung der beanspruchten Zellen.

Infolge erhöhter Spannung im Muskel bei Beanspruchung mit hohen Lasten kommt es zu einem überschwelligem Reiz, der die Muskelfasern zum Dickenwachstum veranlasst. Jede intensive überschwellige Einwirkung auf den Organismus löst dort eine Reaktion aus. Sie besteht in einer Verstärkung der von dem Reiz angegriffenen Position (= Superkompensation s.u.), wodurch eine zukünftig erneute Belastung die betreffende Stelle besser gewappnet findet, d.h. sie ist belastbarer geworden.

Nicht unerwähnt bleiben sollte die Tatsache, dass APPELL (et al 1988) bei einer Untersuchung, in der die Probanden 6 Wochen monopodal (einbeinig) auf einem Fahrradergometer trainierten, nicht nur eine Hypertrophie, sondern auch eine **Hyperplasie** (Zellteilung, Zellvermehrung) feststellte. Bei der Hälfte der Probanden traten vermehrt kurze, dünne Fasern mit einem oder mehreren zentralgelagerten Kernen auf, die abseits der maturierten Fasern lagen. Dies war der Beweis für eine Hyperplasie.

Nach SCHMIDTBLEICHER (1989) kommt es zu einer Hyperplasie, wenn eine weitere Hypertrophie der bereits verdickten Muskelfaser Versorgungsprobleme aufwerfen würde. Der neugebildete Muskelschlauch entwickelt sich in diesem Fall zu einer eigenen Faser. In neueren Untersuchungen wurde festgestellt, dass sowohl **Hyperplasie** als auch **Hypertrophie** zur **Muskelquerschnittsvergrößerung** beitragen. Allerdings ist der Anteil der Faserhyperplasie ziemlich gering und kann für praktische Belange des allgemeinen Krafttrainings vernachlässigt werden. Die Muskelquerschnittsvergrößerung ist hauptsächlich bedingt durch die Querschnittsvergrößerung der einzelnen Fasern und nicht durch Zunahme der Faseranzahl (durch Fasersplitting = Hyperplasie). Personen mit einer hohen Anzahl kleiner (dünner) Muskelfasern haben bessere Voraussetzungen, gute Gewichtheber oder Bodybuilder zu werden, als Personen mit einer geringen Faseranzahl in ihren Muskeln. Der Querschnitt der einzelnen Fasern und konsequenterweise der Muskelquerschnitt erhöhen sich infolge des Trainings. Die Faseranzahl verändert sich nicht wesentlich (ZATSIORSKY 1996).

Die gegenwärtig gültige Theorie, wie man sich den Auslösemechanismus für eine Muskelhypertrophie vorzustellen hat, wurde in Kapitel 1.4 bereits beschrieben.

Was auch immer die speziellen Auslösemechanismen für die Muskelhypertrophie sind, die entscheidenden Parameter einer Trainingsbelastung sind die *Übungsintensität* (die entwickelte Muskelkraft) und der *Übungsumfang* (die Gesamtzahl der Übungen, d.h. die verrichtete mechanische Arbeit). Die praktischen Umsetzungen (= Methoden) zum Auslösen einer Muskelquerschnittsvergrößerung (= Muskelhypertrophie) durch anerkannte (Kraft)-Trainingsmethoden werden im Kapitel 4.5. beschrieben.

4.2 Dynamische und statische (isometrische) Realisierung der Muskelkraft

In dem hier dargestellten, häufig verwendeten Begriffssystem werden die Hauptformen von Muskelkontraktionen entsprechend den äußeren Bedingungen, d.h. entsprechend den Hebeln des Skeletts definiert:

- **Isometrische (statische) Arbeitsweise**, wobei sich die Geometrie der Hebel nicht verändert, d.h. das System Muskel-Sehne erfährt keine Längenänderung.
- **Dynamische Arbeitsweise**, wobei sich das System Muskel-Sehne entweder verkürzt (**konzentrische** Arbeitsweise) oder verlängert (**exzentrische** Arbeitsweise).

Die dynamische Arbeitsweise kann entweder als *isotonische* Arbeitsweise realisiert werden, wenn der zu überwindende Widerstand (die zu bewegende Masse) konstant ist und sich die Geschwindigkeit im Laufe der Bewegung verändert, oder als *isokinetische* Arbeitsweise, wenn die Geschwindigkeit festgesetzt ist und der geleistete Widerstand sich der Belastung anpasst (siehe Tab. 12).

In der Praxis wird die Muskulatur in den seltensten Fällen in einer Reinform kontrahiert; die meisten sportlichen Belastungen erfordern Mischformen mit vorwiegend **auxotonischer** Kontraktion, d.h. sowohl Längen- als auch Spannungsveränderung des Muskels.

Muskelarbeitsweisen		Kontraktionsformen
Dynamisch	in Reinform (selten): überwindend	in Reinform (selten): isotonisch
	meist: haltend- überwindend	isometrisch-konzentrisch, auxotonisch
	oder: haltend-nachgebend	isometrisch-exzentrisch, auxotonisch
Statisch	in Reinform: haltend	isometrisch
	meist: haltend-bewegend	auxotonisch

Tab. 12: Arbeitsweisen und Kontraktionsformen der Muskulatur
(aus: EHLENZ et al. 1983)

4.3 Krafttrainingsarten

Aus den unterschiedlichen Arbeits- und Kontraktionsformen der Muskelkraft haben sich analog dazu verschiedene Krafttrainingsarten mit unterschiedlichen Zielsetzungen entwickelt. Die wichtigsten werden hier kurz dargestellt:

4.3.1 Statisches (= isometrisches) Krafttraining

Bei der isometrischen Arbeitsweise wird durch einen festen bzw. sehr großen Widerstand keine Längenänderung im System Muskel-Sehne zugelassen (allerdings laufen im Inneren des Muskels durchaus konzentrische Phasen ab, daher Energieverbrauch!). Dadurch kann der Muskel an der Stelle, an der er fixiert ist, Maximalkraft entwickeln. In den 60-er Jahren fand diese Trainingsform, bei der nahezu keine Bewegung stattfindet, in den USA und später auch in Deutschland große Verbreitung. Mit relativer Übereinstimmung stellten verschiedene Forscher fest, dass das Verhältnis der Kraftzunahme nur gering von der Kontraktionsdauer, wohl aber von der Anzahl der Kontraktionen pro Tag beeinflusst wird, und dass das Produkt aus Kontraktionsdauer x Kontraktionen pro Tag eine sehr hohe Korrelation mit dem Verhältnis der Kraftzunahme aufweist.

Auf der Grundlage dieser Ergebnisse wäre es am effektivsten, in einem isometrischen Trainingsprogramm Maximal-Kontraktionen mit einem ziemlich hohen Produkt aus Kontraktionsdauer x Wiederholungen pro Tag zu realisieren. Die Messungen des Zugewinns an isometrischer Kraft bei einem solchen Trainingsaufbau ergaben Werte, die sich um einen Durchschnitt von 1% pro Tag bewegen.

Es wurde beobachtet, dass gegen Ende eines mehrwöchigen isometrischen Trainingsprogrammes (z.B. in den letzten drei von insgesamt acht Wochen) kein Zuwachs an isometrischer Maximalkraft und auch kein Zuwachs an dynamischer Kraft mehr auftrat. Als Ursache für die eintretende Stagnation werden komplexe neuromuskuläre Zusammenhänge vermutet. So scheint es, dass sich durch isometrisches Training zwar die Anzahl der rekrutierten motorischen Einheiten erhöht, jedoch kaum die Synchronisation der beanspruchten motorischen Einheiten verbessert wird.

Durch spätere Untersuchungen wurde gezeigt, dass sich ein durch isometrisches Training erzielter Kraftzuwachs hauptsächlich auf die Winkel beschränkt, die im Trainingsprogramm maximal beansprucht wurden. Um einen positiven Trainingseffekt über einen ganzen Bewegungsradius hinweg zu erzielen, wäre also eine Fülle einzelner zeitraubender isometrischer Übungen notwendig. Dennoch wird isometrisches Training durchaus empfohlen, wenn im Interesse der mehr oder weniger statischen Bestandteile in verschiedenen Sportarten die Muskelfasern in Hinblick auf eine bestimmte Position angesprochen werden sollen, oder wenn aus Verletzungsgründen ein Muskel ohne Gelenkbelastung trainiert werden soll (z.B. bei Knieverletzungen).

Aus diesem Grund hat das isometrische Training in der Rehabilitation von Sportverletzungen noch einen großen Stellenwert; es wird eingesetzt um ein Atrophie (= Schwund) der Muskulatur möglichst gering zu halten.

Zusammenfassung -isometrisches Krafttraining

Prinzip :

Relativ kurze (maximale) Kraftanspannung gegen unüberwindlichen Widerstand.

Praktische Durchführung :

Täglich 5 maximale Muskelkontraktionen für 2 bis 4 Sekunden beim Untrainierten! Für den Leistungssport werden 80 bis 90% mit möglichst maximaler Anspannungsdauer und häufigen Wiederholungen gefordert.

Eine optimale Kraftzunahme erfolgt mit einem Training von 40 bis 70% der Maximalkraft beim Untrainierten (größere Belastung bringt nichts).

Die Pausenlänge hängt von der Herzfrequenz ab (weniger als 120/min.).

Über 80% Maximalkrafteinsatz führt zur Pressatmung (Stimmritzenverschluss mit Erhöhung des Druckes im Brustraum), wodurch der venöse Rückfluss verhindert wird und sich nachfolgend bei großer Herzfrequenz ein kleineres Herzminuten-volumen ergibt.

Vorteile :

Gezielt auf einzelne Muskelgruppen anwendbar, kurze Trainingszeiten, leicht mit optimalem Kraftzuwachs trainierbar, Kraftzuwachs gegen vergleichbare dynamische Methoden höher, ein Einsatz auch bei äußeren fixierenden Verbänden (Gips) möglich.

Nachteile :

Es ergibt sich keine Schulung der Koordination (sportartspezifische Bewegung) und auch keine Steigerung der lokalen Muskelausdauer (wegen der kurzen Belastungszeit).

4.3.2 Dynamisch-konzentrisches (= auxotonisches) Krafttraining

Bei der isotonischen Arbeitsweise wird über einen gesamten Bewegungsradius hinweg ein Widerstand von gleichbleibender Größe überwunden (eine konstant große Masse bewegt). Wenige Wiederholungen gegen hohen Widerstand fördern besonders den Kraftzuwachs, während viele Wiederholungen gegen geringen Widerstand eine Verbesserung der Ausdauer bewirken.

Eine effektive Kraftsteigerung ist dann zu erzielen, wenn möglichst viele motorische Einheiten vollständig aktiviert werden. Folglich müssten zum Erreichen eines optimalen Kraftzuwachses - ähnlich wie beim isometrischen Training - auch im Training mit dynamischen Übungen hohe Gewichte in Verbindung mit wenigen Wiederholungen eingesetzt werden, und zwar in einem Trainingsprogramm, das dem Aufbau einer „absteigenden Pyramide“ folgt. Dies bedeutet, dass der Trainierende mit einer Belastung beginnt, die so hoch ist, dass er sie nur einmal heben kann (maximale Aktivierung aller motorischen Einheiten). Um das Gewicht ein weiteres Mal heben zu können, muss es etwas verringert werden, so dass das erneute Heben aufgrund der Ermüdung nach dem ersten Mal wieder eine maximale Belastung darstellt, usw.. Für die Gestaltung eines Trainingsplanes werden diese Aussagen jedoch unter Hinweis auf die Verletzungsgefahren relativiert.

Limitierend für das dynamische Krafttraining sei darauf hingewiesen, dass beim Krafttraining nur solche Gewichte eingesetzt werden können, die so schwer sind, dass sie an der schwächsten Stelle der als Kette von Hebeln zu denkenden Gesamtbewegung (z.B. eines Armes) noch bewältigt werden können. Dies bedeutet, dass beim dynamischen Training, welches sich ja über einen ganzen Bewegungsra-

dius erstreckt, nur über einen sehr schmalen Bereich dieser Übungsbewegung maximale Kraft von der Muskulatur verlangt wird und damit auch nur dort maximal trainiert wird. Weiterhin kann festgestellt werden, daß Kraftzuwachs vor allem am Anfang eines Krafttrainingsprogrammes auftritt, während sich nach 6 bis 8 Wochen eine Stagnation (Plateau) abzeichnet.

Zusammenfassung -dynamisch-konzentrisches Krafttraining

Prinzip :

Bewegung gegen höhere Lastwiderstände.

Dieses Training wird von der Mehrzahl der Krafttrainierenden im Freizeit- und Fitnessbereich angewendet, wobei alle Erscheinungsformen der Kraft trainiert werden können (s.u.).

Es finden dabei allgemeine Kräftigungsübungen (Hanteln) und sportartspezifische Methoden (Kugel, Diskus) Anwendung.

Praktische Durchführung :

Ein Beispiel ist das sogenannte Pyramidensystem zur Verbesserung der Maximalkraft:

- 7 x 80% Krafteinsatz
- 5 x 85% Krafteinsatz
- 3 x 90% Krafteinsatz
- 2 x 95% Krafteinsatz
- 1 x 100% Krafteinsatz

Vorteile :

Verbesserung der lokalen dynamischen Ausdauer, Koordinationstraining, sportartspezifische Methode.

Nachteile :

Geringer Kraftzuwachs (im Vergleich zu isometrischer Trainingsform) wegen der relativ kurzen Muskelbelastung trotz langer Übungszeiten, größere Verletzungsanfälligkeit (s. dynamisch- exzentrisches Training).

4.3.3 Dynamisch-exzentrisches Krafttraining

Bei der isotonischen Arbeitsweise wird noch, je nachdem, wie durch die Beanspruchung die Länge des Systems Muskel-Sehne verändert wird, eine Unterscheidung in konzentrische und exzentrische Arbeitsweise vorgenommen. Während sich bei der konzentrischen (dynamisch positiven) Arbeitsweise das System Muskel-Sehne verkürzt, wird die exzentrische (dynamisch negative) Kraftentfaltung als das Entwickeln einer Bremskraft verstanden, die mit einer Verlängerung des Systems Muskel-Sehne einhergeht.

Zusammenfassung dynamisch-exzentrisches Krafttraining

Prinzip :

Passiv erzwungene, den Muskel verlängernde Bewegungen gegen maximalen Widerstand (Last ist größer als die Kraft).

Beispiel : Tiefsprünge

Vorteile :

Kurze Trainingszeiten, hoher Kraftzuwachs bei geringerem Energieaufwand.

Nachteile :

Zu Beginn des Trainings massiver Muskelkater. Besonders bei exzentrischer und konzentrischer Maximalkraft mit ungenügender Technik und nicht ausreichender Muskulatur besteht die Gefahr

- akuter Verletzungen (Muskelzerrungen und -risse), - Schäden am Gelenkknorpel,
- Überlastungen der Sehnenansätze am Knochen (Insertionstendopathien)
- Ermüdungsbrüche, Bandscheibenüberbelastung beim Gewichtheben
- Ungleichgewicht entgegengesetzt wirkender Muskelgruppen (Antagonisten).

Zur Vermeidung dieser Überlastungsschäden werden dringend intensives Aufwärmen und Dehnübungen vor dem exzentrischen Krafttraining gefordert!

4.3.4 Isokinetisches Krafttraining

Neben der isotonischen gibt es eine weitere dynamische Arbeitsweise, die aufgrund der gewissermaßen künstlichen Widerstandsbedingungen, gegen die sie erzeugt wird (apparativ kontrollierter Widerstand), eine Sonderstellung einnimmt. Die isokinetische Arbeit beruht darauf, dass über einen gesamten Bewegungsradius hinaus die Bewegungsgeschwindigkeit konstant und der zu überwindende Widerstand maximal gehalten wird. Die im Verlaufe einer unter natürlichen Übungsbedingungen realisierten ganzen Bewegungskette, unterschiedlich großen Widerstände die durch die bei jedem Winkel unterschiedlichen Hebelverhältnisse sowie durch die ballistische Kraft des bewältigten Gewichts bedingt sind, werden also durch den Mechanismus einer Maschine automatisch ausgeglichen, so dass vom Trainierenden im gesamten Bewegungsradius Maximalkraft eingesetzt werden muss.

Beim isokinetischen Krafttraining arbeitet die Muskulatur mit einer konstanten (= iso) Kontraktionsgeschwindigkeit (Kinetik).

In der rehabilitativen Medizin zum Aufbaustraining nach Sportverletzungen, z.B., haben diese Geräte wegen ihrer vielen Vorteile durch die Art der Belastung heute einen festen Standort. Im aktuellen Leistungs- und Hochleistungssport werden diese Geräte vorwiegend zur Kraftdiagnostik eingesetzt, - günstig, besonders für zyklische Sportarten mit relativ konstanter Bewegungsgeschwindigkeit (Schwimmen, Rudern). In Bezug auf die Effektivität des Krafttrainings im Hochleistungssport mehren sich aber kritische Stimmen, die auf die Grenzen dieser Muskeltrainingsform hinweisen. Da die Bewegung eingelenkig erfolgt (also entweder Beugung oder Streckung, nicht in der Kombination) und auch die Konstanz der Geschwindigkeit am Anfang und am Ende der Bewegung praktisch nicht zu realisieren ist, wird die Effektivität der Leistungsentwicklung in Bezug auf eine spezielle sportliche Wettkampfleistung zunehmend bestritten. Gerade in der Leichtathletik kommen isokinetische Bewegungen kaum vor; Lauf-, Sprung- und Wurfbewegungen sind gerade durch Beschleunigung (als einem leistungsabhängigen Faktor) gekennzeichnet. Isokinetisches Training erscheint damit zur Verbesserung der Schnellkraft und der

wettkampfspezifischen Kraft als ungeeignet. Die Vorteile dieser Krafttrainingsmethode liegen eindeutig im Bereich der rehabilitativen Kraftdiagnostik und Therapie nach Sportverletzungen. In diesem Bereich hat die Isokinetik in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung gewonnen (s.u.)

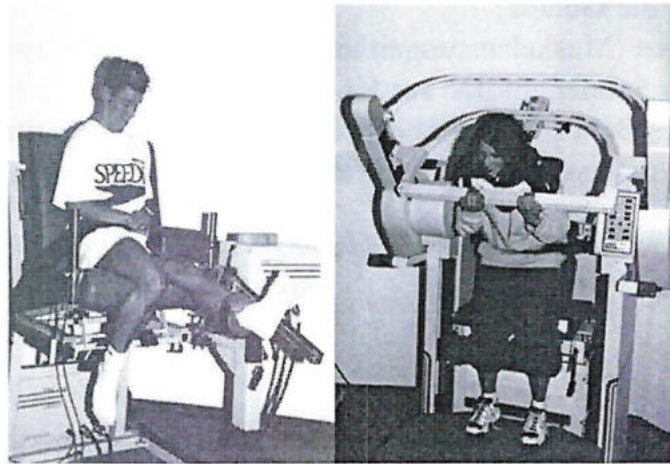


Bild 3 und 4: Isokinetischer Test und Training der Kraft der Kniegelenksbeuge- und Kniegelenksstreckmuskulatur bzw. der Bauch- und Rückenmuskulatur

Zusammenfassung -Isokinetisches Krafttraining:

Prinzip:

Die Last wird bei konstanter Übungsgeschwindigkeit der sich zusammenziehenden Muskulatur so angepasst, dass die erforderliche Kraft stets gleich bleibt (akkommodierender, d.h. „sich anpassender“ Widerstand).

Vorteile :

Der Muskel wird normalerweise nicht in allen Gelenkstellungen beim Heben einer Last gleich beansprucht, - nur in ungünstigen Winkelstellungen des Gelenkes ist die Belastung groß (bei fast gestrecktem Gelenk). Beim isokinetischen Krafttraining ist wegen des sich anpassenden (akkomodierenden) Widerstandes die Belastung über den gesamten Bewegungsablauf 100%. Deswegen ist der Trainingsreiz auf die Muskulatur dort optimal (siehe Abb. 13).

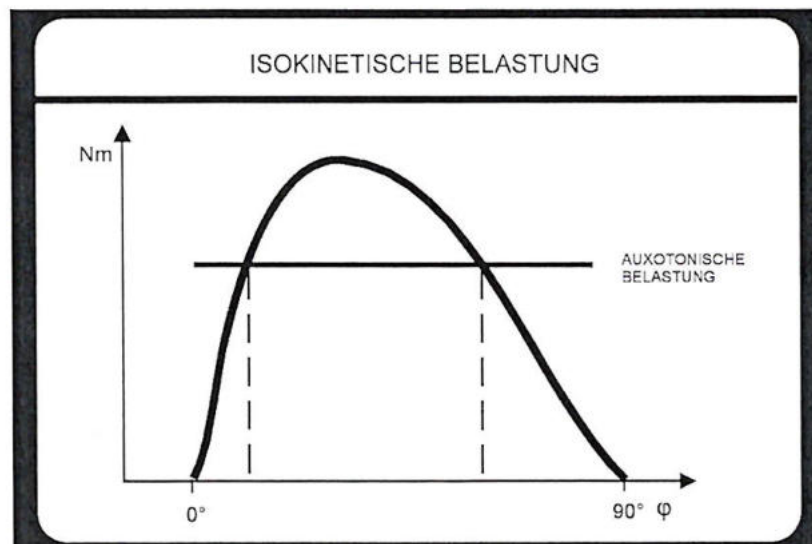


Abb. 13: Der Kraftkurvenverlauf einer Isokinetischen Belastung im Vergleich zu einer auxotonischen Belastung

Weitere Vorteile: Kurze Trainingszeiten, großer Kraftzuwachs, wenig verletzungsanfällige Methode (Anwendung bei Rekonvaleszenten).

Nachteile :

Hoher apparativer (und teurer) Aufwand, keine Beschleunigung im Bewegungsablauf möglich (besser für Ruderer als für Werfer oder Sprinter).

4.4 Definition und Struktur der Kraftfähigkeiten

Die ursprünglich aus der Trainingspraxis hervorgegangene Unterteilung der motorischen Kraft in **Maximalkraft**, **Schnellkraft** und **Kraftausdauer** hat sich bewährt und hat nach wie vor Gültigkeit. Allerdings sind die drei Subkategorien nicht gleichrangig auf einer Ebene einzuordnen, sondern die Maximalkraft bildet die *Basisfähigkeit* für Schnellkraft und Kraftausdauer (GÜLLICH/SCHMIDTBLEICHER 1999). Das heißt, das jeweilige Ausprägungsniveau der Schnellkraft oder der Kraftausdauer ist u.a. auch von dem der Maximalkraft abhängig. In der Trainingspraxis bedeutet dies, dass eine Verbesserung der Maximalkraftfähigkeiten in der Regel zu höheren Schnellkraft- und Kraftausdauerleistungen führt. Die verschiedenen Kraftfähigkeiten unterscheiden sich wiederum wesentlich voneinander durch relativ eigenständige Dimensionen der verschiedenen Arbeitsweisen der Muskulatur (dynamisch/statisch, konzentrisch/exzentrisch/isometrisch) und durch entsprechende morphologische, energetische und funktionelle Arbeitsbedingungen.

4.4.1 Zur Maximalkraft

Die Maximalkraft wird definiert als die höchstmögliche Kraft, die ein Sportler willkürlich mit isometrischer und/oder dynamischer Kontraktion gegen einen Widerstand auszuüben vermag (SCHMIDTBLEICHER 1987).

Die Maximalkraft ist der willkürlich aktivierbare Anteil der **Absolutkraft** und daher nicht mit dieser gleichzusetzen. Die Absolutkraft ist also höher als die Maximal

kraft, da sie die Summe aus (willkürlich realisierter) Maximalkraft und „Kraftreserven“ darstellt. Diese Kraftreserven (die sogenannte *autonom geschützte Reserve*) werden durch die Mobilisationsschwelle abgegrenzt und sind nur durch, z.B., elektrische Reizung, Doping oder Notsituation aktivierbar.

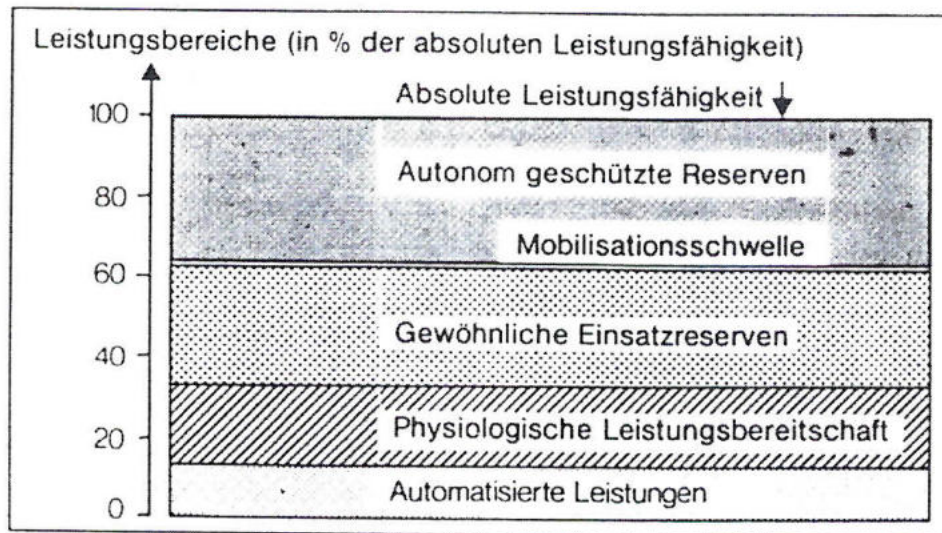


Abb. 14: Schematische Darstellung der menschlichen Leistungsbereiche (aus: WEINECK 1996⁹)

Untrainierte können in der Regel bis zu 70% ihrer Leistungsfähigkeit willentlich ausschöpfen, Sportler durch entsprechendes Training hingegen bis zu 95%. Bei beiden bleibt jedoch eine mehr oder minder große „autonom geschützte Reserve“, die nur in Extremsituationen (akute Lebensgefahr) mobilisiert werden kann.

Abbildung 14 macht deutlich, inwieweit eine Verschiebung der Mobilisationsschwelle durch sportliches Training möglich ist.

	Standard- methode I (konstante Lasten)	Standard- methode II (ansteigende Lasten)	Body- building- methode I (extensiv)	Body- building- methode II (intensiv)	Iso- kinetische Methode	Iso- metrische Methode
Belastungs- intensität	80%	70, 80, 85, 90%	60-70%	85-95%	60°/s Winkel- geschwindig- keit	70-90%
Wieder- holungs- zahlen	8-10	12, 10, 7, 5	12-8	8-5	15	10
Serien	3-5	1, 2, 3, 4	3-5	3-5	3	3-5
Belastungs- dauer						10-15s
Pausen- dauer	3 Min.	3-5 Min.	2-3 Min.	2-3 Min.	3 -5 Min.	3 Min.

Tab. 13: Methoden der wiederholten submaximalen Kontraktionen zur Auslösung der Muskelhypertrophie (modifiziert nach SCHMIDTBLEICHER 1987)

Die willkürliche Aktivierungsfähigkeit der Maximalkraft ergibt sich u.a. aus dem Zusammenspiel von Frequenzierung und Rekrutierung der motorischen Einheiten eines Muskels. Als Maß hierfür gilt das **Kraftdefizit**. Es errechnet sich aus der Differenz einer isometrischen zu einer dynamisch-exzentrischen Maximalkontraktion und gibt Aufschluss über den Trainingszustand der intramuskulären Koordination, d.h. den Qualitätsgrad des Trainingszustandes. Es beträgt zwischen 30% (bei Untrainierten) und rd. 10% (bei Trainierten). Je größer das festgestellte Kraftdefizit, desto geringer ist der Austrainiertheitsgrad des Sportlers bzw. desto größer sind seine (Kraft-) Leistungsreseven.

Die Maximalkraft als Kraftfähigkeit wird in erster Linie begrenzt durch den Muskelquerschnitt, den Anteil an FTG-Fasern und die intramuskuläre Koordination.

Trainingsmethodisch wird die Maximalkraft angesteuert durch

- einen individuell optimal großen Muskelfaserquerschnitt (erreichbar durch Muskelaufbautraining, s.u.) und
- eine bestmöglich ausgeprägte **intramuskuläre Koordination (IK)**, d.h. eine synchrone Aktivierung möglichst aller vorhandenen motorischen Einheiten des Muskels.

	Quasi-maximale Kontraktionen	Maximale konzent. Kontraktionen	Maximale isometr. Kontraktionen	Maximale exzent. Kontraktionen	Konzentr.-exzent. Maximalkontraktionen	Maximale isokinet. Kontraktionen
Belastungsintensität	90, 95, 97, 100%	100%	100%	bis 150%	70-90%	60 -90°/s Winkelgeschwindigkeit
Wiederholungszahlen	3, 1, 1, 1+1	1	2	5	6-8	5
Serien	1, 2, 3, 4+5	5	5	3	3-5	6
Belastungsdauer			5-6s			
Pausendauer	5 Min.	3-5 Min.	5 Min.	3-5 Min.	5 Min.	-5 Min.

Tab. 14: Methoden der maximalen Kontraktionen zur Verbesserung der intramuskulären Koordination (modifiziert nach SCHMIDTBLEICHER 1987)

Beim Muskelaufbautraining (siehe Tab. 13) wird vor allem eine Zunahme der Muskelmasse angestrebt; nervale Trainingsanpassungen finden nur in geringem Maße statt. Selbstverständlich nimmt mit einem solchen Training die Maximalkraft deutlich zu. Der Effekt lässt bei drei bis vier Trainingseinheiten pro Woche nach ca. 10-12 Wochen nach; es wird ein „Kraftplateau“ erreicht. Durch ein akzentuiertes IK-Training (siehe Tab. 14) sollte ein Optimum an neuromuskulärer Koordination erreicht sein, um die vorhandene Muskelmasse effizient und optimal einzusetzen.

Nach dieser Maximalkrafttrainingsmethode ist ein Maximum an Trainingserfolg nach 6-8 Wochen zu erwarten, danach sollte wiederum die Trainingsmethode gewechselt werden.

4.4.1.1 Trainingsmöglichkeiten zur Verbesserung der Maximalkraft

Die Trainingsmethoden der Maximalkraft werden differenziert nach *hypertrophieauslösenden Methoden* (Tab. 13) und nach *Methoden zur Maximalkraftsteigerung durch Verbesserung der intramuskulären Koordination* (Tab. 14). Je nach Trainingszielsetzung bzw. -zeitpunkt im periodisierten Trainingsablauf wird die entsprechende Methodik zur Kraftsteigerung ausgewählt.

4.4.2 Zur Schnellkraft

Schnellkraft ist die Fähigkeit des neuromuskulären Systems, einen möglichst großen Impuls (Kraftstoß) innerhalb einer verfügbaren Zeit zu entfalten (GÜLLICH/SCHMIDTBLEICHER 1999)

Bei zahlreichen sportlichen Aktivitäten kommt es darauf an, dem Körper (etwa beim Sprinten) oder einem Sportgerät (z.B. einem Ball oder Speer) eine möglichst hohe Geschwindigkeit zu ermöglichen. Dazu muss die vorhandene Kraftfähigkeit im Zuge des zur Verfügung stehenden Beschleunigungsweges möglichst schnell und explosiv mobilisiert werden, d.h. in möglichst optimal kurzer Zeit muss eine möglichst hohe Muskelkraft willentlich zu aktivieren sein. Diese konditionelle Fähigkeit wird als Schnellkraft(-fähigkeit) bezeichnet.

Die Schnellkraft wird bei isometrischen und konzentrischen Kontraktionen von drei Kraftkomponenten maßgeblich beeinflusst:

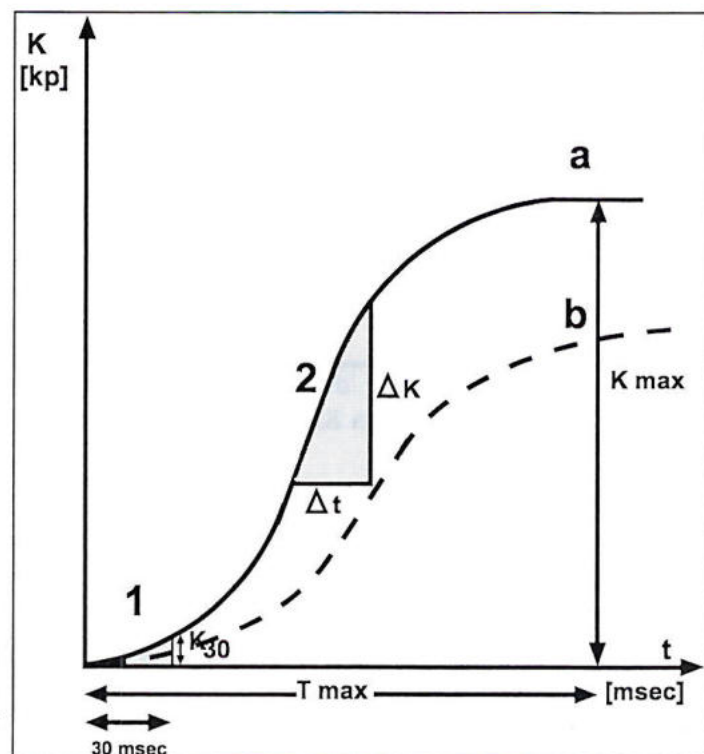
- Maximalkraft
- Explosivkraft
- Startkraft.

Abb. 15: Die Komponenten der Schnellkraftfähigkeit

Schnellkraftfähigkeit Komponente 1
= Startkraft

Schnellkraftfähigkeit Komponente 2
= Explosivkraft
und

Der Kraft-Zeit-Verlauf der Kraftanstiegskurve bei einem Schnellkrafttrainierten Sportler (a) und einem Schnellkraftuntrainierten Sportler (b) im Vergleich.



Aus dem oben Gesagten wird deutlich, dass Schnellkraft immer disziplin- und sportartbezogen ausgeprägt ist. Während es beim Boxen z.B. darauf ankommt, bereits zu Beginn des Schlages möglichst schnell (ansatzlos) zu beschleunigen, um einen „harten“ Schlag zu produzieren, kommt es beim zeitlich wesentlich längeren Speerwurf darauf an, erst beim Abwurf die maximale Beschleunigung zu erreichen. Neben einem hohen Kraftimpuls zu Beginn des Wurfes ist also auch noch der Beschleunigungsweg, die Wurfdynamik mit der Fähigkeit, einen längerfristigen Kraftanstieg mit hoher Endgeschwindigkeit zu realisieren, entscheidend. Je kürzer der Beschleunigungsweg, desto mehr ist die Endgeschwindigkeit von Start- und Explosivkraft abhängig. Je länger der Beschleunigungsweg, desto entscheidender wird die Maximalkraftkomponente. Aus diesem Grund muss die Schnellkraftfähigkeit immer unter dem Gesichtspunkt des sportartspezifischen Anforderungsprofils trainiert werden.

Die **Startkraft** bezeichnet die Fähigkeit des neuromuskulären Systems, zu Beginn eines Kraftverlaufs einen möglichst hohen Kraftanstieg zu erzielen. BÜHRLE (1985) definiert die Startkraft als die Kraftentwicklung während der ersten 30 ms (Millisekunden) des Anstieges der Kraft-Zeit-Kurve. Die Startkraft ist eine Subkategorie der Explosivkraft, sie ist leistungsbestimmend bei Bewegungen, die eine hohe Anfangsgeschwindigkeit erfordern (z.B. beim Boxen). Die Startkraft basiert auf der Fähigkeit zu Kontraktionsbeginn möglichst viele motorische Einheiten aktivieren zu können. Mit **Explosivkraft** wird die Fähigkeit bezeichnet, den begonnenen Kraftanstieg mit möglichst steiler Kraftanstiegskurve realisieren zu können und diesen dann maximal weiterzuführen; der Kraftzuwachs pro Zeiteinheit steht im Vordergrund. Kennzeichnend dafür ist daher der Quotient des steilsten Kraftanstieges im gradlinigen mittleren Verlauf der Kraft-Leistungs-Kurve (siehe Abb. 15). Leistungsbegrenzend für Start- und Explosivkraft ist die Maximalkraft und somit auch Muskelquerschnitt, Rekrutierung und Frequenzierung der motorischen Einheiten. Hinzu kommen Faserverteilung, Viskosität, ATP- und KP-Gehalt sowie Enzymbesatz der Muskelfasern. Bei niedrigen Widerständen dominiert die Startkraft, bei zunehmender Last und damit verlängertem Krafteinsatz dominiert die Explosivkraft, bei sehr hohen bis maximalen Lasten dominiert die Maximalkraft (WEINECK 1996). Abbildung 15 verdeutlicht die Zusammenhänge der drei Komponenten.

4.4.2.1 Trainingsmöglichkeiten zur Verbesserung der Schnellkraft

In der Regel wird beim Schnellkrafttraining eine gleichzeitige Entwicklung von Maximal- und Schnellkraft innerhalb derselben Trainingseinheit angestrebt. Im Allgemeinen wird es daher nach dem sogenannten „Pyramidentraining“ absolviert. Dabei wird mit 70% der Maximalkraftleistung begonnen und unter Steigerung des Krafteinsatzes von einer (Wiederholungs)Serie zur nächsten bis zu 100% der Maximalleistung trainiert, bei gleichzeitiger Verringerung der Wiederholungszahlen (siehe Tab. 15).

	Schnellkraft- methode	Pyramiden- methode
Belastungs- intensität	35-50%	80, 85, 90, 95, 100, 90, 80%
Wiederholungs- zahlen	7	7, 5, 3, 2, 1, 3, 7
Serien	5	1, 2, 3, 4, 5, 6, 7
Pausen- dauer	3-5 Min.	3-5 Min.
Bewegungs- tempo	maximal schnell	zügig

Tab. 15: Mischmethoden des intramuskulären Schnellkraft- und Muskelquerschnittstrainings (modifiziert nach Schmidtbleicher 1987)

Anschließend verläuft das Belastungsschema in umgekehrter Richtung. Mit solchen Programmen werden besonders bei Anfängern, Kindern und in der Rehabilitation nach Verletzungen positive Ergebnisse erzielt. Im Leistungsbereich hat sich jedoch die Trennung von Maximal- und Schnellkrafttraining besser bewährt. Neben der „klassischen“ Schnellkraftmethode (s.u.) kommen dabei vor allem IK-Krafttrainingsmethoden zum Einsatz (siehe Tab. 14).

(Literaturhinweis zum ergänzenden Eigenstudium: GROSSER, M.: Schnelligkeitstraining. Grundlagen, Leistungssteuerung, Programme. BLV-Sportwissen 1991.)

4.4.3 Zur Kraftausdauer

Die Kraftausdauer ist ebenso wie die Schnellkraft eine Kombinationseigenschaft, gebildet aus Kraft und Ausdauer. Man unterscheidet bezüglich der Arbeitsform zwischen *statischer* und *dynamischer* Kraftausdauer.

Mit Kraftausdauer wird die Fähigkeit des neuromuskulären Systems bezeichnet, eine möglichst große (Kraft-) Impulssumme in einem definierten Zeitraum gegen höhere Lasten (mehr als 30 % der Maximalkraft) zu produzieren und dabei die Reduktion der produzierten Impulse im Verlauf der Belastung möglichst gering zu halten (SCHMIDTBLEICHER 1987).

Aufgrund der Vielzahl von möglichen Kombinationen der Kraftausdauerfähigkeiten und deren (fließenden) Übergängen ist eine exakte Abgrenzung nur schwer möglich. Man unterscheidet deshalb auch zwischen *Maximalkraftausdauer*, *Schnellkraftausdauer* sowie *Ausdauerkraft* und trennt diese noch in *allgemeine* und *spezielle Kraftausdauer*.

Zur Verdeutlichung der (fließenden) Beziehungen zwischen den verschiedenen Kraftfähigkeiten wird Abbildung 16 eingefügt.

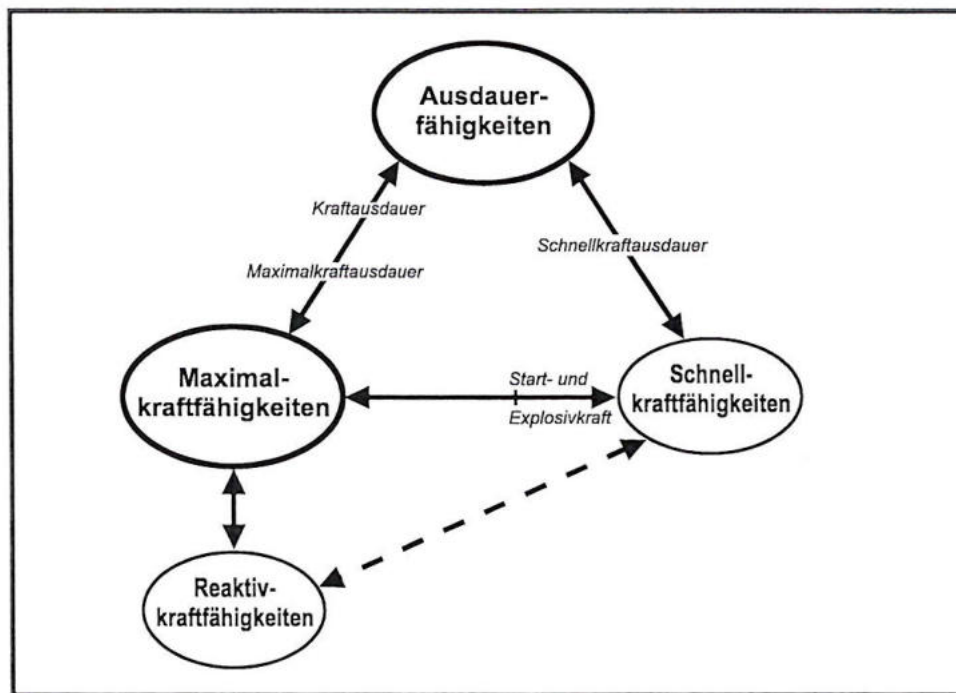


Abb. 16: Die Wechselbeziehungen der Hauptformen der Kraftfähigkeiten

SCHRÖDER (1975) wählt eine Unterteilung in Kurzzeitkraftausdauer (bis 2 Minuten), Mittelzeitkraftausdauer (2 - 8 Minuten) und Langzeitkraftausdauer (über 8 Minuten) und trifft damit eher eine an Ausdauerleistungen geknüpfte Aufteilung. Andere Autoren unterscheiden die Kraftausdauer in lokale (wenigstens 1/3 der Gesamtmuskulatur), regionale (1/3 bis 2/3) und globale Kraftausdauer (mehr als 2/3 der Gesamtmuskulatur).

Leistungsbegrenzende Faktoren der Kraftausdauer sind die Maximalkraft, aerobe und anaerobe Kapazität (= Ausdauerleistungsfähigkeit) sowie lokale und zentrale Ermüdung. Hält man die Belastung unter 30 % der individuellen Maximalkraft, ist die aerobe Ausdauer der führende, leistungslimitierende Faktor; bei mehr als 30 % ist es die Kraft, und bei einer Belastung, die 80 % überschreitet, ist das Maximalkraftniveau die leistungsbestimmende Größe.

