

Vom Nutzen der Hirnforschung für die systemische Praxis

Janine Born

Zusammenfassung

In den letzten Jahren hat die Hirnforschung viele Rätsel des menschlichen Verhaltens lösen können bzw. neue Hypothesen entwickelt. Wie diese Kenntnisse in Beratung und Erziehung umgesetzt werden können, hat bisher wenig Beachtung gefunden. Dass unser Gehirn plastisch veränderbar ist, soll anhand zahlreicher aktueller Forschungsergebnisse dokumentiert werden und neue Impulse für unsere praktische Tätigkeit geben. In welcher Weise die Methoden der Systemischen Therapie auch einen Einfluss auf die neuronale Plastizität haben, ist bisher wissenschaftlich nicht untersucht worden. Theoretische Annahmen hierzu werden im zweiten Teil des Artikels diskutiert. Anhand zahlreicher Beispiele wird im dritten Teil erörtert, wie die Ergebnisse der Hirnforschung uns in der systemischen Praxis helfen, unser Verständnis über das Verhalten des Menschen und insbesondere psychische Störungen zu verbessern, um den Umgang mit unseren Klienten zu optimieren. Ferner wird der Frage nachgegangen, inwieweit die systemischen Techniken für den Erfolg des Einsatzes neuer Methoden der Hirnforschung zur Behandlung neuropsychiatrischer Erkrankungen hilfreich sein können.

Einleitung

Die Neurowissenschaften, also die Erforschung vom Aufbau und Funktionieren unseres Gehirns, sind in den letzten Jahren auf immer größer werdendes allgemeines Interesse gestoßen. Nicht nur die klassisch medizinisch-biologischen Disziplinen befassen sich mit diesem Thema und entwickeln immer neuere Methoden zur Darstellung der Gehirnstrukturen. Die Fragen, warum wir so sind wie wir sind, was unser Bewusstsein ist oder ob wir einen freien Willen haben, werden längst nicht nur philosophisch diskutiert, sondern auch mit Hilfe bildgebender Verfahren sogar versucht sichtbar zu machen. Doch welchen Nutzen hat dieses Wissen für den Alltag und für unsere systemische Praxis und sind diese Ergebnisse mit den Grundkonzepten der Systemischen Therapie überhaupt vereinbar?

1. Das Phänomen Neuroplastizität

In der Neurobiologie galt lange Zeit die Annahme, dass unser Gehirn aus einer bestimmten, unveränderbaren Anzahl an Nervenzellen (Neuronen) und deren Verbindungen untereinander besteht, welche mit zunehmendem Alter abnimmt. Richtig ist, dass sich die Neuronenanzahl nicht verändert, jedoch die Qualität und die Anzahl der Verbindungen zwischen Nervenzellen entscheidend für die Signalübertragung ist. Die moderne Hirnforschung konnte seit den 1990er Jahren mit Hilfe des Einsatzes moderner technischer Verfahren (z.B. Kernspintomographie) nachweisen, dass unser Gehirn plastisch veränderbar ist und diese Veränderungen bis ins hohe Lebensalter (Liepert et al. 2000) und vor allem durch die Gestaltung unserer Lebensumwelt hervorgerufen werden.

Diese Plastizität beruht auf einem Prinzip, das Donald Hebb schon 1949 beschrieben hat, die so genannte „Hebb'sche Regel“ (Hebb 1949): Eine Synapse, also eine Verbindungsstelle zwischen zwei Nervenzellen, geht mit einer anderen Synapse einen Kontakt ein. Diese synaptische Verbindung verstärkt sich bei ihrer weiteren Aktivierung, so dass die Aktivierungsschwelle für diese Verbindung im Vergleich zu anderen Verbindungen gesenkt wird. Je häufiger die Verbindung (also das Netzwerk) aktiviert wird, um so stärker wird sie gegenüber anderen Verbindungen. Die Nervenzelle entwickelt daraufhin weitere Kontakte mit anderen Synapsen durch die Ausbildung von Dendriten, das sind Nervenfortsätze, an deren Ende sich die Synapsen befinden. Aufgrund dieser Aussprossung kommt es unter Umständen sogar zu einer Vergrößerung eines Hirngebietes bzw. Areal, was bislang als unmöglich erschien. In einer Studie mit Londoner Taxifahrern, welche ein enormes topografisches Gedächtnis aufweisen müssen und dieses Gedächtnis täglich trainieren, wurde tatsächlich eine Vergrößerung des Hippocampus, also unserer Gedächtnisstruktur gefunden (Maguire et al. 2000), die bislang als nicht plastisch veränderbar galt. Eine andere Untersuchung konnte nachweisen, dass sich nach intensivem Üben des Klavierspiels jenes Areal im motorischen Cortex vergrößert, das für die Steuerung der Bewegung unserer Hand zuständig ist (Karni et al. 1995).

