

Müller/Walther/Herzog (Hrsg.)

# PRAKTISCHE NEURO- REHABILITATION

Behandlungskonzepte nach  
Schädigung des Nervensystems

2., erweiterte und überarbeitete Auflage

**Kohlhammer**

**Kohlhammer**

## **Die Herausgeber**

### **Friedemann Müller, Dr. med. Dipl.-Psych.**

Facharzt für Neurologie, Chefarzt der Abteilungen »Alzheimer Therapiezentrum« und »Neurologische Frührehabilitation und Rehabilitation« an der Schön Klinik Bad Aibling.

### **Ernst Walther, Dr. med.**

Facharzt für Neurologie, Chefarzt der Abteilung für Frührehabilitation am Zentrum für Neurologie und Frührehabilitation der Asklepios Klinik St. Georg.

### **Jürgen Herzog, Dr. med.**

Facharzt für Neurologie, Ärztlicher Direktor der Schön Klinik München Schwabing, Chefarzt der Abteilungen »Neurologische Rehabilitation und Frührehabilitation« und »Tagesklinik für Demenz mit Ambulanz für Kognitive Störungen«.

Friedemann Müller  
Ernst Walther  
Jürgen Herzog  
(Hrsg.)

# Praktische Neurorehabilitation

Behandlungskonzepte nach Schädigung  
des Nervensystems

2., erweiterte und überarbeitete Auflage

Verlag W. Kohlhammer

Dieses Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwendung außerhalb der engen Grenzen des Urheberrechts ist ohne Zustimmung des Verlags unzulässig und strafbar. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und für die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Pharmakologische Daten, d. h. u. a. Angaben von Medikamenten, ihren Dosierungen und Applikationen, verändern sich fortlaufend durch klinische Erfahrung, pharmakologische Forschung und Änderung von Produktionsverfahren. Verlag und Autoren haben große Sorgfalt darauf gelegt, dass alle in diesem Buch gemachten Angaben dem derzeitigen Wissensstand entsprechen. Da jedoch die Medizin als Wissenschaft ständig im Fluss ist, da menschliche Irrtümer und Druckfehler nie völlig auszuschließen sind, können Verlag und Autoren hierfür jedoch keine Gewähr und Haftung übernehmen. Jeder Benutzer ist daher dringend angehalten, die gemachten Angaben, insbesondere in Hinsicht auf Arzneimittelnamen, enthaltene Wirkstoffe, spezifische Anwendungsbereiche und Dosierungen anhand des Medikamentenbeipackzettels und der entsprechenden Fachinformationen zu überprüfen und in eigener Verantwortung im Bereich der Patientenversorgung zu handeln. Aufgrund der Auswahl häufig angewandeter Arzneimittel besteht kein Anspruch auf Vollständigkeit.

Die Wiedergabe von Warenbezeichnungen, Handelsnamen und sonstigen Kennzeichen in diesem Buch berechtigt nicht zu der Annahme, dass diese von jedermann frei benutzt werden dürfen. Vielmehr kann es sich auch dann um eingetragene Warenzeichen oder sonstige geschützte Kennzeichen handeln, wenn sie nicht eigens als solche gekennzeichnet sind.

Es konnten nicht alle Rechtsinhaber von Abbildungen ermittelt werden. Sollte dem Verlag gegenüber der Nachweis der Rechtsinhaberschaft geführt werden, wird das branchenübliche Honorar nachträglich gezahlt.

Dieses Werk enthält Hinweise/Links zu externen Websites Dritter, auf deren Inhalt der Verlag keinen Einfluss hat und die der Haftung der jeweiligen Seitenanbieter oder -betreiber unterliegen. Zum Zeitpunkt der Verlinkung wurden die externen Websites auf mögliche Rechtsverstöße überprüft und dabei keine Rechtsverletzung festgestellt. Ohne konkrete Hinweise auf eine solche Rechtsverletzung ist eine permanente inhaltliche Kontrolle der verlinkten Seiten nicht zumutbar. Sollten jedoch Rechtsverletzungen bekannt werden, werden die betroffenen externen Links soweit möglich unverzüglich entfernt.

2., erweiterte und überarbeitete Auflage 2024

Alle Rechte vorbehalten

© W. Kohlhammer GmbH, Stuttgart

Gesamtherstellung: W. Kohlhammer GmbH, Stuttgart

Print:

ISBN 978-3-17-041773-1

E-Book-Formate:

pdf: ISBN 978-3-17-041774-8

epub: ISBN 978-3-17-041775-5

## Verzeichnis der Autorinnen und Autoren

**Eckart Altenmüller, Prof. Dr. med., Dipl. mus.**

Direktor Institut für Musikphysiologie und  
Musikermedizin (IMMM)  
Hochschule für Musik, Theater und Medien  
Hannover  
Neues Haus 1  
Schiffgraben 48  
30175 Hannover  
eckart.altenmueller@hmtm-hannover.de

**Christian Blechschmidt**

Leitung Physikalische Therapie  
Schön Klinik Bad Aibling Harthausen  
Kolbermoorer Str. 72  
83043 Bad Aibling  
cblechschmidt@schoen-klinik.de

**Svenja Blömeke, M Sc.**

Schön Klinik Bad Aibling Harthausen  
Kolbermoorer Str. 72  
83043 Bad Aibling  
sbloemeke@schoen-klinik.de

**Hans Brunner, Dr. med.**

Oberarzt  
Neurologische Frührehabilitation und Reha-  
bilitation  
Schön Klinik Bad Aibling Harthausen  
Kolbermoorer Straße 72  
83043 Bad Aibling  
hbrunner@schoen-klinik.de

**Andres Ceballos-Baumann, Prof. Dr. med.**

Chefarzt  
Abt. für Neurologie und klinische Neuro-  
physiologie mit Parkinson-Fachklinik  
Schön Klinik München Schwabing

Parzivalplatz 4  
80804 München  
aceballos-baumann@schoen-klinik.de

**Jürgen Dressnandt, Dr. med.**

Oberarzt  
Neurologische Frührehabilitation und Reha-  
bilitation  
Schön Klinik Bad Aibling Harthausen  
Kolbermoorer Str. 72  
83043 Bad Aibling  
jdressnandt@schoen-klinik.de

**Bernhard Elsner, Prof. Dr.**

Universität zu Lübeck  
Institut für Gesundheitswissenschaften  
Fachbereich Physiotherapie  
bernhard.elsner@uni-luebeck.de

**Jan Simon Gerdes, Dr. med.**

Oberarzt  
Epilepsiezentrum Hamburg  
Ev. Krankenhaus Alsterdorf  
Elisabeth Flügge Str. 1  
22337 Hamburg  
jan.gerdes@eka.alsterdorf.de

**Marco Gerschke, M. Sc.**

Leitung Logopädie und Trachealkanülen-  
management  
Asklepios Klinik St. Georg  
Lohmühlenstraße 5  
20099 Hamburg  
m.gerschke@asklepios.com

**Jürgen Herzog, Dr. med.**

Ärztlicher Direktor

Abt. Neurologische Rehabilitation und Frührehabilitation  
Schön Klinik München Schwabing  
Parzivalplatz 4  
80804 München  
jherzog@schoen-klinik.de

**Volker Hüge, Priv.-Doz. Dr. med.**  
Chefarzt  
Anaesthesie und Intensivmedizin  
Schön Klinik Bad Aibling Harthausen  
Kolbermoorer Str. 72  
83043 Bad Aibling  
vhue@schoen-klinik.de

**Katrin Hüttemann, Dr. med.**  
Oberärztin  
Klinikum Landsberg am Lech  
Bürgermeister-Dr.-Hartmann-Straße 50  
86899 Landsberg am Lech  
katrin.huettemann@klinikum-landsberg.de

**Klaus Jahn, Prof. Dr. med.**  
Chefarzt  
Akutneurologie/Zentrum für Akut- und Neurogeriatrie  
Schön Klinik Bad Aibling Harthausen  
Kolbermoorer Str. 72  
83043 Bad Aibling  
kljahn@schoen-klinik.de

