

Gerald  
**HÜTHER**

- ➔ **Bedienungsanleitung für ein menschliches Gehirn**
- ➔ **Die Macht der inneren Bilder**
- ➔ **Biologie der Angst**



**V&R**

Limitierte Sonderausgabe



Laden Sie sich kostenlos die ersten sechs Kapitel des Hörbuches  
»Männer – Das schwache Geschlecht und sein Gehirn«  
von Gerald Hüther herunter:



[www.v-r.de/huether-hoerbuch](http://www.v-r.de/huether-hoerbuch)

Gerald Hüther

Biologie der Angst –  
Bedienungsanleitung für ein  
menschliches Gehirn –  
Die Macht der inneren Bilder

Limitierte Sonderausgabe

Vandenhoeck & Ruprecht

Umschlagabbildung © Hans-Ulrich Hellmann, *Buche im Rapsfeld* –  
www.oberweseratelier.com

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

ISBN 978-3-525-40451-5  
ISBN 978-3-647-40451-6 (E-Book)

© 2013, Vandenhoeck & Ruprecht GmbH & Co. KG, Göttingen/  
Vandenhoeck & Ruprecht LLC, Bristol, CT, U.S.A.  
[www.v-r.de](http://www.v-r.de)

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk und seine Teile sind urheberrechtlich geschützt.  
Jede Verwertung in anderen als den gesetzlich zugelassenen Fällen bedarf der  
vorherigen schriftlichen Einwilligung des Verlages.  
Printed in Germany.

Druck und Bindung: ☺ Hubert & Co, Göttingen

Gedruckt auf alterungsbeständigem Papier.

## Vorwort

Während meines Studiums habe ich gelernt, wie man Gehirnschnitte mit einem speziellen Verfahren anfärbt. Die Nervenzellen werden dabei zuerst mit einer Silbernitratlösung imprägniert und dann, wie bei der Entwicklung fotografischer Bilder, als schwarze Zellen mit all ihren feinsten Verästelungen sichtbar gemacht. Schwarz auf gelbem Hintergrund zeichnen sich diese Nervenzellen dann unter dem Mikroskop ab, so wie auf dem Titelbild von Hans-Ulrich Hellmann der einzelne Baum aus dem gelben Rapsfeld herausragt. Er gehört zu den Künstlern, die sich in ihrer Einzigartigkeit eben auch von anderen abheben.

Weshalb es immer nur ganz bestimmte Nervenzellen sind, die sich in dieser Weise imprägnieren und darstellen lassen, haben die Hirnforscher wahrscheinlich bis heute noch nicht herausgefunden. Aber dieses besondere Färbeverfahren, das zu Beginn des vorigen Jahrhunderts von einem der Väter der Hirnforschung, Camillo Golgi, entwickelt worden war, bildete den Anfang einer Entwicklung innerhalb der Neurowissenschaften, die seitdem ziemlich atemberaubend verlaufen ist. Damals wusste man ja noch nicht, dass das Gehirn ein Netzwerk von miteinander über Myriaden von Kontaktstellen verbundenes Geflecht von vielen Milliarden Nervenzellen ist. Erst dieses sonderbare Färbeverfahren, bei dem sich eben nicht alle – sonst wäre ja alles schwarz –, sondern nur sehr wenige einzelne Nervenzellen aus diesem wilden Geflecht hervorhoben, öffnete den Blick dafür, dass die erstaunlichen Leistungen unseres Gehirns offenbar dadurch zustande kommen, dass diese Milliarden von Nervenzellen auf eine bestimmte Weise zusammenwirken, weil sie auf eine bestimmte Weise miteinander verbunden sind.

Seitdem wussten die Hirnforscher endlich, wonach sie suchen mussten, wenn sie verstehen wollten, wie unser Gehirn funktioniert: nach der Art und Weise, wie diese vielen Nervenzellen in den verschiedenen Regionen des Gehirns miteinander vernetzt sind. Und schon damals werden sie geahnt

haben, dass man sich mit einem stärker vernetzten Gehirn besser in der Welt zurechtfindet als mit einem Gehirn, dessen Nervenzellen weniger intensiv und weniger komplex miteinander verknüpft sind. Aber es hat fast ein ganzes Jahrhundert lang gedauert, bis sie auch herausgefunden haben, wer oder was dafür verantwortlich ist, dass manche Menschen ein stärker vernetztes und manche ein weniger komplex vernetztes Gehirn bekommen. Denn zunächst hatten die Hirnforscher dafür die genetischen Programme verantwortlich gemacht und geglaubt, es gäbe Menschen, die ihre besonderen Leistungen ihren genetischen Anlagen verdanken. Man hielt deshalb manche für minderbemittelt, andere für hochbegabt und passte sogar das Schulsystem dieser Vorstellung an. Die einen kamen zur Hauptschule, die anderen zum Gymnasium.

Und wer nicht in der Lage war, sein Leben irgendwie zu meistern, und Verhaltens- oder Denkweisen entwickelte, die nicht zu dem passten, was alle anderen machen oder dachten, hatte nach den damaligen Vorstellungen eine Meise – war also nicht ganz richtig im Gehirn verdrahtet. Weil sich die genetischen Anlagen, die für diese problematische Verkabelung verantwortlich gemacht wurden, nicht ändern ließen, steckte man diese Personen in psychiatrische Anstalten. Dort wurden mit diesen Patienten Experimente durchgeführt und dabei stellte sich heraus, dass die Verabreichung bestimmter Medikamente zu einer Verringerung oder sogar zum Verschwinden von Störungen führte. Das war die Geburtsstunde der Psychopharmakologie, und wieder öffnete sich ein weites Feld für die Hirnforscher. Denn anhand der Wirkungen bestimmter Substanzen auf bestimmte Hirnfunktionen wurde es möglich, die Signale zu entschlüsseln, die Nervenzellen benutzen, um anderen Nervenzellen etwas mitzuteilen und bestimmte Reaktionen auszulösen.

