

**DIE BEDEUTUNG NEUROWISSENSCHAFTLICHER  
FORSCHUNGSANSÄTZE FÜR DIE  
PSYCHOTHERAPEUTISCHE PRAXIS  
TEIL I: THEORIE**

**THE MEANING OF NEUROSCIENTIFIC  
RESEARCH FOR PSYCHOTHERAPY**

***Maja Storch***

aus: Psychotherapie 7. Jahrg. 2002, Bd. 7, Heft 2 © CIP-Medien, München

# DIE BEDEUTUNG NEUROWISSENSCHAFTLICHER FORSCHUNGSANSÄTZE FÜR DIE PSYCHOTHERAPEUTISCHE PRAXIS TEIL I: THEORIE

## THE MEANING OF NEUROSCIENTIFIC RESEARCH FOR PSYCHOTHERAPY

Maja Storch

### Zusammenfassung

Der Artikel gibt einen Überblick über die Zusammenhänge von den Ergebnissen der Neurowissenschaften und deren Konsequenzen für die Psychotherapie. Es wird versucht, ein neurowissenschaftlich fundiertes Modell von psychischem Funktionieren zu entwickeln. Von besonderem Interesse ist hierbei die Konzeption von Psyche als einem Wissenssystem, das auf Lern- und Gedächtnisprozessen aufgebaut ist. Des Weiteren wird diskutiert, wie selbstkongruente Ziele und intrinsische Motivation auf der Basis neurowissenschaftlicher Theoriebildung operationalisiert werden können. Die Konsequenzen einer solchen Sichtweise für die Praxis der Psychotherapie werden diskutiert.

### Schlüsselwörter

Neurowissenschaft – Neurobiologie – Gedächtnis – Lernen – somatische Marker – Selbstkongruenz – Selbstsystem – Motivation – Ziele – Psychotherapie – Ressourcen

### Summary

The article provides an overview of the connection between the results of neuroscience and their consequences for Psychotherapy. An attempt has been made to develop a neuro-scientifically based model of psychic functions. What is particularly interesting is the concept of the Psyche as a knowledge system which is based of learning and memory processes. Furthermore, we discuss how self-congruent goals and intrinsic motivation can be operationalised on the basis of neuro-scientific theory formation. In addition, we discuss the consequences of such a perspective for Psychotherapy in practice.

### Keywords

Neuroscience – Neurobiology – Memory – Learning – Somatic Markers – Self-congruence – Self-system – Motivation – Goals – Psychotherapy – Resources

Als ich in den 70er Jahren während meines Psychologie-Studiums unter dem Stichwort "Physiologische Psychologie" mit neurowissenschaftlichen Themen in Kontakt kam, hinterliess diese Disziplin keine angenehmen Eindrücke bei mir. Ich habe Erinnerungen an bemitleidenswerte Katzen, die mit einem Stecker im Schädel in einem weissgekachelten Labor vor sich hinvegetierten, an merkwürdige Wahrnehmungsexperimente, die mich, die ich Psychotherapeutin werden wollte, nicht interessierten, weil sich kein Bezug zur Psychotherapie herstellen liess, an ödes Auswendiglernen von Bezeichnungen für Gehirnareale in schlecht gelüfteten Räumen und an deprimierende Noten in den entsprechenden Klausuren.

Heute hat sich dieser Eindruck Grundlegend gewandelt. Die Neurowissenschaften haben in den letzten 10 Jahren Ergebnisse hervorgebracht, die für die Psychotherapie von höchstem Interesse sind (Sulz, 2002). Neurowissenschaftliche Forschung hat das Potential als integrierende Basis zwischen den zerstrittenen psychotherapeutischen Schulen zu fungieren. Sie macht Aussagen, die Gewinn bringend auf die Praxis der Psychotherapie übertragen werden können und sie kann einige psychologische Begriffe auf ein naturwissenschaftliches

Fundament stellen. Der folgende Text gibt einen Überblick über die zentralen aktuellen Bezüge von Neurowissenschaften und psychotherapeutischer Praxis. Im folgenden Text befassen wir uns mit dem

- Zusammenhang von psychischen Prozessen und Gedächtnisinhalten
- Zusammenhang von psychischer Entwicklung und Lernen
- Zusammenhang von Selbstregulation und unbewussten Vorgängen

In den Neurowissenschaften wird das Gehirn als selbstorganisierender Erfahrungsspeicher betrachtet, die alte Vorstellung von einem obersten Steuerungszentrum im Gehirn gilt mittlerweile als unzutreffend. Das menschliche Gehirn ist ein Überlebensorgan, das besonders darauf spezialisiert ist, flexibel auf sich verändernde Umwelten zu reagieren. Es ermöglicht "die Initiierung und Aufrechterhaltung des postnatalen Lebens als interaktionales Geschehen, das heisst

das ständige Aufnehmen, Bewerten und Beantworten der pausenlos ankommenden Informationen“ (Koukkou & Lehmann, 1998a, S. 328). Diese Fähigkeit basiert auf der Tatsache, dass das Gehirn aufgrund der Erfahrungen, die der Organismus im Laufe des Lebens macht, seine Struktur ändern kann, so dass es letztendlich “sich selbst und sein Verhalten auf der Basis seiner eigenen Biografie organisiert“ (Koukkou & Lehmann, 1998b, S. 169).

Die Aufgabe des Gehirns ist es, für das “psychobiologische Wohlbefinden“, so der Begriff von Koukkou und Lehmann, des Organismus zu sorgen, in dem es seinen Sitz hat. Grundsätzlich, so die Autoren, kann man postulieren, “dass das menschliche Gehirn das Potential zu psychobiologischer Gesundheit besitzt“ (1998a, S. 381). Für eine salutogenetisch orientierte Psychotherapie ist diese Sichtweise faszinierend. Wenn grundsätzlich jedes menschliche Gehirn das Potential zur Gesundheit besitzt, ist dies ein neurowissenschaftliches Argument für eine ressourcenaktivierende psychotherapeutische Arbeitsweise. Ressourcenaktivierung gilt nach Grawe (1998) als einer der wesentlichen Wirkfaktoren erfolgreicher Psychotherapie. Ressourcenorientierte Psychotherapie bestünde dann darin, das Gesundheitspotential der Gehirne von Patienten und Klientinnen optimal anzuregen. Um genauer zu erfahren, wie solch eine neurowissenschaftlich fundierte Ressourcenaktivierung aussehen könnte, muss zunächst geklärt werden, wie der Begriff der “Psyche“ sich in den Modellen von informationsverarbeitenden Hirnprozessen abbilden lässt.

### **“Psyche“ aus neurowissenschaftlicher Sicht**

Das Gehirn erfüllt seine Aufgabe, das psychobiologische Wohlbefinden zu sichern, indem es alles, was dem Organismus, zu dem es gehört, im Laufe seines Lebens widerfährt, abspeichert. Auf der Basis dieses gespeicherten Wissens wird dann das jeweils als adäquat befundene Verhalten ausgewählt und ausgeführt. In Computersprache formuliert kann man sagen, dass das Gehirn sich in einem permanenten Prozess des Up-Dating befindet. Das Up-Dating erfolgt jedoch nicht einmal im Jahr, wie bei der Computersoftware, wenn eine neue Version von WORD auf den Markt kommt, sondern ununterbrochen, solange, bis das Gehirn am Ende des Lebens seine Aktivität einstellt.

Was ein Organismus tut, beruht auf dem Wissen, das sein Gehirn gespeichert hat. Ein Teil dieses Wissens ist vererbt, ein anderer Teil dieses Wissens ist gelernt. Damit dieses Wissen auch zur Verhaltenssteuerung eingesetzt werden kann, muss es wieder auffindbar untergebracht sein. Die wieder auffindbare Unterbringung von Wissen ist das, was das Gedächtnis leistet. In der Alltagssprache verbindet man mit dem Begriff “Gedächtnis“ meistens nur ganz bestimmte Behaltensleistungen, wie das wieder Erinnern von Telefonnummern, Kochrezepten oder von Französischvokabeln. Die Gedächtnisforschung fasst den Gedächtnisbegriff allerdings deutlich weiter:

“In der Tat, wir wären nichts ohne Gedächtnis und Erinnerung; wir wüssten nicht, wer und wo wir sind, welcher Tag heute ist und in welchem Monat und Jahr wir uns befinden,

wer die anderen um uns herum sind, warum wir gerade hier sind und nicht anderswo, was man von uns erwartet, welche Bedeutung die Dinge und Geschehnisse um uns herum haben. Wir würden uns einerseits vor vielen Dingen grundlos ängstigen und andererseits viele Gefahren übersehen. Wir würden keinen Satz verstehen oder sprechen können, keine Gestik, keine Mimik. Schon bei etwas komplexeren Bewegungen kämen wir in Schwierigkeiten, weil die meisten Bewegungen eingeübt sind und damit von Lernen und Gedächtnis abhängen. Kurzum, wir wären alle verloren“ (Roth, 2001, S. 150).

Wenn im folgenden von gespeichertem Wissen und damit von Gedächtnis die Rede ist, beziehen wir uns immer auf diesen sehr weiten Gedächtnisbegriff. Aus neurowissenschaftlicher Sicht ist dies zulässig, denn auf der Ebene der Nervenzellen geschehen vergleichbare Prozesse, egal, ob ein Mensch im Kommuniionsunterricht die 10 Gebote lernt, auf der Eisbahn einen dreifachen Rittberger trainiert oder an geheimen Orten erotische Erfahrungen sammelt.

Weil Gedächtnisprozesse die Grundlage dafür sind, dass das Gehirn seine Aufgabe, für Überleben, Gesundheit und Wohlbefinden zu sorgen erfüllen kann, stellt das im Gedächtnis angesammelte Wissen aus neurowissenschaftlicher Perspektive folgerichtig auch die Basis des psychischen Funktionierens dar. “Die Interaktion des wachsenden Individuums mit den eigenen externen und internen Realitäten produziert eigenes Wissen (das Gedächtnis, die Biografie) oder, in der Sprache der Psychoanalyse, den psychischen Apparat“ (Koukkou & Lehmann, 1998b, S. 175). Eine solche Sichtweise, die psychisches Geschehen gedächtnistheoretisch fasst, hat weit reichende Konsequenzen für die Psychotherapie. Zum einen führt sie zu einer konsequent konstruktivistischen Grundhaltung, zum anderen kann sie psychodiagnostisch dabei helfen, unnötige Labeling-Prozesse zu vermeiden.

Die konstruktivistische Grundhaltung ergibt sich aus einer neurowissenschaftlich abgesicherten Tatsache, die von Roth (1996) folgendermassen beschrieben wird: “Die Wirklichkeit, in der ich lebe, ist ein Konstrukt des Gehirns“ (S. 21). Aus neurowissenschaftlicher Sicht gibt es keine eindeutige Beziehung zwischen Umweltreizen und gehirnternen Prozessen. Wir müssen “streng zwischen *Signalen*, zum Beispiel den von den Sinnesorganen erzeugten Erregungszuständen und ihren *Bedeutungen* unterscheiden. Bedeutung wird den neuronalen Erregungen erst innerhalb eines kognitiven Systems *zugewiesen*, und zwar in Abhängigkeit vom Kontext, in dem die Erregungen auftreten“ (Roth, 1996, S. 108).

