

Henning Haase  
Friedrich Krüger  
Klaus Nicol  
Rüdiger Preiß  
(Hrsg.)

# **Leistungsdiagnostik und Trainingssteuerung**

*Zur Erinnerung an Rainer Ballreich*

**SPORTVERLAG Strauß**

**Bibliografische Information  
der Deutschen Nationalbibliothek**

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Haase, Henning; Krüger, Friedrich; Nicol, Klaus; Preiß, Rüdiger

**Leistungsdiagnostik und Trainingssteuerung**

Zur Erinnerung an Rainer Ballreich

Köln: Sportverlag Strauß - 1. Aufl. 2012

ISBN 978-3-86884-132-9

© **SPORTVERLAG Strauß**

Olympiaweg 1 - 50933 Köln

Tel. (02 21) 846 75 76

Fax (02 21) 846 75 77

e-Mail: [info@sportverlag-strauss.de](mailto:info@sportverlag-strauss.de)

<http://www.sportverlag-strauss.de>

Titelbild: G.B. Shan, Lethbridge, Can. und K. Nicol, Frankfurt M

Finite-Element-Modell und Ellipsen-Konturogramm

Umschlaggestaltung: Mike Hopf, Berlin

Druck: Digital Print Group, Nürnberg

Printed in Germany

# **Bewegung, Training und Sport zur Prävention - Präventive Sportmedizin**

Gerd Hoffmann

## **Bedeutung von Bewegung zur Prävention**

„Die Medizin befindet sich heute in der zweifellos größten Umbruchsituation ihrer Geschichte. Es handelt sich um die Verlagerung der Schwerpunkte in Forschung, Lehre und Praxis von der Therapie auf die Prävention. Es wird in zukünftigen Jahrzehnten weniger darauf ankommen, eine Krankheit zu heilen (...) als vielmehr das Auftreten einer Erkrankung zu verhüten. (...)

Im Vordergrund sowohl des individuellen als auch des allgemein gesellschaftlichen Interesses stehen Herz-Kreislaufkrankheiten, Stoffwechselliden, Krebserkrankungen, Schäden am Halte- und Bewegungsapparat und altersbedingte, körperliche und geistige Leistungseinbußen. Letzterem wird dabei in Zukunft eine besondere Bedeutung zukommen. In allen genannten Bereichen konnte die Präventivmedizin in den vergangenen Jahrzehnten bemerkenswerte Fortschritte erzielen. Sie basieren auf der Erarbeitung von sogenannten Risikofaktoren. Die 1949 in Framingham/USA begonnene epidemiologische Studie über Ursachen von Herz-Kreislaufkrankheiten, insbesondere des Herzinfarkts, führte in einer Publikation des Jahres 1962 zur Erstbeschreibung von Risikofaktoren in der Medizin. Dabei wird hierunter ein Faktor verstanden, dessen Veränderung gegenüber einem Normalwert eine besondere Gefährdung des Betreffenden gegenüber bestimmten Erkrankungen aufzeigt. Heute sind mehr als 350 solcher Risikofaktoren bekannt.

Auf der ersten gemeinsamen Tagung der Weltgesundheitsorganisation (WHO) und des Weltverbandes für Sportmedizin (FIMS), durchgeführt im April 1994 in Köln, wurde nach dreitägigen Verhandlungen die sogenannte ‚Kölner Deklaration‘ verabschiedet (Weltgesundheitsorganisation WHO, Weltsportärzteverband FIMS 1994). Darin wird die Bedeutung von Risikofaktoren gewichtet, begründet und Empfehlungen zur Beherzigung ausgesprochen. Während in den unterentwickelten Ländern der Erde unverändert Infektionskrankheiten die Hauptgefahr für die Gesundheit darstellen, sind es in den hochtechnisierten Ländern degenerative Herz-Kreislauf- und Stoffwechselkrankheiten. Dementsprechend wurde seitens der WHO der Faktor ‚Bewegungsmangel‘ in den hochentwickelten Ländern als

Risikofaktor Nummer 1 eingestuft. An 2. Stelle folgt Rauchen, an 3. Stelle zu hoher Blutdruck und an 4. Stelle Adipositas (Fettleibigkeit).“ (Hollmann 2010)