Damit begann die Ära der Neurochemie und die führte zur Entdeckung von immer mehr Neurotransmittern, Neuromodulatoren, Rezeptoren und immer spezifischeren Kenntnissen über die biochemischen Reaktionen und Mechanismen, die Nervenzellen benutzen, um miteinander zu kommunizieren und im Gehirn ankommende Signalmuster zu verarbeiten und in spezifische Antwortmuster umzuwandeln.

Das war damals auch mein Forschungsgebiet, zunächst am Max-Planck-Institut für experimentelle Medizin und später im Neurobiologischen Labor der Göttinger Universitätsklinik. Mit großer Begeisterung habe ich in dieser Zeit die Wirkungen von Neurotransmittern, ihre Synthese, die Mechanismen ihrer Wiederaufnahme und ihrer Interaktion mit spezifischen Rezeptoren untersucht, Kongresse veranstaltet und Kongresse besucht, zahlreiche wissenschaftliche Fachbeiträge veröffentlicht und Fachbücher geschrieben. Es ging darin um die Regulation der Synthese und Ausschüttung bestimmter Transmitter, um Veränderungen der Rezeptorexpression und die Wirkungen von Transmittern und Modulatoren und bestimmter Psychopharmaka. Und es ging um die Beeinflussbarkeit all dieser Mechanismen durch psychische Belastungen, durch die Art der Ernährung oder durch die Verabreichung bestimmter Medikamente.

Besonders beeindruckt war ich von den Auswirkungen von Stress und Angst und es schien mir damals wichtig, die immer deutlicher erkennbaren Folgen psychischer Belastungen auf das Gehirn nicht nur für meine Fachkollegen in der sogenannten Scientific Community, sondern auch für die Menschen außerhalb der Forschungsinstitute und Labore bekannt zu machen.

So versuchte ich ein erstes populärwissenschaftliches Sachbuch zu schreiben, was sich als ein ziemlich schwieriges Unterfangen erwies. Was ich damals zu Papier brachte und wie ich es auszudrücken versuchte, blieb zunächst ein unverständliches Kauderwelsch von Fachausdrücken und umständlichen Erklärungen. Was ich am Abend noch mit viel Eifer aufgeschrieben hatte, landete am nächsten Tag im Papierkorb. Wochenlang ging das so, bis ich irgendwann einen Einfall hatte, der mir endlich half, diese komplizierten Sachverhalte so darzustellen, dass sie auch für jedermann verständlich wurden: Ich setzte in Gedanken je einen Repräsentanten derjenigen Personengruppe, für die ich dieses Buch schreiben wollte, um meinen Schreibtisch herum – eine Krankenschwester, einen Unternehmer, einen Lehrer, einen Pfarrer, einen Arzt und einen Bauern. Dann begann ich zu schreiben – jetzt aber nicht mehr für mich, sondern für diejenigen – und nach jedem Satz

schaute ich die in meiner Vorstellung dort sitzenden Personen der Reihe nach an und fragte sie, ob sie das nun so auch wirklich verstanden hatten. Nur wenn sie alle nickten, schrieb ich weiter.

Es war wie ein Wunder. Durch diesen einfachen Perspektivenwechsel konnte ich komplizierte Sachverhalte so beschreiben, dass sie verstanden wurden. Damals musste ich mich noch anstrengen, die Sachverhalte aus der Sicht und auf dem Erfahrungsgrund der späteren Leser zu beschreiben. Heute geht das automatisch, nicht nur beim Schreiben, sondern auch bei Vorträgen oder in Interviews. Und es ist ganz leicht. Und es macht Freude, anderen Menschen auf diese Weise etwas zu erklären.

So ist mein erstes populärwissenschaftliches Sachbuch entstanden. Ich fand im Verlag Vandenhoeck & Ruprecht einen äußerst kompetenten und ermutigenden Lektor, Herrn Dr. Bernd Rachel. Ihm bin ich bis heute für seine Unterstützung bei der Veröffentlichung dieses Buches dankbar. Es heißt »Biologie der Angst« und bildet jetzt auch den Auftakt dieser kleinen Sammlung.

Die Botschaft dieses Buches ist ganz einfach: Die Angst ist ein Signal, das im Gehirn entsteht und sich im ganzen Körper ausbreitet, wenn etwas nicht stimmt. Und wir brauchen diesen Schutzmechanismus, damit wir rechtzeitig die Kurve kriegen und unser Leben verändern. Hätten wir keine Angst, dann könnten wir auch nicht lernen, was wir anders als bisher machen müssen. Die Angst ist also nicht unser Feind, sondern unser Freund – manchmal ziemlich bedrohlich, aber bisweilen braucht es eben einen etwas kräftigeren Impuls, damit wir aufwachen und die gewohnten, aber unbrauchbar gewordenen Bahnen verlassen.