Weiterhin wurde gezeigt, dass es genetisch festgelegte Gebiete im Gehirn gibt, die für eine ganz bestimmte Aufgabe zuständig sind, zum Beispiel werden im visuellen Cortex (im hinteren Bereich des Gehirns) Informationen aus der Retina verarbeitet. Informationen aus der Hörschnecke dagegen im auditorischen Cortex, der sich jeweils seitlich am

Gehirn befindet. Scheinbar können jedoch Areale auch die Funktion anderer Areale „übernehmen“: Die Forschergruppe um Brigitte Röder (1999) stellte fest, dass bei erblindeten Patienten auditorische Funktionen vom visuellen Cortex übernommen wurden. Blinde haben im Vergleich zu Sehenden ein sehr feines und richtungsorientiertes Gehör, welches eine hohe kognitive Anforderung und demnach größere hirnhysiologische Repräsentationen erfordert. Auch bei Schädelhirnverletzten nach einem Unfall oder Schlaganfall konnte gezeigt werden, dass Funktionen von anderen, ungeschädigten Arealen übernommen werden.

Eine neuronale Veränderung ist aber nicht nur abhängig vom Training bestimmter Fähigkeiten, sondern vor allem auch durch die Gestaltung unserer Lebenswelten und der sozialen Kontakte. In Tierexperimenten wurde festgestellt, dass es bei Ratten unter sozialer Isolation nicht zu einer dendritischen Aussprossung und Synapsenverbindung kommt (Belichenko 1998). Je anregender und vielseitiger unsere Umwelt ist, umso positiver legt sich dies auf unsere Gehirnaktivität nieder. Diese Befunde bestätigen einerseits die systemische Grundhaltung von der Beeinflussbarkeit der Individuen in einem sozialen System und sollten darüber hinaus weitere Impulse für die systemische Praxis bieten. Für den praktischen Umgang mit Klienten ist es notwendig, das soziale Umfeld zu erfragen und gegebenenfalls beraterisch/therapeutisch mitzugestalten.

Dass unser Gehirn sozial ausgerichtet ist, zeigen die jüngsten Forschungsbeiträge zum Thema „Theory of mind“ und der so genannten Spiegelneuronen. Der Anblick, wie ein anderer Mensch Schmerzen erlebt, löst in uns ebenfalls ein unangenehmes Gefühl aus, manche empfinden den Schmerz eines anderen sogar nach. Untersuchungen konnten zeigen, dass bei realem Schmerz und empathisch empfundenem Schmerz die gleichen Hirngebiete aktiviert werden (Rizzolatti 1996). Die „Theory of mind“ beinhaltet die Fähigkeit zum sozialen Denken und dem Erkennen von Empfindungen und Motiven anderer Personen. Studien zeigten hierbei vor allem eine Aktivierung des frontalen Cortex und der Amygdala (für eine Übersicht siehe Gallagher & Frith 2003). Mit dem systemischen Konzept der Zirkularität und den zirkulären Fragen sprechen wir genau diese Fähigkeit bei unseren Klienten an und regen so auch Denkprozesse und neuronale Netzwerke an, was die Hirnaktivität im positiven Sinne steigert. Mit dem Perspektivenwechsel, der unter anderem auch durch Aufstellungsarbeit

oder Externalisierung hervorgerufen wird, kann es gelingen, diese Fähigkeit zur Empathie bei dem Klienten zu fördern, um so den Umgang mit eigenen Gefühlen und denen anderer zu verbessern.

