

Klaus-Michael Braumann

Niklas Stiller

(Hrsg.)

## **Bewegungstherapie bei internistischen Erkrankungen**

Klaus-Michael Braumann  
Niklas Stiller

# **Bewegungstherapie bei internistischen Erkrankungen**

Mit 34 Abbildungen

 Springer

**Prof. Dr. Klaus-Michael Braumann**  
Abteilung Sport- und Bewegungsmedizin  
Fachbereich Bewegungswissenschaft  
Fakultät für Erziehungswissenschaft, Psychologie  
und Bewegungswissenschaft Universität Hamburg  
Mollerstraße 10, 20148 Hamburg

**Dr. Niklas Stiller**  
Schumannstr. 17, 40237 Düsseldorf

**ISBN-13 978-3-642-01331-7 Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York**

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.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funksendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Springer Medizin  
Springer-Verlag GmbH  
ein Unternehmen von Springer Science+Business Media

[springer.de](http://springer.de)

© Springer Verlag Berlin Heidelberg 2010

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

**Produkthaftung:** Für Angaben über Dosierungsanweisungen und Applikationsformen kann vom Verlag keine Gewähr übernommen werden. Derartige Angaben müssen vom jeweiligen Anwender im Einzelfall anhand anderer Literaturstellen auf ihre Richtigkeit überprüft werden.

Planung: **Ulrike Hartmann, Heidelberg**  
Projektmanagement: **Ulrike Niesel, Heidelberg**  
Copy-Editing: **Dr. Doortje Cramer-Scharnagl, Edewecht**  
Layout und Einbandgestaltung: **deblík Berlin**  
Umschlagsmotiv: © [imagesource.com](http://imagesource.com)  
Satz: **medionet Publishing Services Ltd., Berlin**

SPIN: 12540693

Gedruckt auf säurefreiem Papier 22/2122/UN – 5 4 3 2 1 0

## Vorwort: »Das Herz muss über die Hürde«

---

### Ein paar Gedanken zur Compliance bei Bewegungstherapie

---

»Auch die längste Reise beginnt mit dem ersten Schritt« heißt ein chinesisches Sprichwort. Aber das ist wohl nur teilweise wahr. Denn nicht aus jedem ersten Schritt wird auch tatsächlich eine große Reise, da man z. B. nach den ersten drei Schritten entmutigt aufhören kann.

Kennen Sie das? Dass Sie kurz vor einer Reise plötzlich keine Lust mehr haben, loszufahren? Es kommt dieser Moment – meist ein, zwei Tage vor Antritt der Reise – wo man sich innerlich losreißen muss. Es ist der Augenblick, wo man versteht, dass man wirklich fahren muss. Die Bequemlichkeiten zu Hause verlassen müssen und sich auf den Weg machen. Unbekanntem begegnen wird und damit fertig werden muss. Ist man dann einmal unterwegs, fühlt man sich besser: Das Herz muss erst einmal über die Hürde.

In einer ähnlichen Situation befinden sich unsere Patienten, die um ihrer Gesundheit willen ihr Leben verändern müssen und eine für sie zunächst ungewohnte und unbequeme Bewegungstherapie anfangen und durchhalten sollen.

Die zu überwindenden Widerstände sind hier offenbar beträchtlich. Die Hürden sind gewaltig. »In zahlreichen Studien konnte gezeigt werden, dass die Zahlen der Patienten, die sich an die konkreten Trainingsvorgaben halten, bei körperlichem Training besonders niedrig sind«, schreiben David Niederseer und Josef Niebauer in ihrem Kapitel »Bewegungstherapie bei koronarer Herzkrankheit«.

Die Widerstände gegen die Veränderung, die sich wie Ausreden anhören, sind zahlreich und menschlich zugleich:

- Wenn ich die Gewohnheit habe, jeden Feierabend mit Kumpels in der Kneipe Bierchen zu stemmen und Zigarettchen zu rauchen, dann könnte es sein, dass ich diese Kumpels und die Kneipe – die mich doch seelisch aufrecht halten – erst mal aufgeben muss, um die Kraft zu meiner Bewegungstherapie zu finden. Eine hohe Hürde. Andere werden mich, anstelle dieser Kumpels, aufrecht erhalten müssen, bis ich es selber kann.
- Oder ich sitze gerne abends auf dem Sofa, sehe Fernsehkrimis und stopfe dazu Kartoffelchips in mich hinein, gehe dann mit einer Art Kater ins Bett und stehe morgens deprimiert auf.
- »Ich bin doch eine ästhetische Zumutung, weil ich viel zu fett bin: So kann ich doch nicht in den Wald marschieren und joggen. Die Leute sehen mich schief an, wenn ich mit meinen wabbelnden Pfunden vorbeikomme.«
- »Außerdem habe ich einfach keine Zeit. Der Zeitaufwand für so eine Bewegungsgeschichte ist riesig. Ich mach' das ein, zwei Mal und dann kommt mir was dazwischen. Ein Termin. Schließlich muss ich auch noch arbeiten. Mir meinen Lebensunterhalt verdienen. – Und das war's dann.«
- »Ich war schon als Kind zu fett.«
- »Ich habe ein Trauma zu verarbeiten. Mein Mann ist gestorben. Da habe ich angefangen zu essen.«
- »Wegen irgendwelcher Blutwerte soll ich mich hier abstrampeln.«

Diese Widerstände können zum Teil auch depressiver Natur sein.

Hier muss der Arzt mitunter auch Psychotherapeut sein; oder es müssen spezielle psychologisch geschulte Motivationstrainer zu einer Bewegungsgruppe hinzugezogen werden, um Probleme dieser Art zu bearbeiten.

Dem Teufelskreis steht im Prinzip ein »Kreis der positiven Verstärkung« gegenüber, aus wachsendem körperlichem Wohlbefinden und wachsendem Selbstbewusstsein. Das Problem ist nur, dass die initiale »Umkehr des Drehsinns« erst einmal mit einem Kraftakt verbunden ist. Hier gibt es verschiedene Ansätze, den Patienten zu unterstützen:

- Eine gesunde Wut erzeugen: »Denen werde ich's zeigen. Natürlich darf ich auch mit schlabbernden Pfunden im Wald herumlaufen, das steht mir zu!«
- Das Verhältnis des Patienten zu seinem Körper muss neu justiert werden, d. h. Arbeit am Selbstbild des Patienten vornehmen. Das Schöne ist: Wenn die Bewegungstherapie erst einmal in Gang gekommen ist, geschieht dieses »Neu-Justieren« zum großen Teil von selbst. Denn der Körper verändert sich in einem positiven Sinne – und mit ihm das Verhältnis des Patienten zu ihm; zu sich selbst. Und sein Selbstbewusstsein wächst.

Der Therapeut kann es dem Patienten zwar nicht abnehmen, sein Herz über die Hürde zu tragen, er kann ihm aber dabei assistieren:

- Er kann mit ihm ein Team bilden, ein Mannschaftsgefühl erzeugen, bei dem der Patient die Hauptleistung erbringt, und der Arzt wichtige Hilfsleistungen beisteuert.
- Er kann klare Ziele formulieren. Durch sinnvolle Zwischenziele kann er für regelmäßige Erfolgserlebnisse sorgen. Er kann sinnvolle Systeme der Selbstbelohnung vorschlagen, die nicht den Erfolg der Bewegungstherapie in Frage stellen, sondern diesen verstärken.
- Er kennt positive Beispiele von Patienten, die es geschafft haben; er kann solche Patienten vorstellen und sie ihre Geschichte erzählen lassen. Er hat DVDs auf denen Rolf Maier und Tina Schröder (Namen frei erfunden) über ihre Schwierigkeiten berichten, und über den schließlichen Erfolg. Das ist ermutigend.
- Auch mentales Training kann hilfreich sein: Skifahrer gehen z. B. den zu fahrenden Kurs mit all seinen Höchstschwierigkeiten mit geschlossenen Augen durch, bevor sie starten.

Am Ende ist *die Bewegung selber* die Belohnung, das Erfolgserlebnis. Die regelmäßige Bewegung ist eine Freude, auf die er nicht mehr verzichten will. Sie ist ein Teil von ihm geworden.

David Niederseer und Josef Niebauer führen in ihrem o. g. Koronar-Kapitel weiter aus: »Allein zu Hause nach Anweisungen des Arztes zu trainieren, stellt für schwer motivierbare Patienten eine wenig zufriedenstellende Alternative dar. Viel besser kann hier motivierend auf die Patienten eingegangen werden, wenn ein stationärer Aufenthalt angeboten wird. Jedoch konnte in zahlreichen Studien nachgewiesen werden, dass die Patienten nach der stationären Rehabilitation nur selten körperliche Aktivität in ihren Alltag integrieren. So bietet sich eine ambulante (...) Rehabilitation an, die über eine lange Zeitdauer finanziert werden kann, da sie wesentlich kostengünstiger als ein stationäres Programm ist.«

Der einzelne Arzt darf in diesem Zusammenhang von sich selbst nicht zu viel erwarten. Er kann keine Institution ersetzen, er kann nur Teil eines Zusammenhangs sein. Er kann mit guter Beratungsarbeit einigen mehr dabei helfen, ihr Herz über die Hürde zu werfen, er kann dies aber letzten Endes nicht für sie tun.

Der Arzt kann anerkennen, dass die nötigen Schritte für die Patienten schwierig sind: Es hilft dem Patienten, wenn er spürt, dass der Arzt sich über die Höhe der Hürden einigermaßen im Klaren ist. Ganz gleich, in welchem Rahmen wir den Bewegungs-Patienten begegnen: Es wird uns leichter fallen, sie zu erreichen, wenn wir uns darüber klar sind, welche Belastun-

gen – nein nicht »wir ihnen zumuten wollen« -, sondern: zu welchen Belastungen wir sie einladen, *sich selber zuzumuten*.

Auch die längste Reise beginnt mit dem ersten Schritt. Aber vorher muss das Herz über die Hürde. Sonst kommt man nicht an.