D.h. eine Verbesserung der Kraftausdauer in diesem „hohen“ Bereich ist nur über eine Steigerung der Maximalkraft möglich. Bei Werten unter 30% der Maximalkraft ist eine Kraftausdauerverbesserung über eine Steigerung der Ausdauer möglich. Schon bei Belastungen von mehr als 50 % der Maximalkraft läuft die ATP-Resynthese fast ausschließlich unter anaeroben Bedingungen ab, da es schon bei einer Belastung von 40 % der maximalen Kraft infolge der Muskelspannung zu einem arteriellen Verschluss kommt, bei dem ein Blut- bzw. Substrataustausch in der beanspruchten Muskulatur nicht mehr möglich ist.

4.4.3.2 Trainingsmöglichkeiten zur Verbesserung der Kraftausdauer

Die Kraftausdauer ist durch Training im hohen Maße zu steigern. Es gibt, wie schon oben angedeutet, drei Möglichkeiten zur Kraftausdauerverbesserung: Maximalkraftsteigerung, Schnellkraftverbesserung und Ausdauersteigerung. Bei geringen

Belastungsintensitäten (weniger als 30 %) erreicht man eine Steigerung der Kraftausdauer durch eine Verbesserung der aeroben Kapazitäten. Will man bei höheren Belastungen (über 40 %) einen Zuwachs bezüglich der Kraftausdauer erzielen, ist eine Verbesserung der anaeroben Energiebereitstellung unumgänglich.

Das Kraftausdauertraining im unteren Leistungsbereich ist in erster Linie auf den Trainingsumfang ausgerichtet; man nutzt sowohl die extensive als auch intensive Intervallmethode. Hohe Wiederholungszahlen und geringe Erholungspausen sorgen für eine zunehmende Ermüdung.

Die typische Form des Trainings der Maximal- und Schnellkraftausdauer ist die intensive Intervallmethode, weil nur sie eine hinreichende Reizintensität beinhaltet, um Ausdauer in der Maximalkraft und in der Schnellkraft zu schulen.

Die intensive Intervallmethode verbessert die anaerobe laktazide Kraftausdauer. Die extensive Intervallmethode führt dagegen aufgrund ihrer hohen Wiederholungszahl (über 30) und geringen Belastungsintensitäten (25 - 40 %) eher zu einer Verbesserung der aeroben Ausdauer.

Methode	Reizintensität	Wiederholungszahl	Pausen	Serien	Bewegungstempo	vorrangiges Trainingsziel
Intensive Intervallmethode	30-70%	8-20	60-90s	3-5	zügig-explosiv	Maximalkraft- und Schnellkraftausdauer
Extensive Intervallmethode	40-60%	15-30	30-60s	3-5	zügig	allgemeine Kraftausdauer
Extensive Intervallmethode	20-40%	über 50	30-60s	4-6	zügig	Ausdauerkraft

Tab. 16: Die verschiedenen Kraftausdauertrainingsmethoden
(modifiziert aus: LETZELTER/LETZELTER 1990)

4.4.4 Zur „Reaktiven“ Kraftfähigkeit

Bei der reaktiven Kraftfähigkeit (= Reaktivkraft) scheint es sich um eine relativ eigenständige Krafterscheinungsform zu handeln (GOLLHOFER 1987; ZATSIORSKY 1996; NEUBERT 1999).

Da es bei den menschlichen Bewegungsformen selten Bedingungen gibt, bei denen es sich um reine konzentrische oder reine exzentrische Muskelaktionen handelt, sondern meistens zunächst eine exzentrische Aktion mit einer anschließenden konzentrischen Aktion auftritt, wie z.B. beim Laufen, Springen oder Absprungbewegungen in der Leichtathletik, bezeichnet man diese Kombination von Muskelaktionen als „**Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus**“ (DVZ) (vgl. SCHMIDTBLEICHER 1985; KOMI 1994).

Es wird angenommen, dass rd. 90% aller sportlichen Bewegungen einen Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus beinhalten (GÜLLICH/SCHMIDTBLEICHER 1999). Bei der kurzen exzentrischen Dehnung der Muskulatur kommt es zu einem eigenständigen Innervations- und Elastizitätsverhalten. In die anschließende konzentri-

sche Phase fließen die Voraktivierung, Reflexivität und die gespeicherte elastische Spannungsenergie ein, so dass in der Regel dann eine höhere Muskelspannung (= Kraft) in der konzentrischen Phase erreicht wird. Wird die Muskelaktionsform des DVZ im Zusammenhang mit sportlichen Bewegungen gesehen, spricht man auch von **reaktivem Bewegungsverhalten** (vgl. FRICK 1993).

SCHMIDTBLEICHER und GOLLHOFER (1985) erklären das reaktive Bewegungsverhalten als die Fähigkeit des Organismus, „aus einer abbremsenden (exzentrischen) Bewegung heraus in kürzester Zeit einen möglichst hohen konzentrischen Kraftstoß realisieren zu können“.

Der Vorteil des DVZ besteht darin, dass durch die Vordehnung in der exzentrischen Phase die Kraft in der sich anschließenden konzentrischen Phase verstärkt werden kann. Das Besondere der reaktiven Bewegungsleistung liegt in der Bedeutung der leistungspotenzierenden Effekte, die durch den DVZ hervorgerufen werden können (vgl. SCHMIDTBLEICHER/ GOLLHOFER 1985).

Als Grund für die Leistungspotenzierung im DVZ nimmt man das elastische Verhalten des Muskels während und kurz nach der exzentrischen Muskelaktion an. Wird der Muskel gedehnt, verändern sich die Bedingungen im Muskel so, dass die entstehende Kraft bei einer sich anschließenden konzentrischen Phase vergrößert werden kann. Das heißt, dass wenn ein aktivierter Muskel gedehnt oder ein passiv gedehnter Muskel aktiviert wird, der Muskel seine Spannung erhöht und elastisches Energiepotential in seinen serienelastischen Komponenten (SEK) speichert. Ein Teil dieser gespeicherten Energie kann dann wieder genutzt werden, wenn die Zeit zwischen der Dehnung und der Verkürzung nicht zu lang ist, da ansonsten die gespeicherte Energie als Wärme verloren geht. Folgt der exzentrischen Phase jedoch sofort die konzentrische Phase, kann ein großer Teil der gespeicherten Energie für die Verrichtung der äußeren Arbeit genutzt werden.

Man unterscheidet langsame Dehnungs-Verkürzungs-Zyklen, z.B. beim Volleyball (Dauer ca. 300 ms) von schnellen Dehnungs-Verkürzungs-Zyklen, wie sie z.B. beim Absprung im Weitsprung auftreten (Dauer etwa 120 ms). Beim Training der reaktiven Kraftfähigkeit, z.B. durch **Tiefsprünge** (Dropjumps, Abb. 16a), kommt es zu einer komplexen Kombination verschiedener Muskelkontraktionsformen.

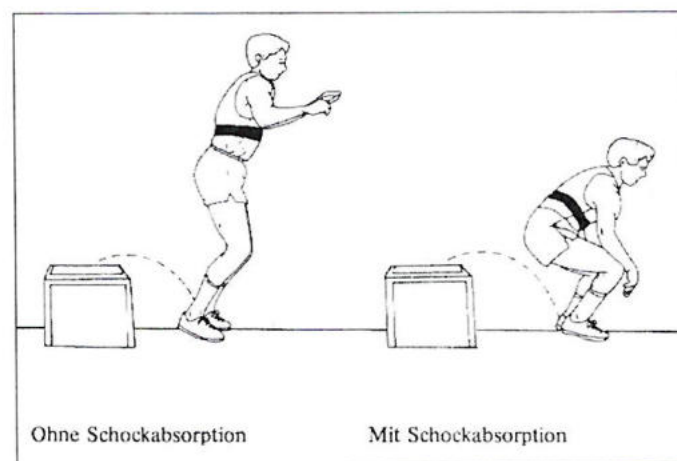


Abb. 16a: Möglichkeiten des Tiefsprungtrainings

Hier wirken Vorinnervation, Dehnungsreflex, Innervationshemmung und elastische Komponenten der Muskulatur zusammen und schaffen so die Voraussetzung zur Kraftverbesserung durch eine verbesserte Koordination des Nerven-Muskel-Systems (= intramuskuläre Koordination). Hierbei werden Kraftwerte erreicht, die weit über den willkürlich erreichbaren liegen. Reaktives Krafttraining verbessert daher auch immer die intramuskuläre Koordination und steigert damit die Maximalkraft- und Schnellkraftleistungen.

4.4.4.1 Trainingsmöglichkeiten zur Verbesserung der „reaktiven Kraftfähigkeit“

Zur Verbesserung der „reaktiven Kraftfähigkeit“ sind in aller erster Linie alle Arten von Sprüngen geeignet. Insbesondere die sogenannten „Tiefsprünge“ haben hier ihre große Bedeutung (siehe Abb. 16a, b, c und Tab. 17).

	Hüpfen beid- und einbeinig	Sprung- übungen	Tief- sprünge
Belastungs- intensität	ohne Zusatzlast	ohne Zusatzlast	ohne Zusatzlast
Wiederholungs- zahlen	30	10	6-8
Serien	3	3	6-8
Pausen- dauer	5 Min.	5 Min.	5-10 Min.

Tab. 17: **Methoden des „Reaktiven“ Krafttrainings**
(modifiziert nach SCHMIDTBLEICHER 1987)

Wegen der hohen Belastung für den Knochen- und Bandapparat, insbesondere der Kniegelenke, sind sie jedoch nur für Sportler ohne Knieschädigungen zu empfehlen, außerdem sei noch auf das massive Auftreten von „Muskelkater“ nach dieser kombiniert exzentrisch-konzentrischen Belastung hingewiesen (siehe Abb. 16a, b, c)

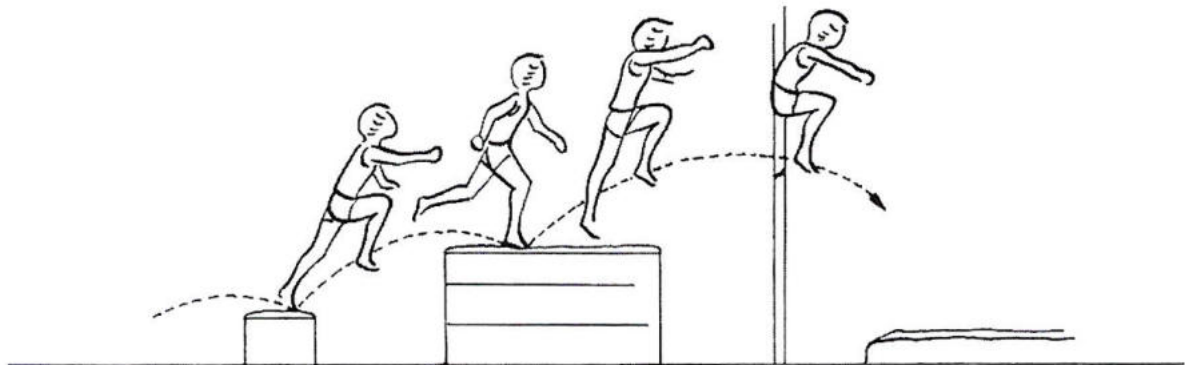


Abb. 16b: Reaktivkrafttraining mit ansteigendem Kastenhinderniss

4.5 Zur Periodisierung des Krafttrainings

Grundsätzlich sind in den ersten 14 Tagen bis 3 Wochen alle Krafttrainingserfolge auf eine Verbesserung der inter- und intramuskulären Koordination zurückzuführen. Leistungssteigerungen von 20 - 40 % sind dabei keine Seltenheit. Frühestens nach 10 - 14 Tagen kann die Kraftsteigerung auf Muskelhypertrophie zurückgeführt werden (siehe Abb. 17).

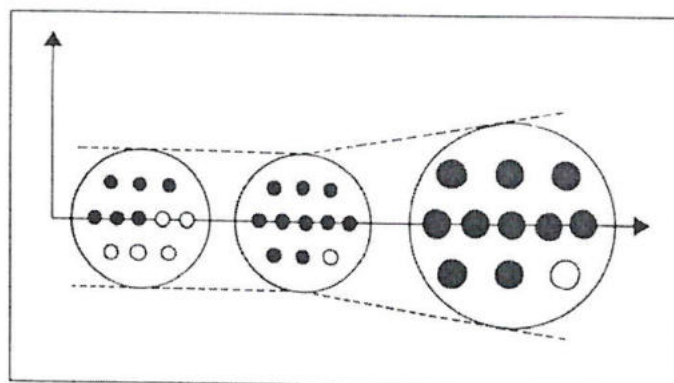


Abb. 17: Der Mechanismus des Krafttrainings

Zuerst kommt es zu einer verbesserten intramuskulären Koordination, dann erst erfolgt die Muskelfaserhypertrophie. Bei „maximaler“ Hypertrophie der Muskelfaser soll es zu einer Längsaufspaltung der Faser kommen, der sogenannten „Hyperplasie“, deren Vorkommen beim Erwachsenen aber immer noch umstritten ist (SCHMIDTBLEICHER 1994).

Dieser Wachstumseffekt erreicht nach ca. 6 - 8 Wochen ein Plateau. Danach sind Leistungsverbesserungen nur noch langsam und schwer zu erzielen. Weitere Leistungsverbesserungen sind dann nur noch über eine Änderung der Krafttrainingsmethode zu erzielen, etwa Maximalkrafttraining zur Verbesserung der intramuskulären Koordination oder ein Krafttraining zur Verbesserung der Kraftausdauerfähigkeiten. Auch hierbei wird nach ca. 4 - 6 Wochen ein Plateau erreicht, und die Kraftbasis muss dann durch ein erneutes Training der Maximalkraft - durch "Muskelquerschnittstraining" - erweitert werden (siehe Abb. 18).

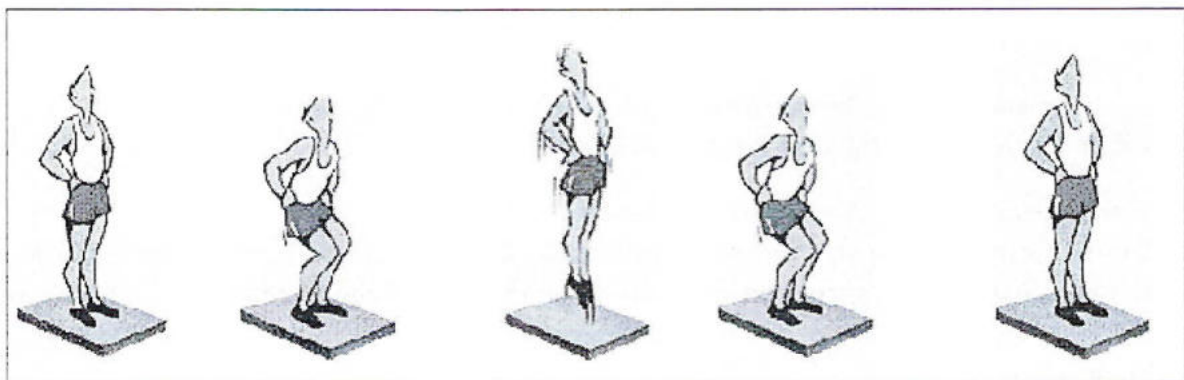


Abb. 16c: Durchführung eines Sprungkrafttests auf einer Bodenreaktionskraftmessplatte

Das Krafttraining sollte also ergänzend und kombiniert zum Training in der Kernsportart periodisiert werden. In der Phase der Saisonvorbereitung muss m.E. ein Muskelaufbautraining durchgeführt werden, das rechtzeitig vor Beginn der Wettkampfsaison auf die notwendigen Leistungsvoraussetzungen der Wettkampfdisziplin bzw. -sportart verändert wird, um den Anforderungen des Wettkampfes optimal gewachsen zu sein. Während der Wettkampfsaison wird in der Regel ein im Umfang reduziertes, niveauerhaltendes Krafttraining durchgeführt.

Grundsätzlich gilt hierbei:

- Technik und Schnelligkeit vor Maximalkraft
- Maximalkraft vor Ausdauer
- Schnelligkeit und Schnellkraft vor Technik

- Kraftausdauer und allgemeine Ausdauer immer am Ende einer Trainingseinheit

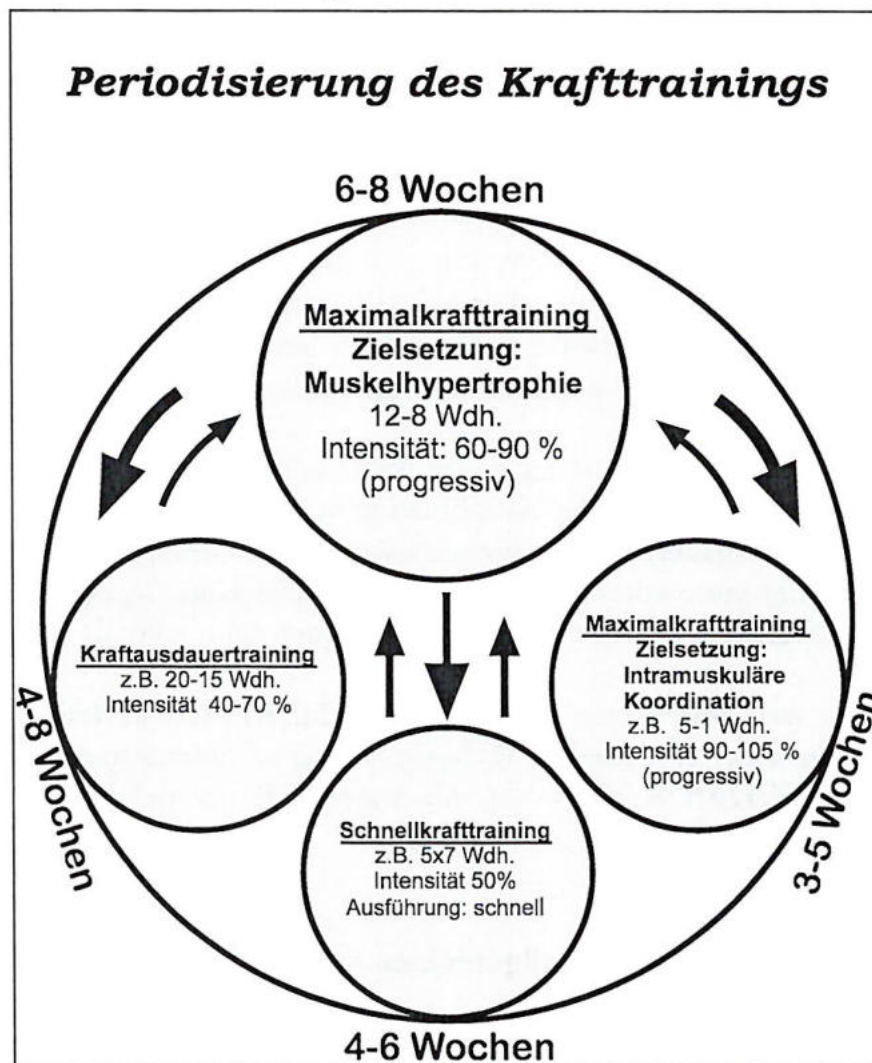


Abb. 18: Der Periodisierungsablauf beim zielgerichteten Krafttraining

Nach einer Phase des hypertrophieauslösenden Maximalkrafttrainings zum Muskelaufbau muss, je nach Zielsetzung des Krafttrainings, zur weiteren Kraftsteigerung eine Trainingsphase mit Kraftausdauer- oder intramuskulärem Maximalkrafttraining, oder Schnellkrafttraining folgen um weitere Leistungsverbesserungen zu erzielen. Auch hierbei wird nach 4 - 8 Wochen ein Plateau erreicht, so dass eine erneute Phase des „Muskelaufbautrainings“ notwendig wird, um die Basis für weitere Verbesserungen zu schaffen.

4.6 Allgemeine Richtlinien für Krafttraining (Freizeit und Jugendliche)

Beim Krafttraining mit Kindern und Jugendlichen sowie beim „freizeitorientierten“ Krafttraining sollten vom Übungsleiter bzw. Sportler ein paar allgemeine Sicherheits- und Verhaltensregeln beachtet werden. Diese werden im Folgenden kurz stichwortartig genannt.

Zu fordern sind :

- ärztliche Erstuntersuchung vor Aufnahme eines Krafttrainings,
- Übungen mit Scheibenhantel erst nach dem 14. Lebensjahr,
- genaue und exakte Einweisung an den Krafttrainingsgeräten,

- Prüfung der Funktionssicherheit der Geräte,
- Aufwärmen, Dehnen und Lockern vor dem eigentlichen Training,
- exakte Technik beim Gewichtheben im Stand, d.h. Rücken flachgestreckt, Aufrichten des Oberkörpers durch Knie- und Hüftgelenk, Kopf hoch mit Blick nach vorne (Wirbelsäule gestreckt), Hantel dicht am Schienbein hoch (verkürzter Lastarm), eventuell Fersen erhöhen zur Entlastung der Achillessehnen,
- Steigern der Belastung (d.h. „progressiv“ trainieren, Anpassung der Trainingsbelastung an den Kraftzuwachs),
- Vorsicht mit schweren Gewichten bei Ermüdung, da erhöhte Verletzungsgefahr wegen schlechterer Koordination.

Abschließend und ergänzend sei an dieser Stelle auf die veränderten und verlängerten Regenerationszeiten bei der Kombination verschiedener Trainingsmethoden (z.B. Kraft- und Ausdauertraining) hingewiesen. Übertrainingseffekte sollten längerfristig unbedingt vermieden werden (vgl. dazu auch Kap. 7). Auf die Möglichkeiten trainingsbegleitender Regenerationsmaßnahmen sei nochmals hingewiesen.

(Literaturhinweis zum ergänzendem Eigenstudium: EHLEZ/GROSSER/ ZIMMERMANN: Krafttraining. Grundlagen, Methoden, Übungen, Trainingsprogramme. BLV-Sportwissen 2003⁷; ZATSIORSKY, V. M.: Krafttraining - Praxis und Wissenschaft. Aachen 1996)

4.7 Praktisches Beispiel für ein allgemeines Krafttraining

Während bis in die 80er Jahre vor allem die Bedeutung des Ausdauertrainings für die Gesundheit betont wurde (siehe Kapitel 3.4), wird in den letzten Jahren zunehmend auch der gesundheitliche Wert eines Krafttrainings propagiert, und dementsprechend werden vorbeugende (präventive) und die Alltagsbelastungen ausgleichende Krafttrainingsprogramme gefordert. Denn, ebenso wie die (Grundlagen-) Ausdauer sollte die Kraft in regelmäßigen Abständen trainiert werden, um einen Muskel- und Kraftverlust zu vermeiden. Im „normalen“ Alltag werden die Muskeln nicht ausreichend trainiert, insbesondere bei „sitzenden Tätigkeiten“ werden die Bauch- und Rückenmuskeln so gut wie überhaupt nicht gefordert, erschlaffen daher ohne Training schnell. Nicht von ungefähr haben rd. 80% unserer erwachsenen Bevölkerung schon mindestens einmal Rückenschmerzen gehabt bzw. stellen „Rückenschmerzen“ das häufigste orthopädische Krankheitsbild dar.

Natürlich ist es ebenso wichtig, die übrige Muskulatur dauerhaft zu trainieren, auch sie verkümmert (atrophiert) im Alltag schnell (FREIWALD 1996). An dieser Stelle wird daher ein kurzes Krafttrainingsprogramm vorgestellt, das mit wenigen Übungen die gesamte Ober- und Unterkörpermuskulatur beansprucht. Es kann in allen Fitness- und Kraftstudios, aber auch in den meisten Krafträumen von Turnhallen

und Leistungszentren durchgeführt werden und orientiert sich bei der Übungsauswahl an der üblichen Geräteausstattung derartiger Einrichtungen.

Um die *muskuläre Balance* zu erhalten, werden sowohl Agonist und Antagonist (z.B. der Armbizeps und der Armtrizeps) beansprucht. Nur so können langfristig *muskuläre Dysbalancen* vermieden werden, und Sie erreichen auf Dauer eine ausgewogene und „aufrechte“ Figur.

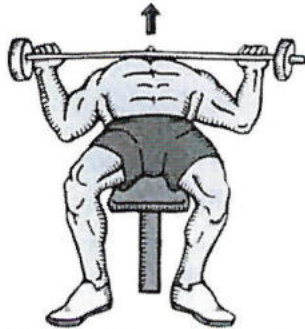
Das gesamte Programm dauert ca. 30 bis 45 Minuten - für ein Ganzkörper-Krafttrainingsprogramm sicher nicht zu viel. Dieses Programm sollten Sie in der Saisonvorbereitungsphase 2-mal wöchentlich absolvieren; führen Sie jede Übung 2- bis 3-mal mit 10 bis 15 Wiederholungen durch mit mindestens einem Tag Pause bis zum nächsten Krafttraining.

Wählen Sie dabei das Gewicht so, dass Sie 15 Wiederholungen gut schaffen können. Dieses Muskelaufbautraining können Sie in der Hauptwettkampfsaison verändern, indem Sie mit reduzierten Gewichten nur 1-mal wöchentlich mit 15 bis 30 Wiederholungen zur Kraftausdauerverbesserung und Muskelerhaltung trainieren.

Führen Sie bitte vor dem Krafttraining Ihr Gymnastik- und Beweglichkeitsprogramm zur Erwärmung durch (mindestens 15 Minuten) und am Ende des Krafttrainings noch ein Dehnungstraining zur Verbesserung der Beweglichkeit; dieses mindestens 5 bis 10 Minuten.

Auf diese Weise können Sie mit 1 oder 2 Stunden Training pro Woche Ihre Kraft und Ihre Beweglichkeit verbessern bzw. auf gutem Niveau aufrechterhalten.

4.7.1 Übungsauswahl für ein „Ganzkörper-Krafttrainingsprogramm“ zur Vermeidung von muskulären Dysbalancen



Krafttrainingsübung 1: Langhanteldrücken / „Bankdrücken“

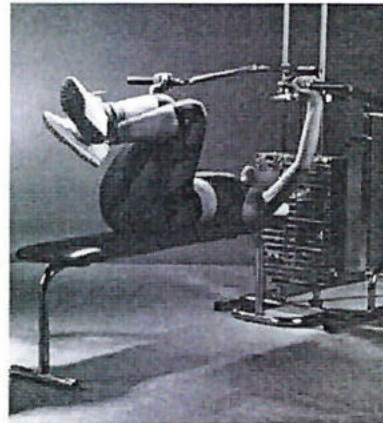
Klassische Krafttrainingsübung für den gesamten Oberkörper.

Füße auf die Drückerbank legen (Entlastung der Wirbelsäule).

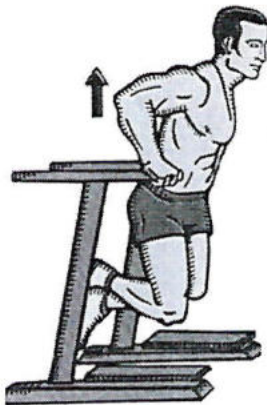
Die Hantel auf Höhe der Brustwarzen halten, hochdrücken bis die Arme gestreckt sind (dabei ausatmen), dann langsam wieder absenken.

Hauptsächlich trainierte Muskeln:

M. pectoralis major (großer Brustmuskel), M. triceps brachii (dreiköpfiger Oberarmmuskel), M. deltoideus (Deltamuskel), M. serratus anterior (Sägemuskel)



Alternativübung Bankdrücken



Krafttrainingsübung 2: Barrenstütz (Dips)

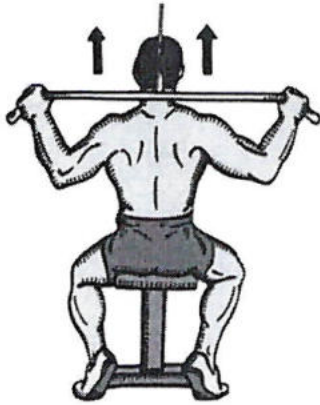
Kräftigungsübung für die Streckmuskulatur des Oberkörpers. Zwischen die zwei Holme stellen und durch Streckung der Arme nach oben drücken (dabei ausatmen). Dann langsam herablassen, bis die Ellenbogen ca. 90-100° gebeugt sind.

Hauptsächlich trainierte Muskeln:

M. triceps brachii (dreiköpfiger Oberarmmuskel), M. pectoralis major (großer Brustmuskel)



Alternativübung Dips



Krafttrainingsübung 3:

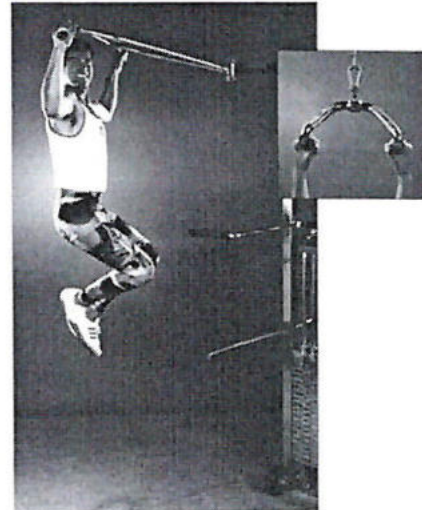
Latissimus ziehen (Lat-ziehen)

Kräftigungsübung für den oberen Rücken, die Schultern und Arme.

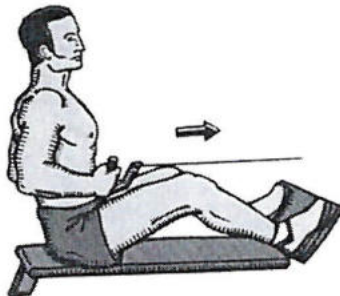
Die Zugstange deutlich über Schulterbreite fassen, aus gestreckter Armposition senkrecht bis in den Nacken ziehen (dabei ausatmen), dann wieder kontrolliert nach oben lassen.

Hauptsächlich trainierte Muskeln:

M. biceps brachii (zweiköpfiger Oberarmmuskel), M. latissimus dorsi (breiter Rückenmuskel), M. brachioradialis (Oberarm-Speichen-Muskel), M. pectoralis major (großer Brustmuskel), M. brachialis (tiefer Armbeuger)



Alternativübung Klimmzüge

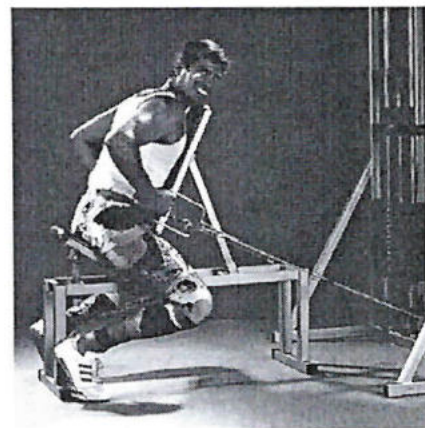


Krafttrainingsübung 4:

Latissimus-Rudern

Kräftigungsübung für die Rückenmuskulatur.

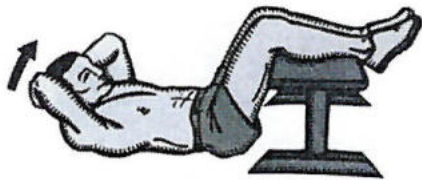
Den Griff mit gestreckten Armen eng fassen, dabei sind die Beine leicht gebeugt, der Rücken ist gerade. Dann den Griff aus den Armen mit Anspannung der Rückenmuskulatur bis zum Bauch ziehen (dabei ausatmen), die Schulterblätter in der Endphase des Zuges zusammenpressen. Danach wieder kontrolliert nach vorne lassen, ohne den Oberkörper zu neigen.



Alternativübung Lat.-Rudern aufgelegt

Hauptsächlich trainierte Muskeln:

M. biceps brachii (zweiköpfiger Oberarmmuskel), M. latissimus dorsi (breiter Rückenmuskel), M. rectus abdominis (gerader Bauchmuskel), M. pectoralis major (großer Brustmuskel), M. infraspinatus (Untergrätenmuskel), M. trapezius (Kapuzenmuskel)



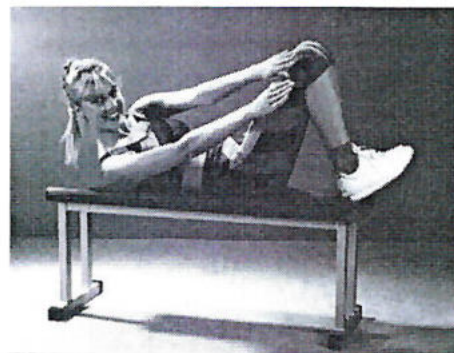
Krafttrainingsübung 5: Crunches

Klassische Übung für die gerade Bauchmuskulatur.

Die Beine ca. 90° gebeugt auf eine Ablage auflegen, nicht fest- oder einklemmen. Durch Anspannen der Bauchmuskulatur die Schulterblätter etwa 10-15 cm vom Boden abheben (dabei ausatmen). Dabei nicht mit dem Kopf nicken oder mit den Ellenbogen Schwung holen.

Hauptsächlich trainierte Muskeln:

M. rectus abdominis (gerader Bauchmuskel) M. pectoralis major (großer Brustmuskel), Mm. ischiocrurales (Sitzbein-Unterschenkel-Muskeln), M. gluteus maximus (großer Gesäßmuskel)



Alternativübung „Schräge Bauchmuskeln“

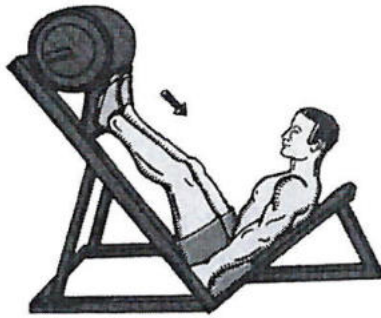
Krafttrainingsübung 6:

Seitbeugen mit Kurzhanteln

Kräftigungsübung für die seitlichen Bauchmuskeln.

Eine Hantel hinter den Kopf halten, die andere neben dem Oberschenkel in der Hand des herabhängenden Armes. Mit geradem Oberkörper zur Seite neigen, nach einigen Wiederholungen die Seite wechseln.

Hauptsächlich trainierte Muskeln: M. obliquus externus abdominis (äußerer schräger Bauchmuskel) M. pectoralis major (großer Brustmuskel), Mm. Ischiocrurales (Sitzbein-Unterschenkel-Muskeln), M. gluteus maximus (großer Gesäßmuskel) M. infraspinatus (Untergrätenmuskel), M. deltoideus (Deltamuskel)



Krafttrainingsübung 7: Beinpresse

Trainingsübung für die Beine und das Gesäß.

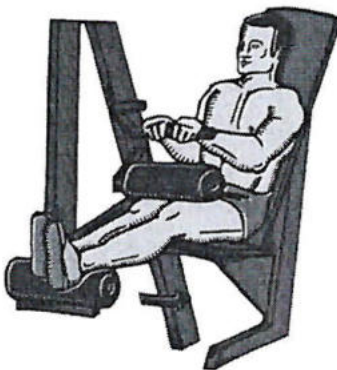
Mit geradem Rücken in der Beinpresse angelehnt sitzen, dabei sind die Beine schulterbreit geöffnet. Das Gewicht langsam nach oben drücken, dabei unbedingt ausatmen. Wichtig, die Beine niemals völlig durchstrecken. Danach das Gewicht kontrolliert wieder herablassen, bis die Knie ca. 100° gebeugt sind.

Hauptsächlich trainierte Muskeln:

M. vastus lateralis, M. vastus medialis, M. tibialis anterior (äußerer, mittlerer und innerer Schenkelmuskel), M. rectus femoris (gerader Oberschenkelmuskel), M. gastrocnemius (zweiköpfiger Wadenmuskel), M. soleus (Schollenmuskel)



Alternativübung Beinpresse



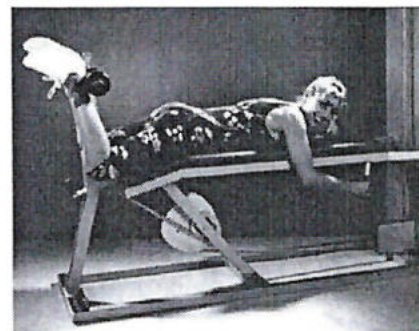
Krafttrainingsübung 8: Beinbeuger (Beincurls)

Kräftigungsübung der Beinbeuger.

Das Gewicht durch bewusstes anspannen der hinteren Beinmuskulatur so nahe wie möglich zum Gesäß bringen (dabei ausatmen). Danach wieder kontrolliert nach vorne schwingen.

Hauptsächlich trainierte Muskeln:

Mm. ischiocrurales (Sitzbein-Unterschenkel-Muskeln), M. gastrocnemius (zweiköpfiger Wadenmuskel), M. iliopsoas (Hüft-Lenden-Muskel), M. erector spinae (Rückenstrecker)



Alternativübung Beinbeuger liegend

5. Schnelligkeitsfähigkeiten

Schnelligkeit ist die Fähigkeit, aufgrund der Beweglichkeit der Prozesse des Nerven-Muskel-Systems und des Kraftentwicklungsvermögens der Muskulatur motorische Aktionen in einem unter den gegebenen Bedingungen minimalen Zeitabschnitt zu vollziehen (WEINECK 1996).

Die Schnelligkeit hat nicht für alle Sportarten gleichgroße Bedeutung. Für bestimmte Lauf-, Sprung- und Sportsportarten ist sie leistungsbestimmender als beispielsweise für Kraftsportarten, technisch kompositorische Zweikampf- und Ausdauersportarten. Auch ist die gesundheitliche Bedeutung der Schnelligkeit im Gegensatz zu der Ausdauer, Kraft und Flexibilität bei Weitem geringer.

5.1 Arten der Schnelligkeit

Betrachtet man Schnelligkeit als konditionelle Fähigkeit des Menschen, dann sind vier unterschiedliche Faktoren wichtig:

1. Reaktionszeit
2. Geschwindigkeit einer einzelnen Bewegung
3. Bewegungsfrequenz
4. Fortbewegungsgeschwindigkeit

Die **Reaktionsschnelligkeit** resultiert aus der Reaktionszeit, die beim Setzen eines Reizes (z.B. Startschuss) beginnt und bei der ersten wahrnehmbaren Muskelkontraktion endet. Die Mindestzeit beträgt beim optischen Signal 0,15 - 0,2 sec, beim akustischen Signal 0,12 - 0,27 sec. Diese Werte gelten für Durchschnittspersonen und können durch Übungen verkürzt werden. Einfachere Reaktionsabläufe können in Größenordnungen von 10 – 15 % durch Übungen verkürzt werden, komplizierte Reaktionen sogar zu 30 – 40 %.

Die **Geschwindigkeit von Einzelbewegungen**, auch azyklische Geschwindigkeit genannt, beispielsweise eines Armes oder eines Beines, kann bei ein und derselben Person unterschiedlich ausgeprägt sein. Ein Sportler kann über schnelle Bein- aber langsame Armbewegungen verfügen.

Die maximale **Bewegungsfrequenz** liegt in den verschiedenen Gelenken unterschiedlich hoch. Während sie in den Zwischenfingerelenken 300 - 400/min erreichen kann, beläuft sie sich in den Fingergrundgelenken auf 480 - 540 und im Handgelenk auf bis zu 690 Bewegungen pro Minute.

Fortbewegungsgeschwindigkeit ist eine Eigenschaft des Gesamtkörpers; es ist zwischen einer Grundschnelligkeit und einer Schnelligkeitsausdauer zu unterscheiden. Grundschnelligkeit beinhaltet die maximal erreichbare Geschwindigkeit innerhalb eines zyklischen Bewegungsablaufes - Schnelligkeitsausdauer hingegen stellt die Zeitspanne dar, über die eine submaximale Geschwindigkeit unverändert hoch

durchgehalten werden kann; u.a. deshalb spricht man bei Fortbewegungsgeschwindigkeit auch von zyklischer Schnelligkeit.

Sowohl von azyklischer als auch zyklischer Schnelligkeit spricht man nur dann, wenn weniger als 50 % der momentan zur Verfügung stehenden Maximalkraft eingesetzt werden. Bei mehr als 50 %-igem Maximalkrafteinsatz spricht man von **Kraftschnelligkeit**, z.B. beim Überwinden des eigenen Körpergewichts beim Sprintstart. Schnelligkeit wird auch als gemischt konditionell-koordinative Fähigkeit bezeichnet.

Biologisch betrachtet, setzt sich die Schnelligkeitsleistung nämlich aus Kraftfähigkeit auf der einen und Koordinationsfähigkeit auf der anderen Seite zusammen. Am Beispiel des 100m-Laufs kann dies verdeutlicht werden. Biomechanisch gesehen, setzt sich die 100m-Leistung aus einer bestimmten Anzahl von Schritten und einer entsprechenden Schrittlänge zusammen. Die Schrittlänge ist abhängig von der Frequenzfähigkeit, d.h. von der Steuerungsfähigkeit des zentralen Nervensystems, möglichst viele Schritte in einer vorgegebenen Zeit durchzuführen. Die Schrittlänge ist abhängig von der Stütz- und Streckkraft der Bein- und Hüftmuskulatur.

Alle bei der Maximal- und Schnellkraft wichtigen Aspekte sind folglich auch als biologische Voraussetzung für schnelle Bewegungen anzusehen, insbesondere

- die intramuskuläre Koordination,
- der Anteil der schnellen und langsamen Muskelfasern,
- die Viskosität und Elastizität der Muskulatur,
- der ATP- und KP-Gehalt im Muskel,
- der Muskelquerschnitt,
- die Anzahl der Muskelfasern und
- die Frequentierung bzw. Kontraktionsgeschwindigkeit der Muskulatur.

Für die Realisierung schneller Bewegungen bei zyklischen Sportarten sind weiterhin folgende biologische Aspekte von Bedeutung:

- Reizleitungsgeschwindigkeit im Nervensystem - sie bestimmt die Reaktionszeit auf akustische oder optische Signale,
- intermuskuläre Koordination - hierunter versteht man die Abstimmung der synergistisch, agonistisch und antagonistisch tätigen Muskulatur durch Verschaltung verschiedener Reizmuster bei der Ausführung von Bewegungen; man spricht hier auch von Bewegungstechnik. Der Qualitätsgrad der Bewegungstechnik ist folglich eine leistungsbestimmende Komponente schneller Bewegungen (z.B. Lauftechnik beim Sprint). Bei allen Sportdisziplinen, in denen zyklische Bewegungen mit maximaler Schnelligkeit realisiert werden müssen, ist folglich eine optimale Technikausprägung ein primäres Trainingsziel.

- Bewegungsrhythmus - hierunter versteht man die zeitlich-dynamische Abstimmung der Bewegungsteile bzw. Bewegungen; Rhythmus ist vorwiegend anlagebedingt, kann aber durch Training entscheidend verbessert werden,
- Flexibilität und allgemeine Gewandtheit - eine optimale Dehnfähigkeit der Muskulatur ist Voraussetzung für alle Schnellkraft- und Schnelligkeitsdisziplinen,
- anthropometrische Merkmale - hierunter versteht man die Längenmaße von Beinen, Armen und anderen Körperteilen, die auf die Kinematik bzw. Kinetik des Bewegungsapparates einen wesentlichen Einfluss haben, sie sind genetisch bedingt und durch Training nicht veränderbar,
- Veranlagung zum Sprinter - sie bezieht sich vorwiegend auf die genetisch bedingte Anzahl der schnellzuckenden weißen und z.T. auch intermediären Muskelfasern; „geborene Sprinter“ (wie etwa der vielfache Olympiasieger Carl Lewis) verfügen über ca. 80 % solcher Fasern, die für Sprintbewegungen leistungsbestimmende Muskelgruppen sind (vgl. dazu auch Kapitel 4.2.1 Muskelfasertypen).

