

# Möglichkeiten und Grenzen der Verhaltensänderung

Gerhard Roth

Wir Menschen halten uns für vernünftige und verständige Wesen. Hierzu gehört der Glaube, dass wir unsere Mitmenschen gezielt verändern können, indem wir ihnen glasklare Argumente vortragen. Dies ist aber oft nicht von Erfolg gekrönt. Drei Dinge können passieren: (1) Es gelingt uns nicht, unsere Argumente dem anderen zu vermitteln; er bleibt „uneinsichtig“; (2) er scheint unsere Argumente zu verstehen, aber er ist nicht bereit, sich danach zu richten; er ist also „verstockt“; (3) er stimmt uns zu und verspricht, in der gewünschten Weise sein Verhalten zu ändern, tut es aber nicht. Um die Gründe für unser häufiges Scheitern zu erfahren, müssen wir tief in den Grundaufbau der menschlichen Persönlichkeit und Kommunikation eindringen und insbesondere das schwierige Verhältnis zwischen Sprache und Verhaltenssteuerung verstehen.

## Ein neurobiologisches Modell der Persönlichkeit

Zur Ausprägung der Persönlichkeit eines Menschen tragen zahlreiche Teile des Gehirns in ganz unterschiedlicher Weise bei (Roth, 2009). Sie gehören mehrheitlich zum *limbischen System*. Dieses umfasst kleinere Teile der Großhirnrinde (Cortex) und zahlreiche (subcorticale) Teile außerhalb der Hirnrinde und ist der Entstehungsort von Affekten, Gefühlen, Motiven, Handlungszielen, Empathie, Moral und Ethik und damit diejenige Instanz, die unser individuell-egoistisches ebenso wie unser soziales Handeln bestimmt. Neben dem limbischen System gibt es Hirnzentren, die unsere kognitiven Leistungen wie Wahrnehmen, Erkennen, Denken, Vorstellen, Erinnern und Handlungsplanung bestimmen. Diese bilden den größten Teil der Großhirnrinde.

Die unterste Ebene der Persönlichkeit ist die *vegetativ-affektive Ebene*. Sie sichert über die vegetativen Funktionen unsere biologische Existenz, und ebenso werden durch sie unsere elementaren affektiven Verhaltensweisen und Empfindungen wie Angriffs- und Verteidigungsverhalten, Flucht und Erstarren, Aggressivität, Wut und Sexualverhalten gesteuert. Diese Antriebe und Affektzustände sind in ihrer Art weitgehend genetisch bedingt und durch Erfahrung und willentliche Kontrolle nur wenig beeinflussbar. In ihrer individuellen Ausformung legen sie das *Temperament* fest, mit dem die Personen auf die Welt kommen, das heißt sie bestimmen, ob eine Person neugierig-draufgängerisch oder vorsichtig ist, kommunikativ oder wortkarg, mutig oder ängstlich.

Die zweite, darüber angeordnete Ebene ist die der *emotionalen Konditionierung* und des *individuellen emotionalen*

*Lernens*. Hierzu gehört die Verknüpfung negativer oder überraschender, aber auch positiver Ereignisse mit den angeborenen Grundgefühlen der Furcht, Freude, Überraschung und den Ekel und das Erkennen der Bedeutung emotional-kommunikativer Signale wie Mimik, Gestik, Sprachintonation und Körperhaltung. Dies spielt sich hauptsächlich in der Amygdala (Mandelkern) ab. Gegenspieler und gleichzeitig Interaktionspartner der Amygdala ist das mesolimbische System (vor allem der Nucleus accumbens). Es dominiert bei der Verarbeitung natürlicher Belohnungsereignisse und stellt über die Ausschüttung hirneigener Lust erzeugender Stoffe (der sogenannten endogenen Opiate) das *zerebrale Belohnungssystem* dar, denn alles, was Befriedigung, Lust und Freude in uns erzeugt, ist letztlich an die Ausschüttung bestimmter Stoffe im Gehirn gebunden. Zum anderen ist das mesolimbische System das grundlegende *Motivations-system*, das über die Ausschüttung des Neuromodulators Dopamin Belohnungen „in Aussicht stellt“ und damit unser Verhalten motiviert (Schultz, 2007).