Das konstruktivistische Prinzip gilt auch für das Gedächtnis: “Im Gehirn werden nicht Polaroidaufnahmen von Menschen, Gegenständen und Landschaften oder Tonbänder von Musik und Rede abgelegt. Genauso wenig hält es Spickzettel und Teleprompter-Texte der Art bereit, die Politikern helfen, ihr täglich Brot zu verdienen. Mit einem Wort, es scheint keine Speicherung von konkreten Abbildern in irgendeiner Form zu geben, weder miniaturisiert noch auf Mikrofilm noch als Hardcopy. Angesichts der gewaltigen Wissensmenge, die wir

im Laufe unseres Lebens erwerben, würde uns wohl jede Form der Faksimile-Speicherung vor unüberwindliche Probleme der Speicherkapazität stellen. Wäre das Gehirn wie eine herkömmliche Bibliothek, wären unsere Regale bald so voll, wie es in diesen Einrichtungen der Fall ist. Ausserdem ergäben sich durch die Faksimile-Speicherung auch beim Wiederauffinden schwierige Probleme. Wir alle können uns unmittelbar davon überzeugen, dass wir, wenn wir uns einen bestimmten Gegenstand, ein Gesicht oder ein Ereignis ins Gedächtnis rufen, nicht eine exakte Reproduktion, sondern eine Interpretation, eine Rekonstruktion des Originals erhalten“ (Damasio, 1994, S. 145).

Und weil Gedächtnisprozesse die Grundlage psychischen Geschehens sind, gilt das konstruktivistische Prinzip auch für die Psyche: “Diejenigen Aspekte der menschlichen Existenz, die psychische genannt werden, sind “Kreationen“ der dynamisch, adaptiv und synthetisch arbeitenden Milliarden von Neuronen des menschlichen Gehirns“ (Koukkou & Lehman, 1998b, S. 169). Der Inhalt des psychischen Apparates ist aus neurowissenschaftlicher Sicht individuell konstruiertes Wissen. Ein Teil unseres Wissens ist vererbt, einen anderen Teil lernen wir im Laufe des Aufwachsens. Von entscheidender Bedeutung sind bei diesem Lernprozess die frühen Jahre. “Wie alle lernfähigen Gehirne ist auch das menschliche Gehirn am tiefsten und nachhaltigsten während der Phase der Hirnentwicklung programmierbar“ (Hüther, 2001, S. 23). Das Gehirn eines kleinen Organismus, der z.B. in der Kindheit viel Angst und Stress erlebt, speichert von Anfang an die Erfahrungen im Umgang mit diesen Zuständen und nutzt diese Erfahrungen bis auf weiteres, um das Wohlbefinden zu sichern, so gut es geht. “Je früher sich diese prägenden Erfahrungen im Umgang mit der Angst in das Gehirn eingraben können, je verformbarer die Verschaltungen des Gehirns also zu dem Zeitpunkt sind, zu dem diese Erfahrungen gemacht werden, desto besser sitzen sie für den Rest des Lebens. Sie sehen dann aus wie angeborene Instinkte, lassen sich auslösen wie angeborene Instinkte, sind aber keine angeborenen Instinkte, sondern in das Gehirn eingegrabene, während der frühen Kindheit gemachte Erfahrungen bei der Bewältigung von Angst und Stress“ (Hüther, 2001, S. 51). Genauso bleibend können natürlich auch positive Erfahrungen im Gehirn gespeichert werden. Dieser Umstand zeigt interessante Parallelen zu dem psychoanalytischen Konzept des “Urvertrauens“.

Aus dieser neurowissenschaftlichen Sicht, die den psychischen Apparat als einen Wissensspeicher von Erfahrungen begreift, ergibt sich auch eine präzise Vorstellung davon, was psychische Krankheit und was psychische Gesundheit ausmacht. Wenn der psychische Apparat aus Wissen besteht, das zur Verhaltenssteuerung des Individuums eingesetzt wird, um dessen Wohlbefinden zu sichern, dann beruht neurotisches Verhalten letztendlich auf einer Wissensstruktur, die dem Gehirn für diese Aufgabe keine optimalen Grundlagen liefert. Koukkou und Lehmann sehen diese neurowissenschaftliche Sichtweise als Alternative zum psychoanalytischen Konfliktmodell. “Die Pathogenese der Neurose wird nicht durch Konflikte zwischen “Trieben“ und Sozialisation erklärt,

sondern durch die Qualität des Wissens, welches das Individuum aus seinen Interaktionen mit alterswichtigen sozialen Realitäten erwirbt und kreiert, das heisst durch die allgemeine Adaptabilität der Hirnmechanismen“ (1998a, S. 287).

Die neurowissenschaftliche Sichtweise ist für die Psychotherapie deswegen von grossem Interesse, weil sie neurotisches Verhalten sehr pragmatisch erklärt. Nach dieser Auffassung muss nicht länger nach geheimnisvollen inneren Instanzen geforscht werden, über deren Vorhandensein und genaue Beschaffenheit nur ExpertInnen Bescheid wissen und über die verschiedene psychotherapeutische Schulen sich zerstreiten müssen. Wenn ein Mensch sich auf eine Art und Weise verhält, die seinem psychobiologischen Wohlbefinden abträglich ist, dann hat er ungeeignetes Wissen darüber, wie man diesen erwünschten Zustand herstellen kann. “Psychische Störungen ... sind “Produkte“ (Gedanken und/oder Emotionen und/oder Handlungen und/oder Phantasien, Träume, Entscheidungen, Funktionszustände verschiedener Organe) der wissens- und kontextgesteuerten informationsverarbeitenden Hirnprozesse, denen maladaptives Wissen zu Verfügung steht“ (ebd., S.176). Tress (2002) hat ein Verfahren entwickelt, um das Auftauchen maladaptiver Muster in interaktionellen Kontexten zu erfassen.

Mit dem Begriff “maladaptives Wissen“ werden im Rahmen einer neurowissenschaftlich orientierten psychotherapeutischen Theoriebildung Erfahrungen bezeichnet, die für die Sicherung des psychobiologischen Wohlbefindens eines Individuums nicht nützlich sind. In dieser Sichtweise gibt es kein “krank“ und kein “gesund“, es gibt nur unnützes (maladaptives) und nützlich (wohladaptives) Wissen. Die Brauchbarkeit der Erfahrungen, die ein Individuum gesammelt hat, wird in diesen Konzepten *ausschliesslich* daran gemessen, ob dieses Wissen in einer aktuellen Situation zum Erhalt des psychobiologischen Wohlbefindens eines Individuums beitragen kann, oder nicht. Neben ihrer integrativen theoretischen Potenz kann eine solche Sichtweise zusätzlich dabei helfen, PatientInnen vom Stigma der psychischen Krankheit zu entlasten. Denn mit diesem Stigma müssen sie sich bei der Sprachregelung, die im Moment in der klinischen Psychologie verwendet wird, zusätzlich zum Leiden an ihren Symptomen auch noch auseinandersetzen.

Ein Psychotherapeut hätte demnach eine wesentliche Funktion zu erfüllen: Er hätte die Funktion eines Lehrers, der dem Klienten dabei hilft, wohladaptives Wissen zu erwerben. Um zu klären, wie dieser Lernvorgang geschehen kann, müssen wir mehr darüber wissen, wie Lernprozesse auf der Ebene der Nervenzellen aussehen.

### **Lernen auf der Ebene der Nervenzellen**

Nachdem der zentrale Stellenwert von Gedächtnisprozessen für psychisches Funktionieren geklärt ist, erhebt sich die Frage nach dem neuronalen Aufbau von Gedächtnis. Wie werden Informationen gespeichert und, für die Psychotherapie von besonderem Interesse: wie werden neue Informationen

dazugelernt? Ein heute allgemein anerkanntes neurowissenschaftliches Modell für Lernen ist das Modell der "Hebbschen Plastizität". Hebb (1949) Idee ist einfach und elegant. Hebbsche Plastizität entsteht, wenn zwei oder mehr Nervenzellen gleichzeitig feuern. Als Standardregel kann man sich den Merksatz einprägen: "cells that fire together, wire together." Die Übersetzung könnte lauten: Zellen, die gleichzeitig feuern, verdrahten sich. Hebb entwickelte das Konzept der plastischen Synapsen, die ihre Übertragungsbereitschaft desto mehr verstärken, je öfter sie benutzt werden. Eine Synapse ist der Punkt, an dem zwei Nervenzellen durch chemische Botenstoffe, die Transmitter, in Verbindung treten und Signale austauschen können (siehe Abbild 1). Durch jede gemeinsame Erregung wird die synaptische Verbindung zwischen Nervenzellen verstärkt, und damit wird die Informationsübertragung verbessert. Man kann sich die Vorgänge im Gehirn vorstellen wie die Vorgänge in der Muskulatur, wenn bestimmte Muskeln im Fitness-Studio trainiert werden. Der Aufbau von einem Waschbrettbauch funktioniert nach einem ähnlichen Prinzip. Wenn Muskeln oft beansprucht werden, erhöhen sie ihre Leistung. Umgekehrt gilt: Muskelgruppen, die selten beansprucht werden, verringern ihre Leistungsfähigkeit. Im Fall der Nervenzellen zeigt sich die erhöhte bzw. verminderte Leistungsfähigkeit in der leichteren bzw. schlechteren Aktivierbarkeit.

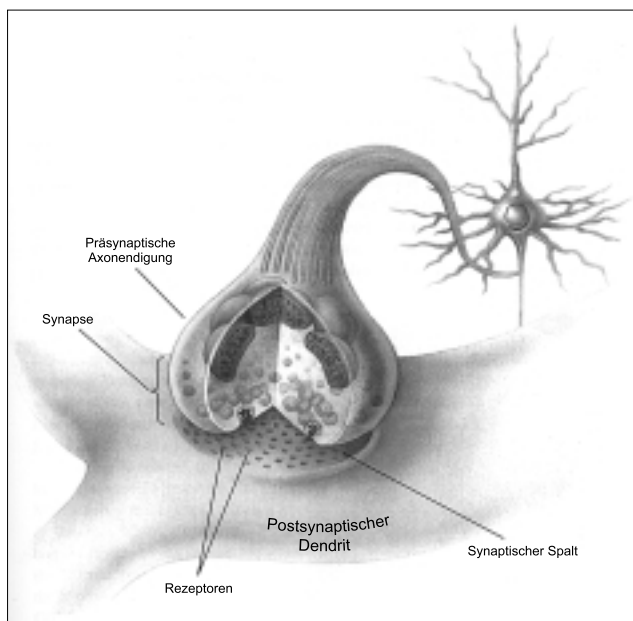


Abb. 1: Synapse mit präsynaptischer Axonendigung und postsynaptischem Dendrit (Nach Bear, Connors & Paradiso, 1996)

Wenn die synaptische Verbindung zwischen Nervenzellen durch häufige Benutzung verstärkt wurde, spricht man in den Neurowissenschaften von "Bahnung". Hüther (1997) verwendet für den Vorgang der Bahnung das Bild eines Weges, der durch unwegsames Gelände gebahnt wird. Der Weg wird desto breiter, je häufiger er benutzt wird. Nach vielen Jahren der Benutzung findet man dann eine breite, gut begehbbare Straße vor. Wege, die selten oder gar nicht mehr benutzt werden, verschwinden wieder von der Erdoberfläche. Sie verwildern und wachsen zu. In Hüthers Bild kann man sich im Gehirn die gut gebahnten Verbindungen zwischen einzelnen Nerven-

zellen als gut ausgebaute breite Wege vorstellen. Verbindungen zwischen Nervenzellen, die nicht benutzt werden, verschwinden wieder aus der Gehirnlandschaft, indem sich ihre leichte Aktivierbarkeit und ihre verbesserte Übertragungsleistung zurückbildet. Damit ist die Antwort auf die eingangs gestellte Frage nach der neuronalen Grundlage von Gedächtnis geklärt.

