

**Zeitschrift:** Jugend und Sport : Fachzeitschrift für Leibesübungen der Eidgenössischen Turn- und Sportschule Magglingen  
**Herausgeber:** Eidgenössische Turn- und Sportschule Magglingen  
**Band:** 36 (1979)  
**Heft:** 5

**Artikel:** Ausdauertraining  
**Autor:** Weiss, Ursula  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-994568>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 16.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**



## Ausdauertraining

Ursula Weiss  
Abdruck aus der Trainer-Information 9  
Gesamtredaktion G. Schilling

### Einleitung

Fällt das Wort «*Ausdauer*», so sehen wir unwillkürlich den ans Ziel wankenden Marathonläufer vor uns, den Radrennfahrer beim Verpflegen oder den einsamen Kanalschwimmer. Aber auch der 100-m-Freistilschwimmer, der als letzter ans Ziel kommt, hat eben «zu wenig Ausdauer», obwohl er kaum 60 Sekunden unterwegs gewesen ist.

In der sportmedizinischen und sportpädagogischen Literatur wird heute der *Ausdauerbegriff* recht weit gefasst, wie dies die folgenden Definitionen zeigen.

- «Ausdauer bezeichnet die Fähigkeit des Organismus, bei andauernder, relativ intensiver Belastung fortlaufende Energie zur Realisierung von Bewegungsleistungen freizusetzen. Auch Ermüdungswiderstandsfähigkeit genannt.» (Röthig)
- «Im Sport versteht man unter Ausdauer die Widerstandsfähigkeit des Organismus gegen Ermüdung bei lang dauernden sportlichen Übungen. Sie gewährleistet, eine Belastung mit relativ hoher Intensität über längere Zeit aufrecht zu erhalten. Sie fördert auch das Tempo der Wiederherstellung bei wiederholten Einsätzen.» (Harre)

Bei den folgenden Autoren ist, im Gegensatz zu Röthig und Harre, auch die Intensität nicht mehr wesentlich, sondern allein die Dauer der Belastung.

- «Als Ausdauer bezeichnen wir die Fähigkeit, irgend eine Tätigkeit ohne eine geringere Effektivität längere Zeit auszuüben. Man kann die Ausdauer auch als Fähigkeit bezeichnen, der Ermüdung zu widerstehen.»
- «Ausdauer ermöglicht die ‚Verlängerung der Zeit, in der der Mensch seine Leistungsfähigkeit aufrechterhalten kann‘; Ausdauer entspricht ‚der erhöhten Widerstandsfähigkeit gegen Ermüdung bei einer Arbeit oder Einwirkung von ungünstigen Bedingungen des äusseren Milieus‘.» (Simkin, zitiert bei Nabatnikowa)
- «Ausdauer ist charakterisiert durch die Fähigkeit, eine gegebene Leistung über einen möglichst langen Zeitraum durchhalten zu können. Somit ist Ausdauer identisch mit Ermüdungswiderstandsfähigkeit.» (Hollmann)

Allen Definitionen gemeinsam ist die Erwähnung des Begriffes der *Ermüdung* beziehungsweise der Ermüdungswiderstandsfähigkeit. Wir werden in Kapitel 2 ausführlich auf diesen Aspekt eingehen.

Folgende Überlegungen mögen die Berechtigung, den Ausdauerbegriff sehr weit zu fassen,

belegen und seine klare Abgrenzung gegen andere Fähigkeiten verdeutlichen.

Jeder Sportler erbringt bei der Ausübung seiner Sportart, unabhängig von seinem absoluten Leistungsniveau, eine bestimmte *Leistung*, beziehungsweise er unterzieht sich einer bestimmten Belastung. Diese setzt sich aus drei Komponenten zusammen, entsprechend der Fähigkeit des Muskels, sich

mehr oder weniger kräftig  
mehr oder weniger schnell  
mehr oder weniger lang

kontrahieren zu können.

Vom Gesichtspunkt der *Belastung* aus ist es in der allgemeinen Trainingslehre üblich, den Kraftaufwand und die Bewegungsgeschwindigkeit unter dem Begriff der *Belastungsintensität* zusammenzufassen und dieser den Aspekt der Dauer der Belastung als *Belastungsumfang* entgegenzusetzen. Mit andern Worten: Braucht der Sportler zur Bewältigung der Belastungsintensität die Fähigkeiten *Kraft* und *Schnelligkeit*, so benötigt er zum Ertragen eines bestimmten Belastungsumfanges eben *Ausdauer* (siehe dazu Kapitel 1.1.).

Zusammenfassend möchten wir Ausdauer wie folgt umschreiben:

*Ausdauer ist die Fähigkeit, eine bestimmte Belastung ohne wesentliche Ermüdung, das heisst ohne Leistungseinbusse, zu ertragen.*

Ausgehend von der aufkommenden Ermüdung als der leistungsbegrenzenden Grösse kann Ausdauer auch folgendermassen umschrieben werden:

*Ausdauer ist die Fähigkeit, den aufkommenden objektiven Ermüdungserscheinungen und subjektiven Ermüdungsempfindungen möglichst lange ohne Leistungseinbusse zu widerstehen.*

Ausdauer ist in dieser wie in den oben zitierten Formulierungen ein sehr komplexer Begriff: Ausdauerbeanspruchungen können Sekunden bis Stunden dauern. Diese Fähigkeit setzt sich aus vielen Faktoren zusammen und wird durch sehr verschiedene Trainingsmethoden gefördert.

Bevor auf die Trainingsmethoden, deren Wirksamkeit und deren Stellenwert in der Trainingsplanung eingegangen werden kann, müssen die verschiedenen Aspekte dieses weiten Begriffes genauer umschrieben werden. Herrscht in der allgemeinen Formulierung des Ausdauerbegriffes weitgehende Übereinstimmung zwischen den verschiedenen Autoren, so finden sich bei der Unterteilung in Unterbegriffe, je nach Betrachtungsweise, grosse Unterschiede.

## Teil I

### 1. Die verschiedenen Aspekte der Ausdauer, ihre biologischen Grundlagen und ihre Beziehung zum Belastungsmass

#### 1.1. Die Energiebereitstellung im Muskel: anaerobe und aerobe Ausdauer

Die Muskelarbeit braucht, wie alle Lebensvorgänge, Energie. Die Energiegewinnung erfolgt durch Umwandlung chemischer Energie in andere Energieformen und zwar wie folgt:

Chemische Energie:  
energiereiche chemische Verbindungen im Muskel, Kohlenhydrate und Fette der Nahrung

mechanische Energie, messbar als Leistung  
in mkg/sec ~ 30 %

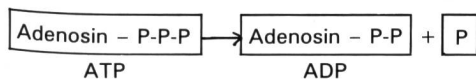
thermische Energie, messbar als Wärme ~ 70 %

elektrische Energie, kleinste Mengen, messbar als elektrische Ströme. Aufzeichnung im Elektromyogramm beziehungsweise Elektrokardiogramm

Der Muskel hat die Fähigkeit, sich sofort und unabhängig von der Sauerstoff- und Nahrungszufuhr zu kontrahieren und damit Arbeit zu leisten:

*anaerobe, sauerstoffunabhängige Energiebereitstellung*

Direkter Energiespender für die Muskelarbeit ist eine phosphathaltige chemische Verbindung, das *Adenosintriphosphat* (ATP). Durch Abspaltung eines Phosphatteilchens wird Energie frei für die Muskelkontraktion. Übrig bleibt das energieärmere Adenosindiphosphat (ADP).



