

## Blick ins Gehirn: Wie Emotionen entstehen

In unserem alltäglichen Leben und Sprachgebrauch zählen Emotionen zu den eher unerwünschten Eigenschaften. Überlegtes und rational abgewogenes Verhalten und Urteilen ist das, was wir bevorzugen. Und dennoch: zu unserer Lebenswirklichkeit gehören Emotionen wie die Luft zum Atmen. Es sind Handlungsdispositionen, die eng mit unserem Verhalten verknüpft sind und mitbestimmen, in welcher Weise wir handeln. Noch mehr: es sind Frühwarnsysteme, die, wenn sie fehlen, bedrohliche Zustände und soziale Komplikationen zur Folge haben können. Die folgende Abbildung (Abb. 1) gibt einen Überblick über die verschiedenen Emotionen, deren Auslöser und Funktionen, wie wir sie aus Untersuchungen am Tier und am Menschen kennen.

### Einige Grundannahmen

Die heute gültigen, biologisch orientierten Emotionstheorien gehen von einigen wenigen Grundannahmen aus. Sie alle betonen – ohne Ausnahme – den evolutionsbiologischen Ursprung von Emotionen sowie deren Verankerung in spezifischen Hirnstrukturen und physiologischen Prozessen. Es sind Vorgänge, die den Organismus darauf vorbereiten, mit seiner Umwelt in einer effizienten Weise zu interagieren. Die Grenzen zwischen Motivation und Emotion verschwimmen dabei zwangsläufig, obwohl sich, nach herkömmlicher Betrachtung, Motivation als Aktivitätstendenz beschreiben lässt, die vorwiegend durch

*innere* Reize (z. B. Hunger, Durst, sexuelle Lust) hervorgerufen wird, während Emotionen oft auf *äußere* Reize hin entstehen. Die Qualität aber, die beiden gemeinsam ist, lässt sich auf der Dimension von Annäherung–Vermeidung beschreiben. Sie reicht von der Bereitschaft oder sogar dem Drang, eine Situation aufzusuchen, bis hin zu Flucht- und Vermeidungsverhalten, das garantiert, dass dem Organismus kein Schaden entsteht. Emotionen erlauben – und darin liegt ihre grundlegende biologisch adaptive Funktion – eine flexible Nutzung von Ressourcen aus der Umwelt, und zwar im Hinblick auf individuelle Zielsetzungen sowie auf der Grundlage bisheriger Erfahrungen. Es besteht außerdem Einigkeit darüber, dass die an Emotionen beteiligten neuronalen Schaltkreise (s.u.) eine äußerst rasche Informationsverarbeitung von äußeren Reizen und Gefahrenquellen erlauben (im unteren Millisekundenbereich) und somit eine schnelle Verhaltensantwort garantieren. Dass diese sehr frühen Prozesse unbewusst ablaufen, bedeutet aber nicht, dass Emotionen „unbewusst“ bleiben müssen. Erst

Subjektive Ausdrucksweise	Verhaltensbeschreibung	Funktionale Beschreibung
Angst, Schrecken	Sich zurückziehen, entkommen	Beschützen
Ärger, Wut	Angreifen, beißen	Zerstören
Freude, Entzücken	Sich paaren, Besitz ergreifen	Reproduktion
Traurigkeit, Kummer	Weinen	Reintegration
Bestätigung, Vertrauen	Sich binden, pflegen	Vereinigung, dazugehören
Abscheu, Ekel	Erbrechen, defäzieren	Ablehnung
Erwartung	Prüfen	Erkundigung
Überraschung, Erstaunen	Innehalten, erstarren	Orientierung

Abb. 1: Beispiele für die Verschiedenartigkeit von Emotionen und der Beschreibungsebenen (verbaler Bericht, Verhalten, Funktion).

