

Physiotherapie

**BASICS**



**C. Koch-Remmele  
R. Kreuzer**

# Funktionskrankheiten des Bewegungssystems nach Brügger

- Diagnostik
- Therapie
- Eigentherapie

 Springer



## **Claudia Koch-Remmele**

geb. am 26.11.1966 in Heilbronn

- 1986 – 1988 Ausbildung zur Physiotherapeutin in Hessisch Lichtenau
- 1989 – 1993 Klinische Tätigkeit in den Bereichen Orthopädie und Neurologie in verschiedenen Rehabilitationszentren
- 1990 Ausbildung zur Brügger-Therapeutin am Dr. Brügger Institut in Zürich
- 1990/1995 Nachdiplomschulung im Forschungs- und Schulungszentrum des Dr. Brügger-Institutes in Zürich
- 1990 – 1996 Ausbildung zur Brügger-Instruktorin am Dr. Brügger-Institut in Zürich
- 1994 Ausbildung zur Bobath-Therapeutin (I.B.I.T.A.H.) in Zwesten
- Seit 1994 selbständige Tätigkeit in orthopädisch-neurologisch orientierter Praxis
- 1998 – 2001 Mitglied des Leitungsteams des Dr. Brügger-Institutes in Zürich
- 1999 Ausbildung zur PNF-Therapeutin am Kaiser Foundation Rehabilitations Center in Vallejo, Californien
- 1999 Ausbildung zur Manual-Therapeutin nach dem Kaltenborn-Evjenth Konzept in Mainz
- Seit 2001 Gründungsmitglied, Geschäftsführerin und fachliche Leiterin in der Berliner FortbildungsGemeinschaft (BFG) für Brügger-Therapie – Züricher Konzept



## **Roland Kreutzer**

geb. am 27.12.1966 in Gummersbach

- 1989 – 1991 Ausbildung zum Physiotherapeuten in Homburg/Saar
- Seit 1992 Klinische Tätigkeiten im Bereich Orthopädie, Chirurgie und Kinderorthopädie an der Universitätsklinik Marburg
- 1993 Ausbildung zum Brügger-Therapeuten am Dr. Brügger-Institut Zürich
- 1994 Nachdiplomschulung im Forschungs- und Schulungszentrum des Dr. Brügger-Institutes Zürich
- 1994 – 2000 Ausbildung zum Brügger-Instruktor am Dr. Brügger-Institut Zürich
- 1996 Ausbildung zum Manual-Therapeuten nach dem Kaltenborn-Evjenth Konzept in Mainz
- Seit 2001 Gründungsmitglied und Geschäftsführer der Berliner FortbildungsGemeinschaft (BFG) für Brügger-Therapie – Züricher Konzept
- Seit 2003 Mitarbeit an DFG-Studien zum chronischen Rückenschmerz bei älteren Patienten an der Universitätsklinik Marburg
- Seit 2005 Ausbildung zum Vojta-Therapeuten an der DRK Kinderklinik in Siegen/München

# **Physiotherapie Basics**

---

Herausgegeben von

Bernard C. Kolster, Frans van den Berg und Udo Wolf

Claudia Koch-Remmele  
Roland Kreuzer

# Funktionskrankheiten des Bewegungssystems nach Brügger

Diagnostik  
Therapie  
Eigentherapie

Mit 413 Abbildungen und 39 Tabellen

**Claudia Koch-Remmele**

Kurhausstraße 1  
34131 Kassel  
remmele@brueggertherapie.com

**Roland Kreutzer**

Unter den Eichen 37  
35041 Marburg  
info@brueggertherapie.com

**ISBN-10 3-540-22664-8 Springer Medizin Verlag Heidelberg**

**ISBN-13 978-3-540-22664-2 Springer Medizin Verlag Heidelberg**

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Bibliothek 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 Verlag.**

springer.de

© Springer Medizin Verlag Heidelberg 2007

Printed in Germany

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.

Gesamtherstellung: KVM Dr. Kolster Produktions- und Verlags-GmbH, Marburg

Projektleitung: Sabine Poppe, Marburg

Planung: Marga Botsch, Heidelberg

Projektmanagement: Claudia Bauer, Heidelberg

Fotos: Martin Kreutter, Marburg

Grafiken und Zeichnungen: Dr. Günter Körtner, Marburg; Julian Müller, Marburg

Satz und Layout: Katja Kubisch, Marburg

Umschlaggestaltung: deblik Berlin

SPIN 10979242

Gedruckt auf säurefreiem Papier

22/2122/cb – 5 4 3 2 1 0

Häufig Gebrauchtes baut sich auf,  
was nicht gebraucht wird, verkümmert.

*Alois Brügger \* 14. Februar 1920 † 28. Oktober 2001*

*Unseren Eltern, Lilly und Harald*

## Reihenvorwort

Die Reihe „Physiotherapie Basics“ richtet sich in erster Linie an Physiotherapieschüler, aber auch an Physiotherapeuten in der Praxis. Die Inhalte sind praxisorientiert aufgearbeitet. Alle Elemente der Untersuchung (z. B. Anamnese, Inspektion, Tastbefund und Funktionsuntersuchung) werden ausführlich beschrieben und erleichtern so eine optimale Befundung und Behandlung. Neben den manuellen Tests werden auch Messinstrumente und Skalen vorgestellt. Anleitungen für die Dokumentation und Interpretation der Befunde erleichtern dem Anwender den Einstieg in die Behandlung. Diese wird nach Behandlungszielen gegliedert dargestellt. Dazu bedienen wir uns des bewährten Bildatlas-Konzeptes: Die Praxis wird vorrangig über Bildsequenzen mit erklärenden Texten vermittelt.

Über das didaktische Prinzip klassischer Schulbücher hinausgehend, ist es ein Anliegen der Herausgeber, die physiotherapeutischen Verfahren zusammenhängend und anwendungsbezogen darzustellen. So soll bei der Entscheidung für eine der vielen Techniken unseres Faches eine wirkungsvolle Entscheidungshilfe für Alltagssituationen in der therapeutischen Praxis gegeben werden. Fundierte Kenntnisse über die zugrunde liegenden Wirkungsmechanismen sollen den Dialog mit dem verordnenden Arzt bereichern und zu einer Optimierung der Indikationsstellung beitragen. Sie werden in ausführlichen Theorie-Kapiteln verständlich dargelegt.

Dem Leser soll durch „Lernziele“ am Beginn und „Zusammenfassungen“ am Ende eines Kapitels eine Fokussierung auf die Essentials erleichtert werden. Wichtige Informationen werden durch optische Kästen als „Memo“ und Warnungen unter „Vorsicht“ hervorgehoben. Ferner kann das Erlernete durch die unter „Überprüfen Sie Ihr Wissen“ formulierten Fragen im Hinblick auf eine optimale Prüfungsvorbereitung rekapituliert werden.

Auch der erfahrene Praktiker kann auf unsere „Basics“ zurückgreifen, wenn er sein Wissen auffrischen und aktualisieren möchte. Zudem bietet die Reihe das nötige Know-how, um sich die praxisrelevanten Grundlagen für verschiedene Spezialgebiete aneignen zu können. Dies gilt auch für Studenten der Bachelor-Studiengänge für Physiotherapeuten.

Um die Buchreihe optimal auf die Bedürfnisse von Schülern und Studierenden ausrichten zu können, wurde ein Schülerbeirat in die Planung eingebunden. An dieser Stelle möchten wir Martin Müller, Alice Kranenburg (Rudolf-Klapp-Schule, Marburg), Silvia Weber, Martin Dresler, Eva Maria Plack (IFBE, Marburg) sowie Antonia Stieger für ihre konstruktive Mitarbeit danken.

**Udo Wolf**  
**Frans van den Berg**  
**Bernard C. Kolster**

## Vorwort

Als wir vor ca. 18 Jahren unseren Brügger-Kurs und die Nachdiplomschulung in der Schweiz absolvierten, beeindruckten uns vor allem Dr. Brüggers Behandlungen am Patienten und deren Ergebnisse: Zu sehen, dass durch Behandlung von muskulären Störungen z. B. an den Fingern oder am Daumen, Schmerzen an der LWS gelindert werden können, verblüffte uns, da zum damaligen Zeitpunkt vorwiegend schmerzortnah therapiert wurde.

Alois Brügger erkannte in den 50er Jahren, dass jegliche Störungen, die Strukturen des Körpers betreffen, reflektorische Schutzmechanismen auslösen, die zu Veränderungen der Haltungs- und Bewegungsprogramme führen. Diese unbewusst stattfindenden, reflektorisch veränderten Bewegungsabläufe dienen dazu, die jeweils gefährdeten oder gestörten Strukturen des Körpers zu schützen oder zu schonen. Sie begrenzen sich i. d. R. nicht nur auf den Störungsort, sondern können durch die Koppelung von Bewegungen und durch Muskelschlingen das gesamte Bewegungssystem mit einbeziehen. Ist eine Gefährdung oder eine Störung der Strukturen so stark, dass die vom ZNS organisierten, unbewussten Schutzmechanismen nicht ausreichend sind, wird der Mensch bewusst am Schonprogramm beteiligt, indem bestimmte Haltungen und/oder Bewegungen schmerzhaft werden. Diese schmerzhaft veränderten Haltungs- und Bewegungsprogramme (Funktionskrankheiten) treten dabei häufig nicht am Störungsort, sondern am Ort des wirksamsten Schutzes auf.

Als logische Konsequenz ergibt sich daraus die Notwendigkeit einer globalen Diagnostik und Therapie für jegliche Art von Patienten mit Schmerzen am Bewegungssystem, die sich v. a. bei Problempatienten (chronischen Schmerzpatienten oder „therapieresistenten“ Patienten) erfolgreich bewährt.

Durch diese faszinierenden Erkenntnisse neugierig geworden, absolvierten wir am Forschungs- und Schulungszentrum des Dr. Brügger-Instituts in Zürich die Ausbildung zum Brügger-Instruktor. Im Lauf unserer langjährigen Tätigkeit wurde das Therapie-Konzept in Zusammenarbeit mit Dr. Brügger und dem Züricher Instruktorenteam ständig überarbeitet und verfeinert. So entstand ein praxisorientiertes diagnostisches und therapeutisches Konzept, welches in Kursen für Physiotherapeuten und Ärzte vermittelt wird.

Die 2001 aus dem Züricher Instruktorenteam hervorgegangene Berliner Fortbildungsgemeinschaft (BFG) führt die aktuellen Brügger-Therapie Kurse nach dem Züricher Konzept durch.