Es stellt sich die Frage, ob durch Fragetechniken oder Psychotherapie im Allgemeinen neuronale Plastizität hervorgerufen werden kann. In einer Studie von Paquete et al. (2003) wurden Patienten mit Spinnenphobie untersucht und schon nach einigen Sitzungen kognitiver Verhaltenstherapie konnten hirnelektrophysiologische Veränderungen im funktionellen Kernspin nachgewiesen werden. Im Vergleich zu Beginn der Therapie zeigten die Betroffenen beim Anblick von Spinnen (versus Käfern) eine Abnahme der Aktivität im limbischen System (vor allem der Amygdala) sowie im präfrontalen Cortex. Diese veränderte Aktivität wurde von den Autoren als eine veränderte Bewertung der zuvor angstauslösenden Objekte interpretiert. Auch andere Studien zeigen Hinweise auf hirnelektrophysiologische Veränderungen nach kognitiver Verhaltenstherapie bei Patienten mit Angststörungen oder Depression (DeRubeis et al. 2008). Kritisch anzumerken ist jedoch dabei, dass in jenen Studien meist nur eine kleine Patientengruppe (bis zu 12 Probanden) untersucht wurde und die Auswirkungen der kognitiven Verhaltenstherapie nicht mit anderen psychotherapeutischen Verfahren gleichzusetzen ist. Die Auswirkungen der Techniken Systemischer Therapie sind bisher nicht neurowissenschaftlich untersucht worden. Einige Annahmen bezüglich der hirnelektrophysiologischen Veränderung durch systemische Grundhaltungen möchte ich im folgenden Absatz skizzieren.

2. Hirnelektrophysiologische Veränderung durch Lösungssuche: das Geheimnis des limbischen Systems

Bei den meisten Studien zum Thema Neuroplastizität findet man bei aller Unterschiedlichkeit eine gemeinsame Struktur, die für verändertes Verhalten relevant zu sein scheint: das limbische System, welches sich aus Amygdala, Hippocampus, Hypothalamus, Teile des Thalamus und dem zentralen Höhlengrau zusammensetzt. Es ist maßgeblich an der Kontrolle unserer Emotionen beteiligt und steuert Verteidigungs-, Flucht- und Kampfverhalten. Es hat Verbindungen zu allen Teilen des Gehirns und bewertet sämtliche eingehende Informationen nach dem Lust-Unlust-Prinzip, also in angenehme und unangenehme Dinge.

Das limbische System „entscheidet“, ob und welches Verhalten ausgeführt werden soll und zwar danach, ob es emotional sinnvoll ist. Diese Bewertung geht in das Gedächtnissystem über (v.a. im Hippocampus) und findet wiederum aufgrund der Gedächtnisinhalte statt (Roth 2003). Das limbische System ist demnach entscheidend für unser Fühlen und Handeln. Ein verändertes Verhalten kann nur erreicht werden, wenn das limbische System angesprochen wird und das neue Verhalten emotional positiv bewertet wird. Als Therapeut kann man dies zum Beispiel dadurch erreichen, dass mit dem Klienten nicht nur rein verbal gearbeitet wird, sondern die Gefühle angesprochen werden. Die „Lösung“ sollte erfahrbar gemacht werden und in der Vorstellung des Klienten so real und positiv wie möglich erscheinen. Die Wunderfrage, das Beharren auf einer Lösungssuche mit dem Klienten und emotionale Besetzen der Lösung durch Externalisierung, Umdeuten, zirkuläre Fragen oder hypnotherapeutische Methoden sind hier also hirnhysiologisch sinnvolle Verfahren. Auch die imaginativen Erfahrungen haben neuroplastische Auswirkungen. Die reine Vorstellung vom Klavierspielen beispielsweise führt zu einer nachweisbaren Vergrößerung des motorischen Handareals (Pascual-Leone et al. 1995). Einmal gespeicherte Erfahrungen im limbischen System (z.B. Angsterlebnisse) können jedoch nicht einfach „gelöscht“ werden, stattdessen sollten sie durch alternative Netzwerke „überschrieben“ werden, das heißt, schneller aktiviert werden nach der Hebb'schen Regel. Veränderungen im Verhalten hervorzurufen bedeutet, nach vorhandenen Erfahrungen und Ressourcen zu suchen, also nach vorhandenen und alten („verschollenen“) neuronalen Netzwerken. Da unser Gehirn ständig Erfahrungen abspeichert, speichert es auch positive und nützliche, die für eine Veränderung genutzt werden können. Das heißt für unsere Praxis, sich gemeinsam mit dem Klienten Zeit zu nehmen und diese Ressourcen und Netzwerke aufzuspüren und zu reaktivieren. Diese Netzwerke müssen nun gestärkt werden, indem sie durch den Klienten verinnerlicht werden (und durch zusätzlich aktivierte Netzwerke beispielsweise im frontalen Cortex durch Perspektivenwechsel und Aktivierung der empathischen Fähigkeit, s. a. „Theory of mind“). Eine Bahnung des „Lösungsnetzwerkes“ wird unter anderem durch die Ausschüttung von Dopamin zwischen den Neuronen unterstützt. Dopamin ist eines der wichtigsten Neurotransmitter in unserem Gehirn und ist bei zahlreichen Gehirnfunktionen beteiligt, u.a. dem Belohnungssystem. Es wird ausgeschüttet während der therapeutischen Sitzung: Der Klient erfährt, dass die Ressourcen und Lösungen in ihm selbst liegen, was ein Erfolgs-

