

physiolehrbuch **Praxis**

Physiotherapie in der Neurologie

Herausgegeben von
Antje Hüter-Becker
Mechthild Dölken

Das Autorenteam

D. Wulf, K. Brüggemann, S. Laschke,
A. Pape, K. Scheidtman, S. Störmer,
Ch. Wittmann

3. Auflage



Thieme

Physiotherapie in der Neurologie

Herausgegeben von Antje Hüter-Becker und Mechthild Dölken

Autoren:

Karin Brüggemann

Sebastian Laschke

Anne Pape

Klaus Scheidtmann

Sabine Störmer

Christl Wittmann

Dorothe Wulf

3., unveränderte Auflage

423 Abbildungen

36 Tabellen

Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie; detaillierte bibliographische Daten sind im Internet über <http://dnb.dbd.de> abrufbar

Ihre Meinung ist uns wichtig! Bitte schreiben Sie uns unter

www.thieme.de/service/feedback.html



- 1. Auflage 2004
- 2. Auflage 2007

Wichtiger Hinweis: Wie jede Wissenschaft ist die Medizin ständigen Entwicklungen unterworfen. Forschung und klinische Erfahrung erweitern unsere Erkenntnisse, insbesondere was Behandlung und medikamentöse Therapie anbelangt. Soweit in diesem Werk eine Dosierung oder eine Applikation erwähnt wird, darf der Leser zwar darauf vertrauen, dass Autoren, Herausgeber und Verlag große Sorgfalt darauf verwandt haben, dass diese Angabe **dem Wissensstand bei Fertigstellung des Werkes** entspricht. Für Angaben über Dosierungsanweisungen und Applikationsformen kann vom Verlag jedoch keine Gewähr übernommen werden. **Jeder Benutzer ist angehalten**, durch sorgfältige Prüfung der Beipackzettel der verwendeten Präparate und gegebenenfalls nach Konsultation eines Spezialisten festzustellen, ob die dort gegebene Empfehlung für Dosierungen oder die Beachtung von Kontraindikationen gegenüber der Angabe in diesem Buch abweicht. Eine solche Prüfung ist besonders wichtig bei selten verwendeten Präparaten oder solchen, die neu auf den Markt gebracht worden sind. **Jede Dosierung oder Applikation erfolgt auf eigene Gefahr des Benutzers.** Autoren und Verlag appellieren an jeden Benutzer, ihm etwa auffallende Ungenauigkeiten dem Verlag mitzuteilen.

© 2010 Georg Thieme Verlag
Rüdigerstraße 14
D-70469 Stuttgart
Unsere Homepage: <http://www.thieme.de>

Printed in Germany

Zeichnungen: Barbara Gay, Stuttgart
Martin Hoffmann, Thalfingen
Umschlaggestaltung: Thieme Verlagsgruppe
Umschlagfoto: Studio Nordbahnhof,
Stuttgart
Satz: Hagedorn Kommunikation, Viernheim
Druck: Grafisches Centrum Cuno, Calbe

ISBN 978-313-129483-8

1 2 3 4 5 6

Geschützte Warennamen (Warenzeichen) werden **nicht** besonders kenntlich gemacht. Aus dem Fehlen eines solchen Hinweises kann also nicht geschlossen werden, dass es sich um einen freien Warennamen handele.
Das Werk, einschließlich aller seiner Teile, ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechtsgesetzes ist ohne Zustimmung des Verlages unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Vorwort der Herausgeberinnen der physiolehrbücher Praxis

In der Physiotherapie ist einiges in Bewegung geraten – mehr, als es bei diesem Bewegungsberuf ohnehin der Fall ist: Die Tür zu einer akademischen Ausbildung der Physiotherapeutinnen und Physiotherapeuten hat sich einen Spalt breit geöffnet; die ersten Absolventen eines Fachhochstudiums sind als Bachelor of Science oder als Bachelor of Arts ins Berufsfeld ausgeschwärmt. Der Professionalisierungsprozess schreitet voran. Und was bedeutet das alles für die Ausbildung von Physiotherapeuten?

In erster Linie bedeutet es, sich auf die Stärken des Berufs zu besinnen, auf das Charakteristische der deutschen Physiotherapie: die ausgezeichnete praktische Fachkompetenz, die uns auch im weltweiten Vergleich immer wieder bestätigt wird. Nach wie vor gilt, dass das beobachtende Auge – die haltende, aber auch sich wieder lösende Hand – das achtsame Herz zeitlos gültige Merkmale eines Physiotherapeuten, einer Physiotherapeutin sind. Mit dem „Bachelor sc. Physiotherapie“, der international als „reflektierender Praktiker“ definiert wird, können wir einerseits diese praktische Kompetenz bewahren und andererseits den Anschluss finden an die weltweite Akademisierung der Physiotherapie, die notwendig ist, um das wissenschaftliche Fundament zu festigen.

Die Lehrbuchreihe Physiotherapie begleitet und dokumentiert seit Jahrzehnten die stetige Weiterentwicklung des Berufs. In dieser jüngsten Neukonzeption haben wir der Praxis des Untersuchens und Behandeln in allen Fachgebieten der klinischen Medizin ein noch deutlicheres Gewicht gegeben als vorher; die Gründe sind oben genannt. Die Inhalte repräsentieren klinische Inhalte, die von praktischer Bedeutung sind in der Ausbildung – vor allem aber auch später im Beruf. Auf drei Vertiefungsebenen werden die Kenntnisse angeboten: Stets gewinnen Sie zunächst einen Überblick über ein bestimmtes Thema, gehen dann in die Tiefe und einem Thema auf den Grund, um schließlich in Fallbeispielen konkrete Untersuchungs- und Behandlungssituationen kennen- und verstehen zu lernen. Zusammenfassungen und Hinweise sollen helfen, das Wissen zu strukturieren und in der Wiederholung sich anzueignen.

Leserinnen und Leser, die mit kritischen Fragen oder Anmerkungen dazu beitragen möchten, die Lehrbuchreihe zu optimieren, sind den Autorinnen/Autoren und den Herausgeberinnen herzlich willkommen. Dem Thieme Verlag, und hier in erster Linie Rosi Haarer-Becker, sei gedankt für eine wiederum höchst engagierte und erfolgreiche Zusammenarbeit bei Neukonzeption und Herstellung der physiolehrbücher.

Mechthild Dölken, Antje Hüter-Becker

Anschriften

Herausgeberinnen:

Antje Hüter-Becker
Hollmuthstraße 20
69151 Neckargemünd

Mechthild Dölken
Schule für Physiotherapeuten
Käfertaler Straße 162
68167 Mannheim

Autoren:

Karin Brüggemann
Hauptstraße 42
69181 Gauangeloch

Dr. med. Sebastian Laschke
Im Rebstall 11
79825 Ebringen

Anne Pape
Karl-Christ-Straße 17
69118 Heidelberg

Dr. med. Klaus Scheidtman
Pfaffensteinstraße 4c
83115 Neubeuern

Dr. med. Sabine Störmer
Deutschhausstraße 19
35037 Marburg

Christl Wittmann
Kleingemünderstraße 83
69118 Heidelberg

Dorothe Wulf
Chlodwigstraße 61
41812 Erkelenz
www.motorik-online.de

Inhaltsverzeichnis

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Charakteristika in der praktischen Ausbildung am Patienten. | 3 |
| | <i>Dorothe Wulf</i> | |
| 1.1 | Multiple Störungen | 3 |
| 1.2 | Progredienz/Chronifizierung. | 5 |
| 1.3 | Teamarbeit | 5 |
| 1.4 | Schwerpunkt Physiotherapie: Fördern des motorischen Lernens zur Verbesserung der motorischen Kontrolle ... | 6 |
| 1.4.1 | Nutzen der neuronalen Plastizität | 7 |
| | <i>Klaus Scheidtmann</i> | |
| 2 | Zentrales Nervensystem | 15 |
| | <i>Klaus Scheidtmann</i> | |
| 3 | Peripheres Nervensystem | 25 |
| | <i>Klaus Scheidtmann</i> | |
| 4 | Vegetatives Nervensystem | 29 |
| | <i>Klaus Scheidtmann</i> | |
| 5 | Motorische Kontrolle | 35 |
| | <i>Dorothe Wulf</i> | |
| 5.1 | Motorische Systeme | 35 |
| 5.1.1 | Theorien Motorischer Kontrolle | 38 |
| 6 | Motorisches Lernen | 41 |
| | <i>Dorothe Wulf</i> | |
| 6.1 | Theorien zum Motorischen Lernen ... | 41 |
| 6.2 | Motor Relearning | 44 |
| | <i>Dorothe Wulf, Klaus Scheidtmann</i> | |
| 6.3 | Prinzipien Motorischen (Wiederer-) Lernens | 48 |
| | <i>Dorothe Wulf</i> | |
| 6.4 | Hemmende und fördernde Faktoren beim motorischen Wiedererlernen ... | 64 |
| 6.5 | Mechanismen der Funktionsrestitution | 68 |