Der Vorrat an ATP in der Muskelfaser reicht für 2 bis 3 Sekunden Muskelarbeit aus.

Alle folgenden Schritte zur Energiegewinnung dienen allein dem Wiederaufbau von ATP aus ADP, da ohne ATP-Zerfall keine Kontraktion stattfinden kann.

In jeder Muskelfaser findet sich auch ein Vorrat einer weiteren phosphatreichen Verbindung, das *Kreatinphosphat*, welches ein Phosphatteilchen abspalten und zur Regeneration von ATP an ADP abgeben kann.

Der Vorrat an *Kreatinphosphat* in der Muskelfaser reicht für zirka 30 Sekunden Muskelarbeit aus.

Als weiterer Energieträger enthält jede Muskelfaser eine gewisse Menge *Stärke* (Glykogen = tierische Stärke), der Depotform der Kohlenhydrate, welche – wieder in *Zucker* gespalten – über mehrere Zwischenstufen und ebenfalls ohne Verwendung von Sauerstoff bis zu Brenztraubensäure abgebaut wird. Die freiwerdende Energie wird, ebenfalls in Form von Phosphatteilchen, zur Wiederherstellung von ATP und Kreatinphosphat gebraucht.

60 Sekunden erreicht. Kann die Brenztraubensäure nicht in genügendem Umfang weiter abgebaut werden, so entsteht Milchsäure. Ein Teil davon wird im Muskel selber wieder zu Stärke aufgebaut, ein Teil gelangt mit dem Blut zu verschiedenen Organen und wird dort weiterverarbeitet (Herzmuskel, Leber, Nieren, ruhende Muskulatur).

Nach ungefähr 2 Minuten intensiver Belastung ist die Übersäuerung im Muskel beziehungsweise im Blut so hoch, dass die Arbeit wegen Kraftlosigkeit, Muskelschmerz beziehungsweise Atemnot stark reduziert oder sogar abgebrochen werden muss. Die Wasserstoffionenkonzentration oder der sogenannte pH-Wert erreicht als Ausdruck der maximalen Übersäuerung einen Wert von 7,25 und weniger (in Ruhe: um 7,40). Die Milchsäurekonzentration im Blut steigt auf Werte von 20 mMol/l und mehr (Ruhe: 1 mMol/l). Die Grenze der anaeroben Ausdauer, des sogenannten Stehvermögens ist erreicht.

Da beim Abbau von ATP und Kreatinphosphat keine Milchsäure entsteht, wird dieser erste Teil der anaeroben Energiegewinnung als *alaktazide anaerobe Phase* bezeichnet. Im Gegensatz dazu ist die nachfolgende glykolytische Energiegewinnung mit starker Säurebildung verbunden. Dieser zweite Teil wird deshalb *laktazide anaerobe Phase* genannt.

Das Maximum der Energiegewinnung durch diese erste anaerobe Phase des Zuckerabbaus, die sogenannte *Glykolyse*, ist nach etwa 50 bis

#### Anaerobe Ausdauer oder Stehvermögen

Fähigkeit des Organismus, besonders der Muskulatur, die zur Muskelarbeit notwendige Energie vorwiegend *ohne* Verwendung von Sauerstoff bereitzustellen (anaerobe Kapazität), und die daraus resultierenden Konsequenzen wie Muskel- und Blutübersäuerung, Kraftlosigkeit, Muskelschmerz, Atemnot, Pulsanstieg, möglichst lange und ohne Leistungseinbusse zu ertragen.

Diese Fähigkeit ist abhängig von folgenden Grössen:

- Energievorräte der Muskelfaser (ATP, Kreatinphosphat und Stärke)
- Säurebindungsvermögen des Muskelgewebes
- Muskeldurchblutung (Säureabtransport)
- Säurebindungsvermögen des Blutes
- Kohlensäureausscheidung durch verstärkte Atmung
- zentralnervös-psychische Faktoren zum Ertragen der unangenehmen Empfindungen wie Schwäche, Schmerz, Atemnot

lokale, anaerobe Ausdauer, lokales Stehvermögen

allgemeine anaerobe Ausdauer, allgemeines Stehvermögen

Beispiele:

- Beinarbeit beim 400-m-Lauf oder in tiefer Hocke bei Skiabfahrt
- Kurzstreckenläufe, viele Stafettenformen und Fangspiele

Die *aerobe oder oxydative Energiebereitstellung* deckt nach 2 bis 3 Minuten etwa 50 Prozent des Energiebedarfs und erreicht bei weiterer Reduktion der Belastungsintensität auf zirka 30 Prozent des maximal möglichen Arbeitsumsatzes, gemessen in Kilokalorien, nach ungefähr 10 Minuten ihren Höchstwert.

Stellt sich zwischen Belastungsumsatz und oxydativer Energiebereitstellung ein Gleichgewicht ein, so befindet sich der Organismus im sogenannten *steady state*. Dieser Zustand kann nicht beliebig lange aufrechterhalten werden, da je nach Trainingszustand die Sauerstoffaufnahme mit der Dauer der Belastung mehr oder weniger rasch abnimmt (Abb. 2).

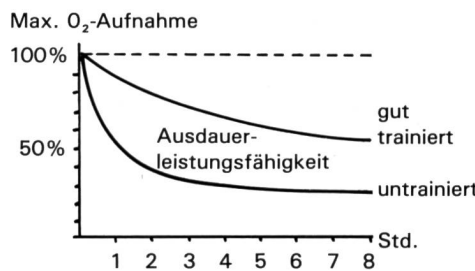


Abb. 2: Die Sauerstoffaufnahme während Ausdauerbelastungen (nach Åstrand).

Ausserdem ist das Durchhalten längerdauernder Belastungen davon abhängig, wie lange die Stärke- und Fettvorräte in der Muskelfaser aus-

Sind die Belastungen weniger hoch, und ist eine erste Anpassungsphase überwunden, so wird die *Brenztraubensäure* unter Verwendung von Sauerstoff vollständig bis zu Kohlensäure und Wasser verbrannt (Verbrennungsvorgang = Oxydation). Auch der *Fettabbau* trifft im aeroben Bereich mit den Zuckerabbau zusammen, indem die freien Fettsäuren ebenfalls zu Kohlensäure und Wasser verbrannt werden.

Die Fähigkeit des Organismus, unter Verwendung von Sauerstoff Zucker und Fette zu verbrennen, heisst *aerobe Ausdauer oder Dauerleistungsfähigkeit*.