September 2009  
Klaus Michael Braumann  
Niklas Stiller

# Inhaltsverzeichnis

---

<b>I</b>	<b>Allgemeiner Teil</b>	
<b>1</b>	<b>Bewegungstherapie und ihre Umsetzung – eine Einführung</b> . . . . .	<b>3</b>
	<i>Klaus-Michael Braumann</i>	
1.1	Einleitung . . . . .	4
1.2	Probleme der Durchführung einer Bewegungstherapie . . . . .	6
1.3	Individuelle Bewegungstherapie – Voraussetzungen zur Durchführung . . . . .	7
1.4	Zusammenfassung . . . . .	11
<b>2</b>	<b>Effekte körperlichen Trainings auf den Organismus</b> . . . . .	<b>13</b>
	<i>Klaus-Michael Braumann</i>	
2.1	Einleitung . . . . .	14
2.2	Akute und chronische Anpassungen an Körperarbeit . . . . .	14
2.3	Trainingseinflüsse auf die Muskulatur . . . . .	15
2.4	Trainingseinflüsse auf den passiven Bewegungsapparat . . . . .	18
2.5	Trainingseinflüsse auf innere Organe und Organsysteme . . . . .	18
2.6	Notwendige Belastungsintensitäten . . . . .	20
2.7	Trainierbarkeit und Altern . . . . .	20
2.8	Zusammenfassung . . . . .	21
<b>3</b>	<b>Grundlagen des Trainings: Ausdauer, Kraft, Bewegung und Koordination</b> . . . . .	<b>23</b>
	<i>Jan Schröder</i>	
3.1	Einführung . . . . .	24
3.2	Ausdauertraining . . . . .	26
3.3	Krafttraining . . . . .	30
3.4	Beweglichkeitstraining . . . . .	34
3.5	Koordinationstraining . . . . .	34
<b>4</b>	<b>Die Wirkung körperlicher Aktivität auf das Immunsystem</b> . . . . .	<b>39</b>
	<i>Hinnak Northoff, Markus Löffler, Asghar Abbasi</i>	
4.1	Einleitung . . . . .	40
4.2	Klinisch epidemiologische Untersuchungen . . . . .	41
4.3	Körperliche Aktivität und zelluläre Reaktionen im peripheren Blut . . . . .	42
4.4	Antwort von Hitzeschockproteinen, Immunglobulinen und Zytokinen auf körperliche Belastung . . . . .	44
4.5	Körperliche Aktivität, <b>low-grade systemic inflammation</b> (LGSi) und Arteriosklerose . . . . .	46
4.6	Körperliche Aktivität und Insulinresistenz . . . . .	46
4.7	Körperliche Aktivität und Krebsprävention . . . . .	47
4.8	Geschlechtsspezifische Unterschiede der immunologischen Belastungsreaktion . . . . .	47
4.9	Zusammenfassung . . . . .	48
<b>II</b>	<b>Therapieformen</b>	
<b>5</b>	<b>Bewegungstherapie bei Diabetes mellitus</b> . . . . .	<b>53</b>
	<i>Wolf-Rüdiger Klare</i>	
5.1	Typ-2-Diabetes: Begünstigt durch Übergewicht und Bewegungsmangel . . . . .	54

5.2	Physiologische Wirkungen einer Bewegungstherapie bei Diabetes mellitus und assoziierten Störungen . . . . .	56
5.3	Durchführung eines Bewegungstrainings bei Diabetes mellitus . . . . .	58
5.4	Zusammenfassung . . . . .	61
<b>6</b>	<b>Körperliche Aktivität als Therapiebestandteil bei Fettstoffwechselstörungen . . . . .</b>	<b>63</b>
	<i>Aloys Berg, Daniel König</i>	
6.1	Zur Situation . . . . .	64
6.2	Definition, Vorkommen und klinische Relevanz von Fettstoffwechselstörungen . . . . .	64
6.3	Grundsätzliche Therapieansätze bei Fettstoffwechselstörungen . . . . .	66
6.4	Die therapeutischen Prinzipien der körperlichen Aktivität . . . . .	67
6.5	Die praktische Umsetzung der körperlichen Aktivität . . . . .	71
6.6	Erfahrungen und Beispiele zur Effektivität der therapeutischen Wirkung körperlicher Aktivität . . . . .	72
6.7	Zusammenfassung . . . . .	75
<b>7</b>	<b>Sport und Bewegung in der Prävention und Therapie von Übergewicht und Adipositas im Kindes- und Jugendalter . . . . .</b>	<b>77</b>
	<i>Christine Graf, Sigrid Dordel, Benjamin Koch</i>	
7.1	Hintergrund . . . . .	78
7.2	Bewegung, Bewegungsmangel und Folgen . . . . .	78
7.3	Die Rolle der Sport- und Bewegungstherapie bei kindlicher Adipositas . . . . .	80
7.4	Inhalte einer Sport- und Bewegungstherapie und Effekte auf die Körperkomposition . . . . .	81
7.5	Geeignete Sportarten . . . . .	82
7.6	Ausgewählte Risiken im Sport und bei körperlicher Aktivität . . . . .	83
7.7	Zusammenfassung . . . . .	84
<b>8</b>	<b>Bewegungstherapie bei arterieller Hypertonie . . . . .</b>	<b>89</b>
	<i>Hans-Georg Predel, Thomas Schramm</i>	
8.1	Definition . . . . .	90
8.2	Epidemiologie . . . . .	90
8.3	Diagnostik des Hochdruckpatienten . . . . .	91
8.4	Therapie der arteriellen Hypertonie . . . . .	91
8.5	Kontraindikationen und Komplikationen der Sporttherapie . . . . .	95
8.6	Zusammenfassung . . . . .	96
<b>9</b>	<b>Bewegungstherapie bei Herzinsuffizienz – aktuelle Forschungsergebnisse . . . . .</b>	<b>97</b>
	<i>Herbert Nägele</i>	
9.1	Einleitung . . . . .	98
9.2	Herzinsuffizienz – ein Problem der Peripherie . . . . .	99
9.3	Therapie der Herzinsuffizienz . . . . .	100
9.4	Methoden der Bewegungsbehandlung bei Herzinsuffizienz . . . . .	105
9.5	Sicherheitsaspekte . . . . .	109
9.6	Was sagen die Leitlinien? . . . . .	109
9.7	Finanzielle und krankensicherungsrechtliche Aspekte . . . . .	110
9.8	Zusammenfassung . . . . .	110

<b>10</b>	<b>Bewegungstherapie bei koronarer Herzkrankheit</b> . . . . .	115
	<i>David Niederseer, Josef Niebauer</i>	
10.1	Koronare Herzkrankheit – eine Einführung in das Krankheitsbild . . . . .	116
10.2	Bewegungstherapie bei koronarer Herzkrankheit – Empfehlungen . . . . .	121
10.3	Wirkungen von Bewegungstherapie bei koronarer Herzkrankheit . . . . .	126
10.4	Hinweise für die praktische Umsetzung . . . . .	134
10.5	Zusammenfassung . . . . .	134
<b>11</b>	<b>Leistungsfähigkeit und Training bei Patienten nach Herz- oder Lungentransplantation</b> . . . . .	143
	<i>Uwe Tegtbur, Elke Gützlaff, Martin W. Busse, Martin Dierich, Jens Gottlieb, Christoph Bara, Christiane Kugler, André Simon, Axel Haverich</i>	
11.1	Körperliche Leistungsfähigkeit nach Herztransplantation . . . . .	144
11.2	Trainingsstudien bei herztransplantierten Patienten . . . . .	145
11.3	Empfehlungen zum körperlichen Training nach Herztransplantation – Gefährdungen und Besonderheiten . . . . .	146
11.4	Körperliche Leistungsfähigkeit nach Lungentransplantation . . . . .	148
11.5	Trainingsstudien bei lungentransplantierten Patienten . . . . .	149
11.6	Zusammenfassung . . . . .	151
<b>12</b>	<b>Bewegungstherapie bei obstruktiven Atemwegserkrankungen</b> . . . . .	153
	<i>Andreas Meyer, Hans Jörg Baumann</i>	
12.1	Lungensport bei asthmakranken Erwachsenen . . . . .	154
12.2	Körperliches Training bei COPD . . . . .	158
<b>13</b>	<b>Effektivität von körperlichem Training zur Verbesserung motorischer Leistungen bei Patienten mit demenzieller Erkrankung</b> . . . . .	167
	<i>Michael Schwenk, Andreas Lauenroth, Peter Oster, Klaus Hauer</i>	
13.1	Einleitung . . . . .	168
13.2	Epidemiologie und demografische Entwicklung . . . . .	168
13.3	Der Zusammenhang motorischer und kognitiver Leistungen bei Demenz . . . . .	168
13.4	Einfluss einer kognitiven Einschränkung auf das motorische Rehabilitationsergebnis . . . . .	170
13.5	Ergebnisse randomisierter, kontrollierter Studien zur Effektivität von körperlichem Training . . . . .	172
13.6	Neuer demenzspezifischer, körperlicher Trainingsansatz . . . . .	178
13.7	Fazit und Ausblick . . . . .	181
13.8	Zusammenfassung . . . . .	182
<b>14</b>	<b>Bewegungstherapie bei neurologischen Erkrankungen</b> . . . . .	185
	<i>Carl D. Reimers, Anne K. Reimers</i>	
14.1	Multiple Sklerose . . . . .	186
14.2	Parkinson-Syndrom . . . . .	189
14.3	Schlaganfälle . . . . .	190
14.4	Querschnittslähmung . . . . .	192
14.5	Neuromuskuläre Erkrankungen . . . . .	194
14.6	Post-Poliomyelitis-Syndrom . . . . .	195
14.7	Fibromyalgie . . . . .	196
14.8	Zusammenfassung . . . . .	197