Unser Anliegen ist es, mit diesem Buch einerseits die theoretischen Grundlagen des Brügger-Konzepts, die diagnostische und therapeutische Vorgehensweise und die Durchführung und Wirkungsweisen der Brügger-Techniken kompakt und verständlich zu beschreiben, um so ein einführendes Lehrbuch für Physiotherapeuten und Ärzte anzubieten. Andererseits soll es durch den übersichtlich gestalteten Praxisteil als Nachschlagewerk für die am Patienten arbeitenden Therapeuten dienen. Eine Auswahl an klinischen Erscheinungsbildern zeigt die Vielfältigkeit und Komplexität der möglichen Störfaktoren und ihrer Behandlung.

Dieses Buch lebt v. a. von den Erfahrungen, die wir mit dem Brügger-Konzept im Rahmen der praktischen Tätigkeit an Patienten in unterschiedlichen Einsatzbereichen sowie durch unsere Lehrtätigkeit gewonnen haben.

Unsere Hoffnung ist es, mit dem vorliegenden Werk Physiotherapeuten eine handfeste Grundlage zu geben, auf deren Basis eine effektive Diagnostik und Therapie am Patienten stattfinden kann. Im Weiteren ist es uns wichtig, viele in der Brügger-Therapie falsch verstandene Aussagen richtigzustellen. Da auch das Brügger-Konzept auf „empirischen und klinischen Erfahrungen“ basiert, wird es zukünftig unsere Aufgabe sein, diese Thesen wissenschaftlich zu untermauern.

### Danksagung

Unser hochachtungsvollster und herzlichster Dank gilt zunächst Dr. med. Alois Brügger für seine vielfältigen grundlegenden Erkenntnisse, ohne die dieses Buch nie hätte entstehen können. Wir sind dankbar, dass wir ihn viele Jahre in seiner Tätigkeit als Arzt, Wissenschaftler, Lehrer, Autor, aber auch als liebenswerten, humorvollen Menschen im Forschungs- und Schulungszentrum des Dr. Brügger-Instituts in Zürich erleben, begleiten und von ihm lernen durften.

Ebenso danken wir Carmen Manuela Rock und Sybille Petak-Krueger, die mit der Fort- und Weiterentwicklung vieler Brügger-Techniken im Dr. Brügger-Institut wesentlich zur praktischen Umsetzbarkeit des Konzepts beigetragen haben.

Das vorliegende Buch hätte ohne die engagierte Mitarbeit vieler weiterer Personen nicht entstehen können. Wir möchten allen herzlich danken, die einen Beitrag dazu geleistet haben. Namentlich erwähnt seien:

Udo Wolf für die wertvollen Hilfen und Anregungen bei der Konzeption dieses Buches, Sabine Poppe, die uns als engagierte Projektleiterin und im Lektorat jederzeit in allen Belangen hervorragend unterstützte und uns bei der Verwirklichung des Buches eine unschätzbare Hilfe war.

Weiterhin bedanken wir uns bei unserer Kollegin der Berliner Fortbildungsgemeinschaft Anke Meissner, bei Marlis Schubarth, Dietmar Aschenbach und der Physiotherapieschülerin Dorothe Beyer, die mit ihren Manuskriptkorrekturen wertvolle Hinweise und hilfreiche Tipps und Anregungen gegeben haben. Unserem „Fotomodell“ Mirjam Groll danken wir für die hervorragende Zusammenarbeit und die perfekte Umsetzung der Bewegungsaufträge, dem Fotografen Martin Kreutter für die Erstellung der ausgezeichneten Fotos, Dr. Günter Körtner für die Erstellung der Grafiken, Katja Kubisch für den Satz und nicht zuletzt Dr. med. Bernard C. Kolster für die freundliche Druckkostenübernahme 40 überzähliger Seiten.

Vor allem möchten wir uns aber herzlichst bei unseren Familien und bei unseren Freunden bedanken. Sie haben uns nicht nur während des Schreibens, sondern auch in den vielen Jahren des Lernens und Lehrens sowie dem damit verbundenen Zeitaufwand und der häufigen Abwesenheit durch ihr Verständnis, ihre Geduld und ihren Zuspruch unterstützt.

Kassel/Marburg, im November 2006

**Claudia Koch-Remmele**  
**Roland Kreutzer**

**Hinweis:** In diesem Buch wurde lediglich aus Gründen der besseren Lesbarkeit durchweg die männliche Ansprache (der Therapeut, der Patient) verwendet. Daraus ergibt sich, dass selbstverständlich ebenso alle Leserinnen angesprochen werden sollen.

# Inhalt

<b>1</b>	<b>Grundlagen der Funktionskrankheiten</b>	<b>1</b>
1.1	Geschichte der Funktionskrankheiten .....	2
1.2	Neurophysiologie .....	3
1.3	Pathophysiologie .....	13
<b>2</b>	<b>Das Bewegungsmuster der aufrechten Körperhaltung</b>	<b>31</b>
2.1	Konstruktion der aufrechten Körperhaltung (AH) .....	32
2.2	Bewegungsmuster des Rumpfes in der aufrechten Körperhaltung und in der Belastungshaltung .....	36
2.3	Bewegungsmuster der unteren Extremität .....	42
2.4	Bewegungsmuster der oberen Extremität .....	46
2.5	Aufrichtende Muskelschlingen .....	50
<b>3</b>	<b>Befunderhebung der Funktionskrankheiten</b>	<b>61</b>
3.1	Aufbau und Ziele der Befunderhebung .....	62
3.2	Anamnese .....	62
3.3	Inspektionsbefund .....	65
3.4	Palpationsbefund .....	66
3.5	Funktionsbefund .....	67
3.6	Funktionstests .....	69
3.7	Erstellung der Arbeitshypothese .....	74
3.8	Dokumentation des Befundes .....	76
<b>4</b>	<b>Therapie der Funktionskrankheiten</b>	<b>79</b>
4.1	Aufbau und Ziele der Brügger-Therapie .....	80
4.2	Vorbereitende Maßnahmen .....	80
4.3	Haltungskorrektur im Sitz und Stand .....	83
4.4	Behandlung persistierender Störfaktoren anhand des 3-Stufen-Modells .....	89

<b>5</b>	<b>Befund und funktionsorientierte Behandlung persistierender Störfaktoren</b>	<b>107</b>
5.1	Persistierende Störfaktoren am Rumpf .....	108
5.2	Persistierende Störfaktoren am Becken .....	116
5.3	Persistierende Störfaktoren am Kopf .....	122
5.4	Persistierende Störfaktoren an der Schulter .....	128
5.5	Persistierende Störfaktoren am Ellenbogen .....	142
5.6	Persistierende Störfaktoren an der Hand .....	146
5.7	Persistierende Störfaktoren an der Hüfte .....	158
5.8	Persistierende Störfaktoren am Knie .....	172
5.9	Persistierende Störfaktoren am Fuß .....	176
<b>6</b>	<b>Globale Behandlung persistierender Störfaktoren</b>	<b>185</b>
6.1	Brügger-Grundübungen .....	186
6.2	Brügger-Walking .....	188
6.3	Globale Theraband-Übungen .....	189
6.4	Activities of daily living (ADL) .....	190
<b>7</b>	<b>Befund und Behandlungsbeispiel</b>	<b>195</b>
7.1	Diagnostik und Therapie .....	196
<b>8</b>	<b>Klinische Erscheinungsbilder (= Krankheitsbilder)</b>	<b>203</b>
8.1	Krankheitsbild versus klinisches Erscheinungsbild .....	204
8.2	Lokalisation der Störfaktoren .....	204
8.3	Top 10 der klinischen Erscheinungsbilder .....	206
<b>9</b>	<b>Anhang</b>	<b>233</b>
	Übersicht weitere Funktionstest .....	234
	Kopiervorlage Befundbogen .....	236
	Kontaktadressen .....	238
	Literatur .....	239
	Sachverzeichnis .....	243

## Abkürzungen

<	weniger als, kleiner als	HOCHROT	Hochrotatoren, Hochrotation
>	mehr als, größer als	HR	heiße Rolle
A. Aa	Arteria, Arteriae	HWS	Halswirbelsäule
ABD	Abduktoren, Abduktion	INKL	Inklinatoren, Inklination
ACG	Akromioklavikulargelenk	IRO	Innenrotation
ADD	Adduktoren, Adduktion	IROT	Innenrotatoren
ADL	Activities of daily living, Aktivitäten des täglichen Lebens	ISG	Iliosakralgelenk
AEK	agistisch exzentrische Kontraktionsmaßnahme(n)	LATFLEX	Lateralflexion
AH	aufrechte Haltung	li	links
AMS	arthromuskuläres System	LWS	Lendenwirbelsäule
ARO	Außenrotation	M., Mm.	Musculus, Musculi
AROT	Außenrotatoren	MTP	Metatarsophalangealgelenk
ASTE	Ausgangsstellung	N., Nn.	Nervus, Nervi
ATMR	arthrotendomyotische Reaktion	NSB	nozizeptiver somatomotorischer Blockierungseffekt
AWM	Ausweichmechanismen	o. B.	ohne Befund
BA	Beckenaufrichtung	OE	obere Extremität
bds.	beidseits	OGE	Obolenskaja-Goljanitzki-Effekt (muskuläre Überlastungsödeme)
BGÜ	Brügger-Grundübungen	OPP	Muskeln, welche die Opposition ausführen, Opposition
BH	Belastungshaltung	OSG	oberes Sprunggelenk
BK	Beckenkipfung	P	Patient
BKA	bewegungskompensatorischer Abschnitt	Palmar-FLEX	Palmar-Flexoren, Palmar-Flexion
BL	Bauchlage	PB	Primärbewegung
BMV	Bauchmuskelverband	PHS	Periarthritis humeroscapularis
BWS	Brustwirbelsäule	PIP	proximales Interphalangealgelenk
D 1, D 2	Durchführung 1, 2 etc.	Plantar-FLEX	Plantarflexoren, Plantarflexion
DEPR	Depressoren, Depression	Proc., Procc.	Processus, Processus
DIP	distales Interphalangealgelenk	PRON	Pronatoren, Pronation
DMS	diagonale Muskelschlinge	PROTR	Protraktoren, Protraktion
Dorsal-EXT	Dorsalexensoren, Dorsalexension	R., Rr.	Ramus, Rami
DZ	Drehzentrum	re	rechts
ELEV	Elevatoren, Elevation	RL	Rückenlage
ESTE	Endstellung	ROT	Rotatoren, Rotation
EXT	Extensoren, Extension	SCG	Sternoklavikulargelenk
FK	Funktionskrankheiten	SF	Störfaktoren
FLEX	Flexoren, Flexion	SIAS	Spina iliaca anterior superior
FÜ	Funktionsüberwiegen	SL	Seitenlage
FS	funktionelle Schüttelung	SLR	Straight leg raising
FT	Funktionstest	SSBH	sternosymphysale Belastungshaltung
G	Griff	SUP	Supinatoren, Supination
HK	Haltungskorrektur		