Auf neuronaler Ebene findet der Lernvorgang durch die Hebbschen plastischen Veränderungen statt, so dass der Neurowissenschaftler LeDoux (2001) schreiben kann: "Lernen besteht in der Verstärkung synaptischer Verbindungen zwischen Neuronen" (S. 229). Jeder Lernvorgang, den ein Mensch tätigt, beruht auf diesem Mechanismus, gleichgültig, ob es sich darum handelt, Französischvokabeln zu büffeln, Schwarzwälderkirchentorte zu backen oder Salsa zu tanzen. Ein guter Überblicksartikel zum Thema "Psychobiologie der Plastizität" findet sich bei Rosenzweig und Bennett (1995), zum Thema "Molekulare Grundlagen des Lernens" schrieben Kandel und Hawkins (1994) eine verständliche Einführung, bei Toni et al. (1999) sind eindruckliche Bilder vom Entstehen neuer synaptischer Kontakte zu sehen. Unter [www.fmi.ch/members/andrew.matus/video.htm](http://www.fmi.ch/members/andrew.matus/video.htm) kann man Videoclips von solchen Wachstumsprozessen betrachten.

Abbildung 2 veranschaulicht die Vorstellungen, die momentan darüber bestehen, auf welche Art und Weise Nervenzellen sich verändern, wenn etwas gelernt wird. Zur Erinnerung: Lernen in neurowissenschaftlichen Sinn bedeutet "häufige gemeinsame Benutzung von Nervenzellen". Auf der linken Seite der Grafik ist der Zustand einer Synapse vor dem Lernen abgebildet, auf der rechten Seite die Veränderungsmöglichkeiten, die sich durch Lernvorgänge ergeben können. Beispiel A zeigt, dass die Übertragungseffizienz der neuronalen Verbindung sich durch eine erhöhte Ausschüttung der Transmitterstoffe steigert. Beispiel B und E zeigen, dass sogar ganz neue Kontakte wachsen können. Beispiel C zeigt eine Synapse, bei der nach der häufigen Benutzung zwar die Transmittermenge gleich bleibt, dadurch, dass aber die postsynaptische Rezeptoroberfläche sensibler wird, reagiert sie schneller auf dasselbe chemische Signal. Beispiel D ist ein schönes Beispiel für den eingangs erwähnten Vergleich mit dem Muskeltraining. Die Synapse nach dem Lernen wirkt wie ein Bizeps, der durch das Training prall und dick wurde. Beispiel F ist besonders interessant für die Psychologie: Oft geht es bei menschlichem Verhalten ja nicht nur darum, etwas Neues zu lernen, gleichzeitig muss auch etwas Altes *verlernt* werden. Ein Klient möchte z.B. gerne in Streitsituationen etwas gelassener sein und nicht immer so schnell ausrasten. In diesem Fall muss parallel zum Erwerb des neuen ein altes Verhaltensmuster verlernt werden. Dies kann erreicht werden, indem man das alte neuronale Netz so wenig wie möglich benutzt. Beispiel F zeigt, was mit einer Nervenverbindung passiert, die nicht mehr benutzt wird: Sie bildet sich zurück, neue neuronale Verbindungen übernehmen ihren Platz. In der Psychologie würde man dann von einem gelungenen Schritt im Sinne der psychischen Entwicklung sprechen.

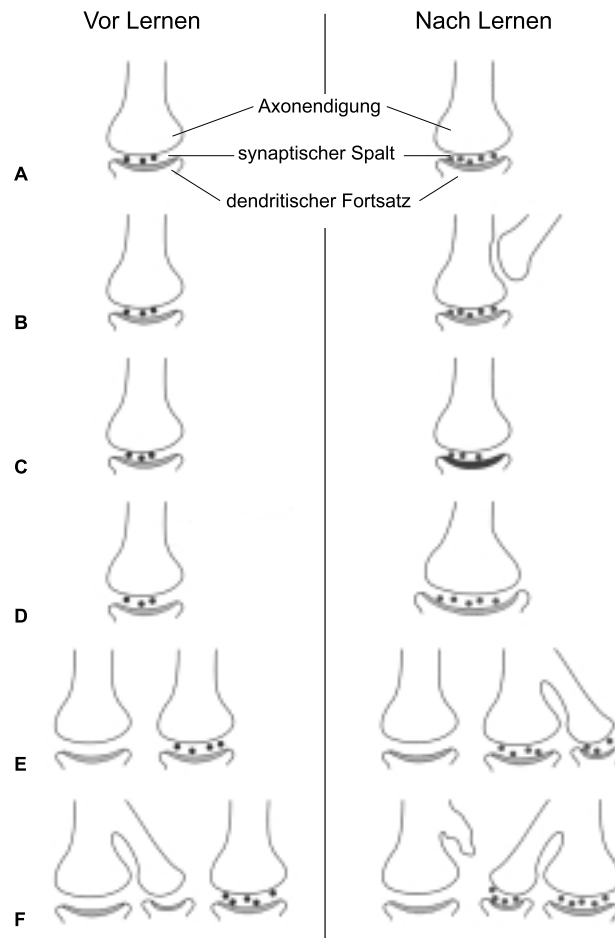


Abb. 2: Synaptische Veränderungen, die eine Grundlage für Speicherung sein können.  
 A Nach einer Trainingsprozedur führt jeder neue Impuls im betroffenen neuronalen System zu einer verstärkten Ausschüttung von Transmittermolekülen (symbolisiert durch Punkte).  
 B Ein Interneuron moduliert die Polarisation der Axonendigung und löst die Ausschüttung vermehrter Transmittermoleküle pro nervalen Impuls aus. C Modifikation der postsynaptischen Rezeptormembran führt zu einer verstärkten Reaktion auf dasselbe Ausmaß von Transmittersubstanz. D Die Fläche des synaptischen Kontakts erhöht sich mit Training.  
 E Ein Erregungskreis, der öfters benützt wird, erhöht die Anzahl der synaptischen Kontakte. F Eine häufig benutzte neuronale Verbindung 'übernimmt' vorher weniger benutzte Synapsen.  
 (Nach Birbaumer & Schmidt, 1996)

## Gedächtnis beruht auf neuronalen Netzen

Bisher haben wir immer nur zwei Nervenzellen angeschaut, um das Prinzip der Hebb'schen Plastizität zu verstehen. Durch plastische Veränderungen im Gehirn werden jedoch nicht nur zwei Nervenzellen miteinander verbunden, sondern auch ganze Gruppen. Gedächtnis ist nicht einem einzelnen Ort im Gehirn zuzuordnen, sondern ist "aus vielen Komponenten um ein weitreichende Nervenetz herum" aufgebaut (Goldman-Rakic, 1994, S. 68). "Gedächtnisprozesse finden in weitverteilten, vielgliedrigen Netzwerken statt" (Markowitsch, 1998, S. 104). Man schätzt die Zahl der Nervenzellen im menschlichen Gehirn auf ca. 100 Milliarden. Die einzelnen Nervenzellen sind via Synapsen und Dendriten untereinander

verbunden, Abbildung 3 gibt hiervon eine Vorstellung. Auf der Ebene der Nervenzellen kann man sich das Wissen, das unsere Gedächtnisinhalte ausmacht, als Bereitschaften zur Aktivierung ganz bestimmter neuronaler Erregungsmuster in diesem riesigen neuronalen Netzwerk vorstellen. Diese Erregungsmuster sind in so genannten "neuronalen Netzen" organisiert, der englischer Begriff dafür heisst "cell assemblies". Sie sind die Bausteine unseres Gedächtnisvermögens. Ohne "cell assemblies" würden wir in einem Meer von Sinnesdaten untergehen; wir wären nicht in der Lage, die ungeheure Menge von Informationen, die jede Sekunde auf uns einströmt, sinnvoll zu ordnen und abzurufen.

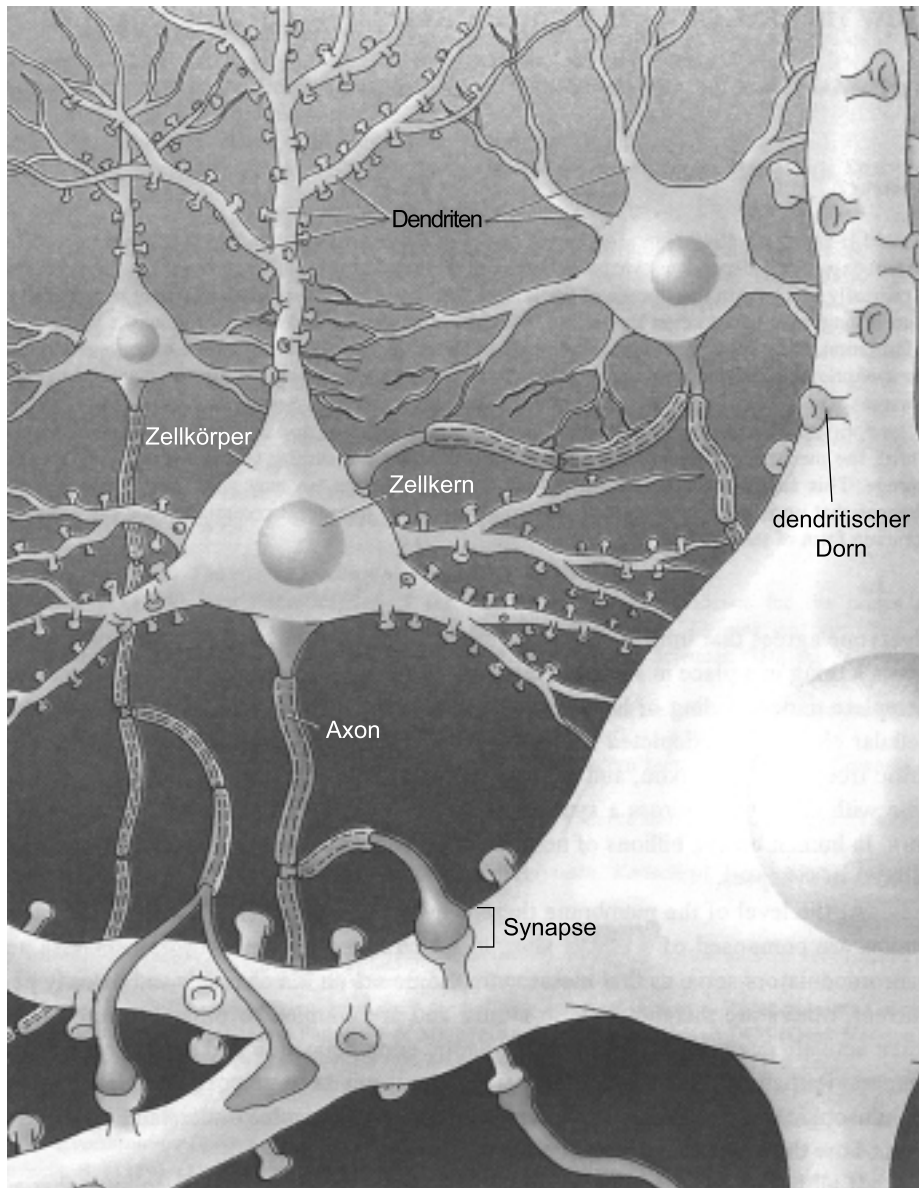


Abb. 3: Neuronale Netzwerke (Nach Rosenzweig, Leiman & Breedlove, 1996)

