



2. Auflage

**Spiegeltherapie
in der Neurorehabilitation**

Antje Bieniok | Judith Govers | Christian Dohle



Antje Bieniok | Judith Govers | Christian Dohle

Spiegeltherapie in der Neurorehabilitation

Neue Reihe Ergotherapie

Herausgeber:

Deutscher Verband der Ergotherapeuten e.V.

Reihe 10: Fachbereich Neurologie

Band 14



Antje Bieniok, Ergotherapeutin, Ausbildung zur Ergotherapeutin in Münster, anschließend Hochschulstudium an der Hogeschool Limburg, NL, Abschluss: Bachelor. Seit 2001 Ergotherapeutin im neurologischen Rehabilitationszentrum Godeshöhe e.V. in Bonn Bad-Godesberg, seit 2006 Leitung der ergotherapeutischen Abteilung. Dort von 2004 bis 2006 Durchführung der Therapieeffizienzstudie zur Spiegeltherapie. Dozententätigkeit im Rahmen der BG, diverse Vorträge und Seminare zum Thema Spiegeltherapie



Judith Govers, Ergotherapeutin, Hochschulstudium an der Hogeschool Zuyd, NL, Abschluss: Bachelor. Von 2002 bis 2008 Ergotherapeutin im neurologischen Rehabilitationszentrum Godeshöhe in Bonn Bad-Godesberg, dort von 2004 bis 2006 Durchführung der Therapieeffizienzstudie zur Spiegeltherapie, seitdem diverse Vorträge und Seminare zu diesem Thema. Von 2007 bis 2008 Mitarbeiterin im Zentrum für Evaluation und Methoden (ZEM) der Rheinischen Friedrich-Wilhelm-Universität Bonn. Seit 2008 Lehr-Ergotherapeutin an der Lehranstalt für Ergotherapie DIE SCHULE in Berlin



Dr. med. Christian Dohle, M. Phil. Physiker, Neurologe und Schmerztherapeut. Studium der Physik und Medizin in Köln, Cambridge, Düsseldorf und Grenoble. Klinische Ausbildung in Düsseldorf, Bonn, Ahrweiler und Meerbusch. Seit 1993 wissenschaftliche Tätigkeit im Bereich der Armmotorik, seit 2002 in der motorischen Rehabilitation, insbesondere zum Thema der Spiegeltherapie. Seit 2008 Oberarzt an der MEDIAN Klinik Berlin-Kladow, kooperierend mit der Universität Potsdam und dem Centrum für Schlaganfallforschung Berlin an der Charité.

Antje Bieniok | Judith Govers | Christian Dohle

Spiegeltherapie in der Neurorehabilitation



Das Gesundheitsforum

**Schulz-
Kirchner
Verlag**

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

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

Besuchen Sie uns im Internet: www.schulz-kirchner.de

2. Auflage 2011

1. Auflage 2009

ISBN 978-3-8248-0634-8

Fachlektorat: Beate Kubny-Lüke

Lektorat: Petra Schmidtman

Layout: Susanne Koch

Alle Rechte vorbehalten

© Schulz-Kirchner Verlag GmbH, Idstein 2011

Mollweg 2, D-65510 Idstein,

Vertretungsberechtigter Geschäftsführer: Dr. Ullrich Schulz-Kirchner

Druck und Bindung: Rosch-Buch Druckerei GmbH, Bamberger Str. 15

96110 Scheßlitz

Printed in Germany

Die Informationen in diesem Buch sind von den VerfasserInnen und dem Verlag sorgfältig erwogen und geprüft, dennoch kann eine Garantie nicht übernommen werden. Eine Haftung der VerfasserInnen bzw. des Verlages und seiner Beauftragten für Personen-, Sach- und Vermögensschäden ist ausgeschlossen.

Als E-Book (PDF) erhältlich unter der ISBN 978-3-8248-0691-1.