T	Therapeut	V., Vv.	Vena, Venae
TB	Theraband	W	Wickelung
TH ↑	Thoraxhebung	Wdh.	Wiederholungen
TH ↓	Thoraxsenkung	WS	Wirbelsäule
UE	untere Extremität	Z. n.	Zustand nach
ULTT	Upper limb neural tension test	ZNS	Zentralnervensystem
USG	Unteres Sprunggelenk		

## Legende



Fixation



Zug- bzw. Schubrichtung des Therapeuten



Bewegungsrichtung des Patienten

# Grundlagen der Funktionskrankheiten

- 1.1 **Geschichte der Funktionskrankheiten** – 2
- 1.2 **Neurophysiologie** – 3
  - 1.2.1 Organisation der Bewegungsplanung und des Bewegungsablaufs willkürlicher, zielgerichteter Bewegungen – 4
  - 1.2.2 Organisation und Steuerung von Haltung und Bewegung – 6
- 1.3 **Pathophysiologie** – 13
  - 1.3.1 Periphere Ebene – 14
  - 1.3.2 Spinale Ebene – 15
  - 1.3.3 Supraspinale Ebene (kortiko-subkortikale Ebene) – 16
  - 1.3.4 Supraspinale Ebene (kortikale Ebene) – 19
  - 1.3.5 Sensomotorische und viszeromotorische Reaktion auf unterschiedliche Störfaktoren – 21

## 1.1 Geschichte der Funktionskrankheiten

Die Geschichte der Funktionskrankheiten des Bewegungssystems wird geprägt durch das Lebens-, Forschungs- und Schaffenswerk des schweizer Neurologen und Psychiaters Dr. med. Alois Brügger (■ Abb. 1.1).

Geboren am 14.02.1920 in Chur in der Schweiz studierte er Medizin in Freiburg und Zürich und schloss sein Studium 1948 mit dem Staatsexamen ab. Bis zu seinem 40. Lebensjahr war er intensiv klinisch und forschend auf den Gebieten der Psychiatrie, Neurologie, Pathoneuroanatomie, Neurochirurgie und Rheumatologie (in der Schweiz, New York und England) tätig.



Abb. 1.1. Dr. med Alois Brügger im Jahr 1995

Auf der Basis eines breit gefächerten interdisziplinären Fachwissens gründete er 1960 in Zürich eine Praxis für Neurologie und Psychiatrie sowie ein Institut zur interdisziplinären Erforschung der Kybernetik des menschlichen Körpers.

1982 eröffnete Brügger in Zürich ein Forschungs- und Schulungszentrum für Ärzte und Physiotherapeuten. Somit schuf er die institutionelle Plattform für die Erforschung und Entwicklung der Diagnostik, Therapie und Lehre der Funktionskrankheiten des Bewegungssystems. Dem gleichen Zweck diente der mit E. Just 1985 gegründete „Internationale Arbeitskreis zur Erforschung der Funktionskrankheiten am Bewegungssystem“ (IAFK) und die Herausgabe der Zeitschrift „Funktionskrankheiten des Bewegungssystems“ (Gustav Fischer Verlag).

Unbefriedigende Ergebnisse in der Diagnostik und Therapie der konservativen Orthopädie und Rheumatologie hatten Brügger in den 50er Jahren veranlasst, nach weiteren Ursachen schmerzhafter Behinderungen und Beschwerden des Bewegungssystems zu forschen.

Er erkannte, dass viele Krankheitsbilder des Bewegungssystems nicht primär auf strukturelle, degenerative, oder entzündliche Veränderungen zurückzuführen sind, sondern oftmals funktionell begründet sind. Die dadurch ausgelösten Funktionsstörungen im Bereich des arthromuskulären Systems und der Infrastruktur, welche mit Schmerzen einhergehen können, stellen häufig Schutzmechanismen dar, die vom Zentralnervensystem (ZNS) organisiert werden. Diese reflektorisch bedingten Veränderungen und Schmerzhaftigkeiten bezeichnete Brügger als „**Funktionskrankheiten des Bewegungssystems**“. Die reflektorisch ausgelösten Funktionsstörungen können jedoch über einen längeren Zeitraum strukturelle Veränderungen nach sich ziehen, da durch die Fehlbeanspruchung/Fehlbelastung der Strukturen pathophysiologische Bildungsreize einwirken.

Zu seinen Erkenntnissen kam Brügger durch verschiedene klinische Beobachtungen. So berichtet er von einer Patientin mit einem Bandscheibenvorfall, bei der eine erfolgreiche operative Freilegung der komprimierten Nervenwurzel von S1 durchgeführt wurde. Postoperativ verschwanden die neurologischen Symptome, die ausstrahlenden Schmerzen blieben allerdings. Diese und ähnliche postoperative Ergebnisse führten zu der Erkenntnis, dass es offenbar systematisch ausgebreitete Muskelschmerzen oder radikulär anmutende, ausstrahlende Schmerzen gibt, die nichts oder nichts mehr mit einer radikulären Symptomatologie zu tun haben.

Zur Abgrenzung der radikulären Syndrome führte Brügger 1956/1962 den Begriff „**pseudoradikuläre Syndrome**“ ein, ein Begriff, der sich in der heutigen Medizin als Allgemeingut etabliert hat.

Brügger beobachtete anhand vieler Untersuchungen, dass es Muskelschmerzen gibt, die nur während der Ausführung bestimmter Bewegungen oder in bestimmten Körperhaltungen auftreten. Diese an eine Funktion gebundene Schmerzhaftigkeit bestimmter Muskelfunktionsgruppen bezeichnete er als „**reflektorische Tendomyose**“ (1958), um sie von anderen Muskelschmerzen wie z. B. der „Myositis“ oder der „Myalgie“ abzugrenzen.

Im Verlauf weiterer Forschungen erkannte er, dass Tendomyosen nicht zwangsläufig mit Schmerzen verbunden sein müssen und keine zufällige Ausbreitung haben,

sondern vom ZNS zum Schutz vor drohender oder fortschreitender Schädigung des Organismus systematisch ausgelöst werden.

Solche pathophysiologischen Schutzmechanismen, die gewährleisten, dass der Mensch trotz vorhandener Störfaktoren handlungsfähig bleibt, wurden von Brügger 1962 als „**nozizeptiver somatomotorischer Blockierungseffekt (NSB)**“ bezeichnet. Als supraspinal arbeitendes System organisiert der NSB jene beschriebenen reflektorischen Zustandsveränderungen der Muskulatur (Tendomyosen). Der NSB löst veränderte, teilweise schmerzhafte, Haltungs- und Bewegungsprogramme bis hin zu reflektorisch bedingter Kraftlosigkeit aus (Blockierungseffekt). Dabei treten diese schmerzhaften Bewegungen und/oder Haltungen häufig nicht im Bereich der Störungsursache, sondern entfernt am Ort des wirksamsten Schutzes auf.

Mitte der 60er Jahre beschäftigte sich Brügger intensiv mit der Frage, wie die **Haltung des Menschen** aus funktionaler Sicht aufgebaut ist, um eine optimale Belastung der Strukturen zu gewährleisten. In diesem Zusammenhang erkannte er, dass es eine Wechselbeziehung zwischen Rumpf und Extremitäten gibt. Die Tatsache der Verkopplung und gegenseitigen Beeinflussung von Rumpf und Extremitäten erfuhr ihre bildliche Darstellung durch das **Zahnradmodell** (■ Abb. 2.3, S. 34).

1977 erschien sein erstes Hauptwerk: „**Erkrankungen des Bewegungsapparates und seines Nervensystems**“. Dieses 1200 Seiten umfassende, interdisziplinäre Monumentalwerk, welches auf dem Fundament der klassischen Neurologie basiert, integriert neben einem immensen Grundlagenwissen die reichhaltigen Ergebnisse seiner Forschungsarbeiten und klinischen Erfahrungen am Patienten in ungewöhnlich faszinierender Art.

Im Jahr 2000 veröffentlichte er 80-jährig sein zweites Hauptwerk. Das „**Lehrbuch der funktionellen Störungen des Bewegungssystems**“ stellt eine Vertiefung und Aktualisierung seines ersten Hauptwerks dar.

Alois Brügger verstarb am 28.10.2001 im Alter von 81 Jahren in Zürich. Er hinterlässt ein umfangreiches, wissenschaftliches Werk und Behandlungskonzept, welches für die Medizin eine fundamentale Erweiterung der Diagnostik und Therapie bei Schmerzhaftigkeiten des Bewegungssystem darstellt.

## 1.2 Neurophysiologie



### LERNZIELE

#### Kenntnisse über

- die Organisation der Bewegungsplanung und die Durchführung willkürlicher, zielgerichteter Bewegungen
- das sensomotorische System
- angeborene und erlernte Bewegungsprogramme
- höhere Motorik: Ziel- und Stützmotorik
- Spinalmotorik: monosynaptische und polysynaptische Reflexe, spinale Lokomotionszentren
- sensorische Systeme und Bewegungskontrolle
- die Koppelung des sensomotorischen Systems mit dem viszeromotorischen System, der Infrastruktur

Den Funktionskrankheiten des Bewegungssystems liegen neurophysiologische Geschehen zugrunde. Sie sind das Ergebnis zentralnervös organisierter Anpassungen der **Sensomotorik** und der **Viszeromotorik** (Infrastruktur) an Störfaktoren. Die Anpassungen treten als Krankheitsbilder mit schmerzhaften Bewegungsbehinderungen auf.

Um zu verstehen, wie sich Haltung und Bewegung unter Einfluss von Störfaktoren verändern und schmerzhaft werden können, sind Kenntnisse über die Organisation von Haltung und Bewegung unter neurophysiologischen Bedingungen notwendig. In diesem Buch beschränkt sich die Betrachtung der äußerst komplexen Steuerungsmechanismen des Zentralnervensystems auf die für das Verständnis der Funktionskrankheiten des Bewegungssystems notwendigen Grundlagen.