Neuronale Netze entstehen dadurch, dass als Reaktion auf einen Reiz bestimmte Muster gemeinsam ausgelöst werden. Geschieht dies wiederholt, stärkt sich dieser gesamte Nervenkomplex und wird in Zukunft immer leichter aktivierbar. Edelman (1987) hat diesen Vorgang in seinem Konzept des "reentrant mapping" beschrieben. Ratey (2001) veranschaulicht den Vorgang des "reentrant mapping" am Beispiel der Entstehung des neuronalen Netzes zum Thema "Grossmutter". Edelmans Theorie zufolge "beruht die Wahrnehmung eines Stuhls oder der eigenen Grossmutter auf wieder Eintretenden Signalen, die die Tätigkeit mehrerer Karten von Hirnregionen kombinieren. ... Jede Hirnregion trägt zum Wiedererkennen eines Stuhls oder der Grossmutter bei, und das erklärt, warum Wiedererkennen durch eine Vielzahl unterschiedlicher Sinneseindrücke ausgelöst werden kann: durch den Geruch von Mottenkugeln, den Geschmack von Paprika, eine grau-

haarige Frau, eine häkelnd im Schaukelstuhl sitzende Gestalt, eine alternde weibliche Stimme" (S. 173f). In der Fachsprache sagt man, wenn man darüber sprechen will, dass in einem neuronalen Netz Informationen aus den verschiedensten Hirnregionen zu Einheiten verbunden sind: Neuronale Netze sind *multicodiert*. Koukkou und Lehmann (1998a) schreiben: "Die mnemonischen Repräsentationen (= neuronale Netze; M.S.) sind in den individuell erworbenen Symbolen der Sprache, den anderen nicht-verbalen Repräsentationen wie Formen, Farben etc. sowie in dem individuell erworbenen emotionalen Wissen kodiert" (S. 352).

Es gibt zum Thema "Multicodierung" jedoch noch weitere interessante Standpunkte. Ratey und Koukkou & Lehmann verweisen in ihren Definitionen der Multicodierung auf Sinneseindrücke (sensorische Signale), sprachlich-kognitive As-

pekte und emotionale Aspekte. Damasio fügt den Aufzählungen von Ratey und Koukkou & Lehmann noch einen weiteren Aspekt hinzu, der zur Multicodierung eines neuronalen Netzes beiträgt. Er weist nachdrücklich auf den körperlichen Aspekt hin, den neuronale Netze ausser sensorischer, kognitiver und emotionaler Information beinhalten. Damasio schreibt: "Zu diesen ... Erinnerungen an ein Objekt, das einmal real wahrgenommen wurde, gehören nicht nur Aufzeichnungen der sensorischen Aspekte wie Farbe, Form oder Klang, sondern auch Aufzeichnungen der (körperlichen, M.S.) Anpassungsreaktion, welche die Sammlung der sensorischen Signale notwendig begleiten. Ferner enthalten die Erinnerungen auch Aufzeichnungen der unvermeidlichen emotionalen Reaktionen auf das Objekt. Wenn wir uns nun an ein Objekt erinnern ... , dann rufen wir also nicht nur sensorische Daten ab, sondern auch die begleitenden motorischen und emotionalen Daten. Wenn wir uns an ein Objekt erinnern, rufen wir nicht nur die sensorischen Besonderheiten eines realen Objekts ab, sondern auch die früheren Reaktionen des Organismus auf das Objekt" (2001, S. 195). Neuronale Netze kodieren also auch Informationen auf Körperebene. Am Beispiel von Rateys Grossmutter würde dies bedeuten, dass sich bei der Erinnerung an die Oma auf emotionaler Ebene z.B. ein Geborgenheitsgefühl einstellt und sich auf körperlicher Ebene z.B. auch eine wohlige Empfindung im Bauch breit macht.

Auch für Gruppen von Nervenzellen gilt die Hebb'sche Plastizität. Ist ein bestimmtes Erregungsmuster durch häufige Wiederholung gut gebahnt worden und damit zu einer "cell assembly" verbunden, wird diese Gruppe von Nervenzellen immer leichter aktivierbar. Für die Psychologie interessant ist hierbei eine bestimmte Eigenschaft des Gehirns: die Fähigkeit zur Komplettierung, die auch schon von der Gestaltpsychologie unter dem Stichwort "Musterergänzung" beschrieben wurde (Tschacher, 1997). Mit fortschreitender Bahnung des neuronalen Netzes kann das Erregungsmuster immer einfacher von ganz verschiedenen Stellen aus und mit immer weniger Anhaltspunkten aktiviert werden. Aus dem Alltag ist uns allen dieser Vorgang in seiner freudvollen Ausprägung bekannt, wenn man das Lied wieder hört, zu dem man den ersten Kuss erlebt hat und alle zu dieser Situation gehörigen schönen Gefühle und Erinnerungen schlagartig auftauchen. In seiner unangenehmen Ausprägung kennt man ein Beispiel für dieses Phänomen wenn man den "typischen Krankenhausgeruch" riecht und bei sich selbst sofort eine grosse Anzahl unangenehmer Assoziationen beobachten kann. Roth (1996) schreibt: "Es genügen zum Teil nur Bruchstücke von aktuellen Sinnesdaten, um in uns ein vollständiges Wahrnehmungsbild zu erzeugen, das dann gar nicht von den Sinnesorganen, sondern aus dem Gedächtnis stammt" (S. 267). Bei Grawe (1998) liest sich das so: "Der einzelne Gedächtnisinhalt ist durch ein bestimmtes neuronales Erregungsmuster repräsentiert, für das aufgrund vorangegangener Bahnung eine erhöhte Bereitschaft in Form synaptischer Verbindungsgewichte vorliegt, so wie Hebb es in seinem Konzept der cell assemblies beschrieben hat. Wenn wir uns an etwas erinnern, wird ein früherer neuronaler Erregungszustand unter dem Einfluss aktueller Kontextbedingungen reinstantiiert" (S. 230).

## Neuronale Netze gestalten psychisches Geschehen

Bis jetzt haben wir uns damit befasst, wie Lernen geschieht und wie auf neuronaler Ebene die Bausteine des Gedächtnisses miteinander verschaltet sind. Nun wird es Zeit, die Verbindung zur Psychologie herzustellen. Erinnern wir uns: Aus neurowissenschaftlicher Sicht entstehen "alle Aspekte des psychischen normalen wie auch des neurotischen Verhaltens ... aus den normal funktionierenden mnemonischen (gedächtnisbezogenen, M.S.) Funktionen des menschlichen Gehirns" (Koukkou & Lehmann, 1998a, S. 294). Ausserdem gilt: "Der ... Organisator der Genese, Koordination und Kontrolle der Qualität aller Dimensionen des menschlichen Verhaltens, in allen Alters- und Bewusstseinslagen, ist die Menge und die Qualität des im Gehirn des Individuums erworbenen und kreierte Wissens" (ebd., S.301). Dem Gedächtnis und dem darin gespeicherten Wissen kommt eine entscheidende Bedeutung zu, sowohl was die menschliche Psyche betrifft als auch was die Verhaltenssteuerung angeht.

In der Psychologie gibt es einen Begriff, der das "Verbundphänomen" beschreibt, das gemeinsame Auftreten vieler Komponenten in einer Einheit, das in neurowissenschaftlicher Terminologie mit dem Begriff der neuronalen Netze erfasst wird: Dies ist der Begriff "Schema". Grawe (1998) schreibt: "Die cell assemblies von Hebb, die neuronalen Gruppen im Sinn von Edelman, d.h. vorgebahnte neuronale Erregungsbereitschaften, wären das, was von Piaget (1976), Bartlett (1932) oder Neisser (1974, 1976) als Schema bezeichnet wurde" (S. 213).

Den Einfluss, den ein Schema auf die Wahrnehmung nimmt, kann man sich so vorstellen: "Die Wahrnehmung wird aufgrund des als Gedächtnisinhalt bereitliegenden Erregungsmusters "konstruiert", wobei die tatsächlichen Umgebungsbedingungen gemeinsam mit den vorgebahnten Erregungsmustern auf die tatsächlich entstehende Wahrnehmung Einfluss nehmen" (Grawe, 1998, S. 213). Zur Verdeutlichung dieser Konzeption wenden wir das Wissen über die schemagesteuerte Konstruktion von Wahrnehmung auf Rateys Grossmutter an. Rateys Grossmutter roch offenbar nach Mottenkugeln, kochte irgendein Paprikagericht, das auf den kleinen Ratey einen nachhaltigen Eindruck hinterliess (ob er es besonders gerne gemocht hat oder damit immer wieder tyrannisiert wurde, können wir nicht wissen, weil Ratey uns die emotionale Bewertung seiner Erinnerung nicht mitgeteilt hat). Sie sass häkelnd im Schaukelstuhl und hatte die Stimme einer alten Frau. Ferner ist sie auf kognitiver Ebene sprachlich vercodet als "Grossmutter", ausserdem hat Ratey auf emotionaler Ebene diverse Gefühle gespeichert, z.B. die schon erwähnte Gemütlichkeit und auf somatischer Ebene diverse Körpersensationen, die zum Thema "Grossmutter" gehören (die wohlige Empfindung im Bauch). Weil der kleine Ratey seine Grossmutter oft gesehen hat, wurden alle diese verschiedenen Sinneseindrücke, die in unterschiedlichen Hirnregionen wahrgenommen werden, durch "reentrant mapping" zu einem neuronalen Grossmutternetz verbunden. In der Sprache der



Psychologie würden wir von einem Grossmutterschema sprechen, das kognitiv-emotional-somatisch multicodiert ist.

Koukkou und Lehmann (1998a) stellen im Rahmen einer solchen wahrnehmungstheoretischen Konzeption den aus der Psychoanalyse stammenden Begriff der Übertragung auf eine neurowissenschaftliche Grundlage (S. 362f). Das Gehirn hat, so haben wir gesehen, die Fähigkeit zur Komplettierung. Nur ein Element eines neuronalen Netzes kann, wenn das Netz gut gebahnt ist, ausreichen, um das gesamte Netz zu aktivieren. Wenn nun z.B. Herr Ratey in Analyse kommt und ein oder zwei Elemente bei seiner Analytikerin zu verzeichnen sind, die sein neuronales Grossmutternetz aktivieren (z.B. die Stimme einer alten Frau oder die grauen Haare), wird seine Wahrnehmung durch die "Grossmutterbrille" bestimmt. In der psychoanalytischen Terminologie würde man in dieser Situation dann von einer "Grossmutterübertragung" sprechen.

Gelernt werden aber nicht nur die Merkmale einer Person, sondern auch die Erfahrungen, die in der Interaktion mit einer Person gemacht wurden. "Mit zunehmender Entwicklung bilden sich beim Kind Erwartungen, wie der Beziehungspartner auf die eigenen Intentionen und Handlungen reagieren wird, und Überlegungen darüber, aus welchen Motiven und Absichten das Gegenüber handelt" (Mertens, 1998, S. 72). Im Laufe des Lernprozesses entsteht zum Thema "Grossmutter" ein neuronales Netz, welches zusätzlich zur schemagesteuerten Wahrnehmung auch noch entsprechende Handlungsbereitschaften, passende emotionale Bereitschaften, sowie motivationale Bereitschaften aktiviert. Gleiches gilt natürlich auch für Lernprozesse in Bezug auf Tiere, auf Gegenstände oder auf komplette Sets von Situationen.