<b>15</b>	<b>Bewegungstherapie bei psychischen Erkrankungen</b> . . . . .	201
	<i>Andreas Broocks</i>	
15.1	Die evolutionäre Sichtweise: kein Überleben ohne Bewegung . . . . .	202
15.2	Bewegungsmangel als Risikofaktor für psychische Erkrankungen? . . . . .	202
15.3	Historische Entwicklung . . . . .	203
15.4	Empirische Befunde zur Wirksamkeit von körperlichem Training . . . . .	204
15.5	Biologische und psychologische Wirkmechanismen . . . . .	205
15.6	Worauf kommt es in der praktischen Umsetzung an? . . . . .	207
15.7	Zusammenfassung . . . . .	208
<b>16</b>	<b>Bewegung und Kognition</b> . . . . .	211
	<i>Kirsten Hötting, Brigitte Röder</i>	
16.1	Einleitung . . . . .	212
16.2	Neuroplastizität – eine Begriffsdefinition . . . . .	212
16.3	Der Einfluss von Bewegung auf kognitive Leistungen bei Menschen . . . . .	213
16.4	Wirkmechanismen . . . . .	215
16.5	Bewegung zur Prävention und Behandlung neurologischer Erkrankungen . . . . .	217
16.6	Bewegungsinduzierte Plastizität im somatosensorischen und motorischen System . . . . .	218
16.7	Zusammenfassung . . . . .	219
<b>17</b>	<b>Bewegung und Krebs</b> . . . . .	223
	<i>Lisa Pleyer, Andrea Kappacher, Sabine Rosenlechner, Richard Greil</i>	
17.1	Einleitung . . . . .	224
17.2	Weshalb Tumorpatienten Bewegungstherapie als nichtpharmakologische Maßnahme »verschrieben« werden sollte . . . . .	224
17.3	Mögliche Zeitpunkte des Einsatzes von Bewegungstherapie im Laufe einer Tumorerkrankung . . . . .	229
17.4	Kann Bewegungstherapie Tumorpatienten schaden? . . . . .	230
17.5	Besonderheiten der Verschreibung von Bewegungstherapie bei Tumorpatienten . . . . .	231
17.6	Empfehlung und Ausführung wie weit ist die Kluft? . . . . .	233
17.7	Biologische Mechanismen des tumorigenesefördernden Effekts von Adipositas und körperlicher Inaktivität . . . . .	233
17.8	Zusammenfassung . . . . .	236
<b>III</b>	<b>Zum Nachschlagen</b>	
<b>18</b>	<b>Administrative Rahmenbedingungen, Verordnungs- und Abrechnungsmöglichkeiten</b> . . . . .	243
	<i>Hans-Hauke Engelhardt</i>	
18.1	Rehabilitationssport und Funktionstraining . . . . .	244
18.2	Präventionssport . . . . .	249
18.3	Eigenfinanzierter Präventions- und Rehabilitationssport und eigenfinanziertes Funktionstraining . . . . .	249
18.4	Aktueller Diskussionsstand . . . . .	249
18.5	Zusammenfassung . . . . .	253
	Stichwortverzeichnis . . . . .	255

## Autorenverzeichnis

---

### **Ashgar Abbasi, MSc**

Institut für Klinische und Experimentelle Transfusionsmedizin (IKET)  
Eberhard Karls Universität  
Tübingen  
Otfried-Müller-Straße 4/1  
D-72076 Tübingen

### **PD Dr. Christoph Bara**

Klinik für HTTG-Chirurgie  
Medizinische Hochschule  
Hannover  
Carl-Neuberg-Straße 1  
D-30625 Hannover

### **Prof. Dr. Hans-Jörg Baumann**

Universitätsklinikum Hamburg-Eppendorf  
Zentrum für Innere Medizin,  
Med. Klinik II  
Martinistraße 52  
D-20251 Hamburg

### **Prof. Dr. Aloys Berg**

Abt. Rehabilitative und Präventive Sportmedizin  
Universitätsklinikum Freiburg,  
Medizinische Universitätsklinik  
Hugstetter Straße 55  
D-79106 Freiburg

### **Prof. Dr. Klaus-Michael Braumann**

Abteilung Sport- und Bewegungsmedizin  
FB Bewegungswissenschaft,  
Fakultät für Erziehungswissenschaft, Psychologie und Bewegungswissenschaft  
Universität Hamburg  
Mollerstraße 10  
D-20148 Hamburg

### **Prof. Dr. Andreas Broocks**

HELIOS Kliniken Schwerin  
Carl-Friedrich-Flemming-Klinik  
Wismarsche Straße 393–397  
D-19049 Schwerin

### **Prof. Dr. Martin W. Busse**

Institut für Sportmedizin  
und Prävention  
Universität Leipzig  
Marschnerstraße 29  
D-04109 Leipzig

### **Dr. Martin Dierich**

Klinik für Pneumologie  
Medizinische Hochschule  
Hannover  
Carl-Neuberg-Straße 1  
D-30625 Hannover

### **Dr. Sigrid Dordel**

Institut für Schulsport  
und Schulentwicklung  
Deutsche Sporthochschule  
Köln  
Am Sportpark 6  
D-50933 Müngersdorf

### **Hans-Hauke Engelhardt**

Herz InForm – Arbeitsgemeinschaft Herz-Kreislauf Hamburg  
Humboldtstraße 56  
D-22083 Hamburg

### **Dr. Jens Gottlieb**

Klinik für Pneumologie  
Medizinische Hochschule  
Hannover  
Carl-Neuberg-Straße 1  
D-30625 Hannover

### **PD Dr. Dr. Christine Graf**

Institut für Bewegungs-  
und Neurowissenschaften  
Abt. Bewegungs- und Gesundheitswissenschaften  
Deutsche Sporthochschule  
Köln  
Am Sportpark 6  
D-50933 Müngersdorf

### **Prof. Dr. Richard Greil**

Universitätsklinik für Innere  
Medizin III  
Landeskrankenhaus  
Paracelsus Medizinische  
Privatuniversität Salzburg  
Müllner Hauptstraße 48  
A-5020 Salzburg

### **Dr. Elke Gützlaff**

Institut für Sportmedizin  
Medizinische Hochschule  
Hannover  
Carl-Neuberg-Straße 1  
D-30625 Hannover

### **PD Dr. Dr. habil. Klaus Hauer**

Bethanien-Krankenhaus/  
Geriatrisches Zentrum  
Klinikum der Universität  
Heidelberg  
Rohrbacher Straße 149  
D-69126 Heidelberg

### **Prof. Dr. Axel Haverich**

Klinik für HTTG-Chirurgie  
Medizinische Hochschule  
Hannover  
Carl-Neuberg-Straße 1  
D-30625 Hannover

**Dr. Kirsten Hötting**

Biologische Psychologie  
und Neuropsychologie  
Universität Hamburg  
Von-Melle-Park 11  
D-20146 Hamburg

**Dr. Andrea Kappacher**

Universitätsklinik für Innere  
Medizin III  
Landeskrankenhaus  
Paracelsus Medizinische  
Privatuniversität Salzburg  
Müllner Hauptstraße 48  
A-5020 Salzburg

**Dr. Wolf-Rüdiger Klare**

Klinik für Innere Medizin/  
Diabeteszentrum  
Hegau-Bodensee-Klinikum  
Radolfzell  
Hausherrenstraße 12  
D-78315 Radolfzell

**Dr. Benjamin Koch**

Projektgruppe Komm mit in  
das gesunde Boot –  
Grundschule  
Sektion Sport- und Rehabilita-  
tionsmedizin  
Universitätsklinikum Ulm –  
Haus 58/33  
Frauensteige 6  
D-89075 Ulm

**Prof. Dr. Daniel König**

Abt. Rehabilitative und Präven-  
tive Sportmedizin  
Universitätsklinikum Freiburg,  
Medizinische Universitätsklinik  
Hugstetter Straße 55  
D-79106 Freiburg

**Dr. Christiane Kugler**

Klinik für HTTG-Chirurgie  
Medizinische Hochschule  
Hannover  
Carl-Neuberg-Straße 1  
D-30625 Hannover

**Dr. Andreas Lauenroth**

Netzwerk AltersfoRschung  
(NAR)  
Bergheimer Straße 20  
D-69115 Heidelberg

**Dr. Markus Löffler**

Institut für Klinische und Expe-  
rimentelle Transfusionsmedizin  
(IKET)  
Eberhard Karls Universität  
Tübingen  
Otfried-Müller-Straße 4/1  
D-72076 Tübingen

**PD Dr. Andreas Meyer**

Klinik für Pneumologie  
Krankenhaus St. Kamillus  
Kliniken Maria Hilf GmbH  
Kamillianerstraße 40–42  
D-41269 Mönchengladbach

**PD Dr. Herbert Nägele**

Krankenhaus St. Adolf-Stift  
Hamburger Straße 41  
D-21465 Reinbek

**Prim. Univ.-Prof. Dr. Dr.  
Josef Niebauer**

Universitätsinstitut für präven-  
tive und rehabilitative Sport-  
medizin  
Institut für Sportmedizin des  
Landes Salzburg  
Paracelsus Medizinische  
Privatuniversität Salzburg  
Lindhofstraße 20  
A-5020 Salzburg

**Dr. David Niederseer**

Universitätsinstitut für präven-  
tive und rehabilitative Sport-  
medizin  
Institut für Sportmedizin des  
Landes Salzburg  
Paracelsus Medizinische Pri-  
vatuniversität Salzburg  
Lindhofstraße 20  
A-5020 Salzburg

**Prof. Dr. Hinnak Northoff**

Institut für Klinische und Expe-  
rimentelle Transfusionsmedizin  
(IKET)  
Eberhard Karls Universität  
Tübingen  
Otfried-Müller-Straße 4/1  
D-72076 Tübingen

**Prof. Dr. Peter Oster**

Bethanien-Krankenhaus/Geria-  
trisches Zentrum  
Klinikum der Universität Hei-  
delberg  
Rohrbacher Straße 149  
D-69126 Heidelberg

**Dr. Lisa Pleyer**

Universitätsklinik für Innere  
Medizin III  
Landeskrankenhaus  
Paracelsus Medizinische Pri-  
vatuniversität Salzburg  
Müllner Hauptstraße 48  
A-5020 Salzburg

**Prof. Dr. Hans-Georg  
Predel**

Institut für Kreislaufforschung  
und Sportmedizin  
Deutsche Sporthochschule  
Köln  
Am Sportpark 6  
D-50933 Müngersdorf

**Dipl.-Sportwiss. Anne K. Reimers**

Tannenweg 35a  
D-50374 Erftstadt-Liblar

**Prof. Dr. Carl D. Reimers**

Klinik für Neurologie  
Zentralklinik Bad Berka GmbH  
Robert-Koch-Allee 9  
D-99437 Bad Berka

**Prof. Dr. Brigitte Röder**

Biologische Psychologie und  
Neuropsychologie  
Universität Hamburg  
Von-Melle-Park 11  
D-20146 Hamburg