„Die Verbindungen von Medizin und körperlicher Aktivität lassen sich seit dem frühen Altertum nachweisen. Das Postulat von Hippokrates kennzeichnet auch heute noch den Inhalt der Sportmedizin als hauptsächlich präventiv ausgerichteten Fachbereich: ‚Alle funktionellen Körperteile, wenn sie in moderater Form durch körperliche Bewegung gefordert werden, entwickeln sich gut, bleiben gesund und altern langsamer; wenn sie aber in Untätigkeit verharren, sind sie anfälliger gegenüber Krankheiten und sind einem rascheren Alterungsprozess unterworfen.‘“ (Arndt et al. 2012)

„Sportmedizin beinhaltet diejenige theoretische und praktische Medizin, welche den Einfluss von Bewegung, Training und Sport sowie den von Bewegungsmangel auf den gesunden und kranken Menschen jeder Altersstufe untersucht, um die Befunde der Prävention, Therapie und Rehabilitation sowie dem Sporttreibenden dienlich zu machen“ (von Wildor Hollmann 1958 formulierte Definition der Sportmedizin, die 1977 auch vom Weltverband für Sportmedizin (FIMS) übernommen wurde) (Arndt et al. 2012).

Mit der Änderung der Bezeichnung „Deutscher Sportärztebund (Deutsche Gesellschaft für Sportmedizin e.V.)“ 1999 in „Deutsche Gesellschaft für Sportmedizin und Prävention (Deutscher Sportärztebund) e.V.“ wurde der Stellenwert der Prävention in der Sportmedizin betont.

Der besonderen Bedeutung von Bewegung, Training und Sport, speziell zur Prävention, und der Sportmedizin wurde in der deutschen Approbationsordnung 2002 Rechnung getragen, indem die Sportmedizin nicht nur als Wahlfach, sondern über den Querschnittsbereich „Prävention“ auch als Pflicht- und Prüfungsfach aufgenommen wurde.

## **Präventionsbezogene Begriffe**

Körperliche Aktivität („Physical activity“) soll im weiten Wortsinn (Bewegung, Training, Sport, Spiel) verstanden werden.

Training setzt im engeren Wortsinn eine zielgerichtete, regelmäßige Aktivität voraus; in dem hier präferierten weiten Begriffssinn ist es die „Summe der Adaptation auslösenden Aktivitäten“, wobei ein überschwelliger, aber nicht zerstörender Reiz dann in der Phase der Regeneration zur Adaptation führt. Diese Sichtweise erlaubt es, ein Kontinuum von „bettlägerig“ über „untrainiert“ bis „hochtrainiert“ zu betrachten, wobei dann auch bereits der sogenannte „Untrainierte“ ein höheres Leistungsniveau als der Bettlägerige aufweist (Hoffmann 2003).

Übertraining stellt die Überforderung der Anpassungsprozesse des Organismus durch zu hohe und/oder zu umfangreiche Belastung (zu intensiv/zu extensiv) mit zu wenig Regenerations- und Adaptationszeit dar. Konsequenz hieraus ist, auf eine ausreichende belastungsfreie Zeit zu achten.

Regeneration ist nach körperlicher Aktivität erforderlich, benötigt Zeit und dient dem Halten, Überkompensieren oder Modifizieren eines Adaptations- und Trainingszustandes. (Dies trifft auch für den sogenannten „Untrainierten“ zu.)

Rehabilitation läuft nach einer Erkrankung ab und benötigt ebenfalls Zeit.

Adaptation (Anpassung): Bei gesteigertem Leistungsbedarf erfolgt zunächst eine funktionelle und dann eine morphologische Adaptation. Die Adaptation läuft - aufgrund des Belastungsreizes in der Belastungsphase - in der Phase der Regeneration ab, was die Bedeutung der Regeneration (und von regenerativen und Trainingspausen) für das Erreichen eines Trainingseffekts unterstreicht.