gefühl in ihm auslöst. Und nicht zuletzt sei an dieser Stelle auf unsere wertschätzende Haltung als Therapeuten und den Einsatz von Humor hingewiesen, was ebenfalls das Belohnungssystem des Klienten anregt.

Die systemischen Verfahren (Perspektivenübernahme durch zirkuläres Fragen, die Vorstellung der Lösung usw.) sind hoch komplex und erfordern eine starke kognitive Anstrengung, welche sich neuroanatomisch niederschlagen und auch die Gehirnstrukturen unserer Klienten und möglicherweise auch der Therapeuten verändern wird. Ob dies nachgewiesen werden kann, sollen zukünftige Studien zeigen; eine enge Vernetzung zwischen Forschung und Praxis um den Bereich der Systemischen Therapie halte ich für sehr interessant und wünschenswert.

3. Ursachen psychischer Störungen

Die Hirnforschung hat in den letzten Jahren zur Erklärung und Behandlung verschiedener psychischer und neurologischer Erkrankungen maßgeblich beigetragen. Die Ursache für eine Verhaltensstörung (z.B. ADHS) verbessert unser Verständnis über eine Erkrankung und somit unseren Umgang mit den Betroffenen. Die meisten psychischen Störungen haben als Ursachen eine biologische, eine psychische und eine soziale Ebene (vgl. Schweitzer & v. Schlippe 2006). Bei der Depression beispielsweise werden auf psychischer Ebene unter anderem wiederkehrende negative Gedanken und Gefühle und auf sozialer Ebene wenig Wertschätzung und Leistungsorientierung durch die Eltern vermutet. Auf biologischer Ebene wiederum wird eine Dysregulation von Hormonen und neuronalen Transmittern (Serotonin, Noradrenalin und Dopamin) vor allem im präfrontalen Kortex angenommen. Es finden sich in der Fachliteratur jedoch eine Reihe widersprüchlicher Ergebnisse hinsichtlich struktureller und funktioneller Befunde, welche speziell bei der Depression verändert zu sein scheinen (vgl. Braus et al. 2004). Neuere Forschungen legen zudem nahe, dass sowohl bei der Schizophrenie als auch bei der Depression ähnliche neuronale Netzwerke die Symptome verursachen. Dies erschwert häufig eine genaue Abgrenzung beider Erkrankungen und führte unter anderem auch zu einer Überarbeitung der klassischen Klassifikationssysteme wie ICD-10 oder DSM IV.