Seit dem Erscheinen dieses Buches sind fast zwei Jahrzehnte vergangen und man sollte meinen, dass vieles, was damals bekannt war, inzwischen überholt und durch neue Erkenntnisse ersetzt worden ist. Interessanterweise ist das aber nicht der Fall. Manches würde ich wohl heute etwas anders und auch in etwas anderen Zusammenhängen darstellen. Aber im Großen und Ganzen stimmt auch heute noch, was ich damals aus vielen Einzelbefunden der Stress- und Angstforschung

## VIII

wie ein Puzzle zu einem ganzheitlichen Bild zusammengefasst habe.

Die für mich beglückendste Rückmeldung zu diesem Buch bekam ich kürzlich von einer Leserin. Sie hatte jahrelang unter Angststörungen in Form von Panikattacken und generalisierter Angst gelitten. Jetzt, so schreibt sie, nachdem sie dieses Buch über die »Biologie der Angst« gelesen hatte, habe sie verstanden, dass sie keine Angst vor diesen Angstzuständen haben müsse, und nun seien diese auch so unvermittelt, wie sie gekommen waren, wieder verschwunden.

Ermutigt von solchen und ähnlichen Rückmeldungen habe ich anschließend versucht, in einem weiteren Buch die inzwischen durch die Einführung der sogenannten bildgebenden Verfahren, der Computertomographie und der funktionellen Kernspinresonanz, gewonnenen Erkenntnisse der Hirnforscher über die nutzungsabhängige Plastizität des menschlichen Gehirns darzustellen. Nötig erschien mir das deshalb, weil damals ja noch in den Köpfen der meisten Menschen die Vorstellung fest verankert war, nach Abschluss der Hirnentwicklung sei kein Umbau der bis dahin angelegten Nervenzellnetzwerke mehr möglich. Demnach, so lautete die damals noch weit verbreitete Vorstellung, sei das Gehirn erwachsener Personen nicht mehr nachhaltig veränderbar: »Was Hänschen nicht gelernt hat, lernt Hans nimmermehr.« Deshalb, so meinten viele, brauche man Veränderungen als Erwachsener auch gar nicht erst zu versuchen.

Das war weder eine günstige noch eine hilfreiche und ermutigende innere Überzeugung. Sie entsprach zwar dem, was die Hirnforscher selbst noch bis zum Ende des letzten Jahrhunderts geglaubt hatten, aber zu ihrer eigenen Überraschung fanden sich bei ihren Untersuchungen mit Hilfe der bildgebenden Verfahren immer mehr Beispiele, die zeigten, dass es auch im Gehirn erwachsener Personen, zum Teil bis ins hohe Alter, zu bisweilen sogar sehr weitreichenden Veränderungen der Konnektivität, also der Art und Intensität von Nervenzellverbindungen, gekommen war. So begann sich damals auch unter den Hirnforschern die Erkenntnis durchzusetzen, dass sich neuronale Verschaltungsmuster zeitlebens an neue Nutzungsbedingungen anpassen können. Das freilich war eine

neue Sichtweise, die zwangsläufig zu der Frage führte, wie und wofür man als Mensch sein Gehirn eigentlich nutzen sollte, damit sich dieses plastische Potenzial so gut wie möglich entfalten kann.

»Bedienungsanleitung für ein menschliches Gehirn« schien deshalb ein recht passender Titel für dieses Buch. Und es kam, wie es kommen musste: Nicht wenige Leser griffen zu diesem Titel, weil sie wohl glaubten, darin Ratschläge und Hinweise für die »Bedienung« ihres eigenen Hirns zu finden. Weil ich das geahnt hatte, habe ich es auch tatsächlich so aufgebaut und gegliedert, wie uns allen das aus den üblichen Bedienungsanleitungen für technische Geräte bekannt ist. Beim Lesen erst wird dann von Seite zu Seite immer deutlicher, dass es für die Nutzung unseres Gehirns niemals so etwas wie eine Bedienungsanleitung geben kann. Es funktioniert eben grundsätzlich anders als Waschmaschinen, Autos oder Computer: weil es erst durch die Art seiner Nutzung zu dem wird, was es zu jedem Zeitpunkt im Leben eines Menschen ist.

Was in dieser »Bedienungsanleitung« bereits unausgesprochen als grundlegendes Prinzip der Strukturierung des Gehirns angedeutet worden war, habe ich anschließend in dem letzten Band dieser Sonderausgabe in aller Deutlichkeit herausgearbeitet: Selbstorganisation ist das, was unser Gehirn zu dem macht, was es ist. Und was durch sich selbst organisierende Prozesse entsteht, sind immer ganz bestimmte Beziehungsmuster, und die werden dann im Gehirn in Form ganz bestimmter Netzwerkstrukturen und Verschaltungsmuster strukturell verankert. Auf diese einmal entstandenen Muster, man kann sie auch »innere Bilder« nennen, greifen wir zurück, wenn wir uns dann später in der Welt zurechtzufinden versuchen. Manche der für unsere ersten Reaktionen notwendigen Muster bringen wir bereits mit auf die Welt. Sie haben sich schon während unserer vorgeburtlichen Entwicklung im Gehirn herausgebildet, und auf sie greift jedes Neugeborene zurück, um das, was in seinem Körper passiert, mit dem abzugleichen, was dort draußen, in seiner äußeren Welt geschieht. Und dabei werden diese ursprünglichen inneren Bilder oder Vernetzungsmuster ergänzt, erweitert, überformt und ständig weiter verändert. Beziehungserfahrungen werden auf diese

Weise in sich immer weiter verfeinernde und immer spezifischer funktionierende Beziehungsmuster von Nervenzellen im Gehirn transformiert.