Gesundheit kann in Modifikation der Definition der WHO definiert werden als „In einem dynamischen Geschehen gerade vorliegende Situation des subjektiven körperlichen und geistigen Wohlbefindens bei auch objektiv fehlenden Zeichen einer Störung des Organismus“ (Hoffmann 1990, 2003). Diese Definition vermeidet 2 kritische Punkte der WHO-Definition: die WHO-Definition schließt „soziales Wohlbefinden“ ein („körperliches, geistiges und soziales Wohlbefinden“), wodurch viele nach üblichem (auch medizinischem) Sprachgebrauch „Gesunde“ (aber sozial unzufriedene) aus dem Kreis der Gesunden ausgeschlossen werden (hier erscheint die WHO-Definition zu eng); die WHO-Definition berücksichtigt nur das subjektive Wohlbefinden und schließt einige objektiv „Kranke“ (ohne subjektive Symptomatik) in den Kreis der Gesunden mit ein (hier erscheint die WHO-Definition zu weit). Zudem wird mit der Formulierung „in einem dynamischen Geschehen gerade vorliegende Situation“ die Augenblicksbezogenheit betont (ein Mensch kann heute gesund, morgen krank (grippaler Infekt) und in zwei Wochen wieder gesund sein).

Fitness kann definiert werden als „Gesundheit mit vorhandener großer Anpassungsbreite (Leistungsbreite, Leistungsfähigkeit)“ (Hoffmann 2003).

Prävention, vor allem die primäre Prävention, umfasst alle Maßnahmen zur Erhaltung von Gesundheit und Fitness.

## **Auswirkungen von Bewegungsmangel und von körperlicher Aktivität auf verschiedene Organsysteme**

### ***Auswirkungen von Bewegungsmangel***

Einige der Auswirkungen von Bewegungsmangel sind (Hollmann 2010; Hoffmann 2003):

- Abnahme der maximalen Sauerstoffaufnahme und der kardialen Leistungsfähigkeit einschließlich des maximalen Herzminutenvolumens,
- Erhöhung der Ruheherzfrequenz, der Arbeitsherzfrequenz und des Sauerstoffbedarfs des Herzmuskels bei vorgegebener submaximaler Belastungsintensität,
- Verkürzung der Blutgerinnungszeit, Zunahme des Thromboserisikos,
- Verschlechterung der Fließeigenschaften des Blutes,
- Erhöhung des low density lipoprotein (LDL) und Verminderung des high density lipoprotein (HDL), d.h. Verschlechterung von Variablen des Fettstoffwechsels,
- Verminderung der Zellsensibilität z.B. für Insulin mit Anstieg der Insulinkonzentration,
- Abbau der Skelettmuskulatur mit Abnahme der Muskelkraft,
- Abnahme kognitiver Fähigkeiten (Hollmann 2010).

Ganz ähnlich sind die Auswirkungen zunehmenden Alters (Nowacki 2005), wobei die Auswirkungen durch die Kombination mit Bewegungsmangel verstärkt werden.

### ***Auswirkungen von körperlicher Aktivität***

All diesen unerwünschten Auswirkungen von Bewegungsmangel oder zunehmendem Alter können die im Folgenden beispielhaft dargestellten Effekte eines körperlichen Trainings (insbesondere eines Ausdauertrainings) gegenübergestellt werden (Hollmann 2010; Hoffmann 2003; Nowacki 2005).

#### Trainingsbedingte Adaptationen im Bereich der Skelettmuskulatur:

- Zunahme von Myoglobin und der intramuskulären Glykogendepots,
- Zunahme der Oxydation freier Fettsäuren bei submaximalen Belastungsintensitäten,
- Zunahme von Zahl und Oberfläche der Kapillaren sowie des Mitochondrienvolumens,

- Beeinflussung der Muskelfaserzusammensetzung (Umwandlung von IIX- in IIA-Fasern) und Aufrechterhalten oder Vergrößern des Muskelfaserquerschnitts,
- Senkung des peripheren Gefäßwiderstandes durch Eröffnung von Kapillaren und durch Kapillarenneubildung; hierdurch Senkung des systolischen und diastolischen Blutdrucks und Minderung des Blutdruck-Herzfrequenz-Produkts (Ökonomisierung der Herzarbeit durch verbesserte Kreislauf-Peripherie).