Bei Mertens (1998) findet sich ein ausführlicher und sorgfältiger Überblick über verschiedene psychologische Konzepte, die gut mit dem neurowissenschaftlichen Modell der Gedächtnisbildung auf der Basis von neuronalen Netzen in Verbindung gebracht werden können. Hierzu gehören aus der Sicht der genetischen Epistemologie die sensomotorischen Schemata nach Piaget (1952), aus der Sicht der Körpertherapie die affektmotorischen Schemata nach Downing (1996), aus psychoanalytischer Sicht die "Wahrnehmungs-Affekt-Handlungsmuster", die bei Dornes (1993) beschrieben sind und aus der Sicht der Kleinkindforschung die RIGs (representations of interaction generalized; dt. generalisierte Interaktionsrepräsentanzen), ein Konzept von Stern (1985).

Bleibt man in diesem neurowissenschaftlich fundierten Modell von Psyche, so kann man psychische Entwicklung als Erweiterung von Gedächtnisinhalten und damit als Lernen beschreiben. Folgerichtig schlägt Grawe (1998) vor, Psychotherapie "als das Verändern von Gedächtnisinhalten" (S. 269) zu betrachten. An anderer Stelle schreibt er: "Jede Psychotherapie richtet sich zu einem wesentlichen Teil auf die dauerhafte Veränderung willkürlich steuerbaren Verhaltens aus. Solche Veränderungen müssen als ein komplexer Lernprozess betrachtet werden. Deshalb brauchen wir in der Psychotherapie Modelle, die diesem komplexen ... Lernprozess ge-

recht werden" (S. 276). Nach Grawe ist das Ziel von Psychotherapie, willkürlich steuerbares Verhalten zu beeinflussen. Dies führt zu der Frage, wie psychisches Geschehen aus neurowissenschaftlicher Sicht reguliert wird.

### Wie wird psychisches Geschehen reguliert?

Nachdem nun klar geworden ist, wie psychisches Geschehen neurowissenschaftlich modelliert werden kann, erhebt sich als nächstes die Frage, wie man sich die Regulationsprozesse vorzustellen hat, die das psychobiologische Wohlbefinden des Organismus sichern. Zunächst ist festzuhalten, dass wir uns von der Vorstellung verabschieden müssen, dass "das, was wir als unser Ich erleben, das zentrale Steuerungsorgan unseres Lebens und unseres Seelenlebens ist. ... Unser Ich-Erleben ist eine emergente Qualität aus der Gesamtheit der neuronalen Prozesse, die in uns ablaufen. Unser Ich ist nicht der Überwacher und Herrscher über diese Prozesse, sondern ihr Produkt" (Grawe, 1998, S. 331).

Dem Bewusstsein, an das die Vorstellung von der Tätigkeit des Ich in psychologischen Theorien gekoppelt ist, kommt aus der Sicht der Neurowissenschaften keineswegs die zentrale Stellung zu, die ihm in der akademischen Psychologie lange Zeit gegeben wurde. Dies liegt daran, dass der überwiegende Teil der Gehirnaktivität über unbewusste Prozesse verläuft. Nach Roth (2001, S. 218f) sind nur diejenigen Vorgänge bewusst, die mit einer Aktivität des assoziativen Cortex verbunden sind. Entsprechend sind für uns alle Vorgänge unbewusst, die im Gehirn stattfinden, während und solange der assoziative Cortex nicht aktiv ist. Abbildung 4 zeigt diejenigen corticalen Areale, deren Aktivität nach Roth bewusstseinsfähig ist.

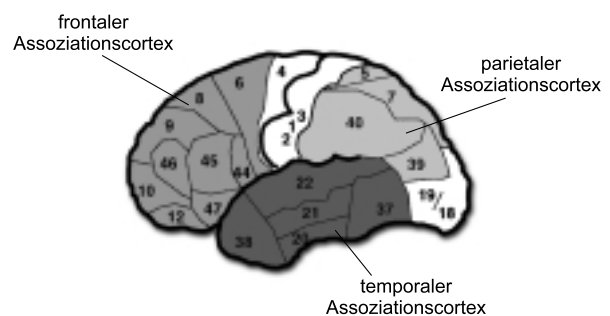


Abb. 4: Bewußtseinsfähige assoziative Cortexareale

Der Unterscheidung zwischen bewussten und unbewussten Prozessen im Gehirn korrespondiert die Unterscheidung in explizite und implizite Prozesse aus der Gedächtnispsychologie (Schacter, 1987). Ein ausführlicher Überblick hierzu findet sich bei Grawe (1998, S. 376f). Grawe schreibt ausserdem: "Die Existenz eines unbewussten Funktionsmodus ist nicht nur eine psychoanalytische Annahme. Sie ist ein empirisch gesichertes Phänomen" (ebd., S. 434). Die Funktionsweise des bewussten und des unbewussten Modus ist verschieden, sie beruht auch hirnanatomisch auf verschiedenen Strukturen. Explizite Prozesse benötigen Zeit und Aufmerksamkeit,

implizite Prozesse können automatisiert in Sekundenschnelle abgerufen werden. Explizite Prozesse sind störungsanfällig, implizite Prozesse laufen, wenn sie einmal ausgelöst wurden, mit hoher Zuverlässigkeit ab. Da explizite Prozesse energetisch-stoffwechselphysiologisch sehr viel "teurer" sind als implizite Prozesse, bezeichnet Roth (2001) sie als ein "besonderes Werkzeug des Gehirns" (S. 231). Bewusstsein ist aus der Sicht des Organismus ein Zustand, "der tunlichst zu vermeiden und nur im Notfall einzusetzen ist" (Roth, 2001, S. 231). Explizite, mit Bewusstsein verbundene Prozesse werden vom Gehirn nur dann aufgerufen, wenn in einem unterhalb der Bewusstseinschwelle verlaufenden Prozess, der in den Neurowissenschaften "präattentive Wahrnehmung" genannt wird, ein Objekt oder eine Situation als "neu" und/oder als "wichtig" eingestuft wurde. Wenn die präattentive Wahrnehmung einen Sachverhalt als "bekannt" und/oder "unwichtig" einstuft, wird der implizite Verarbeitungsmodus eingeschaltet. Das Gehirn ist darauf aus, auch Inhalte, für deren Bearbeitung zunächst viel Aufmerksamkeit und "teure" Bewusstheit nötig war, so bald als möglich ins implizite Gedächtnis zu überführen. Dies geschieht durch Wiederholung und Übung.

In dem Masse, in dem Leistungen wiederholt werden, sich einüben und schliesslich mehr oder weniger automatisiert und damit müheloser werden, schwindet auch der Aufwand an Bewusstheit und Aufmerksamkeit, bis am Ende – wenn überhaupt – nur ein begleitendes Bewusstsein übrig bleibt. Wenn man an den Unterschied von der ersten Fahrstunde zu der Art und Weise, wie man heute Auto fährt, denkt, wird der Unterschied zwischen expliziten und impliziten Prozessen

ohne weiteres deutlich. Grundsätzlich ist die Fähigkeit des Gehirns, viele Dinge im impliziten Modus automatisiert abzuwickeln, meistens von Vorteil. Für psychologische Prozesse allerdings kann diese Fähigkeit manchmal zum Problem werden. Dies ist dann der Fall, wenn maladaptive neuronale Netze die Steuerungsfunktion übernehmen und im Menschen Wahrnehmungsbereitschaften, motivationale Bereitschaften und Handlungsbereitschaften hervorrufen, die dem psychobiologischen Wohlbefinden abträglich sind.

Für die Psychotherapie ist ein Teil des impliziten Gedächtnissystems besonders interessant, den Roth das emotionale Erfahrungsgedächtnis nennt. Nach Roth läuft emotionales Lernen in seinen wesentlichen Teilen subkortikal-implizit ab, selbst wenn es bewusst erfahren oder gar induziert wird (2001, S. 320 f). Nach Roth ist eine bewusste Kontrolle "top down" über das emotionale Erfahrungsgedächtnis nur schwer möglich. Auch aus der psychologischen Forschung wird diese Ansicht unterstützt: "Auf emotionale Reaktionsbereitschaften, die im impliziten emotionalen Gedächtnis gespeichert sind, kann man allein durch Gespräche überhaupt keinen Einfluss nehmen" (Grawe, 1998, S. 288). Roth erläutert diesen Umstand an einem einleuchtenden Beispiel: "Ein konstitutionell oder aufgrund frühkindlicher Konditionierung ängstlicher Mensch kann sich nur wenig damit beruhigen, dass er sich sagt, von der anstehenden Prüfung hänge "eigentlich" gar nichts ab; angstfrei wird er durch diese Erkenntnis bestimmt nicht" (2001, S. 320). Die folgende Abbildung zeigt das Zusammenspiel von kortikaler und subkortikaler Ebene nach Roth. Durch dicke und dünne Pfeile ist jeweils die Stärke der Einflussnahme gekennzeichnet.

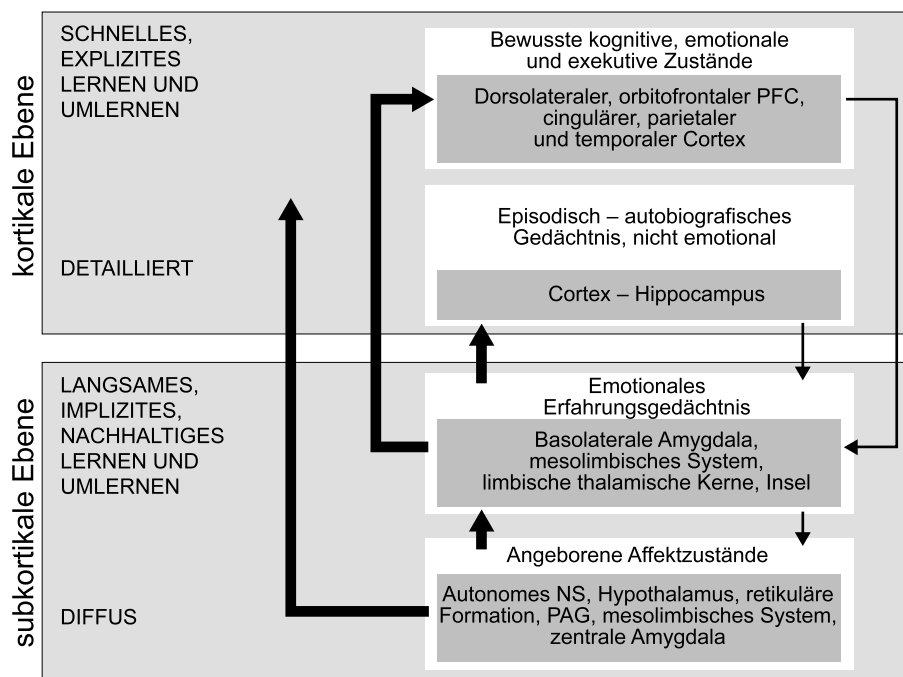


Abb. 5: Das Zusammenspiel von kortikaler und subkortikaler Ebene (Nach Roth, 2001)

Bleiben wir beim Beispiel des Menschen mit Prüfungsangst, dem die Psychotherapie gerne helfen will. Seine Prüfungsangst ist im impliziten Gedächtnissystem gespeichert. Dies ist aus der Sicht des Gehirns auch gut so, denn, wie Roth schreibt: "unsere konditionierten Gefühle sind ja nichts anderes als konzentrierte Lebenserfahrung" (S. 321). Der Organismus tut darum gut daran, diese konzentrierte Lebenserfahrung in dem schnell abrufbaren und mit höchster Zuverlässigkeit arbeitenden impliziten Modus zur Verfügung zu stellen. In die Quere kommt uns dieser an sich sinnvolle Vorgang nur dann, wenn im impliziten Modus etwas gespeichert ist, das automatisch und damit sehr schnell und zuverlässig abläuft, das aber nicht zum psychobiologischen Wohlbefinden des Organismus beiträgt. In diesen Fällen muss die Psychotherapie daran arbeiten, den unwillkommenen Automatismus durch einen neuen, im Sinne des psychobiologischen Wohlbefindens nützlicheren Automatismus zu ersetzen. Wie sieht dieser Vorgang auf neuronaler Ebene aus?