#### Aerobe Ausdauer oder Dauerleistungsfähigkeit

Fähigkeit des Organismus, besonders der Muskulatur, die zur Muskelarbeit notwendige Energie unter Verwendung von Sauerstoff bereitzustellen (= aerobe Kapazität) und im Gleichgewicht (*steady state*) über längere Zeit aufrechtzuerhalten.

Diese Fähigkeit ist abhängig von folgenden Grössen:

- Fähigkeit der Muskelfaser, den angebotenen Sauerstoff aufzunehmen und umzusetzen
- Muskeldurchblutung
- Gehalt des Muskels und Kapillarblutes an Sauerstoff, Zucker und freien Fettsäuren
- Leistungsfähigkeit von Lunge, Herz und Kreislauf
- Vorräte an Kohlenhydraten (Muskel, Leber) beziehungsweise Fetten (Muskel, Fettgewebe)

lokale aerobe Ausdauer, lokales Dauerleistungsvermögen

allgemeine aerobe Ausdauer, allgemeines Dauerleistungsvermögen

Beispiele:

- Beinarbeit bei längerdauerndem Seilspringen, Rumpfhaltarbeit beim Stehen und Sitzen
- Alle Belastungen von 5 und mehr Minuten Dauer in Form von Laufen, Schwimmen, Radfahren und ähnlichem

Zu Beginn einer Belastung steigt die Sauerstoffaufnahme allmählich an und nimmt nach Abbruch der Belastung langsam wieder ab (Abb. 1).

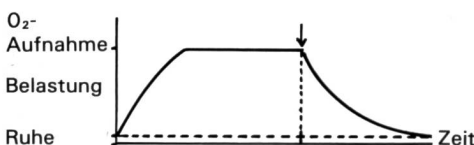


Abb. 1: Der Verlauf der Sauerstoffaufnahme in Ruhe und bei Belastung.

Je besser die aerobe Ausdauer eines Athleten ist, um so höher liegt sein *maximales Sauerstoffaufnahmevermögen* in bezug auf sein Körpergewicht.

	Männer ml/kg · min	Frauen ml/kg · min
untrainiert	40–50	30–40
ausdauertrainiert	70–90	60–70

reichen beziehungsweise wie lange genügend Zucker und Fette aus der Leber oder den Fettdepots entnommen oder aus der Nahrung zugeführt werden können.

Der Energiebedarf der ersten Phase einer Belastung wird durch die oben beschriebenen anaeroben Stoffwechselvorgänge weitgehend gedeckt. Dabei wird aber ein sogenanntes Sauerstoffdefizit eingegangen, da für die Wiederaufbereitung der energiereichen Phosphate (ATP und KP) Sauerstoff gebraucht wird. Die Sauerstoffmenge, welche nach Arbeitsende über den Ruhewert hinaus aufgenommen wird, wurde seit langem als *Sauerstoffschuld* bezeichnet, in der Annahme, dass dieser Sauerstoff zur Tilgung des anfänglich eingegangenen Sauerstoffdefizits gebraucht würde (A. V. Hill, 1952, zitiert bei Hollmann). Dies ist nach heutigen Kenntnissen nur bedingt der Fall, da Defizit und Schuld nur bei einer mindestens 5 Minuten dauernden, relativ niedrigen Belastung genau übereinstimmen.

Nach Hollmann ist die Sauerstoffmehraufnahme nach Arbeitsende auf mehrere Faktoren zurückzuführen:

- eine noch erhöhte Tätigkeit des Herzmuskels und der Atmungsmuskulatur mit einem entsprechend vergrösserten Sauerstoffbedarf,
- ein noch erhöhter Sauerstoffbedarf des Körpergewebes infolge einer erhöhten Körpertemperatur,
- Wiederauffüllung von Sauerstoffspeichern (Hämoglobin und Myoglobin),
- Sauerstoffmehrabbedarf zum Wiederaufbau der energiereichen Phosphate.

Nur der letzte Punkt ist mit Sauerstoffschuld identisch. Bei längerdauernden Belastungen im submaximalen Bereich wird ein Teil der anfänglich gebildeten Milchsäure bereits vor Arbeitsende wieder abgebaut. Der Milchsäurespiegel im Blut nimmt deshalb im Verlauf einer solchen Belastung sogar wieder ab. Der Sauerstoffverbrauch nach Arbeitsende ist nicht entsprechend erhöht.

Die Grenze des Dauerleistungsvermögens, das heisst des maximalen *steady state*, wird im Sport häufig überschritten, indem durch eine Temposteigerung im Zwischen- und Endspurt oder durch eine Belastungserhöhung beim Laufen in hügeligem und unwegsamem Gelände die Belastungsintensität ansteigt und der Organismus die Fähigkeit, anaerobe Energie bereitzustellen, vermehrt zu Hilfe nehmen muss. Die Grenze liegt bei einer Milchsäurekonzentration im Blut von zirka 4 mMol/l. Wird sie überschritten, so machen sich sehr bald unangenehme Anzeichen der Stehvermögensbelastung bemerkbar und zwingen zur Reduktion des Lauf tempos (Belastungsintensität).

Bei gutem Dauerleistungsvermögen wird diese Säuregrenze erst bei höheren Belastungen erreicht. Ausserdem erholt sich der Dauerleistungstrainierte viel rascher von grossen Stehvermögensbelastungen und erträgt damit einen grossen, relativ intensiven Gesamtumfang an Training und Wettkampf.

Der zeitliche Verlauf der anaeroben und aeroben Energiebereitstellung wird in der folgenden Darstellung deutlich (Abb. 3 nächste Seite).

Die zeitliche Abfolge der verschiedenen Formen der Energiebereitstellung bildet die Basis für eine Unterteilung der Ausdauer in verschiedene Abschnitte (siehe dazu auch Kapitel 3.4.).

- Unbestritten ist die Unterteilung in *anaerobe und aerobe Ausdauer*.
- Die Unterteilung in *Kurz-, Mittel- und Langzeitausdauer* sollte konsequenterweise den zeitlichen Bereichen der verschiedenen Formen der Energiebereitstellung entsprechen.