**Dr. Sabine Rosenlechner**

Universitätsklinik für Innere  
Medizin III  
Landeskrankenhaus  
Paracelsus Medizinische Pri-  
vatuniversität Salzburg  
Müllner Hauptstraße 48  
A-5020 Salzburg

**Dr. Thomas Schramm**

Maternusstraße 40–42  
D-50996 Köln

**Jan Schröder**

Fachbereich Bewegungswis-  
senschaft  
Abt. Bewegungs- und Trai-  
ningswissenschaft  
Universität Hamburg  
Mollerstraße 2  
D-20146 Hamburg

**Michael Schwenk**

Bethanien-Krankenhaus/Geria-  
trisches Zentrum  
Klinikum der Universität Hei-  
delberg  
Rohrbacher Straße 149  
D-69126 Heidelberg

**PD Dr. André Simon**

Klinik für HTTG-Chirurgie  
Medizinische Hochschule  
Hannover  
Carl-Neuberg-Straße 1  
D-30625 Hannover

**Prof. Dr. Uwe Tegtbur**

Institut für Sportmedizin  
Medizinische Hochschule  
Hannover  
Carl-Neuberg-Straße 1  
D-30625 Hannover

# Allgemeiner Teil

- 1 Bewegungstherapie und ihre Umsetzung – eine Einführung – 3**  
*Klaus-Michael Braumann*
- 2 Effekte körperlichen Trainings auf den Organismus – 13**  
*Klaus-Michael Braumann*
- 3 Grundlagen des Trainings: Ausdauer, Kraft, Bewegung und Koordination – 23**  
*Jan Schröder*
- 4 Die Wirkung körperlicher Aktivität auf das Immunsystem – 39**  
*Hinnak Northoff, Markus Löffler, Asghar Abbasi*

# Bewegungstherapie und ihre Umsetzung – eine Einführung

*Klaus-Michael Braumann*

- 1.1 Einleitung – 4**
  - 1.1.1 Bewegung als Therapie – 4
  - 1.1.2 Probleme der Bewegungstherapie – 5
  - 1.1.3 Unklarer Wirkmechanismus – 5
  - 1.1.4 Unkenntnis der Dosierung – 6
  - 1.1.5 Semantisches Problem – 6
- 1.2 Probleme der Durchführung einer Bewegungstherapie – 6**
- 1.3 Individuelle Bewegungstherapie –  
Voraussetzungen zur Durchführung – 7**
  - 1.3.1 Belastungsuntersuchung – 7
  - 1.3.2 »Laktattest« – 8
  - 1.3.3 Spiroergometrie – 10
- 1.4 Zusammenfassung – 11**

Fehlernährung bei Überernährung sowie Bewegungsmangel sind in der heutigen modernen industriellen Welt als wesentliche Ursachen für die meisten der sogenannten »Zivilisationskrankheiten« erkannt worden. Vor diesem Hintergrund erhält regelmäßige körperliche Bewegung als ein elementarer Bestandteil des menschlichen Lebens eine völlig neue Bedeutung. Zunehmend diskutiert wird Bewegung als Bestandteil eines therapeutischen Konzepts bei verschiedensten Krankheitsbildern.

In diesem Beitrag lesen Sie über:

- die präventive und die therapeutische Bedeutung von Bewegung,
- mögliche Gründe, warum die Bewegungstherapie noch nicht ausreichend ins Bewusstsein von Forschung und Praxis gelangt ist,
- den dringenden Bedarf an Forschungsarbeiten zu Wirkmechanismen und Dosierung der Bewegungstherapie,
- diagnostische Verfahren zur Feststellung der individuellen Dosierung von Bewegung.

## 1.1 Einleitung

Der biologische Bauplan des menschlichen Körpers gleicht immer noch dem unserer Vorfahren, für die als Jäger und Sammler ein hohes Maß an Bewegung zum normalen Alltag gehörte. Demzufolge verfügen wir über einen für die Anforderungen der modernen Zivilisation überdimensionierten Bewegungsapparat sowie ein gleichfalls überdimensioniertes Herz-Kreislauf-System. Als Folge der modernen Lebensweise sind die minimalen Reize nicht mehr gegeben, die der Regel nach Roux [23] entsprechend zur Aufrechterhaltung der Organfunktionen notwendig sind. Somit sind Fehlfunktionen der verschiedenen Organsysteme durch Bewegungsmangel vorprogrammiert.

Die chronische körperliche Unterforderung im Alltagsleben in Kombination mit immer höherer psychischer Belastung führt zu typischen Krankheitsbildern, für deren Behandlung Bewegung zunehmend als Teil eines therapeutischen Konzepts diskutiert wird.

Die präventiven Effekte regelmäßiger körperlicher Aktivität sind unumstritten. Seit Ende der 1960er-Jahre konnte in zahlreichen epidemiolo-

gischen Studien gezeigt werden, dass regelmäßige körperliche Aktivität als wesentliches Element zur Reduzierung des Risikos von Herz-Kreislauf-Erkrankungen betrachtet werden muss. Diese Zusammenhänge wurden zunächst beim Vergleich der Herzinfarktinzidenz in Berufsgruppen mit unterschiedlicher körperlicher Aktivität nachgewiesen; zwischenzeitlich ist gesichert und in zahlreichen Kohortenstudien immer wieder belegt, dass regelmäßige körperliche Aktivität das Risiko einer kardiovaskulären Erkrankung um 50 % reduziert [20]. Ähnliche Zusammenhänge liegen auch für andere chronische Erkrankungen vor: Menschen, die sich regelmäßig bewegen, erkranken seltener an Diabetes [13, 28] oder malignen Tumorerkrankungen [5] und haben seltener psychische Erkrankungen [9]. Selbst bei bereits bestehenden Erkrankungen hat eine gute Fitness erhebliche Auswirkungen: Körperlich untrainierte haben im Vergleich zu fiten Menschen mit der gleichen Erkrankung eine bis zu dreifach höhere Mortalität. Dies konnte gezeigt werden für Patienten mit Hypertonus, Diabetes, COPD, Hypercholesterinämie, Übergewicht und auch bei Nikotinabusus [16].

### 1.1.1 Bewegung als Therapie

Erst seit relativ kurzer Zeit setzt sich in der Medizin zunehmend die Erkenntnis durch, dass durch gezielt angewandte Bewegung auch bereits bestehende Krankheitsbilder behandelt werden können. Für Erkrankungen des Bewegungsapparates beziehungsweise im Rahmen von Rehabilitationsmaßnahmen nach operativen Eingriffen am Bewegungssystem ist ein gezieltes Kräftigungsprogramm der beteiligten Muskulatur seit 30 Jahren ein unverzichtbarer Bestandteil der postoperativen Therapie; viele der heute routinemäßig durchgeführten rekonstruktiven Gelenkeingriffe wären ohne die Erkenntnisse der Möglichkeiten einer postoperativen Trainingstherapie gar nicht denkbar [8, 21].

- Inzwischen ist gut belegt, dass regelmäßige Bewegung nicht nur präventive, sondern – richtig dosiert und individuell angepasst – auch hervorragende therapeuti-

## sche Effekte bei einer Vielzahl von Krankheitsbildern hat [19].

Dieses Buch möchte den aktuellen Stand der bewegungstherapeutischen Möglichkeiten für verschiedene Krankheitsbilder präsentieren. Sie werden in den folgenden Kapiteln eine Darstellung der bekannten Effekte von Bewegung auf verschiedene Erkrankungen finden. So werden kompetente Spezialisten aus der Kardiologie die Effekte eines Bewegungstrainings auf das Herz-Kreislauf-System beschreiben: wie man durch Bewegung koronare Herzkrankheit, Herzinsuffizienz und Hypertonus behandeln kann. Aus der Sicht der Diabetologen werden die Möglichkeiten zur Therapie des Diabetes genauso präsentiert wie die Therapieoptionen bei Fettstoffwechselstörungen und Übergewicht. Aus pulmologischer Sicht werden die Effekte auf Asthma und COPD abgehandelt, der Neurologe und der Psychiater schreiben über die Möglichkeiten der Bewegungstherapie für Krankheiten aus diesen Fächern und schließlich findet sich ein umfangreiches Kapitel über die Effekte einer Bewegungstherapie bei Patienten mit den verschiedenen Formen von Krebserkrankungen. Sie finden Ausführungen über die Bedeutung von Bewegung im Rahmen der Rehabilitation nach Herz- bzw. Lungentransplantation ebenso wie in der Prävention kindlicher Adipositas sowie der Verbesserung der Lebenssituation alter Menschen. Schließlich umfasst das Buch auch Ausführungen über Effekte, die über rein gesundheitliche Dimension hinausgehen, wie z. B. die intellektuelle Leistungsfähigkeit.

Trotz der faszinierenden Datenlage muss man in der täglichen Praxis allerdings feststellen, dass eine regelhafte Verordnung von Bewegung als therapeutisches Element noch immer nur zögerlich erfolgt. Einige mögliche Gründe sollen hier angerissen werden.

### 1.1.2 Probleme der Bewegungstherapie

Über Jahrtausende wurden Menschen krank, weil sie zu wenig zu essen hatten und sich körperlich zu stark belasten mussten. »Bettruhe und viel Essen« war daher über lange Zeiten die erste Therapieemp-

fehlung. Erst seit wenigen Jahrzehnten hat sich dieser Mechanismus der Krankheitsentstehung in das totale Gegenteil verkehrt; eine immer größere Zahl von Menschen wird heutzutage krank, weil sie zu viel isst und sich zu wenig bewegt. Das bedeutet aber auch ein komplettes Umdenken in der Behandlung. Dieser »Paradigmenwechsel« ist in einer Wissenschaft mit einer so langen Tradition wie der Medizin vermutlich nicht innerhalb einer halben Generation zu erreichen. Bewegung als Therapie ist deshalb noch nicht genügend in das Bewusstsein vieler Ärztinnen und Ärzte gelangt [3]; erst seit wenigen Jahren finden sich sport- und bewegungsmedizinische Inhalte in den Curricula für das Medizinstudium.