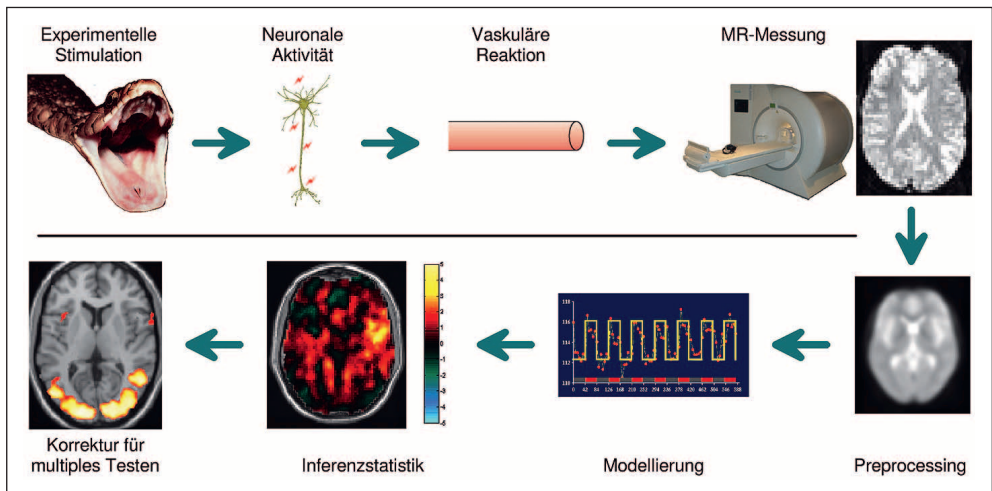


Abb. 2: Schema der Untersuchung von Emotionen mit funktioneller MRT – Die emotionalen Reize (hier: eine Schlange) führen zu neuronaler Aktivität, die mit MRT messbare vaskuläre Reaktionen hervorruft. Die vom MRT-Scanner in Abständen von wenigen Sekunden gelieferten Hirnbilder durchlaufen nach dem Experiment eine Phase des so genannten Preprocessing (z.B. zur Korrektur von Bewegungsartefakten). Anschließend werden die Zeitreihen jedes Voxels (Volumenelement) mit Hilfe linearer Regression modelliert und die Parameter auf Signifikanz getestet. Eine Korrektur der Inflation des Fehlers I. Art durch multiples Testen schließt die Auswertung ab.

dann, wenn später (im oberen Millisekundenbereich) neokortikale Strukturen, wie z. B. die Großhirnrinde, am emotionalen Geschehen mitwirken, kommt Bewusstheit zustande, erst dann kann sprachlich beschrieben werden, was gerade erlebt wurde. Ob Emotionen wahrgenommen werden oder nicht, ist also im wesentlichen eine Frage der Zeit.

### Methoden der Emotionsforschung

Die Erforschung von Emotionen am Menschen bedient sich verschiedener Methoden, die den drei Ebenen der Manifestation von emotionalen Reaktionen zuzuordnen sind:

- Subjektive Erlebnis-Ebene:** verbaler Bericht über emotionales Erleben (z.B. Fragebogendaten über Form und Ausmaß von Angst, Ekel oder sexueller Erregung)
- Verhaltens-Ebene:** Fluchtendenzen oder Vermeiden einer gefährlichen Situation, mimische Reaktionen
- Physiologische Ebene:** peripher-physiologische (z. B. erhöhter Blutdruck und Pulsschlag, Schweißausbrüche, Atemnot), neuroendokrine (z. B. Noradrenalinausschüttung) und zen-

tralnervöse (z. B. erhöhter Schreckreflex, desynchronisierte elektrokortikale Aktivität) Reaktionen.

Diese Messmethoden geben allerdings nur einen indirekten Einblick in die emotionalen Prozesse und ihre Komponenten. Erst in den letzten zehn Jahren hat sich eine Wissenschaftsdisziplin herausgebildet, die den Namen „emotional neuroscience“ trägt und die sich ausschließlich mit den funktionellen und strukturellen Hirnprozessen beschäftigt, die am emotionalen Geschehen beteiligt sind. Eine der wichtigsten und aussagekräftigsten Methoden ist die funktionelle Magnetresonanztomographie (MRT), die so genannte Landkarten von umschriebenen Hirnarealen liefert, die während emotionaler Prozesse aktiviert sind (Abb. 2). Dieses bildgebende Verfahren beruht auf dem Prinzip der neuro-vaskulären Kopplung. Darunter versteht man die kurzfristige Veränderung der Blutverteilung (Blutvolumen und Blutfluss) in bestimmten Hirnregionen, wenn dort die neuronale Aktivität zunimmt: je stärker also die neuronale Aktivität ist (z. B. aufgrund gesteigerter Angst, Entscheidungsunsicherheit, sexueller Erregung), umso größer ist auch der Anteil

an mit Sauerstoff angereicherterem Blut und umso stärker fällt das Signal (die so genannte "Blood-Oxygen-Level-Dependent (BOLD)-Reaktion") aus (Einzelheiten zur Methode bei Jäncke, 2005). Sie gibt indirekten Aufschluss über jene Hirnregionen, die an emotionalen Prozessen beteiligt sind. Ein Vorteil dieser Methode ist, dass sie auch Prozesse in tiefer gelegenen Hirnstrukturen (im Unterschied z. B. zum Elektroenzephalogramm) erfassen kann und keine Strahlenbelastung der Untersuchungsteilnehmer durch radioaktiv markierte Substanzen (wie z. B. bei der Positron-Emissions-Tomographie) stattfindet. Dem hohen räumlichen Auflösungsvermögen (erfasst werden Hirnvolumina von 2 mm Kantenlänge) des Verfahrens steht seine geringe zeitliche Auflösung (maximale BOLD-Reaktion erst etwa 5 Sekunden nach Reizbeginn) gegenüber. Neuere Entwicklungen in unserem Institut erlauben mittlerweile eine nahezu verzögerungsfreie Registrierung der BOLD-Reaktion, wodurch es möglich ist, den Untersuchungsteilnehmern ein unmittelbares Feedback über die Aktivierung bestimmter Hirnregionen zu geben (so genanntes Neuro-Feedback).