Nicht nur am Anfang, sondern zeitlebens programmiert sich unser Gehirn also gewissermaßen selbst. Und das, was sich hier anhand des Gehirns so wunderbar herausarbeiten und erklären lässt, gilt offenbar in gleicher Weise auch für jedes andere lebende System. Zellen machen das ebenso, dort werden diese einmal herausgeformten Muster in Form bestimmter Erbanlagen im Zellkern abgelegt und bei Bedarf erneut abgerufen.

Soziale Systeme, also beispielsweise menschliche Gemeinschaften wie Familien, Sportvereine, Unternehmen und Organisationen, machen es ganz genauso: Was sich bewährt, wird irgendwie festgehalten und als Vorschriften, Rituale und Geschichten, als gemeinsame Überzeugungen, Weltbilder und Theorien im kollektiven Gedächtnis verankert und transgenerational weitergegeben.

Das Buch, in dem ich das alles beschreibe, heißt »Die Macht der inneren Bilder«. Es ist mir heute noch schleierhaft, wie es mir gelungen ist, solch eine komplexe Materie auf so ein einfaches Prinzip zurückzuführen und es auf so wenigen Seiten auch noch einigermaßen verständlich darzustellen. Dieses Buch ist in meinen Augen der wichtigste Beitrag, den ich in meinem Leben als Biologe zum Verständnis der Organisationsprinzipien lebender Systeme geleistet habe.

Gern gebe ich zu, dass ich von der Idee meines heutigen Lektors bei Vandenhoeck & Ruprecht, Herrn Günter Presting, diese drei Bücher noch einmal in einem einzigen Band zusammenzustellen und als Sonderedition zu publizieren, zunächst nicht so recht begeistert war. Ich habe länger darüber nachgedacht und dabei ist mir selbst erst richtig klar geworden, dass es ja gerade diese drei kleinen Bücher sind, in denen ich zeigen wollte, dass sich die Tätigkeit eines Wissenschaftlers – ich bin ja nach wie vor ein leidenschaftlicher Biologe – nicht darauf beschränken kann, irgendwelche Experimente durchzuführen, deren Ergebnisse dann in den einschlägigen Fachzeitschriften publiziert, von einigen Fachkollegen gelesen, kritisiert oder gelobt und anschließend irgendwo abgelegt und

irgendwann vergessen werden. Natürlich ist es wichtig, immer tiefer in den jeweiligen Gegenstand eines Fachgebietes einzudringen, die dort beobachtbaren Phänomene zu beschreiben und so lange zu untersuchen, bis sich das, was man auf diese Weise zerlegt, analysiert und gemessen hat, immer besser verstehen und vielleicht auch irgendwie praktisch nutzen lässt. Aber zumindest ebenso wichtig ist es, dass all die so gewonnenen Einzelbefunde wieder zu einem ganzheitlichen Bild zusammengefügt werden.

Neben all den vielen analytischen Verfahren und Ansätzen in der Forschung muss es auch Wissenschaftler geben, die einen integrativen, synthetischen Ansatz verfolgen und die ihre Erkenntnisse und Entdeckungen, zu denen sie dabei möglicherweise gelangen, ganz vielen anderen Menschen zur Verfügung stellen. Da es sich dabei meist um Einsichten handelt, die die engen Grenzen eines speziellen Fachgebietes und der dort untersuchten Phänomene zwangsläufig überschreiten, müssten diese Erkenntnisse nicht nur für die Kolleginnen und Kollegen des eigenen, engen Fachgebietes interessant sein. Entsprechend sollten sie dann auch in allgemein verständlicher Sprache dargestellt werden.

Genau das habe ich in den letzten Jahren versucht. Nirgendwo wird das deutlicher als in diesen drei Büchern, die nun hier als Sammelband vorliegen. Und so habe ich meine anfängliche Meinung nicht nur geändert, sondern ich bin meinem Lektor und dem Verlag Vandenhoeck & Ruprecht jetzt auch wirklich dankbar, dass er mir mit dieser Edition Gelegenheit bietet, deutlich zu machen, dass wissenschaftliche Forschung mehr sein kann – und vielleicht auch immer sein sollte – als die bloße Anhäufung wissenschaftlicher Befunde.

Göttingen, im Juni 2013

Gerald Hüther

Gerald Hüther

# Biologie der Angst

---

Wie aus Streß Gefühle werden

Vandenhoeck & Ruprecht



## Inhalt

---

1. *Begegnung und Ausschau* 7
2. *Zugangswege* 11  
Weshalb wir immer nur das finden, was wir suchen,  
und sich immer nur diejenigen verstehen, die durch  
die gleiche Brille schauen  
*Das Problem des Leib-Seele-Dualismus und die unter-  
schiedlichen Perspektiven von psychologischen und neu-  
robiologischen Ansätzen*
3. *Entwicklungswege* 17  
Warum es die Streßreaktion gibt, wie sie entstan-  
den ist und wozu sie dient  
*Die biologischen Funktionen der Streßreaktion und die  
Evolution plastischer, anpassungsfähiger Gehirne*
4. *Sackgassen* 33  
Was in uns passiert, wenn wir nicht mehr weiter-  
wissen  
*Die neuronale und endokrine Streßreaktion und ihre Be-  
sonderheiten beim Menschen*
5. *Auswege* 47  
Wie wir Sackgassen des Denkens und Fühlens ver-  
lassen und wie wir gar nicht erst hineingeraten  
*Die Bedeutung von individueller Erfahrung und Kompe-  
tenz und der Einfluß psychosozialer Unterstützung*
6. *Gebahnte Wege* 57  
Wie holprige Wege unseres Denkens und Fühlens  
zu Straßen und Autobahnen werden  
*Die Auswirkungen psychischer Herausforderungen auf  
neuronale Verschaltungen: Bahnung und Spezialisierung*