Weitere wichtige Komponenten sind:

- eine optimale Vorspannung der Muskulatur,
- eine ausreichend hohe Muskeltemperatur,
- Umwelteinflüsse, die vor allem nicht störend auf die Konzentration einwirken
- psychische Eigenschaften wie Einstellung, Motivation, Willenskraft und ein ermüdungsfreier Zustand.

Eine hohe Bewegungsfrequenz setzt einen optimalen Erwärmungszustand voraus, da durch das Aufwärmen der Muskulatur einerseits die Viskosität (innere Reibung) herabgesetzt und die Dehnfähigkeit sowie Elastizität erhöht wird, andererseits aber auch die Leitungsgeschwindigkeit des Nervensystems zunimmt und damit die Reaktionsfähigkeit sowie die Steuerungsprozesse verbessert werden.

Alle biochemischen Reaktionen laufen bei einem Temperaturoptimum schneller ab (vgl. dazu auch Kapitel 7.4 „Die Bedeutung des Aufwärmens...“).

5.2 Trainingsmethoden der Schnelligkeit

Die Beantwortung der Frage, welche Schnelligkeitsformen für welche Sportart angesteuert werden sollen, ergibt sich aus der sogenannten Sportartanalyse. Dies bedeutet, dass jede Sportart hinsichtlich der benötigten leistungsbestimmenden Fähigkeiten analysiert werden muss. Aufgrund dieser Analyse muss entschieden werden, ob die Reaktionsschnelligkeit, die Fortbewegungsgeschwindigkeit oder die Bewegungsfrequenz azyklischer Bewegungen erhöht werden sollte, was unterschiedliche Trainingsmethoden und Trainingsprogramme nach sich ziehen würde. Diese sind bitte der Spezialliteratur zu entnehmen.

Grundsätzlich lässt sich zum Schnelligkeitstraining jedoch Folgendes sagen:

- Eine überdurchschnittlich große Grundschnelligkeit stützt sich auf einen überdurchschnittlich hohen Prozentsatz an schnellen Muskelfasern in der beanspruchten Muskulatur (s.o.). Da hierfür in erster Linie aber das Erbgut verantwortlich ist, gilt der Erfahrungssatz: „*Ein sehr guter Sprinter wird geboren, kann aber nicht durch Training „gemacht“ werden*“. So vermag z.B. ein untrainierter Erwachsener seine 100m-Bestzeit durch ein entsprechendes Training im Mittel um 10 - 20% zu verbessern. Hingegen kann ein Untrainierter über die 1000m-Laufdistanz durch Training eine Leistungsverbesserung im Ausdauerbereich von über 90 % erzielen.
- Auch komplizierte Bewegungsabläufe lassen die Grundschnelligkeit durch Training prozentual stärker verbessern. So ist z.B. die Schwimmleistung über eine Kurzstreckendistanz aufgrund einer verbesserten technischen Ausführung (Optimierung des Bewegungsvortriebes) um 100% steigerungsfähig - relativ unabhängig von der Grundschnelligkeit.
- Die Reaktionsschnelligkeit muss durch entsprechende Übungen so ausgebildet werden, dass möglichst kurze Zeit nach dem Startsignal die Vorwärtsbewegung einsetzt. Vorher abgemachte Bewegungsreaktionen erfolgen dabei auf bestimmte Licht- oder Schallreize. Trainingsmittel hierfür sind Hockstartabläufe als Vorübung für den Tiefstart, Tempowechseläufe mit Tempoänderungen auf Pfiff usw.
- Zur Verbesserung der Beschleunigungsfähigkeit dienen Läufe aus dem Tiefstart bis zu 30 m mit verschiedenen Startstellungen, Antritte aus dem Hochstart bis zu 40 m, Krafttraining ohne zusätzliche Fremdbelastung (Sprungübungen mit Schritt-, Hock- oder Strecksprüngen), Krafttraining mit Fremdgewicht wie Bleiweste, Medizinball oder Bremsfallschirm.
- Das Bewegungsmuster der betreffenden Bewegungsabläufe muss immer wieder zur Verbesserung der Koordination durchgespielt werden. Dabei kann zur stilistischen Vorbereitung mit einem langsameren Tempo begonnen werden, das zu einem späteren Übungszeitpunkt dann auch gesteigert wird.
- Zur kombinierten Verbesserung von Start, Beschleunigungsphase und Grundschnelligkeit eignen sich Kurzsprints bis maximal 60 m. Man verbindet hiermit den Vorteil hoher Laufgeschwindigkeiten mit einer weitgehenden Vermeidung des Ermüdungsrisikos.
- Beim Training zur Verbesserung der Grundschnelligkeit ist deshalb ein optimaler Zustand der Erregbarkeit des zentralen Nervensystems wesentliche Voraussetzung. Daher darf eine solche Beanspruchung nicht im Zustand der Ermüdung durchgeführt werden.
- Beim Schnelligkeitstraining mit Kindern und Jugendlichen sind möglichst ebenfalls die sogenannten sensiblen Phasen in der Entwicklung von Kindern zu beachten (vgl. dazu auch Kapitel 8.1: „Entwicklungsgemäße Trainingsgestaltung mit Kindern“). Die Schnelligkeit von Bewegungen wächst offenbar speziell in den Altersbereichen von 8 - 11 und 12 - 15 Jahren deutlich an.

- Bei 8- bis 12-Jährigen steigert sich besonders die Bewegungsfrequenz unter Verkürzung der Reaktionszeit.
- Bei den 12- bis 15-Jährigen ist die Schnelligkeitszunahme eng verbunden mit der Erhöhung der Schnellkraft und des statischen Kraftniveaus, nicht aber mit einer Steigerung der Bewegungsfrequenz.
- Aus diesen Befunden mehrerer Autoren könnte man schließen, daß mit 8 - 11 Jahren die Schnelligkeitsausbildung vorwiegend über die Steigerung der Bewegungsfrequenz zu erzielen ist, mit 12 - 15 Jahren maßgeblich durch Schnellkraft und Krafttraining.

5.3 Allgemeine Grundsätze zur Gestaltung und Steuerung des Schnelligkeitstrainings

Die Gestaltung und Steuerung des Schnelligkeitstrainings unterliegt bestimmten Voraussetzungen, die die Wirksamkeit optimieren. Nachfolgend werden diese Voraussetzungen als methodische Grundsätze des Schnelligkeitstrainings beschrieben:

- Die Körpertemperatur muss bei Schnelligkeitsleistung erheblich über der Umgebungstemperatur liegen. Es ist erstrebenswert, Körpertemperaturen von 38,5° C zu erreichen, die allerdings eine systematische Aufwärmarbeit von 15 - 30 Minuten und den Erhalt dieser Temperatur voraussetzen. Es konnte festgestellt werden, dass sich z.B. Sprintzeiten durch Erhöhung der Körpertemperatur um 2,5 – 6 % verbessern.
- Zur Verbesserung der Schnelligkeitsleistung gehört es, die Bewegungsabläufe mit großer technischer Präzision durchzuführen. Deshalb sollte eine Bewegung erst durchgeführt werden, wenn die *richtige* Technik stabilisiert ist. Schnelle Bewegungen müssen wegen des Zeitdrucks zumeist auf spinaler Basis, d.h. automatisiert ablaufen. Das Üben dieser schnellen Abläufe wird deshalb gleichzeitig mit ihrer Programmierung verbunden. Da jedoch möglichst technisch richtige Programme gespeichert werden sollten, ist die Präzision der Bewegungsausführung für das Schnelligkeitstraining eine höchst wichtige Voraussetzung.
- Vor jedem Schnelligkeitstraining muss die Muskulatur dehnfähig gemacht werden, um innere Widerstände zu minimieren.
- Die äußeren Trainingsbedingungen müssen zum Einschleifen schneller Bewegungsabläufe optimal gestaltet, organisiert und gesteuert werden, so dass das Training ohne Störfaktoren ablaufen kann. Die Trainingsbedingungen sollten gewissermaßen standardisiert werden, d.h., jedesmal die gleichen sein.
- Schnelligkeitstraining sollte ständig unter den Bedingungen von Ergebnismeldungen stattfinden, da sonst nicht zu bewerten ist, welche Leistungsergebnisse sich im Training ergeben. So sollten z.B. Sprints gegen Partner gelaufen werden, Videoaufzeichnungen gemacht sowie Photozellen und Lichtschranken zur Ergebniskorrektur bzw. -feststellung benutzt werden.

- Schnelligkeitstraining muss hochmotiviert und mit dem Willen zur optimalen Leistung durchgeführt werden. Es sollte deshalb zu Beginn eines Trainings angelegt werden, um eine Vorermdung des Athleten auf jeden Fall auszuschließen und von einer guten Motivationslage ausgehen zu können. Schnelligkeitstraining ohne 100%ige Intensität ist nahezu sinnlos.

5.4 Trainingsübungen zur Verbesserung der Fortbewegungsschnelligkeit

Welche Schnelligkeitsformen für welche Sportart angesteuert werden sollen, ergibt sich aus der sogenannten Sportartanalyse. Exemplarisch sollen hier Trainingsübungen und -methoden zur Verbesserung der Fortbewegungsschnelligkeit im leichtathletischen Sprint vorgestellt werden, um die grundsätzliche Methodik des Schnelligkeitstrainings zu verdeutlichen (vgl. GROSSER 1991).

Allgemein-entwickelnde Übungen

Als allgemein-entwickelnde Übungen für das schnelle Laufen eignen sich alle azyklisch und zyklisch ausgeführten Hüpf-, Sprung-, Spiel- und Laufformen, soweit sie „gewisse Gemeinsamkeiten in der koordinativen Bewegungsstruktur“ der angestrebten Sportart enthalten.

Im einzelnen kann es sich hierbei handeln um: ein- und beidbeiniges Hüpfen und Springen, Hopslerlauf in Variationen, Wechselsprünge, Sprunglauf, Mehrfachsprünge, spielerisches Vorwärts-, Rückwärts-, Seitwärtslaufen u.ä.. Solche Übungen sind auch mit einer gewissen Kraftentwicklung (Füße!) verbunden, so dass die Grenzen zwischen Frequenz- und Kraftschnelligkeit oft fließend sind.

Speziell-entwickelnde Übungen

Da die Struktur solcher Übungen ähnlich oder gleich den Wettkampfbewegungen ist, schulen sie einerseits die spezifische Bewegungstechnik und andererseits verbessern sie die Fortbewegungsgeschwindigkeit.

Für den leichtathletischen Sprint gibt es drei Bereiche spezieller Übungen:

1. das sogenannte **Sprint-ABC**;
2. **fliegende Sprints, Ins-and-Outs, Steigerungsläufe**;
3. **supramaximale Sprints**.

Die Übungen werden *ohne* Zusatzlasten und teilweise sogar mit Erleichterungen durchgeführt.

1. Zum Sprint-ABC

Das sog. *Sprint-ABC* (KEYDEL 1988) besteht aus Übungen, die in idealer Weise im Grundlagen- und Aufbaustraining Lauftechnik und Bewegungsschnelligkeit schulen und für gute Sprintleistungen vorbereiten. Diese Übungen (vgl. Tab. 18) sollten - zumindest auswahlweise - Bestandteil jeder Trainingseinheit (nach dem Aufwärmen) sein.

Nr.	Übung	Ausführung/ Beobachtung	Korrektur
1	Federnder Lauf auf dem Ballen	– mittlere Frequenz – aktives/reaktives Aufsetzen des Ballens zum Körperschwerpunkt	– bei hängender Fußspitze – beim Vorschlagen des Unterschenkels
2	Federnde Sprünge auf dem Ballen	– leichter Kniehub – aktives/reaktives Aufsetzen des Schwungbeines zum KSP	– bei mangelnder Streckung in den Bein- und Hüftgelenken – bei hängender Fußspitze
3	Federnder Lauf und federnde Sprünge auf dem Ballen mit ein- u. beidarmigem Kreisen vor-/rückwärts	– Schulterbereich locker hängend – Armkreisen nur aus dem Schultergelenk – keine horizontale Verwringung im Hüftgelenk	– bei angehobener Schulter – beim Kreisen der Arme in Laufrichtung nicht in unmittelbarer Nähe des Körpers
4	Federnder Lauf und Sprünge auf dem Ballen mit wechselseitigem Armkreisen vorwärts/rückwärts	– koordinierte Übereinstimmung der Beine und Arme (Lockerheit) – aktive Übereinstimmung der Bewegungen von Beinen und Armen ohne horizontale Verwringung	– bei unzureichender Streckung im Streckbereich von Beinen und – bei Armführung quer zur Laufrichtung
5	Skipping (SK) – normale Frequenz – höchste Frequenz – steigende Frequenz	– mittlerer Kniehub – aktives/reaktives Aufsetzen des Ballens in Richtung des KSP – Streckung in den Beinen und im Hüftgelenk	– bei mangelnder Streckung in den Streckbereichen – beim aktiven Aufsetzen im Vorderstütz
6	Kniehebelauf (KHL) – hoher Kniehub – mit ausschlagendem Unterschenkel In beid. Formen kann Frequenz variiert werden	– Streckung, Körpervorlage und Armführung in Laufrichtung – aktives/reaktives Aufsetzen im Vorderstütz in Richtung des KSP – Koordinierung von Beinen und Armen ohne horizontale Verwringung im Oberkörper	– bei unzureichendem Kniehub – bei mangelnder Streckung – beim passiven Ausschlagen und Aufsetzen des Unterschenkels/Ballens
7	Skipping mit Übergang in den Lauf	– koordinierter Übergang beider Übungselemente	– bei mangelhafter Koordination
8	Anfersen -einseitig -wechselseitig – wechselseitig mit Übergang in den Lauf	– Oberschenkel leicht zurückführen – aktives/reaktives Aufsetzen in den Vorderstütz – Arme in Laufrichtung und Ellbogen koordinativ führen	– bei hängender Fußspitze – bei unzureichender Koordination – beim passiven Aufsetzen im Vorderstütz
9	Hopselauf – horizontal mit Übergang in den Lauf	– Streckung in den Beimgelenken und im Hüftgelenk – koordinative Unterstützung der Arme – aktives/reaktives Aufsetzen im Vorderstütz in Richtung des KSP	– bei mangelnder Streckung - bei passiver Aktivität in den Vorderstütz – beim Anfersen des Schwungbeines
10	Wechselsprünge – vertikal oder horizontal mit Übergang in den Lauf	– Streckung – aktives/reaktives Aufsetzen – obere Extremitäten in Laufrichtung	– bei mangelnder Streckung - bei passiver Aktivität des Schwungbeines - beim unkoordinierten Übergang in den Lauf
11	Laufsprünge – mit Frequenz – mit Übergang zum Lauf	– Streckung und Führung vom Knie – aktives/reaktives Aufsetzen des Schwungbeines in Richtung des KSP – koordiniertes Verhalten der Gesamtbewegung	– bei mangelnder Streckung – bei passiver Aktivität in den Vorderstütz – bei unkoordinierter Armführung

Tab. 18: Das sogenannte „Sprint-ABC“ mit Übungen zur Verbesserung von Sprintfähigkeiten (in Anlehnung an KEYDEL 1988)

Bitte beachten:

- Die einwandfreie technische Ausführung der Grundübungen ist Voraussetzung für alle folgenden Übungen mit höherem Niveau.
- Jede konditionelle Verbesserung bedingt ihre koordinativ-technische Umsetzung.
- Die Streckenabschnitte sollten 20 bis 40 m betragen, die Wiederholungen nicht 2- bis 4-mal überschreiten.
- Je höher das Leistungsniveau, desto umfassender sollte die individuelle Korrektur erfolgen.

2. Fliegende Sprints, Ins-and-Outs, Steigerungsläufe

Unter *fliegenden Sprints* versteht man maximal schnelle Läufe zwischen 10 und 60 Metern mit jeweils 10 - 20 Metern Anlauf. Sie eignen sich neben der Schnelligkeitsverbesserung auch vorzüglich zur Lauftechnischulung, da während dieser Läufe seitens des Trainers günstig Korrekturinformationen gegeben werden können. Die Übungen dürfen während der Ausführungsdauer nicht zu Ermüdungserscheinungen führen - ihre Länge ist demnach von Trainingszustand und Alter abhängig (10-12-Jährige: 10 - 20 m; 13-15-Jährige: 20 - 40 m; ab 15/16: 30 - 60 m).

Ins-and-Outs stellen Läufe über 100 – 300 m dar, innerhalb dieser ein ständiger Wechsel zwischen beispielsweise 10 m Sprint - 20 m Treibenlassen - 10 m Sprint - 20 m Treibenlassen usw. stattfindet. Auch hierbei sind günstig Lauftechnischulungen durchzuführen.

Bei *Steigerungsläufen* beginnt der Sportler im Trabtempo und erhöht z.B. alle 30 m die Geschwindigkeit, um dann die letzten 30 m mit maximaler Geschwindigkeit zu laufen. Als effektiv haben sich die Strecken bis 120 bzw. 150 m erwiesen.

3. Supramaximale Sprints

Unter supramaximalen Sprints versteht man fliegende Sprintläufe, die ca. 10 % über der Frequenzfähigkeit oder der Laufgeschwindigkeit von normalen maximalen Sprints liegen. Sie werden erzielt durch Bergabläufe oder unter Zwangsbedingungen (z.B. durch horizontales Ziehen mittels Gummiband hinter Motorrädern oder spezieller Zuggeräte).

Weitere trainingsmethodische Hinweise zum Schnelligkeitstraining:

Im Training der Bewegungsschnelligkeit wird vorwiegend die *Wiederholungsmethode* angewendet. Charakteristika dieser Methode sind:

- Alle Übungen werden mit maximaler Bewegungsgeschwindigkeit durchgeführt, z.B. fliegende Sprints oder mit Hochstart über 20, 30, 40, 50 und 60 Meter;
- die Übungen dürfen während der Ausführungsdauer nicht zu Ermüdungserscheinungen führen;
- die Gesamtzahl der Übungen sollte 12 - 16 nicht übersteigen, wobei diese in Serien gelaufen werden sollten (z.B. 4 x 40 m mit jeweils 2 - 3 Minuten Pause, 4 Serien mit Serienpausen von ca. 10 Minuten);
- die maximalen Sprints sollten ein- bis dreimal pro Woche jeweils mit variierenden Streckenlängen, angewendet werden, um zum einen keine nervalen Ermüdungserscheinungen hervorzurufen (nach einem „maximalen“ Sprinttraining benötigt der Organismus ca. 72 Stunden bis zur völligen Regeneration) und zum

anderen keine nervale Stabilisierung zu produzieren, die zu einer Geschwindigkeitsbarriere führen könnte;

- Trainingsinhalte der Wiederholungsmethode sind sog. Innervationsübungen wie Dribblings, Skippings, Anfersen, aus dem Gehen heraus blitzschnelles Knieheben (mit koordinativ richtigem Armeinsatz) u.a. (vgl. Sprint-ABC); Sprintläufe über 20 - 60 Meter, Ins-and-Outs, Steigerungsläufe bis 120 Meter, wobei die letzten 30 Meter mit maximaler Geschwindigkeit gelaufen werden, Sprintstarts u.a.; supramaximale Sprints: Bergabläufe, Zugläufe.

(Literaturhinweis zum ergänzenden Eigenstudium: GROSSER, M.: Schnelligkeitstraining. Grundlagen, Methoden, Leistungssteuerung, Programme. BLV-Sportwissen 1991).

6. Beweglichkeitsfähigkeiten

„**Beweglichkeit** ist die Fähigkeit, Bewegungen willkürlich und gezielt mit der erforderlichen bzw. optimalen Schwingungsweite der beteiligten Gelenke ausführen zu können“ (MARTIN et al 1991).

Der Zusatz willkürlich ist notwendig, weil unwillkürliche reflektorische (auch passive) Bewegungen einen weiteren Bewegungsbereich ausfüllen können als willkürliche.

Leistungsbegrenzende Faktoren für die Flexibilität sind

- die Gelenkstrukturen,
- der Umfang der Muskelmasse,
- die Dehnungsfähigkeit des Muskels,
- die Dehnungsfähigkeit der Sehnen, Bänder und Gelenkkapseln sowie der Haut.

Alle genannten Faktoren sind mechanischer Art, wobei zwischen nicht beeinflussbaren und beeinflussbaren Faktoren unterschieden werden muss.

6.1 Zur Bedeutung der Beweglichkeit

Die Beweglichkeit ist eine der wesentlichen Leistungsvoraussetzungen im Sport. Ihre Bedeutung lässt sich in drei Hauptpunkten erfassen:

1. *Voraussetzung für die Realisierung und damit für das Erlernen sportlicher Techniken einschließlich des Erreichens der in einer Reihe von Sportarten angestrebten ästhetischen Wirkung.* Viele Bewegungen bzw. sportliche Techniken sind nur realisierbar, wenn eine hinreichende Beweglichkeit vorhanden ist.

2. Bewegungsökonomie durch Beweglichkeitsreserve.

Bei zyklischen Bewegungen, wie beim Laufen oder Schwimmen, ist zwar häufig keine Überbeweglichkeit bestimmter Körperregionen erforderlich. Es führt jedoch zu einem erhöhten Energieverbrauch, wenn die Bewegungen teilweise bis dicht an die Grenze der individuellen Beweglichkeit geführt werden müssen, da der innere Widerstand in diesem Grenzbereich stark ansteigt. Eine hinreichende Beweglichkeitsreserve ermöglicht es, Bewegungen bis in den individuellen Grenzbereich zu vermeiden und bedeutet somit eine größere Bewegungsökonomie.

3. Gesundheit und Wohlbefinden im Alltag.

Eine besondere Bedeutung hat die Beweglichkeit im Zusammenhang mit muskulären Balancen bzw. Dysbalancen (siehe unten Abb. 18). Das muskuläre Gleichgewicht ist häufig in bestimmten Gelenkbereichen gestört. Es bestehen muskuläre Dysbalancen durch einseitig forciertes sportliches Training. Dabei ist eine Muskelgruppe verkürzt und/oder ihr Tonus ist erhöht und damit die Dehnfähigkeit vermindert. Diese muskulären Dysbalancen treten jedoch nicht nur bei Leistungssportlern auf, sondern sind in aller Regel häufig auch schon bei Schulkindern feststellbar und somit fast eine Zivilisationserscheinung, meist infolge einseitiger, fehlerhafter Beanspruchung des Stütz- und Bewegungsapparates.

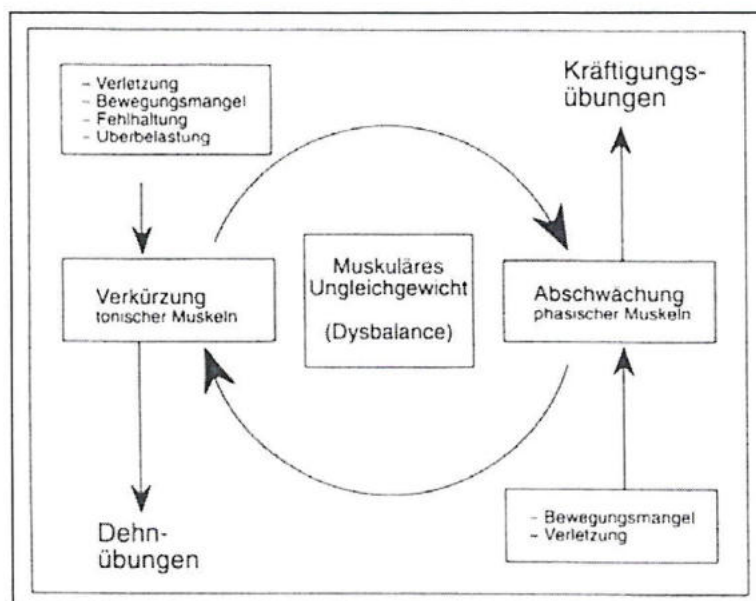


Abb. 18: Ursache und Korrekturmöglichkeiten von muskulären Dysbalancen (aus: HAUSER-BISCHOF 1989)

Ein Krafttraining allein kann sich aus mechanischen Gründen negativ auf die Beweglichkeit auswirken, Muskeldehnen, durchgeführt am Ende eines Trainingsprogramms, zeigt eine Bewegungssteigerung unmittelbar nach dem Training. Es ist nachgewiesen, dass individuelles Dehnen und Dehnen in einer Gruppe (z.B. Partnerdehnung) eine deutliche Steigerung der Bewegungsfähigkeit nach zwei bis fünf Wochen nach sich zieht.

Die Flexibilität beginnt alters- und auch übungsverlustbedingt nach dem 3. Lebensjahrzehnt abzunehmen. Die Beweglichkeit und ihre Trainierbarkeit sind bis zur Pubeszenz am größten, gehen aber im Erwachsenenalter allmählich zurück. Dies resultiert aus einer Abnahme der elastischen Eigenschaften des Körpergewebes und einer Verschlechterung des Gelenkstoffwechsels. Frauen sind gegenüber den Männern in der Beweglichkeit meist im Vorteil, ursächlich ist die hormonell bedingte geringere Gewebsdichte beim weiblichen Geschlecht (WEINECK 1990). Die Beweglichkeit ist zudem eine sehr tageszeit-, körpertemperatur- und ermüdungsabhängige Fähigkeit.

Hyperflexibilität kann sowohl ein Hinderungsgrund zur Erzielung sportlicher Höchstleistungen sein als auch eine Voraussetzung für diese.

Eine generalisierte Hypermobilität beruht auf einer allgemeinen Bindegewebsschwäche mit hypermobilen Gelenken. In diesem Falle sind in kaum einer Sportdisziplin Höchstleistungen zu erwarten; die Verletzungsanfälligkeit ist erhöht. Beweglichkeit sollte nur soweit verbessert werden, wie dies zur Herausbildung der optimalen Technik und der effektiven Nutzung der konditionellen Fähigkeiten (insbesondere der Kraft) in einer Sportart erforderlich ist. Beweglichkeitstraining hat somit die Aufgabe, die elastischen Eigenschaften der Muskulatur zu optimieren, die erforderliche Kraft zu entwickeln, die den anatomischen Spielraum der Gelenke gezielt ausnutzt, und die reflektorischen Koordinationsleistungen der Muskulatur zu verbessern.

6.2 Strukturierung und Erscheinungsform der Beweglichkeit

- Als allgemeine Beweglichkeit wird ein durchschnittliches Niveau an Beweglichkeit in den wichtigsten Gelenksystemen bezeichnet. Dieses durchschnittliche Niveau der Beweglichkeit hat für den Leistungssport jedoch relativ wenig Bedeutung. Beim Leistungssportler muss, wenn er seine konditionellen und koordinativen Möglichkeiten ausschöpfen will, diese durchschnittliche Beweglichkeit - dieses Normalmaß - überschritten werden. Einschränkend muss jedoch gesagt werden, dass mit Rücksicht auf die Gesundheit noch Folgendes hervorzuheben ist: Anzustreben ist nicht eine maximale Beweglichkeit oder Hypermobilität in allen Gelenkbereichen, sondern jeweils „nur“ - ähnlich wie bei der Ausdauer - ein relatives Optimum. Dies kann zwar teilweise eine lokale Überbeweglichkeit bedeuten, die über das normale Bewegungsausmaß eines gesunden Menschen hinausgeht, um eine spezielle Wettkampftechnik vollkommen durchzuführen bzw. vollkommen zu erlernen. Dennoch ist ein relatives Optimum anzustreben, denn Hyperflexibilität kann auch ein Hinderungsgrund zur Erzielung sportlicher Höchstleistung sein. Die strukturelle Analyse der Sportart muss auch klären, inwieweit Hyperflexibilität bzw. Überbeweglichkeit im Training anzustreben ist.
- Eine spezielle Beweglichkeit wird sportartspezifisch erforderlich und zielt auf die besonderen Beweglichkeitsanforderungen einer Sportart ab. Hierzu kann auch teilweise die lokale Überbeweglichkeit benannt werden, die z.T. für das Erlernen schwieriger und komplexer technischer Elemente notwendig ist, so z.B. beim

Delphinschwimmen eine Überbeweglichkeit im Schultergelenk, die das freie Vorschwingen der Arme über Wasser in einem entspannten Zustand erst möglich macht und so einem Delphinschwimmer den Weg in die Spitzenklasse ermöglicht.

- *Aktive Beweglichkeit* ist die größtmögliche eines Gelenkes, die selbständig ohne Hilfe durch die aktive Muskelleistung erzeugt werden kann. Leistungsbegrenzend wirken hier die Dehnfähigkeit und Kraft der Agonisten.
- *Passive Beweglichkeit* bezeichnet jene Form der Beweglichkeit in einem Gelenk, die durch die Einwirkung äußerer Kräfte oder ein Gerät oder eigenes Körpergewicht erreicht werden kann. Die passive Beweglichkeit ist in der Regel größer als die aktive (MARTIN et al. 1991).

6.3 Allgemeine Grundsätze zur Gestaltung des Beweglichkeitstrainings

Wie alle Trainingsmethoden unterliegt das Training der Beweglichkeit bestimmten Voraussetzungen methodischer Art, die einzuhalten sind.

Alle Sportarten erfordern eine allgemeine, gute Gelenkbeweglichkeit und Dehnfähigkeit. In vielen Sportarten ist eine spezielle Beweglichkeit, die teilweise über das allgemeine Maß hinausgeht, notwendig.

Die Entwicklung und Stabilisierung einer guten allgemeinen und speziellen Beweglichkeit erfordert ein kontinuierliches und systematisches Beweglichkeitstraining. Jede Trainingseinheit beginnt deshalb grundsätzlich mit einer 15- bis 20-minütigen Beweglichkeitsschulung und ist integrativer Bestandteil des Aufwärmens. Im Rahmen dieser Aufwärmung ist eine für das nachfolgende Training erforderliche optimale Gelenkmobilität und Muskeldehnfähigkeit zu erzielen.

- Systematik und Dauer des Beweglichkeitstrainings richten sich nach der Tageszeit (am Morgen ist man steifer als am Nachmittag) und dem Hauptziel der Trainingseinheit. Nachfolgende Trainingsziele wie Schnelligkeit, Maximal- oder Schnellkraftschulung benötigen neben einer guten Gelenkmobilität eine sehr gut vorgedehnte Muskulatur. Eine nachfolgende Technikschiulung erfordert zusätzlich eine spezielle Beweglichkeitsvorbereitung.
- Entsprechend der jeweiligen Trainingsgruppe und ihrer Sportart wird die allgemeine und spezielle Beweglichkeitsschulung kombiniert und erhält aufgrund der nachfolgenden Trainingseinheit ihre inhaltlichen Schwerpunkte.
- Ferner wird das Beweglichkeitstraining zum Entmüden und Verhindern von Gelenksteifheit nach harten und umfangreichen Belastungen eingesetzt. Hierbei haben sich Dehnungstechniken (s. u.) besonders bewährt.

Grundsätzlich hat das Training der Beweglichkeit zwei Zielsetzungen: die Verbesserung der Gelenkbeweglichkeit und der Dehnfähigkeit der Muskulatur. Durch ein Training der Gelenkbeweglichkeit kann Einfluss genommen werden auf den Ge

lenkstoffwechsel, auf die neurophysiologischen Steuerungs-, Hemmungs- und Aktivierungsprozesse und auf den Zustand der bindegewebigen Formelemente sowie den Zustand der auf das Gelenk einwirkenden Muskulatur.

Das Training der Gelenkbeweglichkeit erfolgt durch gymnastische Übungen. Diese sollen eine allgemein gute Gelenkmobilität erreichen und erhalten. Das Training der Dehnfähigkeit der Muskulatur steuert eine qualitative Verbesserung der elastischen Eigenschaften des Muskels an. Sie wird durch eine größere Dehnfähigkeit der bindegewebigen Anteile des Muskels erreicht, was damit zusammenhängt, dass der Muskel um 150 – 200 % über seine Ausgangslänge gedehnt werden kann, während die Sehnen beispielsweise nur um 5 % dehnbar sind. Die bessere Dehnfähigkeit der Muskulatur wird primär durch eine qualitative Verbesserung der elastischen Eigenschaften der Muskel selbst erreicht. Das Training der allgemeinen Gelenkbeweglichkeit, das für den Schützen das dominierende Beweglichkeitstraining darstellt, wird mit aktiven gymnastischen Übungen durchgeführt. Diese Übungen sollen zu einem Programm zusammengestellt werden, das sich an den sogenannten Funktionskreisen (KNEBEL 1985) des Gesamtsystems unseres Bewegungsapparates orientiert.

*Nach KNEBEL bezeichnen **Funktionskreise** eine funktionelle Einheit bzw. ein Teilsystem des Bewegungsapparates.*

Diese Einteilung nach Funktionskreisen hat den Vorteil, dass das Training systematisiert werden kann. Für die praktische Durchführung schlägt KNEBEL folgende Vorgehensweise vor:

Zu jedem Funktionskreis werden im Programm des Trainings jeweils 4 - 5 gymnastische Übungen ausgewählt.

- Funktionskreis I: Schultergelenk, Schulterblatt, Schlüsselbein, gesamte obere Extremität,
- Funktionskreis II: Hals-, Brust- und Lendenwirbelsäule,
- Funktionskreis III: Becken und Hüftgelenk,
- Funktionskreis IV: Hüftgelenk mit gesamter unterer Extremität.

Für die Übungsdurchführung gelten folgende methodischen Merkmale: Die Übungen müssen die volle Bewegungsamplitude ausnutzen, damit das aktuelle individuelle Bewegungsausmaß ausgeschöpft und erweitert werden kann.

- Das Ausführungstempo ist zügig bis mäßig schnell, Wiederholungszahlen liegen zwischen 10 und 20 pro Übung. Nachfolgend wird ein Programm mit Übung ohne Gerät vorgestellt, das vom Schützen möglichst täglich, mindestens jedoch dreimal pro Woche zu Hause oder an der Trainingsstätte in Vorbereitung auf das eigentliche Training durchgeführt werden sollte.

6.4 Trainingsmethoden zur Verbesserung der Beweglichkeit

Die übliche Methode zur Verbesserung der Beweglichkeitsfähigkeiten sind Dehnungsübungen; am häufigsten wird heutzutage das sogenannte **Stretching** (s.u.) durchgeführt. Passiv durchgeführte Dehnungsübungen können einen zusätzlichen Effekt erzielen. Die Effektivität verschiedener Dehnstechniken wird, je nach Durchführungsmodalität, Trainingsdauer und -zielsetzung, unterschiedlich eingeschätzt. Bisher liegen keine Untersuchungen vor, die die eindeutige Überlegenheit einer Methode belegen (WEINECK 1996). Die Dehnbarkeit eines Muskels wird jedoch zweifellos nach fünf bis sechs vorausgegangenen Streckübungen akut vergrößert. Demgemäß können einige wenige Streckungsübungen, z.B. vor der Trainings- oder Wettkampfbelastung, Schäden (beispielsweise Faserrisse) vorbeugen. Eine muskulär steuerbare Hyperflexibilität kann im Leistungssport durch Vergrößerung des Gelenkaktionsradius eine erfolgreichere Technik zur Folge haben. Die Beweglichkeit ist daher eine elementare Voraussetzung für technisch und konditionell gute Bewegungsausführung.

Parallel zur Entwicklung aller motorisch-konditionellen und motorisch-koordinativen Fähigkeiten muss daher stets eine Verbesserung bzw. Erhaltung der Beweglichkeit angestrebt werden!

Viele Untersuchungen haben außerdem noch nachgewiesen, dass Muskeldehnen (vgl. EVJETH/HAMBERG 1994)

- Muskelkater, Schäden an Muskeln oder Sehnen, Krämpfen und auch schmerzhaften Menstruationen, Stress und Verspannungen vorbeugt oder diese mindert,
- das Verletzungs- und Unfallrisiko, die Schwere und Dauer von Muskel-, Sehnen- und Gelenkschädigungen, Müdigkeit und diffuse Schmerzbilder vermindert,
- Muskeln, Sehnen und Bänder kräftigt und eine erfolgreiche Behandlung von Sehnenansatzentzündungen („Tennisellenbogen“) unterstützt,
- das Bewegungsausmaß steigert, indem Muskellänge, -umfang und -qualität gesteigert werden.

Allgemeine methodische Hinweise zum Beweglichkeitstraining:

- Dehnungen im Aufwärmprogramm sollten vorsichtig begonnen und allmählich im Ausschlag gesteigert werden;
- als eigenständige Körperschulung sollten Dehnübungen erst nach ausreichender Erwärmung durchgeführt werden;
- grundsätzlich sollten zur Verbesserung der allgemeinen und speziellen Flexibilität alle anatomischen Bereiche bzw. Funktionskreise (s.o.) (Arm-/Schultergürtel, Rumpfvorder- und -rückseite, Hüft-Bein-Bereich und Sprunggelenksbereich) angesprochen werden;
- das Prinzip der allmählichen Belastungssteigerung berücksichtigt werden;
- die Anwendung dynamischer und statischer Übungen sollte stets variiert werden;

- beim speziellen Beweglichkeitstraining sollte stets die Höchstgrenze der Bewegungsamplitude erfasst werden;
- stets mehr die aktive als die passive Beweglichkeit geschult werden;
- Flexibilitätstraining sollte nicht im stark ermüdeten Zustand durchgeführt werden;
- nach anstrengenden Gymnastik- bzw. Dehnübungen sollten Entspannungs- bzw. Lockerungsübungen folgen;
- im Leistungssport sollte möglichst täglich ein Flexibilitätstraining durchgeführt werden.

Weitere methodische Hinweise:

- Günstigste Schulungsmöglichkeiten ergeben sich im Kindesalter zwischen 6 und 12 Jahren (sensible Phase für Flexibilität, vgl. Kapitel 8.1). Ab der Pubertät ergeben sich bereits aus der biologischen Entwicklung Beeinträchtigungen, insbesondere im Hüftgelenk (die Seitspreizfähigkeit wird beeinträchtigt) und im Schulterbereich. Ab diesem Alter sollte für den Leistungssport verstärkt die Flexibilität geschult werden.

Eine schlecht ausgebildete Flexibilität kann zu folgenden Nachteilen führen:

- einer Vergrößerung der Verletzungsgefahr,
- einer unökonomischen Ausführung von Krafteinsätzen und Bewegungstechniken,
- einem verzögerten Lernen neuer Bewegungen.

6.4.1 Stretching

Die wohl zur Zeit am häufigsten angewandte Methode zur Beweglichkeitssteigerung ist das sogenannte **Stretching**.

Stretching ist eine statische Form des Dehnens, es beruht auf der Überlegung, durch gezieltes Dehnen den durch die Muskelspindeln kontrollierten Muskeltonus (= Muskelspannung) zu reduzieren und somit den Bewegungsausschlag zu vergrößern sowie den Muskel dehnfähiger, elastischer und verletzungsunanfälliger zu machen (HOLLMANN 1995).

Außerdem soll dadurch eine Förderung der Entspannung eine Verbesserung von Atemtechnik und Körperwahrnehmung sowie ein ökonomischer Energieumsatz bei Muskularbeit erreicht werden (HOLLMANN 1995).

Trainingsmethode Stretching I

1. Die betreffende Muskelgruppe langsam und vorsichtig dehnen, ca. 6 - 8 Sekunden, danach wird der Muskel fühlbar weicher.
2. Die Dehnung noch etwas verstärken und weitere 10 - 20 Sekunden halten.

Trainingsmethode Stretching II (PNF)

Die sogenannte **PNF-Methode (Propriorezeptive Neuromuskulär-Facilitation)** findet im Leistungssport immer stärkere Verwendung. Sie sollte jedoch erst nach dem Einüben der Stretching-Methode I wie folgt angewendet werden:

1. Die betreffende Muskelgruppe bis zum Endausschlag dehnen.
2. Die Muskelgruppe dann etwa 6 - 10 Sekunden maximal isometrisch anspannen (durch Eigenrealisierung bzw. durch Geräte- oder Partnerunterstützung).
3. Die Muskelgruppe anschließend bei gleicher Gelenkstellung etwas 3 Sekunden entspannen.
4. Weiter dehnen bis zum erneuten Endausschlag.
5. Die erreichte Endposition etwa 10 Sekunden halten.

Dieser Vorgang sollte pro Muskelgruppe im Training dreimal wiederholt werden.

(Literaturhinweis zum ergänzenden Eigenstudium: KNEBEL, K.P.: Funktionsgymnastik - Training, Technik, Taktik. rororo Sachbuch, 1985; STERNAD, D.: Richtig stretching. München 1987; EVJENTH, O., J. HAMBERG: Autostretching - Selber Dehnen. Ein vollständiges Handbuch über das Dehnen der Muskeln. Alfa Rehab Förlag, Schweden 1990.)

7. Sportmedizinische Aspekte im Trainingsprozeß

7.1 Ermüdung und Übertraining

Training steuert solche Belastungen an, die aufgrund ihres Anforderungscharakters zur funktionellen Anpassung und/oder koordinativ-motorischem Erfahrungsbestand bzw. -fortschritt führen. Dabei werden die trainierten Systeme häufig bis an die Grenze der Beanspruchungsfähigkeit und der aktuellen Funktionskapazität belastet. Der Wechsel von Belastung - Ermüdung - Erholung ist dabei die typische biologische Funktionsweise, die durch das Training gezielt angesteuert und auch realisiert wird. Innerhalb dieser Funktionsweise ist die *Ermüdung* eine notwendige Trainingserscheinung und zugleich Voraussetzung für Leistungsverbesserung, weil nur wiederholte, zur Ermüdung führende Beanspruchung zur Ausschöpfung von Funktionsreserven und innerhalb dieser Reserven zur Anpassung führt. Training muss deshalb zur Ermüdung führen, sollte andererseits aber Ermüdungen vermeiden, die zu Übertrainingssymptomen führen.

Ermüdung und *Erholung* sind somit wichtige Zustände für die Gestaltung und Steuerung des Trainings.

„Ermüdung ist ein besonderer psychischer und physischer Zustand als Resultat von Belastung. Sie drückt sich in Diskoordination der Funktion des Organismus und in zeitweiliger Leistungsbehinderung aus. Der Ermüdungs-

zustand ist vorübergehend, reversibel und stellt ein komplexes Geschehen dar, welches physische und psychische Vorgänge umfasst“ (MARTIN et al. 1991).

Es kann sowohl zwischen lokaler (peripherer) und zentraler (allgemeiner) Ermüdung unterschieden werden. Komplexe Ermüdungserscheinungen treten in der Regel aufgrund einer Summierung von Belastungsanforderungen ein; man spricht dann von angehäufter Ermüdung. Komplexe Ermüdungen verursachen komplexe Leistungsminderungen, die insgesamt bei Bewegungsausführungen, schnellkoordinativen Leistungen und beim konditionellen Vermögen zu beobachten sind.

Symptome kurzdauernder, vielfach bewusst geplanter und eingegangener Überforderung (sogenanntes „Überziehen“) können bei 25 bis 50 Prozent (LEHMANN et al. 1999) aller Leistungssportler während intensiverer und/oder umfangsmaximierter, meist dreiwöchiger Vorbereitungsphasen oder Trainingslager auf einen Saisonhöhepunkt erwartet werden, die nach rd. zweiwöchiger Regeneration wieder abklingen. Entfällt die Regenerationsphase, mündet dieses Überziehen nahezu zwangsläufig in einem sogenannten Übertrainings-Syndrom (s.u.).

Ermüdungen zeigen sich im Training u.a.