Welche Hirnregionen an der Verarbeitung von Emotionen beteiligt sind, sollen zwei Beispiele

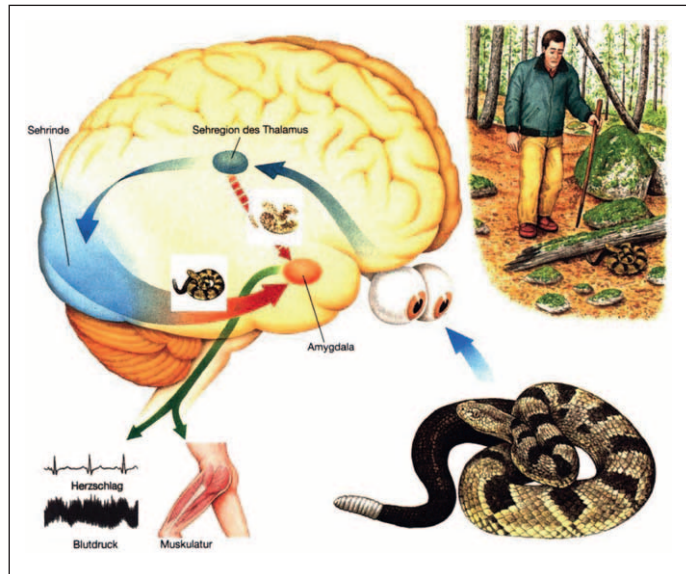
verdeutlichen: zum einen die *negativen* Emotionen Furcht/Angst und Ekel und zum anderen die *positiven* Emotionen, wie sie bei der Betrachtung von sexuell erregendem Material auftreten.

### Angst und Ekel

Furcht einflößende oder Angst auslösende Situationen werden von zwei Systemen im Gehirn verarbeitet: einem rasch und ungenau arbeitenden und einem langsamer, dafür aber genauer arbeitenden System; letzteres ist auch an der bewussten Wahrnehmung beteiligt. Diese Vorgänge illustriert – sehr vereinfacht – folgende Darstellung (Abb. 3).

Eine zentrale Schaltstelle im Gehirn sind die Mandelkerne (Amygdala). Hier wird in Millisekunden-Geschwindigkeit entschieden, ob ein Reiz für den Organismus schädlich oder von Vorteil ist (Valenz-Dimension des Reizes). Die zentral gelegenen Kerngebiete der Amygdala haben Verbindungen zu zahlreichen anderen Zielstrukturen im Gehirn, von wo aus jene Hirnregionen angesteuert werden, die dafür verantwortlich sind, dass die uns allen bekannten körperlichen Anzeichen einer Angstreaktion in Gang gesetzt werden (Abb. 4). Auf diesem

Abb. 3: Illustration der Hirnfunktionen, die angeregt werden, wenn ein Mensch im Wald plötzlich auf eine (gefährliche) Schlange trifft. Die Reaktionen, wie z.B. Anstieg von Herzrhythmus, Muskelkontraktionen, werden schnell und stereotyp über die Thalamus-Amygdala-Verbindungen und langsamer über die kortikalen Verbindungen von der Sehrinde zur Amygdala hervorgerufen. Die sensorischen Informationen vom Thalamus direkt zur Amygdala sind schemenhaft und auf die biologische Relevanz reduziert (s. grobe Konturen der Schlange), die vom Kortex zur Amygdala dagegen genau und elaboriert (s. scharfe Konturen der Schlange) (modifiziert nach LeDoux, 1995).



Wege wird gewährleistet, dass der Organismus Energiereserven mobilisiert, die für raschen Angriff oder für Flucht nötig sind.

Eine wichtige Rolle spielt die Amygdala vor allem dann, wenn eine Furchtreaktion auf einen Gefahrenreiz hin gelernt werden muss (nach dem Prinzip des Pawlow'schen Konditionierens). Patienten, denen die Amygdala beidseitig entfernt wurde (z.B. wegen eines Tumors oder eines hartnäckigen Epilepsie-Fokus), sind danach nicht mehr in der Lage, eine Assoziation zwischen einem neutralen Reiz (Warnsignal) und dem aversiven Reiz (Gefahrenquelle) herzustellen.