Inhalt

Einleitung	9
1 Stand der Wissenschaft	11
1.1 Grundlagen	11
1.2 Klinische Effekte	13
1.3 Erklärungen der Wirkmechanismen der Spiegeltherapie	15
2 Anwendung der Spiegeltherapie	17
2.1 Voraussetzungen	17
2.1.1 Material	17
2.1.2 Position des Patienten	17
2.1.3 Aufbau der Spiegelkonstruktion	20
2.1.4 Räumlichkeiten	21
2.1.5 Anforderungen an den Patienten	22
2.2 Praktische Anwendung der Spiegeltherapie	23
2.2.1 Vorbereitung der Spiegeltherapie	23
2.2.2 Bewegungsinstruktionen	24
2.2.3 Aufgabentypen	24
3 Das Bonner Therapieprotokoll	29
3.1 Idee	30
3.2 Grundbewegungen	31
3.3 Variationen	32
3.4 Eingewöhnungsphase	33
3.5 Shaping	34
3.6 Kribbelparästhesien	34
3.7 Dokumentation des Therapieablaufs	35
3.8 Therapieverlauf (Beispiel)	36
3.9 Aufschlüsselung der Grundbewegungen und der Variationen	37
3.9.1 Eingewöhnung	37
3.9.1.1 Hyperextension der Finger (Finger tippen)	37

3.9.1.2	Abduktion und Adduktion der Finger	39
3.9.2	Grundbewegungen	40
3.9.2.1	Flexion und Extension des Ellenbogengelenkes	40
3.9.2.2	Unterarm über den Tisch nach vorne schieben	41
3.9.2.3	Schultergelenk, Innen- und Außenrotation	42
3.9.3	Variationen	43
3.9.3.1	Unterarm Pronation und Supination	43
3.9.3.2	Finger Griffe/Positionen	44
3.9.3.3	Zahlen	46
3.9.3.4	Opposition der Finger	47
3.10	Praktisches Beispiel	49
4	Therapieeffizienzstudie	53
4.1	Forschungsfrage	53
4.2	Methoden	53
4.3	Ergebnisse	56
4.4	Interpretation	61
5	Krankheitsbilder	62
5.1	Durchblutungsstörungen des Gehirns	62
5.1.1	Hirnfarkt	63
5.1.2	Hirnblutungen	63
5.2	Traumatische Schäden des Gehirns	64
5.3	Hirntumor	66
6	Symptome	67
6.1	Minderung der motorischen Funktionen (Parese)	68
6.1.1	Auswirkung auf die Durchführung der Spiegeltherapie	69
6.1.2	Effekt der Spiegeltherapie	69
6.2	Minderung der sensiblen Funktionen	69
6.2.1	Auswirkung auf die Durchführung der Spiegeltherapie	70
6.2.2	Effekt der Spiegeltherapie	70
6.3	Neglect	71
6.3.1	Auswirkung auf die Durchführung der Spiegeltherapie	72
6.3.2	Der visuelle Neglect	72
6.3.2.1	Auswirkung auf die Durchführung der Spiegeltherapie	72
6.3.2.2	Effekt der Spiegeltherapie	73
6.3.3	Der somatosensible Neglect	73

6.3.3.1	Auswirkung auf die Durchführung der Spiegeltherapie	73
6.3.3.2	Effekt der Spiegeltherapie	73
6.3.4	Der motorische Neglect	74
6.3.4.1	Auswirkung auf die Durchführung der Spiegeltherapie	74
6.3.4.2	Effekt der Spiegeltherapie	74
6.3.5	Weitere Formen des Neglects	74
6.4	Aphasie	75
6.4.1	Amnestische Aphasie (verbale Amnesie, Anomie)	75
6.4.2	Broca Aphasie (motorische Aphasie)	75
6.4.3	Wernicke Aphasie (sensorische Aphasie)	75
6.4.4	Globale Aphasie (totale Aphasie)	76
6.4.5	Auswirkung auf die Durchführung der Spiegeltherapie	76
6.4.6	Effekt der Spiegeltherapie	77
6.5	Apraxie	77
6.5.1	Motorische Apraxie	78
6.5.1.1	Ideomotorische Apraxie	78
6.5.1.2	Ideatorische Apraxie	79
6.5.2	Auswirkungen auf die Durchführung der Spiegeltherapie	79
6.5.3	Effekt der Spiegeltherapie	79
6.5.4	Räumliche Orientierungsstörung und konstruktive Apraxie	80
6.5.5	Auswirkungen auf die Durchführung der Spiegeltherapie	80
6.5.6	Effekt der Spiegeltherapie	80
6.6	Gesichtsfeldausfälle	81
6.6.1	Auswirkung auf die Durchführung der Spiegeltherapie	81
6.6.2	Effekt der Spiegeltherapie	81
6.7	Pusher-Symptomatik/Drucksymptomatik/Störung der posturalen Balance	81
6.7.1	Auswirkung auf die Durchführung der Spiegeltherapie	82
6.7.2	Effekt der Spiegeltherapie	82
6.8	Konzentrations-Aufmerksamkeitsdefizite	83
6.8.1	Alertness (Aufmerksamkeitsaktivierung)	83
6.8.1.1	Auswirkungen auf die Durchführung der Spiegeltherapie	83
6.8.2	Sustained Attention (längerfristige Aufmerksamkeit, Daueraufmerksamkeit)	84
6.8.2.1	Auswirkungen auf die Durchführung der Spiegeltherapie	84
6.8.3	Selective Attention (selektive bzw. fokussierende Aufmerksamkeit)	84
6.8.3.1	Auswirkungen auf die Durchführung der Spiegeltherapie	84