| | | |
|-----------|--|------------|
| 7 | Ärztliche Untersuchung und Behandlungsplanung | 75 |
| | <i>Klaus Scheidtmann</i> | |
| 7.1 | Einleitung | 75 |
| 7.2 | Klinische neurologische Untersuchung | 75 |
| 7.2.1 | Erstkontakt mit dem Patienten | 75 |
| 7.2.2 | Anamnese | 75 |
| 7.2.3 | Funktions- und Leistungszustand des Nervensystems | 76 |
| 7.3 | Apparative Diagnostik | 80 |
| | 7.3.1 Elektroenzephalographie (EEG) | 80 |
| | 7.3.2 Elektromyographie/Nervenleit- geschwindigkeit (EMG/NLG) | 81 |
| | 7.3.3 SEP/VEG/AEP/MEP | 81 |
| | 7.3.4 Liquoruntersuchung | 82 |
| | 7.3.5 Ultraschalluntersuchung | 82 |
| | 7.3.6 Zerebrale Bildgebung | 83 |
| 8 | Physiotherapeutische Untersuchung, Behandlungsprinzipien und Planung | 87 |
| | <i>Dorothe Wulf</i> | |
| 8.1 | Prinzipien physiotherapeutischer Untersuchung | 87 |
| 8.2 | Inhalte der physiotherapeutischen Untersuchung | 92 |
| 8.2.1 | Anamnese | 92 |
| 8.2.2 | Funktionsuntersuchung, Bewegungs- und Verhaltensbeobachtung | 95 |
| | 8.3 Zieldefinition | 124 |
| | 8.4 Behandlungsplanung | 125 |
| | 8.5 Evaluation | 125 |
| | 8.6 Berichtformen | 126 |
| 9 | Bewusstseinsstörungen | 131 |
| | <i>Dorothe Wulf</i> | |
| 9.1 | Einführung | 131 |
| | <i>Klaus Scheidtmann</i> | |
| 9.1.1 | Physiotherapeutische Untersuchung ... | 133 |
| | <i>Dorothe Wulf</i> | |
| 9.1.2 | Physiotherapeutische Behandlung | 133 |
| 9.2 | Locked-in-Syndrom | 134 |
| 9.2.1 | Physiotherapeutische Untersuchung und Maßnahmen | 134 |
| | 9.3 Apallisches Syndrom | 135 |
| | <i>Klaus Scheidtmann</i> | |
| | 9.3.1 Physiotherapeutische Untersuchung ... | 136 |
| | <i>Dorothe Wulf</i> | |
| | 9.3.2 Physiotherapeutische Behandlung | 138 |
| | 9.4 Akinetischer Mutismus | 143 |
| | <i>Klaus Scheidtmann</i> | |
| 10 | Psychiatrische Syndrome | 147 |
| | <i>Klaus Scheidtmann</i> | |
| 11 | Neuropsychologische Syndrome und Störungen | 151 |
| 11.1 | Einführung | 151 |
| | <i>Klaus Scheidtmann</i> | |
| | 11.1.1 Grundsätzliche physiotherapeutische Untersuchung bei neuropsychologischen Störungen | 151 |
| | <i>Dorothe Wulf</i> | |

| | | | | | |
|--------|--|-----|--------|--|-----|
| 11.1.2 | Prinzipien der Physiotherapie bei Patienten mit neuropsychologischen Störungen | 152 | 11.2.2 | Amnesie | 154 |
| 11.2 | Neuropsychologische Störungen im Einzelnen. | 154 | 11.2.3 | Aphasie | 154 |
| | <i>Klaus Scheidtmann</i> | | 11.2.4 | Apraxie | 155 |
| 11.2.1 | Agnosie | 154 | | <i>Dorothe Wulf</i> | |
| | | | 11.2.5 | Neglekt | 157 |
| | | | | <i>Dorothe Wulf, Klaus Scheidtmann</i> | |
| | | | 11.2.6 | Räumliche Verarbeitungsstörungen | 160 |
| | | | | <i>Dorothe Wulf</i> | |

12 Motorische Symptome bei neurologischen Erkrankungen 167

Dorothe Wulf, Klaus Scheidtmann

| | | | | | |
|--------|--|-----|--------|---|-----|
| 12.1 | Periphere Nervenläsionen. | 168 | 12.3.2 | Physiotherapeutische Behandlung von Patienten mit einer Spastik | 208 |
| 12.1.1 | Physiotherapeutische Untersuchung von Patienten mit peripheren Paresen | 169 | 12.4 | Ataxie | 215 |
| 12.1.2 | Physiotherapeutische Behandlung von Patienten mit peripheren Paresen | 171 | 12.4.1 | Physiotherapeutische Untersuchung von Patienten mit einer Ataxie | 217 |
| 12.1.3 | Fazialisparese | 180 | 12.4.2 | Physiotherapeutische Behandlung von Patienten mit einer Ataxie | 217 |
| 12.2 | Zentrale Paresen | 187 | 12.5 | Extrapyramidalmotorische Syndrome („Basalganglien-Erkrankungen“) | 220 |
| 12.2.1 | Physiotherapeutische Untersuchung von Patienten mit zentralen Paresen | 188 | 12.5.1 | Physiotherapeutische Untersuchung von Patienten mit einer Dystonie | 223 |
| 12.2.2 | Physiotherapeutische Behandlung von Patienten mit zentralen Paresen | 192 | 12.5.2 | Physiotherapeutische Behandlung von Patienten mit einer Dystonie | 223 |
| 12.3 | Spastik. | 204 | 12.5.3 | Weitere Bewegungsstörungen: Tremor und Akinese | 224 |
| 12.3.1 | Physiotherapeutische Untersuchung von Patienten mit einer Spastik | 205 | | | |

13 Schmerzsyndrome 237

| | | | | | |
|--------|--|-----|--------|--|-----|
| 13.1 | Was ist Schmerz? | 237 | 13.3 | Thalamusschmerz | 241 |
| | <i>Klaus Scheidtmann</i> | | | <i>Dorothe Wulf</i> | |
| 13.2 | Komplexes regionales Schmerzsyndrom Complex regional pain syndrome (CRPS) | 239 | 13.3.1 | Physiotherapeutische Untersuchung und Behandlung | 242 |
| | <i>Dorothe Wulf</i> | | 13.4 | Radikuläre Schmerzen. | 242 |
| 13.2.1 | Physiotherapeutische Untersuchung | 239 | | <i>Klaus Scheidtmann</i> | |
| | <i>Dorothe Wulf</i> | | | | |
| 13.2.2 | Physiotherapeutische Behandlung | 240 | | | |

| | | |
|-------------|---|------------|
| 14 | Schwindel | 247 |
| | <i>Klaus Scheidtmann</i> | |
| 14.1 | Einführung | 247 |
| 14.2 | Benigner paroxysmaler Lagerungs- schwindel | 247 |
| 14.2.1 | Ursache und Formen..... | 247 |
| 14.2.2 | Physiotherapeutische Untersuchung ... | 248 |
| | <i>Dorothe Wulf</i> | |
| | 14.2.3 Physiotherapeutische Behandlung | 248 |
| 14.3 | Akuter Vestibularisausfall | 251 |
| | <i>Klaus Scheidtmann</i> | |
| 14.3.1 | Physiotherapeutische Behandlung | 251 |
| | <i>Dorothe Wulf</i> | |
| 15 | Multifokale neurologische Erkrankungen | 255 |
| 15.1 | Einführung | 255 |
| | <i>Klaus Scheidtmann</i> | |
| 15.2 | Krankheitsbilder | 255 |
| 15.2.1 | Gedecktes Schädel-Hirn-Trauma (SHT) . | 255 |
| 15.2.2 | Offenes Schädel-Hirn-Trauma | 255 |
| 15.2.3 | Commotio cerebri (Gehirnerschütterung) | 255 |
| 15.2.4 | Contusio cerebri | 255 |
| | 15.2.5 Diffuse axonale Schädigung | 255 |
| | 15.2.6 Epidurales Hämatom | 256 |
| | 15.2.7 Subdurales Hämatom | 256 |
| | 15.2.8 Subarachnoidalblutung (SAB) | 256 |
| 15.3 | Multiple Sklerose | 256 |
| 15.3.1 | Physiotherapeutische Untersuchung ... | 258 |
| | <i>Dorothe Wulf</i> | |
| 15.3.2 | Physiotherapeutische Behandlung | 259 |
| 16 | Querschnittlähmungen | 263 |
| 16.1 | Charakteristika der Physiotherapie bei Querschnittgelähmten | 263 |
| | <i>Anne Pape</i> | |
| 16.3 | Grundlegende Kenntnisse zur Quer- schnittlähmung | 266 |
| 16.2.1 | Ärztliche Therapie und Diagnostik ... | 266 |
| | <i>Sabine Störmer</i> | |
| | Neurogene Störungen des Urogenitalsystems | 287 |
| | <i>Sebastian Laschke</i> | |
| | 16.2.2 Überblick über die physiotherapeutische Untersuchung bei Querschnittlähmung. | 296 |
| | <i>Anne Pape</i> | |
| 16.3 | Prinzipien der Physiotherapie bei Querschnittlähmung | 311 |
| 16.3.1 | Physiotherapie bei kompletter Querschnittlähmung | 322 |
| 16.3.2 | Physiotherapie bei inkompletter Querschnittlähmung | 343 |
| 17 | Sporttherapie bei Querschnittlähmung | 353 |
| | <i>Karin Brüggemann, Christl Wittmann</i> | |
| 17.1 | Charakteristika der Sporttherapie | 353 |
| 17.2 | Grundlegende Kenntnisse zur Sport- therapie bei Querschnittlähmung | 353 |
| 17.2.1 | Grundlegende Kenntnisse zur Rollstuhlversorgung | 353 |
| | 17.2.2 Grundlegende Kenntnisse zu den Fertigkeiten in und mit dem Rollstuhl | 354 |
| | 17.2.3 Sportarten im Rollstuhl | 355 |
| 17.3 | Spezielle Kenntnisse zur Sporttherapie bei Querschnittlähmung | 357 |

| | | |
|-------------|--|------------|
| 17.3.1 | Spezielle Kenntnisse zur Rollstuhlversorgung | 357 |
| 17.3.2 | Spezielle Kenntnisse zu den Fertigkeiten in und mit dem Rollstuhl (Rollstuhl- Training für Patienten mit Paraplegie/ Paraparese). | 362 |
| 17.3.3 | Rollstuhl-Training für Patienten mit Tet- raplegie/Tetraparese | 375 |
| 17.3.4 | Spielformen und Spielideen | 380 |
| 17.3.5 | Spezielle Kenntnisse zur Ausführung der Basissportarten | 381 |
| 17.4 | Praktische Anwendung der Sport- therapie bei Querschnittlähmung | 390 |
| 17.4.1 | Rollstuhlversorgung in der Praxis | 390 |
| 17.4.2 | Fertigkeiten in und mit dem Rollstuhl (Rollstuhl-Training) in der Praxis. | 392 |
| 17.4.3 | Von der Sporttherapie in der Rehabilita- tion zum Leistungssport | 395 |
| | Sachverzeichnis | 403 |

*Klinische Wirksamkeit der Forced-use-
und Laufbandtherapie ist belegt!*

*Coping = Strategien
und Mechanismen
zur Bewältigung
von Krankheit und
Krankheitsfolgen*

1 Charakteristika der praktischen Ausbildung am Patienten in der Neurologie

- 1.1 Multiple Störungen · 3
- 1.2 Progredienz/Chronifizierung · 5
- 1.3 Teamarbeit · 5
- 1.4 Schwerpunkte der Physiotherapie · 6
- 1.5 Spezifische Arbeitsfelder entsprechend dem Rehabilitationsfortschritt · 8
- 1.6 Krankheitsverarbeitung und Coping bei neurologisch Kranken · 10
- 1.7 Pharmakologische Einflüsse · 10

*Das Wiedererlernen motorischer Funktionen
nach Hirnläsionen ist das Ergebnis aus
Spontanremission und sorgfältig geplanter
und angewandter Lernprogramme*

***Aufgabenorientiertes
Lernen fördert neuronale
Plastizität!***

1 Charakteristika in der praktischen Ausbildung am Patienten

Dorothe Wulf

1.1 Multiple Störungen

Patienten mit neurologischen Erkrankungen leiden unter vielen Symptomen. Sie haben motorische, sensorische, perzeptive, kognitive und viele andere Störungen, häufig in Kombination. Diese Probleme wirken sich auf der Körperstruktur- und Funktionsebene aus, im täglichen Leben und im psychosozialen Bereich. Es hängt von den individuellen Lebensbedingungen ab, wie schwerwiegend die Störungen für den Einzelnen sind.