Neben diesem schnellen Reaktionssystem gibt es noch ein anderes, das gleichzeitig für eine elaboriertere Reizverarbeitung sorgt. Hierzu zählt die Sehrinde im okzipitalen Kortex und der in tiefere Strukturen eingebettete Hippokampus, in dem Gedächtnisinhalte gespeichert sind, die nun abgerufen und mit der gegenwärtigen akuten Gefahrensituation verglichen werden. Erst wenn diese Hirnstrukturen aktiviert werden, kann es zu einer bewussten Wahrnehmung und Verarbeitung einer Gefahrensituation kommen. Während die Aktivierung der Amygdala rasch nachlässt, sobald eine erste Bewertung der Si-

tuation stattgefunden hat – man spricht in diesem Falle von Habituation – sind an der Reizverarbeitung außerdem noch Teile des Stirnhirns beteiligt, insbesondere der orbitofrontale Kortex und das anteriore Cingulum (Abb. 5).

Hier laufen Prozesse ab, die

- a) mit der erneuten Bewertung des Reizes im Hinblick auf seine positiven und negativen Konsequenzen (Verstärkungsqualitäten) und
- b) mit dem motorischen Reaktionsprogramm (Annäherung oder Vermeidung) zu tun haben, das in Gang gesetzt werden muss und dessen voraussichtliches Resultat von Vorteil für den Organismus sein sollte.

Mit großer Wahrscheinlichkeit wirken diese prospektiven Stirnhirnprozesse über Feedbackschleifen zurück auf die primären sensorischen Areale der Sehrinde im okzipitalen Kortex, wo sie zu einer zusätzlichen Aktivierung führen. Sie wiederum erlaubt eine Erweiterung und Präzisierung des Wahrnehmungsfeldes, aus dem die bedrohlichen Reize stammen.

Welche Hirnprozesse bei Emotionen ablaufen, lässt sich sehr gut an Patienten mit Angststörungen studieren. An Patientinnen mit einer Spinnenphobie (Prävalenz: 5,6%) fanden wir beispielsweise, dass es bei der Konfrontation

mit dem phobischen Objekt zu einer deutlichen Aktivierung in der Sehrinde, in der Amygdala, im Hippokampus und im seitlichen Stirnhirnbereich (dorsolateraler präfrontaler Kortex) kommt. Im Unterschied zu gesunden Kontrollpersonen waren die Patientinnen auch ekelempfindlicher und ängstlicher, was sich in einer erhöhten Aktivierung der Amygdala widerspiegelte und erneut zeigt, dass dieses Kerngebiet eine wichtige Rolle bei der primären „Bewertung“ von emotionsinduzierenden Reizen spielt (Schenle et al., 2005). Nach einer Behandlung mit einer Ver-

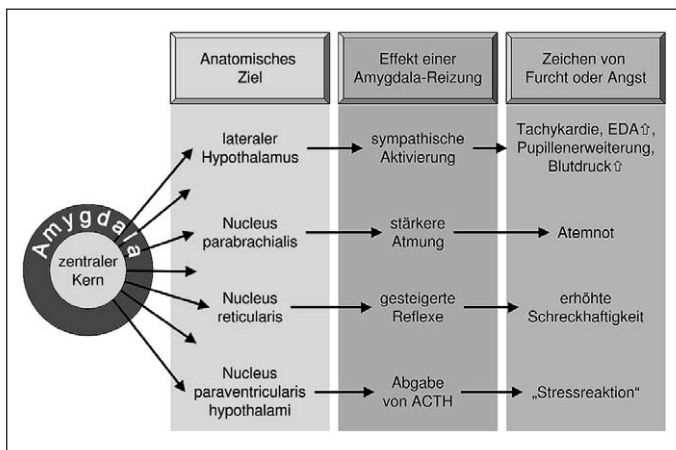
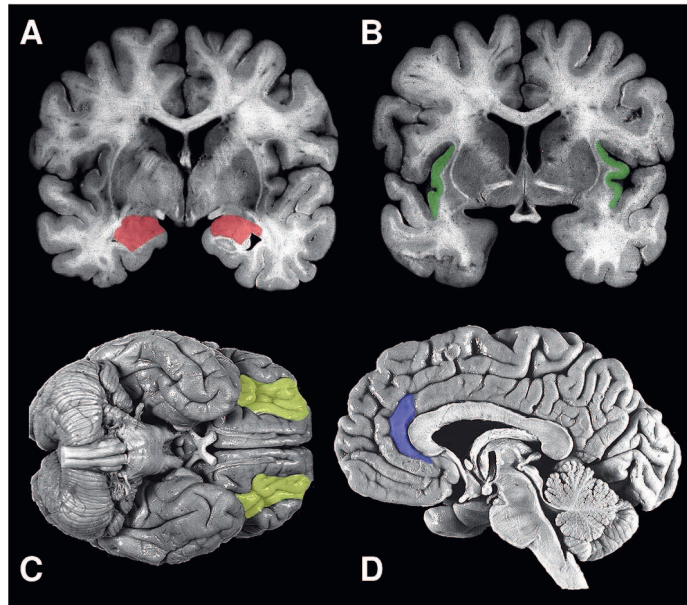