- durch Leistungsminderung, die zwischen 7 % und 10 % unter dem gegenwärtigen Leistungsvermögen liegt,
- durch den frühen Anstieg der Blutammoniakwerte,
- durch eine erheblich verringerte Fähigkeit zur Laktatproduktion aufgrund leerer Glykogenspeicher,
- durch Verschiebung der Herzschlagfrequenz und der Laktatleistungskurve (in der Regel nach links, d.h., schnellerer Herzfrequenzanstieg und schnellere Laktatproduktion),
- durch ständig erhöhte Harnstoffwerte,
- durch mangelhaft koordinierte Bewegungsabläufe bzw. Koordinationsmängel (beim Schießen z.B. nachlassende Trefferquote).

Werden im Zustand der Ermüdung die Regenerationszeiten bis zur Wiederherstellung der Homöostase (= Gleichgewicht der auf- und abbauenden Prozesse im Körper) nicht eingehalten, kann es, insbesondere bei wiederholten, dicht aufeinanderfolgenden Trainingsbelastungen, zur angehäuften Ermüdung kommen. Erfolgt dann nach diesem bewussten oder unbewussten „Überziehen“ immer noch keine ausreichende Regenerationsphase, ist das sogenannte *Übertraining* die Folge. Dabei sind die Übergänge oft fließend, schwer zu erkennen und zu diagnostizieren.

„Übertraining (Burnout-Syndrom) ist die Folge häufiger zu hoher Belastungsanforderungen und zeigt sich in einer chronischen Diskrepanz zwischen Leistungsanforderung und Leistungsfähigkeit bei herabgesetzter Belastungsfähigkeit“ (MARTIN et al 1991). Es kann allgemein auch als „Stress vs Erholungs-Mißverhältnis“ definiert werden (LEHMANN et al 1999), dabei umfaßt der Begriff Stress in diesem Zusammenhang alle Trainings-, Wettkampf- und Nicht-Trainings-Stress-Faktoren. Es äußert sich u.a. in einem Nachlassen der sportlichen Leistungsfähigkeit im Trainingsprozeß über einen längeren Zeitraum in Verbindung mit objektiven und subjektiven Symptomen.

Symptome eines wirklichen Übertrainings sind nur in seltenen Fällen allein auf ein Zuviel an sportlicher Belastung zurückzuführen. Da die Anforderungen an Sportler

vielseitig, aber auch komplex sind (Wettkampf, Training, Schule, Beruf und Privatleben), können auch die Gründe für einen Leistungsabfall, der oft als Übertraining diagnostiziert wird, nur unter dem Aspekt multifaktorieller Ursachen gesehen werden.

Übertraining besitzt einen Krankheitswert und ist fast ausschließlich im Leistungs- und Hochleistungsbereich zu finden. Hier bedeutet es allerdings eine „Katastrophe“ mit erheblichen Auswirkungen auf den Athleten, seine Umwelt (Familie, Partner), aber z.B. auch auf die Einschätzung des Athleten durch die Verbandsfunktionäre (Kaderzugehörigkeit, Förderung etc.).

Während sich das Übertraining bei Ausdauersportarten in einer generalisierten Reaktion mit Einschluss der neurovegetativen Funktion bemerkbar macht, äußert es sich bei den kraft-, schnellkraft- und schnelligkeitsbetonten Sportarten oft zunächst in einer Häufung von Verletzungen und Überlastungsschäden und erst sekundär in psychoreaktiven Anfälligkeiten.

Die Ursachen des Übertrainings sind in der Regel sehr komplex. Es handelt sich meist um die Summe übermäßiger Reize, zu hartes Training, private oder berufliche Stressbelastung, Krankheitsfolgen und/oder falsche Lebensweise (siehe Abb. 19).

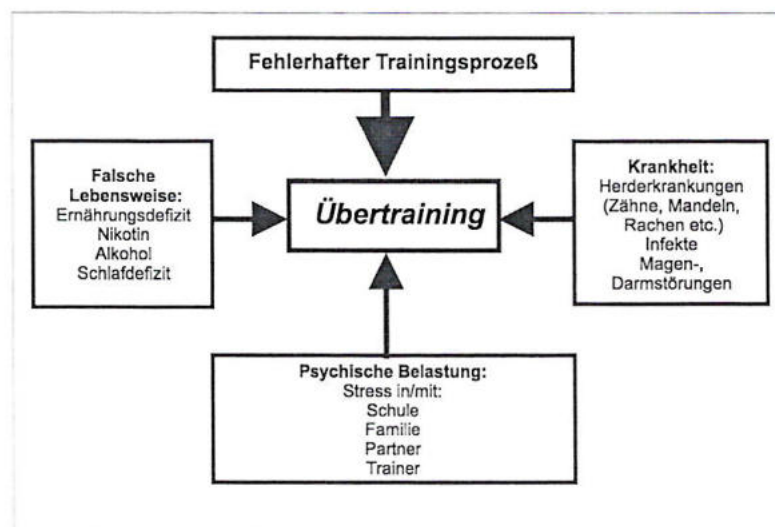


Abb. 19: Multikausaler Ursachenkomplex für die Entstehung des Übertrainings (aus: GEIGER 1992)

Hauptfehler im Trainingsprozess, die zum Übertraining führen können:

- Vernachlässigung der Regeneration,
- zu schnell gesteigerte Trainingsanforderungen,
- zu großer Belastungsumfang, insbesondere mit maximaler aber auch mit submaximaler Intensität,
- generell zu hohe Intensität im Ausdauertraining,
- zu rasche Erhöhung der Trainingsbelastung nach Zwangspausen (z.B. Verletzung),

- übermäßig forciertes Techniktraining ohne ausreichende aktive Erholung,
- ein Übermaß an Wettkämpfen,
- eine Häufung von Misserfolgserlebnissen bei/mit übersteigter Zielsetzung.

Das Entstehen von Übertraining wird zudem begünstigt, wenn folgende ungünstige psychische Voraussetzungen vorliegen:

- hoher Erwartungsdruck mit Versagensängsten,
 - (häufig geht dieser Konflikt von überebregizigen Eltern oder Trainern aus),
- Partnerschaftsprobleme,
- Schwierigkeiten in der Schule oder im Beruf bei mangelnder psychosozialer Absicherung.

Weitere mögliche auslösende Ursachen eines entstehenden Übertrainings wären

- Krankheiten mit eher schleichendem Verlauf,
- Herderkrankungen im Nasen-Rachen-Bereich,
 - (z.B. *chronische Nasennebenhöhleninfekte, Zahnerkrankungen*),
- Viruserkrankungen ohne dramatischen Verlauf,
 - (z.B. *Pfeiffer'sches Drüsenfieber, bzw. Ebstein-Barr-Virus*),
- chronische Magen-Darm-Störungen mit Elektrolyt- und Flüssigkeitsverlusten.

Weitere Ursachen des Übertrainings sind in falscher Lebensweise zu suchen

- chronisches Schlafdefizit,
- unzureichende Ernährung,
- hoher und regelmäßiger Genuss von Alkohol, Nikotin etc..

In älteren Publikationen (u.a. GEIGER 1992) wurden zwei verschiedene Übertrainingszustände unterschieden, die relativ sicher voneinander abgrenzbar schienen, obwohl das Hauptsymptom beider Erscheinungsformen die herabgesetzte sportart-spezifische Leistungsfähigkeit und die Reduzierung der zugänglichen Reserven gleich war, es wurde unterschieden zwischen

1. dem *basedonoiden Übertraining*, welches durch eine starke Erhöhung des Grundumsatzes gekennzeichnet ist und deren Züge sympatikon sind, d.h.: im vegetativen Nervensystem überwiegen die Erregungsprozesse und
2. dem *addisonoidem Übertraining*, welches durch eine Parasympatikonie gekennzeichnet ist, d.h. im vegetativen Nervensystem überwiegen die Hemmungsprozesse.

Aufgrund der unterschiedlichen Symptomatik ging man davon aus, dass der *sympathotone (basedonoid)* Typ des Übertrainings bei „anaeroben“, der *parasympathotone (addisonoid)* Typ bei „aeroben“ (Ausdauer-) Sportarten zu beobachten wäre.

Diese Einteilung ist jedoch vermutlich zu eindimensional, da in verschiedenen zielgerichteten Forschungsexperimenten ein sympathotoner Zustand weder durch

hochintensives Tempo- und Intervalltraining, noch durch intensives Krafttraining auszulösen war (LEHMANN et al. 1999). Möglicherweise ist dieser Übertrainingszustand nur ein Übergangszustand zum parasympathotonen Übertrainingszustand (ebd.1999).

Mit einem *Übertraining* ist dann zu rechnen, wenn vom Organismus hohe Intensitäten verkraftet werden müssen, ohne dass durch ein vorausgegangenes, genügend umfangreiches Grundlagentraining eine Basis für die Verarbeitung derartiger Belastungsreize entwickelt werden konnte. Vor allem dann, wenn Grenzbelastungen mit zusätzlichen psycho-emotionalen Stressoren ohne entsprechende Vorbereitung erreicht werden, ist die Gefahr des *Burnout-Syndroms* gegeben.

Übertraining kann also von vielen Faktoren verursacht werden, jedoch bei Planung und Durchführung von längerfristigen Trainingsprozessen ist jedoch auf jeden Fall Folgendes zu beachten:

- Die Auswirkungen eines Trainings sind das Ergebnis von Wechselwirkungen zwischen Trainingsbelastung und der Persönlichkeit von Sportlern/Innen. Somit sind dann auch Auswirkungen des Trainings nicht nur von Belastungen, sondern auch von zahlreichen inneren Faktoren abhängig, und die individuellen Dosis-Wirkung-Beziehungen sind sehr dynamisch.
- Der Anteil unterschiedlicher Stressoren, insbesondere aus dem persönlichen Umfeld, ist in der Regel individuell verschieden, ebenso wie die persönliche Stresstoleranz und die genetische Disposition des Individuums zur Belastungsverarbeitung. So können in unterschiedlichen Konstellationen und bei individuellen Dispositionen Übertrainingszustände sowohl nach überhöhtem Trainingsumfang als auch bei erhöhter Trainingsintensität oder zusätzlichem Krafttraining beobachtet werden.
- Der höchste Trainingseffekt ist nur dann zu erwarten, wenn die Belastungsdosierung und die Belastbarkeit optimal aufeinander eingestimmt sind, wobei, wie schon oben betont Trainingsbelastungen in diesem Fall als das Ergebnis der komplexen Umwelt zu betrachten sind.

Was in der Praxis nichts anderes heißt, als dass Training immer individuell auf einen Athleten abgestimmt sein muss. Was der eine Athlet problemlos an Belastung verkraftet, kann für den anderen, trotz ähnlicher Voraussetzungen, schon deutlich zuviel sein und ihn überfordern! Eine deutliche Forderung an den verantwortungsbewussten Trainer, sein Trainingskonzept, auch im Mannschafts- oder Gruppentraining, immer so weit wie irgend möglich individualisiert und personalisiert auf verschiedene „Sportlerindividuen“ zu planen und durchzuführen.

7.2 Symptome und Behandlung des Übertrainings (Burnout-Syndrom)

Die Erkennung des Übertrainings stützt sich nie auf nur eines der angegebenen Symptome, sondern stellt eine Art diagnostisches Puzzle dar, in das alle gefundenen Werte eingebracht werden sollten.

In Hinblick auf Prognose und zugrunde liegende Ursachen unterscheidet man *Kurzzeit-Übertraining* von *Langzeit-Übertraining*, wobei der Übergang fließend ist. Bei Trainingslagern mit deutlichen Umfangs- und /oder Intensitätssteigerungen ist oh

ne zusätzlichen Wettkampfstress nach ca. 3 Wochen mit Übertrainingszuständen zu rechnen (s.o. „Überziehen“). Kurzzeit-Übertraining von 1 - 3 Wochen muss deshalb von Langzeit-Übertraining über 4 Wochen und mehr abgegrenzt werden (LEHMANN et al. 1999).

Kurzzeit-Übertraining wird auch als Superkompensations-Training bezeichnet; es führt nur zu einer „peripheren“ Ermüdung der überlasteten Muskulatur und kurzzeitiger Leistungsminderung. Nach 1 - 2 wöchiger Regenerationsperiode ist die Superkompensation abgeschlossen, die in der Regel zu einer Leistungsverbesserung führt. Regeneration bedeutet in diesem Zusammenhang eine 30 – 70 %-ige Reduktion des Trainingsumfanges zur Überwindung der „Ermüdung“ und zur Auslösung der Leistungssteigerung.

Bei Langzeit-Übertraining kommt es sowohl zu einer „peripheren“ (von den Muskeln ausgehenden) als auch zu einer „zentralen“ (vom Gehirn ausgehenden) Ermüdung mit anhaltender Leistungsminderung über mehr als 2 - 4 Wochen. Eine Superkompensation ist nach Langzeit-Übertraining nicht zu erwarten; Langzeit-Übertraining stellt einen schwerwiegenden Trainingsfehler dar, der in der Regel in der laufenden Saison keine Topleistungen mehr zulässt. Ein neuer Trainingsaufbau ist erforderlich nach einer längeren Phase der deutlichen Reduzierung des Trainingsumfanges und einer bewussten Vermeidung von einseitiger Trainingsmonotonie.

Die Übergänge von der Ermüdung zur Übermüdung als auch zum Übertraining sind fließend. Grundlage für das Auftreten von Übertrainingsreaktionen bildet jedoch eine Summation von Ermüdungsresten ohne die erforderliche Wiederherstellung. Dieser *„schleichende Prozess“* ist äußerst schwer frühzeitig zu erkennen, denn oft bemerkt der übertrainierte Sportler den Leistungsabfall selbst nicht, sondern fühlt sich im Gegenteil leistungsfähig und vermag noch sehr hohe Belastungsumfänge ohne wesentliche Ermüdung zu absolvieren.

Langzeit-Übertraining führt in der Regel zu einer Störung der Gesundheit des Athleten; Symptome sind dabei anhaltende Leistungsminderung, anhaltende Müdigkeit (häufig in Kombination mit Schlafstörungen), verschlechtertes Allgemeinbefinden, gestörte Reproduktionsfunktionen und veränderte Immunfunktion (d.h. u.a. gehäufte Anfälligkeit für „banale“ Infekte, Husten, Schnupfen, leichte grippale Infekte etc.).

Objektive Kriterien für Übertrainingszustände können anormal hohe Werte von CPK und Serumharnstoff sowie von Ammoniak im Urin sein. Neuerdings wird auch ein Ansteigen des Quotienten Kortisol/Testosteron sowie eine Veränderung der Herzfrequenz- und Blutdruckvariabilität (UUSITALO et al. 2000) als objektives Kriterium angegeben.

Oft wird beim Erkennen einer Leistungsstagnation oder -minderung versucht, diese durch ein forciertes Training wieder wettzumachen. Ein sicheres Indiz für Übertraining ist es, dass trotz des (und natürlich auch wegen des noch zusätzlich) erhöhten Trainingsumfanges ein weiterer Leistungsrückgang erfolgt. Grundsätzlich muss m.E. bereits bei stagnierender Leistungsfähigkeit nach intensiviertem Training an die Möglichkeit eines Übertrainings gedacht werden, meist in der Folge übermäßigen „Überziehens“ und/oder zu kurzer Regenerationszeiten.

Ist also ein „unerklärlicher“ Leistungsrückgang zu beobachten, ohne dass trainingsindizierte Ursachen wie Reduzierung des Trainingsumfanges, Krankheit oder Verletzung vorliegen, sollte grundsätzlich an die Möglichkeit des Übertrainings gedacht werden.

Symptome des Übertrainings ergeben sich aus den Fehlfunktionen verschiedener Systeme, die häufigsten Übertrainingssymptome sind der Tabelle 19 zu entnehmen.

7.2.1 Behandlung des Übertrainings

Die Behandlung des Übertrainings muss immer individuell auf den Einzelnen abgestimmt werden. Ein völliges Absetzen des Trainings ist als Behandlung undiskutabel, da das Entlastungssystem die Gesamtsituation eher verschlechtern würde. Auch die Fortsetzung der gleichen hohen Trainingsbelastung kann nicht durchgehalten werden, da daraufhin mit einer höheren Abnutzung zu rechnen ist.

<i>Mögliche Übertrainingssymptome</i>
• Leichte Ermüdbarkeit
• Schlaf gestört
• Appetit herabgesetzt
• Körpergewichtsabnahme
• Neigung zum Schwitzen, Nachtschweiß, feuchte Hände
• Halonierte Augen, Blässe („Ringe“ unter den Augen)
• Neigung zu Kopfschmerzen
• Herzklopfen, Herzdruck, Herzstiche
• Ruhepuls beschleunigt
• Grundumsatz gesteigert
• Ausgeprägter roter Dermographismus
• Körpertemperatur leicht erhöht
• Verzögerte Einstellung der Herzfrequenz
• Blutdruck uncharakteristisch
• Abnorme Hyperpnoe unter Belastung
• Überempfindlichkeit gegenüber Sinnesreizen (besonders akustischer Art)
• Bewegungsablauf wenig koordiniert, oft überschießend
• Reaktionszeit verkürzt, allerdings viele Fehlreaktionen
• Tremor
• Erholung verzögert
• Innere Unruhe, leichte Erregbarkeit, Gereiztheit,

Tab. 19: Symptome und Erscheinungsformen des Übertrainings

Die Behandlung des Übertrainings verlangt ein reduziertes und verändertes Weitertrainieren. Sind die Symptome eines Kurzzeit-Übertrainings erkannt, lässt es sich in 1 - 2 Wochen durch ein stark reduziertes oder ein völlig anderes Training bzw. einen eventuellen Milieuwechsel (Ferien) sowie durch Massagen und viel Schlaf relativ leicht beheben.

Das Langzeit-Übertraining verläuft häufig problematischer, weil es auf Anhieb kaum diagnostizierbar ist, da die Übergänge zwischen Kurzzeit- und Langzeit-Überlastung natürlich fließend sind (s.o.).

Betroffenen Sportlern werden häufig Willensschwäche, mangelnde Einsatzbereitschaft und fehlender Kampfgeist vorgeworfen. Da das Langzeit-Übertraining im wahrsten Sinne des Wortes überwiegend aus einem Fehltraining resultiert, liegt die Bekämpfung des Übertrainings somit bereits mehr in einer optimalen Trainingsgestaltung, die ein Zustandekommen von Übertrainingszuständen ausschließen kann.

Dabei sind grundsätzlich folgende Punkte zu beachten (vgl. dazu auch Tab. 20):

- Gründliche Planung und Aufbau des Trainings, entsprechende Periodisierung
- Vermeidung von Ermüdungsanhäufung nach hohen Belastungen
- ausreichende Regenerationsprozesse (s.u.)
- richtig gestalteter Wechsel von Belastung und Erholung
- Vermeidung der Monotonie und der Trainingsstereotypen
- konfliktarme Gestaltung der sozialen und individuellen Umweltbedingungen
- vertrauensvolle Zusammenarbeit zwischen Sportlern, Trainern und Sportärzten (nach MARTIN et al. 1991)

Weitere Maßnahmen zur Behandlung von Übertraining sind in Tabelle 20 zusammengefasst (s.u.).

(Literaturhinweis zum ergänzenden Eigenstudium: VOIGT, E.: Übertraining: Entstehungsmechanismen sowie diagnostische und prophylaktische Möglichkeiten; Leipzig 1990.)

7.3 Regeneration

Die Vorgabe von Regenerationszeiten aufgrund verschiedenartig vorausgegangener Belastung mit unterschiedlichen Ermüdungswirkungen ist insofern äußerst schwierig, als ständig andersartige Belastungsanforderungen (Kraft- und/oder Ausdauertraining) mit unterschiedlicher Beanspruchung auftreten und darüber hinaus das Ausgangsniveau vor dem Training nie gleichwertige Regenerationszustände aufweist. Zudem werden in den meisten Übersichtsangaben zu Regenerationszeiten nur die „reinen“ muskulären Regenerationszeiten berücksichtigt, was unzureichend ist, da andere Funktionsabläufe unseres Organismus bis zur vollständigen Regene-

ration viel länger brauchen. Hinzu kommt, dass bei der Summierung von Belastungen, wie sie im Rahmen eines Trainingszyklus auftreten, auch die Wirksamkeit der im Training laufenden Regeneration und die nach dem Training einsetzende Sofortregeneration nachlassen. Aus diesem Grunde nützen bei der Trainingssteuerung Angaben darüber, wie lange beispielsweise eine vollständige Regeneration nach einem umfangreichen aeroben oder anaeroben Ausdauertraining in der Regel dauert, recht wenig. Deshalb sollten einige globale Regeln aufgestellt werden, die aber aufgrund individuell zu sammelnder Erfahrungen anzuwenden sind.

Maßnahmen zur Behandlung des Übertrainings
• Ausschaltung aller sozialen und biologischen Faktoren, die den Eintritt eines Übertrainings fördern • erhebliche Reduktion des speziellen und des Spezialtrainings: Grundlagenausdauer, keine Intensität • in schweren Fällen Übergang auf aktive Erholung: Gymnastik, Spiele etc. • Milieuwechsel, Umgebungswechsel, Klimawechsel etc. • leichte Ultraviolettbestrahlung oder Licht- und Sonnenreize („südliche Sonne“) • leichte Massage, Bäder mit Zusätzen (Brom, Baldrian etc.) Massage, Wasseranwendung (Reizgüsse etc.) • milde Saunaanwendung • vollwertige Kost • reichhaltige Ernährung • zusätzlich Multivitaminpräparate

Tab. 20: **Möglichkeiten zur Behandlung des Übertrainings**
(in Anlehnung an: WEINECK 1996)

Wenn auch der biologische Komplex *Belastung/Erholung* letztlich immer seine eigene Prägung hat und deshalb nur persönliche Verlaufsbeobachtungen zuverlässige, individuelle Aussagen erlauben, kann man den komplexen Regenerationsprozess zur vereinfachten Darstellung pauschal in eine *Früh-, Spät- und Superkompensationsphase* aufteilen (vgl. Tab. 21).

Tatsächlich aber überlagern sich die Phasen der einzelnen Bereiche sehr stark. Etwas verallgemeinert kann herausgestellt werden:

- Training im extensiven Belastungsbereich (unter 2 - 3 mmol/l) von unter 1 Stunde Dauer beansprucht weder die Glykogenreserven noch die neurohormonelle Regulation sehr stark. Es wird auch als Regenerationstraining durchgeführt und ist daher täglich möglich.
- Extensives Training mit 1½ bis 2 Stunden und länger bringt selbst bei vorrangiger Fettverbrennung eine starke Glykogenspeicherentleerung und

meist überdurchschnittliche Flüssigkeitsverluste mit sich, was für eine intensivere Belastung eine 1- bis 2-tägige Regenerationsdauer erfordert.

- Intensives Training im Bereich der anaeroben Schwelle und knapp darüber ist bei gezielter Kohlehydraternährung wegen der fast kompensierten Glykogenspeicher nach 24 Stunden wieder möglich. Der beanspruchte Hormonhaushalt verlangt aber, auf Dauer gesehen, eine 2-tägige Regenerationsphase.
- Intensives Training mit anaerob-laktaziden Belastungen (intensives Intervalltraining, intensive Wiederholungsarbeit), das durch hohe Laktatkonzentrationen in der Muskelzelle die Mitochondrien beeinträchtigt, wegen der Übersäuerung den Elektrolythaushalt stört und zur Mobilisation der Glykolyse Katecholaminausschüttung benötigt, verlangt 2 - 3 Tage Regenerationszeit.
- Nach „harten“ Ausdauerwettkämpfen kann wegen der üblich stärkeren nervalen und auch hormonellen Beanspruchung die Erholungsdauer verlängert sein (nach Marathonläufen und Ultralangzeitausdauerwettbewerben ist erst nach ca. 5 Tagen bis 1 Woche mit intensiverer Belastungsfähigkeit zu rechnen).

	Zeitdauer	Vorgänge
Frühphase der Regeneration	bis 6 Stunden	• Regeneration energiereicher Phosphate • Rückschwingung von Herzfrequenz, Blutdruck und Atemfrequenz • Milchsäurenabbau, Normalisierung des Säurehaushaltes • Wiederherstellung der Nerv-Muskel-Funktionen • Beginn der Substratauffüllung (z.B. Kohlenhydratspeicher)
Spätphase der Regeneration	6 – 36 Stunden	• Auffüllung von Muskel- und Leberglykogen • Einlagerung von Fetten in die Muskelzelle • Regeneration von Mitochondrien • Regeneration von kontraktilen Eiweißen • Regeneration von Binde- und Stützgewebe
Superkompensationsphase (= Leistungszugewinn)	>36 Stunden bis mehrere Tage und Wochen	• Mehrausgleich bei den träge ablaufenden Wiederherstellungsvorgängen (z.B. Struktureiweiß, Hormonspeicher, Elektrolytkonzentration)

Tab. 21: Phasen des Wiederherstellungsprozesses nach körperlichen Belastungen
(aus: ZINTL 1994)

Bei der Trainingsgestaltung im Breiten-, Leistungs- und Hochleistungssport hat es sich bewährt, die muskulären Regenerationszeiten als Basis für die Reizintensität, die Reizdauer und die Reizhäufigkeit einzusetzen.

Diese „groben“ Näherungswerte gelten für das *Hochleistungsalter* zwischen 18 und 35 Jahren. Oberhalb und unterhalb dieser Altersgrenze verlängern sich die muskulären Regenerationszeiten noch, was bei der Planung und Realisierung des Trainingspro

zesses unbedingt zu berücksichtigen ist, ebenso wie individuelle Regenerationszeit-schwankungen verschiedener Athletentypen.

Angesichts des heutigen Trainingsumfanges in einigen Sportarten und der damit verbundenen hohen Dichte von Trainingseinheiten dürfen die Erholungsprozesse sich nicht selbst überlassen bleiben, sondern müssen durch *zusätzliche Maßnahmen* gezielt unterstützt werden. Der Sinn dieser Maßnahmen ist die Beschleunigung des Regenerationsprozesses nach Trainings- oder Wettkampfbelastungen. Da sich die Ermüdung während der Belastung auf verschiedene Funktionssysteme erstreckt, sind die *begleitenden Maßnahmen* natürlicherweise auch recht vielgestaltig. Den Bedürfnissen und ihrer Wirkung entsprechend sind sie miteinander zu koppeln.

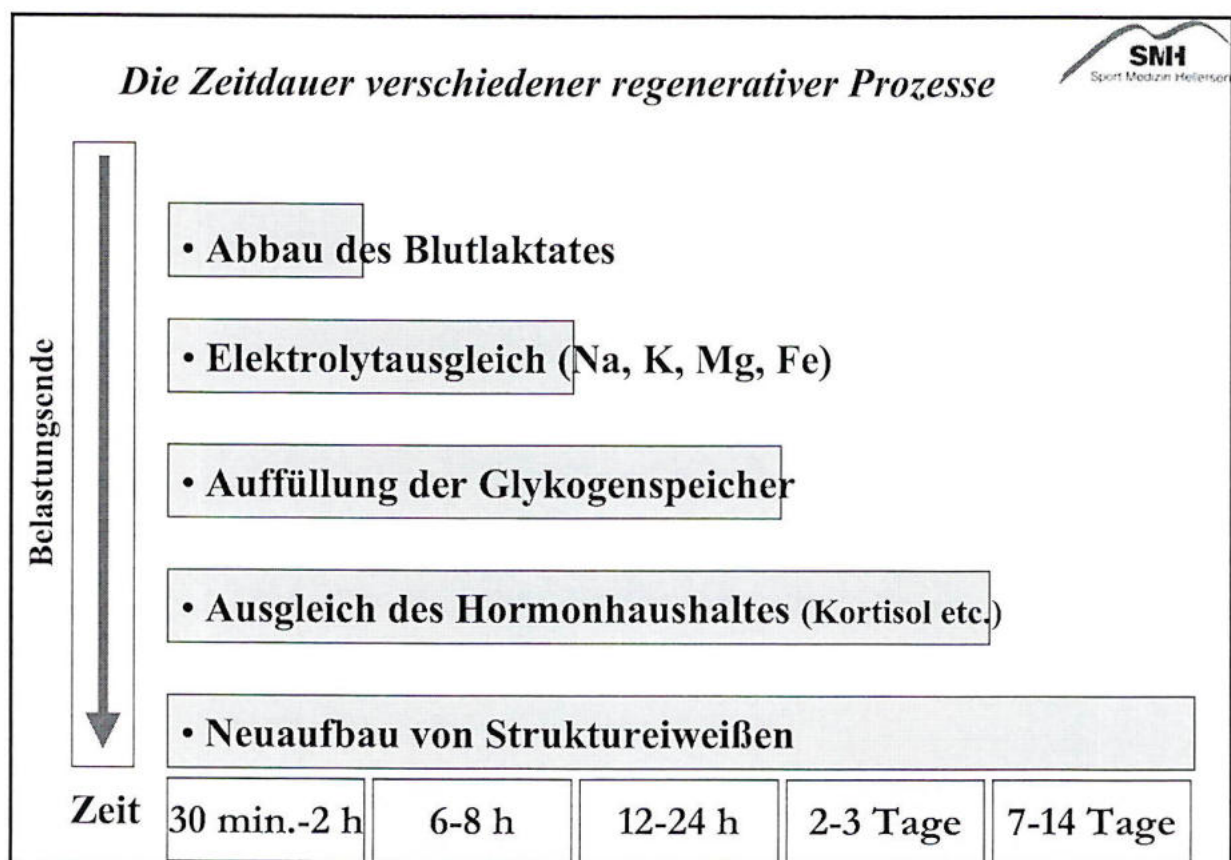


Abb. 20: Zur Mehrdimensionalität von Superkompensationsprozessen

7.3.1 Allgemeine regenerationsfördernde Maßnahmen

(in Anlehnung an ZINTL 1994)

- Auslaufen/Ausschwimmen/regeneratives Radfahren

Der Sinn dieser *körperlichen Aktivität mit aktiver Muskularbeit geringer Intensität* ist primär die beschleunigte Beseitigung von Stoffwechselschlacken, die über das Blut- und Lymphgefäßsystem geschieht. Es ist nachgewiesen, dass Blutlaktatspiegel nach Laufbelastungen durch ein halbstündiges Auslaufen/ausschwimmen wesentlich schneller beseitigt werden als durch Ruhe. Die Erholungsprozesse werden auch durch körperliche Aktivität geringer Intensität (*ca. 30 - 50% der Maximalleistung, im Bereich oder unterhalb des Grundlagenausdauertrainings*) und einem zeitlichen Umfang von *ca. 15 - 20 Minuten* (nach der Dauerermethode) deutlich positiv beeinflusst.

Das Auslaufen bzw. Ausschwimmen sollte neben der durchblutungsfördernden Wirkung auch Lockerungs- und Entspannungseffekte auf die Muskulatur haben.

- Massage

Zwei Massageformen sind in diesem Zusammenhang interessant:

Die *Wiederherstellungsmassage* mit Zielsetzung: Beseitigung der Stoffwechselschlacken, Herabsetzung des Muskeltonus (der Muskelspannung) und vegetative (nervliche) Umschaltung. Ungeeignet ist die Massage bei Muskelkater, dessen Symptome durch Massage noch verstärkt werden.

Mit der *Vorbereitungsmassage* vor einem Wettkampf wird eine Durchblutungssteigerung und Lockerung der Muskulatur beabsichtigt. Sie kann das *aktive Aufwärmen* aber nicht ersetzen!

- Sauna

Saunaanwendung in einem ausreichenden Abstand vom Trainings- oder Wettkampfe dient dem Sportler, vor allem der raschen Entmüdung (gesteigerte periphere Durchblutung mit Schlackenabtransport), der Muskelentspannung und der vegetativen Umstellung (Entspannung).

Im Allgemeinen wird das Saunabad einmal wöchentlich empfohlen. *Nach Gewöhnung und bei verkürzter Anwendung (ein Durchgang 5 - 6 Minuten) kann auch mehrmals in der Woche zwischen den Trainingseinheiten der Saunagang zur Regenerationsbeschleunigung eingesetzt werden (Trainingslager!!).* Vor (Ausdauer-)Wettkämpfen sollte auf Saunaanwendungen verzichtet werden (Zeitabstand mindestens 24 Stunden).

- Warmwasserbad

In einem 36 - 38°C warmen Bad von etwa 10 - 15 Minuten Dauer (Entmüdungsbecken, SPA, häusliche Badewanne nach dem Training etc.) werden Detonisierungen der Muskulatur, bessere Durchblutung und eine beruhigende Wirkung im vegetativen Bereich festgestellt. In der unmittelbaren Wärmewirkung ist das Wannenbad besser als der Saunagang oder eine warme

Dusche (das Duschen nach dem Training hat also auch eine regenerationsfördernde Wirkung!).

- Solarium

UV-Strahlen sind ein therapeutisch wesentlicher Teil des Sonnenlichts. Ihre künstliche Anwendung in Solarien (oder natürliche Anwendung bei Trainingslagern in „südlicher Sonne“) beruht auf der stoffwechselaktivierenden Wirkung (Aktivierung von Enzymsystemen) und zielt auf Erhöhung der körperlichen Leistungsfähigkeit sowie Verstärkung der Infektabwehr ab. Den UV-Strahlen wird auch eine positive Wirkung auf das Hormonsystem (Testosteronausschüttung) und damit ein womöglich nicht unwesentlicher Einfluss auf die Erholung und Muskelentwicklung zugeschrieben. In kombinierter Anwendung mit *Infrarotlicht* (Wärmestrahlung) kann die erwähnte Wirkung gesteigert werden.

- Elektrotherapie

Aus der Stromanwendung in der Physiotherapie ist bekannt, dass galvanische Ströme (Gleichstrom) eine rasche Entmüdung der Muskulatur bewirken. Ähnliches gilt für das Stanger-Bad (Wannenbad mit elektrischer Durchflutung, Dauer 10 - 30 Minuten).

7.4 Zur Bedeutung des Auf- und Abwärmens im Sport

7.4.1 Aufwärmen (warm-up)

Der Begriff „Aufwärmen“ beschreibt alle Maßnahmen, die den Sportler in physischer und psychischer Hinsicht auf Trainings- und/oder Wettkampfbelastungen vorbereiten (JONATH 1988).

Dem Aufwärmen werden unabhängig, von der Sportart, folgende Wirkungen zugeschrieben (FREIWALD 1991):

1. Verbesserung der allgemeinen organischen Leistungsbereitschaft
2. Verbesserung der koordinativen Leistungsbereitschaft
3. Optimierung der psychischen Leistungsbereitschaft
4. Vorbeugende (präventive) Funktionen der Verletzungsvorsorge.

Punkt 4 der obigen Aufzählung (Verletzungsvorbeugung) ist bis heute noch nicht ausreichend wissenschaftlich abgesichert, kann aber dennoch als Faktum angesehen werden. Es wäre selbstverständlich unethisch, nur wegen des wissenschaftlichen „Nachweises“ Versuchspersonen der Gefahr einer Verletzung auszusetzen, aber allein die umfangreichen Praxiserfahrungen zahlreicher Übungsleiter und Trainer bestätigen die verletzungsvorbeugenden Effekte des Aufwärmens.

Ohnehin hat sich in den letzten Jahren als Begründung für die Notwendigkeit des „warm-up“ ein Bedeutungswandel entwickelt, denn neben der Verletzungsprophy

laxe ist inzwischen mehr und mehr die *leistungssteigernde Bedeutung des Aufwärmens* in den Vordergrund getreten (FREIWALD 1991).

Im Einzelnen werden u.a. folgende „Effekte“ durch die „Erwärmung“ erzielt:

- Die *Körpertemperatur* soll durch das Aufwärmen bis auf ca. 38,5° C ansteigen, die Optimaltemperatur für die Trainings- und Wettkampfbelastung liegt bei 38,5 bis 39°.
- Beim Aufwärmen ist der Anstieg der *Muskeltemperatur* in den ersten 5 Minuten am größten, während der Anstieg der Körperkerntemperatur zeitlich verzögert in 30 Minuten allmählich und stetig geschieht und stabilisierend auf die Muskeltemperatur wirkt.
- Die *Stoffwechselvorgänge* folgen der sogenannten Reaktions-Geschwindigkeits-Temperatur-Regel (RGT-Regel), wobei mit jedem Grad Temperaturerhöhung ein Anstieg der Stoffwechselvorgänge um 13% festzustellen ist.
- Der Ausstoß von *Katecholaminen* sowie von Insulin und anderen *Hormonen* steigt zu Beginn des Aufwärmens an. Dies führt zu einer Intensivierung der Durchblutung der Muskulatur, zur Erhöhung der Atemtätigkeit und zur Steigerung des gesamten Leistungsstoffwechsels.
- Nach richtig dosiertem Aufwärmen findet die Energiegewinnung vermehrt aerob statt; es wird eine deutlich längere Zeit *aerobe Arbeit* geleistet, die *anaeroben Energiereserven* werden geschont, die *Laktatwerte* während der Hauptbelastung liegen niedriger, die Übersäuerung des Muskels, die zur Ermüdung führt, lässt sich länger hinausschieben.
- Die *maximale Sauerstoffaufnahmefähigkeit* in der Arbeitsmuskulatur ist erhöht, der Sauerstoffbedarf für eine bestimmte Belastung vermindert.
- Durch Aufwärmen wird die *Durchblutung* gesteigert; das Blut wird aus den weniger beanspruchten Regionen in den Blutspeichern in die Arbeitsmuskulatur umverteilt.
- Die *Atemtätigkeit* ist nach dem Aufwärmen ökonomischer; die Atmung vertieft sich, es wird je Atemzug mehr Sauerstoff eingeatmet, die Verwertung des eingeatmeten Sauerstoffs nimmt zu.
- Die Mehrdurchblutung der Muskulatur wird durch das vermehrte Öffnen und Weitstellen der Kapillaren erzielt. Die mit der Temperaturerhöhung gekoppelte Verbesserung der Durchblutung führt zu einer Abnahme der inneren Reibungswiderstände (*Viskosität* in der Arbeitsmuskulatur).
- Die *Ernährungsbedingungen in den Gelenkknorpeln* lassen sich durch Aufwärmen verbessern; es kommt zu einer Verdickung (Aufschwemmung) der Knorpelschicht in den Gelenken, auch schon nach kurzzeitiger Belastung lässt sich eine Zunahme der Gelenkknorpeldicke feststellen. Einwirkende Kräfte können so besser aufgefangen werden (wichtig z.B. beim Krafttraining).
- Bei einer Temperatur von 39° bis 40° ist eine optimale Zunahme der *Elastizität* und *Plastizität* der *kollagenen Fasern* zu erwarten (wichtig für die Muskeldehnung).

- Nach dem Aufwärmen erhöht sich die Kraft, Schnelligkeit und Ausdauer der Muskelkontraktion. Durch die Temperatursteigerung erhöht sich die elektrische Aktivität des Muskels, die chemischen Vorgänge werden beschleunigt. Es verringern sich zugleich die inneren (viskösen und elastischen) Widerstände im Muskel, Kontraktion und Entspannung können in schnellerer Folge ausgeführt werden.

Die vier letztgenannten Aspekte des Aufwärmens erklären schon allein aus logischen Erwägungen heraus den verletzungsvermeidenden Charakter der Erwärmung hinreichend. Insbesondere die Vermeidung längerfristiger Schädigungen bzw. Verschleiß von Gelenken und Muskeln lässt sich so begründen. Ein gut „geschmiertes“, „reibungsarmes“ Gelenk ist nahezu verschleißfrei, ein „warmer Motor“ hält unter Belastung länger und „verbraucht“ weniger. Hierin liegt m.E. ein besonders wichtiger Begründungsaspekt für regelmäßige, methodische Erwärmung. Nur sie gewährleistet eine jahrelange Sportkarriere bzw. jahrelanges sportliches Training im Leistungssport ohne gravierende Spätfolgen oder Spätschäden am Knochen- und Bandapparat des Athleten!

Neben den physiologischen (körperlichen) Auswirkungen des Aufwärmens ist ebenso mit Effekten auf die Psyche des Sportlers zu rechnen. Im einzelnen sollte die methodische Erwärmung zu einer optimalen psychischen Aktiviertheit führen und auf die kommenden Anforderungen einstimmen.

Die psychologischen Auswirkungen des Aufwärmens sind:

1. Motivation und Einstimmung
2. Regulation des Erregungsgrades
3. Psychischer Rückhalt
(z.B. durch ein vertrautes Aufwärmprogramm - Selbstvertrauen stärken, Unsicherheit abbauen etc.)
4. Emotionale Stimulierung (z.B. „Kampfbereitschaft“, „Durchhaltewillen“ etc.)

Der Vorstart-Zustand wird also durch Aufwärmen beeinflusst. Das *Mentale Training* trägt als Ergänzung zum aktiven Aufwärmen bei erfahrenen Sportlern zu einer größeren Aufmerksamkeit und Konzentration sowie zu einer optimalen Einstellung der psycho-vegetativen Funktionslage bei. Dabei ist es insbesondere auch für Sportschützen vorteilhaft, das mentale Einstimmen nach dem physischen Aufwärmen durchzuführen.

Aufwärmmethoden werden nach *aktiv* oder *passiv* unterschieden.

Das *passive Aufwärmen* kann m.E. nur eine Ergänzung des *aktiven Erwärmens* sein, dabei entsteht die Wärme nicht im Muskel selbst, sondern wird von außen zugeführt. Die Körperkerntemperatur steigt daher nur sehr langsam an, die Durchblutungssteigerung in der Muskulatur ist auch deutlich niedriger als beim aktiven Aufwärmen.

Der leistungssteigernde Effekt wird von den meisten Autoren als relativ gering bezeichnet. Maßnahmen des passiven Aufwärmens sind: Massagen, heiße Duschen, Bäder, Sauna, spezielle Wärmekleidung, Kaltwasserbehandlung, durchblutungsfördernde Mittel (Salben, Einreibungsmittel), Kurzwellenbehandlung. Diese führen zu einer ungünstigen Blutverteilung mit Blutdruckabfall im Organismus und Tonusabfall in der Muskulatur. Einige Autoren lehnen daher das passive Aufwärmen gänzlich ab.

Allgemeines Aufwärmen sollte auf einem niedrigen Belastungsniveau durchgeführt werden, beinhaltet die aktive Arbeit großer Muskelgruppen (z.B. langsames Laufen, „Ganzkörpergymnastik“ etc.) und hat zum Ziel, die Körperkerntemperatur zu steigern, das Herz-Kreislauf-System zu aktivieren und die Psyche auf die bevorstehende Belastung einzustimmen.

Am Anfang des Aufwärmens steht daher das allgemeine warm-up, gefolgt vom speziellen und sportartspezifischen Aufwärmen.

Spezielles und *sportartspezifisches Aufwärmen* sind auf die Bewegungskoordination ausgerichtet und zielen auf die Vorbereitung der Muskulatur und des Nervensystems auf die nachfolgende spezielle Belastung ab, sie beinhalten Funktionsgymnastik (sportartspezifische Dehn- und Kräftigungsübungen) sowie dynamische Koordinationsübungen zum Aufbau eines optimalen Nerven-Muskel-Zusammenspiels und zur Erhöhung der Muskelaktionsspannung.

Zu Beginn des speziellen Aufwärmens werden meistens speziell gehaltene Dehnübungen (Stretching) der entsprechenden Muskulatur durchgeführt, wobei der Muskeltonus gesenkt und der Muskel entspannt wird. Es endet in der Regel mit der Imitation oder der Durchführung sportartspezifischer Bewegungen oder von Teilelementen der Zielübung.