Die Gedächtnisinhalte sind, das haben wir schon gesehen, auf neuronaler Ebene in Form von neuronalen Netzen und entsprechenden Erregungsmustern gespeichert. Diese Tatsache gilt für das explizite und für das implizite Gedächtnis gleichermaßen. Auch psychisches Geschehen kann in dieser Terminologie gefasst werden. Grawe (1998) geht davon aus, dass "allen Eigenarten des psychischen Geschehens bestimmte neuronale Erregungsmuster (S. 265)" zugrunde liegen. "Die Bereitschaften zu diesen Erregungsmustern sind in verschiedenen Gedächtnisarten gespeichert" (ebd). Ausserdem wissen wir, dass bei Erregungsmustern, die stark gebahnt sind, die Aktivierung eines Teils "wegen der starken Vorbahnung zur Aktivierung des ganzen Zellverbandes" (ebd.) führt. Eine beabsichtigte Reaktions- oder Verhaltensänderung wäre in diesem Sinne ein neues neuronales Netz, das so stark gebahnt werden muss, dass es als neuer Automatismus den alten, unerwünschten Automatismus ersetzt. Das erwünschte neuronale Erregungsmuster muss aus dem expliziten Modus in den impliziten Modus überführt werden, wo es zuverlässig und störungsfrei ablaufen kann.

Dies ist vom Prinzip her einfach und elegant zu beschreiben, darum ist die neurowissenschaftliche Sichtweise in diesem Punkt als Orientierungshilfe für die Psychologie sehr hilfreich. Hüther schreibt: "Der Einzelne muss die neuronalen Verschaltungen in seinem Gehirn reorganisieren" (2001, S. 137). Von der Umsetzung her ist das Erlernen und Automatisieren eines neuen neuronalen Erregungsmusters natürlich mit all den Schwierigkeiten und Mühen verbunden, die für Lernen allgemein gelten: Zeit, Geduld und Ausdauer werden benötigt. Autofahren lernt man schliesslich auch nicht an einem Tag. Grawe schreibt hierzu: "Solange solche neu entstandenen Erregungsmuster noch nicht eingespielt sind, benötigen sie bewusste Verarbeitungskapazität. Durch häufige Wiederholungen werden die neu entstandenen Verbindungen aber immer besser gebahnt. Sie sind immer leichter aktivierbar und gewinnen so immer leichter Einfluss auf die psychische Aktivität, ohne dass dies mit Bewusstsein verbunden ist" (1998, S. 266).

Psychotherapie kann auf der Basis neurowissenschaftlicher Begriffsbildung definiert werden als das Erlernen von wohladaptiven neuronalen Erregungsmustern, die durch Übung und Training soweit automatisiert werden, dass sie immer öfter anstelle der alten, maladaptiven Erregungsmuster Regulationsfunktion übernehmen können. Diese Konzeption von Psychotherapie ist anschlussfähig an das von Grawe (1998) immer wieder betonte Ergebnis der Psychotherapieerfolgsvorschung, dass erfolgreiche Psychotherapie mit Ressourcenaktivierung verbunden ist. Nach Grawe erlaubt die neurowissenschaftliche Konzeption von Psychotherapie eine Definition dessen, was im psychotherapeutischen Prozess als Ressource angesehen werden kann. Als Ressource bezeichnet er ein "positiv zu bewertendes neuronales Erregungsmuster" (1998, S. 445). Während der Begriff "Ressource" in psychotherapeutischen Kontexten oftmals unscharf verwendet wird (Storch & Krause, 2002; Schiepek & Cremers, 2002) und es darum nicht immer einfach ist, denselben konkret zu operationalisieren, kann "Ressource", konzipiert als wohladaptives neuronales Erregungsmuster, sehr viel besser als Basis psychotherapeutischen Handelns dienen. Im folgenden Abschnitt wird aufgezeigt, wie wohladaptive – und damit als Ressource zu bezeichnende – neuronale Netze diagnostiziert werden können.

### **Die Diagnostik von wohladaptiven neuronalen Netzen**

Wenn Grawe unter Ressource ein positiv zu bewertendes neuronales Erregungsmuster versteht, hat er damit den Vorgang des Bewertens angesprochen. Woher kann ein psychotherapeutisch tätiger Mensch wissen, wann neuronale Erregungsmuster als positiv zu bewerten sind? Diese Fragestellung hat in der Psychotherapie eine lange Tradition und gilt als schwierig. Viel Forschung hierzu kommt aus dem Themenkreis der goal-psychology, dem Zweig der Psychologie, die sich mit persönlichen Zielen befasst. Eine Zusammenfassung hierzu findet sich bei Storch und Krause (2002). Aus dieser Forschungstradition ist bekannt, dass "Menschen, die ihre Ziele mit einem hohen Grad an subjektiv eingeschätzter Selbstbestimmung, Selbstverpflichtung oder intrinsischer Motivation verfolgen" (Kuhl, 2001, S. 223) ein deutlich höheres Ausmass an Lebenszufriedenheit und subjektivem Wohlbefinden angeben als Menschen mit fremdkontrollierten Zielen. Die Schwierigkeit für die Psychotherapie liegt in der korrekten Identifikation der subjektiv positiv bedeutsamen Ziele der PatientInnen. "Das Ausmass, in dem eine Handlung oder ein Ziel selbst- oder fremdbestimmt ist, scheint sich auf den ersten Blick einer objektiven Messung prinzipiell zu entziehen" (Kuhl, 2001, S. 223). Kanfer et al. (1990) weisen darum zurecht auf mögliche Fehlerquellen bei diesem Prozess hin: "Wenn wir lediglich aufgrund unserer eigenen Ideen gewisse Schlussfolgerungen über Ziele und Pläne von Klienten ziehen, besteht immer die Gefahr, dass wir glauben, *deren* Pläne zu kennen, während wir genau genommen nur unsere eigenen Phantasien von den Plänen der Klienten formulieren" (S.265).

Wohladaptive Ziele - und damit zu aktivierende Ressourcen - wären demnach Ziele, die ein Patient als in hohem Masse selbst bestimmt erlebt und die ihn zur Realisierung motivieren. Die Neurowissenschaften bieten der Psychotherapie eine hilfreiche Konzeption an, wie in diesem Sinne wohladaptive Ziele zuverlässig diagnostiziert werden können. Diese Konzeption ist die Theorie der somatischen Marker von Damasio (1994). Als somatische Marker bezeichnet Damasio ein biologisches Bewertungssystem, das durch Erfahrung entsteht und über Körpersignale und/oder emotionale Signale verläuft. Somatische Marker steuern das Appetenz- und das Vermeidungsverhalten. Jedes Objekt oder jede Situation, mit denen ein Organismus Erfahrungen gesammelt hat, hinterlassen einen somatischen Marker, der eine Bewertung dieser Begegnung speichert. Die Bewertung findet statt nach dem dualen System "Gut gewesen, wieder aufsuchen" oder "Schlecht gewesen, das nächste Mal lieber meiden". Wenn der Organismus sich später wieder in einer entsprechenden Situation befindet, oder sich in einem vorausschauenden Planungsprozess darüber Gedanken machen muss, wie er mit einer bestimmten Situation umgehen soll, erfährt er über somatische Marker blitzschnell, was zu dieser Thematik bisher an Erfahrungen gesammelt wurde. Natürlich ist die Vernunft bei einem Entscheidungsprozess immer auch beteiligt, aber sie kommt erst zum Einsatz, nachdem die somatischen Marker schon lange tätig waren. Lassen wir Damasio (1994) selber sprechen, um eine genauere Vorstellung davon zu bekommen, wie das System der somatischen Marker arbeitet.

In einer Entscheidungssituation "reagiert das Gehirn eines normalen, intelligenten und gebildeten Erwachsenen, indem es rasch Szenarien denkbarer Reaktionsmöglichkeiten und der entsprechenden Ergebnisse heraufbeschwört. Für unser Bewusstsein bestehen die Szenarien aus vielfältigen Vorstellungsszenen, die keinen zusammenhängenden Film bilden, sondern nur Schlüsselbilder dieser Szenen aufblitzen lassen, jähle Schnitte, die in raschem Nebeneinander von einem Bild zum anderen springen" (S. 234). ... "Die Schlüsselemente entfalten sich in unserer Vorstellung sofort, in grossen Umrissen und praktisch gleichzeitig, viel zu schnell, um die Einzelheiten klar herauszuarbeiten. ... Bevor Sie die Prämissen einer Kosten-Nutzen-Analyse unterziehen und bevor Sie logische Überlegungen zur Lösung des Problems anstellen, geschieht etwas sehr Wichtiges: Wenn das unerwünschte Ergebnis, das mit einer gegebenen Reaktionsmöglichkeit verknüpft ist, in Ihrer Vorstellung auftaucht, haben Sie, und wenn auch nur ganz kurz, eine unangenehme Empfindung im Bauch. ... da die Empfindung den Körper betrifft, habe ich dem Phänomen den Terminus somatischer Zustand gegeben (soma ist das griechische Wort für Körper); und da sie ein Vorstellungsbild kennzeichnet oder "markiert", bezeichne ich sie als Marker. ... Was bewirkt der somatische Marker? Er lenkt die Aufmerksamkeit auf das negative Ergebnis, das eine bestimmte Handlungsweise nach sich ziehen kann" (S. 237). ... "Das automatische Signal schützt Sie ohne weitere Umstände vor künftigen Verlusten und gestattet Ihnen dann, unter weniger Alternativen zu wählen. Sie haben immer noch Gelegenheit, eine Kosten-Nutzen-Analyse durchzuführen und saubere Schlussfolgerungen

zu ziehen, aber erst nachdem der automatische Schritt die Zahl der Wahlmöglichkeiten erheblich vermindert hat" (S.238).