Abb. 4: Die zentralen Kerngebiete der Amygdala sind der Ausgangsort für die Erzeugung und Steuerung von Reaktionskomponenten, die z.B. Kennzeichen einer Angstreaktion sein können (Herzrasen, Blutdrucksteigerung, feuchte Hände, Pupillenerweiterung, Atemnot, erhöhte Schreckhaftigkeit und „Stressreaktion“). Die Amygdala besitzt zahlreiche Nervenverbindungen zu verschiedenen neurofunktionellen Zielregionen, die ihrerseits für diese unterschiedlichen Reaktionskomponenten verantwortlich sind.

Abb. 5: Hirnschnitte, die verdeutlichen sollen, wo die wichtigen Hirnregionen lokalisiert sind, die an der Entstehung von Emotionen beteiligt sind. Schnitt A zeigt die Lage der Amygdala (Rot), Schnitt B die Insula oder den insulären Kortex, der von Teilen der Großhirnrinde überlappt wird (Grün). Bei Schnitt C geht der Blick von unten zur Basis des Gehirns und zeigt den orbitofrontalen Kortex (Gelb), der bei dieser Sichtweise über den Augen liegt. Bei Schnitt D läuft die Schnittfläche zwischen den beiden Hirnhälften (rechts liegt die hintere Gehirnseite, links die vordere) und zeigt die Lage des vorderen (anterioren) Cingulum, das sich über das Corpus callosum wölbt, das die beiden Hirnhälften miteinander verbindet.



haltenstherapie, bei der die Patientinnen lernen, die Spinnen anzufassen, kam es im Unterschied zu einer Warte-Kontrollgruppe zu einer starken Aktivierung im orbitofrontalen Kortex, sobald ihnen im MRT Bilder von Spinnen gezeigt wurden. Dies spricht dafür, dass es durch die Psychotherapie nicht nur zu einer Abschwächung der Reaktionen in den bekannten Emotionsverarbeitungssystemen kommt, sondern dass die Patientinnen darüber hinaus lernen, die phobischen Objekte neu zu bewerten und deren Gefährlichkeit bewusst anders einzuschätzen als vorher (Abb. 6).

Die Basisemotion Ekel ist ebenso wie Furcht und Angst wichtig für unser Überleben. Phänomenologisch betrachtet gliedert sie sich, wie unsere Arbeitsgruppe (vgl. Schienle et al., 2002) gezeigt hat, in folgende fünf ekeleregende Verhaltens- und Erlebnisdimensionen auf: „Tod/Deformation“, „Körperausscheidungen“, „Mangelnde Hygiene“, „Verdorbenes“, „Ungewöhnliche Nahrungsmittel“. Als physiologischer Indikator dient die Kontraktion des Lippenheber-Muskels (*Musculus levator labii*), der deutlich mit dem Ausmaß an Ekelempfinden korreliert.

Ekelreaktionen lassen sich im MRT sehr zuverlässig durch entsprechend abstoßendes Bild-

material erzeugen. Auch hier kommt es wieder zu einer Aktivierung der Amygdala und des orbitofrontalen Kortex. Bis vor kurzem nahm man an, dass die Hirnregion, die Ekel von Angst neurofunktional unterscheiden lässt, der Insel-Kortex (s. Abbildung 5) sei. Zahlreiche Untersuchungen, die unsere Arbeitsgruppe zu dieser kritischen Frage („Gibt es für spezifische Emotionen auch spezifische Hirnstrukturen?“) durchgeführt hat, deuten darauf hin, dass der Insel-Kortex keine emotionsspezifische Hirnregion, sondern vielmehr Teil eines Integrations-systems ist, in dem die aufsteigenden (afferenten) Einflüsse aus dem Körperinneren repräsentiert sind und signalisieren, wann die Homöostase der vegetativen Prozesse aus der Balance gerät. Wie und wann immer dies geschieht, ist der insuläre Kortex daran beteiligt. Solche Veränderungen drängen sich dann diffus als negative, objektspezifische Gefühle oder Proto-Emotionen auf.