Zusammenfassend sollen durch Aufwärmen folgende Ziele erreicht werden (nach SCHIFFER 1997):

1. Steigerung der Kreislauf-tätigkeit
2. Ökonomisierung der Atmung
3. Erhöhung der Muskeltemperatur
4. Verringerung von elastischen und viskösen Widerständen
5. Stimulierung der neuronalen Steuerungsprozesse
6. Vorbereitung des passiven Bewegungsapparates
7. Einstimmen der Psyche.

Die körperlichen Auswirkungen des Aufwärmens lassen sich wie folgt zusammenfassen:

1. Anstieg der Muskel- und Körperkerntemperatur
2. Beschleunigung der Stoffwechselprozesse
3. Erhöhung der Leitungsfähigkeit des Nervensystems
4. Erhöhung der Kontraktionsgeschwindigkeit der Muskulatur
5. Verringerung der Verletzungsgefahr im Bereich Muskeln, Sehnen und Bänder auf längere Sicht
6. Verringerung der Gelenkbelastung
7. Verringerung des „Anfangs-Sauerstoff-Defizits“ zu Beginn einer Belastung (des „initialen O₂-Defizits“)
8. Psychische Einstimmung.

Folgende Aspekte eines methodischen Aufwärmens sollten bei der Planung und Durchführung zudem noch beachtet werden:

- Die Aufwärmzeit ist abhängig vom Training und Leistungszustand des Aufzuwärmenden, von der Sportart, den klimatischen Bedingungen und dem Lebensalter. Als Minimum der Aufwärmzeit werden 5 Minuten, als Optimum 15 bis 20 Minuten zur Erhöhung der Muskeltemperatur und 30 bis 45 Minuten zur Erhöhung der Körperkerntemperatur angegeben.
- Zwischen Aufwärmen und Beginn der Hauptbelastung sollten nicht mehr als 5 bis 15, maximal 15 Minuten liegen. Der vorteilhafte Aufwärmeffekt bleibt nach Belastungsende, je nach Belastungsgestaltung, 20 bis 80 Minuten erhalten.
- Je kürzer und intensiver die sportlichen Belastungen sind, desto umfangreicher und spezifischer hat das Aufwärmen zu erfolgen.
- Je höher das Lebensalter eines Sportlers ist, desto langsamer und länger muss er sich aufwärmen. Bei jüngeren Kindern, bis ca. 12 Jahre, hat das Aufwärmen eher pädagogische Ziele (Sammeln von Erfahrungen wie Technik und Wirkungsweise des Aufwärmens), da sich bei ihnen die sogenannte ergotrope Umstellung schneller vollzieht.
- Je besser der Trainingszustand eines Sportlers ist, desto mehr Zeit nimmt die Aufwärmphase in Anspruch, um alle physiologischen Parameter auf die kommenden Leistungsanforderungen einzustellen. Ein weniger gut Trainierter bzw. Untrainierter sollte sich nicht so intensiv aufwärmen, da er seine Ermüdungsgrenze relativ schnell erreicht. Hierbei kann dann ein leistungsmindernder Effekt durch das Aufwärmen entstehen.
- Die beste Tageszeit für das Aufwärmen ist der Zeitpunkt des Optimums der Körperkerntemperatur - ca. 15 Uhr. Morgens ist eine längere Aufwärmzeit vonnöten.

7.4.2 Abwärmen (cool-down)

Als „Abwärmen“ bzw. „cool-down“ werden die aktiven oder passiven Maßnahmen bezeichnet, die sich unmittelbar an den Hauptteil einer Trainingseinheit oder an das Ende eines Wettkampfes anschließen, um zu einer schnellen und qualitativ hochwertigen Erholung und Regeneration zu gelangen bzw. diese einzuleiten.

Das zielgerichtete Abwärmen ist erst in den letzten Jahren vermehrt in den Blickpunkt der Sportler und Trainer aller Leistungsklassen gelangt. Es wird u.a. auch zunehmend gezielt eingesetzt, um durch Beschleunigung der Regenerationsprozesse die Abstände zwischen einzelnen Trainingsabschnitten oder Trainingseinheiten zu verkürzen und dadurch mehr zu trainieren und letztendlich eine höhere Leistungsfähigkeit zu erreichen.

Man denke an das Auslaufen der Bundesligaprofis im Fußball, was sich erst in den letzten zwei Jahren systematisiert als Sofortmaßnahme zur Regenerationsbeschleunigung durchgesetzt hat.

Systematisiertes und methodisches Abwärmen führt zu einer verbesserten Erholung und einer schnelleren und erhöhten Wiederbelastbarkeit (SCHIFFER 1997), dabei wird der Abbau von Stoffwechselendprodukten, z.B. Laktat, beschleunigt

und die Muskulatur durch Verringerung des ermüdungsbedingten erhöhten Muskeltonus entspannt. Ziel des Abwärmens ist es, so schnell wie möglich aus einer katabolen Stoffwechsellaage in eine anabole zu gelangen.

Die „sauren“ Stoffwechselzwischen- und -endprodukte werden beim aktiven Abwärmen durch vermehrte Durchblutung und erneute Kapillasierung aus den Muskelzellen ausgeschwemmt und die für die Enzymsysteme günstige Arbeitstemperatur länger aufrechterhalten. Dies ist vor allen Dingen nach Belastungen wichtig, in denen vermehrt anaerobe Stoffwechselprodukte angefallen sind, diese werden schneller abgebaut und abtransportiert, benötigte Stoffe schneller herbeigeschafft.

Die Sofortregeneration nach sportlicher Belastung ist quantitativ und qualitativ verbessert. Intensitätsgemindert aktives Bewegen aller Gelenke beim Abwärmen verstärkt den *Gelenkstoffwechsel* mit seinen für die Regeneration positiven Folgen.

Abwärmen führt zu einer Entspannung des aktiven Bewegungsapparates und der Muskulatur, z.B. mit Hilfe von *Stretching*.

Durch *aktives Abwärmen* wird die Durchblutung gesteigert und dadurch die Muskulatur von Stoffwechselschlacken schneller befreit.

Das *allgemeine aktive Abwärmen*, z.B. Auslaufen oder Ausschwimmen, wird mit niedrigerer Intensität (Herzfrequenz ca. 110 bis 120/min) 10 bis 20 Minuten lang zu Beginn des Abwärmprogramms durchgeführt. Es dient dem Abbau von Stoffwechselendprodukten, dem Auffüllen der Glykogendepots in der Muskulatur und der Vorbeugung von Muskelsteife und -schmerzen.

Daran anschließend wird beim *speziellen aktiven Abwärmen* häufig die Hauptbelastung intensitätsgemindert fortgeführt, z.B. Auslaufen nach Laufbelastung.

Hieran schließen sich gymnastische Übungen an.

Stretching nach dem Sport stellt eine wichtige Regenerationsmaßnahme dar, es senkt den Muskeltonus der vorher beanspruchten Muskulatur und beugt damit Verspannungen und späteren Verletzungen vor.

Beim *passiven Abwärmen* kommen Bäder, Saunagänge sowie tiefenwirksame rückflussfördernde Massagen zur Anwendung.

Alle obengenannten Maßnahmen des methodischen Abwärmens tragen ebenso wie ein gezieltes Aufwärmen zur Verhütung von Spätschäden an den Gelenken und der Wirbelsäule bei und eröffnen mittel- und langfristig eine positivere Leistungsprognose für den Athleten bzw. die Athletin (FREIWALD 1991).

(Literaturhinweis zum ergänzenden Eigenstudium: MAEHL, O., O. HÖHNKE: *Aufwärmen - Anleitungen und Programme für die Sportpraxis*; Abrensburg 1988.)

7.5 Grundlagen der Sporternährung

Es ist bekannt, dass unter den Trainingsanforderungen des Hochleistungssports *Defizite an Nährstoffen und Elektrolyten* auftreten können. Die leistungsrelevanten Rahmenbedingungen einer ausgewogenen Sport(Basis)ernährung sind in Tabelle 21 in aller Kürze dargestellt. Durch gezielte Substitution muss die möglicherweise trotzdem entstandene *katabole (eiweißabbauende)* Stoffwechselsituation möglichst frühzeitig in eine *anabole (eiweißaufbauende)* übergeführt werden. Die notwendigen Anwendungen und zu erwartenden Wirkungen mit wesentlicher Bedeutung für die Regeneration sind im Folgende punktuell herausgestellt.

7.5.1 Leistungsrelevante Rahmenbedingungen einer Sport-Basisernährung

Gezielte *Eiweißernährung* ist notwendig bei *Ausdauertraining hoher Intensität*. Die zugeführten Eiweiße haben den Bedarf an Aminosäuren zu decken, die ihrerseits zum Aufbau von Eiweißen (z.B. Mitochondrieneiweiße, Hormon-, Enzymeiweiße) notwendig sind. Die regenerative Wirkung beginnt mit Ende der Belastungsphase. Es muß also rechtzeitig, auch *schon vor dem Training*, zugeführt werden. Nach neueren Erkenntnissen sollten Ausdauersportler dem Organismus rd. 1,4 - 1,7g/kg Körpergewicht (LEMON 1994) Protein pro Tag zuführen! (Bisherige Empfehlungen lauteten 0,8 - 1,2g pro Tag.) Erfahrungsgemäß wird dem Körper die Hälfte des Tagesbedarfes in der „normalen“ Mischkosternährung zugeführt, d.h., es sollte zusätzlich auf Eiweißergänzungspräparate zurückgegriffen werden (Vegetarier benötigen ca. 10 - 20% mehr Eiweiß als die empfohlene Tagesration).

Erhöhte *Kohlenhydratzufuhr* ist vor allem im Ausdauersport notwendig, wenn durch intensive und umfangreiche Belastungen eine *Entleerung der Glykogenspeicher* zustande kommt. Mit normaler Mischkost währt die Wiederauffüllung 46 - 48 Stunden, mit kohlenhydratreicher Kost (60 - 80% KH-Anteil) kann der Resynthesevorgang auf ca. 24 Stunden verkürzt werden. In den *ersten 10 Stunden nach der Belastung* vollzieht sich dabei der *schnellste Glykogenaufbau*. Dies ist für die Ernährung zwischen den Trainingseinheiten wesentlich.

Schlussfolgerung daraus ist, dass es wichtig ist, unmittelbar nach dem Training oder Wettkampf mit dem Auffüllen der Kohlenhydratspeicher zu beginnen!! Unmittelbar nach dem Training sofort einen vorbereiteten „Fitnessdrink“ konsumieren. Wer erst zu Hause ist und trinkt verschenkt wertvolle Regenerationszeit (2 - 4 Stunden) und ist zur nächsten Trainingseinheit noch nicht „wieder aufgefüllt“ bzw. regeneriert. Er/Sie überfordert sich und gerät ins Übertrainin; man bedenke den zeitlichen Abstand vom Früh- zum Nachmittagstraining, der maximal 9 - 10 Stunden beträgt, wer erst mittags „isst“ hat bereits „verloren“.

Es ist allerdings eine *gleichzeitig erhöhte Zufuhr von Wasser und Kalium* notwendig, da die Glykogeneinlagerung nur mit beiden Stoffen zusammen geschieht.

Im Hinblick auf die Schaffung erhöhter Glykogenspeicher für (Ausdauer-) Wettkämpfe wird das *Superkompensationsprinzip* angewandt. Es gibt prinzipiell drei Verfahrensweisen:

1. 7 Tage vor dem Wettkampf werden die *Glykogenspeicher* durch umfangreiches und intensives Training *entleert*. Dann erfolgt unter *Fett-Eiweiß-Diät* 3 - 4 Tage

weiteres Training niedrigerer Intensität, und in den *letzten 3 Tagen* kommt es zur *Kohlenhydratmast*. So werden die Muskelspeicher maximal gefüllt (sinnvoll bei Ausdauerbelastungen mit mehrstündiger Dauer).

2. Die Trainingsbelastung zur *Entleerung* liegt 3 - 4 Tage vor dem Wettkampf. Dann wird in den folgenden Tagen die *Ernährung kohlenhydratreich* gestaltet und das Training mit niedrigerer Intensität fortgesetzt (sinnvoll bei Ausdauerbelastungen mit einstündiger Dauer oder länger).
3. *Ohne Ausbeutung* der Speicher ernährt man sich 3 - 4 Tage *überwiegend kohlenhydratreich*. Es kommt zu einer mäßigen Anreicherung, aber nicht zur Superkompensation. Für viele Sportarten genügt diese Anreicherung (z. B. beim Schwimmen bis 200 m-Strecken).

1. Ausgeglichene Energiebilanz

Die Energiezufuhr liegt in trainings- und umfangersintensiven Sportarten wie Ausdauersport, Turnen, Eiskunstlauf, Tanz, Sportgymnastik, Sportklettern, Skisprung usw. häufig unter dem effektiven Energieverbrauch.

2. Ausgeglichene Flüssigkeitsbilanz

Die Basisflüssigkeitszufuhr kann mit 2 bis 3 Litern pro Tag abgeschätzt werden, ergänzt durch eine den schweißbedingten Flüssigkeitsverlusten entsprechende Flüssigkeitszufuhr.

3. Ausgeglichene Stickstoffbilanz

Sportartspezifisch ist im Vergleich zu Normalbedarfswerten von erhöhten täglichen Bedarfswerten von 1,2 bis 1,8 g Protein pro Kilogramm Körpergewicht auszugehen.

4. Sinnvolle Makronährstoffrelation

(Kohlenhydrat : Protein : Fett)

Kohlenhydrate:	60 Energieprozent ⇨	5 - 9 g KH pro kg KG
Fett:	25 - 30 Energieprozent ⇨	1 - 1,5 g Fett pro kg KG
Protein:	10 - 15 Energieprozent ⇨	1,2 - 1,8 g Protein pro kg KG

5. Ausgeglichene Mineralstoff-, Spurenelement- und Vitaminbilanzen

Durch die Vermeidung einseitiger Ernährungsformen kann in den meisten Fällen von einer bedarfsdeckenden Mikronährstoffzufuhr ausgegangen werden.

6. Sinnvolle Mahlzeitenverteilung

3 größere und 2 bis 3 kleinere, sinnvoll zusammengesetzte Mahlzeiten pro Tag tragen zu konstanten Stoffwechselverhältnissen, besonders im Blutglukose- und Insulinstoffwechsel, bei.

7. Gezielte ernährungsspezifische Regenerationsmaßnahmen

Um die Regenerationsphase, zumindest auf energetischer und zellregenerativer Ebene, möglichst kurz zu halten, sollen die erhöhten zellulären Transport- und Resyntheseraten direkt nach der Leistung ausgenutzt werden (z.B. durch die Aufnahme von Kohlenhydraten mit mittlerem bis hohem Glykämie-Index, direkt nach der Leistung).

Tab. 21: Leistungsrelevante Rahmenbedingungen der Sport-Basis-Ernährung

Gezielte *Kohlenhydratzufuhr* ist auch *während eines Wettkampfes* (Ausdauerwettbewerb, Spiele, Turniere etc.) zur laufenden Ergänzung der Glykogene erforderlich. Am besten geschieht dies mit *Kohlenhydrat-Mineralstoff-Drinks*, da mit dem Kohlenhydratverbrauch gleichzeitig auch Mineralverluste (Kochsalz, Kalium, Magnesium u.a.) über den Schweiß vorliegen. Wesentlich ist auch, daß eine *isotone Lösung* zugeführt wird. Dies bedeutet, dass die Stoffe in ihrer Konzentration der Nährstoffe denen der Blutflüssigkeit gleichen, d.h. für eine schnelle Aufnahme über den Magen ins Blut bzw. den Muskel ist eine 5 %-ige Nährstofflösung notwendig (z.B. 5 g Kohlenhydratpulver auf 100 ml Flüssigkeit/Wasser). Für ca. 60 - 80% der Trinkmenge erfolgt dann die Resorption über den Magen nach ca. 15 - 30 Minuten; höhere Konzentrationen brauchen oft wesentlich länger und stehen dann meist während des Wettkampfes nicht mehr zur Verfügung.

Elektrolytzufuhr: Immer dann, wenn im Training oder Wettkampf viel Schweiß verlorengeht, ist der Ersatz der Flüssigkeit und der Elektrolyte notwendig, um einem Leistungsabfall zu begegnen. *Kochsalz* kann mit *üblichen Nahrungsmitteln* (z.B. gesalzene Suppe) schnell ergänzt werden. Der *Engpass* liegt bei *Kalium und Magnesium*. Die ausgewogene Zufuhr aller fehlenden Elektrolyte und auch einiger Spurenelemente (Eisen, Zink) ist am sichersten durch *Mineraldrinks* gewährleistet. Die Verwendung natürlicher Getränke (z.B. Fruchtsäfte) ist möglich; es gehören allerdings Einzelkenntnisse dazu (KONOPKA 1985).

Vitaminzufuhr: Der Vitaminbedarf ist unter sportlicher Belastung größer (3- bis 4-fach). Mangelerscheinungen wirken sich im Absinken der körperlichen Leistungsfähigkeit aus. Vitaminzufuhr kann hier ausgleichen; die Gabe von Überdosen aber bringt *keinen weiteren leistungssteigernden Effekt*. In erster Linie handelt es sich um die Vitamine B₁, B₂, Niacin und C, bei denen ein Defizit zwischen Verbrauch und natürlicher Zufuhr über die Lebensmittel entsteht. Zunächst sollte versucht werden, über die gezielte *Auswahl vollwertiger Kost* die Defizite zu decken. Vitaminpräparate sollten in der Ergänzung die Ausnahme bilden. Da Vitamine den gesamten Nährstoffwechsel direkt und über Zwischenstufen indirekt beeinflussen, können sich Überdosen von einzelnen Vitaminen auch ungünstig auswirken. So betrachtet, ist die Zufuhr von *Multivitaminpräparaten* günstiger.

Alkohol: Dieser ist hier insofern zu erwähnen, als er die *Testosteronausschüttung* während der Nachtruhe stark behindern kann. Testosteron (ein Hormon) ist jedoch in der Muskelzelle zur Regeneration notwendig. Deshalb sollte auf alkoholische Getränke (vor allem mit hoher Konzentration) unmittelbar nach dem Training verzichtet werden. Wenngleich vom Bier in gewisser Hinsicht auch eine positive Wirkung ausgehen kann (ausgewogener Mineralgehalt, Kohlenhydratanteil, beruhigende Wirkung), sollte wegen des Alkoholgehaltes ein vermehrter Genuss nicht stattfinden (*mehr als zwei Bier sind erfahrungsgemäß schon zu viel!*).

8. Grundlagen des Kinder- und Jugendtrainings

Zunächst muss hervorgehoben und darf nicht vergessen werden, dass Heranwachsende und Kinder auf Grund ihrer noch nicht abgeschlossenen körperlichen und geistigen Entwicklung andere Probleme haben als Erwachsene. Im Kinder- und Jugendalter bedarf es im Vergleich zum Erwachsenenalter einer optimierten und spezifisch individuell ausgerichteten Belastung und Beanspruchung des Organismus zur Sicherung der sportlichen Leistungsentwicklung und der Gesundheit. Diese erfordern neben der Beachtung der konstitutionellen Differenzen (MacDONALD 1998) auch die Beachtung entwicklungsphysiologischer Gesetzmäßigkeiten in der Entwicklung vom Kind zum Jugendlichen bis zum Erwachsenen. Deshalb bestehen Unterschiede der trainingsmethodischen Grundsätze zwischen dem Erwachsenen- und Nachwuchstraining.

Vorab festgestellt werden soll aber ein wesentlicher Grundsatz des Kinder- und Jugendtrainings:

1. Kinder sind keine kleinen Erwachsenen und daher auch nicht als solche zu behandeln!

2. Kinder- und Jugendtraining ist kein reduziertes Erwachsenentraining!

Ebenso wie das Erwachsenentraining beinhaltet das Nachwuchstraining einen systematischen und langfristigen Übungs- und Trainingsprozess. Ziele, Inhalte und Methoden unterscheiden sich aber in vielfacher Hinsicht, denn im Kinder- und Jugendtraining sollte die kind-, alters- und entwicklungsgemäße Auswahl der Trainingsmittel und -methoden im Vordergrund stehen, mit der Prämisse, eine langfristige und perspektivische Leistungsentwicklung zu sichern.

Bevor im Folgenden nun einige wachstums- und entwicklungsbedingte Aspekte des Kinder- und Jugendalters mit ihren trainingsmethodischen Konsequenzen skizziert werden, folgt zunächst eine kurze Ausdifferenzierung des langfristig angelegten, spitzensportorientierten Trainingsprozesses für den Bereich des Nachwuchstrainings.

Grundsätzlich wird der Trainingsprozess im Leistungssport in Bezug auf die Höchstleistungsfähigkeit in die Trainingsabschnitte *allgemeine Grundausbildung*, *Nachwuchstraining* und *Hochleistungstraining* differenziert.

Eine besondere Aufgabe fällt den Übungsleitern und Trainern bei der Förderung des Sports mit Kindern vor deren Eintritt in das Nachwuchstraining zu. Die „**Allgemeine Grundausbildung**“ ist dabei die erste Stufe für das spitzensportorientierte Training. Aktuelle Veröffentlichungen ersetzen den Begriff „allgemeine Grundausbildung“ durch den Begriff „**sportmotorische Grundausbildung**“

(WESTPHAL/WIENERS 1996), der m.E. die intentionale Zielsetzung dieser ersten Trainingsphase noch besser verbalisiert.

Unter sportmotorischer bzw. allgemeiner Grundausbildung wird eine allgemeine, vielseitige und sportartübergreifende Ausbildung verstanden, die auf der Grundlage der altersgemäßen und individuellen Entwicklung der Kinder versucht, die motorischen Fähigkeiten und Fertigkeiten der Kinder zu entwickeln, zu fördern und zu festigen.

Vorgegebene übergreifende Leitziele der „Sportmotorischen Grundausbildung“ sind:

- (1) Die vielseitige Verbesserung des allgemeinen sportlichen Leistungszustandes,
- (2) mit einer vorrangigen Entwicklung der koordinativen Fähigkeiten als allgemeine Leistungsvoraussetzung und wesentliche Grundlage des motorischen Lernens,
- (3) mit einer altersgemäßen Verbesserung der konditionellen Fähigkeiten.
- (4) Das Wecken eines stabilen Interesses an sportlichem Handeln durch das Kennenlernen möglichst vieler Sportarten (aber auch durch genaueres Kennenlernen einer Sportart) und die Entwicklung einer dauerhaften Motivation zum selbständigen Sporttreiben.

Diese Leitziele werden ganz allgemein vor allem durch eine *vielseitige* sportliche Betätigung erreicht.

Für den Trainingsbeginn gibt es bei strikter Beachtung der altersspezifischen Besonderheiten der Heranwachsenden prinzipiell keinen zu frühen Zeitpunkt.

Er kann ohne weiteres bereits im Vorschulalter beginnen. Der späteste Zeitpunkt des Beginns richtet sich nach dem für die einzelnen Sportarten empfohlenen durchschnittlichen Beginn des (sportartspezifischen) Grundlagentrainings.

Die geforderte Vielseitigkeit der Ausbildung bedeutet eine *Vielseitigkeit der Trainingsinhalte*.

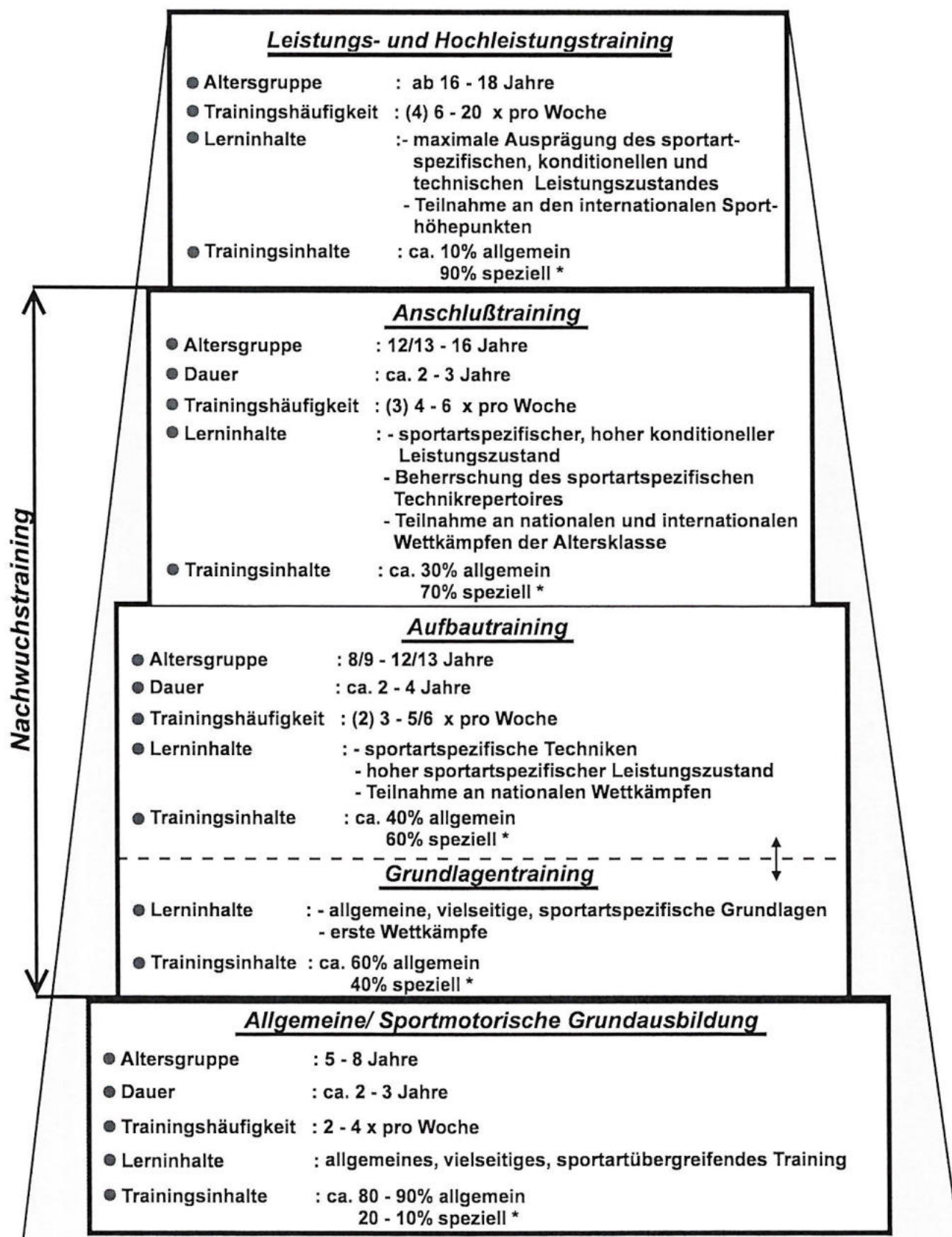
Einfache Grundbewegungen des Laufens, Springens, Werfens und Kletterns, also sportartunspezifische Bewegungen, gehören ebenso dazu wie einfache Grundelemente der Zielsportart. Um das vorgegebene Ziel, die Verbesserung des allgemeinen sportlichen Leistungszustandes, mit dem Schwerpunkt bei den koordinativen Fähigkeiten zu erreichen, eignen sich als Trainingsinhalte besonders die vielfältigen sogenannten Kleinen Spiele und die Grundformen des Geräteturnens. Zur Verbesserung der Dehn- und Kraftfähigkeiten sind daneben ausgewählte Übungen der Gymnastik und vielseitige Sprungformen günstig. Zur unverzichtbaren Ausdauer-schulung sind nicht nur die üblichen längeren Läufe, sondern wiederum Spiele, aber auch, je nach örtlicher Gegebenheit, das Schwimmen, das Radfahren oder der Skilanglauf geeignet. Die *sportartspezifische Orientierung* wird durch das Erlernen einzelner Grundtechniken, zum Teil in vereinfachter abgewandelter Form, wie z. B. in den Minisportspielen, erreicht.

Zur weiteren Differenzierung und Systematisierung des Trainingsprozesses hat sich in neueren Veröffentlichungen zum Training (MARTIN et al. 1991) eine weitere Differenzierung des Nachwuchstrainings in die mehrjährigen Trainingsabschnitte

- *Grundlagentraining*
- *Aufbautraining* und
- *Anschlussstraining* durchgesetzt (siehe Abb. 21).

Leistungs- und Hochleistungstraining

- Altersgruppe : ab 16 - 18 Jahre
- Trainingshäufigkeit : (4) 6 - 20 x pro Woche
- Lerninhalte : - maximale Ausprägung des sportart-spezifischen, konditionellen und technischen Leistungszustandes
- Teilnahme an den internationalen Sport-



* Sportartabhängige Verschiebungen hin zu höheren Anteilen der speziellen Trainingsinhalte sind in einigen Sportarten möglich (z.B. Kunstturnen, Eiskunstlauf)

Abb. 21: Ausbildungspyramide des systematisierten „sportlichen“ Trainings

Für die einzelnen Abschnitte des Nachwuchstrainings ergeben sich folgende Trainingsleitziele (nach MARTIN et al. 1991):

1. Grundlagentraining:

- Guter allgemein vielseitiger sportlicher Leistungszustand,
- Entwicklung grundlegender sportartspezifischer Fähigkeiten und Erlernen der grundlegenden Bewegungstechniken,
- Kennenlernen und Erproben einzelner sportspezifischer Trainingsmethoden,
- Wecken einer sportartgerechten Leistungsmotivation in Training und Wettkampf.

2. Aufbautraining:

- Hoher sportartspezifischer Leistungszustand,
- Beherrschen der wichtigsten sportartspezifischen Techniken,
- Kenntnis sportartspezifischer Trainingsmethoden,
- Stabilisieren der sportartspezifischen Leistungsmotivation,
- erfolgreiche Teilnahme an nationalen Wettkämpfen.

3. Anschlußtraining:

- Weitere Erhöhung des sportspezifischen konditionellen Leistungszustandes,
- virtuose Beherrschung des sportspezifischen Technikrepertoires,
- Tolerieren der erforderlichen Trainingsbelastungen in den unterschiedlichen Trainingszyklen,
- erfolgreiche Teilnahme an nationalen und internationalen Meisterschaften der höchsten Altersklasse des Nachwuchstrainings,
- Perspektive des Erreichens sportlicher Höchstleistungen im Hochleistungstraining.

Auf eine weitere Ausdifferenzierung des Nachwuchstrainings nach inhaltlichen und methodischen Gesichtspunkten wird an dieser Stelle verzichtet; sie folgt im wesentlichen sportartspezifischen Anforderungsprofilen und ist nur unzureichend zu verallgemeinern.

8.1 Entwicklungsgemäße Trainingsgestaltung mit Kindern

8.1.1 Körperliche Leistungsfähigkeit und Akzeleration

Bei der Darstellung der Regelmäßigkeit der menschlichen Entwicklungsphasen muss man sich immer bewusst sein, dass solche Gesetzmäßigkeiten und „natürliche“ Entwicklungsstadien stets nur einen Mittelwert von zum Teil sehr unterschiedlichen individuellen Entwicklungsverläufen darstellen. Wenn im Folgenden Phasen der kindlichen Entwicklung bis zum Erwachsenen kurz skizziert werden,

dann ist dies nur ein grober Orientierungsrahmen für die „Trainingsentscheidungen“ des Trainers/Übungsleiters.

Besonders in der Entwicklungsstufe der Pubeszenz ist zu beobachten, daß Persönlichkeitsentwicklung oder die Entwicklung der motorischen Fähigkeiten mit individuell unterschiedlicher Geschwindigkeit ablaufen. Kinder können zudem stark voneinander abweichende Werte von Körperlänge und -gewicht aufweisen, obwohl sie kalendarisch in der gleichen Altersstufe sind. Ihre Entwicklung ist also beschleunigt (*akzelleriert*) oder verlangsamt (*retardiert*) verlaufen.

Man unterscheidet grundsätzlich zwei Erscheinungsformen der Akzeleration:

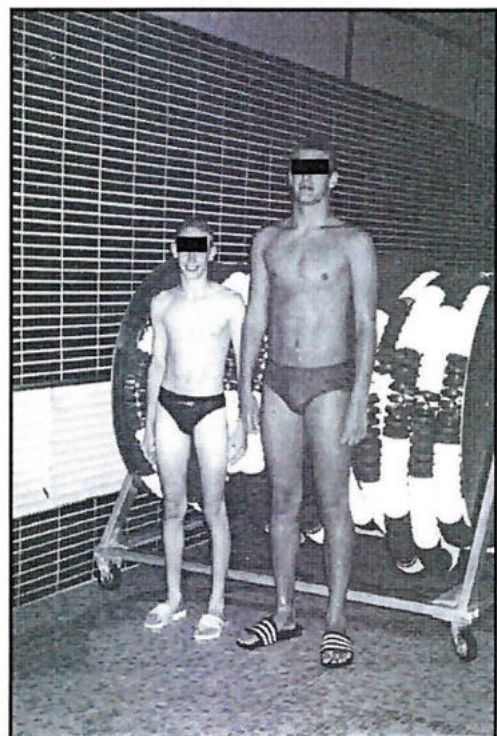
- Akzeleration der mittleren Körpergröße einer Gruppe, die kalendarisch gleich ist. Da die Akzeleration der mittleren Körpergröße zu dem Problem der allgemeinen Wachstumsbeschleunigung gehört - früher waren die Menschen kleiner -, soll dieses Thema hier nicht erörtert werden.
- die **Individuelle Akzeleration**, d.h., die unterschiedliche Schnellentwicklung einzelner Kinder innerhalb einer Gruppe Gleichaltriger.

Eine individuelle Akzeleration liegt vor, wenn das biologische Alter gegenüber dem kalendarischen Alter fortgeschritten ist. Neben der Akzeleration besteht jedoch auch die Möglichkeit, dass die Kinder biologisch jünger sind als ihr aktuelles kalendarisches Alter ausweist. In diesem Fall liegt eine **Retardierung** vor (siehe Bild 5). Bei diesen Kindern zeigt sich im Allgemeinen ein geringeres Körpergewicht und eine geringere Körpergröße als bei denjenigen des Gruppenschnitts.

Bild 5:

Beispiel für die unterschiedliche körperliche Entwicklung zweier Leistungsschwimmer (*Retardierung und Akzeleration*)

Der Sportler links ist zum Zeitpunkt der Aufnahme 15 Jahre 6 Monate alt, 162 cm groß und 47 kg schwer. Der Sportler rechts ist 14 Jahre 5 Monate alt, 193 cm groß und 74 kg schwer. Das kalendarische Alter der beiden Sportler ist als Planungsgrundlage für das sportliche Training offensichtlich nicht geeignet.



Das aktuelle biologische Alter lässt sich aus dem Entwicklungsstand der sekundären Geschlechtsmerkmale und der Größe bestimmter Knochen, z.B. der Handwurzelknochen, im Röntgenbild bestimmen.

Eines der wichtigsten Probleme, das sich aus dem Unterschied zwischen biologischem und kalendarischem Alter ergeben kann, ist dasjenige der körperlichen Belastbarkeit und seiner Leistungsfähigkeit. Der Akzelerierte ist keinesfalls geringer zu belasten als der durchschnittliche Schüler, sondern muss im Gegenteil seinem biologischen Alter entsprechend stärker gefordert werden als der Durchschnitt der Kinder.

Analysen des biologischen Alters ergaben, dass es in einer engen Beziehung zur Körperlänge und zum Körpergewicht stand. Die Akzelerierten wiesen neben einer größeren Körperlänge und einem größeren Körpergewicht im Durchschnitt auch ein größeres Herzvolumen, eine größere maximale Sauerstoffaufnahme und eine größere Muskelkraft auf.

Die inneren Organe und ihre Leistungsfähigkeit entwickelten sich also beim Akzelerierten proportional zur Körpergröße. Diese Ergebnisse machen deutlich, dass der Akzelerierte und der Retardierte entsprechend ihrem biologischen Alter, das sich in der Entwicklung von Körpergröße und Körpergewicht äußert, belastet werden müssen. Das kalendarische Alter ist in diesem Zusammenhang kein sinnvolles Kriterium für Entscheidungen im langfristigen Trainingsprozess (siehe Bild 5).

8.1.2 Kurzcharakteristik der einzelnen Alters- und Entwicklungsstufen

Zur optimalen Gestaltung des Nachwuchstrainings mit Kindern und Jugendlichen bedarf es wenigstens basaler Kenntnisse bezüglich psychophysischer Besonderheiten der einzelnen Altersstufen menschlicher Entwicklung.

Einen kurzen Überblick über die im Folgenden verwendete Alterseinteilung bietet Tabelle 21a.

Altersstufe	Kalendarisches Alter (Jahre)
Säuglingsalter	0 - 1
Kleinkindalter	1 - 3
Vorschulalter	3 - 6/7
frühes Schulkindalter	6/7 - 10
spätes Schulkindalter	10 - Eintritt der Pubertät (Mädchen 11/12, Jungen 12/13)
erste puberale Phase (Pubeszenz)	Mädchen 11/12 - 13/14 Jungen 12/13 - 14/15
zweite puberale Phase (Adoleszenz)	Mädchen 13/14 - 17/18 Jungen 14/15 - 18/19
Erwachsenenalter	jenseits 17/18 bzw. 18/19

Tab. 21a: Einteilung der Altersstufen des Kindes nach dem kalendarischen Alter (aus: WEINECK 1996)

8.1.2.1 Phasen der kindlichen Entwicklung (verkürzte Darstellung)

Die körperliche Leistungsfähigkeit ist bestimmten Entwicklungsphasen unterworfen (siehe Tabelle 21a). Nach dem **Säuglings- und Kleinkindalter** vollzieht sich der Eintritt in das **Vorschulalter**, das sich vom 3. – 6./7. Lebensjahr erstreckt. Ungefähr innerhalb dieses Zeitraumes (bis zum 9. Lebensjahr) findet der erste *Gestaltswandel* statt:

- Die Extremitäten wachsen schneller als der Rumpf des Kindes,
- die Körperproportionen verschieben sich in Richtung auf die für den Erwachsenen typischen Verhältnisse (zuvor war der Kopf im Verhältnis zur Körperlänge größer),
- der Körperschwerpunkt verlagert sich abwärts in den Bereich des Beckengürtels,
- gleichzeitig vergrößern sich die Organe des Herz-Kreislauf-Systems und der Atmung, wodurch sich die maximale Sauerstoffaufnahme und damit die Ausdauerleistungsfähigkeit erhöht.

Bei Kindern, die in diesem Alter Sport treiben, muss der spielerische Charakter von Bewegungsabläufen betont werden. Kinder lernen nicht so sehr aus intellektuellem Antrieb, sondern leichter durch Methoden, die das spielerische Element betonen.

Sehr wichtig ist die gezielte Entwicklung der für die normale Körperhaltung verantwortlichen Muskelgruppen (Rückenstreck- und Beinmuskulatur). Darüber hinaus sollten Ausdauerbelastungen von niedriger Intensität durchgeführt werden.

Die koordinative Grundlage zu späteren Höchstleistungen wird im frühen und späten Schulkindalter gelegt. Es ist jedoch festzustellen, dass alle Altersstufen in einem engen gegenseitigen Abhängigkeitsverhältnis stehen; die nachfolgenden Stufen bauen stets auf der Basis der vorgehenden auf.

Das frühe Schulkindalter umfasst den Zeitraum des Schulbeginns (6./7. Lebensjahr) bis zum 10. Lebensjahr (Ende der Grundschule). Diese Altersstufe ist gekennzeichnet durch ein zu Beginn geradezu ungestümes Bewegungsverhalten, das erst gegen Ende dieser Phase auf ein Normalmaß reduziert wird. Ausdruck dieser überschäumenden Bewegungsfreude ist ein begeistertes Sportinteresse. Die Beitrittsrate in Sportvereinen ist deshalb zu diesem Zeitpunkt am höchsten (WEINECK 1983).

Weitere Charakteristika dieses Entwicklungsabschnitts sind:

- Gutes psychisches Gleichgewicht, optimistische Lebenseinstellung, Unbekümmertheit, begeisterte, aber unkritische Aneignung von Erkenntnissen und Fertigkeiten.

Aufgrund der guten körperlichen Voraussetzungen (die Kinder sind klein, leicht und grazil und besitzen günstige Kraft-Hebel-Verhältnisse) sowie der im Vergleich zur vorherigen Altersstufe verbesserten Fähigkeit zur Konzentration, verfeinerten motorischen Differenzierung sowie präzisierten Informationsaufnahme und Informationsverarbeitung stellt das frühe Schulkindalter bereits ein ausgezeichnetes Lernalter dar. Das in dieser Altersstufe hochgradig entwickelte Vermögen, neue Bewegungsfertigkeiten fast im Fluge zu erlernen, geht jedoch nicht mit einer entsprechend entwickelten Fähigkeit zur Fixierung der erlernten Bewegung einher. Aus diesem Grunde muss neu Erlerntes in dieser Phase ausreichend oft wiederholt werden, um stabil in das Bewegungsrepertoire des Kindes integriert zu werden.

Konsequenzen für die Trainingspraxis:

Die in dieser Altersstufe äußerst günstigen psychophysischen Voraussetzungen für den Erwerb motorischer Fertigkeiten, die Erweiterung des Bewegungsschatzes und die Verbesserung der koordinativen Fähigkeiten stehen im gesamten frühen und späten Schulkindalter im Zentrum der sportlichen Ausbildung. Sie sollten dazu ausgenützt werden, eine Vielzahl von Basistechniken in der Grobkoordination zu lernen und in der Folge zu verfeinern. **Die polysportive Schulung sollte dabei im Vordergrund stehen.** In Sportarten, die einer langjährigen und frühzeitig begonnenen technischen Ausbildung bedürfen, ist schon jetzt auf das Erlernen der technischen Feinform zu achten. Die Sportbegeisterung der Kinder sollte aber auch durch einen motivierenden und von vielen Erfolgserlebnissen begleitenden Übungsbetrieb dahingehend ausgenützt werden, bei den Kindern Einstellungen und Gewohnheiten zu entwickeln, die ein späteres lebenslanges Sporttreiben sicherstellen.

Das späte Schulkindalter beginnt mit etwa 10 Jahren und dauert bis zum Eintritt der Pubertät. Diese Stufe wird allgemein als das "beste Lernalter" (Lernen auf Anhieb) bezeichnet. Die Unterschiede zur vorhergehenden Stufe sind jedoch nur graduell - die Übergänge fließend.

- Die weitere Verbesserung der Lastkraftverhältnisse (vermehrtes Breitenwachstum, Optimierung der Proportionen und relativ ausgeprägter Kraftzuwachs bei geringerer Größen- und Massenzunahme) ermöglicht den Kindern, vor allem bei entsprechender Förderung, eine bereits hochgradige Körperbeherrschung. Deshalb können auch bereits im späten Schulkindalter, bei entsprechender Vorarbeit, zum Teil sehr schwierige Bewegungen mit ausgeprägten räumlich-zeitlichen Orientierungsanforderungen gelernt und beherrscht werden.