### 1.1.3 Unklarer Wirkmechanismus

Daneben gibt es noch andere Gründe für die nur langsam entstehende Akzeptanz der Bewegungstherapie innerhalb der klinischen Medizin: So liegen bislang viel zu wenig wissenschaftlich begründete Kenntnisse über die Mechanismen ihrer Wirkung vor, insbesondere über die notwendige Trainingsintensität, Trainingshäufigkeit sowie über Dosis-Wirkungs-Beziehungen. Während die Effekte pharmakologischer Substanzen oftmals bis hin zur molekularen Ebene untersucht sind, steht die Erforschung der zellulären oder gar molekularen Mechanismen der Effekte körperlicher Bewegung erst in den Anfängen und beschränkt sich mehr auf eine Darstellung einzelner Phänomene.

Erfreulicherweise konnten im Hinblick auf die Wirkmechanismen von Bewegung in den vergangenen Jahren bemerkenswerte Erkenntnisse gewonnen werden, die auch in diesem Buch ausführlich dargestellt werden. Die vielleicht bedeutendste Erkenntnis ist vermutlich aber die, dass die Muskulatur neben ihrer mechanischen Funktion als Stabilisator und Beweger von Gelenken auch als endokrines Organ betrachtet werden kann: Muskelaktivität führt zu einer vermehrten Bildung und Freisetzung antiinflammatorisch wirkender Zytokine, insbesondere von Interleukin 6. Dieses Phänomen könnte möglicherweise die beeindruckenden Effekte einer Bewegungstherapie auf so unterschiedliche Krankheitsbilder wie KHK, Herz-

insuffizienz, Diabetes, Tumorerkrankungen oder Multiple Sklerose erklären: Bei der Entstehung dieser Krankheitsbilder werden in letzter Zeit vermehrt entzündliche Reaktionen diskutiert; unter anderem handelt es sich dabei um den besonders im viszeralen Fettgewebe produzierten Tumornekrosefaktor-alpha (TNF- $\alpha$ ) [18].

### 1.1.4 Unkenntnis der Dosierung

Im Vergleich zu anderen Therapiekonzepten herrscht bei der Verordnung von Bewegungstherapie nach wie vor Unsicherheit im Hinblick auf die geeigneten Belastungsformen sowie die zum Erreichen eines optimalen Therapieeffekts notwendigen Intensitäten und Häufigkeiten. Eine pauschale Empfehlung wie »Treiben Sie mal Sport und bewegen Sie sich mehr« ist oftmals der einzige Rat, der Patienten bei entsprechender Indikation von ihren behandelnden Ärzten mit auf den Weg gegeben wird. In der Tat gibt es kaum Daten, aus denen die Dosis-Wirkungs-Beziehungen von Bewegungstherapie indikationsbezogen und individuell abgeleitet werden können. Entsprechend der trainingswissenschaftlichen Aufteilung wird zwar zwischen Krafttraining und Ausdauerbelastungen (sogenanntem »Kardiotraining«) unterschieden, die unterschiedliche Effizienz individuell angepasster Intensitäten bei verschiedenen Krankheitsbildern wurde bislang allerdings kaum systematisch untersucht.

Schließlich besteht auch bei der Ermittlung optimaler Intensitäten erheblicher Forschungsbedarf: Aufgrund des unzweifelhaft vorhandenen potenziellen Risikos einer akuten Belastung – z. B. bei einem Patienten mit KHK oder Asthma – wird eine Bewegungstherapie häufig mit sehr niedrigen Intensitäten angeboten und durchgeführt. Das führt beispielsweise dazu, dass in den vielen Einrichtungen, in denen Bewegungstherapie eine immer größere Bedeutung erlangt, die Patienten unabhängig von Alter, Geschlecht und Leistungsfähigkeit alle nach derselben Standardbelastung trainiert werden, dadurch oftmals weit von ihren »optimalen« Intensitäten entfernt.

### 1.1.5 Semantisches Problem

Schließlich scheint auch ein gewisses semantisches Problem eine breitere Akzeptanz von Bewegungstherapie bislang verhindert zu haben. Zu häufig wird Bewegungstherapie auch als »Sport«-Therapie bezeichnet, und die Patienten erhalten von ihren Ärzten die Empfehlung, »Sport« zu treiben. Der Begriff »Sport« wird bei vielen Menschen aber assoziiert mit verbissenem Streben nach Höchstleistung, mit »Bewegen unter Wettkampfbedingungen« und mit Erschöpfungszuständen nach anstrengenden Sportbelastungen. Die weitaus meisten positiven Effekte, die durch regelmäßige körperliche Aktivität im therapeutischen Bereich erreicht werden, entstehen aber durch körperliche Aktivität im Sinne von Bewegung. Nach Bouchard versteht man hierunter den »erhöhten Energieumsatz durch lokomotorische Muskelaktivität« [2], und genau dieser Ansatz muss in der Öffentlichkeit stärker vermittelt werden, damit die bisherigen Vorurteile gegen die Bewegungstherapie abgebaut werden können. Es geht nicht um »Sport«, sondern um »Bewegung«.

### 1.2 Probleme der Durchführung einer Bewegungstherapie

Trotz der bemerkenswerten Erkenntnisse über die hervorragenden Effekte einer Bewegungstherapie sind die Voraussetzungen zur Durchführung einer solchen Behandlung äußerst begrenzt. Das liegt unter anderem daran, dass sehr viele therapeutische Effekte von Bewegung unter dem Begriff »Sekundär-« oder sogar »Tertiär(!)-Prävention« subsumiert werden. Das führt dann dazu, dass die eindeutigen *therapeutischen* Effekte, z. B. auf Risikofaktoren für die koronare Herzkrankheit (Hypertonus, Fettstoffwechselstörung, Insulinresistenz), deren Therapie wiederum zu einer Reduzierung der KHK-Häufigkeit führt, als Sekundärprävention bezeichnet werden und durch diesen semantischen Winkelzug nicht in das ureigene Aufgabenfeld der gesetzlichen Krankenversicherung fällt.

Im Gegensatz zu physiotherapeutischen Leistungen kann Bewegungstherapie in der Regel nur in Form von Rehabilitations- oder Präventions-

sport in Gruppen betrieben werden. Hierfür haben insbesondere die Sportorganisationen, inzwischen aber auch vermehrt kommerzielle Fitnessseinrichtungen, hervorragende Programme entwickelt. In der Praxis zeigt sich allerdings, dass zu wenige Patienten die für sie notwendigen bewegungstherapeutischen Möglichkeiten unter den aktuellen Bedingungen in Anspruch nehmen. Tatsächlich haben viele chronisch kranke Menschen im Laufe ihres Lebens jegliches Körpergefühl verloren, sind aufgrund der ihnen bekannten Diagnosen verängstigt und unsicher darüber, wie stark sie sich belasten dürfen und was sie sich zumuten können. Und die Notwendigkeit, ein solches Programm in einer Gruppe durchzuführen, ist ein weiterer gravierender Grund für eine Nicht-Teilnahme an derartigen Programmen. Für diese Patienten fehlen die Möglichkeiten einer Bewegungsvermittlung, durch die sie – ähnlich wie bei der Krankengymnastik – in wenigen Therapieeinheiten erlernen könnten, wie sich Training anfühlt und wie sie es in eigener Regie durchführen können.

### 1.3 Individuelle Bewegungstherapie – Voraussetzungen zur Durchführung

Wenn eine Bewegungstherapie als eine ärztlich verordnete Therapieoption verstanden wird, dann müssen vor Beginn bei den Patienten neben einer eindeutigen Indikationsstellung verschiedene diagnostische Verfahren durchgeführt werden, um einen optimalen Therapieeffekt zu erreichen.

Eine Bewegungstherapie folgt in Ihren Grundzügen den Regeln der Trainingslehre. Sie beruht auf dem Prinzip der Anpassungsfähigkeit von Organismen durch überschwellige Belastungen [23], auf die eine Phase der sogenannten »Superkompensation« folgt, während derer sich die belasteten Strukturen nicht nur wieder erholen, sondern sogar eine höhere Leistungsfähigkeit als vor dem Training erreichen. Wichtig hierbei ist der Wechsel zwischen Belastung und Regeneration, um einen möglichst hohen Leistungszuwachs zu erreichen. Das bedeutet, dass auch im Rahmen der Bewegungstherapie eine gezielte Anwendung optimaler Trainingsintensitäten mit ausreichenden Regenerationszeiten

angestrebt werden sollten, um somit den größtmöglichen Behandlungserfolg zu erzielen.

► **Durch die individuelle Anpassung des Trainings soll sowohl eine Überlastung (potenzielle Gefährdung) als auch die Unterforderung des Patienten (geringer oder gar fehlender Therapieeffekt) vermieden werden.**

#### 1.3.1 Belastungsuntersuchung

Ziel einer Belastungsuntersuchung vor Therapiebeginn ist neben der Feststellung der aktuellen Leistungsfähigkeit die Vorgabe optimaler Belastungsintensitäten sowie die Abklärung der Frage, ob der Patient überhaupt gefahrlos belastet werden kann. Es sollte deshalb schon aus forensischen Gründen selbstverständlich sein, vor Einleitung einer Bewegungstherapie durch eine ärztliche Untersuchung das Risiko einer unerkannten Schädigung weitgehend zu minimieren; hierzu gehören selbstverständlich auch eine Belastungsuntersuchung mit einem Belastungs-EKG sowie die Bestimmung des Blutdruckverhaltens. Dabei sollte die Belastungsuntersuchung unbedingt bis zur vollständigen Ausbelastung der Probanden durchgeführt und nicht bereits auf submaximalen Belastungsstufen abgebrochen werden. Nur so lassen sich Auffälligkeiten entdecken, die beim Training in eigener Regie möglicherweise fatale Wirkungen haben könnten.

Die Untersuchung sollte zunächst auf einem Fahrradergometer durchgeführt werden, weil dabei am besten eine artefaktfreie EKG-Ableitung sowie eine sichere Bestimmung des Blutdrucks bei Belastung gelingt. Bei Bedarf kann dann später eine Untersuchung auf dem Laufbandergometer erfolgen, da geübte Läufer unter diesen Bedingungen eine höhere Ausbelastung erreichen können. Die Untersuchung erfolgt nach einem standardisierten Schema: Ausgehend von niedrigen Belastungsintensitäten wird die Belastung stufenförmig in definierten Zeitabständen um einen definierten Betrag gesteigert, bis aufgrund von Erschöpfung oder dem Vorliegen von Abbruchkriterien ein Abbruch erfolgt (Stufentest). Bei der Fahrradergometrie erfolgt die Belastungssteigerung üblicherweise alle 3 Minuten in Schritten von 50 Watt, kann aber bei Personen

mit geringerer Leistungsfähigkeit auch auf 25-Watt-Schritte verringert werden (WHO-Protokoll).