### Sexuelle Reaktionen

Seit langem sind die hirnpfysiologischen Prozesse bekannt, die bei sexuellem Verlangen und beim Orgasmus der Frau und des Mannes

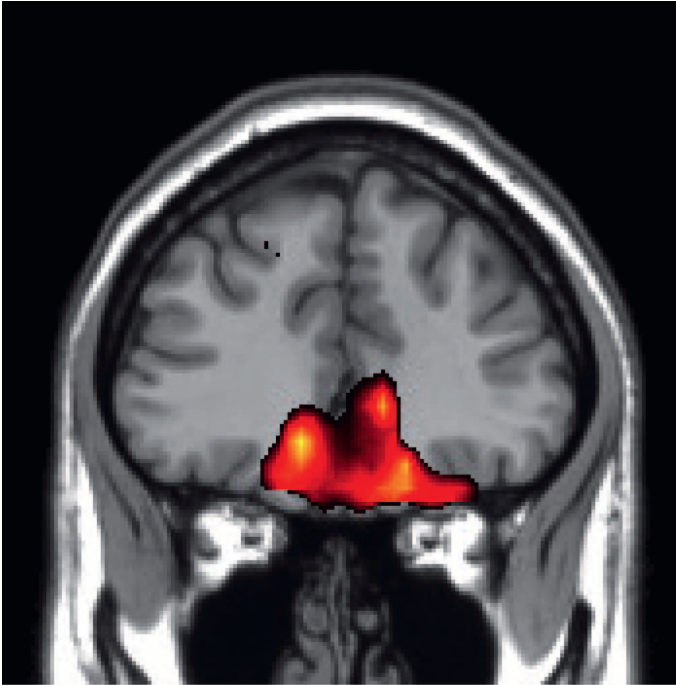


Abb. 6: Darstellung der Aktivierungszunahme im mittleren orbitofrontalen Kortex (Blickrichtung von vorne auf das Gehirn) von Spinnenphobikerinnen, die im MRT Bilder von Spinnen gezeigt bekommen, nachdem sie in einer Verhaltenstherapie gelernt haben, eine Spinne für eine bestimmte Zeit zu berühren (zur Erläuterung s. Text).

auftreten (Überblick bei Adler et al., 1985). Seit kurzem erst bemüht man sich unter Zuhilfenahme von bildgebenden Verfahren, die emotionalen Prozesse genauer zu untersuchen, die mit sexuellen Reaktionen verbunden sind. Welche Emotionen aber erzeugt werden, hängt von den sexuellen Präferenzen der untersuchten Personen ab. Erotisches Bildmaterial, das einen Sadomasochisten oder einen Homosexuellen erregt, wird höchstwahrscheinlich verschieden sein von dem, das einen Menschen stimuliert, der diese Neigungen nicht hat. Bei dem einen kann ein und dasselbe Bildmaterial positive Emotionen, bei dem anderen dagegen negative Emotionen hervorrufen. Unsere Arbeitsgruppe bediente sich dieses differentialpsychologischen Unterscheidungsmerkmals, um die Effekte von subjektiv positiv oder negativ empfundenen Reizen auf die Gehirnfunktionen zu untersuchen (Stark et al., 2005). Untersucht wurden Sadomasochisten und Homosexuelle.

Personen ohne diese sexuellen Präferenzen dienten zum Vergleich. Die Abbildung 7 gibt die Hirnregionen wieder, in denen bei den entsprechenden Gruppen stärkere Aktivierungen auftraten. Hier zeigt sich deutlich, wie unterschiedlich die Aktivierungsmuster (hier: die Anzahl der beteiligten Hirnregionen) bei den verschiedenen Gruppen von Personen mit unterschiedlichen sexuellen Präferenzen sind. So werden beispielsweise durch homoerotische Bilder fast sämtliche Hirnareale von Homosexuellen aktiviert, die nur irgendwie an emotionalen Prozessen beteiligt sind, während sich durch diese Bilder bei Heterosexuellen keine Aktivierungen fanden (Abb. 7b). Ein ähnliches Bild zeigen Sadomasochisten (Abb.

7a). Diese Unterschiede zu Personen, die diese sexuellen Präferenzen nicht haben, kommen wahrscheinlich dadurch zustande, dass die Bilder bei den Sadomasochisten und Homosexuellen Gefühle, Imaginationen sowie Erinnerungen an entsprechende Situationen und Erfahrungen mit den sexuellen Praktiken hervorrufen, die sie gewohnt sind. Hierbei spielt vor allem die Beteiligung des Gedächtnisses eine entscheidende Rolle.