#### Trainingsbedingte Adaptationen am Herzen:

- Verminderung der Herzfrequenz und des Blutdruck-Herzfrequenz-Produkts (Ökonomisierung der Herzarbeit mit hierdurch Verminderung des lebensnotwendigen Sauerstoffbedarfs am Herzen) - u. a. aufgrund Vergrößerung des Schlagvolumens - in Ruhe und bei submaximalen Belastungsintensitäten,
- Steigerung der maximalen Sauerstoffaufnahme des Menschen durch Steigerung des maximalen Herzminutenvolumens,
- Vergrößerung des Sauerstoffangebots für das Herz aufgrund Verlängerung der Diastolendauer (infolge niedrigerer Herzfrequenz),
- antiarrhythmischer Effekt.

#### Trainingsbedingte Adaptationen im Blut:

- Verbesserung der Fließeigenschaften, Anstieg der Elastizität der Erythrozytenmembran,
- Abnahme von Fibrinogenkonzentration, Thrombozytenaggregabilität und -adhäsivität, Minderung des Thromboserisikos,
- Steigerung der Erythrozytenmasse und des Blutvolumens.

#### Trainingsbedingte Adaptationen im Lipidstoffwechsel und im Metabolismus:

- Vermehrung von HDL, insbesondere von HDL2, Senkung (Verbesserung) des LDL-/HDL-Quotienten mit Minderung des Risikos einer Arteriosklerose,
- Steigerung der Enzymaktivität von Lipasen,
- Minderung des Risikos eines metabolischen Syndroms (Adipositas, arterielle Hypertonie, Diabetes mellitus und Fettstoffwechselstörung),
- Gewichtsabnahme bei Übergewicht, Vermeiden einer Gewichtszunahme bei Normalgewicht.

Trainingsbedingte Adaptationen im hormonellen und nervalen Bereich:

- Abnahme der Insulin-, Adrenalin- und NoradrenalinKonzentrationen bei gegebenen submaximalen Belastungsstufen,
- Senkung der Sympathikusaktivität, Erhöhung der Vagusaktivität.

Trainingsbedingte Adaptationen im Bereich des Gehirns und der Psyche:

- Förderung der globalen und regionalen Gehirndurchblutung und der Stoffwechselaktivität bei dynamischer Arbeit,
- Zunahme zahlreicher Neurotransmitter und Vermehrung entsprechender Enzymaktivitäten,
- Förderung des Nervenwachstumsfaktors und von Synapsen,
- psychische Entspannung.

Trainingsbedingte Adaptationen im Bereich des Immunsystems:

- Steigerung der Abwehrkompetenz, z.B. Anstieg der Konzentration von NK-Zellen (Natural-Killer-Zellen).

Die Auswirkungen körperlicher Aktivität können heute auch bis in die Ebene der Epigenetik betrachtet werden, und zwar in beiden Richtungen: epigenetische Veränderungen, die im Laufe des Lebens die verfügbare genetische Veranlagung verändern, werden einerseits durch körperliche Aktivität beeinflusst und beeinflussen andererseits die Anpassungsreaktionen auf körperliche Aktivität und Training (Bloch 2011). Unter epigenetischen Veränderungen (Modifikationen) werden im strengen Sinn vererbare Modifikationen der DNA durch Methylierung verstanden (Bloch 2011). „Im erweiterten Sinn umfasst die Epigenetik neben den Modifikationen der DNA durch Methylierung und Veränderungen der Histone durch Methylierung und Azetylierung auch Mechanismen der DNA-Reparatur, Modulation der Transkription, RNA-Stabilität, alternatives RNA Splicing, Protein Degradation, Gene copy number und Transposon Aktivierung. Die Modifikationen des aus DNA, Histonen und weiteren Proteinen bestehenden Chromatins beeinflussen die ‚Aktivität‘ der Gene, so sind etwa Gene, die stark methyliert sind, nicht mehr aktiv“ (Bloch 2011). Epigenetische Veränderungen sind auch bei der Alterung und einer Vielzahl von Erkrankungen beschrieben, denen durch Sport entgegengewirkt werden kann, wie z.B. Diabetes mellitus Typ 2, kardiovaskuläre Erkrankungen und Adipositas (Bloch 2011).