Für Physiotherapeuten, die in der Neurologie arbeiten, stellen die multiplen Störungen ihrer Patienten eine große Herausforderung dar. Eine Hemiplegie hat viele Gesichter! Behandlungen nach Schema F sind nutzlos.

Gefordert sind Objektivität bei der Untersuchung, die Fähigkeit, individuelle Ziele zu benennen und patientenbezogen zu behandeln. Die 2 folgenden Beispiele verdeutlichen das.

Patienten mit einer zentralen oder peripheren neurologischen Läsion zeigen ganz unterschiedliche Symptome.

Schädigungen des peripheren Nervensystems

Je nach Läsionsort kommt es bei Schädigungen des peripheren Nervensystems zu motorischen, sensiblen und/oder vegetativen Ausfällen. Symptome wie Paresen, Parästhesien, Schmerzen, veränderte Schweißsekretion, Hautverfärbungen, etc. können einzeln oder in Kombination auftreten.

Fallbeispiel: Hr. Lang kommt in die Praxis. Er gibt an, dass seine Schulter beim Schwimmen ausgekugelt sei. Beim Einrenken wurde mehrfach kräftig an seinem Arm gezogen. Am Tag danach kann er den Arm kaum noch anheben, er gibt Parästhesien über den lateralen Bereich des M. deltoideus an sowie Schmerzen in der Schulter. Bei der Prüfung der Kraft zeigt Hr. Lang einen Kraftgrad von 1–2 (MRC) bei der Flexion der Schulter. Die Schwäche des M. deltoideus pars clavicularis und die beschriebenen sensiblen Störungen deuten auf eine Schädigung des Nervus axillaris, aus der Wurzel C5/C6 hin.

Periphere Nervenverletzungen können u.a. durch Repositionsmanöver nach Schulterluxationen, durch Kompressionssyndrome (Bandscheibenvorfall, Karpaltunnel-Syndrom, Thoracic-outlet-Syndrom, etc.) nach Frakturen, nach Schädigungen durch Bestrahlungen oder geburtstraumatischen Verletzungen auftreten. Die Anamnese und das klinische Bild geben in der Regel eindeutige Hinweise auf den verletzten peripheren Nerv. Die physiotherapeutische Behandlung peripherer Nervenläsionen ist in den meisten Fällen eine Kombination aus symptomatisch und präventiv orientierten Therapieverfahren. Das Ziel ist die komplette Funktionsrestitution und das Vermeiden von Sekundärschäden. Bei dauerhaft geschädigten peripheren Nerven kommen neben symptomatisch und sekundärpräventiv auch kompensatorisch orientierte Therapieverfahren zum Einsatz. Physiotherapeuten benötigen vom Arzt genaue Angaben über den Befund und die Prognose, die sich in der Regel aus EMG-Messungen und anderen neurologischen Untersuchungsmethoden ergeben.

Fallbeispiel (Fortsetzung): Hr. Lang: Die konservative Behandlung einer durch Kompression und/oder Zug ausgelösten N.-axillaris-Läsion zeigt folgende Symptome:

Parese des M. deltoideus, pars clavicularis. Symptomatische Therapieverfahren: Techniken zur Kräftigung des M. deltoideus, selektive Muskelkräftigung, z.B. mittels kräftigender Bewegungsübungen im Wasser, PNF und Trainingstherapie, Trainieren von Alltagsfunktionen mit unterschiedlichem Schweregrad, z.B. Tisch abwischen, Gegenstände aus einem Schrank ein-/ausräumen, Haare kämmen, Glühbirne ein-, ausdrehen. Später kann auch die individuelle sportliche Aktivität, z.B. Schwimmen, trainiert werden.

Symptom: Schulterschmerzen. Symptomatische Therapieverfahren: Physikalische Maßnahmen und Techniken zur Schmerzreduktion, z.B.: Eisapplikation, Vibrationen im Segment, Bewegen im schmerzfreien Bereich. Bis zur vollständigen Funktionsrestitution der Schulter können Wochen vergehen.

- **Achtung:** Solange der Patient seine Schulter nicht selbstständig über das gesamte Bewegungsausmaß bewegen kann, besteht die Gefahr einer Verkürzung und/oder einer Verklebung der das Schultergelenk umgebenden Strukturen (Kapsel, neurale Anteile, Muskulatur). Um dem vorzubeugen, sind präventive Therapieverfahren anzuwenden. Z.B.: passives/assistives/aktives Bewegen der Schulter mehrfach täglich (Hausaufgaben). Apparativ kann das Gelenk in einer Motorschiene passiv im erlaubten Bewegungsausmaß bewegt werden.
- **Achtung:** Das Schultergelenk ist ein überwiegend muskulär gesichertes Gelenk und nach einer Luxationsverletzung sehr schmerzempfindlich. Es besteht die Gefahr einer Re-Luxation. Ist der Patient nicht in der Lage, selbstständig den Arm zu beüben, empfiehlt es sich, einige Stunden täglich eine Abduktionsschiene für das Schultergelenk zu tragen. Sollte sich im Verlauf zeigen, dass der Nerv nicht (re-) innerviert und auch eine operative Versorgung keinen Erfolg bringt, dann können Therapiemethoden die der Funktionskompensation dienen, eingesetzt werden: Aneignen von „Trickbewegungen“, Einsatz von Hilfsmitteln. Fehlende Funktionen können so teilweise oder komplett ersetzt werden. Z.B. bei einer peripheren Peroneusparesis kann der herabhängende Fuß mit einer Peroneausschiene versorgt werden.

Schädigungen des zentralen Nervensystems

Krankheitsbilder bei Läsionen des zentralen Nervensystems sind meistens noch komplexer. Hier treten neben motorischen, sensiblen und vegetativen Symptomen häufig noch weitere Störungen auf, z.B. Sprach-, Sprech- und Schluckstörungen, neuropsychologische Störungen, visuelle Störungen, neuropsychiatrische Störungen. Um diese multiplen Störungen zu behandeln, stehen unterschiedliche Berufsgruppen zur Verfügung. Aber Störungen im sprachlichen, kognitiven, visuellen und psychischen Bereich haben auch einen mehr oder weniger starken Einfluss auf die physiotherapeutische Behandlung des Patienten. Beispielsweise wird der Umgang mit dem Patienten, die Auswahl der therapeutischen Maßnahmen sowie die Dauer der Therapie von den oben genannten Störungen entscheidend beeinflusst.

Fallbeispiel: Hr. Au, Z. n. ausgedehntem Medianfakt links, mit einer sensomotorischen Hemiparese

rechts, einer Broca-Aphasie, ideatorischen Apraxie und einer Hemianopsie. Neben den Symptomen, die in der Physiotherapie behandelt werden, zeigt Hr. Au weitere Symptome, die Einfluss auf die Behandlung haben. Kenntnisse über den Umgang mit diesen Symptomen im therapeutischen Alltag sind elementar wichtig für eine erfolgreiche Therapie.

Symptom: Aphasie. Hr. Au spricht sehr langsam und angestrengt. Die Äußerungen bestehen aus einzelnen aneinandergereihten Wörtern. Er spricht wie im Telegrammstil. Seine Sprachproduktion ist stark und das Sprachverständnis leicht beeinträchtigt. Die eingeschränkte Kommunikationsfähigkeit lässt Hr. Au oft verzweifeln. In diesem Fall bedeutet es für den behandelnden Physiotherapeuten: *Zuhören und warten!* Es ist wichtig, Hr. Au auszusprechen zu lassen und bei unverständlichen Äußerungen nicht zu unterbrechen, sondern warten, ob sich der Sinn nachträglich ergibt. Nicht nur die Sprache dient als Kommunikationsmittel. Auch nonverbale Signale wie Gestik, Mimik oder das Zeigen von Bildern können Aufschluss geben. Hintergrundgeräusche erschweren Hr. Au das Sprechen und Verstehen. Die Umgebung, in der er behandelt wird, sollte deshalb ruhig sein. In Bezug auf das Sprachverständnis stößt Hr. Au bei komplexen Sätzen oder offenen Fragen an seine Grenzen. Er schaut den Therapeuten angestrengt und fragend an. Eine langsame und deutliche Sprache des Therapeuten, bei normalem Tonfall und normaler Lautstärke sind hier hilfreich. Wenn die Aussage nicht vom Patienten verstanden wird, dann sollten andere Formulierungen oder alternative Kommunikationsmöglichkeiten wie Gestik oder der Einsatz einer Bildertafel, verwandt werden.

Patienten mit Aphasie haben eine veränderte sprachliche Kommunikationsfähigkeit, ihre Denkfähigkeit ist nicht beeinträchtigt!

Überfürsorge ist ebenso kontraproduktiv wie ignorieren. Zuhören, warten, beobachten und mitdenken das sind die Eigenschaften, die für einen erfolgreichen Umgang mit einem aphasischen Patienten wichtig sind!

Ob Sprachstörung oder irgendwelche anderen Störungen, sie werden mehr oder weniger die Kommunikation und den Lehr-Lern-Prozess beeinflussen. Der Therapeut muss für gleiche motorische Ziele andere Strategien entwickeln, als bei einem Patient ohne diese Störungen.