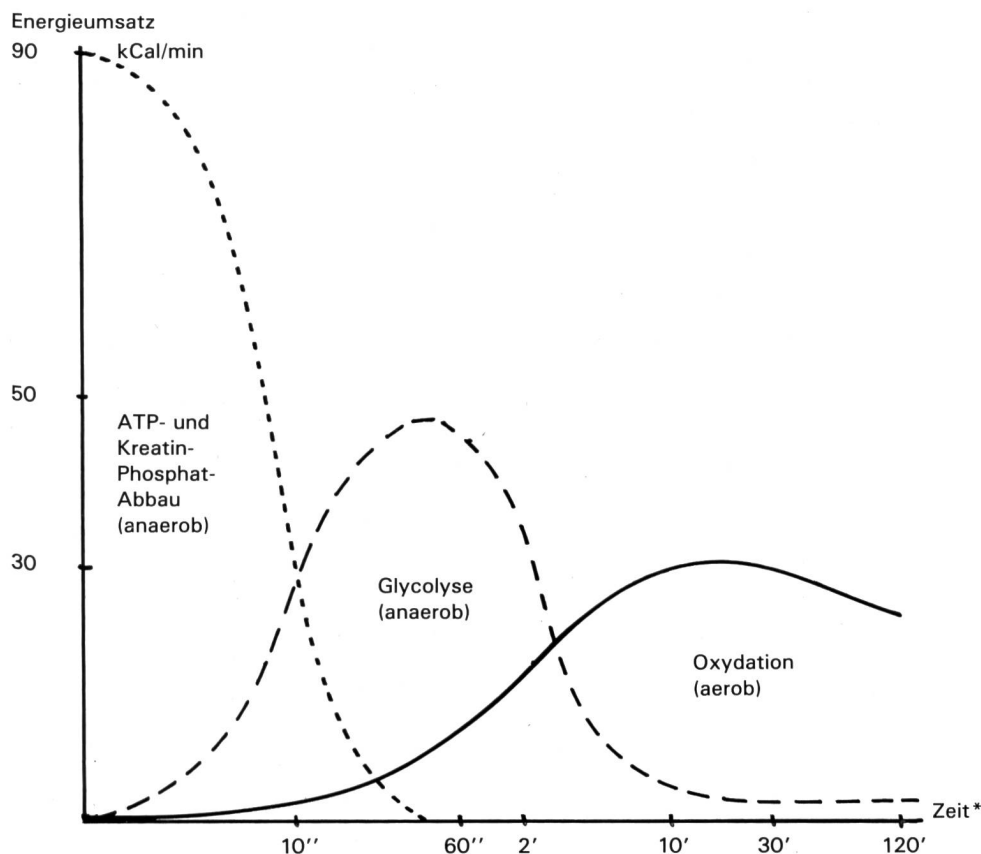


Abb. 3: Der zeitliche Verlauf der anaeroben und aeroben Energiebereitstellung. Reduktion des Energieumsatzes und damit der Belastungsintensität (Kraftaufwand, Tempo) in Abhängigkeit von der Dauer der Belastung.

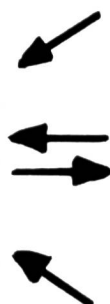
\* logarithmisch aufgetragen

Ausdauer	Dauer	Energiebereitstellung
Kurzzeit	3-10-30-60 Sek.	vorwiegend alaktazid, anaerob
Mittelzeit	30-60-120 Sek.	vorwiegend laktazid, das heisst glykolytisch, anaerob
Langzeit	3-10-15 Min.	vorwiegend oxydativ, aerob

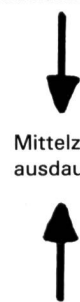
- Auch Hollmann unterteilt sowohl die anaerobe wie die aerobe Ausdauer je in einen *Kurz-, Mittel- und Langzeitbereich*. Diese Unterteilung hat in erster Linie biologische Bedeutung. Da sie in keinem Zusammenhang steht mit den Angaben über die verschiedenen Belastungszeiten im Intervalltraining, verzichten wir auf eine ausführliche Darstellung.

- Harre unterteilt den ganzen Ausdauerkomplex ebenfalls in drei Phasen und die Begriffe *Schnelligkeits- und Kraftausdauer* bei.

Langzeit-  
ausdauer



Kraftausdauer



Mittelzeit-  
ausdauer

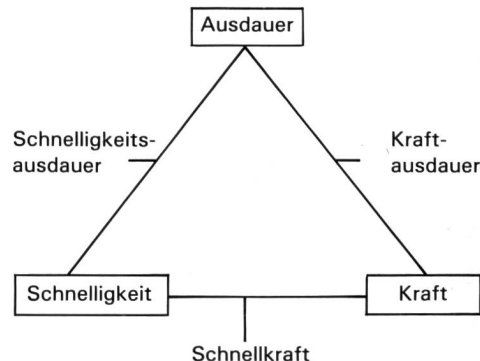
Schnelligkeitsausdauer



Kurzzeit-  
ausdauer

Die Zeitangaben für *Kurz-, Mittel- und Langzeitausdauer* stimmen weitgehend mit den Angaben für entsprechende Intervalltrainingsformen überein. Harre braucht die Begriffe *Schnelligkeits- und Kraftausdauer* vorwiegend für anaerobe Belastungen mit sehr hoher Intensität, im Gegensatz zu Hollmann, welcher diese auch für den aeroben Bereich verwendet.

- Die Beziehung zwischen den Hauptfaktoren *Kraft, Schnelligkeit* und *Ausdauer* ist sehr eng. Immer zwei davon lassen sich zu einem neuen, kombinierten Begriff verbinden. In unserem Unterricht hat sich die folgende Darstellung der drei Hauptfaktoren in Verbindung mit den drei kombinierten Faktoren bestens bewährt.



Die *Schnelligkeitsausdauer* ist bei Sportarten wichtig, bei welchen ein in Bezug auf die Gesamtzeit relativ hohes Bewegungstempo pro Zeiteinheit ausschlaggebend ist.

*Kraftausdauer* spielt bei den Sportarten eine Rolle, wo ein grosser Krafteinsatz pro Zeiteinheit zur Überwindung grosser Widerstände ausschlaggebend ist.

#### Beispiele: Schnelligkeitsausdauer

- zyklische Sportarten wie Laufen, Radfahren, Schwimmen → Ausdauer in bezug auf Aktionsschnelligkeit
- azyklische Sportarten wie Fechten, Tischtennis, Sportspiele → Ausdauer in bezug auf Aktions- und Reaktionsschnelligkeit

#### Beispiele: Kraftausdauer

- Schwimmen, Rudern, Kanu, Gewichtheben, Bergauflaufen → Ausdauer in bezug auf dynamischen Krafteinsatz
- Gewichte halten, in der Hocke bleiben bei Skiabfahrt, Halteteile im Geräteturnen → Ausdauer in bezug auf statischen Krafteinsatz

In der Praxis werden beide Begriffe am häufigsten im anaerob/aeroben Grenzbereich der Belastungsintensität verwendet, das heisst bei Belastungen mit hoher bis maximaler relativer Intensität.

**Schnellkraft** ist dann nötig, wenn durch möglichst grossen Krafteinsatz dem eigenen Körper, einem Partner oder einem Gerät eine möglichst hohe Beschleunigung erteilt werden soll (siehe dazu Trainerinformation 3 Krafttraining).

#### Beispiele:

- Sprünge und Würfe

#### Bedeutung für die Praxis:

- Die begriffliche Klarstellung aufgrund biologischer Erklärungen erlaubt eine recht genaue zeitliche Analyse bestimmter sportlicher Tätigkeiten und Trainingsformen in einer gemeinsamen Sprache.
- Auf dieser Basis lässt sich ein biologisch begründetes, zielgerichtetes Ausdauertraining aufbauen.
- Die Kenntnisse über die verschiedenen Arten und den zeitlichen Ablauf der Energiebereitstellung bilden auch die Grundlage für eine geeignete Trainings- und Wettkampfernährung.