7. <i>Neue Wege</i>	71
Was bei Sturmflut mit Straßen und Autobahnen passiert	
<i>Die Auswirkungen psychischer Belastungen auf neuronale Verschaltungen: Destabilisierung und Reorganisation</i>	
8. <i>Der intelligente Weg</i>	79
Weshalb unser Gehirn kein Computer ist, und was wir tun müssen, damit es keiner wird	
<i>Die Bedeutung der Wahrnehmungsfähigkeit für die Informationsverarbeitung in sich selbst optimierenden Systemen</i>	
9. <i>Spurensuche</i>	85
Weshalb jeder Mensch so ist, wie er ist, so denkt, wie er denkt, und so fühlt, wie er fühlt	
<i>Der Einfluß psychischer Herausforderungen und Belastungen auf die Hirnentwicklung</i>	
10. <i>Ausblick und Abschied</i>	109
<i>Die wichtigsten im Text gebrauchten Fachausdrücke</i>	117
<i>Literatur</i>	125

Ich fürchte mich so vor der Menschen Wort  
Sie sprechen alles so deutlich aus:  
und dieses heißt Hund und jenes heißt Haus  
und hier ist Beginn und das Ende dort.

Mich bangt auch ihr Sinn, ihr Spiel mit dem Spott  
sie wissen alles, was wird und war;  
kein Berg ist ihnen mehr wunderbar;  
Ihr Garten und Gut grenzt gerade an Gott.

Ich will immer warnen und wehren: Bleibt fern.  
Die Dinge singen hör ich so gern  
Ihr rührt sie an: sie sind starr und stumm.  
Ihr bringt mir alle die Dinge um.

*Rainer Maria Rilke*

## *Begegnung und Ausschau*

---

Dort, wo ich wohne, gibt es einen kleinen Hügel. Die Leute in der Gegend nennen ihn den Pferdeberg, aber Pferde weiden dort oben schon lange nicht mehr. Es führt ein einsamer grasbewachsener Weg hinauf. Nur selten verirrt sich ein Mensch hierher. Von der Anhöhe schaut man weit ins Land. Es ist durchzogen von einem Netz von Straßen und Wegen, auf denen Menschen wie Ameisen in ihren Autos, mit ihren Fahrrädern oder zu Fuß unterwegs sind. Von den umliegenden Dörfern eilen sie in die Stadt und dann wieder zurück in die Dörfer. Auf Straßen und Spazierwegen bewegen sie sich durch die Felder und Wälder.

Bleiben Sie ein bißchen mit mir hier oben. Manchmal gelingt es mir nämlich, an dieser Stelle die Zeit anzuhalten, und je besser dies gelingt, desto rascher vergeht die Zeit für die dort unten. Nur wer still steht, sieht, wie die anderen sich fortbewegen, sieht, wohin sie immer wieder gehen und welche Spuren sie dabei hinterlassen. Dort, mitten im Wald, hat eben ein Aus-

flugslokal eröffnet. Schauen Sie, wie der kleine Weg von der Stadt her immer breiter wird, wie alle Windungen begradigt werden. Jetzt ist er bereits eine Straße geworden, und da kommen auch schon die ersten Autos angefahren. Oder dort, neben der Stadt, wird eine Fabrik gebaut. Der holprige Feldweg wird plattgewalzt, schon ist er asphaltiert und vierspurig ausgebaut. Der Weg, für den man früher eine Stunde zu Fuß brauchte, ist jetzt in zehn Minuten zurückzulegen. Unten am Fluß stellt die Fähre ihren Dienst ein. Sie haben ein Stück flußauf eine Brücke gebaut. Das alte Fährhaus verwaist, die Zufahrt bleibt unbenutzt. Schon bricht der Asphalt auf. Die ersten Büsche beginnen zu wachsen, bald wird die Straße kaum noch zu finden sein.

Aber ich habe Sie nicht hierhergeführt, um Ihnen zu zeigen, wie ein Netzwerk von Straßen und Wegen in Abhängigkeit von der Nutzung ständig verändert und fortwährend an neue Erfordernisse und Gegebenheiten angepaßt wird. Was wir von hier oben beobachten können, ist ein Bild für etwas, das später einmal als der entscheidende Durchbruch der Neurobiologie auf dem Gebiet des Verständnisses von Hirnfunktion in diesem Jahrhundert bezeichnet werden wird. Es ist ein Prozeß, für den wir noch gar keinen eigenen Namen haben. Die Engländer und Amerikaner nennen ihn »experience-dependent plasticity of neuronal networks« und meinen damit die Festigung oder aber Verkümmern der Verbindungen zwischen den Nervenzellen in unserem Gehirn in Abhängigkeit von ihrer Benutzung.