6.8.4	Divided Attention (geteilte oder verteilte Aufmerksamkeit)	85
6.8.4.1	Auswirkungen auf die Durchführung der Spiegeltherapie	85
6.8.5	Effekt der Spiegeltherapie	86
7	Integration der Spiegeltherapie in die Gesamtbehandlung des Patienten	87
7.1	Ausschließlich Spiegeltherapie oder Ergänzung zu anderen Therapieansätzen?	88
7.2	Wann und wie lange soll die Spiegeltherapie durchgeführt werden?	88
7.3	Wie oft soll die Spiegeltherapie durchgeführt werden?	89
7.4	Optimale Zielgruppe für die Spiegeltherapie	90
7.5	Weiterführung der Spiegeltherapie durch Angehörige im häuslichen Umfeld	91
8	Danksagung	92
9	Literaturverzeichnis	93

Einleitung

Einem Therapeuten steht eine Vielzahl an Behandlungsmöglichkeiten und -verfahren zur Verfügung, die er im Laufe der Ausbildung kennenlernt und später in seinem Berufsalltag durch Fortbildungen und natürlich auch durch seine Berufserfahrung erweitert und vertiefen kann.

Die moderne Wissenschaft und die voranschreitende Technik, z. B. bildgebende Verfahren, machen es heutzutage möglich, die oft auf Erfahrung der ausübenden Therapeuten begründeten Therapiekonzepte wissenschaftlich zu untermauern und ihre Effizienz auch statistisch zu belegen. Dies kann dem Therapeuten eine zusätzliche Argumentationsgrundlage gerade gegenüber den immer enger gefassten Vorgaben der Krankenkassen an die Hand geben.

In diesem Buch möchten wir die Grundidee der Spiegeltherapie, deren neurophysiologische Hintergründe und ihre praktische Anwendung erläutern.

Die Spiegeltherapie umzusetzen ist denkbar einfach und sie kann gut in den normalen Therapieablauf integriert werden. Ein Spiegel wird ungefähr in der Sagittalebene zur Körpermitte des Patienten platziert. Die betroffene Extremität des Patienten wird hinter dem Spiegel gelagert, der Patient schaut in den Spiegel und betrachtet das visuelle Feedback seiner gespiegelten, nicht betroffenen Extremität.

Durch die Spiegeltherapie wird eine Aktivität in der kontralateralen Hemisphäre des Gehirns ausgelöst. Die Spiegeltherapie ist somit einem mentalen Training ähnlich. In einer zweijährigen Studie konnten wir die klinische Wirksamkeit der Spiegeltherapie näher untersuchen.

In diesem Buch möchten wir die Grundlagen und klinischen Effekte der Spiegeltherapie detailliert beschreiben. Da unser Arbeitsschwerpunkt die Neurologie ist, berichten wir nachfolgend im Wesentlichen über die Anwendung der Spiegeltherapie bei Patienten, die aufgrund einer zentralen Läsion eine Halbseitensymptomatik aufweisen.

Es gibt jedoch ein viel breiteres Spektrum an Patienten, die von der Spiegeltherapie profitieren können, wie z. B. Patienten mit Phantomschmerzen

nach Amputationen. Auf diese gehen wir in diesem Buch jedoch nicht näher ein.

Trotz der überzeugenden Ergebnisse der „Bonner Studie“ ist es uns sehr wichtig, die Spiegeltherapie nicht als „Allheilmittel“, sondern als nur einen Baustein im Rahmen der neurologischen Rehabilitation verstanden zu wissen.