Das Ausdauertraining ist ein Hauptelement bewegungstherapeutischer Maßnahmen bei nichtorthopädischen Erkrankungen. Im Rahmen einer solchen Untersuchung kann durch eine sogenannte »Leistungsdiagnostik« die Ermittlung der für bestimmte Trainingsziele am besten geeigneten individuellen Intensität für Ausdauerbelastungen erfolgen.

Die wichtigsten leistungsphysiologischen Parameter, die während einer solchen Belastungsuntersuchung ermittelt werden sollten, sind:

- die maximal erbrachte physikalische Leistung,
- die sogenannte »individuelle aerob-anaerobe Schwelle« (IAAS) und daraus abgeleitet
- die optimale Herzfrequenzen zum Erreichen bestimmter Trainingsziele sowie
- (optional) die max. Sauerstoffaufnahme-fähigkeit ( $VO_2 \text{ max.}$ ).

### 1.3.2 »Laktattest«

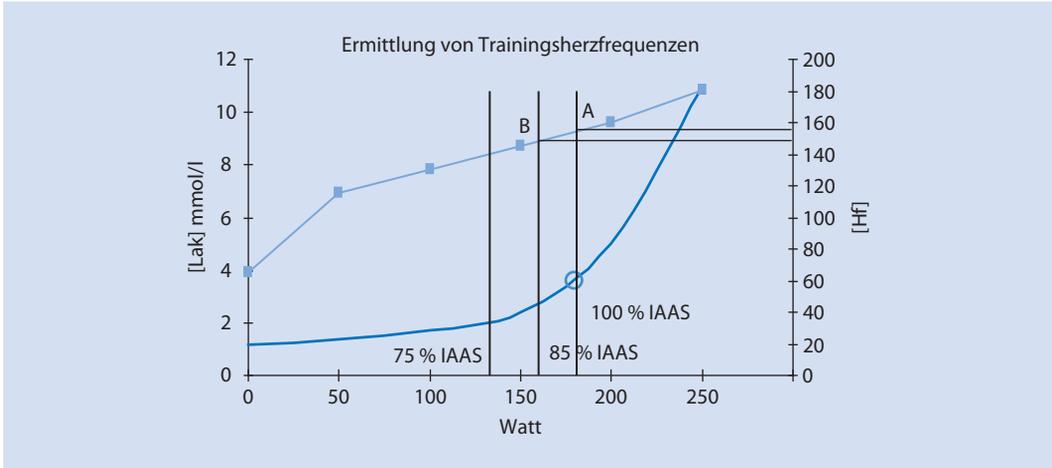
Die individuelle anaerobe Schwelle wird mit einem »Laktattest« ermittelt. Physiologische Grundlage solcher Tests ist der Umstand, dass Muskeln bei Belastung Milchsäure produzieren, diese Milchsäure aber gleichzeitig von anderen Organen (u. a. Leber, Herzmuskel und wenig aktive Muskulatur) wieder eliminiert wird [4]. Milchsäurebildung und -elimination befinden sich bei Belastungen in einem »steady state«.

Ab einer bestimmten Belastungsintensität wird so viel Milchsäure gebildet, dass die Elimination nicht mehr ausreicht – es kommt zu einem allmählichen Anstieg der Laktatkonzentration im Blut. Der Belastungsbereich, bei dem sich Milchsäurebildung und -abbau gerade noch im Gleichgewicht befinden, wird »maximales Laktat-Steady-State« (maxLass) oder auch als »anaerobe Schwelle« bezeichnet [1, 10].

Die Ermittlung der **Laktatleistungskurve** wird typischerweise in einem Stufentest bestimmt (►Kap. 1.3.1): Dabei erfolgt am Ende jeder Belastungsstufe die Registrierung der Herzfrequenz (Hf) und die Entnahme eines Tropfens Blut aus dem (hyperämisierten) Ohrläppchen zur Bestimmung der Laktatkonzentration (Lak). Die grafische Beziehung zwischen der Belastungsintensität und der dabei gemessenen Milchsäurekonzentration wird als die Laktatleistungskurve (LLK) bezeichnet. Diese Kurve zeigt typischerweise auf niedrigen Belastungsstufen zunächst einen flachen Verlauf. Wenn mit steigender Belastung die Laktatbildung immer mehr steigt und die Steady-State-Bedingungen nicht mehr aufrechterhalten werden können, kommt es zum typischen exponentiellen Anstieg der Kurve. Je später dieser Anstieg erfolgt, desto höher ist die Belastung, die ohne eine leistungslimitierende Laktatakkumulation erbracht werden kann.

Zur Ermittlung der **anaeroben Schwelle** aus einem Stufentest existieren verschiedene Verfahren, die aber alle in der Lage sein sollten, den Bereich des maxLass mit ausreichender Genauigkeit zu diskriminieren. Eine Überprüfung der angewandten Methodik zur Ermittlung der Schwelle erfolgt durch eine Dauerbelastung im Bereich der ermittelten Schwellenintensität. Die Belastung am maximalen Laktat-Steady-State wird als diejenige definiert, bei der in den letzten 20 Minuten einer z. B. 30-minütigen Dauerbelastung die Laktatkonzentration um weniger als 1 mmol/l ansteigt [11].

Die Kenntnis der individuellen aerob-anaeroben Schwelle erlaubt die Vorgabe individuell günstiger Belastungsintensitäten: Erfahrungsgemäß lässt sich die Intensität im Bereich der Schwelle für eine wenig trainierte Person nur für eine kurze Zeit durchhalten. In der Trainingswissenschaft wird daher eine Belastung von ca. 85% der anaeroben Schwelle empfohlen, mit der längere Belastungen problemlos toleriert werden können (sog. »Behaglichkeitsbereich«). Es besteht trainingswissenschaftlicher Konsens, dass bei diesen Belastungsintensitäten die günstigsten Anpassungen des Organismus erreicht werden, ohne dass gesundheitlich schädliche Effekte im Rahmen eines Trainingsprogramms (z. B. bei Menschen mit Vorerkrankungen) zu erwarten sind [17].



■ **Abb. 1.1** Schema zur Ermittlung der Trainingsherzfrequenzen aus der Laktatleistungskurve. Hf Herzfrequenz, IAAS individuelle aerob-anaerobe Schwelle, Lak Laktatkonzentration

Die Ermittlung der Herzfrequenzen für die unterschiedlichen Belastungsbereiche ist in **Abb. 1.1** dargestellt: Die anaerobe Schwelle dieser exemplarischen LLK liegt – ermittelt als Punkt der größten Steigungsänderung der Kurve – bei einer Belastung von ca. 180 Watt (Kreis), die korrespondierende Herzfrequenz bei ca. 158 Schlägen/min (Punkt A). Das bedeutet, dass längere Belastungen mit einer Herzfrequenz oberhalb von 158 Schlägen/min zu einer allmählichen Übersäuerung und damit zu einer vorzeitigen Ermüdung führen würden. Bei 85 % der Intensität der anaeroben Schwelle (in diesem Beispiel also bei ca. 150 Watt) liegt ein Bereich, der relativ problemlos über eine längere Zeit toleriert werden kann. Die Herzfrequenz für diesen »Behaglichkeitsbereich« liegt demnach bei ca. 150 Schlägen/min (Punkt B). Die effektivste Intensität eines Ausdauertrainings liegt in diesem Beispiel also in einem Herzfrequenzfenster zwischen 150 und knapp unter 160 Schlägen/min.

Durch mehrfache Laktattests im Verlauf einer Trainingsperiode kann die Effizienz des Trainingsprogramms überprüft werden: So zeigt sich ein erfolgreich durchgeführtes Ausdauertraining an einer Verschiebung der LLK nach rechts sowie durch eine Abnahme der Herzfrequenz auf gleichen Belastungsstufen – durch die verbesserte aerobe Leistungsfähigkeit kommt es zu einer verzögerten Laktatakkumulation und damit einem geringeren

Sympathikusantrieb mit geringerer Katecholamin-konzentration [26, 27].

Überraschenderweise wird eine derartige Eingangsuntersuchung noch immer häufig als überzogen angesehen; die Herzfrequenzen zur Trainingsintensitätsvorgabe werden stattdessen aus bestimmten Algorithmen abgeleitet. Tatsächlich aber sind diese in der Trainingspraxis genutzten Algorithmen zur Ermittlung der individuellen Trainingspulse mit einer hohen Fehlerquote verbunden, die häufig zu einer Über- bzw. Unterschätzung der Herzfrequenz und damit einer Über- bzw. Unterforderung führen. So können die Herzfrequenzen im Bereich der individuellen anaeroben Schwelle stark schwanken und bei verschiedenen Personen durchaus zwischen Werten von 120–185 Schlägen/min liegen.

Ein weiterer Vorteil der Laktatdiagnostik besteht darin, dass man auch ohne eine vollständige Ausbelastung des Patienten valide Parameter zur Trainingssteuerung erhält. Trainingsempfehlungen, die sich z. B. an der maximalen Herzfrequenz oder an der sogenannten maximalen Sauerstoffaufnahmeorientierung orientieren, benötigen eine vollständige Ausbelastung der Patienten, welche gerade bei leistungsschwachen Patienten oder solchen mit kardiovaskulärem Risiko nicht angestrebt werden sollte [25].

Eine gründliche Eingangsuntersuchung inklusive einer Laktatleistungsdiagnostik sollte also nicht nur aus forensischen Gründen, sondern auch zur Ermittlung der individuell optimalen Trainingsherzfrequenzen durchgeführt werden. Denn wenn Bewegung als Teil eines neuen Therapiekonzepts etabliert werden soll, muss dafür Sorge getragen werden, dass dieses »Medikament« nicht pauschal (»... treiben Sie mal Sport!«), sondern indikationsgerecht angewendet wird. Dazu ist die Kenntnis der individuell ermittelten optimalen Belastungsintensität unverzichtbar.