## Konsequenzen

Zu den Aufgaben der präventiven Sportmedizin gehören die Beurteilung des Gesundheits- und Funktionszustandes sowie der Sportfähigkeit generell und bezo-



gen auf die gewählte Sportdisziplin und die beabsichtigte Sportintensität sowie eine entsprechende sportmedizinische Beratung (Hoffmann 1990; Clasing & Siegfried 2002; Nowacki 2005).

In einer Welt, die eine ständig wachsende Einsparung an körperlicher Arbeit ermöglicht, bedarf es einer gezielten Kompensation des auftretenden Bewegungsmangels durch körperliche Aktivität (Hollmann 2010). Gäbe es ein Medikament, welches in seinen globalen körperbezogenen Auswirkungen dem eines individuell angepassten körperlichen Trainings vergleichbar wäre, es würde vermutlich das Medikament des Jahrhunderts genannt werden (Hollmann 2010). Das gibt es bereits: körperliche Aktivität.

Präventiv genutzt werden kann ein Training von vier der fünf motorischen Hauptbeanspruchungsformen: Ausdauer, Koordination, Flexibilität und Kraft, die heute auch dazu gehört. Koordinative Übungen dienen dem Erhalt der Autonomie über den eigenen Körper bis in ein hohes Lebensalter, Krafttraining einer Vergrößerung des Muskelfaserquerschnitts mit positiven Auswirkungen auf Knochen, Sehnen, Bänder und Gelenke, Ausdauertraining erzielt wünschenswerte Adaptationen im Herz-Kreislauf- und Atmungssystem und das Gehirn reagiert positiv auf koordinative Beanspruchungen sowie auf aerobe Ausdauerbelastungen (Hollmann 2010).

Die Möglichkeiten, mit Training den Auswirkungen von Bewegungsmangel oder Altern entgegenzuwirken, sind erstaunlich gut und entsprechend motivierend: Beim gesunden jüngeren Menschen ist bereits im untrainierten Zustand eine Verzehnfachung der Stoffwechsellistung während akuter maximaler Ausdauerbelastung möglich, Training kann die maximale Ausdauerleistung nochmals - altersunabhängig - ungefähr verdoppeln (während - zum Vergleich - zusätzliches Höhenttraining nur einige weitere Prozent Leistungssteigerung bringt). Da die Ausdauerleistungsfähigkeit des gesunden Untrainierten mit jedem Jahr über 30 nur um ca. 1% sinkt, kann die Leistungsfähigkeit eines hochausdauertrainierten 65-jährigen noch um ein Drittel über der Leistungsfähigkeit eines gesunden untrainierten 30-jährigen liegen und die eines hoch ausdauertrainierten 80-jährigen der eines gesunden untrainierten 30-jährigen entsprechen. Selbst wenn von einem gesunden 60-jährigen nur 25-30% der Ausdauertrainierbarkeit genutzt werden, so entspricht dann seine Ausdauerleistungsfähigkeit der eines gesunden untrainierten 20 Jahre jüngeren („20 Jahre 40 bleiben“ (Hollmann)).

Diesen Überlegungen liegen die auch zur Motivierung Sporttreibender einsetzbaren folgenden Faustregeln (mit gerundeten Zahlen) zugrunde:

Die Sauerstoffaufnahme eines gesunden normalgewichtigen untrainierten 20-30-jährigen liegt in Ruhe bei ca. 3,6, gerundet ca. 4 ml Sauerstoff pro min pro kg

Körpergewicht (KG), unter maximaler Ausdauerbelastung (im Sinne einer allgemeinen dominant aeroben Mittel- und Langzeitausdauer) bei ca. 40 ml pro min pro kg KG (ca. 3 W/kg KG ergometrischer Leistung entsprechend), was der Verzehnfachung der Stoffwechselleistung von - bei 70 kg Körpergewicht - ca. 100 Watt in Ruhe auf ca. 1000 Watt entspricht (Diese Werte liegen auch den vor allem in den USA gebräuchlichen und anschaulichen metabolischen Äquivalenten MET zugrunde: Ruhe entspricht 1 MET, maximale Ausdauerbelastung des gesunden normalgewichtigen untrainierten 20-30-jährigen entspricht 10 MET (McArdle et al. 1996)).