Sämtliche Aktivitäten des lokomotorischen Systems unterstehen den umfangreichen Steuerungsmechanismen des peripheren und zentralen Nervensystems. Das Nervensystem ist ein Kommunikations- und Verarbeitungssystem, das die biologischen Grundfunktionen des menschlichen Individuums steuert, organisiert, kontrolliert und korrigiert (Brügger 2000).

Neben der Herstellung des allgemeinen Aktivitätszustands und der Organisation von neurophysiologischen Funktionen wie Emotionen, Motivation, Lernen und Gedächtnisbildung, ist die nervale Organisation und Kontrolle von Haltung und Bewegung die wichtigste Aufgabe des ZNS.

### 1.2.1 Organisation der Bewegungsplanung und des Bewegungsablaufs willkürlicher, zielgerichteter Bewegungen

Für die Durchführung willkürlicher, zielgerichteter Bewegungen sind komplexe Verarbeitungsschritte auf allen Ebenen des ZNS notwendig. Sie laufen teilweise seriell (hintereinander), teilweise parallel (nebeneinander) ab. Voraussetzung für eine motorische Handlung ist die Motivation und die Idee zur Handlung. **Subkortikale und kortikale Motivationsareale** analysieren die Bedürfnisse des Organismus und rufen einen entsprechenden Handlungsantrieb hervor (■ Abb. 1.2).

Die Motivation wird zur Befriedigung homöostatischer und nicht homöostatischer Triebe ausgelöst. Homöostatische Triebe dienen der Befriedigung von Durst, Hunger und der Thermoregulation. Sie werden durch Abweichungen lebenswichtiger Werte vom Sollwert ausgelöst und aktivieren verschiedene Kerne im Hypothalamus. Nicht homöostatische Triebe unterliegen dem freien Willen, zu ihnen gehören z. B. der Erkundungstrieb oder Handlungen, die dem Lustgewinn dienen (z. B. das Verlangen nach Chips, obwohl man nach einer üppigen Mahlzeit satt ist). Hierfür sind vor allem die Strukturen des limbischen Kortex verantwortlich (Weiß 2000).



#### PRAXISTIPP

Ist das Ziel der Therapie, dem Patienten eine aufrechte Haltung zu vermitteln, ist es wichtig, das limbische System zu aktivieren, d. h. den Patienten zur aufrechten Haltung zu motivieren.

Ist die aktuelle Motivation mit einem resultierenden Handlungsantrieb verbunden, so erfolgt dessen Umsetzung in einen **Handlungsplan**, einer Strategie mit entsprechendem **Bewegungsentwurf** (■ Abb. 1.2 u. ■ Abb. 1.3). Dazu ist eine Analyse der aktuellen Situation und das Wissen um die möglichen motorischen Fähigkeiten des Organismus nötig (Beispiel: Ein Wasserglas steht auf dem Tisch. Um das Wasserglas zu greifen, sind Gehbewegungen zum Tisch und Greifaktivitäten der Hand zum Wasserglas nötig).

Diese Prozesse werden über Strukturen des **Assoziationskortex** gesteuert. Der präfrontale Assoziationskortex plant die zukünftige Handlung und wägt deren Folgen ab. Zur Auswahl der geeigneten motorischen Antwort muss er

aus einer Vielzahl von Möglichkeiten wählen und interne sowie externe sensorische Informationen der Wahrnehmung und Sprache integrieren. Diese Informationen werden im parietalen, temporalen und okzipitalen Assoziationskortex verarbeitet.

Durch die Verbindung zum limbischen Assoziationskortex können Emotionen die Bewegungsplanung beeinflussen (Kandel et al 1995). Hat die Analyse ergeben, dass der Handlungsplan mit dem entsprechenden Bewegungsentwurf ausgeführt werden kann, so erfolgt die **motorische Programmierung** auf der supraspinalen Ebene (■ Abb. 1.2 u. ■ Abb. 1.3, S. 6). In einem Wechselspiel zwischen verschiedenen motorischen Zentren (Basalganglien, Kleinhirn, Thalamus, prämotorischem und motorischem Kortex) erfolgt die Programmierung der motorischen Handlungsabläufe. Dabei kann auf gespeicherte, angeborene oder erlernte Bewegungsprogramme zurückgegriffen werden (■ vgl. motorische Zentren, S. 6). Die Programmierung beinhaltet die Ausarbeitung der zeitlich-räumlich nervösen Impulsmuster, d. h. die Festlegung der zeitlichen Abfolge und die Intensität aktivierter Muskelgruppen. Im Weiteren wird die zeitliche Koordination von Teilbewegungen und Bewegungssequenzen bestimmt.

Elektroenzephalographische Untersuchungen haben gezeigt, dass 800 ms vor Bewegungsbeginn ein langsam ansteigendes, oberflächennegatives Hirnpotenzial über der gesamten Konvexität des Schädels abgeleitet werden kann. Dieses so genannte „**Bereitschaftspotenzial**“ ist das neuronale Ergebnis des Bewegungsentwurfs und der -programmierung (Käser 1991 a, Schmidt u. Thews 1985). Diese neuronalen Prozesse der Bewegungsplanung und -programmierung lassen noch keine nach außen sichtbare Bewegung erkennen.

Nach Erstellen des Bewegungsprogramms wird die geplante Bewegung durch das motorische System realisiert. Die Ausführung der Bewegung (■ Abb. 1.2) erfolgt durch Aktivierung des primär motorischen Kortex (Gyrus praecentralis, Brodmann-Areal 4). Elektrische Reizungen des Gyrus praecentralis lösen Kontraktionen in Muskeln oder Bewegungen in Gelenken, jedoch keine zielgerichtete Bewegungen aus. Der primär motorische Kortex ist somit nicht für den Bewegungsentwurf angeborener oder erlernter zielmotorische Bewegungen zuständig. Er ist die letzte supraspinale Station für die Umsetzung kortikal induzierter Bewegungsentwürfe in Bewegungsprogramme.

Des Weiteren wird im motorischen Kortex das **Zielprogramm** gestartet (Brügger 2000). Die Ausführung der motorischen Handlung wird initiiert. Der motorische Kor-

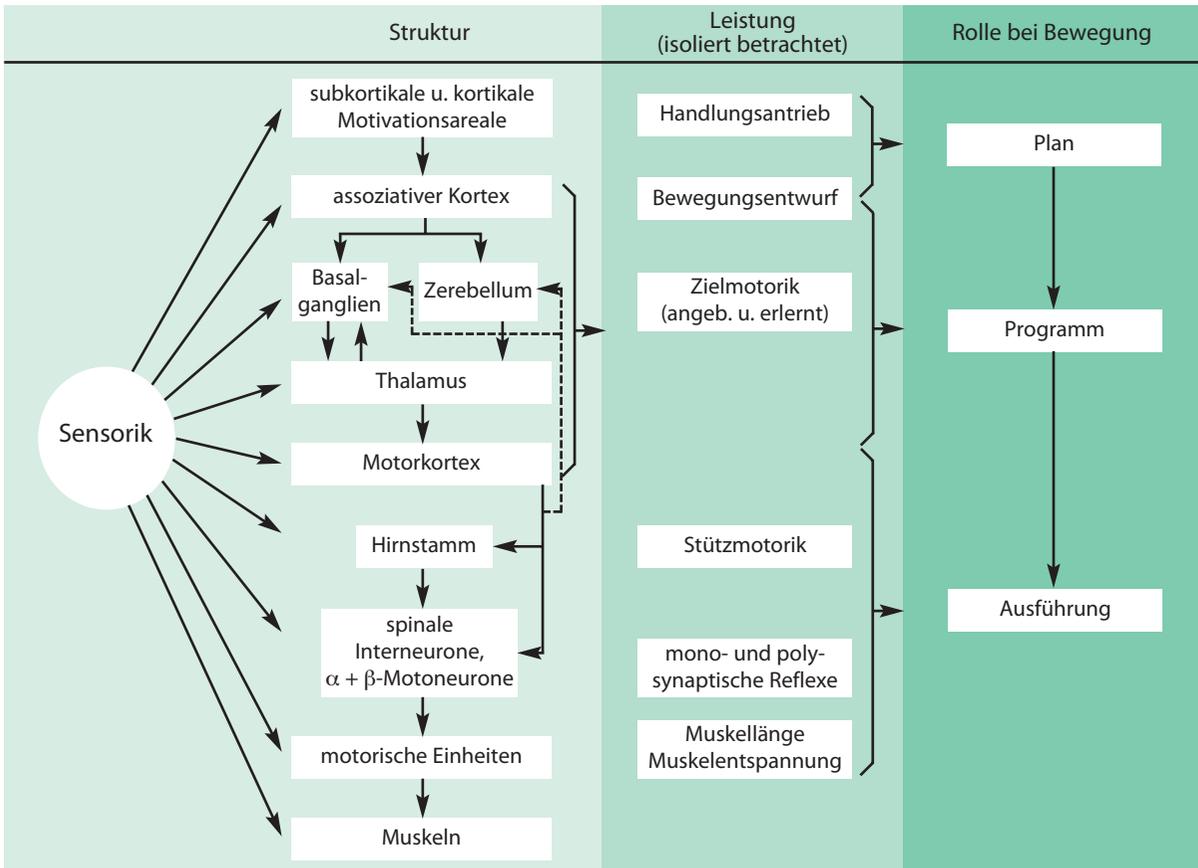


Abb. 1.2. Von der Motivation bis zur Bewegung (modifiziert nach Birbaumer und Schmidt 1996)

tex ist das Hauptausgangstor zur Peripherie, die „Exekutive-Station“ des Gehirns. Vom primären und sekundären motorischen Kortex ziehen deszendierende Bahnen, wie der Tractus corticospinalis lateralis und der Tractus corticospinalis ventralis, nach peripher. Sie durchlaufen den Hirnstamm, bilden die Pyramide (Pyramidenbahn), kreuzen dort mehrheitlich auf die andere Seite und erreichen monosynaptisch oder über Interneurone die Alpha-Motoneurone des motorischen Vorderhorns (■ Abb. 1.2).