Die ermittelten hirnphysiologischen Ursachen für eine psychiatrische Erkrankung revolutionierten auch deren Behandlungsmöglichkeiten. Eine Reihe verschiedener Medikamente zur Verbesserung der Symptome ist ent-

wickelt worden, deren Wirksamkeit und Effektivität diskutiert werden. Der alleinige Einsatz von Antidepressiva beispielsweise kann jedoch die Auslöser einer Depression und den psychischen Zustand des Patienten langfristig nicht therapieren. Dies sollte mit einem geeigneten psychotherapeutischen Verfahren erfolgen, wobei durch eine parallele medikamentöse Behandlung die Patienten so stabilisiert werden, dass sie für eine psychotherapeutische Behandlung ansprechbar sind. Eine Kombination sowohl des psychotherapeutischen als auch des psychopharmakologischen Ansatzes ist bei der Behandlung von psychischen Störungen oft unumgänglich. In der Praxis herrschen in diesem Punkt jedoch oft Missverständnisse und Unmut sowohl auf medizinischer als auch auf psychotherapeutischer Seite. Besonders deutlich wird diese Diskussion bei der Behandlung von an ADHS erkrankten Kindern. Die Behandlung mit Methylphenidat wird skeptisch betrachtet, da es die Betroffenen zu sehr beeinflusst und eine frühe Abhängigkeit von einem Medikament befürchtet wird. Der gemeinsame Austausch aller Beteiligten, medizinisches Fachpersonal, Eltern und Kinder, ist hierbei von großer Bedeutung und eine wichtige Aufgabe in der systemischen Praxis. Hierzu gehört meines Erachtens auch, dass Systemische Berater und Therapeuten häufig eine Mittlerposition zwischen allen Beteiligten einnehmen und demnach auch über ausreichend Informationen verfügen sollten.

Bei einer Reihe von psychiatrischen Patienten können die Symptome ihrer Erkrankung jedoch nicht ausreichend auf der psychologischen und sozialen Ebene erklärt und behandelt werden. Dies kommt beispielsweise bei einigen Patienten mit Zwangs- oder Angststörungen vor. Die Betroffenen erfahren keine Verbesserung ihrer Symptomatik durch medikamentöse oder psychotherapeutische Behandlung. Diesen Patienten steht seit einiger Zeit eine Methode zur Verfügung, mit der große Erfolge erzielt werden: die Tiefenhirnstimulation (deep brain stimulation: DBS). Dieses Verfahren wird seit den 1990er Jahren vor allem bei Parkinson-Patienten angewandt, um schwere motorische Beeinträchtigungen zu lindern, welche nicht (mehr) durch Medikamente behandelbar sind. Bei dieser Methode werden kleine Elektroden in eine Struktur des Gehirns chirurgisch eingesetzt. Bei Parkinsonerkrankung werden Elektroden in Bereiche gepflanzt, welche für die motorische Steuerung notwendig sind (z.B. Globus pallidus). Mit Hilfe von elektrischen Impulsen wird die Funktionsweise der Struktur wieder „repariert“ und die Symptome verbessern sich schon kurz nach der Einstell-

ung des so genannten „Hirnschrittmachers“: Die Patienten können sich wieder bewegen ohne Zittern oder gebückte Haltung.

In den letzten Jahren ist diese Methode auch erfolgreich bei psychiatrischen Erkrankungen angewandt worden (Ashby & Rothwell 2000). Bei Patienten mit Zwangsstörungen, Alkoholabhängigkeit und Anorexie wurde festgestellt, dass eine kleine Struktur für die Entstehung der verschiedenen Symptomatik verantwortlich ist: der Nucleus accumbens, welcher zwischen Putamen und Septum pallidum lokalisiert ist und Teil des Netzwerks für das Belohnungsverhalten ist. Eine Störung ist maßgeblich an der Entwicklung abhängigen Verhaltens beteiligt (Yacubian et al. 2006), was bei allen genannten Erkrankungen zentral ist. Dies wurde auch therapeutisch genutzt, indem Elektroden in den Nucleus accumbens eingepflanzt wurden und somit eine Verbesserung der Verhaltensstörungen verzeichnet wurde (Sturm et al. 2003). Bis jetzt sind zwar nur wenige Patienten behandelt worden und dieses Verfahren ist nicht ungefährlich, es stellt jedoch gerade für therapieresistente Patienten eine alternative Behandlungsform dar.