Damasios Beispiel bezieht sich auf den Fall, dass Verhaltensweisen, die aufgrund der Erfahrungen, die ein Organismus gesammelt hat, unerwünschte Ergebnisse nach sich ziehen würden, mit Hilfe von negativen somatischen Markern aus der Palette der Wahlmöglichkeiten ausgeschlossen werden. Für ressourcenaktivierende Psychotherapie sind aber auch die positiven somatischen Marker von Interesse. In den mit positiven somatischen Markern verbundenen emotionalen Reaktionen plus den begleitenden Körperreaktionen (der guten Empfindung im Bauch) vermutet man die *neurobiologische Basis des Motivationssystems*. Aus der Motivationspsychologie wissen wir empirisch vielfach belegt, dass die Intentionsbildung an das Auftauchen von positiven Emotionen gekoppelt ist (Gollwitzer, 1991, 1993). Auch in Kuhls persönlichkeitspsychologischer Vorstellung von der Funktionsweise des psychischen Systems bilden positive Gefühle und Motivation eine Einheit: "Die Fähigkeit zur selbstregulierten Rekrutierung positiven Affekts betrachte ich als die entscheidende Voraussetzung für Selbstbestimmung und intrinsische Motivation" (Kuhl, 2001, S. 177). Der Neurowissenschaftler Roth sieht diesen Zusammenhang ebenfalls: "Emotionen greifen in die Verhaltensplanung und -steuerung ein, indem sie bei der Handlungsauswahl mitwirken und bestimmte Verhaltensweisen befördern. Als Wille "energetisieren" sie die Handlungen bei ihrer Ausführung und unterdrücken als Furcht oder Abneigung andere" (Roth, 2001, S. 7).

Somatische Marker müssen nicht bewusst wahrgenommen werden, um zu wirken. In einem Experiment mit Spielkarten hat Damasio dies belegt (1994, S. 285f). Die Spielkarten waren in mehren Stapeln verschieden gemischt, einmal zugunsten der Probanden, einmal zuungunsten der Probanden. Nach einiger Zeit, in denen sie Erfahrungen mit den Kartenstapeln sammelten, entschieden die Probanden "mit dem Bauch", mit welchen Karten sie spielten. Noch lange bevor ihnen ihre Entscheidung für oder gegen einen bestimmten Kartenstapel bewusst wurde, hatten ihre somatischen Marker ihnen mitgeteilt, was "gut" und was "schlecht" für sie war. Die körperlichen Begleiterscheinungen der somatischen Marker wurden von Damasio mittels eines physiologischen Masses, des Hautwiderstandes, ermittelt. Alle Menschen verfügen über dieses System der somatischen Marker, und würden in Damasio's Experiment Veränderungen des Hautwiderstandes zeigen, aber nicht alle verfügen über eine Körperwahrnehmung, die genügend trainiert ist, um die körperlichen Signale auch bewusst wahrzunehmen. Auch diese Tatsache hat Konsequenzen für die Psychotherapie.

Kuhl (1998, 2001) hat in seiner Konzeption von psychischer Selbstregulation ausführlich erläutert, wie die mangelnde Unterscheidungsfähigkeit von selbst- und fremdbestimmten Zielen mit psychopathologischen Symptomen in Zusammenhang steht. Aus der psychologischen Forschung sind zahlreiche Hinweise darauf bekannt, dass Ziele, die mit einem hohen Ausmass an Selbstkongruenz einhergehen, häufiger zum

Erfolg führen als Ziele mit geringer Selbstkongruenz (Sheldon & Kasser, 1995, 1998). Kuhl weist darauf hin, dass die Selbstkongruenz von Zielen von einem Gedächtnissystem überprüft wird, das im impliziten Modus arbeitet und in enger Verbindung zu körperlichen Reaktionen steht. Es liegt nahe, das Signalsystem der somatischen Marker als das neurowissenschaftliche Modell für die spezifischen Fähigkeiten eines selbstkongruenten Menschen zu konzipieren, der in der Lage ist, seine eigenen Reaktionen gut wahrzunehmen und seine Lebensgestaltung danach auszurichten, von der Kuhl spricht. Kuhl definiert in dieser Hinsicht "Selbstregulation" als die Fähigkeit, "selbstkompatible, durch positive Emotionen unterstützte Ziele zu bilden und zu verfolgen" (1998, S. 66). Psychotherapie hätte demnach die Aufgabe, bei Menschen, die nicht in der Lage sind, ihre somatischen Marker wahrzunehmen, die Propriozeption (Eigenwahrnehmung) zu trainieren, um dadurch langfristig die Bildung von selbstkongruenten Zielen zu fördern. Zu Hilfe kommt hierbei der Umstand, dass das System der somatischen Marker nach Damasio immer aktiv ist; was unterentwickelt oder verlernt sein kann ist lediglich die Fähigkeit zur Propriozeption.

Wesentlich für die Psychologie ist auch ein weiteres Faktum zum Thema "somatische Marker": Somatische Marker können nicht nur in real stattfindenden Situationen, wie in Damasio's Kartenexperiment, ausgelöst werden, sondern auch durch Vorstellungen, wie sie bei Menschen in Phasen des bewussten Abwägens und Planens stattfinden. Damasio nennt diesen Vorgang die "Als-ob-Schleife" (1994, S. 238). "In bestimmten Situationen ist es möglich, sich vorzustellen, wie eine körperliche Rückmeldung sich anfühlen würde, wenn sie einträte" (LeDoux, 2001, S. 318). Dies ist natürlich nur möglich, wenn das Gehirn schon etliche reale Rückmeldungen erlebt hat, so dass die Art und Weise, wie eine Rückmeldung sich anfühlt, imaginiert werden kann, weil das Gehirn auf entsprechendes Wissen zurückgreifen kann. Die "Als-ob-Schleife" ist für die Psychotherapie und die Arbeit mit KlientInnen besonders interessant. Aufgrund dieses Phänomens kann in der Psychotherapie auch dann, wenn mit KlientInnen im virtuellen Erfahrungsraum des psychologischen Gesprächs Verhaltensalternativen gegeneinander abgewogen werden, damit gerechnet werden, dass das System der somatischen Marker aktiviert wird.

Somatische Marker sind hochindividuell angelegt, denn sie entstehen durch Erfahrung. Damasio schreibt: "Die entscheidenden prägenden Reize für die somatische Paarung werden zweifellos in Kindheit und Jugend erworben. Doch die Akkumulation der somatisch markierten Reize endet erst mit dem Ende des Lebens, und deshalb darf man diesen Zuwachs wohl als einen Prozess des fortwährenden Lernens beschreiben" (1994, S. 246). Somatische Marker alleine reichen natürlich für die meisten menschlichen Entscheidungsprozesse nicht aus. Im Anschluss an die Vorauswahl, welche von diesem "biologischen Bewertungssystem" getroffen wird, finden in vielen, wenn auch nicht in allen Fällen noch logische Denkprozesse und eine abschliessende Selektion statt. Es gelang Damasio jedoch nachzuweisen, dass Patienten mit Läsionen im prä-

frontalen Cortex, dem Verarbeitungsort der somatischen Marker, nicht in der Lage sind, Entscheidungen zu treffen. Sie bleiben in einem nicht endenden Prozess im rationalen Abwägen von "Für und Wider" stecken und kommen zu keinem Entschluss. Damasio hat mit seinen Untersuchungen gezeigt, dass Emotionen und die entsprechenden körperlichen Begleiterscheinungen ein *integraler Anteil* von Entscheidungsprozessen und damit *unentbehrlich* für rationales Verhalten sind.

Die Erkenntnis, dass Körperempfindungen und Emotion rationale Entscheidungen nicht nur unterstützen, sondern dieselben *erst ermöglichen*, ist schon spannend genug. Die Ergebnisse von Damasio haben jedoch noch weitere Konsequenzen, die für die Psychotherapie von höchstem Interesse sind. Denn Damasio's Überlegungen passen auffallend gut zu den Funktionen, die das Selbstsystem aus persönlichkeitspsychologischer Sicht innehat. Der Motivations- und Persönlichkeitspsychologe Kuhl verweist darum bei seinen Überlegungen zur Funktionsweise des Selbstsystems ebenfalls auf Damasio's Konzepte. Nach Kuhl (2001) soll das Selbstsystem "die persönliche Relevanz von Handlungsfolgen (z.B. ihr Bedürfnisbefriedigungspotential) registrieren und bei zukünftigen Gelegenheiten in die Handlungssteuerung einspeisen. Dazu müssen nicht nur die bei früheren Gelegenheiten ausgeführten Handlungen und ihre Ergebnisse, sondern auch die emotionalen Begleiterscheinungen der Handlungsergebnisse in integrierter Form repräsentiert werden. Ohne diese emotionalen Begleiterscheinungen muss es schwer sein, sich bei einer Wiederkehr ähnlicher Situationen für eine der verschiedenen Reaktionen, die man bei früheren Gelegenheiten schon einmal ausprobiert hat, zu entscheiden" (S.153). Hierbei gehören Körperempfindungen "offensichtlich zu den Signalen, die dem Selbstsystem dabei helfen, sich zwischen den vielen früher schon einmal ausprobierten Handlungsoptionen zu entscheiden" (ebd, S. 153).

In der Sprache der Psychologie formuliert kann man davon ausgehen, dass das emotionale Erfahrungsgedächtnis, über das Signalsystem der somatischen Marker, nicht nur generell eine Unterstützung bei Entscheidungsprozessen bietet, dass es nicht nur dabei hilft, durch positive somatische Marker Motivationsprozesse auszulösen, sondern dass es auch direkte Spiegelung dessen ist, was tiefstes Selbsterleben ausmacht. Das heisst als Konsequenz: Das Auftauchen von positiven somatischen Markern ist ein direkter Wegweiser zu den Themen, Inhalten, Absichten und Plänen, die von dem Selbstsystem eines Klienten unterstützt werden. Somatische Marker können in diesem Zusammenhang also als *diagnostisches Leitsystem für Selbstkongruenz* eingesetzt werden. Sie zeigen an, wann ein Mensch eine Entscheidung gefällt hat, die er als zu sich selbst passend erlebt. Der grosse Vorteil für die Psychotherapie, wenn sie mit somatischen Markern als diagnostischem Leitsystem arbeitet, ist der, dass somatische Marker auf Körperzuständen beruhen. Das heisst, sie sind relativ einfach beobachtbar, messbar und damit objektivierbar. Der schwer operationalisierbare Begriff des "Selbst" könnte durch das Leitsystem der somatischen Marker wissenschaftlicher Forschung und therapeutischer Praxis besser zugänglich werden.

## Schlussbetrachtung

Neurowissenschaftliche Perspektiven sind für die Psychologie und die Psychotherapie in zweierlei Hinsicht relevant. Zum einen können die Neurowissenschaften einen Beitrag dazu leisten, psychologische Begriffsbildung auf empirische Grundlagen zu stellen. Dies wurde gezeigt am Beispiel der Begriffe "Psyche", "Übertragung", "Ressourcenaktivierung", "Motivation" und "Selbstkongruenz" bzw. "Selbstsystem". Als Wissenschaftlerin und Psychotherapeutin, die sich seit vielen Jahren mit der Thematik von Persönlichkeitstheorien, Identitätstheorien und Selbstkonzeptforschung befasst (Storch, 1999), kann ich versichern, dass dieses Themengebiet von einer einheitlichen Begriffsbildung ausserordentlich profitieren würde und dass viele geplagte Studierende sehr viel schneller einen Überblick über die zentralen Variablen dieser Thematik gewinnen könnten, als dies im Moment der Fall ist.