Kollaterale des Tractus corticospinalis ziehen zu anderen für die Motorik wichtigen Strukturen wie Kleinhirn, Basalganglien und Thalamus nach zentral zurück (■ Abb. 1.2). Weitere Bahnen entspringen dem motorischen Kortex und erreichen die Alpha- und Gamma-Motoneurone des Rückenmarks über den Umweg des Hirnstamms (■ Abb. 1.2). Diese Bahnen, welche unter starkem Einfluss des Kleinhirns und der Vestibulariskerne stehen, werden anatomisch der Pyramidenbahn als extrapyramidale Bahnen gegenübergestellt. Ihre Aufgabe besteht in der Erhal-

tung des Gleichgewichts und der Einleitung der halte- und stützmotorischen Aktivitäten des Rumpfes und der Extremitäten. Eine abgestimmte zielgerichtete Bewegung wird so erst möglich (■ höhere Motorik, S. 8 ff.). Die extrapyramidalen Bahnen aktivieren die Gamma-Motoneurone und regulieren über die Muskelspindel den Muskeltonus.

Auf Rückenmarksebene können spinale Reflexe, Automatismen und elementare Bewegungsprogramme integriert werden (■ Abb. 1.3, S. 6; ■ Spinalmotorik, S. 9 ff.). Erst zum Schluss werden die reagierenden Muskeln bestimmt und je nach Bedürfnis die entsprechenden Motoneuronenpools aktiviert (Käser 1991 a; ■ Abb. 1.2). Während der gesamten Ausführung wird die Bewegung anhand der erwarteten Resultate über Rückkopplungsmechanismen (Feed back-Mechanismen) kontrolliert und korrigiert (■ sensorische Systeme und deren Perzeption, S. 10 ff. sowie ■ Abb. 1.3, S. 6). Die kortikal induzierte, kortiko-subkortikal organisierte und auf allen Ebenen des ZNS ausgeführte, zielge-

richtete Bewegung wird auf der peripheren Ebene durch das neuromuskuläre System (Bewegungssystem) realisiert.

Das **Bewegungssystem** (■ Abb. 1.3) ist das Ausführungsorgan des motorischen Outputs. Es führt als „Arbeitsinstrument“ die Haltungs- und Bewegungsprogramme aus. Dabei beschränkt sich das Bewusstsein des Individuums auf die Induktion der Bewegung, die Generierung des Handlungsantriebs.

Möchte man ein Glas Wasser greifen, welches auf einem Tisch steht, so findet die Organisation der Bewegung (Bewegungsentwurf und Programmierung) unbewusst statt. Ebenso erfolgt die Ausführung der Bewegung (d. h. Aktivierung der Muskelgruppen, die nötig sind, um z. B. zum Tisch zu gehen und das Greifen der Hand zum Glas durchzuführen) unwillkürlich und selbständig. Es wird dem Individuum vielfach nicht bewusst.

Das Bewusstsein ist reserviert für die Verfolgung des Ziels der durchgeführten Bewegung. Die dem „Willen“ zugrundeliegenden neuronalen Strukturen sind kortikale Hirnabschnitte wie limbische Strukturen und Felder des Assoziationskortex (Käser 1991 a).

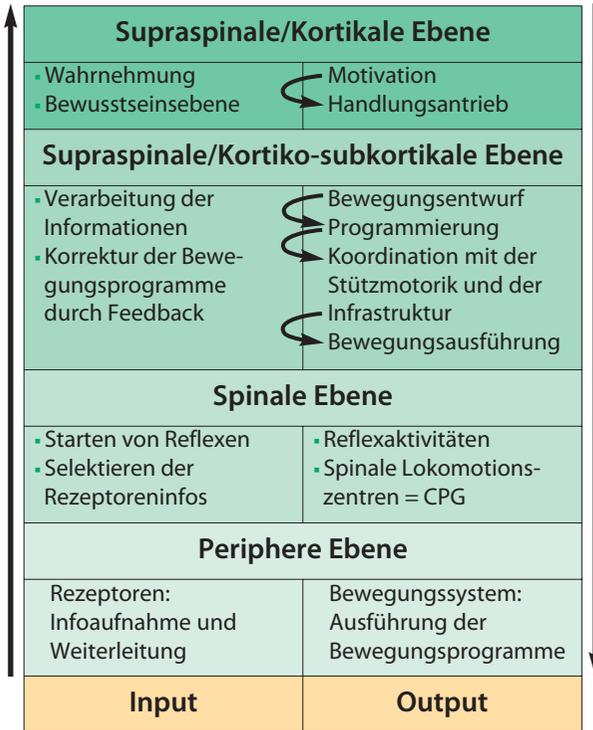


Abb. 1.3. Die Hierarchie der menschlichen Motorik (modifiziert nach Brügger 2000)

Die Einteilung der menschlichen Motorik in vier hierarchisch gegliederte Stufen (■ Abb. 1.3) wurde von Brügger vor allem aus didaktischen Zwecken geschaffen. Die Hierarchie der menschlichen Motorik geht auf J. H. Jackson zurück. Sie ergibt sich aus dem kaskadenförmigen Aufbau der verschiedenen Abschnitte des ZNS vom entwicklungs-geschichtlich ältesten Teil, dem Rückenmark, bis zur jüngsten Struktur, der Hirnrinde.

Durch den Überbau mit zusätzlichen leistungsfähigen Steuersystemen fand im Laufe der Entwicklungsgeschichte eine fortschreitende, motorische Anpassung statt. Da die subkortikalen Strukturen jedoch in enger Verbindung mit den kortikalen Strukturen der Hirnrinde arbeiten, wurde der Begriff „**supraspinale Ebene**“ entwickelt. Unter der „**kortikalen Ebene**“ versteht Brügger den Anteil des ZNS, der für das „bewusste“ Erleben verantwortlich ist. Sie ist Teil der supraspinalen Ebene.

### 1.2.2 Organisation und Steuerung von Haltung und Bewegung

Haltung und Bewegung werden durch zwei partnerschaftlich arbeitende Systeme gesteuert, die eng miteinander gekoppelt sind: das **sensorische** und das **viszeromotorische System** (Käser 1991 a). Die Aktivitäten des motorischen Verhaltens sind untrennbar mit den adäquaten Leistungen des viszeromotorischen Systems (Infrastruktur) verknüpft. Sie arbeiten als Funktionseinheit zur Lösung von komplexen Aufgaben miteinander.

#### Sensomotorisches System

Das sensomotorische System betreut das Individuum in seinen intellektuellen, emotionalen und motorischen Leistungen. Da zur Ausführung und Kontrolle von Haltung und Bewegung ein ständiger Zustrom von afferenten Informationen der peripheren Rezeptoren nötig ist, wird der Begriff der Motorik korrekterweise durch den Begriff der Sensomotorik ersetzt. Für eine willkürliche Bewegung sind sowohl motorische Zentren, als auch sensorische Systeme nötig, die eng zusammenarbeiten.

#### Motorische Zentren des ZNS

Die motorischen Zentren, welche für die nervöse Organisation und Kontrolle von Haltung und Bewegung zuständig sind, erstrecken sich von der Hirnrinde zum Rückenmark. **Haltung und Bewegung werden durch Programme (Bewegungsmuster) gesteuert.** Angeborene, ererbte Programme werden durch zahlreiche erlernte Programme ergänzt.

- Beispiele für **angeborene, vererbte Programme** sind Schlucken, Atmen, Schreien, Saugen und die Greiffunktion der Finger und Zehen. Das Gehen ist ebenfalls als Rahmenprogramm angelegt und genetisch verankert. Durch die Koppelung von Hüft-Flexion mit der Knie-Flexion bei Strampelbewegungen des Neugeborenen ist die Voraussetzung für die Spielbeinphase gewährleistet. Die Koppelung der Hüft-Extension mit der Knie-Extension stellt die Basis für die Standbeinphase dar.
- Unter **erlernten Programmen** werden alle motorischen Fertigkeiten verstanden, die ein Individuum im Laufe seines Lebens erwirbt, wie z. B. zielgerichtetes Gehen, Schreiben, sportliche und berufliche Fertigkeiten, Autofahren etc. Der Lernprozess beginnt mit einer langsamen, willkürlich gesteuerten und zweckmäßig orientierten Bewegungsfolge. Die Bewegungen werden anfänglich bewusst durchgeführt und korrigiert. Das Individuum führt die Bewegungsfolge konzentriert aus. Durch die ständige Wiederholung der bewusst erlebten Bewegungsfolge wird diese im Gedächtnis als neu erlerntes Bewegungsprogramm gespeichert und kann als solches abgerufen werden. Diese erlernten Programme laufen nach einiger Übung größtenteils automatisch ab. So denkt der Tennisspieler nicht mehr über das „Wie“ des Aufschlags nach, er führt ihn automatisch aus.

Angeborene und erlernte Bewegungsprogramme sind mit Symbolen auf der Bildschirmfläche eines Computers vergleichbar, welche mit dem Cursor angeklickt werden können. Das Anklicken des Symbols, das Auslösen der Bewegung (z. B. der Aufschlag beim Tennis), erfolgt willkürlich. Danach öffnet sich der Inhalt des Symbols, die Ausführung der Bewegung (das Aufschlagen selber) erfolgt unbewusst.

Das ZNS arbeitet programmorganisiert. Soll eine kleine Unterschrift unter einen Brief oder eine große an einer Tafel gesetzt werden, so wird das Programm „Unterschrift setzen“ aktiviert. Für eine kleine Unterschrift auf einem Papier werden andere Muskelgruppen angesteuert als für eine Unterschrift von mehreren Zentimetern bis Metern an der Tafel. Der Schriftzug, d. h. das Programm, ist identisch, die benutzten Muskelgruppen ändern sich.

Haltungs- und Bewegungsprogramme schließen eine isolierte Aktivität eines einzelnen Muskels aus. Beispielsweise wird zur Durchführung der Schulter-Abduktion nicht nur der M. deltoideus isoliert angesteuert, und die Beugung des Knies kann nicht allein durch den M. biceps femoris erfolgen. Versuche, welche die kortikale Reizung

des primär motorischen Feldes (Areal 4) beinhalteten, lösten schon bei niedrigster Schwellenintensität Zuckungen von kleinen Muskelgruppen aus (Woolsey et al. 1950).



### MEMO

Das Gehirn kennt keine Muskeln, es kennt nur Bewegungen (Brügger 2000).

Untersuchungen von Basmajian haben gezeigt, dass es möglich ist, unter starker Konzentration und systematischem Training bewusst einzelne motorische Einheiten anzusteuern (Brügger 2000). Daraus resultiert jedoch nur eine Anspannung des entsprechend angesteuerten Muskels und keine Bewegung. Sobald eine Bewegung stattfindet, werden alle Muskeln aktiviert, die in der jeweiligen Ausgangsstellung die Bewegung ausführen. Ebenso werden alle Muskeln, die zur Stabilisation der zielgerichteten Bewegung benötigt werden, aktiviert. Der Mensch bewegt sich somit immer in globalen Bewegungsmustern und nicht durch Einzelmuskeln.