Bei einem normalgewichtigen hoch ausdauertrainierten 20-30-jährigen liegen die Werte etwa doppelt so hoch bei ca. 80 ml pro min pro kg KG (ca. 6 W/kg KG ergometrischer Leistung entsprechend), was der Verzwanzigfachung der Stoffwechselleistung von - bei 70 kg Körpergewicht - ca. 100 Watt in Ruhe auf ca. 2000 Watt (oder 20 MET) entspricht. Der normalgewichtige hoch ausdauertrainierte 65-jährige erreicht ca. 4 W/kg KG, der normalgewichtige hoch ausdauertrainierte 80-jährige ca. 3 W/kg KG.

Der für Laien scheinbar bestehende Widerspruch zwischen ca. 200-250 Watt ergometrischer Leistung des gesunden normalgewichtigen (70 kg) untrainierten 20-30-jährigen und der Stoffwechselleistung von ca. 1000 Watt lässt sich über den mechanischen Wirkungsgrad von (20-)25 % für Fußkurbelarbeit auflösen (beim Schwimmen liegt der mechanische Wirkungsgrad z.B. nur bei 5-9,5 %, weshalb der Mensch deutlich langsamer schwimmt als Fahrrad fährt oder läuft).

Die ca. 100 Watt Stoffwechselleistung in Ruhe (als Tagesdurchschnittswert) des gesunden normalgewichtigen untrainierten 20-30-jährigen lassen sich überschlägig aus einem Tagesenergieverbrauch von ca. 2.000 kcal (= ca. 8.200 kJ = ca. 8.200.000 J = 8.200.000 Wattsekunden) herleiten: geteilt durch die 86.400 Sekunden des Tages ergeben sich ca. 100 Watt (bei dieser überschlägigen Betrachtung geht der eher begrenzte energetische Aufwand des Durchschnittsbürgers für körperliche Aktivität in die Abschätzung mit ein). Bei der Bestimmung der allgemeinen dominant aeroben Mittel- und Langzeitausdauer im Rahmen einer stufenweise ansteigenden ausbelastenden Fußkurbelergometrie lässt sich der miterfasste anaerobe Anteil an der Gesamtleistung bei zeitlich hinreichend langen Stufen (z.B. 6 anstelle 2 min) und kleinen Änderungen (Inkrementen) der Stufenhöhe in der Nähe des Maximalleistungsbereichs, sofern gewünscht, hinreichend klein gestalten.

Normalgewichtige Frauen haben gegenüber gleichaltrigen normalgewichtigen Männern eine um ca. 20-30 % niedrigere absolute Leistung (in Watt) und eine entsprechend niedrigere absolute maximale Sauerstoffaufnahme in ml pro min.

Dieser geschlechtsspezifische Unterschied lässt sich praktisch vollständig durch nur zwei Faktoren erklären, die jeweils etwa die Hälfte des Unterschieds bedingen (McArdle et al. 1996). Der erste Faktor ist die unterschiedliche Körpermasse (Körpergewicht); körperrgewichtbezogen (W/kg KG) beträgt der Unterschied nur ca. 10-15 %, der sich durch die niedrigere Hämoglobinkonzentration (und die damit entsprechend niedrigere Sauerstofftransportkapazität pro Liter Blut) als den zweiten Faktor ergibt.

Über die energetische Betrachtung lässt sich auch der große Zeitbedarf für eine „echte“ Körpergewichtsabnahme (ohne bloße Flüssigkeitsverluste) herleiten:

1 kg Fett entsprechen ca. 9100 kcal (ca. 37300 kJ), 1 kg Fettgewebe ca. 7000 kcal (ca. 28700 kJ) (Möckel et al. 2006): Wenn durch körperliche Aktivität und modifizierte Ernährung pro Tag ca. 500 kcal (ca. 2050 kJ) weniger zugeführt als verbraucht werden, kann das Körpergewicht in 2-3 Wochen um ca. 1 kg und in einem halben Jahr um ca. 10 kg gesenkt werden.