**Daniela Jungbluth, M.A.**  
Schön Klinik Bad Aibling Harthausen  
Abteilung Dysphagie-, Sprech-, Sprachtherapie  
Kolbermoorer Str.72  
83043 Bad Aibling

**Gudrun Klingenberg, Dr.**  
Leitung Sprachtherapie  
Schön Klinik Bad Aibling Harthausen  
Kolbermoorer Str. 72  
83043 Bad Aibling  
gklingenberg@schoen-klinik.de

**Carmen Krewer, Dr. phil.**  
Schön Klinik Bad Aibling Harthausen  
Kolbermoorer Str.72  
83043 Bad Aibling  
ckrewer@schoen-klinik.de

**Frank Lauster, Dr. med.**  
Oberarzt  
Innere Medizin und Nephrologie/Krankenhaushygiene  
Schön Klinik Bad Aibling Harthausen  
Kolbermoorer Str. 72  
83043 Bad Aibling  
flauster@schoen-klinik.de

**Christian Ledl**  
Leitung Dysphagie-, Sprech-, Sprachtherapie  
Schön Klinik Bad Aibling Harthausen  
Kolbermoorer Str.72  
83043 Bad Aibling  
cedl@schoen-klinik.de

**Christoph Lücking, PD Dr. med.**  
Leitender Oberarzt  
Neurologische Rehabilitation und Frührehabilitation  
Schön Klinik München Schwabing  
Parzivalplatz 4  
80804 München  
cluecking@schoen-klinik.de

**Doris Maier, Dr. med.**  
Chefärztin Zentrum für Rückenmarkverletzte mit Neuro-Urologie  
BG Unfallklinik Murnau  
Prof. Küntscherstr. 8  
82418 Murnau  
doris.maier@bgu-murnau.de

**Wolfgang Marquart †**  
Ehem. Kunsttherapeut  
Schön Klinik Bad Aibling Harthausen  
Kolbermoorer Str. 72  
83043 Bad Aibling

**Isabella Mertel, Dr. rer. nat.**  
Schön Klinik Roseneck

Am Roseneck 6  
83209 Priem am Chiemsee  
imertel@schoen-klinik.de

**Friedemann Müller, Dr. med. Dipl.-Psych.**

Chefarzt  
Schön Klinik Bad Aibling Harthausen  
Neurologische Rehabilitation und Früh-  
rehabilitation  
Kolbermoorer Str. 72  
83043 Bad Aibling  
mail@friedemann-mueller.de

**Rebecca Oldenburg, M.A.**

Schön Klinik Bad Aibling Harthausen  
Abteilung Dysphagie-, Sprech-, Sprach-  
therapie  
Kolbermoorer Str.72  
83043 Bad Aibling

**Mario Paulig, Dr. med.**

Leitender Oberarzt  
Abt. für Neurologie und klinische Neuro-  
physiologie mit Parkinson-Fachklinik  
Schön Klinik München Schwabing  
Parzivalplatz 4  
80804 München  
mpaulig@schoen-klinik.de

**Thomas Platz, Prof. Dr. med.**

Universitätsmedizin Greifswald  
AG Neurorehabilitation  
und  
BDH-Klinik Greifswald  
Institut für Neurorehabilitation und Evidenzba-  
sierung, An-Institut der Universität Greifswald  
Karl-Liebknecht-Ring 26a  
17491 Greifswald  
t.platz@bdh-klinik-greifswald.de

**Michael Poschmann, Dr. med.**

Chefarzt  
Zentrum für Kinder- und Neuroorthopädie  
Schön Klinik München Harlaching  
Harlachinger Straße 51  
81547 München  
mposchmann@schoen-klinik.de

**Geertje Ritt**

NfK – Netzwerk für Krankenhausentlassung  
Kirschenweg 15  
24558 Henstedt-Ulzburg  
nfk-nord@web.de

**Sabine Rock**

Leitung Sozialdienst  
Schön Klinik München Schwabing  
Parzivalplatz 4  
80804 München  
srock@schoen-klinik.de

**Friedrich von Rosen, Dr. med.**

RegioMed Klinikum Coburg  
Ketschendorferstr. 33  
96450 Coburg  
friedrich.vonrosen@regiomed-kliniken.de

**Matthias Schaupp, Dr. med.**

Chefarzt  
Neurologische Frührehabilitation und Reha-  
bilitation  
Schön Klinik Bad Aibling Harthausen  
Kolbermoorer Str. 72  
83043 Bad Aibling  
mschaupp@schoen-klinik.de

**Hermann Schmidhuber, Dr. med.**

Oberarzt  
Klinik für Neurochirurgie  
Schön Klinik Vogtareuth  
Krankenhausstraße 20  
83569 Vogtareuth  
hschmidhuber@schoen-klinik.de

**Bianca Schmidt-Maciejewski, M. Sc.**

Leitung Stabsstelle Pflegekompetenz  
Wilhelmsburger Krankenhaus Groß-Sand  
Groß-Sand 3  
21107 Hamburg  
b.schmidt@gross-sand.de

**Martin Schneider, Dr. med.**

Oberarzt  
Klinik für Neurorehabilitation  
Dr. Becker Kiliani-Klinik

Schwarzallee 10  
91438 Bad Windsheim  
martin.schneider@gmx.fr

**Marina Schröter**

Atmungstherapeutin  
Schön Klinik München Schwabing  
Parzivalplatz 4  
80804 München  
marina.schroeter.ms@gmail.com

**Wilfried Schupp, Dr. med.**

Privatpraxis »Neurologie und Rehabilitation«  
Therapiezentrum Hardpark  
Siemenstrasse 3  
90766 Fürth  
praxis@wilfried-schupp.de

**Barbara Schwencker, Dr. med.**

Oberärztin  
Innere Medizin  
Schön Klinik Bad Aibling  
Kolbermoorer Straße 72  
83043 Bad Aibling Harthausen  
bschwencker@schoen-klinik.de

**Karolina Simmet, M.A.**

Schön Klinik Bad Aibling Harthausen  
Abteilung Dysphagie-, Sprech-, Sprachtherapie  
Kolbermoorer Str.72  
83043 Bad Aibling Harthausen

**Martina Steinböck, M. Sc.**

Schön Klinik Bad Aibling Harthausen  
Kolbermoorer Str.72  
83043 Bad Aibling Harthausen  
msteinboeck@schoen-klinik.de

**Ryuga Tigre-Brunke, Dr. med.**

Funktionsoberärztin Innere Medizin Neuro-  
logische Frührehabilitation & Rehabilitation  
Schön Klinik Bad Aibling Harthausen  
Kolbermoorer Str. 72  
83043 Bad Aibling Harthausen  
rtigre@schoen-klinik.de

**Ylva Y. Ullrich**

Schön Klinik Bad Aibling Harthausen  
Abteilung für Dysphagie-, Sprech-, Sprach-  
therapie  
Kolbermoorer Str.72  
83043 Bad Aibling Harthausen  
ylva.ullrich@gmx.de

**Dominik Vogel, Dr. med.**

Leitender Arzt  
Zentrum für Akut- und Neurogeriatrie  
Schön-Klinik Bad Aibling Harthausen  
Kolbermoorerstr. 72  
83043 Bad Aibling Harthausen  
dvogel@schoen-klinik.de

**Hendrik Voss, Dr. med.**

Funktionsoberarzt  
Abt. für Neurologie und klinische Neuro-  
physiologie mit Parkinson-Fachklinik  
Schön Klinik München Schwabing  
Parzivalplatz 4  
80804 München  
hvoss@schoen-klinik.de

**Bettina Wagner, M. Sc. Psychologie**

Leitung Abt. Neuropsychologie  
Schön Klinik München Schwabing  
Parzivalplatz 4  
80804 München  
bwagner@schoen-klinik.de

**Ernst Walther, Dr. med.**

Chefarzt Abteilung für Frührehabilitation  
Asklepios Klinik St. Georg  
Lohmühlenstraße 5  
20099 Hamburg  
e.walther@asklepios.com

**Daniel Wertheimer**

Chefarzt Neurozentrum  
Schön Klinik Hamburg Eilbek  
Dehnhaiide 120  
22081 Hamburg  
dwertheimer@schoen-klinik.de