### PRAXISTIPP

Ein isoliertes Training eines Muskels ist für das Gehirn nicht möglich, es werden bei allen aktiven Bewegungen immer globale Haltungs- und Bewegungsprogramme trainiert.

Haltungs- und Bewegungsprogramme werden im Alltag an unser Verhalten und an das Umfeld adaptiert (Gentile 1987). So ändert sich beispielsweise der Gang entsprechend des Umfelds. Geht man neben einem kleinen Kind, wird man automatisch langsamer. Will man im Vergleich dazu mit einem Fahrradfahrer Schritt halten, läuft man automatisch schneller. Ein effektives **Training** von globalen Haltungs- und Bewegungsprogrammen ist somit nur sinnvoll, wenn es **ziel- und kontextspezifisch** gestaltet wird, d. h. wenn es den Bedürfnissen des Individuums im Alltag angepasst wird.

Die motorischen Zentren werden unterschieden in diejenigen, welche die höhere Motorik durchführen und solche, die Spinalmotorik organisieren.



### PRAXISTIPP

Wird mit einem Patienten im Rahmen des ADL z. B. das Bücken in aufrechter Haltung geübt, ist es sinnvoll, dies zu einem Gegenstand aus dem Alltag zu tun. So kann das Bewegungsprogramm „Bücken“ bei einer Mutter zu ihrem kleinen Kind mit einer kleineren Unterstützungsfläche einhergehen und dynamischer sein (mit Schrittbewegungen nach vorne, zur Seite und nach hinten). Das Bücken eines Patienten, der schwere Lasten heben muss, verlangt hingegen eine vergrößerte Unterstützungsfläche. Außerdem wird durch kontextspezifisches Bücken das limbische System aktiviert und die Übertragung der therapeutischen Situation in den Alltag erleichtert.

### Höhere Motorik

Die höhere Motorik beinhaltet die **Ziel-** und die **Stützmotorik**. Zur Zielmotorik zählen alle motorischen Funktionen, die sich als nach außen gerichtete Bewegungen äußern. Zielgerichtete Bewegungen sind nur durch die Beteiligung aller motorischen Zentren auf allen Ebenen durchführbar (► Kap. 1.2.1, S. 4 ff.). Entsprechende Motivationen und Handlungsantriebe werden in Bewegungsentwürfe umgewandelt und in die jeweiligen Programme umgesetzt. Diese Bewegungsprogramme werden zur Bewegungsausführung vom motorischen Kortex an das Rückenmark und von dort zur Skelettmuskulatur weitergeleitet.

Die Zielmotorik ist immer von koordinierten Aktionen und Reaktionen der Stützmotorik begleitet. Dies geschieht sowohl bei der Vorbereitung der Bewegung als auch zur Korrektur der Haltung während und nach der Bewegung. Realisiert wird sie durch das **posturale System** (postural = die aufrechte Haltung betreffend; Véle 2000). Dabei gibt es keine strukturell festgelegte Posturalmuskulatur. Die Muskulatur, die in der jeweiligen Ausgangsstellung die Haltung stabilisiert, bildet die jeweilige posturale Muskulatur. Im Stand wird das posturale System durch andere Muskeln gebildet als in gebückter Haltung.

Aufgabe des posturalen Systems (Stützmotorik) ist die Sicherungskontrolle der zielgerichteten Bewegungen. Ebenso muss es während dynamischer Bewegungen die Haltung an die Bewegung anpassen. Bei willkürlichen Bewegungen werden gleichzeitig Muskelgruppen an den anderen Extremitäten und am Rumpf innerviert, um bei veränderten statischen Bedingungen das Gleichgewicht und

die Körperhaltung zu gewährleisten. So pendeln z. B. die Arme beim Gehen, um den Rumpf zu stabilisieren. Wird nach einem Gegenstand gegriffen, so werden gleichzeitig die Rückenmuskeln verstärkt aktiviert. Dadurch wird über eine entsprechende Zuggurtung dem langen Lastarm entgegengewirkt. Diese begleitenden Muskelaktionen, die oft nur in einer vermehrten Spannung oder Entspannung von Muskelgruppen bestehen, werden weder willkürlich induziert noch bewusst empfunden. Sie gleichen einer Art „Servomechanismus“, der selbständig und ohne bewusst zu werden, alle willkürlichen Bewegungen unterstützt.

Ohne posturales System ist eine koordinierte, zielgerichtete Bewegung nicht durchführbar. Eine weitere Aufgabe des posturalen Systems ist die Einnahme und Sicherung der Haltung und Stellung des Körpers gegen die Schwerkraft im Raum. Dazu bedient sich der Körper der Halte- und Stellreflexe, welche sich ab dem 2. Lebenshalbjahr entwickeln. Diese werden mit zunehmender Ausreifung der Großhirnrinde und der Pyramidenbahn in willkürliche Bewegungen eingebaut. Haltereфлекse sind z. B. der tonische Hals- und Labyrinthreflex. Sie stellen elementare Haltungsprogramme dar, die den Körper in die Lage versetzen, sich gegen die Schwerkraft in der Senkrechten zu halten.

Stellreflexe bewirken zusammen mit Haltereфлекsen die Aufrechterhaltung oder Wiederherstellung einer normalen Kopf- und Körperhaltung. Sie dienen der Erhaltung des Gleichgewichts (Schmidt 1987). Ausgelöst werden diese Reflexe durch Erregungszuleitung vom Kleinhirn, aus den Labyrinth (Labyrinth-Stellreflex), von der Körperoberflächen- und Tiefensensibilität (Körper-Stellreflexe), von den Halsmuskeln (Halsmuskel-Stellreflexe) und den Augenmuskeln (optische Stellreflexe). Die Informationen aus der Peripherie bewirken somit die unbewusste Einnahme einer undifferenzierten Grundstellung, einer „nichtorientierten Bereitschaftsstellung“ des Körpers.

Diese **Stand by-Position** dient als Ausgangsposition für alle möglichen Bewegungen. Schon die bloße Vorstellung, eine zielgerichtete Bewegung durchführen zu wollen, verändert die Stand by-Position in eine Haltung, die in die Richtung der kommenden zielgerichteten Bewegung orientiert ist (Véle 1997, 2001). Diese zielorientierte oder ausgerichtete Haltung wird als **Attitude** oder „orientierte Bereitschaftsstellung“ bezeichnet. Sie dient dem Zweck, die kommende Bewegung vorzubereiten und zu antizipieren. Die Stützmotorik steht unter der Kontrolle des extrapyramidalen Systems und wird im Wesentlichen durch Strukturen des Hirnstamms gesteuert.

Mehrere Untersuchungen führten zu dem Ergebnis, dass ein ziel- und kontextspezifisches Training nur in der

spezifischen Ausgangstellung eine effektive Verbesserung der Leistung erbringt. So zeigte z. B. eine Studie von Sale und MacDougall (1981 a, b), dass ein Ellenbogen-Krafttraining in stehender Position zu einem nachweisbaren Kraftzuwachs in dieser Position führte. Hingegen konnte in anderen Positionen (Sitz oder Rückenlage), in denen nicht trainiert wurde, kein identischer Kraftzuwachs nachgewiesen werden.

Somit kann angenommen werden, dass ein Training der Bauch- und Rückenmuskeln in Rücken- und Bauchlage mit dem damit verbundenen Kraftzuwachs nicht direkt auf eine verbesserte Einnahme der aufrechten Haltung im Sitz und Stand übertragbar ist. Das posturale System zur Sicherung der Haltung in der Vertikalen wird beim Üben in Rückenlagen nicht trainiert. Im Sitz und besonders im Stand sowie in der Fortbewegung wird aufgrund der kleineren Unterstützungsfläche und der sich stärker auswirkenden Schwerkrafteinflüsse ein viel höheres Maß an Stell- und Haltereflexen gefordert.



#### PRAXISTIPP

Um einen optimalen Trainingserfolg zu gewährleisten, sollte – sofern die klinischen Voraussetzungen des Patienten es zulassen – in alltagsorientierten Ausgangsstellungen im Sitz, Stand oder Gang trainiert werden.

### Spinalmotorik

Im Rückenmark bilden die **Alpha-Motoneurone des Vorderhorns** die gemeinsame motorische Endstrecke des somatomotorischen Systems. Sie erhalten ihre Informationen entweder direkt (bahnend) oder indirekt über ein hemmendes Interneuron von Afferenzen der Muskelspindel, der Hautrezeptoren und der Nozizeptoren, im Weiteren von benachbarten Motoneuronen, aus intersegmentalen Verschaltungen und aus supraspinalen Gebieten. **Gamma-Motoneurone** stehen unter supraspinalen Einflüssen, wodurch feinmotorische Bewegungen realisierbar sind.

Es entsteht ein interneuronales Netzwerk, welches die Basis für einfache Haltungs- und Bewegungsprogramme darstellt. Lokale spinale Schaltkreise sind z. B. der **monosynaptische Eigenreflex** und die **polysynaptischen Fremdre reflexe**. Spinale Reflexe stehen unter hemmenden bzw. bahnenden Einflüssen spinaler oder höherer Zentren, so dass es zu einer Modifikation und Anpassung des Reflexes an die Erfordernisse des Organismus kommt. Der ein-

zige bekannte monosynaptische Eigenreflex ist der **monosynaptische Dehnungsreflex**, welcher klinisch im Rahmen der Muskeleigenreflexe getestet wird. Er dient zur Aufrechterhaltung der Muskellänge und ist durch Divergenz in höhere Hirnzentren für die Aufrechterhaltung des Muskeltonus der Stützmotorik von großer Bedeutung. Da sich der Rezeptor (die Muskelspindel) und der Effektor (die extrafasalen Muskelfasern) in einem Muskel befinden, und der spinale Schaltkreis über nur eine Synapse verschaltet ist, wird er als monosynaptischer Eigenreflex bezeichnet.

Polysynaptische Fremdre reflexe haben eine bedeutende Funktion bei der Fortbewegung (Lokomotionsreflexe), bei der Nahrungsaufnahme (Schluck- und Saug-Reflex) und bei der Absicherung des Individuums gegen schädigende Einflüsse (Husten-, Nies-, Würge-, Korneal- und Flucht-Reflex). Da auslösendes Organ und Erfolgsorgan räumlich getrennt und mindestens zwei Synapsen involviert sind, wird er als polysynaptischer Fremdre reflex bezeichnet.