Die dritte Ebene ist die der *bewussten, überwiegend sozial vermittelten Emotionen*. Sie umfasst den insulären, cingulären und orbitofrontalen Cortex. Hier entstehen bewusste Schmerzempfindungen, affektiv-emotionale Eingeweidewahrnehmung („Bauchgefühl“), Risikowahrnehmung und -bewertung sowie Aufmerksamkeit und Fehlerüberwachung (Brown und Braver, 2007). Der orbitofrontale Cortex (OFC) im unteren Stirnhirn und der innen angrenzende ventromediale frontale Cortex (VMC) sind der „oberste“ limbische Cortex (Schoenbaum et al., 2009; Forbes und Grafman, 2010). Sie vermitteln den sozial-kommunikativen Kontext, zum Beispiel die Bedeutung von Szenendarstellungen und emotionalen Signalen und die Fähigkeit, Konsequenzen der eigenen Handlungen längerfristig vorauszusehen. Der OFC ist Sitz der Regeln moralisch-ethischen Verhaltens, er ist erst im Alter von 16 bis 20 Jahren einigermaßen ausgereift (Galvan et al., 2006).

Diesen drei limbischen Ebenen steht als vierte die *kognitiv-sprachliche Ebene* gegenüber, die in der Großhirnrinde im engeren Sinne, dem Isocortex, angesiedelt ist. Hier finden sich handlungsvorbereitende (exekutive) Areale, insbesondere der dorsolaterale präfrontale Cortex (PFC) (Förstl, 2002). Dieser ist die Ebene des Verstandes und der Intelligenz. Hier wird über den Realitätssinn geprüft, was „Sache“ ist, und es geht um Problemlösen und zweckrationale Handlungsplanung. Schließlich ist er die Ebene der Darstellung und Rechtfertigung des bewussten Ich vor sich selbst und vor den anderen. Diese Ebene hat nur wenige Verbin-

dungen zu den limbischen Zentren einschließlich des OFC und VMC. Das bedeutet, dass das obere Stirnhirn als Sitz von Intelligenz und Verstand und das untere Stirnhirn als Instanz für moralisch-ethische Kontrolle, Risikobewertung und Gefühlskontrolle kaum miteinander interagieren. Die unmittelbare Konsequenz dieser Tatsache ist, dass vernünftige Ratschläge und Einsichten *allein* nicht in der Lage sind, Menschen nachhaltig zu beeinflussen (Anderson et al., 1999).

### Sprache und Verhaltenssteuerung

Sprache gilt als höchster Ausdruck des Menschseins; sie verbindet menschliche Rationalität und Sozialität aufs Engste. Wirkung und Zweck sprachlicher Kommunikation werden jedoch weit überschätzt. Die Sprache ist ein typisches „Produkt“ der Großhirnrinde, denn die Sprachzentren sind in der (meist linken) Großhirnrinde angesiedelt. Diese ist Sitz von Verstand und Vernunft, hat aber zugleich den geringsten Einfluss auf die Steuerung unseres Verhaltens. Die Ergebnisse unseres Überlegens, Planens, Vorstellens und Sprechens gehen nur in dem Maße in unser Verhalten ein, in dem das unbewusst arbeitende limbische System dies zulässt. Dies gilt vornehmlich für den *Inhalt* sprachlicher Kommunikation, nicht für ihren *nicht sprachlichen emotionalen Kontext*, der sich in der Tönung der Stimme, der Mimik und der Gestik widerspiegelt. Diese nicht sprachlichen emotionalen Signale bestimmen weitgehend die Wirkung der sprachlichen Kommunikation, indem sie die Vertrauenswürdigkeit des Sprechers und seiner Botschaft festlegen (Adolphs et al. 1999; Winston et al., 2002; Ekman, 2004).