## Geleitwort zur 2. Auflage

Das Wissen über Pathophysiologie, Semiotik, Diagnostik und Therapie neurologischer Erkrankungen ist über die letzten Jahre exponentiell gewachsen. Ganz besonders hervorzuheben sind die zunehmenden therapeutischen Erfolge. Die Mortalität konnte dramatisch gesenkt werden, zum Beispiel bei ischämischen Schlaganfällen und intrazerebralen Blutungen. Das Spektrum an immunmodulierenden Therapien neurologischer Erkrankungen hat ebenfalls rapide zugenommen, und es kommen innovative Ansätze wie zellbasierte Therapien oder Gentherapie zum Einsatz. Eine Konsequenz dieser Entwicklungen ist, dass es sehr viel mehr »Survivors« gibt. Der Schlaganfall wird überlebt, ebenso die intrakranielle Blutung, die gravierende neuroimmunologische Erkrankung und die progrediente neuromuskuläre Erkrankung – zumindest steigt die Lebenserwartung bei diesen Erkrankungen im Vergleich zu früher. Wer diese neurologischen Erkrankungen länger überlebt, hat häufig dennoch relevante Funktionsdefizite, die einer qualifizierten, zeitgemäßen Behandlung bedürfen, ob in der Akut-, Subakut- oder in der chronischen Phase.

All diese Fortschritte münden also in einen kontinuierlich steigenden Bedarf an Neurorehabilitation: Eine große Herausforderung, die in der praktischen Umsetzung komplexe Anforderungen an Ärztinnen und Ärzte, Therapeutinnen und Therapeuten sowie an alle anderen beteiligten Berufsgruppen stellt. Schon die Rahmenbedingungen, organisatorischen und sozialrechtlichen Voraussetzungen sind anspruchsvoll, aber ganz entscheidend ist dann die moderne, individualisierte

und, wo sinnvoll, apparativ gestützte interdisziplinäre und interprofessionelle Therapie. Wo diese sinnvoll eingesetzt wird, steigt die Lebensqualität der Betroffenen und erhöht sich dadurch der »Wert« der immer besser werdenden Akuttherapien für die Patientinnen und Patienten, ganz im Sinne der »Value-based Healthcare«.

Das hierfür notwendige praxisrelevante Wissen, die Hintergründe und konkrete Anleitungen finden Sie in dieser komplett überarbeiteten zweiten Auflage des Werkes »Praktische Neurorehabilitation«, herausgegeben von Friedemann Müller, Ernst Walther und Jürgen Herzog. Das Buch fand seinen Ursprung in der 1994 in Bad Aibling eröffneten Neurorehabilitationsklinik, die unter dem Gründungsdirektor und langjährigen Präsidenten der Deutschen Gesellschaft für Neurorehabilitation, Prof. Dr. Eberhard Koenig, neue Standards in der Rehabilitationsmedizin setzte. Seit der ersten Auflage ist das Buch gewachsen und, ganz folgerichtig, überregional geworden. Die heutigen Autorinnen und Autoren kommen aus ganz Deutschland, von Hamburg und Lübeck über Hannover bis München und Bad Aibling, um nur einige Standorte zu nennen.

»Praktische Neurorehabilitation« liefert systematische Übersichten über die wichtigsten Störungsbilder in der Neurorehabilitation, um dann spezifisch auf Therapieverfahren einzugehen, kompakt und zeitgemäß, von klassischen und bewährten Ansätzen bis hin zu Orthesen, Stimulationsverfahren, »Virtual Reality«, Robotics und künstlicher Intelligenz.

Ein bemerkenswertes Buch, zu dem ich den vielen Autorinnen und Autoren wie auch den Herausgebern ganz herzlich gratulieren möchte.

Christian Gerloff  
Hamburg, Januar 2024

# Inhalt

Verzeichnis der Autorinnen und Autoren.....	5
Geleitwort zur 2. Auflage.....	9
Online-Zusatzmaterial.....	15
Vorwort zur 1. Auflage.....	17
Vorwort zur 2. Auflage.....	19
<b>1 Rahmenbedingungen der neurologischen Rehabilitation.....</b>	<b>21</b>
<i>Jürgen Herzog</i>	
1.1 Organisation und Strukturen.....	21
1.2 Medizinische Voraussetzungen.....	23
1.3 Sozialrechtliche Voraussetzungen.....	24
Literatur.....	25
<b>2 Grundlagen der Erholung nach Schädigung des Nervensystems.....</b>	<b>27</b>
<i>Jan Simon Gerdes</i>	
2.1 Neuronale Plastizität – Mechanismen der Funktionsrestitution.....	27
2.2 Spontanerholung.....	27
2.3 Neuronale Plastizität.....	28
2.4 Netzwerk-Plastizität.....	29
2.5 Neubildung von Neuronen.....	31
Literatur.....	31
<b>3 Spezifische Störungsbilder in der Neurorehabilitation.....</b>	<b>33</b>
3.1 Vasculäre zerebrale Erkrankungen.....	33
<i>Klaus Jahn</i>	
3.2 Schädel-Hirn-Trauma.....	43
<i>Ernst Walther</i>	
3.3 Hypoxisch ischämische Enzephalopathie.....	48
<i>Ernst Walther</i>	
3.4 Entzündliche ZNS-Erkrankungen.....	51
<i>Klaus Jahn</i>	
3.5 Hirntumoren.....	58
<i>Mario Paulig</i>	

3.6	Parkinson-Syndrome .....	61
	<i>Andres Ceballos-Baumann</i>	
3.7	Spinale Läsionen .....	66
	<i>Hans Brunner</i>	
3.8	Neuropathien und neuromuskuläre Erkrankungen .....	72
	<i>Ernst Walther</i>	
<b>4</b>	<b>Neurorehabilitative Therapieverfahren.....</b>	<b>79</b>
4.1	Hemiparesen .....	79
	<i>Bernhard Elsner</i>	
4.2	Querschnittlähmung .....	100
	<i>Hans Brunner</i>	
4.3	Roboter- und gerätegestützte Verfahren.....	109
	<i>Martina Steinböck, Friedemann Müller</i>	
4.4	Bewegungsstörungen.....	117
	<i>Jürgen Dressnandt, Friedemann Müller, Klaus Jahn</i>	
4.5	Behandlung der Spastik .....	127
	<i>Katrin Hüttemann</i>	
4.6	Physikalische Verfahren .....	133
	<i>Friedemann Müller, Christian Blechschmidt</i>	
4.7	Funktionelle Elektrostimulation.....	139
	<i>Carmen Krewer</i>	
4.8	Neuroorthopädische Operationsverfahren.....	146
	<i>Michael Poschmann</i>	
4.9	Neuropsychologie in der neurologischen Rehabilitation .....	153
	<i>Bettina Wagner</i>	
4.10	Aphasie – Definition, Diagnostik und Therapie .....	165
	<i>Svenja Blömeke, Gudrun Klingenberg</i>	
4.11	Sprechmotorische Störungen .....	178
	<i>Christian Ledl, Karolina Simmet, Rebecca Oldenburg</i>	
4.12	Dysphagien.....	190
	<i>Christian Ledl, Daniela Jungbluth, Rebecca Oldenburg, Karolina Simmet</i>	
4.13	Neurorehabilitation auf der Intensivstation .....	208
	<i>Volker Hüge</i>	
4.14	Neurorehabilitation des schwer bewusstseinsgestörten Patienten.....	214
	<i>Friedemann Müller, Friedrich von Rosen</i>	
4.15	Kommunikationshilfen und Steuerungssysteme .....	218
	<i>Friedemann Müller</i>	
4.16	Rehabilitative Krankenpflege.....	220
	<i>Bianca Schmidt-Maciejewski</i>	
4.17	Musikunterstützte Therapie in der Neurorehabilitation .....	232
	<i>Eckart Altenmüller</i>	
4.18	Kunsttherapie .....	239
	<i>Wolfgang Marquart, Friedemann Müller</i>	