Bonn/Berlin, im Juni 2009

Antje Bieniok
Judith Govers
Christian Dohle

Aktualisierte Informationen finden sich
auf der Internet-Seite der Autoren:

www.spiegeltherapie.de

1 Stand der Wissenschaft

1.1 Grundlagen

Bei der Spiegeltherapie wird ein Spiegel so an der Körpermitte des an einem Tisch sitzenden Patienten platziert, dass die gesunde Extremität gespiegelt wird. Die betroffene Extremität wird hinter dem Spiegel gelagert (s. Abb.). Der Patient schaut in den Spiegel und sieht dort das Spiegelbild seiner nicht betroffenen Extremität, als wäre es die betroffene Extremität. Dieser Therapieansatz



Prinzip der Spiegeltherapie

wurde erstmalig von der Arbeitsgruppe um Ramachandran bei amputierten Patienten angewandt. Durch Benutzung des Spiegels erreichten sie Sensationswahrnehmungen in den amputierten Gliedmaßen (Ramachandran et al., 1995). Schon bald wurde postuliert, dass dies auch eine geeignete Methode zur Rehabilitation nach Schlaganfall sei (Ramachandran, 1994). Die prinzipielle Wirksamkeit konnte dann im Rahmen einer Pilotstudie demonstriert werden (Altschuler et al., 1999).

Die Idee zum Einsatz des Spiegels war zunächst am klinischen Erfolg motiviert (Ramachandran, 1994). Die modernen Verfahren der Hirnforschung konnten zudem viel zum Verständnis dieses Ansatzes beigetragen (Dohle, 2007; Dohle et al., 2005). So wurde gezeigt, dass viele der kortikalen Areale, die an der Ausführung von Bewegung beteiligt sind, bereits bei der Bewegungsvorstellung oder -beobachtung aktiviert werden (Colebatch et al., 1991; Roland et al., 1980a; Roland et al., 1982; Roland et al., 1980b, Decety et al., 1994; Stephan et al., 1995; Buccino et al., 2001; Rizzolatti et al., 1996).

Eine ausführliche Übersicht der Gemeinsamkeiten und der Unterschiede der Aktivierungsmuster unter den verschiedenen Konditionen findet sich beispielsweise in der Übersichtsarbeit von Grèzes und Decety (Grèzes and Decety, 2001).

Erste Hinweise auf die neuronalen Grundlagen der Spiegelung von Bewegung lieferte eine Studie, in der die funktionelle Kernspintomografie eingesetzt wurde (Dohle et al., 2004). In dem Experiment, in dem Fingerbewegungen unter Benutzung einer Videokamera entweder normal oder gespiegelt dargeboten wurden, konnten durch die Spiegelung lateralisierte Aktivierungen der primären und höheren visuellen Areale nachgewiesen werden. Diese Aktivierung lag jeweils streng in der Hemisphäre, die für die Kontrolle der visuell dargebotenen Hand zuständig war. Sie war zudem unabhängig von denen, die durch die motorische Bewegungsausführung hervorgerufen wurden.

Mittels der Methode der transkraniellen Magnetstimulation konnte demonstriert werden, dass die Betrachtung gespiegelter Fingerbewegungen in einer erhöhten muskulären Erregbarkeit der nicht aktiven, aber als aktiv wahrgenommenen Hand resultiert (Fukumura et al., 2007; Garry et al., 2005). Dabei scheint die Veränderung der Aktivierung durch die Spiegelung von Bewegung noch einmal unterschiedlich von der durch eine Bewegungsvorstellung zu sein (Fukumura et al., 2007).

Die Befunde der Spiegelung einer Extremität sind allerdings zu unterscheiden von denen der Spiegelung der Position und komplexerer Positionswechsel der Extremität im Raum. Während die Spiegelung einer Extremität in der Regel problemlos geleistet werden kann, stellt beispielsweise die Durchführung einer Zeichenbewegung in einem Spiegel bereits für Normalpersonen eine große Schwierigkeit dar (Lajoie et al., 1992). Patienten mit bestimmten Läsionen im Bereich des parietalen Kortex können dies nur mit erheblicheren Schwierigkeiten oder unter Umständen gar nicht leisten. Ramachandran nennt dieses Phänomen „Spiegelagnosie“ (Ramachandran et al., 1997). Binkofski und Mitarbeiter führten darüber hinaus auch den Begriff der „Spiegelataxie“ ein (Binkofski et al., 1999).