### 1.2. Faserstruktur

Der Skelettmuskel ist aus sogenannten schnellen und langsamen Muskelfasern aufgebaut. Entsprechend ihrer mikroskopischen Struktur und ihrem biochemischen Potential eignen sich die *langsamen oder slow-twitch-Fasern* (Typ I) mehr für längerdauernde, ununterbrochene Belastungen, während die *schnellen oder fast-twitch-Fasern* (Typ II) vor allem an schnellen, kurzdauernden Kontraktionen beteiligt sind. An Sportlern verschiedener Sportarten konnte eine recht gute Übereinstimmung zwischen Fasertyp und maximaler Sauerstoffaufnahme festgestellt werden (Karlsson et al., Abb. 4).

Die Verteilung der Fasertypen ist weitgehend durch Vererbung festgelegt beziehungsweise von der Art der nervösen Steuerung abhängig. Ein Wechsel von schnellen in langsame Fasern und umgekehrt durch Training ist daher, wenigstens kurzfristig, nicht möglich.

Neuere Untersuchungen haben gezeigt, dass sich die fast-twitch-Gruppe auch beim Menschen aus einem *mehr oxydativ* und einem *mehr glykolytisch spezialisierten Fasertyp* zusammensetzt (fast-twitch oxydativ oder Typ II A und fast-twitch glykolytisch oder Typ II B). Es scheint auch möglich, dass diese Fasertypen, aber nur diese, durch ein spezialisiertes Training ineinander überführt werden können (Kaijser und Jansson).

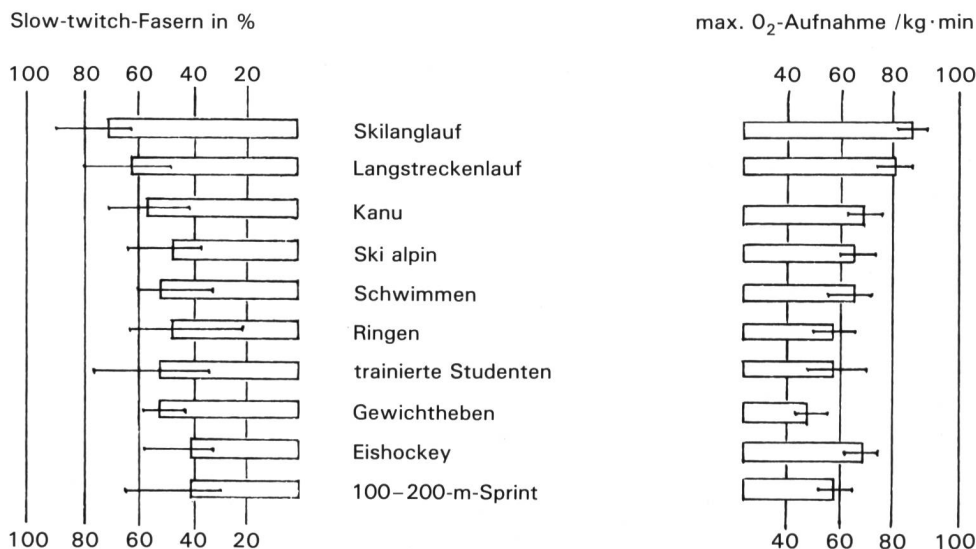
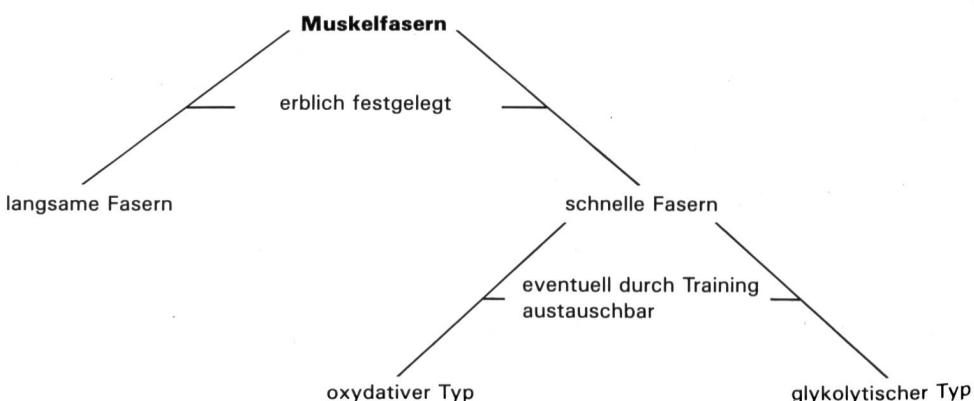


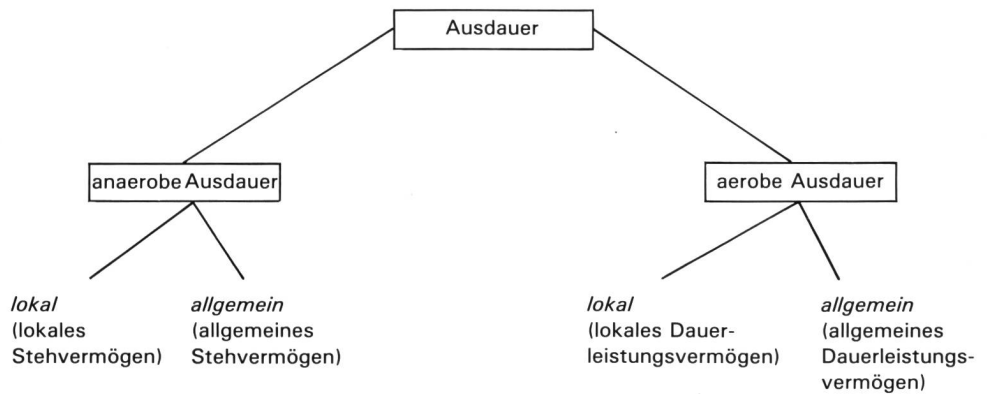
Abb. 4: Prozentualer Anteil der langsamen Fasern (slow-twitch fibers) in der Oberschenkelmuskulatur sowie maximale Sauerstoffaufnahme in ml/min. und kg Körpergewicht von Sportlern verschiedener Sportarten, Mittelwerte und Streubereiche (nach Karlsson).

Ein Vergleich der langsamen mit den schnellen Fasern ergibt etwa folgendes Bild:

	langsam (slow-twitch)	schnell (fast-twitch)
überwiegende Funktion	Ausdauer	Kraft/ Schnelligkeit
Kontraktionsgeschwindigkeit	langsam	schnell
Ermüdbarkeit	gering	gross
ATP-Umsatz-Geschwindigkeit	gering	gross
Glykogengehalt	zum Teil geringer	zum Teil grösser
Fettgehalt	hoch	gering
Mitochondrien	mehr	weniger
Gehalt an glykolytischen Enzymen	gering	hoch
Gehalt an oxydativen Enzymen	hoch	gering
Myoglobingehalt	höher	gering







Beispiele Tennis:

- lokales Dauerleistungsvermögen → korrekte Haltung des Schlägers
- allgemeines Stehvermögen → laufintensive Phasen des Spiels ertragen
- allgemeines Dauerleistungsvermögen → Durchhalten eines längeren Spiels

**Bedeutung für die Praxis:**

- Es gibt prädestinierte Sprinter- und Ausdauer-typen, da das Fasermuster quantitativ weitgehend erblich festgelegt und nicht auswechselbar ist.
- Beide Fasertypen können trotzdem in gewissen Grenzen durch Training in allen Funktionen verbessert werden.