Ich konnte im Laufe meiner beruflichen Tätigkeit einige Parkinsonpatienten vor und nach solch einer Operation kennen lernen. Die Verbesserung der Symptomatik ist immer wieder verblüffend, denn die Betroffenen erscheinen gesund und ohne große motorische Beeinträchtigungen. Dennoch sind sie damit nicht geheilt. Vor allem auch die kognitiven und emotionalen Beeinträchtigungen sind gerade bei Parkinsonpatienten gravierend und werden manchmal sogar als störender empfunden als die Schüttellähmung. Die Unfähigkeit, die eigenen Emotionen auszudrücken oder Gefühle beim Partner zu erkennen, ist bei Parkinsonpatienten schon im frühen Stadium eingeschränkt. Auch das veränderte Verhalten, wie beispielsweise vermehrte Ängstlichkeit, Depressivität und zunehmende Vergesslichkeit beeinträchtigen nicht nur das Leben des Patienten, sondern die gesamte Familie. An eine Therapie wie die Tiefenhirnstimulation werden hohe Erwartungen seitens der Patienten und der Angehörigen gestellt. Wenn es zu Verbesserungen der motorischen Leistungen kommt, wird dieser Erfolg nicht selten seitens der Angehörigen als „Heilung“ empfunden („Jetzt bist Du doch wieder gesund!“). Viele Patienten jedoch berichteten mir, dass sie nach kurzer Zeit in „ein Loch fielen“. Die Depressivität im Vergleich zu vor der Operation nahm noch zu. Sie fühlten sich nicht verstanden, da die Anforderungen der Familie an sie zu hoch waren.

Dieses Beispiel zeigt, dass die psychologischen Auswirkungen einer Behandlungsmethode entscheidend sein können für die Gesundheit des

Patienten und seiner Familie. Der systemische Ansatz kann demnach hilfreich sein, diese Auswirkungen zu hinterfragen und präventiv Enttäuschungen seitens des Patienten und seiner Angehörigen zu vermeiden. Eine Vernetzung der verschiedenen Fachbereiche ist für einen erfolgreichen Therapieansatz notwendig und eine kritische Auseinandersetzung jeweils angebracht.

Zusammenfassend soll nun die eingangs gestellte Frage beantwortet werden: Wozu nutzt Hirnforschung der systemischen Praxis?

1. Unser Gehirn ist plastisch veränderbar durch Training, soziale Einflüsse und eine anregende, abwechslungsreiche Umwelt. Neuronale Plastizität entsteht in jedem Alter und bewirkt verändertes Verhalten.
2. Unser Gehirn ist nachgewiesener Weise sozial orientiert und empathisch. Methoden wie zirkuläres Fragen, Perspektivenwechsel durch Externalisierung oder Aufstellungsarbeit kann die Fähigkeit zur „Theory of mind“, zum Umgang mit eigenen Gefühlen und denen anderer verbessern.
3. Die Lösungsorientierung ist hirnphysiologisch gesehen sinnvoll für die Veränderung von Verhalten beim Klienten: Die Ressourcen sind beim Klienten vorhanden und müssen aufgespürt werden, sie sind in alten Netzwerken gespeichert. Die Lösung sollte so genau wie möglich beschrieben und positiv erlebt oder „erfühlt“ und der emotionale Vorteil des neuen Verhaltens ermittelt werden (mit der Wunderfrage, Externalisierung, hypnotherapeutischen Verfahren usw.).
4. Positive Gefühle beim Klienten während der Therapie sowie die wertschätzende und humorvolle Haltung des Therapeuten verstärkt die Bildung neuer Netzwerke aufgrund der zusätzlichen Ausschüttung von Dopamin.
5. Das Verstehen menschlichen Verhaltens allgemein und das Entstehen psychischer Störungen verbessert unser Handeln und Denken über Patienten, bereichert unseren Hypothesenschatz über dessen Verhalten. Weiterhin erhalten wir so mehr Informationen über verschiedene Störungsbilder, welche wir an Betroffene und Angehörige (z.B. Eltern)

weitergeben können, da wir in der Praxis oft wichtige Vermittler zwischen ihnen und medizinischem Fachpersonal sind.

6. Die Hirnforschung zeigt aber auch Grenzen des systemischen Handelns auf: Eine Kombination mit medikamentöser Behandlung ist bei vielen psychischen Störungen unumgänglich.
7. Der systemische Ansatz kann den Erfolg einer neuen Behandlungsmethode, die aus der Hirnforschung resultiert, verbessern, indem die psychischen Auswirkungen einer Methode mit dem Patienten und seinen Angehörigen thematisiert wird.