<b>5</b>	<b>Spezielle Aspekte der Neurorehabilitation .....</b>	<b>241</b>
5.1	Inkontinenz .....	241
	<i>Jürgen Herzog, Hans Brunner</i>	
5.2	Schmerzen.....	249
	<i>Dominik Vogel</i>	
5.3	Neuropsychiatrische Störungen.....	254
	<i>Mario Paulig</i>	
5.4	Trachealkanülen und -management .....	260
	<i>Christian Ledl, Marco Gerschke, Ylva Y. Ullrich</i>	
5.5	Atmungstherapie (AT) .....	268
	<i>Marina Schröter, Christoph Lücking</i>	
5.6	Ernährungstherapie .....	278
	<i>Barbara Schwencker, Matthias Schaupp</i>	
5.7	Internistische Komplikationen.....	285
	<i>Ryuga Tigre-Brunke, Frank Lauster</i>	
5.8	Neuroendokrinologie .....	308
	<i>Friedrich von Rosen</i>	
5.9	Liquorshuntsysteme.....	314
	<i>Hermann Schmidhuber</i>	
5.10	Pharmakologische Wechselwirkungen häufig verwendeter Medikamente .....	317
	<i>Martin Schneider</i>	
5.11	Stürze .....	321
	<i>Bianca Schmidt-Maciejewski</i>	
5.12	Dekubitus .....	323
	<i>Bianca Schmidt-Maciejewski</i>	
5.13	Neuroophthalmologie .....	327
	<i>Klaus Jahn</i>	
5.14	Sexuelle Funktionsstörungen .....	332
	<i>Hans Brunner, Jürgen Herzog</i>	
5.15	Neurogene Heterotope Ossifikationen (NHO).....	336
	<i>Doris Maier</i>	
5.16	Trismus .....	339
	<i>Christian Ledl</i>	
5.17	Nicht-invasive Hirnstimulationsverfahren .....	340
	<i>Thomas Platz</i>	
5.18	Augmentierende Pharmakotherapie in der Neurorehabilitation.....	348
	<i>Ernst Walther</i>	
5.19	Paroxysmale sympathische Hyperaktivität (PSH) .....	354
	<i>Dominik Vogel</i>	
5.20	Hygienekonzepte .....	357
	<i>Frank Lauster, Daniel Wertheimer</i>	
5.21	Palliativmedizin in der Frührehabilitation.....	360
	<i>Christoph Lücking</i>	
5.22	Insomnie und schlafbezogene Atmungsstörungen in der neurologischen Rehabilitation.....	366
	<i>Jan Simon Gerdes, Isabella Mertel</i>	

<b>6</b>	<b>Die Rolle von Angehörigen im Rehabilitationsprozess.....</b>	<b>374</b>
	<i>Jürgen Herzog</i>	
6.1	Problemfelder von Angehörigen im Rehabilitationsprozess.....	374
6.2	Angehörigenrollen in unterschiedlichen Stadien des Rehabilitationsprozesses .....	375
6.3	Rechtliche Rahmenbedingungen und Kosten für die Einbeziehung von Angehörigen .....	377
	Literatur .....	378
<b>7</b>	<b>Poststationäre Versorgung .....</b>	<b>379</b>
7.1	Weiterversorgung zu Hause..... <i>Geertje Ritt</i>	379
7.2	Weiterversorgung im Pflegeheim und außerklinische Intensivpflege .... <i>Sabine Rock</i>	386
7.3	Hilfsmittelversorgung und Anpassung der Wohnverhältnisse..... <i>Hans Brunner</i>	393
7.4	Berufliche Wiedereingliederung und Teilhabe am Arbeitsleben..... <i>Wilfried Schupp</i>	404
7.5	Fahreignung..... <i>Hendrik Voss</i>	414
7.6	Arbeits- und sozialrechtliche Aspekte .....	422
	<i>Jürgen Dressnandt</i>	
7.7	Intervallrehabilitation..... <i>Jürgen Herzog</i>	427
	<b>Stichwortverzeichnis .....</b>	<b>433</b>

## Online-Zusatzmaterial

Als Online-Zusatzmaterial stehen Ihnen Videos zu speziellen Aspekten der Therapie zum Download bereit:

Mobilisation mit Erigo®  
Gangtraining mit Lokomat®  
Gangtraining mit Laufkatze  
Gehen mit Stöcken

A.R.M.-Trainingsgruppe  
Spiegeltherapie  
Armstudio mit Geräten  
Handtutor®  
Anlegen einer Handgelenk-Manschette/  
Armschlinge

FES: Einkanalstimulation Fußheber-Stimulation  
FES: Flexorreflex-Stimulation  
FES: Mehrkanal-Stimulation Greifen  
FES: Kombination RehaMove  
FES: EMG-getriggerte Stimulation

Adaptierte Steuerung eines Elektrorollstuhls  
Neuroorthopädische Operation: Prinzip der Ulzibat-Methode  
Beispiel aus der Sprachtherapie  
Dysarthrie M. Wilson vor Sprechtherapie  
Dysarthrie M. Wilson nach Sprechtherapie  
Apparative Schluckdiagnostik  
Gesichtsfeld-Training

Pflegerischer Transfer mit Hemiparese  
Lagerung in der Aktivierenden Pflege

Pharyngeale Elektrostimulation (PES): Patientenfeedback während Stimulation  
Pharyngeale Elektrostimulation (PES): Endoskopiegesteuerte Sondenanlage  
Modifizierte »constraint induced movement therapy« (mCIMT) in der Ergotherapie

Wichtige Informationen sowie den Link, unter dem die Zusatzmaterialien verfügbar sind, finden Sie in am Ende von ► Kap. 7.7.



## Vorwort zur 1. Auflage

Mit der Entstehung spezialisierter Behandlungseinrichtungen, Fachkrankenhäuser und Forschungsinstitute hat sich die Neurorehabilitation vom multiprofessionellen Therapiefeld zur eigenständigen Fachrichtung innerhalb der modernen Neurowissenschaften entwickelt. Insbesondere die neurologische Frührehabilitation nach Schädigungen des zentralen und peripheren Nervensystems erlangt zunehmende Bedeutung. Die Ausweitung spezifischer DRG-Gruppen unterstreicht auch die wachsende Anerkennung dieses Fachs im deutschen Gesundheitssystem. Bisher erschienene Fachbücher der Rehabilitation und Neurorehabilitation legen entweder großes Augenmerk auf eine fast enzyklopädische Vollständigkeit der behandelten Themen oder fokussieren sich auf einzelne Aspekte.

Dieses praxisorientierte Werk fasst den gesammelten Erfahrungs- und Praxisschatz gegenwärtiger und ehemaliger Mitarbeiter der Schön Klinik Bad Aibling als einer der großen Rehabilitationseinrichtungen in Europa zusammen. Ziel der Herausgeber und Autoren ist es, dem praktisch Tätigen aus allen Berufsgruppen wesentliches Rüstzeug für Therapieentscheidungen bei im Alltag auftauchenden Fragen an die Hand zu geben. Rehabilitierbare neurologische Syndrome mit ihren Besonderheiten werden ebenso beschrieben wie Therapieverfahren, Reha-Besonderheiten und wichtige sozialmedizinische Aspekte. Dabei nehmen die Herausgeber bewusst in Kauf, nicht alle Situationen und Krankheitsbilder abzubilden, um das Buch durch seine Größe nicht unhandlich zu machen.

In der Neurorehabilitation ist eine intensive Zusammenarbeit von Pflegekräften, Ärz-

ten, Physiotherapeuten, Ergotherapeuten, Sprachtherapeuten, Schlucktherapeuten und Neuropsychologen neben vielen anderen Berufsgruppen essenziell. Die Bearbeitung der Themen in unserem Buch liegt dabei in der Hand der jeweiligen Spezialisten. Wenn es dadurch zu gewissen Unterschieden in Herangehensweise, Stil und Theoriebasierung kommt, so drückt sich darin doch auch die den einzelnen Berufsfeldern eigene Denkweise aus. Die Herausgeber haben versucht, eine gewisse Anpassung zwischen den verschiedenen Berufsgruppen zu vermitteln bzw. allgemein akzeptierte Nomenklaturen zu verwenden, ohne jedoch die berufsspezifischen Zielsetzungen, Methoden und Herangehensweisen zu verwischen. Eines der wichtigsten Ziele des vorliegenden Werkes ist es, mit den Beiträgen das interdisziplinäre Verständnis im Behandlungsteam zu fördern. Es kann – auch in unserem Werk – nicht verborgen bleiben, dass zwischen den Disziplinen noch erhebliche Unterschiede in der Gründung auf evidenzbasierten Methoden bestehen. Die Praxisorientierung dieses Buchs drückt sich darin aus, trotzdem handlungsleitende Empfehlungen für die Alltagspraxis zu benennen. Wie überall in der Medizin bleibt dem Leser die Verantwortung, sich selbst immer über den letzten Stand des Wissens zu vergewissern.