Dass - wie oben erwähnt - der zusätzliche Effekt eines Höhentrainings im Vergleich zur allgemeinen Ausdauertrainierbarkeit nur einige Prozent beträgt - die aber für Spitzenathleten entscheidend sein können - lässt sich durch die in der Höhenphysiologie typischerweise gegenläufigen Mechanismen erklären, wobei ein Leistungsvorteil nur entsteht, wenn der „günstige“ Prozess den parallel laufenden „ungünstigen“ Prozess etwas überwiegt und damit ein kleiner Nettogewinn resultiert: so steht der Steigerung der maximalen Sauerstoffaufnahme durch Erhöhung der Sauerstofftransportkapazität pro Liter Blut durch die Erhöhung der Hämoglobinkonzentration die hierdurch zugleich erhöhte Viskosität und damit hervorgerufene Abnahme des Herzminutenvolumens entgegen (die maximale Sauerstoffaufnahme entspricht dabei dem Produkt aus Herzminutenvolumen mal „Sauerstofftransportkapazität pro Liter Blut“ mal arterio-venöser Sauerstoffdifferenz). Oder: Durch beim Höhengedhalt erhöhte 2,3-Diphosphoglyzerat-Konzentrationen (2,3-DPG) kommt es zu einer Rechtsverschiebung der Hämoglobin-Sauerstoff-Bindungskurve: dies bewirkt einerseits eine verbesserte Abgabe des Sauerstoffs vom Hämoglobin an die Muskulatur, andererseits aber auch eine schlechtere Bindung des Sauerstoffs an das Hämoglobin in der Lunge.

Alle genannten Faustregeln und die dargelegten Sachverhalte lassen sich gemäß dem Motto „Motivation durch Wissen“ zur Motivation Sporttreibender und damit zur Prävention nutzen.

Neben der hier in den Vordergrund gestellten primären Prävention kann körperliche Aktivität aber auch zur sekundären Prävention (Halle 2004; Löllgen et al. 1998; Vermeiden der Verschlechterung einer Erkrankung) und zur Therapie ei-

ner Reihe von Erkrankungen („Sport trotz und wegen bestehender Erkrankungen“) genutzt werden: Das umfasst heute nicht nur Herz-Kreislauf-Erkrankungen, Lungenerkrankungen und Diabetes mellitus, sondern auch Tumorerkrankungen, Depressionen und altersbedingte körperliche und geistige Leistungsverluste (Hollmann 2010).

Um die aufgezeigten Vorteile körperlicher Aktivität zur primären und sekundären Prävention zu nutzen, bedarf es einer im Idealfall lebensbegleitenden körperlichen Aktivität und Motivation hierzu. Eine derartig langfristige Motivation ist am ehesten zu erreichen, wenn die Freude an der Bewegung im Mittelpunkt steht und die günstigen gesundheitlichen Effekte als Zusatznutzen gesehen werden.

Körperliche Aktivität kann auch zur tertiären Prävention, d.h. Rehabilitation, genutzt werden, wobei hierbei die Motivation aufgrund Leidensdrucks und günstigenfalls unmittelbar erlebter Besserung eines Beschwerdebilds leichter sein kann.

Für eine gute Gesundheit und Fitness sollte außer auf ausreichende körperliche Aktivität auch auf eine qualitativ gute und quantitativ angemessene Ernährung, ausreichend Schlaf und eine dysstressarme Lebensführung geachtet werden (mit Prävention von Fehl- und Überernährung, Dysstress, Verletzungen und Übertraining). Werden diese Einflussgrößen berücksichtigt, bestehen gute Aussichten, „gesund und leistungsfähig jung zu bleiben und dabei kalendarisch alt zu werden“.