1.2 Progredienz/Chronifizierung

Krankheitsverläufe können in der Neurologie ganz unterschiedlich sein. Symptome, wie sie z.B. bei einer TIA (transitorische ischämische Attacke) auftreten, verschwinden wieder vollständig. Anders jedoch bei einem Insult. Je nach Lokalisation und Umfang entstehen Störungen, die ganz unterschiedliche Verläufe haben. Von der kompletten Funktionsrestitution, über einen Funktionswiedererwerb in Teilbereichen, bis hin zu großen Defekten und Ausfällen. Kenntnisse über den Verlauf und die Prognose einer Erkrankung sind für Physiotherapeuten wichtig, weil sie entscheidend sind für die Zielsetzung, die therapeutische Maßnahme, einschließlich der Hilfsmittelversorgung. Multiple Sklerose, Morbus Parkinson oder die Amyotrophe Lateralsklerose sind Erkrankungen, die einen progredienten Verlauf haben. Das bedeutet, dass das Ziel nicht die komplette Funktionsrestitution sein kann. Während bei einer peripheren Ulnarisläsion, als Folge einer Druckläsion durch ein Ganglion im Handwurzelbereich, durchaus eine komplette Funktionsrestitution zu erwarten ist. Krankheiten wie die Multiple Sklerose sind progredient und verlaufen schubförmig. Für die Physiotherapie ist es wichtig, in welchem Stadium sich der Patient gerade befindet, weil sich daraus Indikation und Kontraindikation für einige Maßnahmen ergeben.

Manche Symptome können im Verlauf auch chronisch werden. Beispielsweise der Schmerz. Der Prozess der Chronifizierung ist begleitet von Enttäuschungen und Rückschlägen, fehlgeschlag-

nen Behandlungen und falschen Hoffnungen. Die Chronifizierung ist ein Entwicklungsprozess. Es gibt Phasen, in denen der betroffene Mensch seine Schmerzen bagatellisiert oder sich über die Situation ärgert. Später kann es zur Resignation mit sozialem Rückzug und Selbstmordgedanken kommen. Einige wenige Menschen integrieren ihre Krankheit in ihre Zukunftspläne.

Für Physiotherapeuten ist es wichtig zu erkennen, in welcher Phase sich der Patient gerade befindet, um entsprechend zu unterstützen. Ein übermotivierter Patient, für den nur das Motto gilt: „Viel hilft viel“, ist über die Folgen einer Überbelastung aufzuklären. Besonders auf der Stufe der Resignation ist es wichtig, den Patienten zu motivieren, mitzuarbeiten, selbst aktiv zu werden und Eigeninitiative zu entwickeln.

Informationen über die Erkrankung und den Verlauf sowie die Möglichkeiten der Therapie verbessern den Kenntnisstand des Patienten und helfen ihm im Prozess seiner Krankheitsbewältigung. Physiotherapeuten können mit Fachkompetenz und Sensibilität im Gespräch den Patienten über seine Situation aufklären und ihn somit unterstützen. Welche Therapiemöglichkeiten gibt es und welche Methoden und Maßnahmen werden eingesetzt, um das Therapieziel zu erreichen? Diese Fragen sollten im Gespräch mit Patient und Angehörigen beantwortet werden. Das grundlegendste therapeutische Mittel ist dabei der Aufbau einer vertrauensvollen Beziehung zwischen Patient, Angehörigen und Physiotherapeut.

1.3 Teamarbeit

Multiple Störungen auf verschiedenen Ebenen erfordern eine umfangreiche Therapie, die von unterschiedlichen Berufsgruppen durchgeführt wird. Aber was nützen viele fachliche Disziplinen, wenn diese aneinander und somit am Patienten vorbei arbeiten? Teamarbeit ist hier das Mittel der Wahl! „Fachübergreifende, ganzheitliche Rehabilitationsziele setzen eine geeignete Teamorganisation und eine aufeinander abgestimmte Arbeitsweise voraus“ (Drechsler 1999:54).

Fallbeispiel: Hr. Au: Der Physiotherapeut erfährt von dem behandelnden Neuropsychologen, dass der Patient an Aufmerksamkeitsstörungen leidet. Geräusche und bewegter Hintergrund, z. B. das Vor-

begehen Anderer, lenkt den Patienten ab. Das bedeutet für den Physiotherapeuten, zunächst einmal in einem ruhigen Einzelbehandlungsraum die motorischen Funktionen zu üben. Ist der Patient bereits motorisch so weit fortgeschritten, dass außerhalb der Therapieräume geübt werden kann, wird auch hier mittels systematischer Belastungssteigerung auf die Aufmerksamkeitsstörung eingegangen. Z. B. beim außerhäuslichen Gehtraining: Das Gehtraining wird erst einmal in einem Bereich vor der Klinik/Praxis geübt, der nicht so belebt und unruhig ist. Während der Patient geht, spricht der Therapeut ihn nicht an. Im weiteren Verlauf werden die Anforderungen gesteigert: Gespräche während dem Gehen, Aufmerksamkeitsänderungen durch ein Training in einer

neuen und abwechslungsreicheren Umgebung. Der Physiotherapeut geht so während der Behandlung der sensomotorischen Störungen auch auf die neuropsychologischen Störungen ein. Wichtig: Patienten überschätzen sich leicht. Motorisch sind sie durchaus in der Lage, im Behandlungsraum sicher zu gehen. Aber gerade bei Aufmerksamkeitsstörungen wird der Patient in einer neuen Umgebung unerwartet gangunsicher und stürzt leichter.

Ähnliches erfolgt auf dem Gebiet des Neuropsychologen. In der interdisziplinären Teambesprechung informiert der Physiotherapeut alle Therapeuten über die Problematik der subluxierten, schmerzhaften Schulter eines Patienten. Ein korrektes Handling sowie eine adäquate Sitzhaltung und Lagerung der Extremität im Rollstuhl sind Faktoren, welche die Problematik lindern. Der Neuropsychologe sowie alle am Behandlungsprozess Beteiligten berücksichtigen diese Kenntnis im Umgang mit dem Patienten.

Diese Form der Zusammenarbeit wird interdisziplinäre Teamarbeit genannt. Das Team setzt sich aus unterschiedlichen Berufsgruppen zusammen: Pflegekräfte, Neuropsychologen, klinische

Linguisten, Logopäden, Musiktherapeuten, Ärzten, Masseurern, Kunsttherapeuten, Motopäden, Sporttherapeuten, Sozialarbeitern, Orthopädiemechaniker, Physiotherapeuten. Kenntnisse aus anderen Fachdisziplinen werden dabei vorausgesetzt, ebenso wie der gleichberechtigte und respektvolle Umgang innerhalb der eigenen und zwischen den Berufsgruppen. Sie arbeiten alle an einem gemeinsam mit Patient und Angehörigen festgelegten Rehabilitationsziel, welches in dem Behandlungsplan der einzelnen Fachbereiche berücksichtigt wird.

Fallbeispiel (Fortsetzung): Das im interdisziplinären Team festgelegte Rehabilitationsziel von Hr. Au lautet: Innerhäusliche Selbstständigkeit mit leichter Unterstützung durch die Ehefrau. Ein daraus abgeleitetes physiotherapeutisches Ziel: Angehörigenanleitung zur Hilfestellung beim Gehen mit Hr. Au.

„Ein reflektiertes, gemeinsames therapeutisches Handeln ermöglicht es, von starren Programmen abzuweichen, auf die individuellen Bedürfnisse der Patienten einzugehen und damit langfristig die Effizienz von Rehabilitation zu erhöhen (Drechsler 1999:63).

1.4 Schwerpunkt Physiotherapie: Fördern des motorischen Lernens zur Verbesserung der motorischen Kontrolle

Anfang des 20. Jahrhunderts herrschte noch die pessimistische Annahme, dass das Gehirn ein statisches Konstrukt sei mit rigide festgelegten neuronalen Strukturen, ohne die Möglichkeit zur Regeneration nach einer Läsion (Ramon y Cajals 1928). Kaum 10 Jahre später änderte sich die Betrachtungsweise. Foerster (1936) berichtete von der Plastizität des Gehirns und beschrieb aufgrund dessen Behandlungsmaßnahmen für die neurologische Rehabilitation. Besonders die Weiterentwicklung bildgebender Verfahren, wie z.B. der Positronen-Emissions-Tomographie (PET), und elektrisch-magnetischer Verfahren, wie z.B. der funktionellen Kernspintomographie (fMRT), ermöglichte es, Hirnfunktionen zu lokalisieren und die Reorganisation nach Hirnläsionen zu untersuchen. Viele Untersuchungen folgten und ihre Ergebnisse unterstrichen deutlich, dass das zentrale Nervensystem eines ausgewachsenen menschlichen Gehirns ein plastisches System ist, welches die Fähigkeit zur Adaption und Reorganisation besitzt. Ganz gleich, ob die Läsion zentral oder peripher ist, ob sie plötzlich eintritt, wie bei einem Schlaganfall oder sich lang-

sam entwickelt, wie bei einer progressiven Muskel-erkrankung, in all diesen Fällen muss sich das neuronale System reorganisieren, es muss sich verändern und es muss wieder lernen (Mulder 2001). Aber wie lernt das geschädigte Gehirn motorische Fähigkeiten? Und kann es dabei beeinflusst werden? Das Wiedererlernen motorischer Funktionen, nach einer Gehirnläsion, so Mulder, ist das Ergebnis einer Kombination zwischen den spontan auftretenden Mechanismen (Spontanremission) und einem sorgfältig geplanten und angewandten Lernprogramm. Das bedeutet, dass Physiotherapeuten in den Prozess der Funktionsrestitution eingreifen können. Die Integration der Kenntnisse über die neuronale Plastizität und über das motorische (Wiederer-) Lernen in die Methoden der motorischen Rehabilitation steigert die Effektivität physiotherapeutischer Intervention.

Ein Beispiel für die Fähigkeit des ZNS, motorische Fähigkeiten nach einer zentralen Läsion wieder zu erlernen: Untersuchungen weisen darauf hin, dass „Input“ die notwendige Bedingung für das Lernen im Allgemeinen ist. Ohne irgendeine

Form von „Input“ verfallen die zentralen Netzwerke. Grillner (1981), beispielsweise, zeigte im Tierexperiment, dass die Schrittbewegungen bei spinalisierten Katzen nur erfolgten, wenn ein afferenter Input gegeben wurde. Durch die Bewegung der Beine auf dem Laufband werden propriozeptive und kutane Afferenzen erregt, diese regen spinale Lokomotionszentren an, die sogenannten „zentralen Mustergeneratoren“ oder „Central Pattern Generator“ auf Rückenmarksebene, welche die Fähigkeit in sich besitzen, sich rhythmisch zu entladen. Wernig (1992) und Dietz (1995) wandten diese Erkenntnisse erfolgreich in der Behandlung von paraplegischen Patienten an. Durch intensives Laufbandtraining konnten koordinierte Beinbewegungen wieder erreicht werden. Im Verlauf des Trainings waren Lerneffekte erkennbar. Besonders die Patienten mit inkompletter Paraplegie zeigten in den meisten Fällen eine deutliche Verbesserung ihrer Gehleistung auf normalem Untergrund.