Ein bemerkenswerter Anteil an der Entwicklung der Schön Klinik Bad Aibling von der Gründung im Jahre 1994 bis heute zu einem der einflussreichsten Neurorehabilitationszentren in Deutschland verbindet sich mit dem ärztlichen Gründungsdirektor und langjährigen Präsidenten der Deutschen Gesellschaft für Neurorehabilitation (DGNR),

Herrn Prof. Dr. Eberhard Koenig. Er hat durch seine Persönlichkeit, seine fachliche Expertise und sein wohlwollendes Fördern und Fordern nicht nur die Herausgeber, sondern weitgehend alle Autoren dieses Werkes auf wichtigen Etappen ihrer beruflichen Laufbahn begleitet – sei es als Gesprächspartner, Kollege oder Vorgesetzter. Ihm gebührt

deshalb unserer besonderer Dank und unsere Anerkennung. Ihm sei diese 1. Auflage der »Praktischen Neurorehabilitation« gewidmet.

Friedemann Müller,  
Ernst Walther, Jürgen Herzog  
Bad Aibling, Hamburg, München,  
im März 2014

## Vorwort zur 2. Auflage

Zehn Jahre nach der Veröffentlichung der ersten Auflage der »Praktischen Neurorehabilitation« erscheint nun eine zweite, aktualisierte und im Umfang vorsichtig erweiterte Auflage. Rückmeldungen verschiedener Leserinnen und Leser und auch des Verlages haben uns ermutigt, das Wagnis erneut einzugehen, die praktischen Erfahrungen in der Neurorehabilitation und die wichtigsten Vorgehensweisen, Entscheidungsprozesse und therapeutischen Differenzialindikationen als Kompendium zusammenzufassen.

In den zurückliegenden Jahren sind das Wissen und die wissenschaftliche Evidenz in unserem Fach stetig angewachsen. Bei der Überarbeitung haben wir uns dennoch wieder vom Gedanken eines Praxis-Leitfadens leiten lassen, der bewusst kein vollständiges Lehrbuch sein soll. Während die erste Auflage noch stark auf der Basis des Wissens und der Vorgehensweisen der Schön Klinik Bad Aibling basierte, sind für die Überarbeitung ausgewiesene Experten verschiedener therapeutischer Felder aus ganz Deutschland mit einbezogen worden. Einige neue, eigenständige Kapitel, deren Themen seit der Erstveröffentlichung des Bands für die neurologische Rehabilitation zunehmend bedeutsam wurden, haben wir jetzt mit aufgenommen (z. B. Musiktherapie, Hygiene, Palliativmedizin). Die fortgeschrittene Entwicklung von Leitli-

nien in der Neurorehabilitation sollte ebenfalls durch Berücksichtigung des jeweils aktuellen Standes abgebildet werden. Um das Buch weiterhin handlich und auch zugänglich zu machen, durfte der Umfang dieses Praxis-Leitfadens trotzdem nur in geringem Maße anwachsen, so dass wir manchen Mitautoren Beschränkungen auferlegen mussten. Einige Leser mögen daher auch einzelne Handlungsvorschläge und Informationen vermissen. Die Verantwortung hierfür müssen wir als Herausgeber auf uns nehmen. Wir hoffen trotzdem, dass auch diese Ausgabe wieder eine wohlwollende Aufnahme findet und im anspruchsvollen Alltag der Neurorehabilitation eine Hilfe sein kann.

Ohne die Ermutigung und Begleitung durch das Lektorat des Kohlhammer Verlages wäre dieses Werk nicht denkbar. Unser besonderer Dank gilt aber vor allem den vielen Teammitgliedern in den Kliniken für ihre Beiträge und ebenso den externen Autoren, die bereitwillig die Arbeit auf sich genommen haben und zum Gelingen des Buchs einen wesentlichen Anteil beigetragen haben.

Friedemann Müller,  
Ernst Walther, Jürgen Herzog  
Bad Aibling, Hamburg, München  
im Januar 2024



# 1 Rahmenbedingungen der neurologischen Rehabilitation

Jürgen Herzog

## 1.1 Organisation und Strukturen

Die gesundheits- und gesellschaftspolitische Bedeutung der neurologischen Rehabilitation (NR) in Deutschland spiegelt sich u. a. in einer – auch im internationalen Vergleich – hohen Dichte professioneller Versorgungsstrukturen wider. Dieser erfreulichen Tatsache steht eine Reihe komplexer Schnittstellenprobleme gegenüber, die durch die Struktur, die Finanzierung, die sozialrechtliche Zuordnung und durch föderale Unterschiede im Neurorehabilitationssystem bedingt sind. Die folgende Einleitung soll einen ersten Überblick darüber geben.

### 1.1.1 Einrichtungen

Historisch entwickelten sich zunächst indikationsspezifische Rehabilitationseinrichtungen außerhalb des Krankenhaussektors. Insbesondere mit dem Ausbau der akuten Schlaganfallbehandlung in Stroke Units erfolgte jedoch eine Verlagerung frührehabitativer Maßnahmen in die Akutkrankenhäuser. Gleichzeitig bildeten sich spezialisierte Frührehabilitationskliniken, die innerhalb der länderspezifischen Bettenpläne für Akutkliniken verortet wurden. Diese Tradition rein *stationärer* Behandlungsschwerpunkte wurde seit den 1980er Jahren durch eine wachsende, nach Mittelkürzungen zuletzt wieder rückläufige Zahl *teilstationärer* Einrichtungen (Neurorehabilitative Tagesklinik) ergänzt. Als dritte Behandlungsoption stehen *ambulante* Therapieverfahren zur Verfügung. In der Regel handelt es sich

dabei um selbstständige Funktionstherapeuten einer einzigen Profession in eigenen *Praxen*. Zunehmend finden sich auch ambulante *Zentren*, in denen unterschiedliche therapeutische Professionen ambulante Rehabilitationsleistungen unter einem Dach anbieten.

### 1.1.2 Personelle Ausstattung

Neurologische Erkrankungen verursachen in der Regel Störungsbilder in verschiedenartigen Funktionsbereichen. Ein multiprofessioneller Behandlungsansatz ist somit in der Neurorehabilitation erforderlich, um diesem Umstand gerecht zu werden. Folgende Berufsgruppen sind (in alphabetischer Reihenfolge) typischerweise in den rehabilitativen Prozess involviert:

- Ärzte (Neurologen, Internisten, Anästhesisten, Ärzte für physikalische Medizin und Rehabilitationswesen, Ärzte mit Zusatzbezeichnungen für physikalische Therapie, Geriatrie, Rehabilitationswesen, Sozialmedizin, Palliativmedizin etc.)
- Ergotherapeuten
- Masseur und med. Bademeister
- Musiktherapeuten
- (Neuro-)Psychologen
- Pflegetherapeuten und Fachpflegekräfte für Neurorehabilitation
- Physiotherapeuten
- Psychotherapeuten

- Sporttherapeuten
- Sprach- und Schlucktherapeuten

Weiterhin ist eine Vielzahl anderer Professionen beteiligt. Im stationären Bereich sollen hier exemplarisch Sozialpädagogen, Orthopädiemechaniker, Diätassistenten, Atmungs- und Urotherapeuten, aber auch Seelsorger genannt werden. Im nachstationären Bereich kommt darüber hinaus Berufsberatern, rechtlichen Betreuern und den weiterbetreuenden Haus- und Fachärzten eine besondere Rolle zu.