### Möglichkeiten und Grenzen des Verstehens

Verstehen wird meist als Vermittlung oder Aneignung der *Bedeutung* oder des *Sinns* einer Mitteilung verstanden. Diese Auffassung ist jedoch falsch, denn was sich der Sprechende auch immer bei seinen Äußerungen gedacht hat, seinen Mund verlassen keine Bedeutungen, sondern Luftschwingungen. Diese dringen in das Ohr des Zuhörers und werden im Innenohr in neuronale Signale umgewandelt, die ins Gehirn weitergeleitet werden. Dort werden sie als sprachliche Laute identifiziert, dann nach Lautgruppen (Phonemen, Silben) und Worteinheiten segmentiert, und ihr grammatikalisch-syntaktischer Aufbau wird analysiert. Schließlich wird der mögliche Bedeutungsgehalt überprüft (Friederici, 2006). Wir merken von diesem Vorgang nichts, an dem bis zu einer Milliarde Nervenzellen beteiligt sein können, wir nehmen nur das *Endprodukt* bewusst wahr, nämlich einen (in der Regel) sinnhaften Satz. Nur bei mehrdeutigen oder in ihrer Bedeutung unklaren oder sehr komplexen Sätzen kann sich ein bewusstes Nachdenken anschließen.

Die Bedeutung von Wörtern und Sätzen ergibt sich dadurch, dass die akustisch und grammatikalisch-syntaktischen Laut- und Sprachmuster in unserem semantischen Sprachgedächtnis mit den Bedeutungen verglichen werden, die bei dem

vorliegenden Muster zutreffen könnten, und es wird diejenige Bedeutung aktiviert, die dem Muster am nächsten kommt. Gibt es keine sinnvolle Zuordnung, dann entsteht keine Bedeutung. Entsprechend können nur solche Bedeutungen entstehen, die eine neuartige Kombination *bereits vorhandener* Bedeutungen darstellen. Bedeutungen können also nicht übertragen werden, sondern müssen in jedem Gehirn erzeugt (konstruiert) werden (Roth, 2011).

Eine Mitteilung, die der Sprecher mit einer bestimmten Intention äußert, wird entsprechend von jedem Zuhörer *zwangsläufig in der ihm eigenen Weise* verstanden, das heißt in der Weise, wie in *seinem* Gehirn die Bedeutungszuweisungen ablaufen. Im Idealfall laufen sie in allen Gehirnen identisch ab, dann würde man von einem vollkommenen gegenseitigen Verstehen sprechen, im Normalfall aber laufen sie verschieden ab, das heißt unterschiedliche Gehirne weisen derselben Mitteilung unterschiedliche Bedeutungen zu. In Bezug auf den Sprechenden nennt man dies aufseiten der Zuhörer „Missverstehen“. Hierbei muss aber beachtet werden, dass das Missverstehen nicht unbedingt als solches bei den Beteiligten wahrgenommen wird. Das heißt es kann bei einer Kommunikation objektiv ein Missverstehen vorliegen, während einige oder alle Beteiligten mit dem Gefühl des Verstehens auseinandergehen. Wir neigen dazu, die Unterschiede in den Denk-, Vorstellungs- und Gefühlswelten zwischen den Personen krass zu unterschätzen, weil wir von einer gemeinsamen Sprache getäuscht werden.

### Möglichkeiten und Grenzen gezielter Verhaltensänderung

Ein grundlegender Irrtum in Erziehung und Personalführung ist es zu glauben, Menschen würden ihr Verhalten ändern, wenn wir ihnen unsere logisch zwingenden Argumente nur hinreichend deutlich vermittelt haben. Dasselbe gilt für den *Appell an die Einsicht*, der noch niemandes Verhalten geändert hat. Einen wichtigen Grund hierfür haben wir bereits kennengelernt: Der Appell richtet sich nämlich an die bewusste, sprachkompetente, rationale linke Großhirnrinde, die von allen Hirnteilen am weitesten von der Verhaltenssteuerung entfernt ist. Sie kann vernünftige Argumente auflisten, aber die *emotionale Gewichtung* dieser Argumente und damit ihre *Entscheidungsrelevanz* erfolgen in der Regel unbewusst und dann bewusst im limbischen System (LeDoux, 1998; Roth, 2003). Dies geschieht, indem alle bewussten Wünsche, Absichten und Pläne vor ihrer eventuellen Verwirklichung mit dem emotionalen Erfahrungsgedächtnis abgeglichen werden. Nur wenn das, was wir bewusst planen und wollen, mit der gesamten Lebenserfahrung übereinstimmt, „darf“ es auch ausgeführt werden. Das limbische System hat also vor jeder Handlung das „letzte Wort“ hinsichtlich der Frage, ob das, was bewusst geplant und gewollt wird, auch tatsächlich und jetzt und so und nicht anders ausgeführt werden soll.