Stellen Sie sich vor, was das heißt: Die Art und Weise der in unserem Gehirn angelegten Verschaltungen zwischen den Nervenzellen, die unser Denken, Fühlen und Handeln bestimmen, ist abhängig davon, wie wir diese Verschaltungen nutzen, was wir also mit unserem Gehirn machen, was wir immer wieder denken, was wir immer wieder empfinden, ob wir zum Beispiel Abend für Abend vor dem Fernseher sitzend verbringen

oder ob wir statt dessen Geige spielen, ob wir viel lesen oder ständig mit unserem Computer im Internet herumsurfen. Für jede dieser Beschäftigungen benutzen wir sehr unterschiedliche Verbindungen zwischen den Nervenzellen in unserem Gehirn. Sie heißen auf Englisch »neuronal pathways«. Nervenwege? Wege des Denkens und Empfindens?

In unserem Gehirn gibt es eine Unmenge verschlungener Pfade. Viele davon werden im Lauf unseres Lebens und in Abhängigkeit davon, wie oft wir sie in unseren Gedanken beschreiten, zu leicht begehbaren Wegen, zu glatten Straßen oder gar zu breiten Autobahnen. Wem es wichtig geworden ist, sein Ziel möglichst schnell durch die Nutzung des existierenden Straßen- und Autobahnnetzes zu erreichen, der übersieht allzu leicht die verträumten Pfade, die sonnigen Feldwege und die beschaulichen Nebenstraßen, die ebenfalls dorthin führen. Sie wachsen so allmählich zu und sind irgendwann kaum noch begehrbar.

Wer lieber zeitlebens auf einsamen verschlungenen Pfaden herumspaziert, der wird früher oder später feststellen, daß er immer dann in Schwierigkeiten gerät, wenn es darauf ankommt, in seinem Denken möglichst schnell von hier nach dort zu gelangen und eine rasche, eindeutige Entscheidung zu treffen.

Wie es kommt, daß manche Menschen ihr Gehirn so benutzen, daß sie möglichst schnell vorankommen, und was in ihrem Leben darüber entscheidet, wohin sie wollen, davon handelt dieses Buch. Was uns also interessiert, ist mehr als das, was wir von unserem Hügel aus sehen können: Wir wollen wissen, warum an einer Stelle schmale Wege zu breiten Straßen und woanders ausgebaute Straßen zu schmalen Pfaden werden. Uns interessiert nicht so sehr die Tatsache, daß ein Netzwerk von Wegen in unserem Gehirn existiert und daß sich dieses Netzwerk neuronaler Kommunikation im Lauf unseres Lebens verändert. Wir wollen vielmehr

wissen, weshalb die Wege des Denkens und Empfindens eines Menschen zu einem bestimmten Zeitpunkt seiner Entwicklung so sind wie sie sind. Wir wollen herausfinden, unter welchen Umständen und aus welchen Gründen manche dieser Wege bevorzugt benutzt werden und deshalb immer leichter begehbar werden. Wir wollen auch verstehen, was passieren muß, damit eingefahrene Wege verlassen werden können. Da es in unserem Gehirn keine Verkehrsplaner gibt, die alle künftigen Entwicklungen in die Erstellung des Wegeplans einbeziehen, kann sich jeder Weg, den wir einschlagen und den wir ausbauen, irgendwann später im Leben als Sackgasse, als Irrweg erweisen. Die Frage, weshalb solche Fehlentwicklungen immer wieder auftreten, welche Folgen sie haben und wie sie überwunden werden können, wird sich also wie ein roter Faden durch all unsere Überlegungen winden.

Wir wollen das Wunderbare und Geheimnisvolle nicht entzaubern. Wir schauen nur einmal ganz vorsichtig hinein, voll Ehrfurcht und Bewunderung. Dann machen wir den Deckel wieder zu und tragen das Geheimnis in uns weiter – vielleicht auf all unseren künftigen Wegen.

Wenn nicht mehr Zahlen und Figuren  
Sind Schlüssel aller Kreaturen,  
Wenn die, so singen oder küssen,  
Mehr als die Tiefgelehrten wissen,  
Wenn sich die Welt ins freie Leben  
Und in die Welt wird zurückgegeben,  
Wenn dann sich wieder Licht und Schatten  
Zu echter Klarheit werden gatten  
Und man in Märchen und Gedichten  
Erkennt die wahren Weltgeschichten,  
Dann fliegt von einem geheimen Wort  
Das ganze verkehrte Wesen fort.

*Novalis*

## Zugangswege

---

Von unserem Hügel aus können wir nur beobachten, daß sich das vor uns ausgebreitete Netzwerk von Wegen und Straßen, ähnlich wie das Netzwerk von Nervenverbindungen in unserem Gehirn, verändert, wenn die Menschen beginnen, es auf andere Weise zu nutzen. Weshalb manche Menschen solche, andere jedoch jene Wege einschlagen, bleibt uns verborgen. Hier reicht die Hügelperspektive nicht mehr aus. Es scheint so, als müßten wir entweder höher hinaus, um uns einen noch größeren Überblick über das Geschehen zu verschaffen, oder hinunter, um die Einzelheiten besser erkennen zu können.