### 1.1.3 Phasenmodell der Neurorehabilitation

Entlang des sich oft über viele Monate hinziehenden Rehabilitationsverlaufs ändern sich die Bedürfnisse und Fähigkeiten neurologisch Kranker zum Teil erheblich. Es lag deshalb nahe, den Verlauf in unterschiedliche Abschnitte einzuteilen, der die allmähliche Erholung der Funktionsdefizite in allen Patientengruppen abbildet. Im klinischen Versorgungsalltag hat das sog. »Phasenmodell« der Bundesarbeitsgemeinschaft für Rehabilitation (BAR) unverändert Gültigkeit, auch wenn es an einigen Stellen nicht mehr völlig zeitgemäß ist (BAR 1995, S. 5):

- Phase A: Akutbehandlungsphase
- Phase B: Behandlungs-/Rehabilitationsphase, in der noch intensivmedizinische Behandlungsmöglichkeiten vorgehalten werden müssen
- Phase C: Behandlungs-/Rehabilitationsphase, in der die Patienten bereits in der Therapie mitarbeiten können, aber noch kurativmedizinisch und mit hohem pflegerischem Aufwand betreut werden müssen
- Phase D: Rehabilitationsphase nach Abschluss der Frühmobilisation
- Phase E: Behandlungs-/Rehabilitationsphase nach Abschluss einer intensiven medizinischen Rehabilitation – nachgehende Re-

habilitationsleistungen und berufliche Rehabilitation

- Phase F: Behandlungs-/Rehabilitationsphase, in der dauerhaft unterstützende, betreuende und/oder zustandserhaltende Leistungen erforderlich sind

Insbesondere für die Phasen B und C hat die BAR medizinische Parameter bzw. Patientencharakteristika als Eingangskriterien definiert, auf deren Darstellung an dieser Stelle aus Platzgründen verzichtet wird (BAR 1995, S. 9 und 12). Wiederholter Diskussionsgegenstand sind die Ein- bzw. Ausgangskriterien, insbesondere in der Abgrenzung zwischen den Phasen B und C. Operationalisierbare Kriterien für den Endpunkt der Phase B sind derzeit nur in Bayern konsentiert (»ASB-Checkliste«, Arbeitskreis Rehabilitation von Schlaganfallpatienten 2022). Erschwerend kommt hinzu, dass sich neurologische Verläufe oft nicht in allen relevanten Dimensionen gleichzeitig bessern, so dass bei einem Patienten gleichzeitig Ein- und Ausschlusskriterien für eine Phase vorliegen können (Platz et al. 2011).

### 1.1.4 Abgrenzung verschiedener Frührehabilitationsleistungen

Vor dem Hintergrund der aktuellen Versorgungslandschaft neurologisch Erkrankter in Deutschland und der historisch-soziodemografischen Entwicklung bestehen in der Rehabilitation Überlappungen unterschiedlicher Fachrichtungen, namentlich v. a. der Neurologie, der Geriatrie und der Physikalischen Medizin. Diese Aspekte finden sich im Leistungskatalog des DRG-basierten Vergütungssystems in vier Komplexbehandlungen wieder:

- »Neurologisch-neurochirurgische Frührehabilitation (Phase B)« (OPS 8-552)
- »Fachübergreifende Frührehabilitation« (OPS 8-559)

- »Physikalisch-medizinische Komplexbehandlung« (OPS 8-563)
- »Geriatrisch frührehabilitative Komplexbehandlung« (OPS 8-550).

Leider sind die Eingangskriterien im OPS-Katalog nicht oder nur unzureichend differenziert, so dass zwischen Kostenträgern, Zuweisern und Rehabilitationsmedizinern z. T. unterschiedliche Auslegungen bei der Zuordnung von Patienten zur jeweils adäquaten Rehabilitationseinrichtung bestehen. Im klinischen Alltag wird z. B. älteren Patienten

zunehmend eine neurologische Rehabilitation vorenthalten und stattdessen eine geriatrische Rehabilitation bewilligt. Da aber hinsichtlich Zielausrichtung, Therapiedichte, fachlicher Qualifikation und medizinischer Ergebnisqualität relevante Unterschiede zwischen den unterschiedlichen Facheinrichtungen bestehen, ist eine Klärung der Verantwortlichkeiten dringend erforderlich. Aus neurowissenschaftlicher Sicht stellt die *indikationsspezifische* Rehabilitation dabei das wichtigste Differenzierungsmerkmal dar (s. u.).

## 1.2 Medizinische Voraussetzungen

### 1.2.1 Indikationen

Nach dem Prinzip der Indikationsspezifität stellen alle rehabilitationspflichtigen Erkrankungen, Verletzungen und vorausgegangene Operationen des zentralen und peripheren Nervensystems, neuromuskuläre Krankheiten und Myopathien primär eine Indikation zur NR dar. Die häufigsten Indikationsgruppen sind dabei:

- Neurovaskuläre Erkrankungen (ischämische und hämorrhagische Schlaganfälle, Subarachnoidalblutungen)
- Schädel-Hirn-Traumata
- Neuromuskuläre Erkrankungen und Neuropathien
- Spinale Läsionen
- Enzephalopathien (insbesondere nach globalen zerebralen Ischämien)
- Entzündliche Erkrankungen
- Hirntumoren
- Parkinson-Syndrome

Besonders in der neurologischen Frührehabilitation kam es in den letzten Jahren zu einer Verschiebung der Rehabilitationsdia-

gnosen und/oder der Fallschwere, wie zwei multizentrische Langzeitstudien mit 1.280 (2002, Pohl et al. 2011), bzw. 784 Patienten (2014, Pohl et al. 2016) zeigten. Zu den Top 5-Behandlungsdiagnosen zählen in beiden Erhebungen der ischämische Schlaganfall (30,2 % vs. 31,7 % aller Patienten), die intrakranielle Blutung (15,2 % vs. 14,9 %), das Schädel-Hirn-Trauma (16,1 % vs. 11,5 %) und die hypoxisch ischämische Enzephalopathie (9,9 % vs. 6,2 %). Am zweithäufigsten (17,1 %) war 2014 mit der Critical-Illness-Polyneuropathie (CIP) jedoch ein Krankheitsbild, das 2002 noch gar nicht vertreten war.

Unabhängig von der zugrundeliegenden neurologischen Erkrankung sollte die Rehabilitationsprognose positiv sein, d. h. die NR sollte die Erreichung medizinischer, pflegerischer oder sozialer Ziele ermöglichen. Die prognostische Einschätzung ist multidimensional und wird u. a. beeinflusst

- vom natürlichen Verlauf und der Therapierbarkeit der Grunderkrankung,
- vom individuellen Störungsbild,
- von Komorbidität(en),

- von biopsychosozialen Kontextfaktoren (z. B. Aktivitätsniveau vor der Erkrankung, soziale Integration, Ausbildungs- und Vermögensverhältnisse, Störungsbewusstsein und -akzeptanz etc.),
- von der Rehabilitationsmotivation.

In der neurologischen Frührehabilitation rechtfertigt die Prognoseabschätzung schwerst Betroffener den stationären Aufenthalt oft per se, erfordert aber immer eine Einzelfallentscheidung.

### 1.2.2 Kontraindikationen

Auch die Kontraindikationen (KI) zur NR ergeben sich aus der Prüfung des Einzelfalls. *Absolute* KI bestehen nach Ansicht des Autors lediglich bei Krankheitsbildern mit offensichtlich infauster Prognose (z. B. nach transtentorieller Herniation und Infarzierung großer Hirnareale, diffuse Metastasie-

rung maligner Tumoren) sowie bei nachweislicher Erfüllung einer in der Patientenverfügung umschriebenen Konstellation, welche die Aufrechterhaltung medizinischer Maßnahmen verbietet. *Relative* KI im klinischen Alltag sind häufig u. a.:

- schwere Verhaltensstörungen mit Eigengefährdung (z. B. Fluchtendenzen) und/oder Fremdgefährdung (z. B. Aggressivität)
- Suchterkrankungen ohne Krankheitseinsicht
- anstehende diagnostische oder kurative Prozeduren, die von der Rehabilitationseinrichtung nicht selbst erbracht werden können

Für hochbetagte Patienten, bei denen eine »geriatrietypische Multimorbidität« vor der neurologischen Erkrankung die NR pauschal erschwert, sollten explizit individualisierte Behandlungsziele geprüft werden.