In der Evolution des Menschen ist die kognitive Großhirnrinde zwar sehr groß geworden, hat aber niemals einen „entscheidenden“ Zugriff auf die handlungssteuernden Zentren des Hirnstamms und Rückenmarks erlangt – diesen Zugriff hat sich das limbische System nicht nehmen lassen, denn es enthält alle unsere Lebenserfahrung. Dies gilt für unsere frühen, zum Teil vorgeburtlichen Erfahrungen, die gar nicht bewusst vorhanden sein können, aber auch für alle früheren bewussten Erfahrungen, die ins Vorbewusste abgesunken sind. Wir können bei jeder aktuellen Entscheidung gar nicht all diese Erfahrungen bewusst gegenwärtig haben, das würde unser Bewusstsein völlig überfordern. Vielmehr leitet uns das limbische System mithilfe der Gefühle und rät uns hiermit zum einen zu und zum anderen ab (LeDoux, 1998; Roth, 2003, 2009).

Wenn es das limbische System ist, das letztendlich entscheidet, wozu brauchen wir dann bei unseren Handlungsentscheidungen überhaupt unsere Großhirnrinde und damit die Fähigkeit zu Verstand und Vernunft? Die Großhirnrinde und ihre rationalen Fähigkeiten werden benötigt, wenn wir komplexe Sachverhalte verarbeiten und mittel- und langfristige Handlungsplanung betreiben müssen. Die limbischen Zentren sind zwar zur nachhaltigen emotionalen Bewertung von Dingen, Personen und Geschehnissen in der Lage, aber es darf dabei nicht kompliziert zugehen. Die bewusstseinsfähige Großhirnrinde tritt entsprechend immer in Aktion, wenn es darum geht, große Detailmengen zu beurteilen, verschiedenartige Gedächtnisinhalte zusammenzufügen und Handlungsplanung in neuartigen Situationen zu leisten.

Das limbische System hat aber nicht nur die faktische Letztentscheidung bei Handlungen, sondern es beeinflusst auch das Entstehen unserer Wünsche, Motive, Vorstellungen, Absichten und Pläne. Dies geschieht dadurch, dass die Amygdala und das mesolimbische System unser Stirnhirn massiv bei seiner Planungs- und Denkarbeit lenken, ohne dass wir uns dessen genau bewusst sind. Wir erleben, dass Wünsche und Ideen „plötzlich“ in unserem Bewusstsein auftauchen – wir wissen jetzt, dass sie aus dem unbewussten limbischen System stammen. Ebenso lenkt das limbische System nachdrücklich das Auftauchen all unserer Ideen und Vorstellungen, während wir bewusst bestimmte Handlungsalternativen und deren Konsequenzen erwägen.

Dies bedeutet: Wir müssen in unserem Bemühen, das Verhalten unseres Gegenübers zu ändern, vornehmlich die Ebene der emotionalen Vorstellungen und Motive erreichen, sonst ist unser Bemühen zwecklos. Dabei müssen wir die affektive und emotionale Grundstruktur unseres Gegenübers hinreichend kennenlernen, um unsere emotionale Einflussnahme gut dosiert und erfolgreich auszuüben. Zweitens müssen wir in Rechnung stellen, dass Menschen ihr Verhalten nicht aufgrund von Einsicht, sondern aufgrund von Belohnung und Bestrafung bzw. aufgrund entsprechender Belohnungs- und Bestrafungserwartungen ändern. Die hierbei zugrunde liegenden Mechanismen müssen wir deshalb gut kennen. Sie lauten wie folgt:

*Erster Grundsatz:* Menschen tun nur dann etwas, wenn sie sich davon bewusst oder unbewusst eine Belohnung versprechen, wobei das Vermeiden von schmerzhaften oder nachteiligen Ereignissen gleichermaßen als Belohnung wirkt. Was aber eine Belohnung darstellt, ist so verschieden, wie Menschen individuell verschieden sind (Asendorpf, 2007).