Um die neuronalen Basismechanismen genauer zu bestimmen, die für positive und negative Emotionen verantwortlich sind, wurden die Hirnantworten all derer zusammengefasst und gemittelt, die angaben, dass das Bildmaterial für sie positive bzw. negative Qualität besäße, in diesem Falle also unabhängig von der jeweiligen sexuellen Präferenz. Hier zeigt sich ein interessanter Befund: die Hirnregionen, die bei sexuell erregendem Stimulusmaterial aktiviert wurden, unterschieden sich

nicht wesentlich voneinander, wenn diese Bilder emotional positiv oder negativ erlebt worden waren. Nur eine Hirnregion erwies sich vor allem bei den *positiven* Emotionen als besonders aktiviert, nämlich der Nucleus accumbens. Dieses Kerngebiet ist, wie Untersuchungen am Tier und am Menschen gezeigt haben, eine zentrale Schaltstelle im so genannten Verstärkersystem des Gehirns, das an der Beurteilung von positiven Valenzen mitwirkt und u. a. eine entscheidende Rolle bei der Entwicklung von Suchtverhalten spielt (vgl. Berridge, 2003). In unserer Untersuchung fand sich dementsprechend auch ein enger Zusammenhang zwischen der Aktivierung dieses Kerngebiets und dem Ausmaß an sexueller Erregung, wie sie die oben beschriebenen Untersuchungsteilnehmer in den Fragebögen angegeben hatten.

### Geschlechtsunterschiede

Erlebnisberichte und physiologische Reaktionsmuster sprechen dafür, dass Männer und Frauen emotional verschieden reagieren (Überblick bei Adler et al., 1985). Erklärt werden diese Unterschiede damit, dass sich Männer eher an sexueller Selektion orientieren, während Frauen zu einer erhöhten Wachsamkeit im Sinne des Selbstschutzes neigen. In deutlichem Gegensatz dazu stehen jene Befunde, die die bildgebenden Verfahren geliefert haben. Eine erste Meta-Analyse über insgesamt 65 Studien zu bildgebenden Verfahren (Wager u. a., 2003) kam zu dem erstaunlichen Ergebnis, dass sich die an der Verarbeitung von Emotionen beteiligten Hirnfunktionen zwischen Männern und Frauen nicht besonders unterscheiden. Der Hauptbefund lau-

a) SM-Bilder			b) Homo-Bilder	
Struktur	nonSM	SM	Hetero-Männer	Homo-Männer
medialer orbitofrontaler Cortex		✓		✓
anteriorer cingulärer Cortex				✓
posteriore cingulärer Cortex			✓	✓
Insel		✓		✓
Nucleus accumbens		✓		✓
Thalamus		✓		✓
Amygdala		✓		✓
Hypothalamus		✓		✓
Hirnstamm		✓	✓	✓

Abb. 7: Übersicht über die Hirnregionen, die durch erotisches Bildmaterial bei Personen mit unterschiedlichen sexuellen Präferenzen (Sadomasochismus und Homosexualität) aktiviert werden. – a) Betrachten Sadomasochisten (SM) Bilder mit sadomasochistischen Darstellungen, kommt es im Vergleich zu Personen ohne diese sexuelle Präferenz (nonSM) zu einer Aktivierung fast sämtlicher Hirnareale, die an der Verarbeitung von Emotionen beteiligt sein können. – b) Ein ähnliches Bild zeigt sich, wenn homosexuelle Männer homoerotische Bilder betrachten. Auch hier werden sämtliche an der Emotionsverarbeitung beteiligten Hirnareale aktiviert.

tet: Über das gesamte Gehirn hinweg sind die neuronalen Aktivierungsmuster sowohl bei positiven als auch bei negativen Emotionen von Männern und Frauen vergleichbar. An einer großen Stichprobe von 41 Frauen und 51 Männer kam unsere Arbeitsgruppe (Schielen u. a., 2005) zu einem ähnlichen Ergebnis. Es gab bei den zwei bereits bekannten Basisemotionen Furcht und Ekel keine Geschlechtsunterschiede in den Hirnaktivierungsmustern. Dies spricht dafür, dass die an der Emotionsinduktion und -verarbeitung beteiligten Hirnstrukturen für beide Geschlechter ähnlich sind. Vergleicht man aber einzelne, spezifische Hirnstrukturen miteinander, so finden sich bei den Männern stärkere Aktivierungen in der Amygdala und im fusiformen Gyrus (an der Erkennung von Gesichtern beteiligt), wenn sie Bilder mit Furcht einflößenden Szenen sehen. Dies war vor allem bei solchen Szenen der Fall, die Aggressionen von Menschen (z. B. Attacke mit einem Messer) oder von Tieren (z. B. Zähnefletschen eines Hundes) darstellten. Außer diesem einen geschlechtsspezifischen Befund gab es keine Unterschiede zwischen Männern und Frauen z. B. bei ekeleregenden

Bildern. Dies spricht dafür, dass Männer wahrscheinlich eine erhöhte Sensitivität für Signale entwickelt haben, die Gefahr und Aggression ankündigen. Die mit bildgebenden Verfahren gewonnenen Erkenntnisse legen also die Vermutung nahe, dass geschlechtsspezifische Modulationen von Emotionen auf ganz spezifische Reizsituationen beschränkt bleiben.