Da in dieser Altersstufe weithin ein ausgeprägtes Bewegungsbedürfnis vorliegt und Einsatzbereitschaft "Können/Wollen", Mut und Risikobereitschaft einen außergewöhnlich förderlichen Einfluss auf die motorische Entwicklungsfähigkeit ausüben, stellt dieser Altersabschnitt eine Schlüsselpphase für das spätere Bewegungskönnen dar. In dieser Phase Versäumtes ist später nur schwer und mit einem ungleich höheren Aufwand nachzuholen.

Konsequenzen für die Trainingspraxis:

Das beste Lernalter sollte über ein variables und weiterhin kindgemäßes, aber zielgerichtetes Üben den Erwerb der grundlegenden sportlichen Techniken in der Grob- und, wenn möglich, sogar in der Feinform sichern. Die vielseitige Erweiterung des Bewegungsschatzes sollte jedoch nicht aus einem qualitativ minderwertigen Vielerlei halbwegs gelernter Bewegungen bestehen, sondern aus exakt gelernten Bewegungsfertigkeiten. Die ausgezeichnete Lernfähigkeit sollte also von Beginn an zu einem genauen Bewegungslernen ausgenutzt werden. Es sollte mit Nachdruck darauf geachtet werden, dass keine falsch gelernten Bewegungen automatisiert werden, um späteres Umlernen zu vermeiden (WEINECK 1996).

An das Kindesalter schließt sich die vorpuberale Phase an, die bei Mädchen mit dem 9./10. und bei Jungen mit dem 10./11. Lebensjahr beginnt. In diesem Zeitraum verlangsamt sich das Längenwachstum. Nach dem späten Schulkindalter beginnt die **Pubertät**, also die Zeit der einsetzenden Geschlechtsreife, die unterteilt wird in Pubeszens und Adoleszens.

a.) Erste puberale Phase (Pubeszenz)

Bei Jungen beginnt die Pubeszenz ca. mit dem 12. - 13. Lebensjahr und endet mit dem 14. - 15. Lebensjahr. Mädchen durchlaufen diese Phase zwischen dem 11. und 14. Lebensjahr.

In der Pubeszenz beginnt die Hirnanhangsdrüse (Hypophyse), eine ca. 1 g schwere Drüse im Bereich der Schädelbasis, mit der Freisetzung von Hormonen, die auf die Keimdrüsen wirken und diese zur vermehrten Bildung von Sexualhormonen anregen (Androgene, Östrogene und Gestagene).

Die Androgene sind die männlichen Sexualhormone und werden in den Hoden (Testes) gebildet. Der wichtigste Vertreter der Androgene ist das Testosteron, das neben der Entwicklung der sekundären Geschlechtsmerkmale auch den Muskelaufbau und damit die größere Muskelkraft des männlichen Jugendlichen fördert (dementsprechend ist diese Entwicklungsphase besonders geeignet für den Beginn eines altersgemäßen (Maximal-) Krafttrainings). Darüber hinaus ist dieses Hormon, zusammen mit anderen Hormonen, für das Knochenwachstum verantwortlich.

Die Östrogene sind weibliche Sexualhormone, deren wichtigste Vertreter das Östron und das Östradiol sind. Die Östrogene werden im Eierstock (Ovar) gebildet, die Gestagene als zweite weibliche Hormongruppe werden vorwiegend ebenfalls im Eierstock produziert. Der wichtigste Vertreter der Gestagene ist das Progesteron.

Der durch einsetzenden Hormonschub ausgelöste sogenannte zweite Gestaltswandel ist durch ausgeprägte körperliche Proportionsverschiebungen gekennzeichnet (siehe Abb. 21a). Die jährliche Größenzunahme beträgt bis zu 10 cm, die Gewichtszunahme bis zu 9,5 kg pro Jahr (WEINECK 1996). Die starke Größen- und Gewichtszunahme führt zudem oft zu einer ausgeprägten Verschlechterung der Last-Kraft-Verhältnisse und damit zwangsläufig zu einer mehr oder minder deutlichen Abnahme der koordinativen Leistungsfähigkeit. Kennzeichnend für diese Altersstufe ist zudem eine ausgeprägte psychische Labilität des Jugendlichen, die im starken Maße auch durch die hormonelle Instabilität ausgelöst bzw. begünstigt

wird. Ebenso charakteristisch in dieser Entwicklungsphase ist ein kritisches In-Frage-Stellen von bisherigen Autoritäten, inklusive Elternhaus, Trainer etc.. Der Wunsch nach Selbständigkeit und Eigenverantwortung steht zunehmend im Vordergrund, auch das Interesse an Sport lässt mit dem Eintritt in die Pubertät häufig sprunghaft nach bzw. verliert an Wertigkeit für die Jugendlichen.

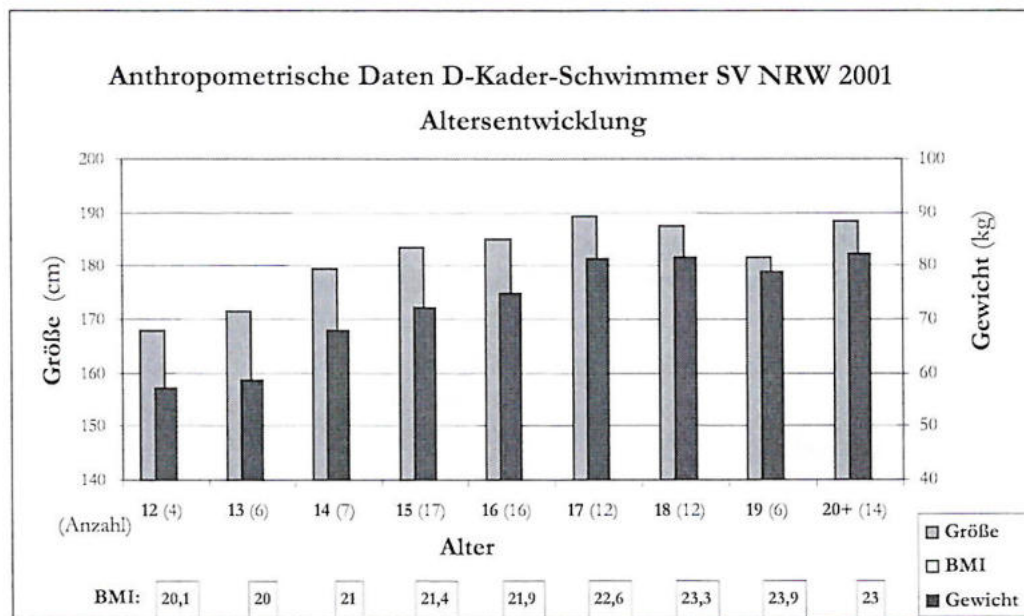


Abb. 21a: Beispielhafte körperliche Entwicklung von Kaderschwimmern zwischen Pubeszenz und Adolozenz (HÖLTKE et al. 2002)

Konsequenzen für die Trainingspraxis:

Durch die Abnahme der koordinativen Leistungsfähigkeit lässt oft auch die Präzision der Bewegungssteuerung nach. Koordinative Fähigkeiten sollten in diesem Alter nur stabilisiert und wenn möglich nur allmählich ausgebaut und gesteigert werden. Andererseits gilt die erste puberale Phase als das Alter der *höchsten Trainierbarkeit* der konditionellen Fähigkeitsbereiche, deshalb sollten hier schwerpunktmäßig konditionelle Fähigkeiten trainiert und verbessert werden.

Die in dieser Altersstufe vorliegende erhöhte geistige Reife und Intellektualität erfordert in der Sportausübung neue Formen des Bewegungslernens und der allgemeinen und methodischen Trainingsgestaltung. Insgesamt ist der Trainer in dieser Phase, u.a. wegen der psychischen Instabilität seiner Schützlinge, zunehmend als „Pädagoge“ zur Lösung der jetzt häufiger anstehenden Konflikte und als „Psychologe“ zur Aufrechterhaltung der Motivationslage zu sportlicher Betätigung und Freude am Sport besonders gefordert.

b.) Zweite puberale Phase (Adoleszenz)

Die Adoleszenz reicht bei Jungen vom 15. bis zum 16. Lebensjahr und bei Mädchen vom 12. bis zum 14. Lebensjahr.

Bei Mädchen beginnt die Adoleszenz mit der ersten Menstruationsblutung (Menarche), während bei Jungen in dieser Entwicklungsphase die Produktion reifer Spermazellen in den Hoden beginnt.

In der Adoleszenz prägt sich die geschlechtsspezifische Differenzierung der körperlichen Leistungsfähigkeit zwischen Mädchen und Jungen weiter aus, während insgesamt in der körperlichen Entwicklung das rapide Längenwachstum abgelöst wird durch ein vermehrtes Breitenwachstum. Es kommt zu einer Harmonisierung der Körperproportionen, was sich günstig auf die weitere Verbesserung der koordinativen Fähigkeiten auswirkt.

Besonders bei männlichen Jugendlichen entwickelt sich unter dem Einfluss des Testosteron die Skelettmuskulatur verstärkt.

Für den Trainingsprozess günstig wirkt sich zudem die nun feststellbare psychische Ausgeglichenheit der Jugendlichen aus.

Konsequenzen für die Trainingspraxis:

Unter Berücksichtigung der Entwicklung von Skelettsystem, Skelettmuskulatur und Herz-Kreislauf-System sollten in der Phase der Adoleszenz hauptsächlich die Komponenten Kraft und Ausdauer gefördert werden. Dadurch können wichtige Voraussetzungen für die Entwicklung der körperlichen Leistungsfähigkeit im Erwachsenenalter geschaffen werden.

In sportmedizinischen Untersuchungen hat sich herausgestellt, dass Herz-Kreislauf-System und Muskulatur in der Adoleszenz ähnlich wie beim Erwachsenen belastet werden können. Die gesunden Jugendlichen weisen dabei durch entsprechendes Training die gleichen Anpassungserscheinungen wie Erwachsene auf, ohne dabei körperlichen Schaden zu nehmen. Die Adoleszenz wird durch die uneingeschränkte Belastbarkeit der Jugendlichen auch das „zweite goldene Lernalter“ (WEINECK 1996) genannt. In das Ende der Adoleszenz fällt bereits in einigen Sportarten das Höchstleistungsalter und bedingt daher bereits weitgehend die Übernahme aller Trainingsmethoden und Trainingsinhalte des Erwachsenentrainings.

8.1.3 Die sogenannten „Trainingsgünstigen Entwicklungsphasen“

Für die langfristige Trainingsplanung ist zudem die Frage von besonderem Interesse, ob es im Entwicklungsverlauf vom Kind zum Erwachsenen Zeiträume gibt, in denen angestrebte Entwicklungen der konditionellen oder koordinativen Fähigkeitsbereiche besonders gut trainiert werden können. Diese sogenannten „sensiblen“, d.h. für die Entwicklung bestimmter Fähigkeiten bzw. Fertigkeiten günstigen Zeiträume in der kindlichen Reifung, sind in Tabelle 22 dargestellt.

Neben der Existenz der sogenannten „*trainingsgünstigen*“ Phasen ist für die langfristige Trainingsplanung von Interesse, ob es im Entwicklungsverlauf des Jugendlichen letzte Chancen oder Zeiträume gibt, in denen angestrebte Entwicklungen konditioneller Fähigkeitsbereiche bzw. motorischer Fertigkeiten gerade noch erreicht werden können. Die Existenz dieser sogenannten „*kritischen*“ Phasen konnte für die menschliche Entwicklung bisher nicht mit hinreichender Exaktheit nachgewiesen werden, wird jedoch, vor allem, für die Entwicklung einzelner koordinativer Fähigkeiten noch immer angenommen (WINTER 1980, WINTER 1984).

Fähigkeit/Fertigkeit	Sensible Entwicklungsphase
Bewegungskoordination	Vorschulalter frühes und spätes Schulkindalter
Bewegungsfertigkeiten	frühes und spätes Schulkindalter Adoleszenz
Beweglichkeit (passiv) Beweglichkeit (aktiv)	ab Kleinkindalter frühes und spätes Schulkindalter
Schnelligkeit	frühes und spätes Schulkindalter Pubeszenz
Maximalkraft	ab Pubeszenz
Ausdauer aerob Anaerob	(keine sensible Phase) ab Pubeszenz

Tab. 22: Trainingsgünstige Entwicklungsphasen für die verschiedenen konditionellen Fähigkeitsbereiche und Bewegungsfertigkeiten (aus: MARTIN et al. 1991)

ISRAEL (1977) stellt die Hypothese auf, dass Kinder, speziell im Vorschulalter, koordinativ vielfach unterfordert sind und sieht eine frühzeitige Ausbildung, besonders der koordinativen Fähigkeiten und einfacher Bewegungsfertigkeiten im Hinblick auf eine optimale motorische Entwicklung, als notwendig an. Da die Entwicklung der koordinativen Fähigkeiten durch die Funktionsform der Informationssysteme, speziell des Zentralnervensystems bedingt ist, sieht er gewisse Parallelen mit der Wachstumsgeschwindigkeit des Gehirns; es hat nach dem dritten Lebensjahr bereits über 80 % seiner endgültigen Größe erreicht.

Während es durchaus sinnvoll sein kann, für die Entwicklung der koordinativen Fähigkeiten "kritische Phasen der Entwicklung" anzunehmen, scheinen diese für die konditionellen Fähigkeiten nicht zu existieren (CARL 1984).

8.1.3 Gefahren des Trainings mit Kindern und Jugendlichen

Negative Folgen für die Persönlichkeitsentwicklung des Heranwachsenden können sich aus längerfristigen Überbeanspruchungen in Training und Wettkampf ergeben und sowohl den Organismus als auch die Psyche betreffen.

Zu nennen sind vor allem die folgenden Gefährdungsmöglichkeiten:

- Durch langfristig zu hohe Trainingsbelastung, die mit hohem Energieverbrauch verbunden ist, kann es zu Stoffwechselstörungen kommen. Beispielsweise weist WEINECK (1986) darauf hin, dass eine Erhöhung des Grundumsatzes als Folge zu hoher Trainingsbelastungen zu Beeinträchtigungen des Baustoffwechsels und zu Störungen des Wachstums führen kann.
- Als Folge zu hoher Trainingsbelastungen im Krafttraining kann es zu Schädigungen des insgesamt gegenüber dem Erwachsenen noch vermindert beanspruchbaren passiven Bewegungsapparates, also der Knochen, Knorpel,

Sehnen und Bänder, kommen. Die Gefahr der Schädigung ist in den Phasen beschleunigten Wachstums stets besonders groß, denn die Empfindlichkeit des Gewebes verhält sich proportional zu seiner Wachstumsgeschwindigkeit (WEINECK 1986).

- Sehr häufiges Training und überlange Trainingsdauer können zu ständiger Zeitknappheit der Kinder und Jugendlichen führen, so dass vor allem die Gefahr besteht, daß die Heranwachsenden nicht mehr in der Lage sind, ihre leistungssportlichen und schulisch-beruflichen Karrierepläne nebeneinander zu verwirklichen.
- Wiederholter von außen ausgeübter Erfolgsdruck vor allem im Wettkampf, aber auch in zwanghaft erlebten Trainingssituationen, kann dazu führen, daß der Heranwachsende spitzensportorientiertes Handeln als Überforderung empfindet, bei der die für seine umfassende Persönlichkeitsentwicklung notwendigen Freiräume verlorengehen. Das Empfinden andauernden psychischen Stresses und schließlich längerfristige psychische Störungen könnten die Folge sein (Deutsche Gesellschaft für Erziehungswissenschaft 1982).

Wegen der großen Bedeutung des Sportes für eine „natürliche“ Entwicklung des Kindes zum Erwachsenen seien an dieser Stelle nochmals die Zielsetzungen eines „kindgemäßen“ Jugendsportes stichwortartig zusammengefasst.

8.1.4 Zusammenfassung der wichtigsten Funktionen und übergeordneten Ziele eines kindgemäßen Jugendsportes

Die didaktische Analyse des Jugendsportes ist eng verknüpft mit der Frage nach den übergeordneten Funktionen des Sportes in unserer Gesellschaft.

- a) Wichtige gesellschaftliche Aufträge an den Sport sind die **Gesundheitsvorsorge** und die **Freizeiterziehung**.

*Der Beitrag der sportlichen Bewegung zur Gesundheit und zum Wohlbefinden des Menschen wird angesichts der vielfältigen Bedrohung in einer Industrie- und Wohlstandsgesellschaft sehr hoch veranschlagt. **Gesundheitserziehung im Sport** hat kognitive Lernziele (Aufklärung) ebenso wie motorische und soziale Zielsetzung zu beachten und über das Medium „Bewegung“ zu erreichen.*

- b) Trotz vieler offener Fragen und der Schwierigkeit der Erfolgskontrolle bleibt das **soziale Lernen** ein Auftrag an den Sport, der als eine der sekundären Instanzen einen Beitrag zur **Sozialisation des Menschen** leisten kann.

- c) Das umfangreichste und **wichtigste Lernfeld des Sportes ist der Sport selbst**, und zwar in seiner ganzen Breite und Komplexität als Aktivität, Institution und theoretisches Phänomen.

- d) Lernfelder des Sportes sind **Gesundheit, Freizeit, Sozialisation und der Sport selbst** als Handlungsfeld sui generis.

In diesen komplexen Lernfeldern lassen sich fachspezifische und fachübergreifende kognitive, sozialaffektive und motorische Aufgaben und Ziele des Sportes einbringen. Wissenschaftliche Erkenntnisse lassen die Möglichkeit eines Transfers von Verhaltensweisen und Dispositionen aus dem Sportbereich in andere Lebenssituationen offen; ein naiver Transferglaube, wie er sich in manchen Lehrplänen ausdrückt, ist in der Sportpädagogik allerdings nicht angebracht.

Praktische (operationalisierte) Lernziele des Sportes mit Kindern und Jugendlichen wären demnach kurzgefasst:

- **Initiieren einer lebenslangen Sportausübung**
- **Das Wecken und Beibehalten eines täglichen Bewegungsbedürfnisses**
- **Erziehung zu einer aktiven und sportlichen Freizeitbetätigung**
- **Erziehung zur gesunden Lebensführung (Hygiene, Gesundheitsvorsorge etc.)**
- **Förderung und Erhaltung der (kindlichen) Spielfreude**

Der Sport muss gerade im Jugendalter Spaß machen, von Erfolgserlebnissen begleitet sein und nicht vordergründig leistungs- und profitorientierten Stress bedeuten!

Zusammenfassend kann zum Kindertraining festgehalten werden (WEINECK 1996):

- ***Kinder- und Jugendtraining ist kein reduziertes Erwachsenen-training!***

Jeder Altersabschnitt hat seine speziellen didaktischen Aufgaben und entwicklungs-spezifischen Besonderheiten.

- ***Die Reiz- und Lernangebote haben sich nach den sensitiven Phasen zu richten!***

Die Phase der Vorpubertät gilt vor allem der Verbesserung der koordinativen Fähigkeiten und der Erweiterung des Bewegungsschatzes, die Zeit der Pubertät vor allem der Schulung der konditionellen Fähigkeiten. Es ist dabei jedoch zu beachten, dass die Koordination und Kondition stets parallel zu entwickeln sind, allerdings mit entsprechender Akzentuierung (WEINECK 1996).

8.2 Sport und Gesundheit im Alter (Der Alterungsprozess)

Wenn der Mensch die Entwicklungsphase der höchsten körperlichen Leistungsfähigkeit, die zwischen dem 15. und 30. Lebensjahr liegt (Hochleistungsalter) durchschritten hat, nimmt seine körperliche Leistungsfähigkeit, je älter er wird, wieder ab.

Aufgrund der Variationsbreite des Beginns und der Geschwindigkeit von Alterungsprozessen gibt es keine Altersnormen. Man kann das Alter/Altern z. B. vom biologischen her, von der Persönlichkeit oder vom sozialen System her betrachten (PROKOP 1991).

45-60 Jahre	Alternder Mensch
60-75 Jahre	Älterer Mensch
75-90 Jahre	Alter Mensch
90-100 Jahre	Sehr alter Mensch
> 100 Jahre	Langlebige

Tab. 23: Kalendarische Definition des Alterns der Weltgesundheitsorganisation (WHO) (aus: DICKHUTH 2000)

Grundsätzlich kann man aber auch zwischen dem kalendarischen oder chronologischen, dem biologischen oder funktionalen Alter unterscheiden. Die WHO-Definition folgt der kalendarischen Einteilung, dementsprechend spricht man ab dem 45. Lebensjahr vom „alternden Menschen“ und ordnet den folgenden 15-Jahresabschnitten die Begriffe „älterer Mensch“, „alter Mensch“, „sehr alter Mensch“ und „Langlebige“ zu (siehe Tab. 23)

Neben dieser kalendarischen Einordnung gibt es jedoch im modernen Sprachgebrauch auch noch eine Reihe weniger klar abgrenzbarer Definitionen des Begriffs *Senioren*. Gegenüber früheren Anschauungen muss die Struktur und das Verständnis des Seniorenalters erheblich korrigiert werden. Sozialpolitiker, Alterspsychologen, Gerontologen und Bevölkerungsstatistiker sprechen z. B. von den „jungen Alten“ oder „neuen Alten“ (60 - 70jährige, die gerade das Pensionsalter erreicht haben). Diese Gruppe fühlt sich subjektiv gesund, ist häufig materiell gesichert, reist gerne und pflegt soziale Kontakte (FRANKE 1996). Demgegenüber gibt es die „Alten der Alten“ („the oldest old“). Hiermit sind insbesondere die über 80-Jährigen gemeint, die bereits mit mehr oder weniger ausgeprägten psychomotorischen und sensorischen Funktionseinbußen leben müssen. Die Übergänge dieser eher funktionalen Einteilung sind daher auch eher fließend und weniger strukturiert, immer vom Einzelfall bzw. Einzelschicksal abhängig. So konnte HEIKKINEN (1997) bereits bei 65 – 69-Jährigen Männern wie Frauen feststellen, daß rd. 10 % in der Bevölkerung (von Finnland) unfähig waren, 2 km kontinuierlich zu gehen. Dieser Anteil stieg exponentiell bei 80 - 84-jährigen auf 42 % bei Frauen

und 25 % bei Männern an. Jedoch weiß man aus dem Sport, dass im Gegensatz dazu, auch im hohen Alter noch Marathonläufe möglich sind.

So lief Arthur Lampert mit 80 Jahren noch Marathon in 3:52 h, Christos Jordannidis mit 95 (!) Jahren noch Marathon in 6:42 h. (JESCHKE 1999).

Dies weist auf die große individuelle Spannbreite des motorischen Leistungspotentials im Alter hin.

Die für die Verringerung der körperlichen Leistungsfähigkeit hauptsächlich verantwortlichen Faktoren können in drei Gruppen eingeteilt werden:

8.2.1. Veränderungen am Skelettsystem

Mit fortschreitendem Alter treten Veränderungen am Skelettsystem ein, die eine Verringerung der körperlichen Leistungsfähigkeit in diesem Bereich zur Folge haben. Das Skelettsystem kann nicht mehr so stark belastet werden wie beim jungen Menschen. So verarmen mit steigendem Alter Knorpel, Knochen und Gefäßwände sowie die Zwischenwirbelscheiben (Bandscheiben) an Wasser; Schlackenstoffe sammeln sich verstärkt an. Dies führt dazu, dass die Gelenkbeweglichkeit ab- und damit die Verletzungsgefahr bei körperlicher Aktivität zunimmt. Durch die Abnutzungserscheinungen der Zwischenwirbelscheiben verringert sich die Beweglichkeit der Wirbelsäule. Und wie die Abnahme der Höhe der Zwischenwirbelscheiben, verringert sich auch die Körperlänge des älteren Menschen.

8.2.2 Veränderungen an der Skelettmuskulatur

Die Veränderungen an der Skelettmuskulatur beruhen auf einer Verringerung der Muskelmasse und auf einem Absinken der Konzentration bestimmter Ionen im Muskel. Bei älteren Menschen ist die Muskelkraft und auch die Trainierbarkeit in diesem Bereich minimiert. Die Abnahme der Muskelkraft ist auf die Reduktion des Muskelfaserquerschnitts zurückzuführen (FRONTERA et al. 2000), vor allem bei den Typ-II-Fasern, ein Hinweis, dass Myofibrillen verlorengehen (EHRSAM 1997). Ebenso schwindet mit zunehmendem Alter die Gesamtmuskelmasse. Dabei sinkt der Wassergehalt des Muskels sowie dessen Kalium- und Kalzium-Konzentration ab.

8.2.3. Veränderungen im Bereich des Herz-Lungen-Systems

Zu den wesentlichen Veränderungen im Bereich des Systems von Herz und Lunge gehören die Verringerung des Querschnitts der Herzmuskulatur und die Zunahme der Diffusionsstrecken in der Skelettmuskulatur. Dadurch nehmen das maximale Herzminutenvolumen und die maximale periphere Sauerstoffausschöpfung ab. Diese Veränderungen führen insgesamt dazu, daß die maximale Ausdauerleistung d.h. die maximale Sauerstofftransportkapazität (HUONKER et al. 2001) des alten Menschen abnimmt.

Die oben genannten altersbedingten Rückbildungsvorgänge werden bei nicht regelmäßig Sporttreibenden etwa mit dem 30. Lebensjahr objektivierbar (WEICKER 1996, MEUSEL 1999, PATTERSON et al. 1999). Im Überblick sind ab dem 30.

Lebensjahr damit bei „Durchschnittspersonen“ folgende Veränderungen festzustellen (die Aufstellung ist nicht vollständig):

- vom 25. bis zum 80. Lebensjahr fällt das Herzschlagvolumen um 30 – 35 % ab. Die maximale Herzfrequenz verringert sich mit jedem Jahr, daraus resultiert ein verringertes Herzzeitvolumen und ein abnehmendes Auswurfmaximum (LEACH 2000).
- Im Lungensystem findet sich eine ähnliche Abnahme der Vitalfunktionen. Im Alter von 70 Jahren ist das Residualvolumen 30 – 50 % höher als mit 30 Jahren, die Vitalkapazität hat um ca. 33 % abgenommen (LEACH 2000).
- Gleichzeitig verringern sich Größe und Anzahl der Mitochondrien, so dass die aerobe muskuläre Energiebereitstellung und als Folge die Ausdauerleistungsfähigkeit um 8 – 10 % pro Lebensdekade abfällt (HUONKER et al. 2001)
- Die Veränderung der $VO_2\text{max}$ beträgt rd. 9 % pro Jahr, ohne systematisches Training beträgt die maximale Sauerstoffaufnahme eines 65-Jährigen nur 2/3 eines normalen 25-Jährigen (LEACH 2000).
- An der Skelettmuskulatur ist zwischen dem 3. und 8. Lebensjahrzehnt infolge eines Rückgangs sowohl der Größe als auch der Anzahl der Muskelfasern eine Abnahme der Muskelmasse um 30 – 40 % mit einem überproportionalen Verlust an glykolytischen Typ-IIb-Fasern zu verzeichnen (HUONKER et al. 2001); die Muskelkraft untrainierter Männer nimmt pro Jahrzehnt um rd. 9 % ab, so dass ein 70 Jahre alter Mann im Durchschnitt nur rd. 60 % der Beinkraft eines 30 Jahre alten Normalbürgers aufweist (HÖLTKE et al. 2001).
- Das Gehirn verliert pro Jahr etwa 0,2 % an Gewicht.
- Der Energieumsatz nimmt jedes Jahr um ca. 25 kcal. pro Tag ab.
- Die zwar die Muskelmasse minimiert sich zwar jedes Jahr um knapp 1 %, aber der Fettanteil des Körpers steigt um ca. 0,2 % an.
- Die Knochen verlieren an Festigkeit (Osteoporose), und deren Masse nimmt pro Jahr ca. 1 % ab.
- Der Wassergehalt des Körpers reduziert sich pro Jahr um etwa 0,3 %, womit auch die Gewebselastizität schwindet.

Als Folge aller oben genannten Alterserscheinungen verschlechtern sich die Stoffwechselprozesse, die Anpassungsfähigkeit, die Widerstandskraft und das Regenerationsvermögen des alten Menschen!

Es haben sich zahlreiche Theorien des Alterns entwickelt. Da heute feststeht, dass alle Lebensprozesse genetisch kontrolliert werden, steht im Zentrum aller Alterungstheorien die DNA (Desoxiribonukleinsäure), die genetische Informationen in fast allen Zellen kodiert. Genetisch ist beim Menschen bestimmt, dass er etwa 110 - 120 Jahre alt werden kann. Nach dieser Zeit haben die Zellen des menschlichen Organismus die Fähigkeit verloren, sich zu teilen und zu erneuern. Dieser dauernde Zellstoffwechsel wird mit zunehmendem Alter träger und unvollkommener. Dadurch beginnen im Laufe der Zeit die Abbauprozesse der einzelnen Zellen gegenüber den Aufbauprozessen neuer Zellen zu überwiegen.

Allerdings ist jede Verabsolutierung der Aussage falsch, dass am Altern, so wie es sich gegenwärtig bei der Bevölkerung manifestiert, nichts zu ändern ist. Zweifellos ist eine Negativentwicklung des Körpers beim Altern eine Realität, doch ist Altern und Altern, wie alltägliche Beobachtungen und Erfahrungen zeigen, zu relativieren. Altern muss nicht ausschließlich Abbau bedeuten, auch der alte Mensch kann in Abhängigkeit vom eigenen Verhalten an Körperlichkeit gewinnen oder verlieren. Lebensalter und Leistungsalter bzw. „biologisches Alter“ müssen nicht übereinstimmen (LEACH 2000). Das Altern unterliegt einem genetisch vorbestimmten Programm (s.o.). Die *Lebensbedingungen* und die *Lebensweise* entscheiden jedoch darüber, wie die im Erbgut fixierte Vorgabe des vieldimensionalen Alterns realisiert wird.

Zahlreiche Studien haben nachgewiesen, dass Alterungsprozess und Folgen von Bewegungsmangel eine Reihe gemeinsamer Merkmale aufweisen (SKINNER 1987). Folgen von Bewegungsmangel können aber durch sportliches Training meist ausgeglichen oder teilweise sogar überkompensiert werden.

Die Leistungsminderung, z.B. im Bereich der Ausdauer beim alten Menschen, bedeutet also nicht, dass ein Ausdauertraining hier ohne Erfolg wäre. Im Gegenteil, durch ein Ausdauertrainingsprogramm, wie es auch jüngeren Personen empfohlen werden kann, lässt sich der altersbedingte Verlust der $\dot{V}O_2\text{max}$ (maximalen Sauerstoffaufnahme) von 10 % pro Dekade auf 5 % senken (siehe Abb. 22 und 23). Mäßig dosierte Ausdauerbelastungen führen auch beim alten Menschen zu einer signifikanten Verbesserung der Leistungsfähigkeit des Herz-Lungen-Systems um bis zu 38 % (je nach Ausgangslage) und damit zur höheren Leistungsreserve (KAYSER 1992, EHRSAM 1997). So konnten z.B. bei älteren herzgesunden Männern im Alter von 60 bis 82 Jahren durch ein 3- bis 5-maliges Ausdauertraining in Form von Walking oder Radfahren nach 6 Monaten ein Abfall der Ruheherzfrequenz, eine Zunahme der primär erniedrigten Herzfrequenzvariabilität sowie eine signifikante Steigerung der maximalen Herzfrequenzrate unter Belastung nachgewiesen werden (BEERE et al 1999). Günstig für die Erhaltung der Leistungsfähigkeit des Herz-Lungen-Systems ist allerdings, in jüngeren Jahren ein regelmäßiges Ausdauertraining zu beginnen und bis ins hohe Alter fortzusetzen (MORGAN/COSTILL 1996) (vgl. dazu auch Kapitel 3.4.1). Regelmäßige körperliche Aktivitäten von Ausdauercharakter besitzen also nachweislich eine gesundheitspositive Wirkung unabhängig von Lebensalter und bereits bestehenden Vorerkrankungen (PAFFENBARGER et al. 1984, BLAIR et al. 1989, PAFFENBARGER et al. 1989, HELMRICH et al. 1994, LAKKA et al. 1994).

Auch spätere Änderungen im Lebensstil können fassbar positive Erfolge im Verlauf chronisch-degenerativer Erkrankungen bewirken (ORNISCH et al. 1990, HASKEL 1994, BLAIR et al. 1995). So wurde als eine weitere Analyse der Harvard-Alumni-Studie festgestellt, dass selbst im 80. Lebensjahr Bewegungs- und Sportaktivitäten die Lebenserwartung statistisch um 2 Jahre verlängern können (PAFFENBARGER et al. 1990).

Selbst relativ geringe körperliche Aktivität, wie Spaziergehen, ist in hohem Alter gesundheitlich präventiv wirksam. So hatten über einen Beobachtungszeitraum von 4 Jahren 71 bis 93 Jahre alte, gesunde Männer ($n = 2678$), wenn sie weniger als 0,25 Meilen pro Tag zurücklegten ein 2-fach höheres KHK-Erkrankungsrisiko als diejenigen, die mehr als 1,5 Meilen/Tag zurückgelegt hatten (AMY et al. 1999).

Neuere Meta-Analysen (WILSON et al. 1999) zeigen, dass bei konstantem Trainingsvolumen über längere Zeiträume auch bei Ausdauertrainierten eine (relative und absolute) Abnahmerate der $\dot{V}O_2\text{max}$ resultiert, die derjenigen von Untrainierten entspricht. Ausdauertrainierte fangen mit einem höheren Ausgangsniveau an und bleiben deswegen auch auf einem höheren Niveau (WILSON et al. 1999).

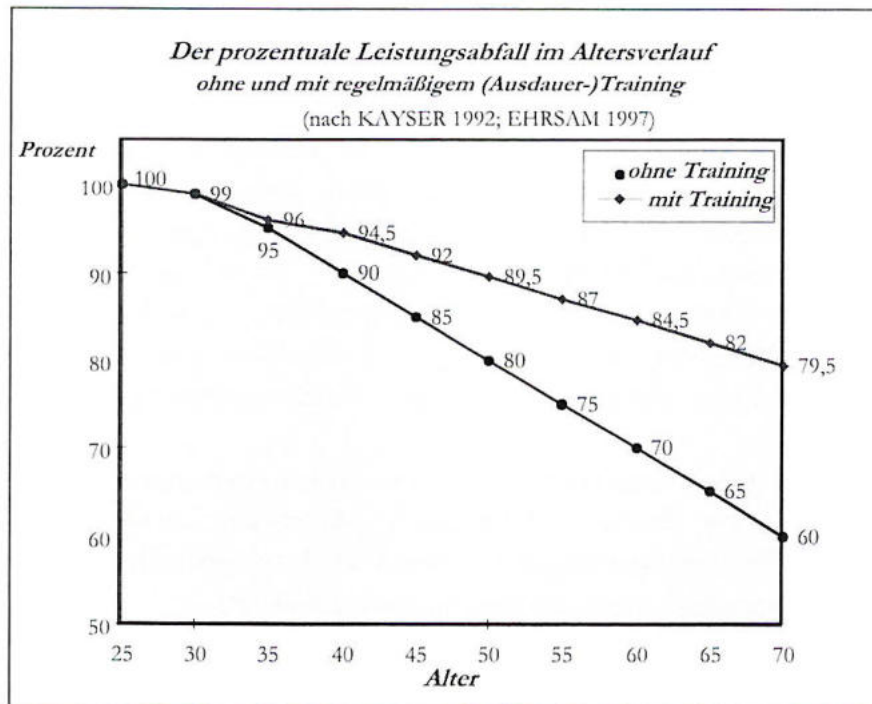


Abb. 22: Der Wert eines regelmäßigen Ausdauertrainings für die Erhaltung der körperlichen Leistungsfähigkeit im Altersverlauf
(nach: EHRSAM 1992, KAYSER 1997)

Der Mensch bleibt also auch jenseits des körperlichen Höchstleistungsalters anpassungsfähig (adaptabel) an körperperformende Trainingsreize (ISRAEL 1998). Diese Anpassungsfähigkeit (Adaptabilität) wird mit ansteigendem Lebensalter geringer, sie bleibt aber selbst beim betagten Menschen erhalten.

So lässt sich auch bei älteren Menschen durch mäßig intensives Krafttraining über 12 Wochen noch eine signifikante Zunahme der fettfreien Körpermasse mit Anstieg des basalen Energieverbrauches um bis zu 15 % erzielen und gleichzeitig eine Abnahme der Fettmasse erreichen (HAUNER/BERG 2000).

Andere Autoren berichten, dass durch ein zielgerichtetes Krafttraining von 24 Trainingseinheiten in 8 Wochen in einer untersuchten Personengruppe von neun Männern im Alter von 86 bis 96 Jahren eine individuelle Zunahme der Maximalkraft um 61 bis 374 % beobachtet werden konnte (FLATARONE et al. 1990).

Krafttraining im Alter trägt zur Erhaltung der Selbständigkeit bei, verringert die Sturz- und Verletzungsgefahr und erhöht die Lebensqualität. Die Leistungsfähigkeit der Muskulatur wird nicht primär durch das Alter, sondern durch die Qualität und Quantität seiner Beanspruchung bestimmt. Die Effekte sind, wie überall, abhängig von der Übungsauswahl und Übungsdurchführung, dem Trainingszustand und den Trainingszielen angepassten Trainingsmethoden sowie der Regelmäßigkeit des Trainings.

Dieses altersbedingte Nachlassen der körperlichen Leistungsfähigkeit lässt sich auch bei koordinativen Fähigkeiten z.B. bei Sportschützen nachweisen (siehe Abb. 24).

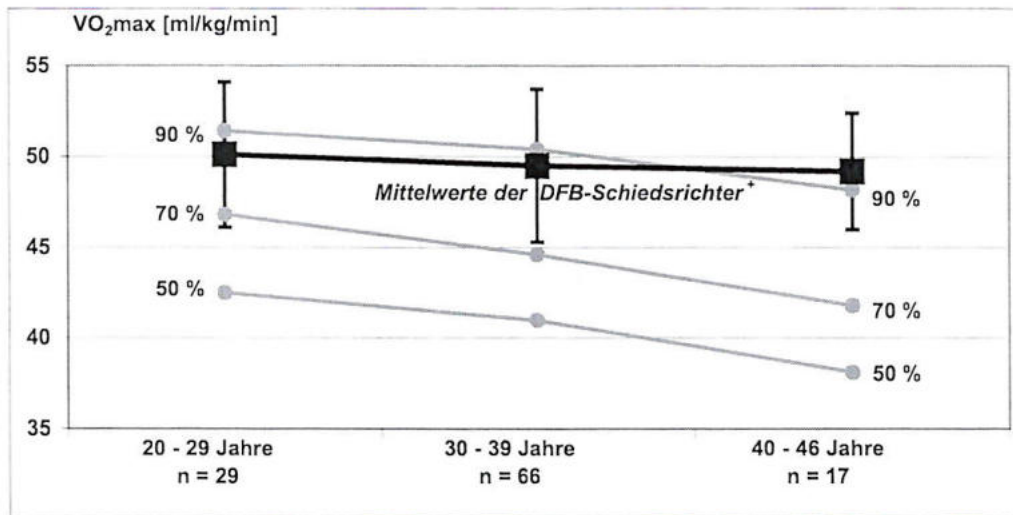


Abb. 23: Die gemessene maximale Sauerstoffaufnahme von (trainierten) Fußball-Bundesligaschiedsrichtern dreier Altersdekaden im Vergleich zu den Perzentil-Normwerten des ACSM (2000) von untrainierten Männern (aus: HÖLTKE et al. 2001)

Bei der Entwicklung einer Leitvorstellung über die Zusammenhänge von körperlicher Aktivität und Altern spielen folgende Feststellungen eine Rolle:

- Die Arbeitsmuskulatur ist das mit Abstand massigste Organ des Körpers und praktisch alle anderen Organe stehen in ihrem Dienst. Kein physiologischer Stimulus ist in seiner Anpassungswirksamkeit in Ausmaß und Komplexität mit der Muskelaktivität vergleichbar. Der Gebrauch der Muskulatur modifiziert körperliche Strukturen und Funktionen in vielfältiger Weise. Diese Position gilt für jedes Lebensalter.
- Bewegungsverarmte Menschen erscheinen in einer Reihe von Organen vorgealtert. Ihre Funktionsfähigkeit ist eingeschränkt, ihre körperlichen Reserven sind vermindert, ihre Belastbarkeit ist herabgesetzt und ihre Anfälligkeit ist gesteigert.
- Bewegungsbedingte Trainings- bzw. Leistungsanpassungen (Adaptationen) hemmen die Entwicklung sogenannter Alterskrankheiten (z.B. der sogenannte „Alterszucker“, Diabetes mellitus Typ II), die ihrerseits wiederum das Altern fördern.

Die Wirkung des Sporttreibens manifestiert sich auch im Alter auf der Ebene der konditionellen Fähigkeitsbereiche (Kraft, Ausdauer, Schnelligkeit, Koordination, Beweglichkeit) und wechselwirkend auf der Ebene der organismischen Voraussetzungen (Herz, Kreislauf, Atmung, Stoffwechsel, Nervensystem, Knochen u.a.) (ISRAEL 1998).

Das Erreichen individueller Leistungsgrenzen, das Erleben von Einschränkung und Funktionseinbußen ist also nicht charakteristisch für das Alter, sondern wird im Verlaufe des Lebens vielfach erfahren.

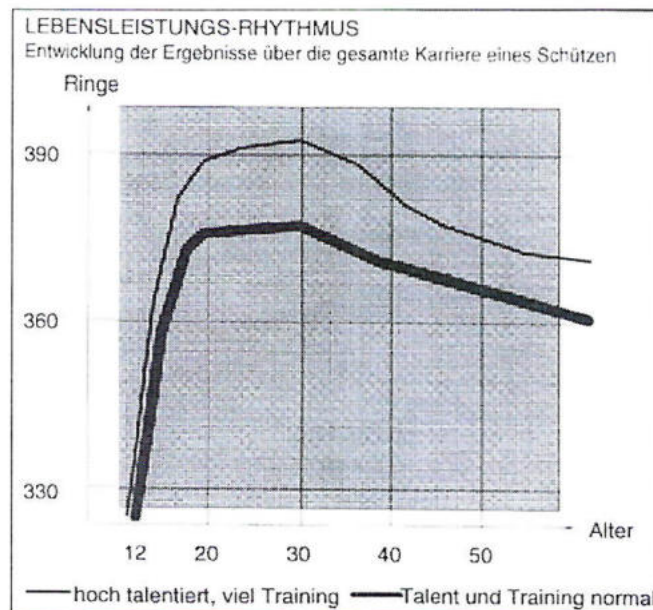


Abb. 24: Die durchschnittliche Leistungsfähigkeit eines Sportschützen im Altersverlauf (aus: REINKEMEIER 1994)

„Dem Alter davonlaufen“ und durch gezieltes Training eine Verzögerung oder Kompensation der leistungsmindernden Effekte erreichen zu können, ist das Motto zahlreicher Bewegungs- und Sportprogramme für Ältere (STEINBACH 1982). Damit verknüpft ist die immer wieder diskutierte Frage, was ist die richtige Art und Weise der Anwendung von Sport bei Senioren.

Die grundsätzliche didaktisch-methodische Vorgehensweise ist dabei natürlich. Da man es mit Älteren zu tun hat, müssen Bewegung und Sport altersgerecht vermittelt werden, es sind altersadäquate Bewegungs- und Sportangebote erforderlich, gemäß der Devise „Fördern durch Fordern“, um gleichermaßen Überforderung und Unterforderung zu vermeiden.