*Zweiter Grundsatz:* Weitermachen wie gehabt trägt eine starke Belohnung in sich und ist entsprechend mit dem Ausstoß endogener Opioide verbunden. Am Bewährten festzuhalten vermittelt das Gefühl der Sicherheit und Geborgenheit und eine Minderung der Angst vor der Zukunft. Die Ausbildung von Gewohnheiten und Routinen und das Festhalten an ihnen entlasten auch unser Gehirn kognitiv, und dies ist ebenfalls eine starke Belohnung.

*Dritter Grundsatz:* Eine Verhaltensänderung tritt nur dann ein, wenn dies eine *wesentlich stärkere Belohnung* verspricht, als es das Festhalten am Gewohnten liefert. Geringe Belohnungsaussichten sind deshalb nicht in der Lage, das Verhalten von Personen zu ändern.

*Vierter Grundsatz:* Belohnungen müssen klar und möglichst zeitnah sein. Je weiter eine Belohnung in der Zukunft liegt, desto geringer wirkt sie. Daraus folgt: Je ferner in der Zukunft eine Belohnung liegt, desto stärker („leuchtender“) müssen die damit verbundenen positiven Erwartungen sein.

*Fünfter Grundsatz:* Belohnungen haben eine kurze „Halbwertszeit“, das heißt, ihre Motivationskraft verfällt schnell. Es ist die Kunst des Personalführers, Belohnungen zeitlich und von ihrer Art und Menge her richtig zu dosieren und zu variieren. *Immer-Belohnen* führt anfänglich zu schnellen Erfolgen bei Verhaltensänderungen. Diese verschwinden aber ebenso schnell, wenn nicht mehr belohnt wird („Auslöschung“). Robuster gegen das Auslöschen ist das Belohnen in zeitlich festen Intervallen. Am besten ist die Belohnung in *zeitlich veränderlichen Intervallen* (Pearce, 1997; Edelmann, 2000). Dies erklärt die hohe Wirkung des unerwarteten Lobes.

*Sechster Grundsatz:* Positive und negative Konditionierung, das heißt Belohnung und Vermeidungslernen, haben nicht dieselbe Wirkung: Negative Konditionierung wirkt schneller verhaltensändernd als positive Konditionierung, aber Mensch und Tier tun dann in der Regel nur das, was zur Vermeidung des konkreten negativen Ereignisses (Strafe) führt. Negative Konditionierung ist also dann am wirksamsten, wenn eine bestimmte Verhaltensweise gezielt und schnell verändert werden soll. Dabei muss ein Mitarbeiter genau wissen, was er tun soll, um der Strafe zu entgehen. Generelle Drohungen sind pädagogisch unwirksam und dienen meist nur der Aggressionsabfuhr des Drohenden. Positive Konditionierung (Belohnung) ist immer dann nötig, wenn ein Mitarbeiter sich umfänglicher ändern, zum Beispiel, seinen Arbeitseinsatz steigern, seine Kommunikationsbereitschaft verbessern und kreativer werden soll. Aber auch hier gilt: Der Mitarbeiter muss Art, Ausmaß und Berechtigung (Grund) der Belohnung klar erkennen können.

*Siebter Grundsatz:* Bestrafung ist nicht gleichbedeutend mit negativer Konditionierung. Bei negativer Konditionierung lernt man Möglichkeiten, der Strafe zu entgehen, und das Vermeiden von Strafe wird als positiv empfunden.