Neben den motorischen polysynaptischen Reflexen sind jedoch zahlreiche vegetative polysynaptische Reflexe vorhanden. Das einfachste Beispiel eines lokomotorischen Fremdre reflexes ist die **reziproke antagonistische Hemmung** oder „**disynaptische Vorwärtshemmung**“.

Dehnungsrezeptoren der Muskelspindel aktivieren über Ia-Fasern die homonymen Motoneurone des gleichen Muskels (monosynaptischer Eigenreflex) und seiner Synergisten. Gleichzeitig werden über ein inhibitorisches Interneuron die Motoneurone der antagonistischen Muskeln gehemmt. Die Hemmung antagonistischer Motoneurone, bei gleichzeitiger Aktivierung der Motoneurone der Agisten/Agonisten, geschieht bei allen Willkürbewegungen (Sherrington-Gesetz).

Höhere motorische Zentren sind in der Lage, die Aktivität von Muskeln, die am selben Gelenk als Gegenspieler tätig sind, mit Hilfe eines Befehls an ein inhibitorisches Ia-Interneuron zu koordinieren. Die Entspannung des antagonistischen Muskels steigert die Geschwindigkeit und Effizienz der Bewegung, da die Agisten/Agonisten nicht gegen die Kontraktion ihrer Gegenspieler arbeiten müssen. Das Prinzip der reziproken antagonistischen Hemmung (▣ Abb. 1.4, S. 10) wird **therapeutisch** u. a. bei den **agistisch exzentrischen Kontraktionsmaßnahmen** und bei den **Theraband-Übungen** ausgenutzt (► Kap. 4.4.2, S. 90 ff.).

Die spinalen Reflexe stellen einen Vorrat elementarer Haltungs- und Bewegungsabläufe dar, die an die Bewegungsintention angepasst werden. Der Organismus kann sich ihrer nach Bedarf bedienen, ohne dass sich die höheren

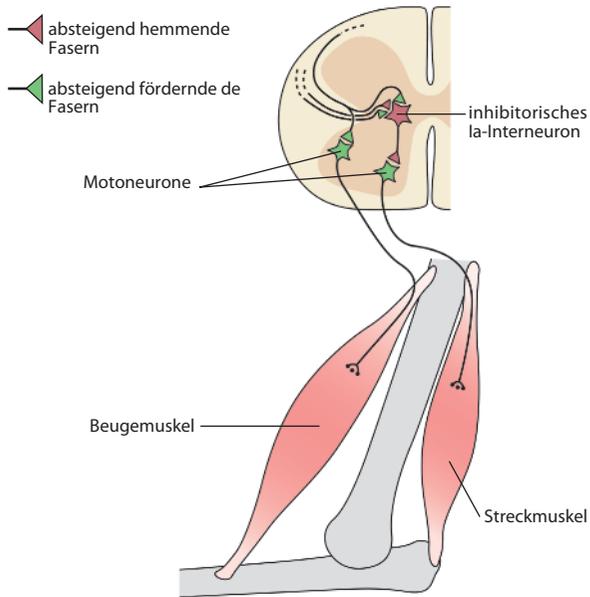


Abb. 1.4. Reziproke antagonistische Hemmung (modifiziert nach Kandel 1995)

Abschnitte des ZNS um die Ausführung der Bewegungen bemühen müssen.

Tierexperimentelle Versuche mit jungen Katzen, deren Rückenmark durchtrennt oder mit Curare behandelt wurde, zeigten, dass durch den Kontakt der Extremitäten auf einem rollenden Laufband Schreitbewegungen ausgelöst werden konnten, die den Laufbewegungen eines gesunden Tieres ähneln. Die Schreitgeschwindigkeit konnte zusätzlich der Laufbandgeschwindigkeit angepasst werden. Allerdings konnten sie das Gleichgewicht nur mit externer Hilfe mittels eines Bauchgurts halten (Grillner 1975, Grillner u. Wallen 1985, Kandel et al. 1995, Schmidt u. Thews 1985).

Diese Experimente zeigen, dass durch die Verknüpfung der propriospinalen Neurone des Rückenmarks untereinander auf einen entsprechenden Anstoß komplexe motorische Bewegungen ausgeführt werden können, die dann völlig automatisch ablaufen. Das führte zur Annahme, dass es auf spinaler Ebene für jede Extremität definierte, neuronale Wege gibt, die eine Lokomotion erzeugen können. Diese neuronalen Systeme wurden von Grillner und Wallen als **spinale Lokomotionszentren** oder **Central Pattern Generators (CPG)** bezeichnet.

Die Koordination der spinalen Lokomotionszentren untereinander erfolgt über propriospinale Systeme und segmental kreuzende Bahnen. Die Aktivitäten der CPG werden von Afferenzen aus der Körperperipherie moduliert. Absteigende Bahnen suraspinaler Systeme aktivieren, kontrol-

lieren und adaptieren, die von den CPG ausgelöste Lokomotion, an die induzierte Bewegung (Kandel et al. 1995).

Diese Beobachtungen unterstreichen, dass schon auf der Ebene des Rückenmarks neben spinalen Reflexen ein Vorrat an angeborenen, elementaren Bewegungsprogrammen vorhanden ist. Sie laufen auf einen entsprechenden Anstoß hin völlig selbständig ab. Inwieweit diese automatischen CPG-Mechanismen allerdings beim Menschen im Rahmen der normalen Motorik ablaufen, ist noch nicht geklärt (Käser 1991 a). Es konnte durch Versuche an Patienten mit komplettem und inkomplettem Querschnitt mehrfach gezeigt werden, dass der Mensch spinale Lokomotionszentren besitzt (Harkema 2001).

Untersuchungen an Neugeborenen zeigen rhythmische Schreitbewegungen, wenn sie auf ein Laufband gestellt werden (Kandel et al. 1995). Der Schreitreflex des Säuglings wird somit als Ausdruck der durch Hautreize ausgelösten, aktivierten Lokomotionszentren angesehen. Diese einfachen Schrittbewegungen können jedoch nicht für das zielgerichtete Gehen eingesetzt werden, da sich das höher organisierte posturale System, die Stützmotorik, erst später entwickelt. Der Greifreflex des Neugeborenen könnte ebenfalls einen Ausdruck dieser Strukturen darstellen. Nach der Geburt bilden sich diese Reflexe durch die Entwicklung der höher gelegenen, supraspinalen Zentren wieder zurück. Die spinalen Lokomotionszentren können dann keine eigenständige Aktivität mehr entwickeln, da sie einer ausgeprägten supraspinalen Kontrolle unterliegen.



## MEMO

Einfache Haltungs- und Bewegungsprogramme auf spinaler Ebene werden durch supraspinale Hirnregionen in dem Maße beeinflusst und in die auszuführende Bewegung integriert, dass zeitlich und räumlich orientierte, zielgerichtete (task related) Bewegungen entstehen (Käser 1991 a).

## Sensorische Systeme und deren Perzeption

Die motorische Aktion ist sehr eng mit der sensorischen Information verbunden. Für die funktionsgerechte Ausführung von Haltung und Bewegungsprogrammen erhalten alle an der Bewegung beteiligten Strukturen Informationen aus der Peripherie (periphere Ebene). Um Bewegungen zu kontrollieren und zu korrigieren, werden Rezeptoren aktiviert. Für die Bewegungskontrolle wichtige Rezeptoren sind die Propriozeptoren und die Exterorezeptoren.

**Propriozeptoren** vermitteln Informationen bezüglich der Stellung des Körpers im Raum und über die Position der Extremitäten relativ zum Rumpf. Sie werden der Gruppe der Mechanorezeptoren zugeordnet, da sie auf Deformierung des Rezeptors selber, des angrenzenden Gewebes oder benachbarter Zellen reagieren. Dazu gehören:

- Muskelspindeln, sie messen die Muskellänge und deren Veränderung;
- Golgi-Sehnenorgane im Muskel-Sehnen-Übergangsbereich, sie werden bei Spannungsänderung der Sehne aktiviert;
- Ruffini-Körper und Vater-Paccini-Körper in den Gelenken; Ruffini-Körper melden Kapselspannung und -raffung und geben somit Information über die Gelenkstellung, Vater-Paccini-Körper melden Druck und Vibrationsreize und registrieren Gelenkbewegungen;
- Rezeptoren in den Bändern; Schultz et al. haben 1984 Golgi-ähnliche Rezeptoren in den Kreuzbändern nachgewiesen, damit wurde die rein mechanische Funktion der Bänder durch eine primär sensorische Funktion ersetzt;
- Rezeptoren des Vestibularapparates im Labyrinth des Innenohrs, sie nehmen Veränderungen der Kopfstellungen und Beschleunigungen des Kopfes in allen Richtungen wahr.

**Exterorezeptoren** nehmen die Informationen aus der Umgebung auf. Für die Motorik wichtige Exterorezeptoren sind die Sinnesorgane

- Auge und
- Ohr.

Damit die Bewegungsinduktion und die Bewegungsausführung übereinstimmen, werden Informationen der Rezeptoren auf die spinale Ebene weitergeleitet. Schon dort werden über neuronale Reflexe, ohne Beteiligung höherer motorischer Zentren, Korrekturen eingeleitet (Muskelspindel-Reflex oder Sehnen-Spindelreflex, ■ Abb. 1.3, S. 6).

Auf spinaler Ebene werden die sensorischen Informationen, entsprechend ihrer Qualitäten, selektiert und über die unterschiedlichen Bahnen nach zentral weitergeleitet (■ Abb. 1.3, S. 6). Schon bei der Programmierung einer Bewegung wird gleichzeitig eine Erwartung über das sensorische und motorische Resultat der Bewegung (Efferenzkopie) im Kleinhirn abgelegt. Das Kleinhirn vergleicht, ähnlich einem Rechenzentrum, während der laufenden Bewegung das bisherige Handlungsergebnis, den Istwert, mit dem zu erwarteten Resultat, dem Sollwert.

Unstimmigkeiten und Fehler bei der Ausführung von Bewegungen führen zu Korrekturen der zielgerichteten Bewegung. Die Korrektur der Haltungs- und Bewegungsprogramme erfolgt somit über Rückkopplung (Feed back-Mechanismen, ■ Abb. 1.3, S. 6). Damit steigert das Kleinhirn die Bewegungsgenauigkeit. Bei Ausfall des Kleinhirns kommt es zu Verzögerungen in der Korrektur und damit zu ataktischen Bewegungen.