1.4.1 Nutzen der neuronalen Plastizität

Klaus Scheidtmann

„Die Regeneration durchtrennter Neurone im ZNS des Menschen ist nie überzeugend demonstriert worden. In den meisten Fällen bleibt nur die Annahme, dass intakte Nervenfaserverbindungen die Funktion des geschädigten Gewebes übernehmen“. Diese ernüchternden und zugleich ermutigenden Worte stammen aus einem Erfahrungsbericht des norwegischen Neuroanatomen Alf Brodal, der selbst von einem Schlaganfall betroffen war. Die Behauptung hat z.T. heute noch Gültigkeit und kann aufgrund neuer physiologischer Erkenntnisse entsprechend unterstützt werden.

Neuronale Plastizität

Neuronale Netzwerke können durch Lernen und Erfahrung beeinflusst und verändert werden. Diese Veränderungen sind sowohl auf molekularer (chemische Plastizität) als auch auf struktureller Ebene (anatomische Plastizität) gut beschrieben. Basierend auf tierexperimentellen Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass sich bei jungen Versuchstieren, die in ihrer Umgebung Zugang zu verschiedenen Aktivitäten und Spielzeug haben und zusätzlich interagieren können, mehr dendritische Verzweigungen (neuronale Verknüpfungspunkte) und mehr Synapsen/Neurone entwickeln. Sie zeigen auch eine höhere Genexpression als Versuchstiere, die in einfachen Käfigen aufwachsen.

Ein anderer, sehr wesentlicher Aspekt der neuronalen Plastizität ist die Modifikation der kortikalen Repräsentation von Bewegungen durch Afferenzen (Lernen z. B. mittels Feedback und Erfahren). Transiente (vorübergehende, einer „Zwischenspeicherung“ entsprechende) Veränderungen der kortikalen Repräsentation lassen sich durch das Erlernen von Bewegungsaufgaben induzieren. Bekannt ist die Größenzunahme des kortikalen Repräsentationsgebietes der Finger der linken Hand nach besonders intensiv geübten Bewegungen.

Mittels bildgebenden Verfahren konnte gezeigt werden, dass häufiges Üben ähnlicher Fingersequenzen (z. B. beim Violinenspiel) das kortikale Repräsentationsareal der Finger vergrößern kann. Diese Ergebnisse sprechen für eine ausgeprägte neuronale Plastizität des gesunden Erwachsenen.

Spontane Rückbildung und neuronale Plastizität nach Schlaganfall

Auch die Befunde zur Plastizität nach einer Schädigung des Gehirns sind bemerkenswert. Veränderung der neuronalen Aktivität werden sowohl in der Umgebung der Hirnschädigung als auch in entfernt gelegenen Regionen beobachtet. Intrazelluläre Ableitungen im fokal geschädigten motorischen Kortex von Primaten haben gezeigt, dass die Zahl von intakten Neuronenverbänden in der unmittelbaren Umgebung der Läsion mit der Zeit weiter abnimmt – möglicherweise als Folge eines eingeschränkten Gebrauches der gelähmten Extremität oder durch Unterbrechung intrakortikaler Verbindungen. Dieser Verlust an intaktem Gewebe kann durch ein intensives rehabilitatives Training verhindert werden. Gleichzeitig kommt es durch das Training zu einer Größenzunahme jener Kortexareale, in denen die trainierten Extremitäten repräsentiert sind.

Die Funktionsübernahme einzelner kortikaler Areale im Falle einer Schädigung eines einzelnen nennt man neuronale Plastizität.

Sie ist letztendlich eine Substitution auf paralleler (Hirn-)Ebene und entspricht nicht der hierarchischen Ordnung, wie sie z. B. noch von Sherrington 1969 angenommen wurde. Mithilfe von funktionell-bildgebenden Verfahren, wie dem PET (Positronenemissionstomogramm) oder der funktionellen Kernspintomographie, lassen sich bei Schlaganfall-Patienten mit guter funktioneller Rückbildung ebenfalls kortikale Reorganisations-

phänomene des motorischen und sensorischen Systems nachweisen. Hinweise für eine funktionelle Reorganisation sind schon früh nach einem ischämischen Insult erkennbar.

Möglicherweise geht die Neuroplastizität der klinischen Funktionserholung voraus und sie ist die neuroanatomische Grundlage für die später folgende klinische Rückbildung. Zusätzlich interagieren in diesem Prozess auch neuropharmakologische Mechanismen zur Funktionsrestitution. Der Schwerpunkt liegt jedoch auf der Physiotherapie nach zentraler Schädigung.

Trainingsinduzierte Plastizität nach Schlaganfall

Die Einflüsse von rehabilitativen Interventionen auf die Reorganisationsprozesse des Gehirns sind bisher noch wenig untersucht. Kürzlich wurde bei chronischen Schlaganfallpatienten der Effekt der Forced-Use-Therapie (erzwungener Gebrauch des paretischen Arms durch Immobilisation des gesunden Arms) auf die kortikale Plastizität mit transkranieller Magnetstimulation untersucht. Dabei zeigte sich, ähnlich wie bei den Versuchen an Affen, eine Größenzunahme des betroffenen motorischen Kortex. Die trainingsinduzierte Plastizität der Forced-Use-Therapie wurde auch in einer Studie mit funktioneller Kernspintomographie demonstriert (Dettmers 2002). Nach 2-wöchiger Behandlung wurde

bei diesen Patienten eine stärkere Aktivität des motorischen Kortex in der Umgebung des Infarktes, aber auch kontralateral in der nicht betroffenen Hemisphäre beobachtet.

Solche Erkenntnisse aus neurophysiologischen Untersuchungen haben für die Etablierung wirksamer Therapieverfahren wesentliche Bedeutung. Behandlungstechniken, die über aufgabenorientiertes Lernen die Neuroplastizität in besonderem Maße fördern, gehören zu den wenigen Behandlungsmethoden in der motorischen Rehabilitation, deren klinische Wirksamkeit in kontrollierten Studien belegt werden konnte (Forced-Use-Therapie, Laufbandtherapie).

Alf Brodals Beobachtungen vor 30 Jahren (s. o.) sind demnach auch heute hochaktuell. Die von ihm postulierte neuronale Plastizität ist möglicherweise in erheblichem Umfang therapeutisch beeinflussbar. Hierin liegt die große Chance für die Weiterentwicklung der neurologischen Rehabilitation nach zentralnervösen Schädigungen, insbesondere der Physiotherapie.

In Kapitel 6 (siehe S. 41) lernen Sie die Prinzipien des motorischen Lernens kennen und erfahren, welche Faktoren physiotherapeutischer Interventionen die motorische Funktionsrestitution fördern oder hemmen.

1.5 Spezifische Arbeitsfelder entsprechend dem Rehabilitationsfortschritt

Dorothe Wulf

Physiotherapeuten kommen in allen Phasen der neurologischen Rehabilitation zum Einsatz: in der Frühphase auf der Intensivstation oder in einer Stroke Unit, in der weiterführenden Rehabilitation innerhalb verschiedener Rehabilitationskliniken, in ambulanten und teilstationären Rehabilitationseinrichtungen, in Behindertenstätten, in der ambulanten Praxis bis hin zum Einsatz in Institutionen zur beruflichen Wiedereingliederung.

Die Arbeitsgruppe „Neurologische Rehabilitation“ des Verbandes Deutscher Rentenversicherungsträger (VDR) entwickelte ein Phasenmodell zur Einteilung neurologisch Erkrankter (**Abb. 1.1**). Nicht jeder Patient durchläuft alle Stufen. In Abhängigkeit vom Erholungsverlauf kann es sein, dass ein Patient von der Phase der Frührehabilita-

tion direkt in die Phase der ambulanten Versorgung wechselt.

Patienten mit neurologischen Krankheitsbildern befinden sich in den oben genannten Einrichtungen jeweils in einem anderen Krankheitsstadium: Akutstadium, Remissionsstadium oder dem Stadium des Dauerschadens. In jedem Stadium stehen unterschiedliche Symptome im Vordergrund. Diese erfordern spezifische, physiotherapeutische Maßnahmen. Hierzu jeweils ein Beispiel aus dem Akut- und aus dem Remissionsstadium:

Unter der Phase A versteht man die Akutbehandlung, auf einer Intensivstation in einem Akutkrankenhaus oder, speziell für die Akutversorgung von Schlaganfallpatienten, in einer sogenannten Stroke Unit. Patienten auf der Intensivstation haben in der Regel lebensgefährliche Organfunktionsstörungen.