Bestrafung ist hingegen ein negatives Ereignis, das einem „Fehlverhalten“ folgt. Bestrafung unterdrückt immer nur eine bestimmte Handlung, und zwar nur, solange bestraft wird. Die Beendigung von Strafe wird meist als starke Belohnung empfunden und damit als Verstärkung der bestraften Handlung (man hat es ja „ausgesessen“). *Achter Grundsatz*: Es gibt letztlich keine externe Motivation, Motivation muss immer intern sein. Das heißt das Gehirn unseres Gegenübers muss vom Belohnungswert der Verhaltensänderung selbst überzeugt sein. Die beste Motivation ist diejenige, die eine Person sich aus freien Stücken selbst gibt. Derjenige Personalführer ist der erfolgreichste, der es fertigbringt, seine Interessen zu denen seines Gegenübers zu machen.

### Grenzen der Selbstveränderung

Verbreitet ist die Überzeugung, wir Menschen könnten uns selbst und damit unsere Persönlichkeit „aus uns selbst heraus“ und ohne Hilfe von außen ändern. Selbstverständlich kann es im Laufe des Lebens tief greifende Persönlichkeitsveränderungen geben. Zum einen sind dies Vorgänge psychopathologischer Art, etwa wenn der orbitofrontale oder ventromediale Cortex (siehe oben) durch eine Verletzung oder Erkrankung (etwa infolge eines Schlaganfalls) in seiner Funktion beeinträchtigt wird, wie dies von A. Damasio anhand des berühmten Eisenbahningenieurs Phineas Gage beschrieben wurde (Damasio, 1994), oder durch „Erweckungserlebnisse“ aufgrund epileptischer Anfälle („Temporal-lappenepilepsie“, vgl. Roth, 2003). Auch gibt es bei einigen Menschen zweifellos scheinbar radikale Umbrüche im Leben, zum Beispiel bei „Aussteigern“, aber genaue Analysen zeigen, dass solche radikalen Umbrüche meist lange unerschwinglich vorbereitet waren und auf einen zunehmenden Leidensdruck bzw. wachsende psychische Konflikte zurückgehen. Aus bloßer Einsicht in die Notwendigkeit einer Änderung und „rein von innen heraus“, das heißt ohne solche schwerwiegenden Anlässe, hat sich noch niemand stark geändert, vielmehr herrscht ab ca. dem 15. Lebensjahr eine starke Kontinuität der Persönlichkeit vor, wie alle einschlägigen Langzeituntersuchungen zeigen (vgl. Roth, 2009).

Der Grund hierfür ist schnell gesagt: Im Laufe der ersten 15 Jahre schafft sich unser limbisches System ein Persönlichkeitsbild, mit dem das Gehirn „leben“ kann, das heißt, schwere Konflikte zwischen den unbewussten und bewussten, den egozentrischen und sozialen und den emotionalen und kognitiven Ebenen treten entweder nicht auf oder werden durch Verdrängungen und Verbiegungen vorläufig „mundtot“ gemacht, auch wenn sie – wie Freud zu Recht meinte – in „verkleideter Form“ in unserem täglichen Handeln auftreten. Nur in den seltensten Fällen gelingt es uns, sie durch Selbstanalyse zu erkennen, und noch seltener (wenn überhaupt) ist es uns möglich, sie aufzuarbeiten, denn dann müssten wir als Konstrukt unseres Unbewussten gegen dieses Unbewusste ankämpfen.

Wenn also Änderungen auftreten, dann sind sie (von patho-

logischen Ursachen abgesehen) in aller Regel von außen bewirkt. Das kann gegebenenfalls eine anspruchsvolle Partnerschaft sein oder (auch als Partnerschaft) eine Psychotherapie bzw. ein intensives Coaching. Warum und wie Veränderungen unter solchen Bedingungen dann zustande kommen, ist freilich noch eine ungeklärte Frage. Zu vermuten ist, dass eine starke partnerschaftliche Bindung ähnliche Zustände „emotionaler Plastizität“ hervorruft (zum Beispiel durch Ausschüttung des „Bindungshormons“ Oxytocin), wie dies in der frühkindlichen Bindungserfahrung der Fall ist.