Gäbe es den Sport nicht, so müsste er gerade heute erfunden werden (Hollmann)

## Literatur

- Arndt, K.-H., Löllgen, H., & Schnell, D. – Deutsche Gesellschaft für Sportmedizin und Prävention (Hrsg.). (2012). *100 Jahre deutsche Sportmedizin*. Gera: Druckhaus Verlag Gera.
- Bloch, W. (2011) Epigenetik und Sport / Das Leben prägt das Genom. *Dtsch Z Sportmed.* 62(7-8) 178
- Clasing, D. & Siegfried, I.(2002). *Sportärztliche Untersuchung und Beratung*. 3. veränd. Aufl. Balingen: Spitta.
- Halle, M. (2004). Sekundärprävention der koronaren Herzerkrankung: Einfluss von körperlichem Training auf Morphologie und Funktion der Koronargefäße. *Dtsch Z Sportmed.* 55 (03), 66-69. Auch online: [http://www.zeitschrift-sportmedizin.de/fileadmin/externe\\_websites/ext.dzsm/content/archiv2004/heft03/Halle.pdf](http://www.zeitschrift-sportmedizin.de/fileadmin/externe_websites/ext.dzsm/content/archiv2004/heft03/Halle.pdf)
- Hoffmann, G. (1990). Präventive Sportmedizin aus internistisch-sportmedizinischer Sicht. In W. Banzer & G. Hoffmann (Hrsg.), *Präventive Sportmedizin, Beiträge zur Sportmedizin*. (Bd. 36) (S. 79-97). Erlangen: perimed.
- Hoffmann, G. (2003). Training, Übertraining, Regeneration, Rehabilitation – sportmedizinisch-internistische Aspekte: Wirkung körperlicher Aktivität auf verschiedene Organsysteme. In G. Hoffmann, *Leistungssteigerung im Sport – Ursachen, Methoden, Bewertungen, Lösungen*. Tagungsbericht über die Veranstaltung am 09./10.05.2003 in Bad Nauheim. Düsseldorf, Köln: German Medical Science; 2003. Doc03sportmed1. <http://www.egms.de/static/pdf/meetings/sportmed2003/03sportmed1.pdf> ; <http://www.egms.de/static/de/meetings/sportmed2003/03sportmed1.shtml>
- Hollmann, W. (2010). Sport im Fitness-Center – Geschichte, Entwicklung, Aufgaben. In G. Hoffmann & I. Siegfried (Hrsg.). *Sportmedizinische Aspekte zu Fitness und Wellness. Seminar Bad Nauheim, 18.03.2006*. Düsseldorf: German Medical Science GMS Publishing House. Doc06sportmed1. DOI: 10.3205/06sportmed1 ; URN: urn:nbn:de:0183-06sportmed11 ; <http://www.egms.de/static/pdf/meetings/sportmed2006/06sportmed1.pdf>; <http://www.egms.de/static/de/meetings/sportmed2006/06sportmed1.shtml>
- Löllgen, H., Dickhut, H. & Dirschedl, P. (1998). Sekundärprävention der koronaren Herzerkrankung: Vorbeugung durch körperliche Bewegung. *Dtsch Arztebl.* 95, A1531-A1538.

- McArdle, W., Katch, F. I. & Katch, V. L. (1996). *Exercise physiology. Energy, nutrition and human performance*. 4.ed. Philadelphia: Lea & Febiger.
- Möckel, F., Hoffmann, G., Obermüller, R., Drobnik, W. & Schmitz, G. (2006). Influence of water-filtered infrared-A (wIRA) on reduction of local fat and body weight by physical exercise. *GMS Ger Med Sci*. 4, Doc05. <http://www.egms.de/pdf/gms/2006-4/000034.pdf> und <http://www.egms.de/en/gms/2006-4/000034.shtml>
- Nowacki, P. E. (2005). Auswirkungen des Sports auf den älteren Menschen. In I. Siegfried & G. Hoffmann (Hrsg). *Neue Aspekte im Herzsport. Arbeitstagung in Fulda-Künzell, 23.-24.04.2004*. Düsseldorf, Köln: German Medical Science; 2005. Doc 04sportmed1. <http://www.egms.de/static/pdf/meetings/sportmed2004/04sportmed1.pdf> ; <http://www.egms.de/static/en/meetings/sportmed2004/04sportmed1.shtml>
- Weltgesundheitsorganisation WHO, Weltsportärzteverband FIMS (1994). Gesundheit und körperliche Aktivität – Erklärung von Weltgesundheitsorganisation und Weltsportärzteverband in Köln. *Dtsch Z Sportmed*. 45:170.