Schließlich ist die Kenntnis der optimalen individuellen Belastungsbereiche auch deswegen von Bedeutung, weil die Effizienz z. B. eines Ausdauertrainings durch intensivere Trainingsbelastungen offensichtlich signifikant verbessert werden kann [15]. Tatsächlich zeigt sich auch im Gesundheitsport im Vergleich zu früheren Jahren ein deutlicher Trend zu höheren Belastungsintensitäten und sogar zu einer Verlagerung vom reinen Ausdauertraining hin zu vermehrter Empfehlung von Krafttraining, selbst bei Bluthochdruckpatienten [7]. Ähnliche Ergebnisse sind für die Bewegungstherapie bei Patienten mit obstruktiven Lungenerkrankungen [6] sowie Patienten mit Herzinsuffizienz [14] beschrieben.

Gelegentlich geäußerte Zweifel an der Indikation von Laktatmessungen zur Ermittlung individueller Belastungsintensitäten bei Patienten werden durch neuere Daten relativiert: Form und Lage der LLK ähneln stark der Katecholaminantwort bei Körperarbeit, durch die es mit zunehmender peripherer Vasokonstriktion zu einer Reduzierung von Verteilungsräumen kommt, in denen die Laktatelimination stattfindet. Die LLK steigt dann als Zeichen einer abrupten Zunahme der sympathoadrenergen Stimulation. Die LLK spiegelt also gleichsam den Verlauf der Katecholaminkonzentration wider und erlaubt somit einen Rückschluss auf die Konzentration zirkulierender Katecholamine [24]. Da gerade bei Patienten mit Vorerkrankungen des Herz-Kreislauf-Systems eine zu hohe Sympathikusaktivierung vermieden werden muss, ist

die Kenntnis der anaeroben Schwelle als Ausdruck des Beginns der sympathoadrenergen Stimulation von wesentlicher Bedeutung bei der individuellen Anpassung eines Ausdauertrainings im Rahmen bewegungstherapeutische Programme.

### 1.3.3 Spiroergometrie

Optional ist im Rahmen einer leistungsdiagnostischen Untersuchung auch eine Spiroergometrie sinnvoll. Die zusätzliche Atemgasanalyse ermöglicht weitere Informationen über die aktuelle Leistungsfähigkeit und den Grad der Belastung [12]. Sie erlaubt mit der Bestimmung der maximalen Sauerstoffaufnahme (VO<sub>2</sub> max.) – dem »Bruttokriterium der kardiopulmonalen Leistungsfähigkeit« – die Beurteilung der Kenngröße für die aerobe Leistungsfähigkeit schlechthin. Da auch hier eine maximale Ausbelastung nicht immer erreicht werden kann, sollte man von einer »peak VO<sub>2</sub>« sprechen.

Die Sauerstoffaufnahme sollte immer auf das Körpergewicht bezogen werden (ml/kg/min). Die peak VO<sub>2</sub> wird von der Leistungsfähigkeit mehrerer in den Sauerstofftransport eingebundener Organsysteme beeinflusst: der Leistungsfähigkeit der Lunge, der Pumpleistung des Herzmuskels, der Verfügbarkeit von genügend Sauerstoffträgern sowie letztlich auch von der Fähigkeit der peripheren Muskulatur, den angebotenen Sauerstoff nutzen zu können. Sie gilt somit als der Marker schlechthin zur Beurteilung des Fitness- bzw. Ausdauertrainingszustandes. Sie erreicht im 3. Lebensjahrzehnt ihren Höhepunkt und nimmt anschließend pro Dekade um ca. 10 % ab [22]. Bei hochausdauertrainierten Athleten (Ruderer, Skilangläufer) kann dieser Wert bis >80 ml/kg/min betragen. Veränderungen der VO<sub>2</sub> während eines Trainings sind ebenfalls aussagefähige Parameter eines erfolgreich durchgeführten Trainings.

Schließlich kann durch eine spiroergometrische Untersuchung auch eine sog. »respiratorische anaerobe Schwelle« ermittelt und zur Vorgabe geeigneter Trainingsbelastungen herangezogen werden: Durch Pufferung der bei Muskelarbeit anfallenden Milchsäure durch Bicarbonat kommt es zur Bildung und vermehrter CO<sub>2</sub>-Abgabe, wenn die

Michsäurekonzentration ansteigt. Das führt in der grafischen Darstellung zu einem überproportionalen Anstieg der CO<sub>2</sub> Abgabe. Dieser als »VCO<sub>2</sub> slope« bezeichnete Deflektionspunkt der CO<sub>2</sub>-Abgabe-Kurve repräsentiert die respiratorische Schwelle (29), die in enger Beziehung zur metabolischen Schwelle steht.

## 1.4 Zusammenfassung

Die präventiven Effekte regelmäßiger körperlicher Aktivität sind unumstritten und konnten durch zahlreiche Studien belegt werden. Erst seit relativ kurzer Zeit setzt sich hingegen die Erkenntnis durch, dass durch gezielt angewandte Bewegung auch bereits bestehende Krankheitsbilder behandelt werden können. Trotzdem erfolgt eine regelhafte Verordnung von Bewegung als therapeutisches Element noch immer nur zögerlich, und erst seit wenigen Jahren finden sich sport- und bewegungsmedizinische Inhalte in den Curricula für das Medizinstudium. Obwohl hinsichtlich der Wirkmechanismen von Bewegung in den vergangenen Jahren bemerkenswerte Erkenntnisse gewonnen werden konnten, lässt auch die Forschungslage noch zu wünschen übrig.

Als diagnostische Verfahren zur Feststellung der individuell geeigneten Dosierung von Bewegung eignen sich Belastungsuntersuchungen, die Ermittlung der Laktatleistungskurve und ggf. die Spiroergometrie. Dabei bestätigen neuere Untersuchungen die Indikation von Laktatmessungen zur Ermittlung individueller Belastungsintensitäten.

### Literatur

- 1 Beneke R. Methodological aspects of maximal lactate steady state-implications for performance testing. *Eur J Appl Physiol* 89: 95–99, 2003.
- 2 Bouchard C, Shephard RJ. Physical activity, fitness and health: The model and key concepts. In: Bouchard C, Shephard RJ, Stephens T (eds.) *Physical activity, fitness and health*. Champaign, IL: Human Kinetics, 1994, p. 77–88.
- 3 Braumann K-M, Reer R, Schumacher E. Die Einschätzung der Bedeutung von Sport und Bewegung als Mittel der Therapie bei niedergelassenen Ärztinnen und Ärzten in Hamburg. *Dtsch Z Sportmed* 52: 175–179, 2001.
- 4 Brooks GA. The lactate shuttle during exercise and recovery. *Med Sci Sports Exerc* 18: 360–368, 1986.
- 5 Calle EE, Rodriguez C, Walker-Thurmond K et al. Overweight, obesity, and mortality from cancer in a prospectively studied cohort of U. S. adults. *N Engl J Med* 348: 1625–1638, 2003.
- 6 Casaburi R, Patessio A, Ioli F et al. Reductions in exercise lactic acidosis and ventilation as a result of exercise training in patients with obstructive lung disease. *Am Rev Respir Dis* 143: 9–18, 1991.
- 7 Cornelissen VA, Fagard RH. Effect of resistance training on resting blood pressure: a meta-analysis of randomized controlled trials. *J Hypertens* 23: 251–259, 2005.
- 8 DeMaio M, Mangine RE, Noyes FR et al. Advanced muscle training after ACL reconstruction: weeks 6 to 52. *Orthopedics* 15: 757–767, 1992.
- 9 Goodwin RD. Association between physical activity and mental disorders among adults in the United States. *Prev Med* 36: 698–703, 2003.
- 10 Heck H. Laktat in der Leistungsdiagnostik. Schondorf: Karl Hofmann, 1990.
- 11 Heck H. Vergleichende Untersuchungen zu verschiedenen Laktat-Schwellenkonzepten. *Dtsch Z Sportmed* 36: 19–25, 1985.
- 12 Hollmann W, Prinz JP. Ergospirometry and its history. *Sports Med* 23: 93–105, 1997.
- 13 Knowler WC, Barrett-Connor E, Fowler SE et al. Reduction in the incidence of type 2 diabetes with lifestyle intervention or metformin. *N Engl J Med* 346: 393–403, 2002.
- 14 Mayer K, Foster C. Muskelaufbau im Zentrum des kardiovaskulären Trainings. *Dtsch Z Sportmed* 55: 70–74, 2004.
- 15 Meyer T, Auracher M, Heeg K et al. Effectiveness of low-intensity endurance training. *Int J Sports Med* 28: 33–39, 2007.
- 16 Myers J, Prakash M, Froelicher V et al. Exercise capacity and mortality among men referred for exercise testing. *N Engl J Med* 346: 793–801, 2002.
- 17 Neumann G, Pfützner A, Berbalk A. *Optimiertes Ausdauertraining*. Aachen: Meyer & Meyer, 2001.
- 18 Pedersen BK. The anti-inflammatory effect of exercise: its role in diabetes and cardiovascular disease control. *Essays Biochem* 42: 105–117, 2006.
- 19 Pedersen BK, Saltin B. Evidence for prescribing exercise as therapy in chronic disease. *Scand J Med Sci Sports* 16(Suppl 1): 3–63, 2006.
- 20 Powell KE, Thompson PD, Caspersen CJ et al. Physical activity and the incidence of coronary heart disease. *Annu Rev Public Health* 8: 825–828, 1987.
- 21 Rebel M. [Coordination training after anterior cruciate ligament surgery]. *Sportverletz Sportschaden* 14: 12–19, 2000.
- 22 Rost RH. *Lehrbuch der Sportmedizin*. Köln: Deutscher Ärzte-Verlag, 2001.