**Prof. Dr. Gerhard Roth** ist ein deutscher Biologe und Hirnforscher. Seit 1976 lehrt Roth als Professor für Verhaltensphysiologie an der Universität Bremen, seit 1989 in der Funktion eines Direktors des dortigen Instituts für Hirnforschung. Von 1997 bis 2008 war er Rektor des Hanse-Wissenschaftskollegs. Er ist Mitglied der Berlin-Brandenburgischen Akademie der Wissenschaften und war von 2003 bis 2011 Präsident der Studienstiftung des deutschen Volkes. 2008 gründete er die Beratungsfirma Roth GmbH.

[www.ifh.uni-bremen.de](http://www.ifh.uni-bremen.de)

### Literatur

- Adolphs, R., Tranel, D. & Damasio, A. R. (1998). The human amygdala in social judgement. *Nature* 393, 470–474.
- Anderson, S. W., Bechara, A., Damasio, H., Tranel, D. & Damasio, A. R. (1999). Impairment of social and moral behavior related to early damage in human prefrontal cortex. *Nature Neuroscience* 2, 1032–1037.
- Asendorpf, J. (2007). *Psychologie der Persönlichkeit*. Berlin: Springer.
- Brown, J. W. & Braver, T. S. (2007). Risk prediction and aversion by anterior cingulate cortex. *Cognitive, Affective & Behavioral Neuroscience* 7, 266–277.
- Damasio, A. (1994). *Descartes' Irrtum. Fühlen, Denken und das menschliche Gehirn*. München: List.
- Edelmann, W. (2000). *Lernpsychologie*. Weinheim: Beltz.
- Ekman, P. (2004). *Gefühle lesen. Wie Sie Emotionen erkennen und richtig interpretieren*. München: Spektrum-Elsevier.
- Forbes C. E. & Grafman, J. (2010). The role of the human prefrontal cortex in social cognition and moral judgment. *Annual Review of Neuroscience* 33, 299–324.
- Förstl, H. (2002). *Frontalhirn – Funktionen und Erkrankungen*. Heidelberg: Springer.
- Friederici, A.D. (2006). Neurobiologische Grundlagen der Sprache. Karnath, H.-O. und P. Thier (Hrsg.) *Neuropsychologie*. Springer, Heidelberg, S. 346–355.
- Galvan, A., Hare, T.A., Parra, C.E., Penn, J., Voss, H., Glover, G. & Casey, B. J. (2006). Earlier development of the accumbens relative to orbitofrontal cortex might underlie risk-taking behavior in adolescents. *Journal of Neuroscience* 26, 6885–6892.
- LeDoux, J. (1998). *Das Netz der Gefühle. Wie Emotionen entstehen*. München: Carl Hauser Verlag.
- Pearce, J. M. (1997). *Animal learning and cognition: An introduction*. Hove: Psychology Press.
- Roth, G. (2003). *Fühlen, Denken, Handeln. Wie das Gehirn unser Verhalten steuert*. Frankfurt: Suhrkamp.
- Roth, G. (2003). *Aus Sicht des Gehirns*. Frankfurt: Suhrkamp.
- Roth, G. (2009). *Persönlichkeit, Entscheidung und Verhalten*. Stuttgart: Klett-Cotta.
- Roth, G. (2011). *Bildung braucht Persönlichkeit – Wie Lernen gelingt*. Stuttgart: Klett-Cotta.
- Schoenbaum, G., Roesch, M.R., Stalnaker, T.A. & Takahashi, Y.K. (2009). A new perspective on the role of the orbitofrontal cortex in adaptive behaviour. *Nature Reviews Neuroscience* 10, 885–892.
- Schultz, W. (2007). Multiple dopamine functions at different time courses. *Annual Review of Neuroscience* 30, 259–288.
- Winston, J. S., B. A. Stranger, B. A., O'Doherty, J. & Dolan, R. J. (2002). Automatic and intentional brain responses during evaluation of trustworthiness of faces. *Nature Neuroscience* 5, 277–292.
- Erkrankungen. Heidelberg: Springer.