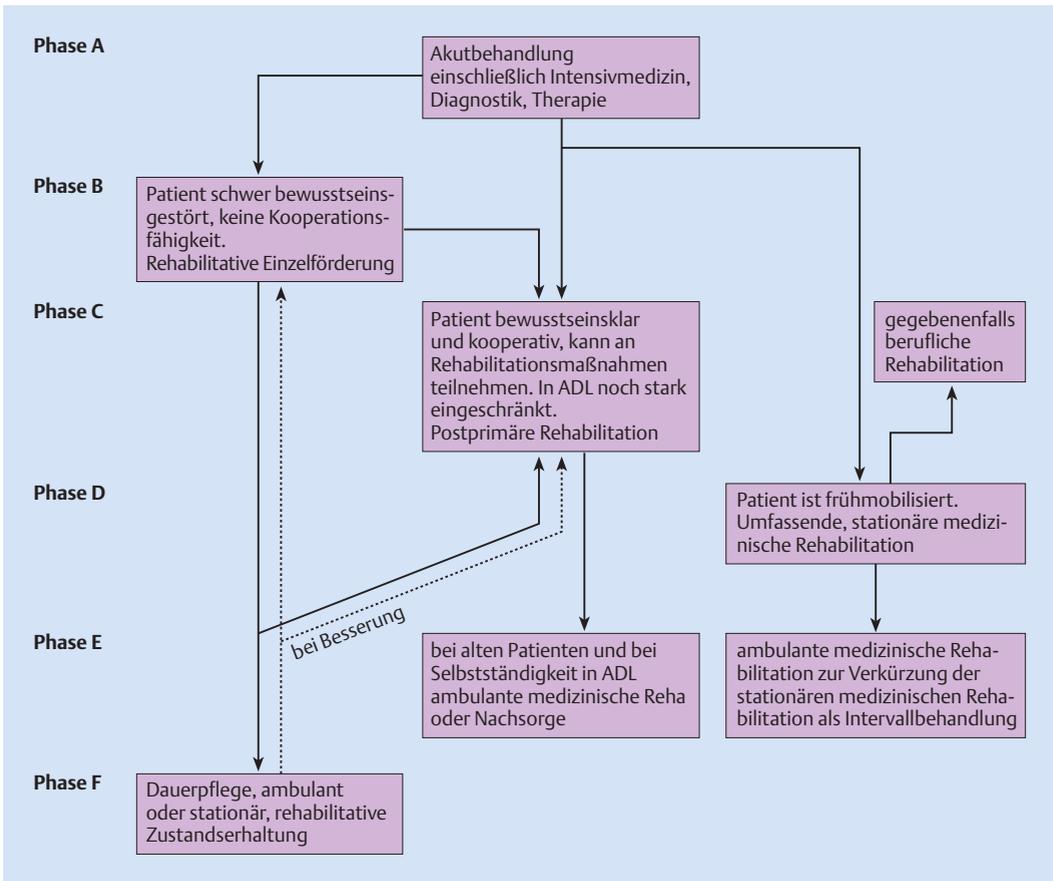


Abb. 1.1 Übersicht der Behandlungs- und Rehabilitationsphasen und ihrer Verknüpfungen (Hummelsheim 1998).

Sie benötigen zur Überwachung und Behandlung u. a. technische Therapieverfahren, wie z. B. das Monitoring des Herz-Kreislauf-Systems oder die künstliche Beatmung. Im Vordergrund der Behandlung stehen Maßnahmen zur Lebenserhaltung und zur Vermeidung von Folgeschäden. Aufgrund der hohen Pflege- und Therapiebedürftigkeit ist eine Intensivstation personell höher besetzt als Normalstationen. Spezifisch qualifizierte Pflegekräfte und Ärzte sind rund um die Uhr im Einsatz. Die Aufgaben der Physiotherapie auf der Intensivstation sind im Schwerpunkt die prophylaktischen Maßnahmen zur Aufrechterhaltung und Förderung der Vitalfunktionen. Besonders bei Patienten nach einem schweren Schädelhirntrauma kommen die sinnesspezifischen Stimulationen (Freivogel 1997:80) hinzu sowie spezifische Lagerungen z. B. als tonusregulierende Maßnahme. Der Patient ist gewöhnlich nur mit einem Hemdchen bekleidet und das Nachbarbett schließt mit geringem Abstand an. Bei allen Maßnahmen ist auf die Wahrung

der Privatsphäre zu achten. Patienten sollten während der Therapie von Nachbarn und Besuchern bestmöglich abgeschirmt und nicht unbedeckt therapiert oder liegen gelassen werden. Physiotherapeuten sind durch ihre Arbeit auf der Intensivstation besonderen körperlichen und seelischen Belastungen ausgesetzt. Der Umgang mit Sterbenden fordert vom Therapeuten eine hohe psychische Stabilität. Auch ein hohes Maß an Einfühlungsvermögen und die Fähigkeit zur engen Teamarbeit mit Ärzten und Pflegekräften sind Anforderungen, die an den Physiotherapeuten gestellt werden.

Patienten in der weiterführenden oder postprimären Rehabilitation, der sogenannten Phase C, sind bewusstseinsklar und kooperativ. Sie sind in der Lage, aktiv am Rehabilitationsprozess teilzunehmen. Sie benötigen in vielen Alltagsaktivitäten noch Hilfe. Deshalb ist das Ziel der Rehabilitation, die Hilfsbedürftigkeit abzubauen und somit die Selbstständigkeit des Patienten in seinen Alltags-

aktivitäten, wie z. B. beim An- und Ausziehen oder Transfer, zu steigern. Je nach Art und Umfang der funktionellen Defizite werden die therapeutischen Maßnahmen ausgewählt. Einzel- und Gruppentherapieformen kommen hier zum Einsatz. Jetzt steht nicht mehr die Prävention im Vordergrund, sondern die Unterstützung der Funktionsrestitution

als Voraussetzung für die gesellschaftliche Reintegration. Grundlage für die Therapie ist es zu ergründen, welche Faktoren die Funktionen hemmen. Zielfestlegung und Auswahl der geeigneten Maßnahmen zur Zielerreichung sind die nächsten Schritte.

1.6 Krankheitsverarbeitung und Coping bei neurologisch Kranken

Ereignisse wie der Schlaganfall oder ein Schädelhirntrauma reißen den Betroffenen plötzlich aus seinem gewohnten Lebensalltag. Von heute auf morgen ein meistens offensichtlich behinderter Mensch zu sein, ist ein schockierendes Erlebnis. Ohne dass sich der Betroffene mit der Erkrankung je genauer beschäftigt hätte, werden er und auch seine Angehörigen und Freunde überrascht. Nach der Schreckensbotschaft müssen sich alle an mehr oder weniger veränderte Lebensumstände anpassen. Solche massiven Einschnitte ins Leben eines Menschen müssen verarbeitet werden. Dieser Prozess wird Krankheitsverarbeitung genannt. Die Verarbeitung ist ein dynamischer Prozess, der von unterschiedlichen Faktoren, wie z. B. den Therapiefortschritten oder den Reaktionen im persönlichen Umfeld, beeinflusst wird.

Dabei muss sich der Patient mit dem Verlust an Körperfunktionen und den daraus resultierenden Folgen auseinandersetzen, wie z. B. der Tatsache, nie wieder Tennisspielen zu können. Häufig ist dieser Prozess mit starken Gefühlen, wie Zorn, Wut oder Trauer über den Verlust, verbunden und wird von subjektiven Vorstellungen des Patienten geleitet. Der Prozess betrifft nicht nur den Patienten selbst, sondern auch sein soziales Umfeld.

Die Strategien und Mechanismen zur Bewältigung der Krankheit und der Krankheitsfolgen werden Coping genannt.

Es gibt verschiedene Bewältigungsstrategien, die ein Patient anwendet, z. B. Vertrauen in Ärzte und Therapeuten, Kampfgeist, Selbstermutigung, Ablenkung etc. Therapeutisch ist professionelle Hilfe mittels Psychotherapie das Mittel der Wahl. Hier können individuelle Bewältigungsstrategien mit dem Patienten erarbeitet werden.

Aber auch Physiotherapeuten können ihren Beitrag leisten und den Patienten bei der Krankheitsverarbeitung unterstützen. Entscheidend ist hier, sich Zeit zu nehmen für Gespräche: Dem Patienten zuhören und ihn ernst nehmen, schafft Vertrauen, die Grundlage für eine erfolgreiche Zusammenarbeit; auf Ziele und Wünsche des Patienten eingehen, ihn informieren und aufklären über seine motorischen Störungen und deren Entwicklungspotential; erläutern, welche Maßnahmen durchgeführt werden und wie der Patient aktiv mitmachen kann, um die Erfolge zu maximieren. Machen Sie dem Patienten Mut. Zeigen sie ihm auf, was er kann und wo seine Ressourcen stecken. Gehen sie dabei sensibel vor. Machen sie keine unrealistischen Versprechungen. Zeigen Sie ihm, wie er sich trotz Handicap im Alltag zurecht finden kann und beziehen sie Angehörige in den Therapieprozess mit ein. Informieren sie ihn über Möglichkeiten des Austauschs mit anderen Betroffenen, wie z. B. in einer Schlaganfall-Selbsthilfegruppe. All diese Aspekte helfen ihm beim Aufbau einer neuen Lebensperspektive und unterstützen den Prozess der Krankheitsbewältigung.

1.7 Pharmakologische Einflüsse Klaus Scheidtmann

In der Rehabilitation spielt die pharmakologische Behandlung eine wichtige Rolle. Dem Patient werden beispielsweise in der akuten Phase z. T. hochdosierte Analgetika, Sedativa und Narkosemittel verabreicht. In der Remissionsphase werden u. a. Me-

dikamente gegeben, welche für die funktionelle Erholung der neuronalen Strukturen hilfreich sind. Viele Patienten leiden nach einer Hirnläsion unter Depressionen und werden entsprechend medikamentös antidepressiv behandelt. Auch andere

Symptome wie Spastik, Tremor, Antriebsstörungen usw. werden medikamentös behandelt. Physiotherapeuten sollten wissen, unter welchem Medikamenteneinfluss ihr Patient steht und sollten bei Auffälligkeiten, die z. B. durch einen Medikamentenwechsel positive oder negative Auswirkungen auf die Therapie haben, in engem Austausch mit dem behandelnden Arzt stehen. Hier ein Beispiel zum medikamentösen Einfluss von Dopamin bei Morbus Parkinson:

Kernproblem bei der Parkinson-Krankheit ist der Mangel an Dopamin. Dopamin ist ein Neurotransmitter (Botenstoff), der für den Körper in vielen unterschiedlichen Bereichen eine natürliche Rolle spielt. Er übermittelt Befehle des Nervensystems an die Muskulatur. Das größte Vorkommen dieses Stoffes findet sich in der Substantia nigra im Hirnstamm. Bei Parkinsonerkrankten ist die Dopaminkonzentration stark gesunken. Medikamente, die den Dopaminmangel ausgleichen, wirken in der Regel gut. Dopamin wirkt aber außer im Gehirn auch in einigen Bereichen des Sympathikus, dem anregend wirkenden nervalen System. Dopamin fördert also die Sympathikusaktivität. Deshalb leidet der Patient bei der Einnahme von Dopamin häufig an Kreislaufbeschwerden, es wird ihm schwindlig oder schwarz vor Augen. Besonders in der Phase der medikamentösen Einstellung hat der Patient mit diesen Nebenwirkungen zu kämpfen.

Vorsicht während der Physiotherapie: Kreislaufbeschwerden führen zu einem erhöhten Sturzrisiko beim Patienten. Der Physiotherapeut sollte Veränderungen, die er während der Therapie feststellt, dokumentieren und an den Arzt weiterleiten, damit die Medikation ggf. optimiert werden kann.