Seit altersher haben Menschen versucht, das nicht Faßbare entweder durch eine Vergrößerung der Entfernung von den konkreten Phänomenen vorstellbar, oder aber durch direktes Eindringen in die sichtbaren Formen begreifbar zu machen. Auch diejenigen, die wissen wollten, weshalb Menschen so fühlen, denken und handeln, wie sie es nun einmal tun, und weshalb sich ihr Fühlen, Denken und Handeln im Lauf der Zeit verändert, sind entweder weit zurückgetreten und haben

beschrieben, was aus solcher Entfernung sichtbar wurde, oder sie haben versucht, so tief wie möglich in das Gehirn hineinzuschauen und zu beschreiben, was dort normalerweise abläuft, und wie sich diese Abläufe ändern, wenn in irgendeiner Weise in das Geschehen eingegriffen wird. Da ein und dasselbe Ding entweder aus großer Entfernung oder aber aus großer Nähe betrachtet, sehr verschieden aussieht, ist es kein Wunder, daß im Lauf der Zeit verschiedene Worte und Begriffswelten entstanden sind, um entweder unser Denken und Fühlen zu beschreiben oder die neuroanatomischen, neurophysiologischen und neurochemischen Merkmale unseres Gehirns und seiner Funktionsweise zu erfassen. Es ist auch kein Wunder, daß Geisteswissenschaftler und Naturwissenschaftler einander immer weniger verstanden, und wie immer bei solchen Entwicklungen, Fronten gebildet und tiefe, scheinbar unüberbrückbare Gräben ausgehoben wurden.

Da solche Abgrenzungen auf Dauer wenig fruchtbar sind, finden sich irgendwann einzelne, später immer mehr, die darangehen, die entstandenen Gräben wieder aufzufüllen und die einstmals so deutlichen Fronten aufzuweichen. Auch das ist kein Wunder, wunderbar ist aber, daß sich diese Synthese zwischen philosophischen, psychologischen und neurobiologischen, also zwischen geisteswissenschaftlichen und naturwissenschaftlichen Ansätzen gerade jetzt, am Ende des 20. Jahrhunderts, vollzieht.

Noch immer sitzen die Vertreter der zu langen und der zu kurzen Perspektive in ihren Stellungen. Aber sie hören schon das Lied, das auf der anderen Seite gesungen wird, und sie beginnen zu verstehen, daß beide Lieder sich nur im Text unterscheiden. Ihre Melodie ist gleich.

Sind Sie noch mit mir auf dem Hügel? Wir haben gemeinsam geschaut. Wir wollen nun gemeinsam lachen, ob wir die Melodie erkennen, die über uns und

unter uns gesungen wird. Vielleicht gelingt es uns, sie mitzusingen. Damit uns der unterschiedlich gesungene Text dabei nicht zu sehr stört, werden wir ihn im Druck etwas verkleinern.

Diese kleingedruckten Texte sollen eine Hilfe für diejenigen sein, die die Melodie besser erkennen, wenn sie auch den dazugehörigen Text hören oder mitlesen können.

Diese Texte sind oft schwerfällig und in einer Sprache geschrieben, die manchem gar nicht zu der Melodie zu passen scheint, die in diesem Buch gesungen wird. Wem es so geht, der mag sie einfach überhören. Einige werden die großgeschriebene Melodie schnell erkennen und auch den kleingeschriebenen Text ein Stück weit mitverfolgen wollen. Damit das möglichst vielen gelingt, sind die unverständlichsten Fachausdrücke in Klammern und am Ende (S. 117) erklärt. Am schwersten haben es freilich diejenigen, die nur das Kleingedruckte lesen, um herauszufinden, weshalb die Melodie, die sie selbst nicht mitsingen können oder wollen, falsch sein muß. Für sie sind dort, wo es erforderlich schien, in Klammern Verweise auf die wichtigsten Originalarbeiten eingefügt, in denen noch einmal in aller Ausführlichkeit nachgelesen werden kann, was im kleingedruckten Text gesagt wurde.

Weiterführende Darstellungen finden sich in folgenden Übersichtsarbeiten:

Hüther, G. (1996): The central adaptation syndrome: Psychosocial stress as a trigger for the adaptive modification of brain structure and brain function. *Progress in Neurobiology*, Vol. 48, Seite 569–612.

Hüther, G.; Doering, S.; Rüger, U.; Rüter, E. und Schüßler, G. (1996): Psychische Belastungen und neuronale Plastizität. *Zeitschrift für psychosomatische Medizin*, Band 42, Seite 107–127.

Rothenberger, A. und Hüther, G. (1997): Die Bedeutung von psychosozialen Stress im Kindesalter für die strukturelle und funktionelle Hirnreifung: Neurobiologische Grundlagen der Entwicklungspsychopathologie. *Praxis der Kinderpsychologie und Kinderpsychiatrie* (Heft 9, 1997, im Druck)

Hier also die erste kleingedruckte Erläuterung:

Seit der Antike wird das abendländische Denken von einem dualistischen Modell der Leib-Seele-Spaltung beherrscht. Lange Zeit standen die beiden Pole einander isoliert gegenüber, und bis heute ist es nicht gelungen, den »geheimnisvollen Sprung

vom Seelischen ins Körperliche« (Freud 1895) wissenschaftlich zur Gänze zu vollziehen. Es hat sich aber doch eine Entwicklung vollzogen von einem dualistischen zu einem integralen Denken (Schüßler 1988): Wir sehen Leib und Seele nicht mehr als voneinander getrennte, sondern als zwei sich gegenseitig beeinflussende und durchdringende Wesenheiten an, die eine »komplementäre Identität« (Kirsch und Hyland 1987) bilden. Diese gegenseitige Durchdringung wird in weiten Teilen der aktuellen neurobiologischen und psychologischen Forschung immer deutlicher. In diesem Bereich entstehen immer differenziertere Kenntnisse über die Beeinflußbarkeit biologischer Prozesse durch psychische Faktoren und über die Auswirkungen neurobiologischer Voraussetzungen und Gegebenheiten auf psychische Phänomene.