### 1.3. Die Grösse der beteiligten Muskelmasse

Sind nur *wenige Muskeln* an einer Bewegung beteiligt, so werden im Zusammenhang mit der Energiebereitstellung in der einzelnen Muskelfaser Herz- und Kreislauf als Transportsystem für Nahrungsstoffe, Gase und Abbauprodukte nicht besonders belastet. Arbeitet aber *mehr als 1/6 der Gesamtmuskelmasse* (nach Hollmann mehr als 1/2 bis 1/3), so steigt der Bedarf an Sauerstoff und Kohlenhydraten des ganzen Organismus an, vor allem wird aber das Blut mit sauren Substanzen wie Milchsäure, Brenztraubensäure und Kohlensäure überschwemmt. Der Organismus reagiert mit Pulssteigerung, Atemnot und Schwitzen.

Je nach Grösse der beteiligten Muskelmasse wird deshalb der Begriff Ausdauer in *lokale und allgemeine Ausdauer* unterteilt, je für den anaeroben und aeroben Bereich.

Eine sportliche Aktivität kann sich aus mehreren dieser Faktoren zusammensetzen und zum Teil durch den einen, zum Teil durch den andern begrenzt werden (Beispiel Tennis).

**Bedeutung für die Praxis:**

- Eine genaue Analyse der lokalen Belastung und der allgemeinen Auswirkung lässt erkennen, wodurch gegebenenfalls eine bestimmte Leistung begrenzt wird. Diese Analyse bildet die Voraussetzung für ein gezieltes Training zur Verbesserung des schwächsten Punktes.
- Durch die Übungswahl wird die Grösse der beteiligten Muskelmasse bestimmt und damit die Stärke der Auswirkungen auf den Gesamtorganismus.

### 1.4. Ausdauer und Herz-Kreislaufsystem

Hochleistungssportler haben gegenüber der Normalbevölkerung ein viel leistungsfähigeres Herz-Kreislaufsystem. Welche Beziehung besteht zwischen der Dauer der Belastung und einer Leistungsverbesserung des Herz-Kreislaufsystems?

Zur Beantwortung dieser Fragen folgen wir weitgehend den Ausführungen Hollmanns im Lehrbuch für Sportmedizin.

Der Übergang vom untrainierten zum hochausdauertrainierten Zustand geht grundsätzlich in zwei Anpassungsstufen vor sich:

a) Die erste Stufe betrifft in erster Linie das vegetative Nervensystem, die Leistungsfähigkeit des Herz-Kreislaufsystems und den Muskelstoffwechsel im Sinne einer Ökonomisierung und damit Schonung des Herzens.

- Verringerung der Pulsfrequenz, eventuell des systolischen Blutdrucks in Ruhe
  - Verringerung des systolischen Blutdrucks unter Belastung
  - Verlängerung der Systolenzeit
  - Verlängerung der Diastolenzeit
  - Verbesserte Durchblutung der Herzkranzgefässe
  - Entwicklung neuer Kapillaren im Herzmuskel
  - verbesserte lokale aerobe Kapazität
  - periphere Muskeldurchblutung verbessert
- } Bessere Ökonomie der Herzarbeit bei geringerem Sauerstoffverbrauch des Herzmuskels
- } Verbesserung der Durchblutung des Herzmuskels
- } Bessere Ökonomie in Ruhe und geringere Belastung des Herzens bei höherer sportlicher Belastung

b) Erst die zweite Stufe zeigt eigentliche Anpassungsveränderungen am Herz-Kreislaufsystem selber. Sie ist nur durch ein ausgedehntes Leistungstraining erreichbar.

- Vergrösserung des Herzvolumens über 10 Prozent
  - Erhöhung des Schlagvolumens (Blutvolumen pro Herzschlag)
  - Vermehrung des Totalhämoglobins
  - Vergrösserung des Blutvolumens
- } verbesserte Leistungsfähigkeit des Herzens und des Kreislaufsystems bei grossen sportlichen Belastungen

Mittels Ultraschalluntersuchungen kann heute gezeigt werden, dass bei gleichem Herzvolumen je nach Sportart ein Unterschied im Verhältnis der Wanddicke zur Grösse der Herzhöhlen besteht (Howald). Reines Dauertraining, zum Beispiel bei Langstreckenläufern, hat vorwiegend eine Vergrösserung der Herzhöhlen zur Folge, während intensive Intervallbelastungen mit hohem Krafteinsatz zum Beispiel beim Rudern, meist zu einer Wandverdickung führen. Dazu kommt eventuell eine Vergrösserung der Leber durch vermehrte Glykogeneinlagerung wie auch eine Vergrösserung der Nebennieren als Hormonproduktionsort.

**Bedeutung für die Praxis:**

- Der gesundheitliche Wert eines Ausdauertrainings liegt vor allem im Bereich der Anpassungen der ersten Stufe. Ein solches Training empfiehlt sich daher für Nichtsportler wie auch für Sportler jeder Sportart, als Basis für den gesamten Trainingsaufbau.
- Durch ein hochintensives Intervalltraining ohne diese Basis läuft vor allem der Jugendli-

che Gefahr, in einen Überbelastungszustand zu kommen, dem er auf die Dauer nicht gewachsen ist. Er wird «verheizt».

- Es ist in der Praxis unbestritten, dass erst der Umfang und dann die Intensität gesteigert werden muss. Dies entspricht auch der Vorstellung, dass zuerst «Volumentraining» und erst später auf «Druckbelastung» des Herzens trainiert werden soll, da ein zu dicker Herzmuskel nicht mehr genügend gedehnt werden kann.

### 1.5. Haltungen und Bewegungen

Auch im Zusammenhang mit Ausdauer wird zwischen statischer und dynamischer Muskelarbeit unterschieden, zwischen Haltungen und Bewegungen. Dementsprechend schlägt Hollmann eine Unterteilung vor in

- anaerob dynamische und statische Ausdauer und
- aerob dynamische und statische Ausdauer, je für den lokalen und allgemeinen Bereich.

müsste bei gleichbleibender Intensität, wegen zunehmender Übersäuerung, abgebrochen werden.

Je nach Grösse der an einer Bewegung beteiligten Muskelmasse wird auch in *lokale, regionale* und *globale Ermüdung* unterschieden (siehe dazu Kapitel 1.3.). Entsteht die Ermüdung als Folge einer speziellen Tätigkeit, so spricht man von *spezifischer Ermüdung* im Gegensatz zu *unspezifischer, tätigkeitsunabhängiger Ermüdung* (Zaciorskij Nabatnikowa).