## 1.3 Sozialrechtliche Voraussetzungen

### 1.3.1 Leistungsansprüche

Zwischen 2001 und 2007 wurden sämtliche ambulanten und stationären Rehabilitationsleistungen zu Pflichtleistungen der Kostenträger. Aus der Sicht des Sozialversicherten ist dies formal mit einem »Anrecht auf Rehabilitation« gleichzusetzen, das in Deutschland seinen Ausdruck in einer starken sozialgesetzlichen Verankerung findet (SGB I § 4, SGB V–VIII, § 1 SGB IX). Seit dem 01.01.2008 besteht zudem der Rechtsanspruch auf ein »Persönliches Budget«, das mittels Geld- oder Gutscheineleistungen chronisch Kranken und Behinderten z. B. auch »direkten Zugriff« auf rehabilitative Teilhabeleistungen gewähren soll. Im Alltag findet dieser Anspruch bislang

weder bei den Versicherten noch bei Behörden die nötige Akzeptanz.

Während die NR der Phasen C und D leistungsrechtlich mit Verträgen nach SGB V § 111 und SGB V § 40 geregelt werden, ist die leistungsrechtliche Zuordnung der Phase B nicht bundeseinheitlich umgesetzt. Oftmals erfolgt die Frührehabilitation aufgrund der Erkrankungsschwere als Krankenhausbehandlung (SGB V § 39) und wird in Krankenhäusern mit Versorgungsverträgen nach SGB V §§ 108 und 109 erbracht. Gelegentlich erbringen Rehabilitationseinrichtungen Leistungen der Phase B auch mit Verträgen nach SGB V § 111. Eine bundesweit einheitliche Regelung existiert nicht (Platz et al. 2011).

### 1.3.2 Kostenträger

Die wichtigsten Kostenträger in der NR sind:

- gesetzliche Krankenkassen (GKV)
- private Krankenversicherungen (PKV)
- Rentenversicherung (DRV) und Knappschaften
- Berufsgenossenschaften (BG)
- selten: Sozialämter, private Unfallversicherungen

Typischerweise umfassen die Kostenzusagen für stationäre NR initial 14–28 Tage.

### 1.3.3 Pragmatische Vorgehensweise bei der Beantragung stationärer Rehabilitationsleistungen

Aufgrund des Umstandes, dass die Frührehabilitation der Phase B Kriterien der Krankenhausbehandlung unterliegt, ist bei Versicherten der GKV in der Regel keine vorausgehende Klärung der Kostenübernahme nötig. Alle übrigen Kostenträger (s. o.) setzen dagegen vor Beginn einer Frührehabilitation eine schriftliche Kostenübernahme voraus. Die Verlegung der Patienten aus dem erstversorgenden Akutkrankenhaus erfolgt meist überganglos und wird über den Sozialdienst, Case Manager oder direkten ärztlichen Kontakt

organisiert. Klinikspezifische Anmeldeformulare mit Angaben zur Art der Erkrankung, Komplikationen und Pflegebedürftigkeit erleichtern den Informationsfluss.

NR der Phasen C und D ist bei allen Kostenträgern genehmigungspflichtig. Versicherte der PKV sind oft schlechter gestellt, da die Unterscheidung zur Kur von der PKV nicht getroffen wird. Spezifische Antragsformulare stehen beim Kostenträger meist online zum Download zur Verfügung. Bei Anschlussheilbehandlungen (AHB) übernimmt i. d. R. der Sozialdienst des vorbehandelnden Krankenhauses die Anmeldung, bei ambulant zugewiesenen Patienten können dies auch niedergelassene Vertragsärzte. Seit dem 1.4.2016 kann jeder Arzt (d. h. ohne fachspezifische Qualifikation) stationäre (und ambulante) Rehabilitationsleistungen verordnen.

In der Rehabilitationseinrichtung werden den Kostenträgern für die mitunter mehrmonatige Behandlung regelmäßig schriftliche Verlängerungsanträge unter Darlegung des Rehabilitationsverlaufs, objektivierbarer Fortschritte (z. B. Zugewinne im Barthel-Index, Frührehabilitations-Index nach Schönle oder im Functional Independence Measure, FIM) sowie dokumentierter Komplikationen/Verzögerungen zugesandt. Diese dienen gleichzeitig als Argumentationsbasis, inwieweit sich für die Patienten im avisierten Behandlungszeitraum alltagsrelevante Rehabilitationsziele formulieren lassen.

## Literatur

Arbeitskreis Rehabilitation von Schlaganfallpatienten und Schädel-Hirn-Verletzten in Bayern e.V. (2022) Definition eines einheitlichen Endpunktes der akutstationären Behandlungsbedürftigkeit in der neurologischen Frührehabilitation in Bayern ([http://www.neuroreha-bayern.de/images/Anlage\\_ASB-Checkliste\\_4\\_Fassung.pdf](http://www.neuroreha-bayern.de/images/Anlage_ASB-Checkliste_4_Fassung.pdf))

Checkliste\_4\_Fassung.pdf, Zugriff am 04.02.2023)

BAR (Bundesarbeitsgemeinschaft für Rehabilitation) (1995) Zur Neurologischen Rehabilitation von Patienten mit schweren und schwersten Hirnschädigungen in den Phasen B und C. (<https://www.bar-frankfurt.de/fileadmin/dateiliste/>

- publikationen/reha\_vereinbarungen/pdfs/Empfehlung\_neurologische\_Reha\_Phasen\_B\_und\_C.pdf, Zugriff am 16.10.2023)
- Platz T, Witte OW, Liepert J, et al.: Neurorehabilitation nach Schlaganfall – ein Positionspapier aus dem Kompetenznetzwerk Schlaganfall. *Akt Neurol* 2011; 38:150–156.
- Pohl M, Berger K, Ketter G, et al. : Langzeitverlauf von Patienten der neurologischen Rehabilitation Phase B: Ergebnisse der 6-Jahres-Nachuntersuchung einer Multizenterstudie. *Nervenarzt* 2011; 82: 753–763.
- Pohl M, Bertram M, Hartwich M, et al.: Rehabilitationsverlauf von Patienten in der neurologisch-neurochirurgischen Frührehabilitation: Ergebnisse einer multizentrischen Erfassung im Jahr 2014 in Deutschland. *Nervenarzt* 2016; Jun;87(6):634-44.
- Sozialgesetzbuch: Bücher I–XII (2013) München: Beck Texte im dtv.

## 2 Grundlagen der Erholung nach Schädigung des Nervensystems

*Jan Simon Gerdes*

### 2.1 Neuronale Plastizität – Mechanismen der Funktionsrestitution

Unter neuronaler Plastizität versteht man die strukturelle und funktionelle Anpassung des Gehirns auf Veränderungen der Umwelt, aber auch nach Verletzungen. Donald O. Hebb hat 1949 postuliert, dass Verbindungen zwischen Neuronen durch Erfahrung gestärkt und modelliert werden (Hebb 1949). In den letzten Dekaden konnten zahlreiche Studien demonstrieren, dass eine funktionelle und strukturelle Adaption des Gehirns bei erwachsenen Menschen und Tieren durch Verhaltensänderung, Training und Lernen lebenslang möglich ist (Jenkins et al. 1990, Dragan-ski et al. 2004, Scholz et al. 2009). In der Folge

wurde untersucht, ob sich die Mechanismen der zerebralen Reorganisation auch nach Hirnschädigungen beobachten lassen. Dabei zeigte sich, dass das Gehirn nach einer Schädigung, je nach Größe und Lokalisation der Läsion, mit unterschiedlichen Mechanismen der neuronalen Plastizität reagiert. Oft können funktionelle Ausfälle durch diese Mechanismen teilweise kompensiert werden, aber nur selten wird dadurch eine vollständige Funktionsrestitution erreicht. Bisweilen kommt es sogar durch neue, fehlerhafte strukturelle Verknüpfungen zu Dysfunktionen.