Nachdem noch bis vor wenigen Jahrzehnten die Überzeugung herrschte, daß ein Umbau der während der Hirnentwicklung einmal angelegten Verschaltungen im adulten Gehirn nicht mehr stattfindet, wissen wir heute, daß das Gehirn auch im Erwachsenenalter noch in hohem Maße zu struktureller Plastizität fähig ist. Zwar können sich Nervenzellen im Anschluß an die intrauterine Reifung des Gehirns schon vor der Geburt nicht mehr teilen, sie bleiben jedoch zeitlebens zur adaptiven Reorganisation ihrer neuronalen Verschaltungen befähigt (»experience dependent plasticity«). Im Zuge derartiger Umbauprozesse kommt es zur Veränderung der Effizienz bereits vorhandener Synapsen (Kontaktstellen), etwa durch Vergrößerung oder Verringerung der synaptischen Kontaktflächen, durch verstärkte oder verminderte Ausbildung prä- und postsynaptischer Spezialisierungen oder durch Veränderungen der Eigenschaften und der Dichte von Rezeptoren für Transmitter (Botenstoffe) und damit der Effizienz der Signalübertragung. Verstärktes Auswachsen und »kollateral sprouting« (Bildung zusätzlicher Seitenäste) von Axonen (Fortsatz der Nervenzelle zur Verbindung mit anderen Nervenzellen) kann zur Neubildung von Synapsen, terminale retrograde Degeneration (Rückbildung) zur verstärkten Elimination vorhandener Synapsen führen. Durch plastische Veränderungen des Dendritenbaumes (vielfach verästelte Zellfortsätze) oder durch Änderung der Abschirmung von Neuronen durch Astrozyten (Hüllzellen) kann das Angebot postsynaptischer Kontaktstellen erhöht oder vermindert werden. Unter normalen Bedingungen findet so im Gehirn eine ständige Stabilisierung, Auflösung und Umgestaltung synaptischer Verbindungen und neuronaler Verschaltungen statt.

Derartige Umbauprozesse können beispielsweise verstärkt nach

Deafferenzierungen (Nervendurchtrennungen) durch Extremitätenamputationen beobachtet werden. Es findet hier eine Reorganisation kortikaler somatosensorischer Projektionsfelder statt, das heißt, die vorher für die verlorene Extremität zuständigen Gehirnareale übernehmen nach und nach neue, andersartige Funktionen (Ramachandran 1993; O'Leary u.a. 1994). Steroidhormone spielen eine besondere Rolle als Trigger (Auslöser) für strukturelle Umbauprozesse im adulten ZNS (Zentralnervensystem). Sie wirken als sogenannte Liganden-gesteuerte Transkriptionsfaktoren und nehmen so direkten Einfluß darauf, welche Gene einer Nervenzelle aktiviert und welche Funktionen von der Zelle infolgedessen ausgeführt werden. Ein beeindruckendes Beispiel für einen solchen Einfluß von Steroidhormonen ist die sich in Abhängigkeit vom Sexualzyklus weiblicher Ratten ändernde Dichte synaptischer Verbindungen in verschiedenen Hirngebieten (Olmos u.a. 1989; Wooley und McEwen 1992). Die intensivsten strukturellen Reorganisationsprozesse im adulten Gehirn wurden bisher beim Erwachen von Tieren aus dem Winterschlaf beobachtet. Im Zuge der hierbei stattfindenden massiven hormonellen Veränderungen kommt es innerhalb weniger Stunden zum Wiederauswachsen der während des Winterschlafes zurückgebildeten Dendritenbäume von Pyramidenzellen (Popov und Bocharavo 1992; Popov u.a. 1992).

Noch ist es sehr laut hier oben auf unserem Hügel. Das dumpfe Dröhnen der Autos und das Getöse der gelegentlich vorüberziehenden Flugzeuge klingt nicht wie ein Lied. Um die Melodie vernehmen zu können, müßte man dorthin zurückkehren, wo sie entstanden ist.

Man müßte weg in eine ferne Vergangenheit, in eine Zeit, als es weder Flugzeuge noch Autos gab, zurück in eine Zeit, als das denkende und empfindende Gehirn die ersten Schritte auf seinem langen Entwicklungsweg gegangen ist.

## Drei Grundlagenwerke in einem Band

Gerald Hüther gelingt es meisterlich, aus neurobiologischen Forschungsergebnissen wertvolle Schlussfolgerungen für unseren Lebensalltag abzuleiten. Die aktuelle Diskussion um die Zukunft unseres Schulsystems und die Popularität der Hüther'schen Thesen dazu gründen auf seinen bahnbrechenden Werken »Biologie der Angst«, »Bedienungsanleitung für ein menschliches Gehirn« und »Die Macht der inneren Bilder«, die nichts von ihrer Aktualität eingebüßt haben.

## Der Autor

Prof. Dr. rer. nat. Dr. med. habil. Gerald Hüther ist Neurobiologe an der Universität Göttingen. Wissenschaftlich befasst er sich mit dem Einfluss früher Erfahrungen auf die Hirnentwicklung, mit den Auswirkungen von Angst und Stress und der Bedeutung emotionaler Reaktionen. Er ist Autor zahlreicher wissenschaftlicher Publikationen und populärwissenschaftlicher Darstellungen.

ISBN: 978-3-525-40451-5



[www.v-r.de](http://www.v-r.de)

**Bonus:** Kostenloser Download der ersten sechs Kapitel aus dem Hüther-Hörbuch »Männer – Das schwache Geschlecht und sein Gehirn« (Link im Innenteil).