Nach Smirnov lassen sich zwei Phasen der aufkommenden Ermüdung unterscheiden, welche allerdings fließend ineinander übergehen:

- «die *noch überwindbare, latente Ermüdung*, bei der die Arbeitsfähigkeit durch Willensanstrengung noch auf dem früheren, eventuell recht hohen Niveau gehalten werden kann,
- die *unüberwindliche, manifeste Ermüdung*, die bei weiterer Fortsetzung der Arbeit einsetzt und zu deren Abbruch zwingt.»

Die erste Ermüdungsphase spielt über eine Verstärkung der nervösen Impulse aus dem Zentralnervensystem eine wichtige Rolle bei der Mobilisierung der funktionellen Reserven des Organismus und ist gleichzeitig von grosser Bedeutung als Signalreaktion, die den Organismus

die Restitution überwiegen, *indem die Muskelfasern einerseits an energiereichen Phosphatverbindungen (ATP und KP) verarmen, andererseits Zwischen- und Endprodukte (Milchsäure, Kohlensäure) angehäuft werden*. Das Resultat ist ein zunehmender Erholungsrückstand». (Hollmann).

Folgende Veränderungen stehen zur Diskussion:

- Abnahme des intrazellulären Kaliums → Abschwächung der Muskelkontraktion bis Lähmung.
- Milchsäure-Anhäufung beziehungsweise pH-Abnahme im Muskel und im Blut:
  - weiterer Kaliumaustritt durch Zellmembran
  - Reizung des Atem- und Herzkreislaufzentrums im verlängerten Mark → Steigerung der Atemtätigkeit und Pulsanstieg
  - Funktionsbeeinträchtigung der säureempfindlichen Nervenzellen: zuerst gesteigerte, später abgeschwächte Erregung.
- Reduktion der Glykogen- später der Fettdepots im Muskel
- Reduktion des Blutzuckerspiegels → Herabsetzung des Aktivitätsniveaus der Nervenzellen
- lokale Durchblutung gedrosselt, besonders bei statischer Arbeit → Reduktion der Sauerstoffzufuhr → mehr anaerobe Energiebereitstellung nötig → raschere Übersäuerung (s.o.).

Eine Reihe dieser Stoffwechselveränderungen wirkt bremsend auf die Funktion der Nervenzellen und löst dadurch eine *zunehmende motorische Hemmung im Sinne der Ermüdung* aus. Aber auch das Nervensystem selber schaltet nach einer Phase erhöhter Erregung *Hemm-Mechanismen im Sinne von Schutzreflexen* ein, welche das Aktivitätsniveau drosseln und damit auch die motorischen Impulse bremsen.

- Hemmung der Kontraktion durch Eigenreflexe, ausgelöst durch die Dehnung der Sehenspindeln.
- Reflektorische Hemmung der motorischen Zentren im Gehirn.
- Blockierung der neuromuskulären Erregungsübertragung, indem wahrscheinlich weniger Acetylcholin freigesetzt wird: sogenannte Transmitterschöpfung (nach Hasselbach).
- Zuerst verstärkte Aktivität im Hypophysen-Nebennierenrindensystem (Hormone, welche bei extremer Belastung eventuell Erschöpfung Stoffwechselprozesse anregen).

Wesentlich ist in diesem Zusammenhang, dass bei Belastungen von über 15 Prozent der maximalen statischen Kraft durch den Druck der Muskelmasse auf die Kapillaren eine zunehmende Durchblutungsbehinderung einsetzt, welche bei etwa 50 Prozent der maximalen statischen Kraft zum völligen Durchblutungsstopp führt (Hollmann). Entsprechend gestaltet sich die Energiebereitstellung zunehmend anaerob.

	→ 30 %	→ 50 %	→ 100 %
Statische Kraft			
Durchblutung	gewährleistet	gedrosselt	gestopt
Energiebereitstellung	aerob	aerob/ anaerob	anaerob

Statische Belastungen haben trotz Pulserhöhung keine positive Wirkung auf die Leistungsfähigkeit von Herz und Kreislauf.

Im Bereiche der relativen statischen Ausdauer, das heisst bezogen auf die maximale statische Kraft, besteht kein Geschlechtsunterschied. Nicht nur die Durchblutung, sondern auch die nervöse Ermüdung begrenzt die statische Ausdauerleistung, indem die nervösen Erregungen in zunehmendem Masse durch Hemmimpulse gebremst werden. Dieser Vorgang ist bei statischer Arbeit viel stärker ausgeprägt als bei dynamischer und mitverantwortlich für die grössere Ermüdbarkeit bei statischen Belastungen.

**Bedeutung für die Praxis:**

- Die statische Halteleistungsfähigkeit wird in *erster Linie durch eine Verbesserung der Maximalkraft gesteigert. Nur wenn statische Elemente wiederholt vorkommen, zum Beispiel in einer Kunstturnerübung, ist ein gerechtes, statisches Ausdauertraining durch Wiederholung der Übung sinnvoll.*
- Statisches Training, im Sinne von *isometrischem Training*, wird in der Rehabilitation verwendet. Im sportlichen Training ist diese Form nur dort angezeigt, wo die Wettkampfsportart solche Elemente enthält.

## 1.6. Ermüdung

Alle Ausdauerdefinitionen enthalten auch den Begriff der Ermüdung, da die Dauer, während welcher eine bestimmte Tätigkeit aufrechterhalten werden kann, durch das Auftreten von Ermüdungserscheinungen begrenzt wird: Das Bewegungstempo, zum Beispiel die Gewichtsbelastungen, müssen reduziert oder die Arbeit

vor einer Überbeanspruchung und Erschöpfung durch zu starke Muskelarbeit schützt.

Unter den Bedingungen des physiologischen Experimentes, unter dem Einfluss stimulierender Medikamente sowie bei maximal motivierten Sportlern können Extremgrade der unüberwindlichen Ermüdung auftreten, welche hart an oder über die Grenze der autonom geschützten Reserven gehen. Das Risiko einer akuten, eventuell bleibenden Schädigung nimmt stark zu. Die *objektiven Ermüdungserscheinungen* sind oft mit *subjektiven Ermüdungsempfindungen* gekoppelt. Sie müssen es aber nicht sein, da der Grad der subjektiven Ermüdungsempfindung sehr stark von der momentanen Motivation abhängig ist.

Im motorischen Bereich drückt sich Ermüdung etwa wie folgt aus:

- Ungenauigkeit der Sinneseindrücke
- Verlängerung der Reaktionszeit
- Übererregbarkeit oder Antriebsverlust
- Koordinationsstörungen
- Verminderung der Aufmerksamkeit/Konzentration

Nachlassen der körperlichen Leistungsfähigkeit  
Häufung technischer und taktischer Fehler

Was sind die Ursachen für das Auftreten von Ermüdungserscheinungen? Von den meisten Autoren wird in *muskuläre oder periphere* und *nervöse oder zentrale Ermüdung* unterschieden. Im ersten Fall handelt es sich vorwiegend um Veränderungen im Stoffwechselbereich, im zweiten um Störungen der nervösen Steuerung, wobei letztere zum Teil direkt, zum Teil indirekt über die veränderten Stoffwechselprozesse ausgelöst werden.