Zum zweiten besitzt die neurowissenschaftliche Perspektive ein grosse integrative Potenz bezüglich einer vernünftigen Verständigung zwischen den verschiedenen Psychotherapieschulen, die ich als die Aufgabe all derjenigen psychologischen PraktikerInnen und TheoretikerInnen ansehe, die zukunftsorientiert arbeiten wollen. In den neurowissenschaftlichen Modellen von psychischen Regulationssystemen finden sich alle derzeit allgemein anerkannten psychotherapeutischen Richtungen in ihren wesentlichen Aspekten abgebildet. Die Verhaltenstherapie bezüglich des Lernaspektes und die Psychoanalyse bezüglich des Aspektes des Unbewussten. Dem Menschenbild der humanistischen Psychotherapieformen entspricht das neurowissenschaftliche Postulat, dass dem menschliche Gehirn das Potential innewohnt, für psychobiologisches Wohlbefinden und Gesundheit zu sorgen, und dass dieser Vorgang unter einer konstruktivistischen Perspektive als hochindividuelles Geschehen respektvoll begleitet werden muss. Alle Therapieformen, die im weitesten Sinne mit körperlichen Aspekten arbeiten, finden in den neurowissenschaftlichen Überlegungen Damasio (1994, 2001) eine weitere empirische Basis für ihre Herangehensweise. Lösungsorientierte Verfahren werden durch die Ideen zur Automatisierung von ressourcenaktivierenden neuronalen Netzen unterstützt. Wir selbst haben, aufbauend auf diesem integrativen Potential der Neurowissenschaften, ein schulübergreifend arbeitendes Selbstmanagementtraining entwickelt (Storch & Krause, 2002), das im nächsten Heft vorgestellt wird.

In diesem Sinne kann die Neurowissenschaft psychotherapeutische Theoriebildung sicher nicht ersetzen, denn sie bearbeitet nur einen Teil des psychischen Systems, denjenigen nämlich, der sich auf biologischer Ebene fassen und beschreiben lässt. Psychisches Erleben lässt sich letztendlich aber sicherlich nicht als blosses Neuronengewitter beschreiben oder auf ein paar biochemische Veränderungen im Hirnstoffwechsel reduzieren. Diese Absicht ist in den Neurowissenschaften aber auch gar nicht vorhanden. Damasio (1994) schreibt bezüglich der Konsequenzen von neurowissenschaftlicher Forschung für den Stellenwert psychischen Geschehens: "Folgt daraus, dass Liebe, Grosszügigkeit, Freundlichkeit, Mitleid,

Ehrlichkeit und andere löbliche Eigenschaften des Menschen lediglich das Ergebnis ... neurobiologischer Regulationsprozesse sind? ... Das ist ganz gewiss *nicht* der Fall. Liebe ist wahr, Freundschaft ehrlich und Mitleid echt, wenn ich in Bezug auf meine Gefühle nicht lüge, das heisst, wenn ich *wirklich* liebevoll, freundschaftlich und mitfühlend empfinde. ... Die Erkenntnis, dass es hinter den erhabensten menschlichen Handlungen biologische Mechanismen gibt, bedeutet nicht, dass man sie vereinfachend auf neurobiologische Grundvorgänge zurückführen kann" (S. 176).

In diesem Sinne sollten die Psychologie und die Psychotherapie die neurowissenschaftliche Perspektive als integrierende Ressource nutzen, ohne dabei jedoch in biologistischen Reduktionismus zu verfallen. Denn die Psychologie hat auch Verbindungen zu den Geisteswissenschaften, die genauso wichtig für das Verständnis des menschlichen Wesens sind wie naturwissenschaftliche Ergebnisse.

## Literatur

- Bartlett, F.C. (1932). *Remembering: A Study in Experimental and Social Psychology*. Cambridge University Press: Cambridge.
- Bear, M.F., Connors, B.W., & Paradiso, M.A. (1996). *Neuroscience: Exploring the Brain*. Willimas & Wilkins: Baltimore, ML.
- Birbaumer, N. & Schmidt, R.F. (1996). *Biologische Psychologie*. Springer: Heidelberg.
- Damasio, A. (1994). *Descartes Irrtum. Fühlen, Denken und das menschliche Gehirn*. List: München.
- Damasio, A. (2001). *Ich fühle, also bin ich. Die Entschlüsselung des Bewusstseins*. List: München.
- Dornes, M. (1993). *Der kompetente Säugling. Die präverbale Entwicklung des Menschen*. Fischer: Frankfurt am Main.
- Downing, G. (1996). *Körper und Wort in der Psychotherapie. Leitlinien für die Praxis*. Kösel: München.
- Edelman, G.M. (1987). *Neural Darwinism. The Theory of Neuronal Group Selection*. Basic Books: New York.
- Goldman-Rakic, P.S. (1994). *Das Arbeitsgedächtnis*. In *Gehirn und Bewusstsein*, 68-77. Spektrum Akademischer Verlag: Heidelberg
- Gollwitzer, P.M. (1991). *Abwägen und Planen*. Hogrefe: Göttingen.
- Gollwitzer, P.M. (1993). *Goal achievement: The role of intentions*. In W. Stroebe & M. Hewstone (Eds.), *European Review of Social Psychology* (Vol.4, 141-185). Wiley: Chichester.
- Grawe, K. (1998). *Psychologische Psychotherapie*. Hogrefe: Göttingen.
- Hebb, D. (1949). *The Organisation of Behavior*. Wiley: New York.
- Hüther, G. (1997). *Biologie der Angst. Wie aus Stress Gefühle werden*. Vandenhoeck & Ruprecht:Göttingen.
- Hüther, G. (2001). *Bedienungsanleitung für ein menschliches Gehirn*. Vandenhoeck & Ruprecht:Göttingen.
- Kandel, E.R. & Hawkins, R.D. (1994). *Molekulare Grundlagen des Lernens*. In *Gehirn und Bewusstsein*, 114-125. Spektrum Akademischer Verlag: Heidelberg
- Kanfer, F.H., Reinecker, H. & Schmelzer, D. (1990). *Selbstmanagement-Therapie*. Springer: Berlin.
- Koukkou, M. & Lehmann, D. (1998a). *Ein systemtheoretisch orientiertes Modell der Funktionen des menschlichen Gehirns und die Ontogenese des Verhaltens*. In M. Koukkou, M. Leuzinger-Bohleber und W. Mertens (Hrsg.). *Erinnerung von Wirklichkeiten. Psychoanalyse und Neurowissenschaften im Dialog*, Band 1 (S. 287-415). Verlag Internationale Psychoanalyse: Stuttgart.

- Koukkou, M. & Lehmann, D. (1998b). Die Pathogenese der Neurose und der Wirkungsweg der psychoanalytischen Behandlung aus der Sicht des "Zustandswechsel-Modells" der Hirnfunktionen. In M. Leuzinger-Bohleber, W. Mertens und M. Koukkou (Hrsg.), *Erinnerungen von Wirklichkeiten. Psychoanalyse und Neurowissenschaften im Dialog*, Band 2, (162-195). Verlag Internationale Psychoanalyse: Stuttgart.
- Kuhl, J. (1998). Wille und Persönlichkeit: Funktionsanalyse der Selbststeuerung. *Psychologische Rundschau*, 49, 61-77.
- Kuhl, J. (2001). Motivation und Persönlichkeit. Interaktionen psychischer Systeme. Hogrefe: Göttingen.
- LeDoux, J. (2001). Das Netz der Gefühle. Wie Emotionen entstehen. Deutscher Taschenbuch Verlag: München.
- Markowitsch, H.J. (1998). Neuropsychologie des menschlichen Gedächtnisses. In *Biopsychologie*, 104-113. Spektrum Akademischer Verlag: Heidelberg.
- Mertens, W. (1998). Aspekte der psychoanalytischen Gedächtnistheorie. Von den Anfängen bis zur Gegenwart – mit einem Ausblick auf einige Konzepte der Kognitionspsychologen. In M. Koukkou, M. Leuzinger-Bohleber und W. Mertens (Hrsg.), *Erinnerung von Wirklichkeiten. Psychoanalyse und Neurowissenschaften im Dialog*, Band 1 (48-130). Verlag Internationale Psychoanalyse: Stuttgart.
- Neisser, U. (1974). *Kognitive Psychologie*. Klett: Stuttgart.
- Neisser, U. (1976). *Cognition and Reality. Principles and Implications of Cognitive Psychology*. Freeman: San Francisco.
- Piaget, J. (1952). *Das Erwachen der Intelligenz im Kinde*. Klett: Stuttgart.
- Piaget, J. (1976). *Die Äquilibration der kognitiven Strukturen*. Klett: Stuttgart.
- Ratey, J.J. (2001). *Das menschliche Gehirn. Eine Gebrauchsanweisung*. Walter: Düsseldorf.
- Rosenzweig, M.R. & Bennett, E.L. (1995). Psychobiology of Plasticity: Effects of Training and Experience on Brain and Behavior. *Behavioural Brain Research*, 78, 57-65.
- Rosenzweig, M.R., Leiman, A.L. & Breedlove, S.M. (1996). *Biological Psychology*. Sinauer Associates: Sunderland, MA.
- Roth, G. (2001). *Fühlen, Denken, Handeln. Wie das Gehirn unser Verhalten steuert*. Suhrkamp: Frankfurt am Main.
- Roth, G. (1996). *Das Gehirn und seine Wirklichkeit. Kognitive Neurobiologie und ihre philosophischen Konsequenzen*. Suhrkamp: Frankfurt am Main.
- Schacter, D.L. (1987). Critical Review: Implicit Memory; History and Current Status. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 13, 501-518.
- Schiepek, G. & Cremers, S. (2002). Ressourcenorientierung und Ressourcendiagnostik in der Psychotherapie. In H. Schemmel & J. Schaller (Hrsg.), *Ressourcen. Ein Hand- und Lesebuch*. Dgvt: Tübingen.
- Sheldon, K.M. & Kasser, T. (1995). Coherence and congruence: Two aspects of personality integration. *Journal of Personality and Social Psychology*, 68, 531-543.
- Sheldon, K.M. & Kasser, T. (1998). Pursuing personal goals: Skills enable progress, but not all progress is beneficial. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 24, 1319-1331.
- Stern, D.N. (1985). *Die Lebenserfahrung des Säuglings*. Klett-Cotta: Stuttgart
- Storch, M. (1999). Identität in der Postmoderne – mögliche Fragen und mögliche Antworten. In H. Dohrenbusch & J. Blickenstorfer (Hrsg.), *Allgemeine Heilpädagogik. Eine interdisziplinäre Einführung*, Band II (70-84). Edition SZH: Luzern.
- Storch, M. & Krause, F. (2002). *Selbstmanagement – ressourcenorientiert. Die Arbeit mit dem Zürcher Ressourcen Modell ZRM*. Huber: Bern.
- Sulz, S. (2002). Neuropsychologie und Hirnforschung als Herausforderung für die Psychotherapie. *Psychotherapie*, 7 (1), 18-33.
- Tress, W. (2002). *SASB – Strukturelle Analyse Sozialen Verhaltens. Ein Arbeitsbuch zur Anwendung des SASB in Praxis, Klinik und Forschung*. CIP-Medien: München.
- Tschacher, W. (1997). *Prozessgestalten*. Hogrefe: Göttingen.
- Toni, N.; Buchs, P.-A.; Nikonenko, I.; Bron, C.R. & Muller, D. (1999). LTP Promotes Formation of Multiple Spine Synapses between a Single Axon Terminal and a Dendrite. *Nature*, 402, 421-425.

**Dr. phil. Maja Storch**  
Psychologische Psychotherapeutin  
Universität Zürich, Pädagogische Psychologie  
Scheuchzerstr. 21  
CH-8006 Zürich  
e-mail: storch@paed.unizh.ch