Kenntnisse über die Wirkung und möglichen Nebenwirkungen von Medikamenten sind wichtig, um motorische Reaktionen in der Therapie objektiver interpretieren zu können. Medikamente können sich nicht nur auf die Motorik, sondern auch auf andere Bereiche auswirken, z. B. auf die Psyche.

Um auch hier Verhaltensreaktionen des Patienten, wie z. B. Affektibilität oder Aggressivität bewerten und interpretieren zu können, sind Grundkenntnisse über die Pharmakologische Wirkweise entscheidend.

Die **Tabellen 1.1** und **1.2** zeigen die Wirkungen pharmazeutischer Stoffe.

Tabelle 1.1 Medikamentöser Einfluss auf die Reorganisation

| Positiver Einfluss | Negativer Einfluss |
|---|--|
| Blutdrucksenkende Medikamente aus der Stoffgruppe der Ca-Antagonisten | Neuroleptika aus der Stoffgruppe der Butyrophenone |
| Antidementiva aus der Stoffgruppe der Cholinesterasehemmerstoffe | GABA-agonistische Substanzen wie Benzodiazepine |
| Dopamin und Dopaminagonisten | Antikonvulsiva, z. B. Phenytoin, Barbiturate |
| Amphetamine | Blutdrucksenkende Medikamente mit zentraler Wirkung aus der Stoffgruppe der α_1 -Rezeptorblocker, α_2 -Agonisten |
| Antidepressiva mit Erhöhung der Noradrenalin-Konzentration | Äthylalkohol |

Tabelle 1.2 Spezifische Substanzen zur Behandlung depressiver Symptome in der Rehabilitation (Scheidtmann 2003)

| Substanz | Stoffgruppe | Besonderheiten für den Therapeuten |
|---|--|---|
| Citalopram Sertralin Paroxetin Fluoxetin | Serotoninreuptakehemmer | Kann bei alten moribunden Patienten wegen der geringen Nebenwirkung eingesetzt werden, Wirkungseintritt ca. nach 2 Wochen, auch in der Behandlung des pathologischen Weinen/Lachen einsetzbar |
| Nortriptylin Desipramin | trizyklisches Antidepressivum | Antriebssteigernde Eigenschaft, Vorsicht bei Herz-Vorerkrankung |
| Doxepin | trizyklisches Antidepressivum | Hat einen positiven Einfluss auf die Reorganisation Auf Grund seiner sedierenden Eigenschaft insbesondere bei Depressionen mit Suizidalität indiziert |
| Venlavaxin | Serotonin-Noradrenalin- Wiederaufnahmememmer | Sehr potentes Antidepressivum, Wirkeintritt bereits nach wenigen Tagen, auch hier muss auf die kardiale Verträglichkeit geachtet werden |
| Reboxetin | selektiver Noradrenalin- Wiederaufnahmememmer | theoretisch positiven Einfluss auf die Reorganisation bisher keine Studiendaten dazu, insbesondere antriebssteigernder Effekt |
| Mirtazapin | tetrazyklisches Antidepressivum | Antidepressivum der neuen Generation mit schlafanstoßender Komponente, Vorsicht bei der gleichzeitigen Gabe von Alkohol und Benzodiazepinen (Wirkungsverstärkung), nicht bei Diabetes mellitus geeignet |
| Clozapin Olanzapin Quetiapin | Neuroleptika vom atypischen Charakter | Indikation bei Verwirrtheit und produktiv psychotischer Symptomatik, die sowohl bei Depressionen, hypoxischen Hirnschädigungen, SHT, aber auch in der Behandlung des Parkinson-Syndroms auftreten können; Atypische Neuroleptika haben einen geringeren negativen Einfluss auf die Reorganisation als typische Neuroleptika |

Literatur

- Cajals Ramon y. Degeneration and regeneration of the nervous system. London: Oxford University Press; 1912.
- Dettmers C, Rintjes M, Weiler C. Funktionelle Bildgebung in der Physiotherapie. Bad Honnef: Hippocampus; 1998.
- Dietz V, Colombo G, Jensen L, Baumgartner L. Locomotor capacity of spinal cord in paraplegic patients. *Ann Neurol.* 1995;37:574–582.
- Drechsler R. Interdisziplinäre Teamarbeit in der Neurorehabilitation. In: NeuroRehabilitation. Frommelt P, Grötzbach H. Blackwell Wissenschaftsverlag, Berlin, Wien 1999: 54–64.
- Foerster O. Übungstherapie. In: Bumke O, Foerster O, Hrsg. Handbuch der Neurologie. Berlin: Springer; 1936:316–414.
- Freivogel S. Motorische Rehabilitation nach Schädelhirntrauma. München: Pflaum Verlag; 1997.
- Grillner S., Control of locomotion in bipeds, tetrapods, and fish. In: Bookhart JE, Moutcastle VB, books VB, Geiger SR: Handbook of Physiology, Section 1, Vol.2, Part 2, Md. American Physiological Society, Bethesda 1981: 1127–1236.
- Mulder T, Hochstenbach J. Adaptability and Flexibility of the Human Motor System: Implications for Neurological Rehabilitation. *Neural Plasticity.* 2001;8:131–140.
- Scheidtmann K. Depression nach erworbener Hirnschädigung. *Neural Psychia* 2003;9:26–28.
- Sherrington CS. The integrative action of the nervous system. Yale University press. N Haven C 1906/reprinted 1947.
- Wernig A, Müller S. Laufband locomotion with body weight support improved walking in persons with spinal cord injuries. *Paraplegia.* 1992;30:229–238.

Noch ein Wort in eigener Sache:

Herzlichen Dank an die Therapeuten und Patienten der Neurologischen Klinik Bad Aibling und des Marienhospitals Wattenscheid, die sich für die Fotos zur Verfügung stellten. Dorothe Wulf

*Nerven leiten mit einer Geschwindigkeit
von ca. 40-60 m/sec*

- 2 **Zentrales Nervensystem**
- 3 **Peripheres Nervensystem**
- 4 **Vegetatives Nervensystem**

Die Schädigung des 1. Motoneurons kann eine Spastik verursachen

*Die gemeinsame Endstrecke
des sensomotorischen und
vegetativen Nervensystems
ist der periphere Nerv*

*Sympathikus
und Parasympathikus
wirken antagonistisch*

2 Zentrales Nervensystem

Klaus Scheidtmann

Wissen Sie, wie viele Neurone zwischen Großhirn und Muskel hintereinander verschaltet sind? Es sind zwei. Das 1. und 2. Motoneuron. Die Verschaltung der beiden findet am Alpha-Motoneuron in der Vorderhornzelle des Rückenmarks statt.

Und wissen Sie, mit welcher Geschwindigkeit Nerven dem Gehirn Nachrichten übermitteln können? Mit der eines Formel-1-Autos. Mit 360 km/h, oder anders ausgedrückt: Nerven leiten mit einer Geschwindigkeit von ca. 40–60 m/s.

Der menschliche Körper setzt sich aus Millionen von Zellen zusammen, von denen jede eine bestimmte Aufgabe zu erfüllen hat. Zellen mit gleichen Aufgaben können sich zusammenschließen und so ein Gewebe oder ein Organ bilden. Sie erfüllen so unterschiedliche Funktionen wie die Atmung, Verdauung oder auch die Bewegung. Damit dies nicht alles durcheinander gerät, muss ein Nachrichtensystem bestehen, das die einzelnen Funktionen aufeinander abstimmt. Dieses Nachrichtensystem ist das Nervensystem. Und wie Sie an den beiden Eingangsfragen erkennen, ein sehr effektives Nachrichtensystem.

Das Nervensystem versetzt den Menschen in die Lage, Umweltinformationen, die in Form von physikalischen Reizen (z. B. Licht, Schall, Wärme, chemische Reize) auf ihn einwirken, aufzunehmen, zu verarbeiten und entsprechend darauf zu reagieren.

Das Nervensystem besteht aus einem Geflecht von Nervenzellen, den Neuronen, die untereinander durch „Verlängerungen“, Axonen und Dendriden, verbunden sein können. Dieses komplexe Geflecht ist so eingerichtet, dass es die Befehle des Gehirns (zentrales Nervensystem) an die Muskulatur (peripheres Nervensystem) weiterleitet und automatisch die Funktionen des Körpers steuert, die nicht dem Willen unterworfen sind (vegetatives bzw. autonomes Nervensystem).

Einteilung des Nervensystems

Das Nervensystem des Menschen lässt sich anatomisch und/oder funktionell auf verschiedene Weise unterteilen. Eine solche Einteilung ist willkürlich und dient vor allem dem Verständnis von Teilbereichen, da sich in Wirklichkeit meist Strukturen und Funktionen überlappen. Anatomisch

(strukturell) sind Zentralnervensystem (ZNS) und peripheres Nervensystem (PNS) zu trennen. Zum ZNS werden Gehirn und Rückenmark gerechnet, die verbleibenden, dem Gehirn und Rückenmark entspringenden Nerven (-wurzeln) mit ihrer Fortsetzung in Form einzelner Nerven bilden das periphere Nervensystem. Physiologisch (funktionell) lassen sich die Nervensysteme nach einzelnen Aufgaben unterscheiden in

- sensomotorisches System;
- peripheres Nervensystem;
- vegetatives Nervensystem.

Das sensomotorische Nervensystem dient, vereinfacht gesagt, der Auseinandersetzung des Organismus mit seiner Umgebung. Es empfängt Sinnesindrücke (Sehen, Hören, Schmecken, Fühlen/Temperatur/Schmerz etc.), die zunächst spezielle Organe, die sogenannten Rezeptoren anregen. Anschließend erfolgt die Weitervermittlung des Sinnesindrucks über die Nervenfasern des peripheren Nervensystems, dann über die Bahn des Rückenmarks bis in die speziellen Bereiche des Gehirns, wo sie wahrgenommen werden. Neben dem Empfang und der Wahrnehmung von Sinnesindrücken ist die 2. Aufgabe des sensomotorischen Nervensystems die Motorik, d. h. die Entstehung von Bewegung.

Pyramidales System

Betrachtet man zunächst nur eine „einfache Bewegung“ wie z. B. das Beugen eines Fingers, so ergibt sich als Ereigniskette zunächst die Aktivierung eines sogenannten Bewegungsmusters („Beuge den rechten Zeigefinger“) in einem speziellen Hirnareal. Von dort aus erfolgt die Aktivierung mehrerer Nervenzellen, die für die einzelnen, bei dem Vorgang beteiligten Muskeln verantwortlich sind, in der Zentralregion des Gehirns. Von dort werden die Befehle über spezielle Bahnen quer durch das Gehirn zu verschiedenen Bereichen des Rückenmarks geleitet, um dort liegende Nervenzellen zu erregen. Die Fortsätze dieser Nervenzellen verlassen das Rückenmark durch die Nervenwurzel, um in den peripheren Nerven an Finger Muskeln zu enden.