### 2.2 Spontanerholung

Werden Neurone durch eine Noxe, beispielsweise bei Ischämie, über ihre Toleranzgrenze geschädigt, kommt es zum Zelluntergang mit Verlust der neuronalen Funktion. Auch intakte Regionen, die außerhalb eines ischämischen Kerns liegen, aber mit diesem funktional verbunden waren, zeigen häufig einen reduzierten Blutfluss und einen Metabolis-

mus mit verminderter Funktion (Slater et al. 1977). Dieses Phänomen bezeichnet man als Diaschisis (*griech.* δια, *diá* = durch, σχίζω, *skízo* = schneiden). Dieser Prozess ist jedoch innerhalb von Tagen und Wochen reversibel. Man nimmt daher an, dass einer frühen Erholung u. a. Diaschisis zugrunde liegt (Fene-y und Baron 1986).

## 2.3 Neuronale Plastizität

### 2.3.1 Veränderung der synaptischen Erregungsleitung

Die beiden wichtigsten Neurotransmitter, welche die Effektivität der Synapse modulieren, sind Glutamat und  $\gamma$ -Aminobuttersäure (GABA). Glutamat wirkt erregend und kann exzitatorische postsynaptische Potentiale (EPSP) am postsynaptischen Neuron generieren, während GABA dort über inhibitorische postsynaptische Potentiale (IPSP) hemmend wirkt. Ein EPSP steigert, ein IPSP verringert die Wahrscheinlichkeit, dass ein Aktionspotential am postsynaptischen Neuron generiert wird. Long-term potentiation (LTP) und long-term depression (LTD) sind weitere Mechanismen, welche die Effektivität der synaptischen Übertragung beeinflussen und Gedächtnisfunktionen und kortikaler Plastizität zugrunde liegen. LTP ist ein klassischer Mechanismus, um die synaptische Effektivität zu erhöhen (Hebb 1949). Benzodiazepine wirken über GABA-Rezeptoren hemmend auf die neuronale Plastizität und sollten daher in der neurologischen Frührehabilitation zurückhaltend eingesetzt werden.

### 2.3.2 Demaskierung vorher ungenutzter Synapsen

Nach Teilinfarzierung der primär-sensorischen und -motorischen Rinde bei Menschen wurde eine erhöhte neuronale Aktivität im Randbereich der Schädigung gezeigt (Cao et al. 1998, Cramer et al. 1997). Diese Ergebnisse legen nahe, dass bereits bestehende, vorher inhibierte Synapsen und vorher nicht beteiligte redundante Netzwerke zunehmend aktiviert werden. Diese Anpassung wird als Demaskierung bezeichnet und ist möglicherweise die Folge einer verminderten intrakor-

tikalen Hemmung (Jacobs und Donoghue 1991).

### 2.3.3 Erhöhte Erregbarkeit durch Denevierungshypersensitivität

Eine rasche neuronal-plastische Anpassung des Kortex auf eine periphere Schädigung ist die Verstärkung zuvor unterschwelliger Signale an der Synapse. Normalerweise werden Input-Signale afferenter Fasern zum Kortex durch inhibitorische Interneurone GABA- vermittelt gehemmt. Diese GABA- vermittelte Inhibition ist bei Affen innerhalb von Stunden reduziert, wenn ein peripherer Nerv geschädigt wird. Die Folge ist eine Denevierungshypersensitivität, die auch längerfristig persistieren kann (Wellman et al. 2002).

### 2.3.4 Axonale und dendritische Regeneration

Die neuroplastischen strukturellen Veränderungen beschränken sich nicht nur auf den Randbereich der Läsion. Auch weiter entfernte Neuronen, die mit dem geschädigten Areal verbunden waren, beteiligen sich an der Reorganisation. Neuwachstum und Reparatur axonaler Schädigungen im zentralen Nervensystem findet allerdings nur in eingeschränktem Maße statt – mit schwerwiegenden, lebenslangen physischen, psychischen und sozialen Folgen für die Betroffenen nach Schlaganfall, traumatischer Hirnschädigung oder Rückenmarksverletzungen (Cooke et al. 2022).

Axone im peripheren Nervensystem hingegen regenerieren deutlich erfolgreicher – abhängig vom Schweregrad der Verletzung bis zur vollständigen Erholung. Die Mecha-

nismen dieser peripheren und zentralen axonalen Erholung werden weiterhin erforscht. Experimentell konnten neue kortikospinale Verbindungen im Tierexperiment nachgewiesen werden: Nach einer Schädigung in M1 und dem Brodmann Areal 6 sprossen Axone aus der ipsilateralen supplementär-motorischen Rinde (SMA) bis zum kontralateralen Rückenmark (McNeal et al. 2010). Diese neuen Axonverbindungen waren mit einer Funktionserholung korreliert. Wenn man die SMA sekundär schädigte, war der ursprüngliche Funktionsverlust nach Schädigung von M1 wieder vorhanden. Weiterhin bestehen jedoch große Hürden, solche experimentellen Erfolge in klinische Therapieansätze zu übertragen (Marichal et al. 2017). Bei einem Patienten, der nach 19 Jahren im *minimally conscious state* wieder zu sprechen begann, und danach mittels serieller Diffusionstensor-Bildgebung (DTI) untersucht wurde, zeigten sich Hinweise auf eine deutliche axonale Neuverknüpfung (Voss et al. 2006). Die Aussprossung von Dendriten ist eine Form der kortikalen Reorganisation, die über Glutamat und NDMA-Rezeptoren gesteuert wird. Werden NDMA-Rezeptoren geblockt, so beeinflusst dies nicht die Demaskierung vorher ungenutzter Synapsen, wohl aber die langfristige Reorganisation des Kortex (Dancause und Nudo 2011).

## 2.4 Netzwerk-Plastizität

### 2.4.1 Expansion neuronaler Projektionen

Die Repräsentation eines Körperteils in der motorischen und somatosensorischen Rinde ist nicht unveränderlich, sondern kann abhängig von Training oder Schädigung expandieren, schrumpfen oder in benachbarte Rindenareale verschoben werden. Erhielten Eulenaf-

### 2.3.5 Remyelinisierung

Eine intakte Myelinisierung ist für die Integrität und Funktion axonaler Strukturen von wesentlicher Bedeutung. Im peripheren Nervensystem sorgen myelinisierende Schwann-Zellen für die Umhüllung der Axone mit Myelin. Das Äquivalent der Schwann-Zelle im zentralen Nervensystem ist der Oligodendrozyt. Oligodendrozyten entspringen einer großen Population von Oligodendrozyten-Vorläuferzellen, die – anders als Stammzellen – bereits morphologisch komplex sind. Diese Vorläuferzellen teilen sich, sobald eine Demyelinisierung eintritt, und entstehende Oligodendrozyten beginnen mit der Remyelinisierung. Dieser Reparatur-Mechanismus ist experimentell gut reproduzierbar und bedarf aufwendiger Maßnahmen, um unterdrückt zu werden. Im Rahmen demyelinisierender Erkrankungen kann eine spontane Remyelinisierung auftreten, welche aber in der Regel nicht ausreicht, den folgenden axonalen Untergang und funktionelle neurologische Ausfälle zu kompensieren (Uyeda und Muramatsu 2020). Post-mortem-Studien haben gezeigt, dass die fehlende Remyelinisierung bei chronischer Multiple Sklerose häufig mit dem Ausbleiben der Reifung von Oligodendrozyten-Vorläuferzellen assoziiert ist (Kotter et al. 2011).

fen mit einer umschriebenen ischämischen Läsion im Handareal gezieltes Training, wurde die Hand nach dem Training annähernd im ursprünglichen Areal und darüber hinaus repräsentiert, während Affen mit spontaner Erholung eine Verkleinerung des ursprünglich repräsentierenden Handareals aufwiesen (Nudo et al. 1996). Mit diesen neuroplastischen Veränderungen ging eine Funktionsres-