## Ausblick

Mit bildgebenden Verfahren, insbesondere mit der nicht-invasiven Methode der funktionellen Magnetresonanztomographie, gelingt also der Blick in das emotionsverarbeitende menschliche Gehirn. Eine anspruchsvolle Emotionsforschung kann heutzutage auf dieses Verfahren nicht mehr verzichten. Ein Hinweis darauf ist die Publikationsaktivität auf diesem Gebiet: seit den letzten zehn Jahren nimmt sie exponentiell zu. Auch erobert sie stetig noch unerforschtes klinisch-psychologisches Terrain und eröffnet so neue Einblicke in die Gehirnfunktionen von Patienten, deren emotionale Reaktionsmuster gestört bzw. dysfunktional sind, wie z. B. bei Angststörungen, affektiven Störungen oder Essstörungen (Vaitl et al., 2004). Wenn sich die vorangegangene Darstellung auch nur auf die neurovaskulären Vorgänge im Gehirn beschränkt hat, bedeutet dies natürlich nicht, dass nicht noch viele andere, ebenso zentrale Prozesse an der Entstehung und Verarbeitung von Emotionen beteiligt sind, wie z. B. all jene Prozesse, die durch die verschiedenen Neurotransmitter-Systeme (z. B. Noradrenalin, Serotonin, Dopamin, Glutamat) und endokrinen Systeme gesteuert werden. Multivariate Untersuchungsansätze, die in der Emotionsforschung die neurovaskulären mit den neuromodulatorischen Prozessen verknüpfen, sind allerdings – aufgrund methodischer Barrieren – noch in der Minderzahl.

Rascher zu realisieren erscheinen unserer Arbeitsgruppe dagegen zwei neue Forschungsansätze: (1) das Neuro-Feedback zur Emotionsregulation, bei dem die Aktivitäten bestimmter, an der Emotionsregulation beteiligter Hirnregionen in Echtzeit den Probanden mit der Bitte zurückgemeldet werden, diese in eine bestimmte Richtung willentlich zu verändern und (2) die Klassifikation und Vorhersage von Emotionen, die die Probanden aktuell erleben, und zwar aufgrund von neuronalen Netzwerken, in die jene an der Emotionsverarbeitung beteiligten Hirnregionen eingebunden sind (so genanntes mind reading).

## Literatur

- Adler, N., Pfaff, D., & Goy, R.W. (Eds.): *Reproduction. Handbook of Behavioral Neurobiology*. Vol. 7. New York: Plenum.
- Berridge, K.C. (2003): Pleasures of the brain. *Brain and Cognition*, 52, 106–128.
- Jäncke, L. (2005): *Methoden der Bildgebung in der Psychologie und den kognitiven Neurowissenschaften*. Stuttgart: Kohlhammer.
- LeDoux (1995): Emotions: Clues from the brain. *Annual Review of Psychology*, 46, 209–235.
- Schienze, A., Walter, B., Stark, R., & Vaitl, D. (2002): Ein Fragebogen zur Erfassung der Ekelempfindlichkeit (FEE). *Zeitschrift für Klinische Psychologie und Psychotherapie*, 31, 110–120.
- Schienze, A., Schäfer, A., Stark, R., Walter, B., & Vaitl, D. (2005): Gender differences in the processing of disgust and fear-inducing pictures: an fMRI study. *Neuroreport*, 16, 1–4.
- Stark, R., Schienze, A., Girod, C., Walter, B., Kirsch, P., Blecker, C., Ott, U., Schäfer, A., Sammer, G., Zimmermann, M. & Vaitl, D. (2005): Erotic and disgust-inducing pictures – Differences in the hemodynamic responses of the brain. *Biological Psychology*, 70, 19–29.
- Vaitl, D., Schienze, A., & Stark, R. (2004): Emotionen in der Psychotherapie: Beiträge des Neuroimaging. In: G. Schiepek (Hrsg.): *Neurobiologie der Psychotherapie*. Stuttgart, New York: Schattauer, S. 158–185
- Wager, T.D., Phan, K.L., Liberzon, I., & Taylor, F. (2003): Valence, gender, and lateralization of functional brain anatomy in emotion: a meta-analysis of findings from neuroimaging. *NeuroImage*, 19, 513–531.