- 23 Roux W. Gesammelte Abhandlungen über Entwicklungsmechanik der Organismen. Band 1: Funktionelle Anpassung. Leipzig: Engelmann, 1895.
- 24 Schneider DA, McLellan TM, Gass GC. Plasma catecholamine and blood lactate responses to incremental arm and leg exercise. *Med Sci Sports Exerc* 32: 608–613, 2000.
- 25 Steinacker JM, Liu HY, Reißnecker S. Abbruchkriterien bei der Ergometrie. *Dtsch Z Sportmed* 53: 228–229, 2002.
- 26 Strobel G. Sympathoadrenerges System und Katecholamine im Sport. *Dtsch Z Sportmed* 53: 84–85, 2002.
- 27 Strobel G, Friedmann B, Siebold R et al. Effect of severe exercise on plasma catecholamines in differently trained athletes. *Med Sci Sports Exerc* 31: 560–565, 1999.
- 28 Tuomilehto J, Lindstrom J, Eriksson JG et al. Prevention of type 2 diabetes mellitus by changes in lifestyle among subjects with impaired glucose tolerance. *N Engl J Med* 344: 1343–1350, 2001.
- 29 Wassermann K, Beaver, W.L., Whipp, B.J. A new method for detecting the anaerobic threshold by gas exchange. *J Appl Physiol* 60: 2020–2027, 1986.

# Effekte körperlichen Trainings auf den Organismus

*Klaus-Michael Braumann*

- 2.1 Einleitung – 14**
- 2.2 Akute und chronische Anpassungen an Körperarbeit – 14**
  - 2.2.1 Akute Anpassungen – 14
  - 2.2.2 Chronische Anpassungen – 15
- 2.3 Trainingseinflüsse auf die Muskulatur – 15**
  - 2.3.1 Krafttraining – 15
  - 2.3.2 Ausdauertraining – 16
- 2.4 Trainingseinflüsse auf den passiven Bewegungsapparat – 18**
- 2.5 Trainingseinflüsse auf innere Organe und Organsysteme – 18**
  - 2.5.1 Anpassungseffekte auf das Herz-Kreislauf-System – 18
  - 2.5.2 Hormonelle Veränderungen – 19
- 2.6 Notwendige Belastungsintensitäten – 20**
- 2.7 Trainierbarkeit und Altern – 20**
- 2.8 Zusammenfassung – 21**

Sämtliche Organe des Menschen benötigen zur Aufrechterhaltung ihrer Funktion Minimalreize. Während dauerhaft unterschwellige Reize langfristig zu einer Funktionsabnahme führen, reagiert der Organismus auf wiederholt gesetzte überschwellige Reize mit morphologisch-physiologischen Anpassungen im Sinne von Trainingseffekten.

In diesem Beitrag lesen Sie über:

- akute und chronische Anpassungsreaktionen des Organismus auf Körperarbeit,
- die unterschiedlichen Auswirkungen von Kraft gegenüber Ausdauertraining,
- Anpassungsreaktionen des aktiven und passiven Bewegungsapparates,
- Anpassungsreaktionen des Herz-Kreislauf-Systems,
- Anpassungsreaktionen verschiedener Organsysteme,
- die notwendigen Belastungsintensitäten, um die gewünschten Anpassungsreaktionen zu erzielen,
- Aspekte des Trainings in höherem Alter.

## 2.1 Einleitung

Anpassung ist eine Grundeigenschaft von Leben. Nach Roux (1895) benötigen alle Organe zur Aufrechterhaltung ihrer Funktion Reize minimaler Intensität. Unterschwellige Reize bewirken eine Anpassung im Sinne einer Funktionsabnahme, überschwellige Reize haben Anpassungen im Sinne einer Funktionssteigerung zur Folge.

Ein überschwelliger Reiz führt zunächst zu einer Störung der Homöostase, auf die der Organismus im Sinne einer Gegenregulation reagiert. Als Ergebnis kommt es zur Bildung neuer Strukturen, die zu einer Erweiterung der Funktionsamplitude einzelner Organe führt (► Kap. 3). Diese Anpassungsprozesse sind reversibel und bilden sich zurück, wenn notwendige Minimalreize ausbleiben. Das bedeutet, dass ein Training dauerhaft durchgeführt werden muss, um erworbene Funktionsverbesserungen von Organen auch langfristig zu stabilisieren (z. B. Scharschmidt u. Pieper 1982).

## 2.2 Akute und chronische Anpassungen an Körperarbeit

Jede Form körperlicher Belastung führt – unabhängig vom Trainingszustand – zu vielfältigen unmittelbaren Reaktionen des Organismus. Durch den gesteigerten Energieumsatz der Muskulatur werden zahlreiche Prozesse in Gang gesetzt, die der Aufrechterhaltung einer ausgeglichenen Energiebilanz dienen. Die phänomenologischen Effekte dieser Regulationsprozesse sind weitgehend aufgeklärt; erheblicher Forschungsbedarf besteht allerdings noch in der Aufklärung der Mechanismen, die derartige Prozesse steuern. Durch häufige Wiederholungen körperlicher Belastungen kommt es dann zu morphologisch-physiologischen Anpassungen, die als Trainingseffekte bezeichnet werden (chronische Anpassungen).

### 2.2.1 Akute Anpassungen

Sofortreaktionen auf den vermehrten Stoffwechsel bei Körperarbeit sind eine Aktivierung des Sympathikus durch Metaborezeptoren in der peripheren Muskulatur. Die Veränderungen der Metabolitenkonzentration sowie der Temperatur in arbeitenden Muskeln werden an das zentrale Nervensystem (ZNS) zurückgemeldet und bewirken eine sympathoadrenerge Stimulation.

Zu den vielfältigen vom Sympathikus vermittelten Reaktionen gehört zunächst eine über cholinerge sympathische Nervenfasern vermittelte Gefäßdilatation in den arbeitenden Muskeln sowie die als »kollaterale Vasokonstriktion« bezeichnete Blutumverteilung in die arbeitende Muskulatur: Unter dem Einfluss der erhöhten lokalen Metabolitenkonzentration bleibt die Gefäßdilatation in der arbeitenden Muskulatur trotz der immer mehr steigenden Sympathikusaktivierung bestehen, sodass eine optimale regionale Durchblutung gewährleistet ist.

Die Sympathikusaktivierung führt zum Blutdruckanstieg durch Erhöhung des peripheren Widerstands sowie eine Erhöhung des Herzzeitvolumens, sie bewirkt weiter eine Aktivierung der Atmung durch Steigerung der Atemfrequenz und -tiefe sowie die Stimulierung zahlreicher Stoffwechselprozesse wie z. B. eine Erhöhung der Glu-

kosekonzentration und eine Aktivierung der Lipolyse. Weiterhin kommt es zur Schweißbildung, um eine Hyperthermie zu verhindern und eine normale Körpertemperatur aufrechtzuerhalten.

➤ **Alle Reaktionsprozesse dienen letztlich der Aufrechterhaltung eines adäquaten Sauerstoffangebots an die arbeitende Muskulatur und der Bereitstellung von Substraten zur Energiegewinnung.**

### 2.2.2 Chronische Anpassungen

Von solchen unmittelbaren Veränderungen zahlreicher Körperfunktionen auf akute Belastungsreize lassen sich chronische Anpassungen an immer wiederkehrende Belastungen unterscheiden. Zahlreiche dieser Veränderungen sind unter gesundheitlichen Aspekten von Bedeutung und werden deshalb durch gezielte wiederkehrende Belastungen im Sinne von Training angestrebt.

Als Training bezeichnet man die »systematische Wiederholung gezielter überschwelliger Muskelanspannungen mit morphologischen und funktionellen Anpassungserscheinungen zum Zwecke der Leistungssteigerung« (Hollmann u. Hettinger 1990). Auch wenn in dieser Definition primär die Muskeltätigkeit angesprochen wird, ist eine Vielzahl weiterer Organe bei der Körperarbeit involviert, die ebenfalls Anpassungen zeigen.

In den vergangenen Jahrzehnten sind die durch regelmäßiges körperliches Training zu erzielenden Anpassungen des Organismus in vielfältigster Weise untersucht und in umfangreichen Publikationen beschrieben worden. Die folgenden Ausführungen können daher nur eine summarische Beschreibung zahlreicher Einzeleffekte sein, wobei eine Schwierigkeit darin liegt, dass Trainingseffekte letztendlich zu einem veränderten Zusammenspiel verschiedener Organfunktionen führen, die ihrerseits ebenfalls durch chronische Belastungen in typischer Weise verändert sind.

## 2.3 Trainingseinflüsse auf die Muskulatur

Anpassungen der Muskulatur werden am ehesten wahrgenommen und gelten vermutlich deshalb als die wichtigsten Adaptationen des Körpers an regelmäßige körperliche Aktivität. Dabei kommt es zum einen zu einer direkten Zunahme der von der Muskulatur erzeugten Kraft mit einer Verbesserung des Zusammenspiels verschiedener Muskeln an der Entstehung einer Bewegung; hier wirkt ein gezieltes Kräftigungsprogramm entscheidend bei der Beeinflussung verschiedener Beschwerden des Bewegungsapparates.

Training führt aber auch zu Veränderungen des Stoffwechsels sowie der endokrinen Funktionen des Muskels; so haben die positiven Auswirkungen eines Trainings auf den Zucker- oder Fettstoffwechsel ihre Ursache in einer verbesserten »Biochemie« der Muskulatur; neben diesen Veränderungen des Muskelstoffwechsels als Ergebnis eines Ausdauertrainings sind die vermehrte Sekretion antiinflammatorisch wirkender Zytokine (► Kap. 4) in entscheidendem Maße verantwortlich für die gesundheitlich relevanten Effekte eines Trainings auf das kardiovaskuläre System. Die Bildung dieser Substanzen ist möglicherweise die Erklärung für die hervorragenden therapeutischen Effekte von Bewegung bei so vielen, teilweise sehr unterschiedlichen Krankheitsbildern (Flynn et al. 2007).

### 2.3.1 Krafttraining

Regelmäßig durchgeführte Übungen, die einen bestimmten minimalen Krafteinsatz der Muskulatur erfordern, führen zu typischen Veränderungen, welche sich summarisch in einer besseren Kraftentwicklung des Muskels niederschlagen. Jeder Anfänger kennt das Phänomen, dass Training zwar zu einem Kraftzuwachs führt, eine oftmals gewünschte Volumenzunahme des Muskels aber zunächst ausbleibt.

Der Grund hierfür liegt darin, dass ein Training zunächst über eine verbesserte Koordination zu einem Kraftzuwachs führt und erst in zweiter Linie durch eine Volumenzunahme in Form einer Zunahme von Muskelmasse.