Die Ergebnisse der aktuellen Hirnforschung zeigen, wie sinnvoll der Einsatz systemischer Methoden in der Praxis ist. Es soll uns bestärken, diese Methoden vielfältig und kreativ einzusetzen. Gleichzeitig gibt uns die Hirnforschung immer wieder neue Anregungen für die Grundlagen menschlichen Verhaltens. Die Erforschung der Auswirkungen systemischer Methoden auf das Gehirn ist bisher nicht untersucht worden und stellt eine interessante Herausforderung dar.

Literatur

- Ashby, P. & Rothwell, J. C. (2000). Neurophysiologic aspects of deep brain stimulation. *Neurology* 55: (S.17–20).
- Belichenko, P. et al. (1998). unpublished data. In B. Johansson: (2000): *Brain Plasticity and Stroke Rehabilitation*. *Stroke*; 31: (S.223-230).
- Braus, D., Tost, H. & Demiracka, T. (2004). Bildgebende Verfahren bei psychischen Störungen. In: S. Lautenbacher & S. Gauggel (Hrsg.). *Neuropsychologie psychischer Störungen*. Berlin: Springer.
- De Rubeis, R.J. et al. (2008). Cognitive therapy versus medication for depression: treatment outcomes and neural mechanisms. *Nature Reviews Neuroscience* 9: (S.788-796).
- Gallagher, H.L. & Frith, C.D. (2003). Functional imaging of 'theory of mind'. *Review. Trends in Cognitive Sciences* Vol.7 No.2. (S.77-83).
- Hebb, D. (1949). *The organization of behavior. A neuropsychological theory*. Erlbaum Books, Mahwah, N.J. 2002 (Nachdruck der Ausgabe New York 1949).

- Karni, A. et al., (1995). Functional MRI evidence for adult motor cortex plasticity during motor skill learning. *Nature*, 377: (S.155-158).
- Liepert, J., Bauder, H., Wolfgang, H., Miltner, W., Taub, E. & Weiller, C. (2000). Treatment-induced cortical reorganization after stroke in humans. *Stroke*. 2000 Jun; 31(6) (S.1210-1216).
- Maguire, E.A. et al. (2000). Navigation-related structural change in the hippocampi of taxi drivers. *PNAS* 97: (S.4398–4403).
- Paquete, V. et al. (2003). "Change the mind and you change the brain": effects of cognitive-behavioral therapy on the neural correlates of spider phobia. *Neuroimage* (18):2: (S.401-409).
- Pascual-Leone, A. et al. (1995). Modulation of muscle responses evoked by transcranial magnetic stimulation during the acquisition of new fine motor skills. *J Neurophysiol* 74: (S.1037-1045).
- Rizzolatti, G. (1996). Localization of grasp representations in humans by PET: 1. Observation versus execution. *Exp Brain Res*. Sep;111(2): (S.246-252).
- Röder, B., Teder-Sälejärvi, W., Sterr, A., Rösler, F., Hillyard, S. & Neville, H. (1999). Improved auditory spatial tuning in blind humans. *Nature*. Jul 8;400 (6740):162-6.
- Roth, G. (2003). *Aus Sicht des Gehirns*. Frankfurt/M.: Suhrkamp.
- Schweitzer, J. & v. Schlippe, A. (2006). *Lehrbuch der systemischen Therapie und Beratung II. Das störungsspezifische Wissen*. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.
- Sturm, V., Lenartz, D., Koulousakis, A., Treuer, H., Herholz, K., Klein, J. C.; Klosterkötter, J. (2003). The nucleus accumbens: a target for deep brain stimulation in obsessive-compulsive- and anxiety-disorders. *J. Chem. Neuroanat.* 26:, 293–299.
- Yacubian, J., Glascher, J., Schroeder, K., Sommer, T., Braus, D., Buchel, C. (2006). Dissociable systems for gain- and loss-related value predictions and errors of prediction in the human brain. *J. Neurosci.* 26: (S.9530–9537).