Der organisierte Sport in Deutschland hat auf das gesellschaftliche Phänomen der überproportionalen Zunahme von „Seniorenportler“ bereits mit entsprechenden Angeboten reagiert. So ist z.B. der Deutsche Sportbund (DSB) mit seinen Mitgliederorganisationen der größte Anbieter an Seniorensport und bietet die breiteste Angebotspalette an. 1983 zählte der DSB nur 613.173 Mitglieder bei den über 50-Jährigen, 1993 waren es bereits 2.606.512. Dies ist ein Zuwachs von 425% (BAUMANN 1998).

Unter diesen Voraussetzungen ergibt sich die Frage, welche Sportarten und Betätigungsformen sind für den jeweils älteren Menschen geeignet.

Jeder normalgesunde ältere Mensch kann an einem einfachen Gymnastikprogramm, Gehtraining, Seniorentanz oder einer Wassergymnastik teilnehmen (MEUSEL 1999). Viele Sportarten fordern jedoch durch die Schwierigkeit ihrer Technik eine motorische Belastung, die weniger Geübte überfordern würde, wie Sportspiele, alpiner Skilauf, Schwimmen oder Reiten. Nicht jede Sportart und Bewegungsform ist deswegen für alle Älteren gleichermaßen geeignet.

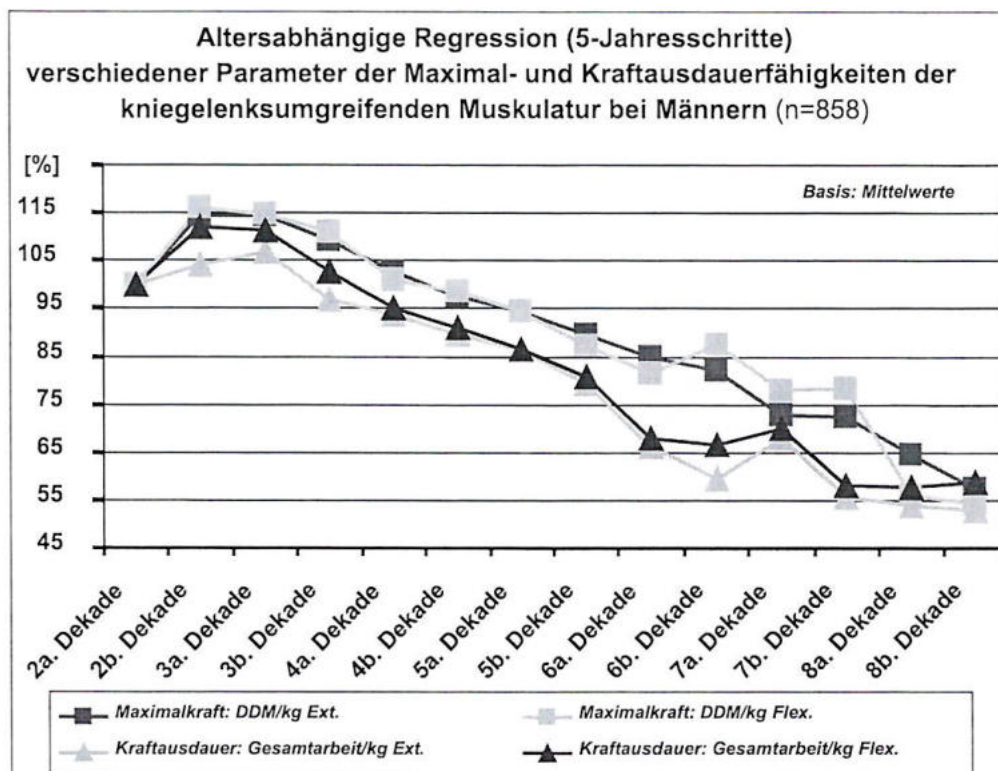


Abb. 25: Die altersabhängige Regression der isokinetisch gemessenen Maximal- und Kraftausdauerfähigkeiten von Männern (aus: HÖLTKE et al 2001)

Es ist also sorgfältig abzuwägen:

- Welche Adressatengruppen gibt es hinsichtlich der Belastbarkeit bei sportlicher Betätigung von Älteren?
- Welche Sportarten und Betätigungsformen sind jeweils für die einzelnen Adressatengruppen geeignet?

Unter dem Aspekt der medizinischen Beurteilung sowie der ärztlichen Betreuung und Beratung sind grundsätzlich 5 Kategorien älterer Sporttreibender zu unterscheiden (ISRAEL 1998):

- Der *ungeübte Anfänger* oder Nichtsportler, der in seiner Schulzeit und außerhalb der Schule keinen Sport mehr getrieben hat.
- Der *Wiederbeginner*, der ehemalige Sportler, der sich nach längerer Pause wieder sportlich betätigt.
- Der *Geübte*, der nach längerer Pause vor einigen Jahren die sportliche Betätigung als Wiederbeginner aufgenommen und inzwischen eine Steigerung seiner Leistungsfähigkeit erfahren hat.
- Der *Lebenszeitsportler*, der seit seiner Jugend ohne größere Pausen regelmäßig Freizeit- und/oder Wettkampfsport betrieben hat.
- Der *Teilnehmer am Rehabilitationssport*, der (vorübergehend) gravierende Einschränkungen seiner Leistungsfähigkeit aufzuweisen hat (Infarkt-Patient, übergewichtiger Diabetiker, Rehabilitant nach Verletzung oder Operation u.a.).

Tab. 24 gibt einen Überblick, welche Sportart sich für welche Senioren-adressatengruppe eignet. Die Zuordnung der einzelnen Sportarten und Übungsformen kann jedoch nur mit Einschränkung gelten, da sich die individuelle Situation jedes älteren Menschen aufgrund seiner Anlage und seiner Biographie außerordentlich vielfältig darstellt. Für jede Sportart gibt es Ausnahmen in der Zuordnung für die Personen, die besonders begabt sind oder sich eines besonders guten Gesundheitszustandes erfreuen. Auch bei sehr guter sportfachlicher oder ärztlicher Betreuung sind Ausnahmen möglich.

Wenn es auch dem einen oder anderen nicht gefallen mag, aber wir alle werden unumstößlich älter. Mit einem effektiven Mittel den Alterungsprozess zu stoppen und hinter das Geheimnis der „ewigen Jugend“ zu blicken ist bislang leider noch Illusion.

Dennoch ist es möglich, den biologischen Abbau- und Alterungsprozess durch sinnvolles (Ausdauer)Training zu verzögern und auch im hohen Alter noch körperlich fit und leistungsfähig zu bleiben (Motto: „20 Jahre lang 40 bleiben“).

Abb. 23 veranschaulicht das Ergebnis einer eigenen Studie mit Fußballbundesligaschiedsrichtern. In der Altersspanne der 25 - 46-Jährigen bleibt die mittlere gemessene maximale Sauerstoffaufnahme bei entsprechendem (Ausdauer-)Training über rd. 20 Jahre konstant, d.h., diese Schiedsrichter „altern“ nicht bezüglich ihrer cardio-pulmonalen Leistungsfähigkeit.

Regelmäßige physische Aktivität bedeutet also u.a. auch erhaltene Mobilität im Alter (LA CROIX et al. 1993).

Die Beeinflussung der Alterungsprozesse durch geeignete Bewegungsangebote zielt aber auch auf Erhaltung bzw. Verbesserung von Lebensqualität, damit einhergehend von Kompetenz, Gesundheit, allgemeiner Lebenszufriedenheit, nicht zuletzt von Identität (BAUMANN 1998).

Nicht unwesentlich neben den Aspekten des körperlichen Wohlbefindes ist im Zusammenhang von Sport und Alterung die Zunahme der Hirndurchblutung durch Sport und damit verbunden ein Ansteigen bzw. langfristiger Erhalt von Vitalität und geistiger Aktivität („geistiger Frische“) bis ins hohe Alter.

Die positiven psychischen und sozialen Effekte des Altersports sind zudem wichtige Faktoren, der Tendenz zur Vereinsamung während des Lebensabends zu begegnen (*keine Berufstätigkeit mehr; Freunde sind verstorben; die Familie lebt andernorts oder deren Wohnung erlaubt kein Beisammensein*).

In Sport und Spiel wird mitmenschlicher Kontakt erfahren (auch zu Jüngeren!), der Alltag sinnvoll gestaltet und es ergibt sich auf diese Weise Sinngebung für das Dasein.

Ebenfalls ein wichtiger und m.E. beachtenswerter Aspekt von sportlicher Aktivität im Alter.

Typ der Sportarten	geeignet für	Sportarten
1. Sportarten für alle Sportarten und Übungsformen, die jeder Ältere ohne spezielle Vorbereitung praktizieren kann, der frei von größeren Einschränkungen und gesundheitlichen Beschwerden ist.	Anfänger, Wieder-beginner, Geübte, Lebenszeitsportler	Gymnastik Entspannungstraining, Wasssergymnastik, Aquajogging Tanzen für Ältere/Seniorentanz Boccia, Boule, Petanque Formen der „Neuen Bewegungskultur“ Gehen, Wandern, Bergwandern, Walking Radfahren Ergometer-(Heim-)Training als Ausdauertraining Sportschießen
2. Sportarten für alle mit spezieller Vorbereitung Sportarten, für die der ungeübte Anfänger und der Wiederbeginner eine gewisse Vorbereitung brauchen.	(Anfänger), (Wiederbeginner), Geübte, Lebenszeitsportler	Fitnesstraining als Heim- und Studiotraining Joggen, Traben, Laufen, „Powerwalking“ Schwimmen Skilanglauf, Skiwandern Spiele Volkstanz, Gesellschaftstanz
3. Sportarten für Sporterfahrene Sportarten für Geübte und Lebenszeitsportler, für die Wiederbeginner aber einer gewissen Vorbereitung bedürfen.	---, (Wiederbeginner), Geübte, Lebenszeitsportler	Konditionstraining, Body-Building, Aerobic Basketball, Faustball, Fußball, Handball, Korbball, Volleyball Tennis, Badminton Golf Yoga, Tai Chi Chuan Alpiner Skilauf Eislauf, Inline-Skaten, Roller-Skaten Geräteturnen Reiten Kanusport/Paddeln, Rudern, Segeln, Windsurfen, Triathlon
4. Weniger geeignete und ungeeignete Sportarten und Belastungsformen Sie können für Ältere ein gesundheitliches Risiko beinhalten.	-----	Gewichtheben Technische Disziplinen der Leichtathletik Squash Drachenfliegen, Para-Gliding, Bungee-Jumping Klettern, Alpinismus Tauchen Trampolinturnen, Wasserspringen Snowboarden

Tab. 24: Die Eignung verschiedener Sportarten für die unterschiedlichen „Senioren-Adressatengruppen“ (modifiziert aus: MEUSEL 1999)

(Literaturhinweis zum ergänzenden Eigenstudium: MEUSEL, H.: *Sport für Ältere: Bewegung - Sportarten - Training: Handbuch für Ärzte, Therapeuten, Sportlehrer und Sportler*. Verlag Schattauer, Stuttgart, New York 1999.)

8.3 Die Leistungsfähigkeit der Frau im Sport

Unterschiede in der körperlichen Leistungsfähigkeit zwischen Mann und Frau sind eine Selbstverständlichkeit, allerdings sind sie eher quantitativer als qualitativer Natur und beruhen auf genetisch bedingten Unterschieden in Körperbau und Organfunktion.

Das Training der Frauen unterscheidet sich daher im Wesentlichen nicht von dem der Männer.

Die Frau trainiert nach denselben sportmethodischen Prinzipien wie der Mann.

Aufgrund einiger geschlechtsspezifischer Besonderheiten ist sie bei sportlichen Absolutleistungen dem Mann jedoch um 8 – 12 % unterlegen (ENGELHARDT/NEUMANN 1994).

Die Unterschiede im Körperbau bestehen darin, dass die Frau im Durchschnitt 10 - 13 cm kleiner und ca. 25 % leichter ist als der Mann. Im Vergleich zu den Extremitäten ist ihr Rumpf länger als der des Mannes - dem schmalen Schultergürtel steht ein breiter Beckengürtel gegenüber. Ihre geringere Körpergröße und der um ca. 6 % geringere Muskelanteil an der Körpermasse erklärt den Unterschied in der Muskelkraft zwischen Mann und Frau. Ihre auf die Körpermasse bezogene Fettmasse ist im Durchschnitt 5 % oder rd. 3 kg höher. Die Muskulatur macht beim Mann daher rd. 42, bei der Frau rd. 36 % des Körpergewichts aus, das Fett beim Mann 16, bei der Frau 25 %.

Ein Vergleich der Leistungsfähigkeit des Herz-Kreislauf-Systems zwischen Mann und Frau zeigt, dass das Herzvolumen und damit das Schlagvolumen bei der Frau geringer ist. Darüber hinaus ist die Gesamtmenge des Hämoglobins um ca. 8 % geringer als die des Mannes und die Sauerstofftransportkapazität ist um ca. 20 % niedriger. Aus diesen Faktoren erklärt sich die absolut geringere maximale O₂-Aufnahme der Frau, die wiederum dazu führt, dass Frauen in den Ausdauersportarten, in denen die maximale O₂-Aufnahme leistungsbegrenzend ist, auch die geringere Absolutleistung erbringen (z.B. 400 m-Lauf).

Dies gilt nicht bei „reinen“ Ausdauerdisziplinen, wie z.B. dem Marathonlauf, bei denen das weibliche Geschlecht in den letzten Jahren enorme Leistungsfortschritte erzielt hat und beinahe die Leistungen der Männer erreicht. Begünstigt werden diese sehr guten Ausdauerleistungen durch das günstigere spezifische „Leistungsgewicht“ der Frau. Trainingsmethodisch und -inhaltlich hat es sich im Hochleistungssport durchgesetzt, Männer und Frauen gleich trainieren zu lassen. Vermutlich aufgrund der besseren Regenerationsfähigkeiten der Frauen (u.a. durch geringere Muskelmasse und besseren Fettstoffwechsel), bewältigen in einigen Sportarten (z.B. Schwimmen, Ultralangstreckenlauf) Frauen sogar größere Trainingsumfänge als Männer.

Eindeutige Unterschiede gibt es auch in der hormonellen Regulation von Mann und Frau. Die Frau hat eine 10 – 20 fach niedrigere Testosteron- und eine 300 fach höhere Östrogenkonzentration als der Mann. Dies hat selbstverständlich

Auswirkungen auf die Kraft und Elastizität des Muskels, denn die Muskelkraft ist u.a. abhängig von der endogenen Testosteronbildung.

Bis zum 10. Lebensjahr bestehen keine Unterschiede in der Muskelkraft zwischen Jungen und Mädchen (fehlendes Testosteron!). Mit Einsetzen der Pubertät nähern sich die Trainings- und Wettkampfleistungen dann immer mehr an, bis schließlich die männlichen Jugendlichen den obengenannten Leistungsvorteil durch vermehrte Testosteronausschüttung aufweisen (siehe Abb. 25a).

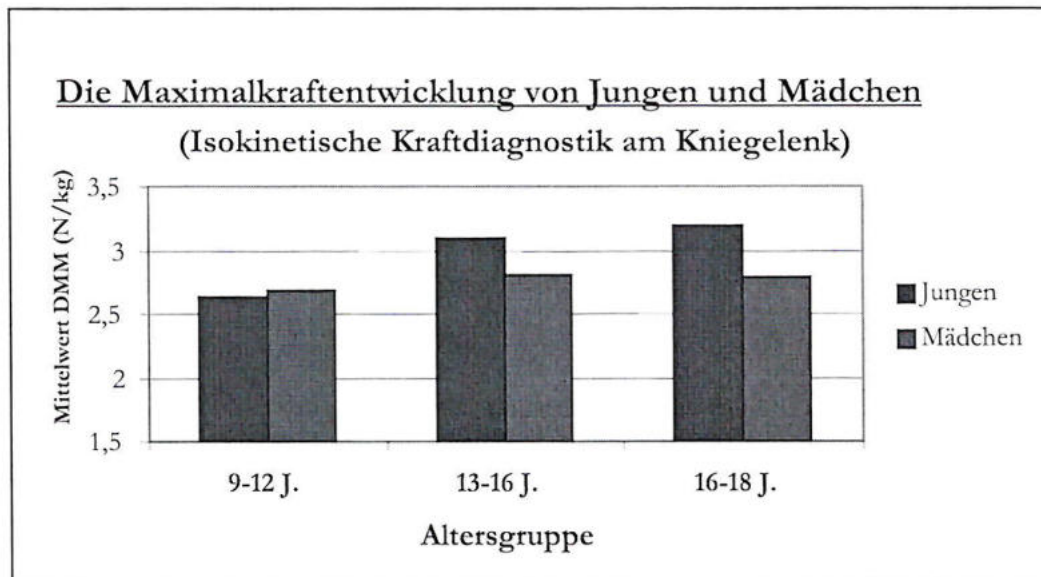


Abb. 25a: Die Kraftentwicklung von Jungen und Mädchen in der Pubertät (HÖLTKE et al. 2001)

Die oben aufgezeigten Nachteile der anthropometrischen (Körperbaumerkmale) und konditionellen Leistungsfaktoren der Frau können auch durch noch so intensives und umfangorientiertes Training und auch nicht durch die, in der Regel, besseren Koordinationsleistungen von Frauen ausgeglichen werden. Eine Angleichung der sportlichen Absolutleistungen von Männern und Frauen wird es daher aus den genannten objektiven Gründen nicht geben.

8.3.1 Menstruation und Schwangerschaft

Das sportliche Leistungsvermögen ist nach neueren Erkenntnissen nur rd. 1 Woche vor der Regelblutung (*Menstruation*) eingeschränkt. Während der Regelblutung ist die körperliche Leistungsfähigkeit aufgrund des veränderten Hormonhaushaltes sogar verbessert.

Es bestehen keine Bedenken gegen Sportausübung während der Regel!

Im Hochleistungssport kann die erste Regelblutung (*Menarche*) verspätet eintreten, Ausbleiben der Regelblutung (*Amenorrhoe*) und unregelmäßige Blutungen ohne Eisprung (anovulatorische Zyklen) werden insbesondere bei forciertem und umfangreichem Ausdauertraining beobachtet.

In der normal verlaufenden Schwangerschaft ist grundsätzlich jeder gesunden Frau jeder Sport so lange erlaubt, wie ihr dies trotz der Behinderung durch das werdende Kind möglich ist (ROST 1994, siehe auch Tab. 25).

Einige Autoren schränken dies auf eine sportliche Belastung bis zu einer Herzfrequenz von ca. 130/min. ein (ROST 1994).

Eine amerikanische Fallstudie berichtet sogar von einer problemlos verlaufenen Zwillings-Schwangerschaft einer 33-jährigen Spitzenmarathonläuferin, die bis drei Tage vor der Geburt ihrer (gesunden) Zwillinge per Kaiserschnitt, ein durchschnittliches Laufpensum von 107 (± 19) km pro Woche absolvierte und dieses Training bereits 8 Tage nach der Geburt wieder aufnehmen konnte (DAVIES et al. 1999).

Verläuft die Schwangerschaft normal, können auch Sportarten wie Tennis, selbst Turnen oder Skifahren, betrieben werden. Die Angst vor Verletzungen ist meist unnötig, denn schwere Verletzungen, etwa beim Skifahren, sind für die Mutter genauso gefährlich wie für das Kind.

Ungefähr 4 Wochen nach der Niederkunft kann wieder trainiert werden, dies führt zu einer schnelleren Rückbildung der schwangerschaftsbedingten Körperveränderungen.

Geeignete Sportarten während der Schwangerschaft	
Schwimmen	Während der gesamten Schwangerschaft möglich. Optimal für Herz, Kreislauf und Gelenke. Der Wasserauftrieb bewirkt Gewichtsentslastung und fördert die Beweglichkeit. Unbedingt regelmäßig zu empfehlen!
Radfahren	Bei korrekter Haltung und moderater Intensität durchgehend möglich, aber bitte nicht ins Gelände! Auch als Ergometertraining im Hause möglich.
Walking/Nordic-W.	Mit moderater Intensität als gutes Herz-Kreislauf-Training durchgehend während der Schwangerschaft möglich.
Wassergymnastik/ Aqua jogging/ Aquarobic	Durchgehend zu empfehlen, gutes Herz-Kreislauf-Training bei Gelenkentlastung durch den Auftrieb des Wassers.
Gymnastik/Yoga/ Rückengymnastik	Während der gesamten Schwangerschaft durchgehend zu empfehlen. Vorsicht bei Dehnübungen.
Aerobic	In der Low-Impact-Variante durchgehend möglich.
Jogging	Durchgehend möglich, aber in den ersten 3 Monaten vorsichtiger in Trainingsumfang und -intensität dosieren.
Krafttraining an Geräten	Bis zum 6./7. Monat möglich, jedoch nicht mit hohen Gewichten.

Tab. 25: Empfehlenswerte Sportarten während der Schwangerschaft

(Natürlich bleibt es eine Gewissensentscheidung, ob und wie lange man sich während einer Schwangerschaft dem Risiko eines Sturzes auf der Skipiste aussetzt!)

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass der Frau die gleiche Bandbreite an Sportarten zur Verfügung steht wie dem Mann. Da sich ihre psychischen und physischen Grundlagen jedoch teilweise von denen der Männer unterscheiden, setzen Frauen bei der Wahl der Sportart oft andere Prioritäten. Soweit Frauen den Bereich der „typischen Frauensportarten“ (Gymnastik, Tanz etc.) verlassen und in „männliche Domänen“ (Fußball, Langstreckenlauf etc.) eindringen, bestehen dagegen aber grundsätzlich weder medizinische noch gesundheitliche Bedenken.

(Literaturhinweis zum ergänzenden Eigenstudium: WEINECK, J.: Optimales Training. Leistungsphysiologische Trainingslehre unter besonderer Berücksichtigung des Kinder- und Jugendtrainings. Balingen 1996⁹)

8.4 Höhentaining und Aufenthalt in größeren Höhen

8.4.1 Definition, Möglichkeiten und Funktionen von Höhentaining

Unter Höhentaining versteht man sportliches Training in größerer Höhe, überwiegend zwischen 1.800 und 3.000 m. Das Höhentaining dient entweder

1. der Höhenanpassung vor Wettkämpfen in diesen Höhen oder soll
2. das Leistungsvermögen (meist bei ausdauer- oder kraftausdauerorientierten Sportarten) kurzfristig auch im Flachland vergrößern (HOLLMANN 1995).

Wesentlicher Wirkfaktor des Höhentrainings ist die **Hypoxie** als Ausdruck für den Sauerstoffmangel infolge des mit ansteigender Höhe absinkenden Sauerstoffpartialdrucks (pO_2). D.h. mit zunehmender Höhe fällt der Luftdruck; in 2500 m Höhe werden z.B. nur noch ca. 560 mmHg gemessen gegenüber ca. 760 mmHg auf Meereshöhe. Dies bedingt einen Abfall des Sauerstoffpartialdrucks (pO_2), so dass arterieller pO_2 und O_2 -Sättigung in 2500 m auf ca. 65 mmHg bzw. 91 % abfallen gegenüber 90 mmHg bzw. 96 % auf Meereshöhe. Vergleichbare Effekte werden im Flachland nur durch eine Reduktion des Sauerstoffanteils in der Atemluft von ca. 20,9 % auf 15,1 % erreicht (FRIEDMANN/BÄRTSCH 1997). In größeren Höhen wird die Luft also „dünner“, pro Atemzug wird weniger Sauerstoff eingeatmet (Hypoxie). Das Höhentaining bzw. der Aufenthalt in größeren Höhen (z.B. zu Wettkämpfen) schließt differenziert veränderte klimatische Trainings- und Lebensbedingungen gegenüber Normalbedingungen ein, da sich in größerer Höhe (ab 1.200 m) nicht nur der Sauerstoffpartialdruck, sondern auch die Temperatur, der Druck, die Dichte und die Feuchtigkeit der Luft vermindern.

Die gezielte wissenschaftliche und sportpraktische Arbeit zum Problemfeld „Mittlere-Höhe-Aufenthalt“ (1.800 - 3.000 m), Training und Wettkampf, erhielt ihren ersten großen Entwicklungsschub, nachdem Mexico-City, das 2.240 m über dem Meeresspiegel liegt, als Austragungsort für die XIX. Olympischen Sommerspiele 1968 festgelegt wurde.

Da die leistungslimitierende Wirkung des in der Höhe herabgesetzten Sauerstoffpartialdrucks bekannt war und außerdem gesundheitsschädigende Auswirkungen vorausgesagt wurden, setzte eine intensive Forschungsarbeit auf sportwissenschaftlichem Gebiet ein. In den letzten Jahren hat sich, insbesondere auf der Grundlage der Forschung in der ehemaligen DDR, daraus ein System des ganzjährig akzentuierten Trainingseinsatzes in den Ausdauersportarten bei unterschiedlicher trainingsmethodischer Gestaltung entwickelt. Mit ihm wird das Ziel verfolgt, das Leistungsniveau im Training so anzuheben, dass höhere wettkampfspezifische Belastungen bei ausreichender und schneller Regeneration möglich werden, d.h., das Hypoxietraining wird zur mittelbaren und unmittelbaren Leistungssteigerung im Flachland genutzt.

Prinzipiell können zwei Formen des Zustandekommens von Hypoxie unterschieden werden:

1. Die mit ansteigender Höhe wachsende Hypoxie unter den natürlichen Gegebenheiten des Gebirges und
2. die verschiedenen Formen der künstlichen Hypoxie nach dem Prinzip des Unterdrucks in Barokammern sowie unter Normal-NN-Druckverhältnissen durch Reduzierung des Sauerstoffanteiles in der Luft mit Hilfe unterschiedlicher technischer Lösungsverfahren (z.B. Atemmaske).

Da sich in größerer Höhe (ab ca. 1.200 m) der Luftdruck, der Sauerstoffpartialdruck, die Luftdichte, die Temperatur und der Wasserdampfdruck vermindern, sind folgende körperliche Reaktionen in individuell sehr unterschiedlicher Ausprägung festzustellen:

1. Die Atemzüge nehmen an Anzahl und Tiefe zu (um mehr O_2 aufzunehmen).
2. Die Anzahl der Herzschläge und damit das Herz-Minuten-Volumen steigen insbesondere unter körperlicher Belastung (um mehr und schneller den Sauerstoff zu transportieren).
3. Infolge der gesteigerten Atembewegungen wird vermehrt Kohlendioxid abgeatmet. Damit ergibt sich ein Anstieg der alkalischen Reaktion des Blutes (Alkalose). Die dadurch bewirkte schnellere Aufnahme des Luftsauerstoffs in den Lungen wird jedoch von dessen erschwerter Abgabe an die Gewebe begleitet.
4. Die Menge des Blutplasmas verringert sich (verminderte Luftfeuchtigkeit!). Damit dickt sich das Blut ein. Infolge dieser erhöhten Viskosität muss das Herz jedoch vermehrt Arbeit leisten.
5. Infolge des verminderten Luftgehaltes an Sauerstoff wird über einen vermehrt in den Nieren produzierten Stoff das Knochenmark angeregt, mehr rote Blutzellen (Erys) als Träger des Sauerstoffs in Umlauf zu bringen.

Das zentrale Nervensystem ist besonders empfindlich gegen O_2 -Mangel. In größerer Höhe kann sich das affektiv-soziale Verhalten der Persönlichkeit verändern:

- Die Menschen werden reizbarer und sind weniger kooperativ (wichtig bei Mannschaftssportarten!).
- Das Dämmerungsehen lässt nach (Gefahr am Berg nach Sonnenuntergang!).
- Der Schlaf verschlechtert sich infolge der schlafbedingten Verminderung der Atemzüge mit weiter reduziertem Sauerstoffangebot, chronische Übermüdung ist oft die Folge.
- Bei Höhen ab 3.000 m kann sich der Höhenrausch einstellen mit typischen Anzeichen wie unangepasst-freudiger Stimmungslage (Euphorie) und nicht nachvollziehbaren Fehlentscheidungen (s.u.).

Im Folgenden sollen ausschließlich die Folgen zunehmender Hypoxie unter den natürlichen Gegebenheiten des Gebirges dargestellt und deren Auswirkungen kurz angeführt werden.

8.4.2 Anpassungen an einen längeren Aufenthalt in größeren Höhen

Der Begriff *Hypoxie* stammt aus dem Griechischen und bezeichnet den Zustand eines Sauerstoffmangels gegenüber den normalen Verhältnissen, hervorgerufen durch eine Senkung des auf Meereshöhe vorliegenden Sauerstoffpartialdrucks (pO_2) von rd. 212 hPa oder verursacht durch eine Verringerung des Anteils von 20,94 Vol.% Sauerstoff in der Luft. Mit der Abnahme des Sauerstoffpartialdruckes geht eine Verringerung des Sauerstoffdruckgefälles zwischen den Lungenbläschen und dem (arteriellen) Lungenkapillarblut einher. Das schränkt auf der Basis physikalischer Gesetzmäßigkeiten die Sauerstoffdiffusion ein und führt zu einer verminderten Sauerstoffsättigung des Blutes. Die Bindungskapazität der roten Blutkörperchen (Erythrozyten) kann nicht mehr voll ausgelastet werden; die Sauerstofftransportleistung des Blutes sinkt (ca. 1 % pro 100 m ab 1.500 m Höhe (BÖNING 1996)). Folglich vermindert sich auch das Sauerstoffangebot für die Versorgung der Organsysteme. Aber gerade die gut durchblutete Skelettmuskulatur braucht ja bei sportlicher Belastung viel Sauerstoff!

Als sofortige Gegenregulation nimmt das Atem- und Herz-Minuten-Volumen zu. Folge des ersteren ist eine atembedingte Änderung der Blutzusammensetzung durch gesteigertes Abatmen von Kohlendioxid (respiratorische Alkalose). Um den pH-Wert konstant zu halten, müssen vermehrt Bikarbonat und Alkali-Ionen durch die Niere ausgeschieden werden. Die Atembewegungen pegeln sich in den ersten 3 - 5 Tagen auf eine höhere Anzahl von Atemzügen ein (d.h., die Atemmuskulatur wird stärker trainiert).

Bei längerem Aufenthalt in größerer Höhe vermehren sich die roten Blutkörperchen und das Blutvolumen. Das Blut wird durch den Flüssigkeitsverlust eingedickt. Diese höhere Viskosität (Zähflüssigkeit) belastet das Herz und verschlechtert die Blutpassage durch die kleinen Blutgefäße (Kapillaren).

Die roten Blutzellen selbst vermögen mehr Sauerstoff zu binden.

Als weitere Anpassung wird eine größere Anzahl von Kapillaren durchblutet, und über längere Zeit findet auch eine Gefäßneubildung statt.

Die Diffusion zwischen den kleinsten Gefäßen und den Muskelzellen ist verbessert, die Enzyme in den Mitochondrien stellen sich auf den erniedrigten Sauerstoffgehalt ein, so dass der sauerstoffverbrauchende Stoffwechsel effektiver wird.

Nach anfänglichen Umstellungsreaktionen unter Hypoxie, zwischen 1 - 5 Tagen, die sich selbst bei geringen Belastungsanforderungen in einer relativ höheren Herzfrequenz und einem verschlechterten Herzfrequenzerholungsverhalten ausdrücken, stellt sich nach längerem Aufenthalt ein stabiles, individuell geprägtes Herzfrequenzniveau ein. Das Erholungsverhalten nähert sich der Regulation unter Normalbedingungen an. Im weiteren Verlauf des Hypoxietrainings verringert sich das Herzfrequenzniveau bei vergleichbaren Belastungen. Dies ist Ausdruck einer ökonomischeren und sauerstoffsparenden Arbeitsweise des Organismus im Allgemeinen und des Herzmuskels im Besonderen.

Nach einem Training in Hochlagen werden bei Ausdauersportarten 3 Wochen als Mindestanpassungszeitraum vor einem Wettkampf empfohlen. Der eigentliche Effekt des Hypoxietrainings (Höhentraining) besteht nun darin, dass das erworbene höhere Funktionsniveau anschließend unter Normalbedingungen über einen bestimmten Zeitraum wirksam ist und der "Überschuss" für Wettkämpfe sowie die Erhöhung des Trainingsniveaus insgesamt genutzt werden kann. Durch ein länger-dauerndes Training in größerer Höhe bzw. in einer Unterdruckkammer unter Höhenbedingungen oder mit einer Atemmaske wird also erreicht, dass infolge der anzahlmäßig gestiegenen Blutkapillaren die Muskulatur vermehrt durchblutet ist und auch das Blut selbst mehr rote Blutkörperchen enthält. Während des Wettkampfes stehen dem Körper somit mehr Sauerstoffträger zur Verfügung, was zur Steigerung der Leistungsfähigkeit beiträgt.

8.4.3 Rahmenbedingungen für ein funktionelles Höhenttraining

Ein wirkungsvolles Training in „natürlicher“ Berg-Höhenlage ist auf mindestens 2, besser aber auf 3 Wochen und unter Umständen für Sportler in Langzeitausdauerdisziplinen auch darüber hinaus auszudehnen. Der längere Aufenthalt in höheren Regionen belastet den **Flüssigkeitshaushalt** zusätzlich. Prinzipiell nimmt der Wasserdampfdruck in der Höhe ab. Verstärkend wirken sich hier noch niedrige Temperaturen aus, da sie die Wasserdampfaufnahmefähigkeit der Luft verringern. Der Gasaustausch in der Lunge erfordert eine Erwärmung der eingeatmeten Luft auf ca. 37° C und die Sättigung mit Wasserdampf. In der Höhe ist dies nur über eine stärkere Wasserabgabe der Schleimhäute in den Atemwegen zu gewährleisten. Das kann in Verbindung mit den vermehrten Atembewegungen zu Reizerscheinungen führen, die das Atmen anfänglich erschweren, und Heiserkeit hervorrufen. Dem Austrocknen der Schleimhäute ist durch häufigeres Trinken und durch Deckung des erhöhten Flüssigkeitsbedarfs im Tagesverlauf zu begegnen, da sonst auch die Gefahr von Infektionen der Atemwege wächst (JAKOB 1999).

Eine besondere Rolle spielt in der Höhe die **verringerte Luftdichte**. Sie wird vor allem in Sportarten genutzt, in denen aufgrund hoher Fortbewegungsgeschwindigkeit große Luftwiderstände auftreten. Die Reduktion der Luftdichte wirkt sich auf Schnellkeits- und Schnellkraftleistungen positiv aus.

So entspricht die Höhenlage von Mexico-City in den Sprintwettbewerben einem Rückenwind von 1,5 - 1,7 m/s. Dadurch werden die ungewöhnlich guten Sprintleistungen über 100 - 400 m und im Weitsprung an Orten in größerer Höhe verständlich. Auch in den Wurf- und Stoßdisziplinen ist dies von Vorteil. Im Kugelstoßen wird in 2.240 m Höhe eine um 5 cm größere Weite erreicht als in Meereshöhe. Im Hammerwerfen beträgt die Differenz 53 cm, im Speerwerfen 69 cm und im Diskuswerfen 162 cm (HOLLMANN/HETTINGER 1980).



Bild 6: Funktionelles Höhenttraining mit seinen „spannenden“ Aspekten,
& mit einem auf 1800 m Höhe gelegenen Hochplateau ist Boulder/Colorado
Bild 7: (USA) ein idealer Höhenttrainingsort für Ausdauersportler

Für ein sinnvolles Hypoxietraining kommen nach gegenwärtigem Erkenntnisstand nur Höhenlagen bis zu 4.000 m in Frage. Darüber hinaus werden einige Funktionssysteme des Organismus Grenzbeanspruchungen ausgesetzt, die ein „sinnvolles“ Training unmöglich machen.

Die Grenze von Anpassungserscheinungen liegt bei ca. 5.000 m, die höchste bekannte menschliche Siedlung (Quilcua) liegt in den Anden auf 5.340 m Höhe (STEGEMANN 1991).

Die bislang größten genutzten Höhen für längerfristige Trainingsaufenthalte von Leistungssportlern liegen bei ca. 2.800 - 3.000 m Höhe. Sie sind aber nur von Sportlern mit umfangreichen Höhenttrainingserfahrungen zu nutzen. Anfänger sollten in mittleren Höhen um 2.000 m beginnen. Die Auffassung "je höher, desto besser" ist abzulehnen; das Trainingsziel bestimmt, in welcher Höhe ein Trainings

lager stattfinden muss. Die niedrigen Aufstiegshöhen gelten vor allem für Sportler geringeren Trainingsalters und solche, die hypoxieunerfahren sind. Größere Höhen verlangen ein schon gut ausgeprägtes Ausdauer-niveau und Hypoxieerfahrung. Grundvoraussetzung für das Hypoxietraining ist ein gutes individuelles Ausgangsniveau der aeroben Leistungsfähigkeit. Das Hypoxietraining ist in einem erholten Zustand zu beginnen, um dem Organismus die Umstellung auf die Hypoxie zu erleichtern. Die „harte“ Phase der Akklimatisierung dauert im Normalfall 3 - 6 Tage. Für das Erreichen der sportlichen Höchstform spielen beim Höhenhypoxietraining die Abstände vom letzten Tag des Höhentrainings bis zum Hauptwettkampf im Flachland eine wesentliche Rolle. Eine reale Überprüfung der Wirkung des Höhentrainings auf die Entwicklung von Grundlagen- und Kraftausdauer ist erst frühestens 10 Tage nach Rückkehr aus der Höhe möglich, da nach „Abstieg“ aus der Höhe zunächst eine individuell unterschiedlich geprägte „depressive“ Phase der Leistungseinbuße erfolgt. Das Höhenttraining erfordert also einen „Transformationszeitraum“ (ENGELHARDT/NEUMANN 1994), der dazu dient, die höheren Trainings(Reize) organisch zu verarbeiten. Der zeitliche Abstand zwischen Hypoxietraining und den Wettkämpfen ist abhängig vom Sportler und der Sportart und schwankt nach Erfahrung mit verschiedenen Sportarten (Schwimmen, Rudern, Gehen, Radsport, Mittel- und Langstreckenlauf) zwischen 18 und 22 Tagen. Im Gehen z.B. hat sich ein Abstand von 12 bis 14 Tagen als optimal herauskristallisiert. Abschließend ist zu sagen, dass sich Hypoxietraining erst für Sportler höheren Trainingsalters anbietet, die ihre Leistungsentwicklung und den maximal möglichen Trainingsumfang ausgeschöpft haben und ausschließlich darauf angewiesen sind, über eine verbesserte zyklische Gestaltung und Veränderung des Trainingsprogrammes die Wirksamkeit des Trainings zu steigern. Hierbei bietet das Hypoxietraining einen Ansatzpunkt für reizwirksame Erneuerung des Trainings. Das Hypoxietraining gehört nicht in das Ausbildungskonzept von Sportlern, die sich noch im Aufbau- oder gar im Grundlagentraining befinden. Schnelle Erfolge, die in diesem Altersbereich durchaus zu erzielen sind, schlagen sich negativ auf die spätere Leistungsentwicklung aus. Ein erstmaliges Höhenttraining sollte nicht in Vorbereitung auf einen Hauptwettkampf durchgeführt werden. Hier muss eine Erprobung der individuellen Wirkung und effektiven methodischen Lösung in der Vorbereitungsperiode unbedingt vorausgehen.

8.4.4 Gesundheitliche Gefahren des Aufenthaltes in größeren Höhen

Neben der Höhenanpassung bzw. -umstellung sollten dem Sportler noch einige weitere „Risikofaktoren“ eines kürzeren oder längeren Aufenthaltes in den „Bergen“ bekannt sein, sie werden im Folgenden kurz benannt.

Die Sonnenstrahlung wird mit zunehmender Höhe intensiver. Ursache ist der kürzere Weg der ultravioletten (UV-)Strahlen durch die Schichten der Erdatmosphäre in der Höhe und der Wegfall von UV-absorbierenden Dunstschichten (Smog). Zudem werden die UV-Strahlen vermehrt durch Schnee und Eis reflektiert (höhere Strahlungsintensität).

Vor allem der UV-B-Anteil des Lichts schädigt die Haut, wodurch der **Sonnen- oder Gletscherbrand** verursacht wird.

Neben den drei möglichen Graden von Verbrennungen können durch Wasserverlust zusätzlich Fieber, Schock und Bewusstlosigkeit auftreten.

Wiederholte, längerdauernde intensive Sonneneinwirkung kann zudem, besonders bei hellhäutigen Menschen, zu Veränderungen der Haut führen (Elastizitätsverlust, Pigmentierung, Erweiterung kleiner Gefäße, Krebsvorstufen und Hautkrebs).

Infolge der intensiven Lichteinwirkung in großer Höhe ohne Schutz durch eine Schneebrille rötet sich die Bindehaut des Auges, und es können Sehstörungen auftreten (**Schneebblindheit**).

Bei kurzem oder längerem, plötzlichem oder langsam einsetzendem Aufenthalt in Höhen ab 2.000 m (meist ab 3.000 m) werden die Symptome einer hypoxiebedingten Sauerstoffmangelerscheinung als Berg- oder Höhenkrankheit bezeichnet. Bei einer Höhe über 2.000 m kann zu 10% mit dem Auftreten einer **akuten Bergkrankheit (AKB)** gerechnet werden. Bei 3.500 m steigt diese Zahl auf 30 %, bei Höhen über 6.000 m erleiden 60 % der Bergsteiger die Symptome einer akuten Bergkrankheit (BÄRTSCH 1993). Die hypoxiebedingte körperliche und geistige Leistungsminderung kann sich dann in den Symptomen Kopfschmerz, Atemnot, Müdigkeit, Appetitlosigkeit, Schlafstörung, Schwindel, Kritik- und Entschlusslosigkeit (Apathie) äußern. Wenn trotz Beschwerden weiter aufgestiegen wird, gehen die unangenehmen, aber harmlosen Symptome über in ein klinisch manifestes Hirn-ödem mit Koordinationsstörungen (Ataxie) und Bewusstseinsstörungen, welches rasch zum Koma führen kann.

Unter Umständen kann es auch zum sogenannten **"Höhenkoller"** kommen, einer psychischen Veränderung, ebenfalls bedingt durch den Aufenthalt in großer Höhe, die sich als Euphorie (Höhenrausch), Leichtsinn, Überschätzung der eigenen Fähigkeiten, in Fehlbeurteilung der Situation, aber auch in Reizbarkeit und Angst äußern kann. Das Bergkrankheitsrisiko kann deutlich reduziert werden, wenn über einer Schlafhöhe von 2.500 m der Aufstieg pro Tag langsam erfolgt (nur 300 - 500 m pro Tag) und man sich vorher auf niedrigeren Höhen akklimatisiert. Bei ausgeprägten Beschwerden sollte ein Ruhetag eingelegt werden. Gegenmaßnahme bei akuter Bergkrankheit (ABK) mit Gefahr der Manifestation der ABK zu einem Höhenhirn-ödem ist dann ein sofortiger Abstieg um 500 - 1000 Höhenmeter, am besten in Höhen unter 2000 m (BÄRTSCH 1997), zusätzlich eventuell Sauerstoffverabreichung von 2 - 4 l/min für mindestens 1 Stunde (alle 4 - 5 Stunden wiederholen).

Relativ selten kommt es in größeren Höhen zu einer akkommodationsbedingten Kurzsichtigkeit (ähnlich der Nachtblindheit), die auf das Fehlen eines Fixationspunktes beim Blick in die Ferne zurückzuführen ist.