Von besonderer Bedeutung für den Physiotherapeuten ist das Verständnis des motorischen Systems.

Die Rinde der Präzentralregion (Area 4) gilt als der klassische Ursprungsort der sog. *Motorik-Bahn*, der Pyramidenbahn und als Prototyp des motorischen Kortex zu verstehen (Brodmann 1905). **Abb. 2.1** zeigt verschiedene Areale der Hirnrinde und beispielhaft die topografische Zuordnung von Störungen.

Entwicklungsgeschichtlich ist die Pyramidenbahn die jüngste der absteigenden (deszendierenden) Bahnen; sie ist bei Primaten und Menschen deutlich stärker ausgebildet als bei anderen Säugern. Aus elektrischen Reizversuchen an der freigelegten Kortexoberfläche des Menschen ist die somatotope Gliederung auf der motorischen Rinde genau bekannt (**Abb. 2.2**).

Die Neuriten der Pyramidenzellen ziehen sogenannte Pyramidenbahn durch das Marklager. Sie laufen dabei fächerförmig zusammen, um als hinterer Schenkel der sogenannten inneren Kapsel zwischen Thalamus und Linsenkern nach unten zu ziehen und anschließend als Hirnschenkel vor

dem Mittelhirn aufzuliegen. In Höhe dieses Bereichs, der auch Brücke genannt wird, kreuzen ein Teil dieser Fasern auf die Gegenseite, um in motorischen Kernen die einzelnen Hirnnerven zu bilden. Dieser Teil der Pyramidenbahn wird auch als Tractus corticopontinus bezeichnet (**Abb. 2.3**).

Die Fasern der verbleibenden Pyramidenbahn (Tractus corticospinalis) ziehen aufgefächert zwischen den querverlaufenden Fasern der Brücke hindurch, um sich anschließend als Anschwellung (von den Anatomen als Pyramiden bezeichnet) wieder zusammenzufinden. Unterhalb der Pyramiden kreuzen 80–85% der Fasern zur Gegenseite (Decussatio pyramidum), um anschließend im seitlichen Anteil der weißen Substanz des Rückenmarks weiter nach unten zu ziehen (Tractus corticospinalis lateralis). Die nicht kreuzenden Fasern gelangen im vorderen Bereich des Rückenmarks nach unten, um letztlich auf Segmenthöhe zu kreuzen (Tractus corticospinalis anterior).

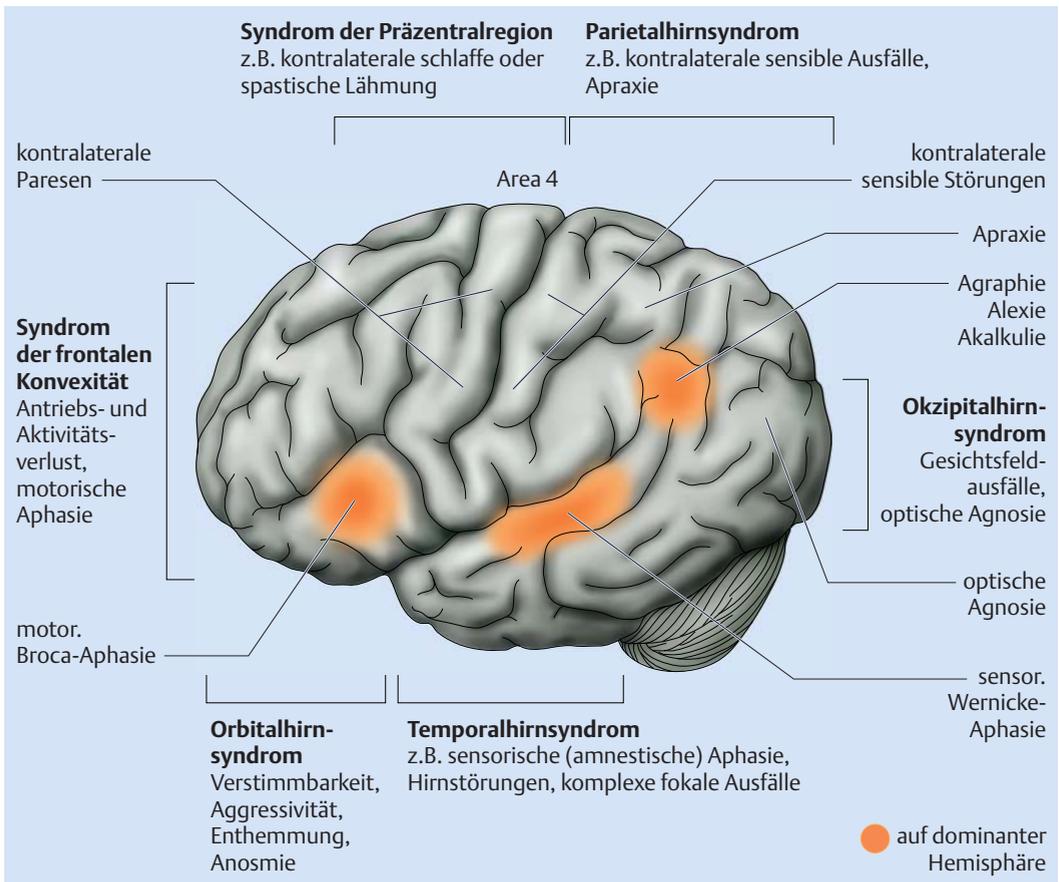


Abb. 2.1 Hirnrinde und topografische Zuordnung der Störungen.

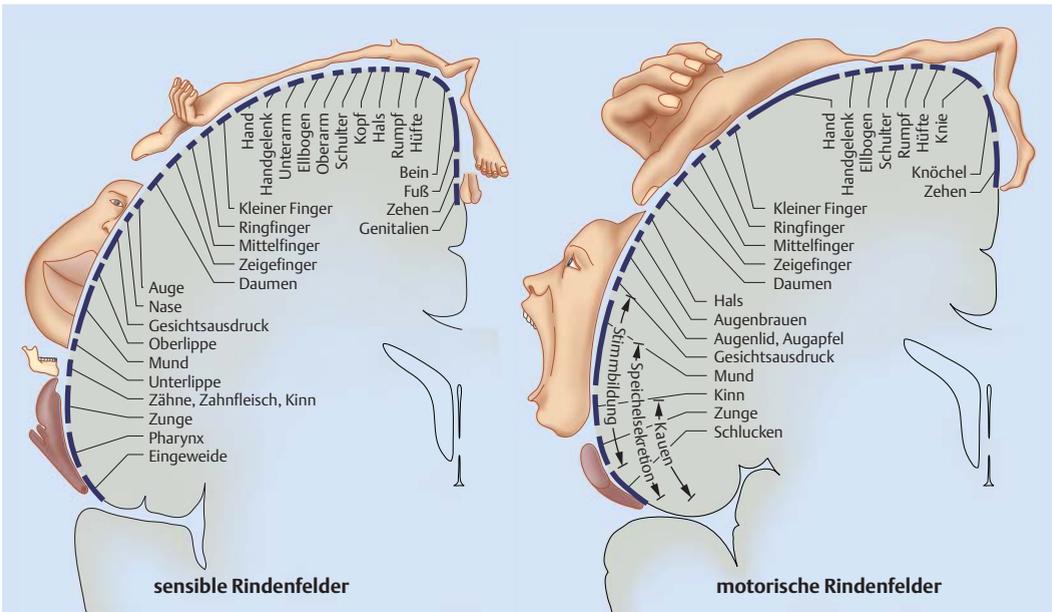


Abb. 2.2 Somatopie Gliederung der motorischen Rinde in Form eines Homunculus (Penfield u. Rasmussen 1950).

Etagenweise findet eine Verzweigung der Fasern statt, die ihre Information auf die in der jeweiligen Höhe befindlichen motorischen Vorderhornzellen, z.T. auch über kleine zwischengeschaltete Interneurone, übertragen. Deren Fortsätze verlassen als motorische Vorderwurzeln das Rückenmark, vereinigen sich mit den Hinterwurzeln zum Spinalnerv, um anschließend als motorischer Anteil eines peripheren Nerven zum jeweiligen Muskel zu ziehen.

Ursprünglich wurde das motorische System als eine hierarchisch organisierte Struktur aufgefasst, in dem der primäre Motorkortex die übergeordnete Schaltstelle repräsentiert, die verantwortlich für die Ausführung und Kontrolle der Extremitätenmotorik via Pyramidenbahn ist. Dabei wurden der prämotorische Kortex (dorsolaterale Anteile Area 6) und der supplementärmotorische (mediale Anteile Area 6) mitverantwortlich für die Planung und Vorbereitung der Willkürmotorik gemacht. Neuere Untersuchungen zeigen jedoch, dass es mehrere parallel arbeitende, deszendierende motorische Bahnsysteme gibt, die jeweils eine somatopie (homunculusartige) Gliederung aufweisen. **Abb. 2.4** stellt die motorischen Leitungsbahnen schematisch dar. Im Detail ist die neuronale Organi-

sation von Willkürbewegung immer noch nicht restlos verstanden. Selektive Läsionen dieser einzelnen motorischen Bahnsysteme unterbrechen daher die Impulsübermittlung einzelner motorischer Rindenzonen zum Rückenmark. In vielerlei physiologischen Untersuchungen, auch mittels funktioneller Bildgebung und transkranieller KorTEXstimulation, konnte gezeigt werden, dass die verbliebenen motorischen Bahnsysteme die Funktion der ausgefallenen Bahnsysteme übernehmen können, und dass hierin ein wesentliches Prinzip motorischer Funktionsrückbildung liegt (siehe Kap. 1, Plastizität, S. 7).

Bei einer Schädigung der Pyramidenbahn findet man das Babinski-Zeichen, bei einer Schädigung des 1. Motoneurons sind die Muskeleigenreflexe gesteigert, bis hin zu verbreiterten Reflexzonen und kloniformen Reflexantworten. Hier kann dann von spastischer Tonuserhöhung gesprochen werden.

Die Schädigung des 1. Motoneurons kann eine Spastik verursachen!