Die sensorischen Informationen aus der Peripherie können nach Bedarf über den Thalamus auf die kortikale Ebene zum primär somatosensorischen Kortex (Gyrus postcentralis BA 1, 2, 3a und b) und seine Assoziationsfelder weitergeleitet werden. Auf der so genannten Bewusstseinssebene erfolgt die Wahrnehmung und Perzeption der sensorischen Informationen und deren Interpretation (■ Abb. 1.3, S. 6).

Ziel der kortikal wahrgenommenen, sensorischen Informationen ist die bewusste Modifikation und Korrektur der Bewegung durch das Individuum. Die meisten erlernten Bewegungsabläufe werden nicht mehr bewusst wahrgenommen, es sei denn:

- der Mensch bekommt den Auftrag, sich auf die auszuführende Bewegung zu konzentrieren;
- es werden neue Bewegungen erlernt oder vorhandene Bewegungsprogramme umorganisiert, d. h. umprogrammiert;
- es verändern bzw. erschweren sich die externen Bedingungen während einer ablaufenden Bewegung (Wenn z. B. ein Inline-Skater, der normalerweise auf einer glatten Asphaltstraße fährt, ein Stück Kopfsteinpflaster überbrücken will. Er muss sich nun auf die Bewegung konzentrieren, um gegebenenfalls bewusst Korrekturen der Bewegung einleiten zu können.);
- es liegt eine Störung der Rezeptoren vor.

Fällt eines der Kontrollsysteme aus, wenn beispielsweise die Meldfunktion der Bänder und der Kapsel des Sprunggelenks nach mehreren Distorsionstraumen herabgesetzt ist, so kann dies durch die noch funktionierenden Systeme kompensiert werden. Erschweren sich zusätzlich die externen Bedingungen, z. B. beim Gehen über einen holprigen Feldweg, so wird das Individuum vorsichtiger, langsamer und breitspuriger gehen.

Die „bewusst“ vorgenommenen Korrekturen werden von Brügger als Sorgfaltsprogramme bezeichnet. Es wird während des Gehens eine Unsicherheit empfunden. Der Ausfall von zwei oder mehr Systemen kann in der Regel nicht mehr kompensiert werden. Wenn dieser Patient bei beginnender Dämmerung (Herabsetzung der optischen

Kontrolle) einen unebenen Weg gehen soll, so kann sich seine Unsicherheit bis hin zur Angst steigern. Er wird einen anderen Weg wählen, die Taschenlampe oder evtl. einen Stock nehmen, um somit den propriozeptiven Input zu steigern und sicherer zu gehen.

### Das viszeromotorische System (Infrastruktur)

Da der gesamte Organismus als Einheit zur Lösung von Aufgaben arbeiten muss, besteht eine enge Interaktion des sensomotorischen mit dem viszeromotorischen System. Letzteres wird durch das vegetative Nervensystem gesteuert und von Brügger als **Infrastruktur** bezeichnet. Aufgabe des vegetativen Nervensystems ist die Konstanterhaltung des inneren Milieus (Homöostase), welches an die wechselnden Umweltbedingungen und die sich ständig ändernden Bedürfnisse des Organismus angepasst werden muss. Die Infrastruktur umfasst sämtliche logistischen Leistungen des Organismus. Dazu gehört die Regulation

- des Respirationssystems, welches den Sauerstoff aufnimmt und ins Blut befördert;
- des Herz-Kreislaufsystems, das den Transport des Sauerstoffs und der Energieträger zum Erfolgsorgan durchführt;
- der Rückflusssysteme, wie z. B. vaskuläres System und Lymphgefäßsystem, welches die muskulären Abbauprodukte als lymphatische Eiweißlast abtransportiert;
- des Stoffwechsels, welcher die Nahrung verdaut, Energieträger speichert und bei Bedarf in Form von freier Energie zur Verfügung stellt;
- des Elektrolyt- und Wasserhaushalts;
- des Hormonhaushalts;
- der Thermoregulation.

Diese Tätigkeiten werden nur in geringem Umfang bewusst wahrgenommen. So wird z. B. ein Mangel an Nahrungs- und Wasseraufnahme als Durst bzw. Hunger und steigendes Volumen der Harnblase als Harndrang wahrgenommen. Bei obstruktiven Störungen der Atemwege kommt es zum Gefühl der Atemnot. Die Steuerung der Infrastruktur unterliegt nicht der willkürlichen Kontrolle und wird in verschiedenen neuronalen Zentren überwacht. Sie sind eng miteinander verzahnt und funktionell, aber nicht morphologisch, voneinander zu unterscheiden. Sie befinden sich sowohl im Rückenmark, als auch im Hirnstamm.

Bei der Steuerung der Infrastruktur spielt, neben der *Formatio reticularis*, insbesondere der Hypothalamus eine zentrale Rolle. Er integriert spinale Reflexe und vegetative

Regulationen, die vom Hirnstamm ausgehen und steuert so als übergeordnete Struktur das vegetative System. Über seine Verbindung zur Hypophyse beeinflusst er zusätzlich das endokrin-vaskuläre System und über den Thalamus das somatische System. Bei zielgerichteten Bewegungen muss die Infrastruktur an das Zielprogramm angepasst werden. Es kommt zur Synchronisation der sensomotorischen mit der viszeromotorischen Leistung. Um z. B. die Voraussetzung einer muskulären Arbeit zu gewährleisten, erhöht sich innerhalb weniger Sekunden die Atemfrequenz. Das Herzzeitvolumen steigt auf das maximal Vierfache an, so dass die Durchblutung der Skelettmuskulatur bis auf das 20-fache der Ruhedurchblutung gesteigert werden kann (Schmidt 1987).



### ZUSAMMENFASSUNG

- Voraussetzung für die Durchführung der bewussten Zielmotorik ist die Motivation und Idee zur Handlung.
- Subkortikale und kortikale Motivationsareale analysieren die Bedürfnisse des Organismus und entwickeln einen entsprechenden Handlungsantrieb. Dieser wird vom Assoziationskortex in Bewegungsentwürfe umgewandelt und in einem Wechselspiel von supraspinalen Zentren in Bewegungsprogramme umgesetzt. Diese Bewegungsprogramme werden zur Bewegungsausführung vom motorischen Kortex über absteigende Bahnen an das Rückenmark weitergeleitet.
- Auf spinaler Ebene werden einfache motorischen Haltungs- und Bewegungsabläufe in die höhere Motorik integriert, so dass zeitlich und räumlich zielgerichtete Bewegungen (task related- Bewegungen) entstehen.
- Die Ausführung der Bewegungsprogramme erfolgt über das Bewegungssystem.
- Die Zielmotorik ist immer von koordinierten Aktionen und Reaktionen der Stützmotorik begleitet, sowohl bei der Vorbereitung der Bewegung, als auch zur Korrektur der Haltung während und nach der Bewegung. Sie wird durch das posturale System realisiert. Gleichzeitig muss das viszeromotorische System, die Infrastruktur, an das Zielprogramm angepasst werden.



### ZUSAMMENFASSUNG (Fortsetzung)

- Während der gesamten Ausführung wird die Bewegung durch periphere Rezeptoren registriert. Anhand der erwarteten Resultate, welche im Kleinhirn als Efferenzkopie niedergelegt sind, werden sie über Rückkopplungsmechanismen (Feed back-Mechanismen) kontrolliert und korrigiert.
- Ist eine bewusste Einflussnahme des Individuums bei der Korrektur der Haltungs- und Bewegungsprogramme erforderlich, so werden die sensorischen Informationen auf die Bewusstseinssebene, die kortikale Ebene, weitergeleitet.



### ÜBERPRÜFEN SIE IHR WISSEN

- Wie findet die Organisation der Bewegungsplanung und -durchführung willkürlicher, zielgerichteter Bewegungen statt?
- Was sind angeborene und erlernte Bewegungsprogramme?
- Welche Rolle spielt die Stützmotorik bei zielgerichteten Bewegungen, wer organisiert sie und durch welches System wird sie durchgeführt?
- Was ist unter einer „Stand by-Position“, was unter der „Attitude“ zu verstehen?
- Welche elementaren Haltungs- und Bewegungsabläufe sind auf der spinalen Ebene vorhanden und wie können sie bei zielgerichteten Bewegungen genutzt werden?
- Welche Systeme sind zur Kontrolle zielgerichteter Bewegung nötig, wie erfolgt die Kontrolle?
- Was wird unter dem Begriff der Infrastruktur verstanden, wer steuert sie und welche Rolle spielt sie bei der Zielmotorik?

## 1.3 Pathophysiologie



### LERNZIELE

#### Kenntnisse über

- Störfaktoren, deren Registrierung durch die Nozizeptoren, ihre Weiterleitung und Verarbeitung auf spinaler und supraspinaler Ebene
- Auslösung und Wirkungsweise des nozizeptiven somatomotorischen Blockierungseffekts (NSB)
- die zum Schutz von Störfaktoren ausgelöste arthrotendomyotische Reaktion (ATMR) und infrastrukturelle Situation
- Tendomyosen sowie ihre Eigenschaften, Funktion, Folgen, Dynamik
- den Schmerz als Ausdruck kortikal wahrgenommener Nozizeptorenaktivität
- bewusst ausgelöste Sorgfaltsprogramme zum Schutz von Störfaktoren
- transitorische und persistierende Störfaktoren, insbesondere Kontrakturen und muskuläre Überlastungsödeme (OGE) und die durch sie reflektorisch ausgelösten transitorischen und persistierenden arthrotendomyotischen und infrastrukturellen Reaktionen
- multifokale Störfaktoren und deren Staffelung durch den NSB

Unter dem Einfluss von Störfaktoren werden zentralnervös Schutzmechanismen ausgelöst. Es kommt zur Modifikation der physiologischen Haltungs- und Bewegungsprogramme bis hin zur Blockierung von Bewegungen. Ziel dieser veränderten Haltungs- und Bewegungsprogramme ist es, Schaden im Körper abzuwenden oder den im Körper bereits vorhandenen Schaden zu begrenzen, eine Verstärkung zu vermeiden und, sofern möglich, eine Heilung zu erleichtern.

Diese supraspinal unbewusst organisierten Schutzmechanismen wurden von Brügger 1962 als **nozizeptiver somatomotorischer Blockierungseffekt (NSB)** bezeichnet. Die ausgelösten Schonprogramme können mit reflektorisch bedingten Schmerzen im Bereich der Muskeln, Sehnen und Gelenke verbunden sein. Häufig treten die Schmerzen nicht im Bereich der Störungsursache, sondern am Ort des wirksamsten Schutzes auf (■ Abb. 1.5, S. 14).