9. Verzeichnis der verwendeten Literatur

1. AMERICAN ASSOCIATION OF CARDIOVASCULAR AND PULMONARY Rehabilitation. Guidelines for Cardiac Rehabilitation and Secondary Prevention Programs. Human Kinetics, IL, 3rd Edition 1999.
2. AMERICAN COLLEGE of SPORTS MEDICINE: ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription 6th Edition. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, Baltimore, New York, London, Buenos Aires, Hong Kong, Sydney, Tokyo 2000.
3. AMERICAN COLLEGE of SPORTS MEDICINE: ACSM's Resource Manual for Guidelines for Exercise Testing and Prescription 4th Edition. Lippincott Williams & Wilkins, Philadelphia, Baltimore, New York, London, Buenos Aires, Hong Kong, Sydney, Tokyo 2001.
4. ACSM Position Stand on the Appropriate Intervention Strategies for Weight Loss and Prevention of Weight Regain for Adults. Med. Sci. Sports Exerc. 33, 12, (2001), 2145-2156.
5. AHONEN, J., T. LAHTINEN, M. SANDSTRÖM, G. POGLIANI, R. WIRHED: Sportmedizin und Trainingslehre. Schattauer Verlag, Stuttgart-New York 1994.
6. ALBERTS, B., D. BRAY, J. LEWIS, M. RAFF, K. ROBERTS, J.D. WATSON: Molecular Biology of the Cell. Second Edition; Garland Publishing, New York London, 1989, 613-625.
7. ALLMER, H.: „mens sana in corpore sano“ - Zauberformel für Bewegungs- und Sportaktivitäten mit Älteren. In: MECHLING, H.: Sportliche Leistungsfähigkeit und Fitness im Alterungsprozeß. Symposiumsbericht, Universität Bonn 22. Bis 24. Mai 1997. Verlag Hoffmann Schorndorf 1998, 39-50.
8. APPELL, H. J., S. FORSBERG, W. HOLLMANN: Satellite cell activation in human skeletal muscle after training: evidence for muscle fiber neof ormation. Int. J. Sports Med. 9 (1988) 4, 297-299.
9. BÄRTSCH, E.: Akute Höhenkrankheiten. Dt. Zeitschrift f Sportmed. 44, 11 (1993), 551-552.
10. BÄRTSCH, E.: Aktuelle Aspekte der Höhenmedizin. Sportorthopädie - Sporttraumatologie 13, 2 (1997), 77-80.
11. BADTKE, G. et al (Autorenkollektiv): Sportmedizinische Grundlagen der Körpererziehung und des sportlichen Trainings. Leipzig 1987.
12. BALK, A.: Krafttraining - Wirbelsäulengerechte Übungen an und mit Geräten. Falken Verlag, Lahr 1993.
13. BAUER, S., A. BERG, J. KEUL: Ernährungserhebung bei Ausdauersportlern, Vitamin-, Mineralstoff- und Spurenelementzufuhr. Akt. Ernähr.-Med. 18 (1993), 279-285.
14. BAVIERA, B.: Grundlagen zur Haltungsschulung. VDMS-Journal 114/51, (1992) 17-25.
15. BECKER, J.: Die anaerobe Leistungsfähigkeit nach oraler Bikarbonatgabe. Dissertation zur Erlangung des Doktorgrades in der Medizinischen Hochschule Hannover; Hannover 1992.
16. BERG, A., J. KEUL: Die biochemischen Veränderungen durch körperliches Ausdauertraining. In: WEIDEMANN, H., L. SAMEK: Bewegungstherapie in der Kardiologie. Darmstadt 1982.
17. BILLETER, R., H. HOPPELER: Grundlagen der Muskelkontraktion. Schweiz. Z. Sportmed. und Sporttraumatologie 2, (1994), 6-20.
18. BLUM, B., F. WÖLZENMÖLLER: Stretching: Bessere Leistungen in allen Sportarten. Sportinform Verlag 1985⁷.
19. BLUM, B.: Regeneration: Optimale Erholung nach Training & Wettkampf. Sportinform Verlag 1986².
20. BLUM, B.: Perfektes Stretching. Ein Leitfaden für optimal ausgeführte Dehngymnastik. Sportinform Verlag 1990³.
21. BÖNING, D.: Höhent raining - Was ist gesichert ? Dt. Zeitschrift f Sportmed. 39 (1988), 4-7.
22. BÖNING, D.: Muskelkater - Ursachen, Vorbeugung, Behandlung. Dt. Zschr. für Sportmedizin. 47, Sonderheft (1996), 196-200.
23. BÖS, K.: Handbuch für Walking. -Schnelle Schritte zu einer gesunden Lebensweise-. Aachen 1994.
24. BÖS, K., W. BREHM (Hrsg.): Gesundheitssport - Ein Handbuch. Verlag Hofmann Schorndorf 1998.
25. BOSCO, C.: Zum Verhältnis von Muskelkraft und Testosteron aus der Sicht des Trainings. Leistungssport 2 (1997), 15-18.

26. BROAD, M.E., L.M. BURKE, G.R. COX, P. HEELEY, M. RILEY: Body weight changes and voluntary fluid intakes during training and competition sessions in team sports. *Int. J. Sport Nutr.* (1996), 6, 307-326.
27. BRÜGGER, A.: *Gesunde Körperhaltung im Alltag*. 1990³.
28. BÜHRLE, M., D. SCHMIDTBLEICHER: Komponenten der Maximal- und Schnellkraft. *Sportwissenschaft* 11 (1981) 1, 11 - 27.
29. BÜHRLE, M. (Hrsg.): *Grundlagen des Maximal- und Schnellkrafttrainings*. Verlag Hoffmann, Schorndorf 1985.
30. BURKE L., V. DEAKIN (EDS.): *Clinical Sports nutrition*. Mc Graw Hill book, Sydney 1994, 64-65.
31. CARL, K.: Talentsuche, Talentauswahl und Talentförderung in Schule und Verein: In: CARL, K. et al: *Handbuch Sport Bd. 2*. Düsseldorf (1984) 917-939.
32. CASHWELL, A.H., N.R. BRANDT: Does muscle activation occur by direct mechanical coupling of transverse tubules to sarkoplasmatic reticulum ? *Trends Biol. Sci.* 14 (1989), 161-165.
33. AVAGNA, G.A., F.P. SAIBENE, R. MARGARIA: Effect of negativ work on the amount of positive work performed by isolated muscle. In: KOMI, P.V. (Hrsg.): *Kraft und Schnellkraft im Sport*. Köln: Deutscher Ärzte Verlag 1994.
34. CLASING, D. (Hrsg.): *Doping - verbotene Arzneimittel im Sport*. Stuttgart-Jena-New York 1992.
35. CLASING, D., G. HUBER (Hrsg.): *Sportärztliche Ratschläge für Radsportler*. Medice, Hausdruck 1993.
36. COMETTI, G.: *Les methodes modernes de musculation. Tourme II: Donnees pratiques*. Univ. de Bourgogne, Dijon 1988.
37. CORDES, J.CH., W. ARNOLD, B. ZEIBIG: *Physiotherapie Neurologie*. VEB Verlag Volk und Gesundheit, Berlin 1985².
38. COTTA, H., W. HEIPERTZ, A. HÜTER - BECKER, G. ROMPE (Hrsg.): *Krankengymnastik. Taschenlehrbuch in 11 Bänden. Band 4: Funktionelle Anatomie des Bewegungsapparates. Physiologie. - Allgemeine Krankheitslehre*. Bearbeitet von B. BÖHM, E. RUMBERGER, B. TILLMANN, K. WURSTER. Stuttgart, New York 1986².
39. DAVIES, B., D.M. BAILEY, R. BUDGETT, D.C. SANDERSON, D. GRIFFIN: Intensive Training During a Twin Pregnancy. A Case Report. *Int J Sports Med* 20, (1999), 415-418.
40. DEETJEN, P., E.-J. SPECKMANN (Hrsg.): *Physiologie*. München - Wien - Baltimore 1992.
41. DENNER, I., A. DENNER et al: Vorstellung eines mit wissenschaftlichen Methoden entwickelten Analyse- und Trainingskonzepts zur Quantifizierung und Optimierung des Funktionszustandes der Wirbelsäule. *FPZ-KOMPAKT, Informationsmedium des Forschungs- und Präventionszentrums*, 1, (1994) 2 ff.
42. DICKE, E., H. SCHLIACK, A. WOLFF: *Bindegewebsmassage*. Stuttgart 1979¹⁰.
43. DICKHUTH, H.-H.: *Einführung in die Sport- und Leistungsmedizin*. Verlag Karl Hoffmann, Schorndorf 2000.
44. DIRSCHAUER A., U. DIRSCHAUER, J. HOHENHÖVEL: *Physikalische Therapie in Klinik und Praxis*. 1977⁴.
45. DONALDSON, S.K.: Mechanism of excitation-contraction coupling in skinned muscle fibres. *Med. Sci. Sports Exercise*, 21 (4), 411-417, 1989.
46. DONIKE, M., S. RAUTH: *Dopingkontrollen*. Stand 19. September 1993. Köln 1993.
47. DOS, W., P. HIRSCHFELD: *Orthopädische Medizin nach der Methode von Cyriax*. 1994, Band 2.
48. DUCHATEAU, J.: *L'entraînement de la force specifique en sport: fondements physiologiques et applications pratiques*. Paris 1993.
49. DUECK, A.CH., M.M. MANORE., K.S. MATT: Role of energy balance in athletic menstrual dysfunction. *Int. J. Sport Nutr.* (1996), 6, 165-190.
50. EHLEZ, H., M. GROSSER, E. ZIMMERMANN: *Krafttraining. Grundlagen, Methoden, Übungen, Trainingsprogramme*. München, Wien, Zürich 1983.
51. EHLEZ, H., M. GROSSER, E. ZIMMERMANN: *Krafttraining. Grundlagen, Methoden, Übungen, Leistungssteuerung, Trainingsprogramme*. München, Wien, Zürich 1998⁶.
52. EHRSAM, R.: Training und Trainierbarkeit der aeroben Kapazität im Alter. *Schweiz. Z. Sport-med. und Sporttraumatologie* 45 (2), (1997), 74-82.

53. EINSINGBACH, T., A. KLÜMOER, L. BIEDERMANN: Sportphysiotherapie und Rehabilitation. Stuttgart, New York 1988.
54. ENGELHADT, M., G. NEUMANN: Sportmedizin: Grundlagen für alle Sportarten. BLV-Verlag München, Wien, Zürich 1994.
55. EVJENTH, O., J. HAMBERG: Autostretching - Selber Dehnen. Ein vollständiges Handbuch über das Dehnen der Muskeln. Alfa Rehab Förlag, Schweden 1990.
56. FELDER, H.: Der Einfluß der Elektromyostimulation (EMS) auf ausgewählte Kraftparameter. Sportverl. Sportschad. 8 (1994), 122-127.
57. FIATARONE, M., M. MARKS, N. RYAN, C. MEREDITH, L. LIPSITZ, W. EVANS: High-intensity strength training in nonagenarians. J. Am. Medical Association 263 (1990) 911-921.
58. FRANZ, H.: Technik und Methodik des Schießens mit dem Gewehr. -Lehrbrief für die Übungsleiter im Sportschießen-, DDR 1987².
59. FREIWALD, J.: Aufwärmen Im Sport. Rowohlt Verlag, Reinbeck bei Hamburg 1991.
60. FREIWALD, J.: Fitneß für Männer. Rowohlt Verlag, Reinbeck bei Hamburg 1996.
61. FRICK, U.: Kraftausdauerverhalten im Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus: Sport und Buch Strauß; Ed. Sport, Köln 1993.
62. FRIEDMANN, B., P. BÄRTSCH: Höhenttraining: Sinn, Unsinn, Trends. Orthopäde 26 (11) (1997), 987-992.
63. FRISCH, H.: Programmierte Untersuchung des Bewegungsapparates. Berlin, Heidelberg, New York 1989³.
64. FUCHS, U., M. REISS: Höhenttraining. Trainerbibliothek Bd. 27; Münster 1991.
65. GEIGER, L.: Überlastungsschäden im Sport, Braunschweig 1992.
66. GILLERT, O.: Hydro-Balneotherapie. München 1982⁹.
67. GILLERT, O.: Elektrotherapie. München 1983².
68. GOLLHOFER, A.: Komponenten der Schnellkraftleistungen im Dehnungs-Verkürzungszyklus. Erlensee 1987.
69. GRISOGONO, V.: Sportverletzungen. Erkennen und Behandeln. München 1986.
70. GROSSER, M., S. STARISCHKA, E. ZIMMERMANN: Konditionstraining, Theorie und Praxis aller Sportarten. München, Wien, Zürich, 1983.
71. GROSSER, M., H. EHLENZ, E. ZIMMERMANN.: Richtig Muskeltraining: Grundlagen und Trainingsprogramme. München, Wien, Zürich, 1984.
72. GROSSER, M., P. BRÜGGEMANN, F. ZINTL: Leistungssteuerung im Training und Wettkampf. München, Wien, Zürich 1986.
73. GROSSER, M.: Training der Konditionellen Fähigkeiten. Schorndorf 1988.
74. GROSSER, M.: Schnelligkeitstraining. Grundlagen, Methoden, Leistungssteuerung, Programme. München, Wien, Zürich 1991.
75. GROSSER, M., St. STARISCHKA: Das Neue Konditionstraining für alle Sportarten, für Kinder, Jugendliche und Aktive. München, Wien, Zürich 1998⁷.
76. GÜLLICH, A., D. SCHMIDTBLEICHER: Struktur der Kraftfähigkeiten und ihrer Trainingsmethoden. Dt. Zschr. für Sportmedizin 50 (1999) 7+8, 223-238.
77. HAUSER-BISCHOF, C. et al: VITA-Rückenschule. Basel 1989.
78. HECK, H.: Energiestoffwechsel und medizinische Leistungsdiagnostik. Studienbrief 8 der Trainerakademie Köln des Deutschen Sportbundes. Schorndorf 1990.
79. HERRMANN, E.: Sportmedizinische Forschung zur Hypoxie und zum Höhenttraining in den USA. Leipzig, FKS/ZfW 1983.
80. HINRICHS, H.U.: Sportverletzungen -Erkennen, Helfen Vorbeugen. Reinbeck bei Hamburg 1991.
81. HOHMANN, A., M. LAMES, M. LETZELTER: Einführung in die Trainingswissenschaft. Limpert Verlag, Wiebelsheim 2002.
82. HÖLTKE, V.: Zur Effektivität von dynamischem Maximalkraft und dynamischem Kraftausdauertraining bei Leistungsschwimmern der nationalen Spitzenklasse. Ein Trainingsexperiment im Hochleistungssport, SFT-Verlag, Erlensee 1993.
83. HÖLTKE, V., H. EULER, A. VERDONCK: Sportarttypische Schäden durch Leistungstraining. Schwimmen - Muskuläre Dysbalancen ausgleichen !. TW Sport und Medizin 5 (1994) 344-348.
84. HÖLTKE, V., K. SELTER, A. VERDONCK: Das 3-Stufen-Programm des Rückentrainings - Modell Hellersen. Poster-Präsentation zum 3. Symposium der dvs-Sektion Trainingswissenschaft, Dortmund 04. - 06. Oktober 1995.

85. HÖLTKE, V.; A. VERDONCK, H. EULER: Muskuläre Dysbalancen bei Leistungsschwimmern: Schäden am Haltungs- und Bewegungsapparat. Sportverl. Sportschad. 9 (1995) 3, 96-98.
86. HÖLTKE, V.: Gesundheitsförderndes und gesundheitserhaltendes Ausdauer-Fitnesstraining. Pool - Das Magazin des Westdeutschen Schwimm-Verbandes e.V. Nr. 1 (1996), 9-13.
87. HÖLTKE, V.: Gesundheitsförderndes und gesundheitserhaltendes Ausdauer-Fitnesstraining - Training gegen den Herzinfarkt - . In: HÖLTKE, V. (Hrsg.): Facetten anwendungsorientierter Forschung in der Sportmedizin. Lüdenscheid 1997, 102-108.
88. HÖLTKE, V., STEUER, M., SCHNEIDER, U., KRAKOR, S., JAKOB, E.: Walking vs Nordic-Walking - Belastungsparameter im Vergleich. Dtsche Z Sportmed 54, (7-8), (2003), S 91, Po 154.
89. HÖLTKE, V., STEUER, M., WIEK, M., SCHNEIDER, U., JAKOB, E.: Orientierungswerte für ein optimales Präventionstraining durch Walking und Jogging für untrainierte Frauen und Männer mittleren Alters. In: Jeschke, D., R. Lorenz (Hrsg.): Sportmedizinische Trainingssteuerung Sport-Prävention-Therapie. Bundesinstitut für Sportwissenschaft - Wissenschaftliche Berichte und Materialien Bd. 4, Sport und Buch Strauß, Köln 2003, 273-280.
90. HOLLMANN, W. (Hrsg.): Zentrale Themen der Sportmedizin. Berlin, Heidelberg, New York 1986³.
91. HOLLMANN, W.: Training, Grundlagen und Anpassungsprozesse. Schorndorf 1990.
92. HOLLMANN, W., T. HETTINGER: Sportmedizin - Arbeits- und Trainingsgrundlagen. Stuttgart 1980².
93. HOLLMANN, W., T. HETTINGER: Sportmedizin. Arbeits- und Trainingsgrundlagen. Dritte, durchgesehene Auflage. Studienausgabe. Stuttgart, New York: Schattauer, 1990.
94. HOLLMANN, W. (Hrsg.): Lexikon Sportmedizin. Heidelberg, Leipzig 1995.
95. HORT, W., R. FLÖTHNER: Die Muskulatur des Leistungssportlers. Beiträge zur Sportmedizin, Bd. 16: Erlangen 1983.
96. HOWALD, H.: Morphologische und funktionelle Veränderungen der Muskelfasern durch Training. In: Manuelle Medizin 22 (1984), 86-95.
97. HUXLEY, A.F., R. NIEDERGERKE: Structural changes in muscle during contraction. Nature 173, (1954), 971-973.
98. HUXLEY, H.E., J. HANSON: Changes in the cross-striation of muscle during contraction and stretch and their structural interpretation. Nature 1973 (1954), 973.
99. HUXLEY, H.E.: The mechanism of muscular contraction. Science 164, (1969), 1356.
100. HUXLEY, A.F., R.M. SIMMONS: Mechanical properties of cross bridges of striated muscle. J. Physiol. 218, (1971), 59-60.
101. IAFK e.V. (Hrsg.): Zeitschrift für interdisziplinäre Diagnostik und Therapie: Funktionserkrankungen des Bewegungsapparates. Band 6, Heft 1/2, Gustav Fischer Verlag, 1993.
102. ISRAEL, S., B. BUHL: Die sportliche Trainierbarkeit in der Pubeszenz. Theorie und Praxis der KK, Beiheft 2 (1980), 33-36.
103. ISRAEL, S.: Bewegungskoordination frühzeitig ausbilden. Lehre der Leichtathletik 30, 21 (1977).
104. ISRAEL, S.: Sportmedizinische Ansätze für einen effektiven Alterssport. In: MECHLING, H.: Sportliche Leistungsfähigkeit und Fitness im Alterungsprozeß. Symposiumsbericht, Universität Bonn 22. Bis 24. Mai 1997. Verlag Hoffmann Schorndorf 1998, 51-61.
105. JAKOB, E.: Höhenttraining aus der Sicht des Mannschaftsarztes am Beispiel Skilanglauf. Zeitschrift für angewandte Trainingswissenschaft 6 (1999) 1, 113-118.
106. JANSSEN P.G.J.M.: Ausdauertraining. Beiträge zur Sportmedizin, Bd. 34. Erlangen 1989.
107. JONATH, U., R. KREMPEL: Konditionstraining. Reinbeck bei Hamburg 1986.
108. JONATH, U. (Hrsg.): Lexikon Trainingslehre. Rowohlt Verlag, Reinbeck bei Hamburg 1988.
109. JUNGEMANN, K., H. MÖHLER: Biochemie. Berlin, Heidelberg, New York 1984.
110. KAISER, J.H.: Kneippsche Hydrotherapie. Bad Wörishofen 1981⁷.
111. KALTENBORN, F.M.: Manuelle Mobilisation der Extremitätengelenke. 1989⁸.
112. KAYSER, D.: Competitive Sports for Middle-Aged and Older Persons: Practical and Theoretical Considerations. In: HARRIS/HARRIS/HARRIS (Eds.): Physical Activity, Aging and Sports, Vol. II (1992), 63-74.
113. KETELHUT, R.G., K. KETELHUT, F.H. MESSERLI, G. BADTKE: Fitness in the fit: does physical conditioning affect cardiovascular risk factors in middle-aged marathon runners? Eur Heart J 17 (2), (1996), 199-203.
114. KEYDEL, H., H.-J. THOMASKAMP: Rahmentrainingsplan Sprint: Beispiel einer Jahresprotokollierung mit Auswertung. In: Die Lehre der Leichtathletik (1988) Nr. 47-48, 1585-1591.

115. KLEIN-VOGELBACH, S.: Funktionelle Bewegungslehre. 1990⁴.
116. KLINKE, R., ST. SILBERNAGL (Hrsg.): Lehrbuch der Physiologie. Stuttgart, New York 1994.
117. KNEBEL, K.P.: Funktionsgymnastik - Training, Technik, Taktik. Reinbeck bei Hamburg 1985.
118. KÖTTERITZSCH, R., M. WITT: Krafttraining. Ausgewählte Teilaspekte aus der Sicht der internationalen trainingswissenschaftlichen Literatur. Institut für Angewandte Trainingswissenschaft e.V. (IAT), Leipzig 1993.
119. KOLSTER, B., G. EBELT-PAPROTNY, M. HIRSCH: Leitfaden Physiotherapie. Neckarsulm, Stuttgart 1994.
120. KOLWES, M.: Gesamtausgaben für Probleme des Rückens und der damit zusammenhängenden Leiden. Informationsschrift der AOK Köln, Mai 1991.
121. KOMI, P.V.: Der Dehnungs-Verkürzungs-Zyklus. In: KOMI, P. V. (HRSG.): Kraft und Schnelkraft im Sport. Deutscher Ärzte Verlag, Köln (1994), 173-182.
122. KONOPKA, P.: Sporternährung. München 1985.
123. KONOPKA, P.: "Über"-Training im Leistungssport, Leichtathletik 3 (1985) 1, 14 f.
124. KUSHMERICK, M.J.: Spectroscopic applications of magnetic resonance to biomedical problems. Cardiovasc. Intervent. Radiol. 8, (1986), 382-389.
125. LANG, F.: Pathophysiologie - Pathobiochemie. Stuttgart 1983².
126. LEHMANN, M., S. BAUR, C. BUCK, U. GASTMANN, C. LEHMANN, Y. LIU, W. LORMES, A. OPITZ-GRESS, S. REISSNECKER, C. SIMSCH, J.M. STEINACKER: Übertraining und Leistungsminderung. Leistungssport 29 (1999) 5, 23-29.
127. LEMON, P.W.R.: Wird der Nahrungseiweißbedarf durch regelmäßige körperliche Betätigung beeinflusst? Insider - News on Sport Nutrition 2; (1994) 3; 1ff.
128. LEMON, P.W.R.: Do athletes need more dietary protein and amino acids? Int. J. Sport Nutr. (1995), 5, 39-61.
129. LETZELTER, M.: Trainingsgrundlagen. Reinbeck bei Hamburg 1978
130. LETZELTER, H., M. LETZELTER: Die Struktur sportlicher Leistungen als Gegenstand der Leistungsdiagnostik in der Trainingswissenschaft. Leistungssport 12 (1982) 5, 351-361.
131. LETZELTER, M., H. LETZELTER: Leistungsdiagnostik im Sport, Beispiel: Eisschnelllauf. Niedernhausen 1982.
132. LETZELTER H., M. LETZELTER.: "Meßfehler in der Kraftdiagnostik". Leistungssport 20 (1990) 2, 46-52.
133. LETZELTER H., M. LETZELTER: Grenzen der Aussagekraft experimenteller Befunde für die Trainingspraxis. In: LETZELTER H., S. STEINMANN, W. FREITAG (Red.): Angewandte Sportwissenschaft; Clausthal-Zellerfeld 1986, 104-114.
134. LÖSEL, H. (Hrsg.): Sportmedizinisches Informationsheft für den Leistungssport Schießen. Teil 1 und 2. UIT, München 1990.
135. LÖSEL, H.: Leistungssteigerung im Schießsport. Bd.1 und 2. Deutscher Schützenbund, Wiesbaden 1992; 1995.
136. MACDONALD, R.: Injury prevention in young sports enthusiast. Sports and Medicine today 1 (1998) 1, 88-98.
137. MADER, A.: Aktive Belastungsadaption und Regulation der Proteinsynthese auf zellulärer Ebene. Ein Beitrag zum Mechanismus der Trainingswirkung und der Kompensation von funktioneller Mehrbelastung 1989.
138. MAEHL, O., O. HÖHNKE: Aufwärmen - Anleitungen und Programme für die Sportpraxis; Ahrensburg 1988
139. MANNHART, CH.: Supplemente - Leistungsförderer im Sport Schweiz. Z. Sportmed. und Sporttraumatologie 44 (1996), 4, 149-153.
140. MAREES DE, H.: Sportphysiologie. Medizin von heute, Band 10. Köln 1992⁷.
141. MAREES DE, H.: Sportphysiologie, 8. Korrigierte Auflage, Köln: Sport und Buch Strauss, Ed. Sport, 1994.
142. MARTIN, D., K. CARL, K. LEHNERTZ: Handbuch Trainingslehre. Verlag Hofmann, Schorndorf 1991.
143. MARTIN, D.: Zusammenfassung der Diskussion in der Arbeitsgruppe Nicht-Ausdauersportarten. Zeitschrift für angewandte Trainingswissenschaft 6 (1999) 1, 121-122.
144. MATVEEV, L.P.: Das Problem der Periodisierung des sportlichen Trainings (russ.). Moskau: FiS 1965.

- 145.MAYER, T.G. et. al.: Objective Assessment of Spine Function Following Industrial Injury. A Prospective Study with Comparison Group and One-Year Follow-up. *Spine*, Vol. 10, No. 6, 1985.
- 146.MAYER, T.G.: Orthopaedic conservative care. The Functional Restoration Approach. *Spine*, Vol.1, No.1, September 1986.
- 147.MAYER, T.G.: A Revolutionary Solution to Chronic Back Injury. *Journal of the American Medical Association*, Vol.2, October 1987.
- 148.MECHLING, H.: Sportliche Leistungsfähigkeit und Fitness im Alterungsprozeß. Symposiumsbericht, Universität Bonn 22. Bis 24. Mai 1997. Verlag Hoffmann Schorndorf 1998.
- 149.MELLEROWICZ, H., I.-W. FRANZ: Training als Mittel der präventiven Medizin. Erlangen 1981.
- 150.MEUSEL, H.: Sport für Ältere: Bewegung - Sportarten - Training: Handbuch für Ärzte, Therapeuten, Sportlehrer und Sportler. Verlag Schattauer, Stuttgart, New York 1999.
- 151.MONTAG, H.J., P.D. ASMUSSEN: Taping-Seminar: Nürnberg 1993².
- 152.MORGAN, W.P., D.L. COSTILL: Selected psychological characteristics and health behaviors of aging marathon runners: alongitudinal study. *Int J Sports Med* 17 (4), (1996), 305-312.
- 153.NEUBERT, A.: Zur Diagnostik und Trainierbarkeit des reaktiven Bewegungsverhaltens. Sport und Buch Strauß, Köln 1999.
- 154.NEUMANN, G.: Metabole Regulation bei Langzeitausdauerleistungen. *Medizin und Sport* 13 (1983) 6, 169 - 175.
- 155.NEUMANN, G.: Sportmedizin. Grundlagen der Ausdauerentwicklung. *Medizin und Sport* (1984) 6, 169-175.
- 156.NOBLE, M.J., G.H. POLLACK: Molecular mechanism of contraction. *Circulation Research* 40, (1977), 333-342.
- 157.PFAFFENBERGER, R.S., R.T. HYDE, A.L. WING: Physical activity and physical fitness as determinants of health and longevity. In: BOUCHARD, C., R.J. SKIPARD, T. STEPHENS, J.R. SUTTON, B.D. PHERSON (Eds.): Exercise, fitness and health. Human Kinetic, Champaign 1990, 33-48.
- 158.PERRY, A.C., L.S. CRANE., B. APPELEGATE, S. MARQUEZ STERLING, J.F. SIGNORILE, P.C. MILLER: Nutrient intake and psychological and physiological assessment in eumenorrhic and amenorrhic female athletes: a preliminary study, *Int. J. Sport Nutr.* (1996), 6, 3-13.
- 159.PETERSON, L., P. RENSTRÖM: Verletzungen im Sport. Köln 1987².
- 160.PSCHYREMBEL, W.: Klinisches Wörterbuch. Berlin, New York; de Gruyter Verlag 1994²⁵⁷.
- 161.RADCLIFFE, J.C., R.C. FARENTINOS: Sprungkrafttraining - Übungen für alle Sportarten. Meyer& Meyer Verlag, Aachen 1997³.
- 162.RASPE, H.H.: Epidemiologische und sozialmedizinische Aspekte von Rückenschmerzen. Vortrag anlässlich des Symposiums 'Rückenschmerzen bei Erkrankungen der Wirbelsäule als interdisziplinäre Aufgabe'. Köln 1991.
- 163.RASPE, H.H., T. KOHLMANN: Rückenschmerzen - eine Epidemie unserer Tage? In: Deutsches Ärzteblatt 90/44, (1993). I
- 164.REICHEL, H.-S.: Gezielte Gymnastik: Bessere Leistungen in allen Sportarten. 1987².
- 165.REINDELL, H. et al : Herz-, Kreislauferkrankungen und Sport. München 1960.
- 166.REINKEMEIER, H.: Vom Training des Schützen - Gesamtausgabe. Herausgegeben vom Westfälischen Schützenbund 1861 e.V. Münster 1994.
- 167.REIß, M., U. PFEIFFER (Hrsg.): Leistungsreserven im Ausdauertraining. Sportverlag Berlin 1991.
- 168.ROST, R.: Das Sportharz. In: HOLLMANN, W. (Hrsg.): Zentrale Themen der Sportmedizin. Berlin 1986.
- 169.ROST, R.: Sport und Gesundheit. Berlin, Heidelberg, New York 1994.
- 170.ROTH, W. et al.: Untersuchungen zur Dynamik der Energiebereitstellung während maximaler Mittelzeitausdauerbelastungen. *Medizin und Sport* 13 (1983) 4, 107-114.
- 171.SATORI, J., P. TSCHIENE: Die Fortentwicklung der Theorie des Trainings. Neue Elemente und Tendenzen. *Leistungssport* 17 (1987) 2, 7-16.
- 172.SCHIFFER, J. (Hrsg.): Schnelligkeit - trainingsmethodische, biomechanische, leistungsphysiologische und leistungsdiagnostische Aspekte. Eine kommentierte Bibliographie. Köln 1993.
- 173.SCHIFFER, H.: Physiologische, psychologische und trainingsmethodische Aspekte des Auf- und Abwärmens. Köln 1997².

- 174.SCHMIDT, R.F., S.G. THEWS (Hrsg.): Physiologie des Menschen. Berlin, Heidelberg, New York 1990²⁴.
- 175.SCHMIDT, R.F., S.G. THEWS (Hrsg.): Physiologie des Menschen. 26. Auflage, Springer Verlag, Berlin-Heidelberg-New York, 1995.
- 176.SCHMIDTBLEICHER, D.: Strukturanalyse der motorischen Eigenschaft Kraft. Lehre der Leichtathletik 35 (1984) 50, 1785 - 1792.
- 177.SCHMIDTBLEICHER, D., A. GOLLHOFER: Einflußgrößen des reaktiven Bewegungsverhaltens und deren Bedeutung für die Sportpraxis. In: BÜHRLE, M. (HRSG.): Grundlagen des Maximal- und Schnellkrafttrainings. Bd. 56, Karl-Hoffmann Verlag, Schorndorf (1985), 271-281.
- 178.SCHMIDTBLEICHER, D.: Motorische Beanspruchungsform Kraft: Struktur und Einflußgrößen, Trainingsmethoden, Diagnose und Trainingssteuerung. Dt. Zschr. für Sportmedizin 38 (1987), 377ff.
- 179.SCHNABEL, G., D. HARRE, A. BORDE: Trainingswissenschaft. Leistung - Training - Wettkampf. Sportverlag Berlin 1994.
- 180.SCHRÖDER, W.: Die Berücksichtigung des biomechanischen Prinzips der Anfangskraft im Schnellkrafttraining. Theorie und Praxis der KK 1 (1970) 31-40.
- 181.SENN, E.: Elektrotherapie. Stuttgart, New York 1990.
- 182.SILBERNAGEL, S., A. DESPOPOULOS: Taschenatlas der Physiologie. 4. überarb. Aufl., Stuttgart-New York: Georg Thieme Verlag, 1991⁴.
- 183.SNOOK, T.J., D. CUMMIN, P. R. GOOD, J. GRAYZAR: Mineral and energy status of groups of male and female athletes participating in events believed to result in adverse nutritional status, in: Sports Nutrition Minerals and Electrolytes, Kies C.V., Driskell J.A. (Eds.), CRC, Boca Raton, 1995, 293-303.
- 184.STEGEMANN, J.: Leistungsphysiologie. Stuttgart, New York 1984³.
- 185.STEGEMANN, J.: Leistungsphysiologie. Stuttgart, New York 1991⁴.
- 186.STEINBACH, M.: Sport und Gesundheitserziehung im 5. und 6. Lebensjahrzehnt als Vorbereitung auf das Alter. In: Bundesvereinigung für Gesundheitserziehung (Hrsg.): Älter werden - aktiv bleiben. Bonn 1982, 17-23.
- 187.STEININGER, K., J. BUCHBAUER: Funktionelles Kraftaufbautraining in der Rehabilitation. Oberhaching 1994.
- 188.STERNAD, D.: Richtig stretching. München 1987.
- 189.SUNDGOT-BORGEN, J.: Eating disorders, energy intake, training volume and menstrual function in high level modern rhythmic gymnasts, Int. J. Sport Nutr. (1996), 6, 100-109.
- 190.THEWS, G., E. MUTSCHLER, P. VAUPEL: Anatomie, Physiologie, Pathophysiologie des Menschen. 4. durchgesehene Auflage, Stuttgart: Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH 1991.
- 191.VOIGT, E.: Übertraining: Entstehungsmechanismen sowie diagnostische und prophylaktische Möglichkeiten. Leipzig 1990.
- 192.URHAUSEN, A.: Das Übertrainingssyndrom. Ein multifaktorieller Ansatz im Rahmen einer prospektiven Längsschnittuntersuchung bei ausdauertrainierten Sportlern. Habilitationsschrift zur Erlangung der Venia Legendi der medizinischen Fakultät der Universität des Saarlandes. Saarbrücken 1993.
- 193.UUSITALO, A.L.T., A.J. UUSITALO, H.K. RUSKO: Heart Rate and Blood Pressure Variability During Heavy Training and Overtraining in the Female Athlete. Int J Sports Med 21, (2000), 45-53.
- 194.VOSS, D.E., M.K. IONTA, B.J. MYERS: Propriozeptive Neuromuskuläre Fazilitation. Stuttgart, New York 1988⁴.
- 195.WARRICK, H.M., J.A. SPUDICH: Myosin structure and function in cell motility. J. A. Ann. Rev. Cell Biol., 3, (1987), 379-421.
- 196.WESTPHAL, G., A. WIENERS: Sportmotorische Grundausbildung - Eine Längsschnittstudie. In: STARISCHKA, ST., K. CARL, J. KRUG (Hrsg.): „Schwerpunktthema Nachwuchstraining“. Beiträge des 3. Symposiums der Sektion Trainingswissenschaft der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft vom 4.- bis 6.10.1995 in Dortmund. Erlensee 1996, 92-96.
- 197.WEGNER, U.: Sportverletzungen. 1993.
- 198.WEICKER, H., G. STROBEL: Sportmedizin. Biochemisch- physiologische Grundlagen und ihre sportspezifische Bedeutung. Stuttgart, Jena, New York 1994.
- 199.WEINECK, J.: Optimales Training. Leistungsphysiologische Trainingslehre. Perimed Verlag, Erlangen, 1983.

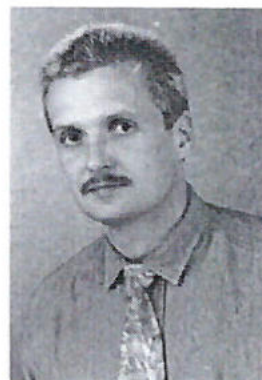
- 200.WEINECK, J.: Sportbiologie, Beiträge zur Sportmedizin, Band 27, 3. Auflage, Erlangen: Perimed-Fachbuch-Verl.-Ges., 1990.
- 201.WEINECK, J.: Optimales Training. Leistungsphysiologische Trainingslehre unter besonderer Berücksichtigung des Kinder- und Jugendtrainings. Balingen 1996⁹.
- 202.WEINECK, J.: Sportanatomie. Balingen 1997¹².
- 203.WERCHOSHANSKIJ, J.V., W. TATJAN: Komponenten und funktionelle Struktur der Explosivität des Menschen. Leistungssport 5 (1975) 25.
- 204.WINTER, R.: Zum Problem der sensiblen und kritischen Phasen in der Kindheit und in der Jugend. Medizin und Sport 20 (1980) 102-104.
- 205.WINTER, R.: Zum Problem der sensiblen Phasen im Kindes- und Jugendalter. Körpererziehung 34, 8 und 9, (1984), 342-358.
- 206.ZATSIORSKY, V. M.: Krafttraining - Praxis und Wissenschaft. Aachen 1996.
- 207.ZINTL, F.: Ausdauertraining. Grundlagen, Methoden, Trainingssteuerung. München 1988.
- 208.ZINTL, F.: Ausdauertraining. Grundlagen, Methoden, Trainingssteuerung. München 1994³.

10. Liste der Literaturempfehlungen zum Eigenstudium

- BÖS, K., W. BREHM (Hrsg.): *Gesundheitssport - Ein Handbuch*. Verlag Hofmann Schorndorf 1998.
- DICKHUTH, H.-H.: *Einführung in die Sport- und Leistungsmedizin*. Verlag Karl Hoffmann, Schorndorf 2000.
- EHLEZ/GROSSER/ZIMMERMANN: *Krafttraining. Grundlagen, Methoden, Übungen, Trainingsprogramme*. BLV-Sportwissen 2003⁷.
- EVJENTH, O., J. HAMBERG: *Autostretching - Selber Dehnen. Ein vollständiges Handbuch über das Dehnen der Muskeln*. Alfa Rehab Förlag, Schweden 1990.
- GROSSER, M.: *Schnelligkeitstraining. Grundlagen, Leistungssteuerung, Programme*. BLV-Sportwissen 1991.
- GROSSER, M., St. STARISCHKA: *Das Neue Konditionstraining für alle Sportarten, für Kinder, Jugendliche und Aktive*. München, Wien, Zürich 1998⁷.
- HOHMANN, A., M. LAMES, M. LETZELTER: *Einführung in die Trainingswissenschaft*. Limpert Verlag, Wiebelsheim 2002.
- KNEBEL, K.P.: *Funktionsgymnastik - Training, Technik, Taktik*. rororo Sachbuch, 1985.
- MARTIN, D., K. CARL, K. LEHNERTZ: *Handbuch Trainingslehre*. Verlag Hofmann, Schorndorf 1991.
- MAEHL, O., O. HÖHNKE: *Aufwärmen - Anleitungen und Programme für die Sportpraxis*; Abrensburg 1988.
- MEUSEL, H.: *Sport für Ältere: Bewegung - Sportarten - Training: Handbuch für Ärzte, Therapeuten, Sportlehrer und Sportler*. Verlag Schattauer, Stuttgart, New York 1999.
- SCHNABEL, G., D. HARRE, A. BORDE: *Trainingswissenschaft. Leistung - Training - Wettkampf*. Sportverlag Berlin 1994.
- STERNAD, D.: *Richtig stretching*. München 1987.
- VOIGT, E.: *Übertraining: Entstehungsmechanismen sowie diagnostische und prophylaktische Möglichkeiten*; Leipzig 1990.
- WEINECK, J.: *Optimales Training. Leistungsphysiologische Trainingslehre unter besonderer Berücksichtigung des Kinder- und Jugendtrainings*. Balingen 1996⁹.
- ZATSIORSKY, V. M.: *Krafttraining - Praxis und Wissenschaft*. Aachen 1996.
- ZINTL, F.: *Ausdauertraining. Grundlagen, Methoden, Trainingssteuerung*. BLV-Sportwissen 1994³.

11. Zum Autor

Dr. phil. VOLKER HÖLTKE
geb. am 21.02.1957 in Hagen



1975 Abitur am Fichte Gymnasium Hagen

1975-1976 Wehrdienst in Iserlohn

1976 - 1983 Studium für Sport, Geschichte und Pädagogik
an der Ruhr-Universität-Bochum.

1984 Staatsexamen für das Lehramt an Gymnasien Sekundarstufe II und I an der
Ruhr-Universität Bochum.

1987 2. Staatsexamen für das Lehramt an Gymnasien Sekundarstufe II und I in Wuppertal.

1987-1991 Sportlehrer im Sportamt der Stadt Dortmund

sowie wissenschaftlicher Mitarbeiter am Olympiastützpunkt Ruhr-Ost (Dortmund)

1992 Promotion zum Dr. phil. an der Universität Dortmund.

Thema der Promotion: Zur Effektivität von dynamischem Maximalkrafttraining und dynamischem Kraftausdauertraining bei Leistungsschwimmern der nationalen Spitzenklasse - Ein Trainingsexperiment im Hochleistungssport -.

Seit 1993 als Trainingswissenschaftler am Krankenhaus für Sportverletzte Hellersen.

Seit 1995 Bereichsleiter Trainingswissenschaft in der Abteilung für Sportmedizin.

Seit 1996 Wissenschaftlicher Leiter der Abteilung für Sportmedizin.

Seit 2001 Lehrauftrag am Lehrstuhl für Sport- und Bewegungswissenschaften der Universität Dortmund

Sportlicher Werdegang:

Von 1970 bis 1981 Hochleistungssport Schwimmen.

1979 und 1980 Deutscher Meister im Schwimmen.

1979 - 1983 insgesamt 8-mal Deutscher Studentenmeister.

Seit 2001 wieder aktiv im Masterssport Schwimmen

2002 und 2003 Dt. Meister AK 45 über 100 m Schmetterling

2003 Vizeeuropameister AK 45 über 200 m Schmetterling

Seit 1981 Trainer im Leistungsschwimmen.

Seit 1985 Cheftrainer am Olympiastützpunkt Schwimmen in Dortmund.

Seit 1988 Honorar-Bundestrainer im Deutschen Schwimmverband.

1991 bis 2001 zuständig für den Bereich der Jugend- und Junioren-Nationalmannschaften.

ANSCHRIFT DES AUTORS

Dr. phil. Volker Höltke, Trainingswissenschaftler in der Abteilung Sportmedizin
Krankenhaus für Sportverletzte Lüdenscheld-Hellersen, Paulmannshöher Str. 17
58515 Lüdenscheld, Tel. 02351/945-2257, e-mail: hoeltke@hellersen.de