Die Durchführung gleichzeitiger *bimanueller* Bewegungen unter gespiegelter visueller Rückkopplung einer Hand stellt eine erhebliche zusätzliche Anforderung dar. In diesem Fall gibt es für jede Extremität sowohl eine kinästhetische als auch eine visuelle Rückkopplung der Bewegung. Sind diese im Wesentlichen gleichartig, kann die Benutzung des Spiegels in einer verbesserten Synchronizität der Bewegungsausführung resultie-

ren (Franz and Packman, 2004). Sind sie jedoch unterschiedlich, führt die gespiegelte visuelle Rückkopplung zu einer veränderten Bewegungsausführung des nicht sichtbaren Arms (Altschuler, 2005). Zudem kann es in diesem zweiten Fall zu unangenehmen Wahrnehmungen bis hin zu Schmerz kommen (Fink et al., 1999; McCabe et al., 2005). Studien mit bildgebenden Verfahren legen nahe, dass für beide Hände der rechte präfrontale Kortex eine zentrale Rolle für den Abgleich zwischen visueller und kinästhetischer Information einnimmt (Fink et al., 1999).

1.2 Klinische Effekte

Die erstmalige Demonstration der Wirksamkeit der Spiegeltherapie nach Schlaganfall findet sich in der schon erwähnten Forschungsarbeit von der Arbeitsgruppe um Altschuler und Ramachandran (Altschuler et al., 1999). Im Rahmen dieser Studie wurden neun Patienten im chronischen Stadium ihrer Erkrankung (6 Monate bis zu 26,25 Jahren nach Erkrankungsbeginn) über einen Gesamtzeitraum von 8 Wochen jeweils 2 x 15 Minuten täglich (6 Tage/Woche) behandelt. Die Behandlung erfolgte über einen Zeitraum von 8 Wochen, davon 4 Wochen mit der Spiegeltherapie und 4 Wochen mit einer Kontrolltherapie, die mit einer direkten visuellen Kontrolle der betroffenen Hand durchgeführt wird. Die Patienten wurden randomisiert einer von zwei Gruppen zugeordnet. Die Gruppen unterschieden sich in der Abfolge der benannten Behandlungsansätze. In einer verblindeten, video-basierten Auswertung fanden die Beurteiler des Behandlungserfolges bei mehr Patienten eine (nicht näher spezifizierte) Verbesserung unter der Spiegeltherapie als unter der Kontrollbedingung. Leider finden sich in der Arbeit weder eine explizite Darstellung der Defizite der Patienten zu Beginn noch der erzielten Verbesserungen. Zudem war die Patientengruppe in vielen Parametern unbalanciert. Beispielsweise waren 7 der 9 behandelten Patienten Rechtshänder mit rechtshemisphärischen Läsionen. Ein Ergebnis lag darin, dass schwer betroffene Patienten mehr von der Spiegeltherapie profitieren als Patienten mit leichten Defiziten.

In einer weiteren Studie zur Evaluierung einer Kombination aus verschiedenen kognitiven Therapieansätzen verglichen Miltner und Mitarbeiter (Miltner et al., 1999) unter anderem die Spiegeltherapie mit und ohne passiver Mitbewegung der betroffenen Seite. In ihrer Studie an 9 chronischen Schlaganfallpatienten unterschiedlichster Schweregrade zeigten

sich positive Effekte der verschiedenen kognitiven Therapieansätze einschließlich der Spiegeltherapie (Miltner et al., 1999). Insbesondere zeigte sich bei der Spiegeltherapie, dass die passive Mitbewegung effektiver ist als Spiegeltherapie ohne ergänzende Bewegung.

Nachfolgend wurden zunächst nur wenige Arbeiten mit präziser klinischer Evaluierung publiziert. So lassen sich insgesamt noch drei Fallstudien ohne Vergleich zu einer Kontrolltherapie finden (Sathian et al., 2000; Stevens and Stoykov, 2003; Stevens and Stoykov, 2004). Sathian und Mitarbeiter (2000) behandelten einen Patienten mit leichten motorischen Defiziten 6 Monate nach einem lakunären Infarkt in einem (nicht näher spezifizierten) kombinierten Ansatz aus Spiegeltherapie und „Forced-Use“ Training. Über einen Gesamtzeitraum von 3 Monaten mit einem wöchentlichem Vor-Ort-Training und Anleitung zum Eigentraining fanden sie Verbesserungen in der Griffkraft, dem Bewegungsumfang und der Bewegungszeit bei verschiedenen von dem Patienten durchgeführten motorischen Aufgaben (Sathian et al., 2000).