Die muskuläre oder periphere Ermüdung kommt dadurch zustande, dass «die Abbauprozesse

Im weitem können auch Umwelteinflüsse im Bereich des Sympathicus und der motorischen Zentren sehr starke Erregungen auslösen, noch ohne dass muskuläre Arbeit geleistet wird (sog. genannter Vorstartzustand). Ist diese Erregung übermässig stark, so können dadurch vorzeitig Hemm-Mechanismen ausgelöst werden (eventuell Grund für bestimmte Versager im Wettkampf, Nöcker).

Im Experiment kann gezeigt werden, dass die nervöse Ermüdung meist vor der endgültigen muskulären Ermüdung zum Leistungsabbruch



zwingt. Andererseits zwingen die Ermüdungserscheinungen am Skelettmuskel zum Leistungsabbruch, bevor am gesunden Herzmuskel gleiche Veränderungen zu beobachten sind (Seite 56, Nöcker).

Je nach Dauer und Intensität einer bestimmten Muskeltätigkeit werden die einen oder andern dieser Faktoren früher oder später leistungslimitierend.

Neben dieser *körperlichen Ermüdung* unterscheidet Zaciorskij aufgrund verschiedener Auslösemechanismen drei weitere Ermüdungsformen:

- die *geistige Ermüdung*, ausgelöst durch Konzentration und Aufmerksamkeit beanspruchende intellektuelle Belastungen, zum Beispiel Schachspielen, Kartenlesen beim OL
- *sensorische Ermüdung*, ausgelöst durch angestregte Beanspruchung der Sinnesorgane zum Beispiel Schiessen, Spiele, Postensuche beim OL
- die *emotionale Ermüdung*, ausgelöst durch intensive emotionale Anspannung, zum Beispiel Schanzenspringen, schwierige Passagen beim Wildwasserfahren, Prestigedruck bei wichtigen Wettkämpfen.

Gerade im Sport scheint uns diese Erweiterung des Ermüdungsbegriffes ausserordentlich wichtig, wird dadurch doch einmal mehr deutlich, dass es nicht die Ausdauer schlechthin gibt, sondern dass sich je nach Gesichtspunkt verschiedene Untergruppen unterscheiden lassen. Formuliert man die Ermüdungsbegriffe von Zaciorskij um, so kommt man zu folgender Einteilung des Ausdauerbegriffes:

- |  |   |   |
|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- geistige Ausdauer</li> <li>- sensorische Ausdauer</li> <li>- emotionale Ausdauer</li> <li>- physische Ausdauer</li> </ul> | } | <p>Ausdauer = Fähigkeit, möglichst lange im Bereich dieser Teilkomponenten keine Ermüdungserscheinungen zu produzieren.</p> |
|--|---|---|

Jede Teilkomponente kann, wenn das Niveau der funktionellen Belastung nicht mit den vorhandenen Reserven übereinstimmt, zur limitierenden Grösse werden, für sich oder indem sie über Regelkreise andere Komponenten in Mitleidenschaft zieht: *Kybernetische Auffassung des Ermüdungsvorganges* (Wolkow).

#### Bedeutung für die Praxis:

- Die Kenntnisse der Ermüdungsvorgänge erlauben, im Hinblick auf eine bestimmte Sportart ein gezieltes Training zu planen und durchzuführen. Vor allem die Festlegung der Belastungshäufigkeit in Abhängigkeit von der Belastungsgrösse ist wesentlich von der Beurteilung des Ermüdungszustandes eines Athleten beziehungsweise der Vollständigkeit seiner Erholung abhängig.
- Kennt man die Prozesse, die dem Ermüdungsvorgang zugrunde liegen, so kann der Erholungsprozess durch gezielte Massnahmen unterstützt werden.

#### 1.7. Allgemeine und spezielle Ausdauer

Art und Ausmass der Ermüdung sind wesentlich von der Art und dem Belastungsmass einer bestimmten Tätigkeit abhängig. Ist der Sportler in der Lage, ein zweistündiges Schwimmtraining durchzuhalten, so spricht man von allgemeiner Ausdauer. Um eine bestimmte Crawlstrecke zu gewinnen, braucht er hingegen spezielle Ausdauer.

Allgemeine und spezielle Ausdauer stehen in direktem Zusammenhang mit der auszuführen-

den Sportart. Die Definition für diese beiden Ausdauerbegriffe, welche vor allem den pädagogisch/didaktischen Standpunkt wiedergeben, lauten nach Nabatnikowa wie folgt:

«Allgemeine Ausdauer ist die Fähigkeit des Sportlers, eine beliebige körperliche Arbeit (Belastung), die viele Muskelgruppen erfasst und mit einer sportlichen Spezialisierung in einem positiven Verhältnis stehen, für eine lange Zeit auszuführen.»

Die Bedingung, «die viele Muskelgruppen erfasst», könnte unseres Erachtens gut weglassen werden, da der Umfang der beteiligten Muskelgruppen auch in der zweiten Forderung «und mit einer sportlichen Spezialisierung in einem positiven Verhältnis steht» bereits enthal-

Spezialisierung bedingt ist, wirkungsvoll auszuführen.»

Im ersten Fall liegt die Betonung auf der Verlängerung der Dauer einer Standardarbeit, im Falle der speziellen Ausdauer verlagert sie sich auf die Qualität der Ausführung. Mit andern Worten: Nicht allein die Kilometer entscheiden, sondern auch die Art und Weise, wie sie absolviert werden. Die spezielle Ausdauer enthält deshalb meist zu einem grossen Teil Elemente der anaeroben Ausdauer, kombiniert mit Kraft und Schnelligkeit.

#### Bedeutung für die Praxis:

- Ein Athlet muss ein gutes Mass an allgemeiner Ausdauer besitzen, um den Gesamtbelastungsumfang von Training und Wettkampf mit ansteigender Leistungsentwicklung ertragen und sich zwischen den Belastungen voll erholen zu können.
- Die genaue Analyse der Umfangs- und Intensitätsbelastung einer Sportart bildet die Basis für ein wirkungsvolles Training der speziellen Ausdauer, welche letztlich über das Wettkampfergebnis entscheidet.

#### 1.8. Zusammenfassung

Die folgenden Stichworte mögen noch einmal in sehr geraffter Form die verschiedenen Aspekte der Ausdauerleistungsfähigkeit wiedergeben. Sie bilden die Voraussetzung für die Analyse der Sportarten und für die Beantwortung der Frage: Wie soll Ausdauer trainiert werden?

Teil III: Trainingsformen, wird in der Juli-Nummer erscheinen.

#### Energiebereitstellung

##### Faserstruktur

anaerobe  
aerobe

##### Muskelmasse

lokale  
allgemeine

##### Dynamik

statische  
dynamische

##### Ermüdung

sensorische  
geistige  
emotionale  
physische

Ausdauer

Ausdauer

Ausdauer

Ausdauer

Analyse der Sportart

Training der allgemeinen und speziellen Ausdauer