Drei Jahre später nutzten Stevens und Stoykov (Stevens and Stoykov, 2003) in ihrer Studie den Spiegel zur Förderung der Bewegungsvorstellung. Sie behandelten insgesamt 3 Patienten im chronischen Stadium nach einem Schlaganfall (14 Monate bis 6 Jahre nach Erkrankungsbeginn) in einem kombinierten Therapieansatz unter Verwendung täglicher Bewegungspräsentation durch Computer-Animationen sowie durch den Einsatz des Spiegels. Sie erreichten über einen Zeitraum von 4 bzw. 3 Wochen Verbesserungen in verschiedenen motorischen Testleistungen (Fugl-Meyer-Skala, Untertests des Jebsen Tests) sowie in Griffkraft und Bewegungsumfang (Stevens and Stoykov, 2003; Stevens and Stoykov, 2004).

Rothgangel und Morton führten eine placebokontrollierte Therapiestudie zur Spiegeltherapie an insgesamt 16 Schlaganfall-Patienten (jeweils 8 Personen pro Gruppe) mit residueller Armfunktion im chronischen Stadium ihrer Erkrankung durch (Rothgangel et al., 2007). Sie beschreiben nach einem 5-wöchigen Behandlungszeitraum eine stärkere Verbesserung der Spastizität (gemessen mit der Ashworth-Skala), der motorischen Funktion (Action Research Arm Test) sowie der subjektiven Patientenzufriedenheit (Patient Specific Complaint Scale) in der Experimentalgruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe, wobei zu berücksichtigen ist, dass die beiden Patientengruppen bereits in den Ausgangswerten erheblich differierten.

Yavuzer und Mitarbeiter zeigten 2008 in einer placebokontrollierten Studie an insgesamt 40 Schlaganfall-Patienten (jeweils 20 pro Gruppe)

verschiedenster Schweregrade innerhalb des ersten Jahres nach dem Ereignis signifikante Verbesserungen in den Brunnstrom Stadien und den Hand-Items des Functional-Independence Measure, die auch 6 Monate nach Abschluss der Therapie noch nachweisbar waren (Yavuzer et al., 2008). Effekte auf die Spastizität fanden sich nicht.

In Kapitel 4 wird die Therapieeffizienzstudie der Autoren ausführlich dargestellt. Im Rahmen dieser randomisierten, placebokontrollierten Studie wurden insgesamt 38 Patienten mit schwerer Armparese innerhalb der ersten drei Monate nach erstmaligem Insult (im Stromgebiet der Arteria cerebri media) über einen Zeitraum von 6 Wochen entweder mit der Spiegeltherapie oder mit einer Kontrolltherapie, mit direkter visueller Kontrolle der betroffenen Extremität behandelt. Es zeigten sich positive Effekte auf die distale Motorik, die Sensibilität und die Halbseitenvernachlässigung (Neglect) (Dohle et al., 2009).

Die oben dargestellten Studien beschäftigten sich sämtlich mit dem Einsatz der Spiegeltherapie für die Rehabilitation der oberen Extremität. Es wurde jedoch auch eine randomisierte Studie publiziert, die Verbesserungen der Funktion der unteren Extremität zeigte (Sutbeyaz et al., 2007).

1.3 Erklärungen der Wirkmechanismen der Spiegeltherapie

Trotz der zunehmenden Daten, die die Wirksamkeit der Spiegeltherapie belegen, sind die präzisen Mechanismen ihrer Wirksamkeit unklar. Dies hängt auch damit zusammen, dass die Mechanismen der Erholung von Schlaganfällen und der Einfluss rehabilitativer Therapien noch nicht vollständig verstanden sind.

Einen wichtigen Baustein zum Verständnis rehabilitativer Therapie bilden die Arbeiten der Arbeitsgruppe um Taub. Sie zeigten, dass das funktionelle Defizit nach einem Schlaganfall nicht nur durch die strukturelle Läsion, sondern auch der Verschlechterung der kortikalen Repräsentation der betroffenen Extremität durch dessen Nichtgebrauch bedingt ist (Taub, 1980). Auf dieser Erkenntnis aufbauend wurde die „Forced-Use-Therapie“ entwickelt, bei der die nicht-betroffene Extremität der Patienten immobilisiert wird, um auf diese Weise einen verstärkten Gebrauch der