

Hain, Cornelia; Lehmann-Waffenschmidt, Marco; Kenning, Peter

**Working Paper**

## Neuroökonomie und Neuromarketing: Neurale Korrelate strategischer Entscheidungen

Dresden Discussion Paper Series in Economics, No. 04/07

**Provided in Cooperation with:**

Technische Universität Dresden, Faculty of Business and Economics

*Suggested Citation:* Hain, Cornelia; Lehmann-Waffenschmidt, Marco; Kenning, Peter (2007) : Neuroökonomie und Neuromarketing: Neurale Korrelate strategischer Entscheidungen, Dresden Discussion Paper Series in Economics, No. 04/07, Technische Universität Dresden, Fakultät Wirtschaftswissenschaften, Dresden

This Version is available at:

<https://hdl.handle.net/10419/22745>

**Standard-Nutzungsbedingungen:**

Die Dokumente auf EconStor dürfen zu eigenen wissenschaftlichen Zwecken und zum Privatgebrauch gespeichert und kopiert werden.

Sie dürfen die Dokumente nicht für öffentliche oder kommerzielle Zwecke vervielfältigen, öffentlich ausstellen, öffentlich zugänglich machen, vertreiben oder anderweitig nutzen.

Sofern die Verfasser die Dokumente unter Open-Content-Lizenzen (insbesondere CC-Lizenzen) zur Verfügung gestellt haben sollten, gelten abweichend von diesen Nutzungsbedingungen die in der dort genannten Lizenz gewährten Nutzungsrechte.

**Terms of use:**

*Documents in EconStor may be saved and copied for your personal and scholarly purposes.*

*You are not to copy documents for public or commercial purposes, to exhibit the documents publicly, to make them publicly available on the internet, or to distribute or otherwise use the documents in public.*

*If the documents have been made available under an Open Content Licence (especially Creative Commons Licences), you may exercise further usage rights as specified in the indicated licence.*

*Dresden Discussion Paper Series  
in Economics*



---

**Neuroökonomie und Neuromarketing:  
Neurale Korrelate strategischer Entscheidungen**

MARCO LEHMANN-WAFFENSCHMIDT

CORNELIA HAIN

PETER KENNING

*Dresden Discussion Paper in Economics No. 04/07*

Address of the author(s):

Marco Lehmann-Waffenschmidt  
TU Dresden  
Fakultät Wirtschaftswissenschaften  
Lehrstuhl für VWL, insb. Managerial Economics  
Helmholtzstraße 10  
01062 Dresden  
Deutschland  
e-mail : [beckerh@rcs.urz.tu-dresden.de](mailto:beckerh@rcs.urz.tu-dresden.de)

Cornelia Hain  
TU Dresden  
Fakultät Wirtschaftswissenschaften  
Lehrstuhl für VWL, insb. Managerial Economics  
Helmholtzstraße 10  
01062 Dresden  
Deutschland  
e-mail : [connyhain@gmx.de](mailto:connyhain@gmx.de)

Peter Kenning  
Universität Münster  
IfHM  
Am Stadtgraben 13-15  
48143 Münster  
Deutschland  
e-mail : [Peter.Kenning@wiwi.uni-muenster.de](mailto:Peter.Kenning@wiwi.uni-muenster.de)

Editors:

Faculty of Business Management and Economics, Department of Economics

Internet:

An electronic version of the paper may be downloaded from the homepage:  
<http://rscwww.urz.tu-dresden.de/wpeconomics/index.htm>

English papers are also available from the SSRN website:  
<http://www.ssrn.com>

Working paper coordinator:

Dominik Maltritz  
e-mail: [wpeconomics@mailbox.tu-dresden.de](mailto:wpeconomics@mailbox.tu-dresden.de)

# Neuroökonomie und Neuromarketing: Neurale Korrelate strategischer Entscheidungen

*Marco Lehmann-Waffenschmidt*  
*TU Dresden*  
*Fakultät Wirtschaftswissenschaften*  
*01062 Dresden*  
[beckerh@rcs.urz.tu-dresden.de](mailto:beckerh@rcs.urz.tu-dresden.de)

*Cornelia Hain*  
*TU Dresden*  
*Fakultät Wirtschaftswissenschaften*  
*01062 Dresden*  
[connyhain@gmx.de](mailto:connyhain@gmx.de)

*Peter Kenning*  
*Universität Münster*  
*IfHM*  
*48143 Münster*  
[Peter.Kenning@wiwi.uni-muenster.de](mailto:Peter.Kenning@wiwi.uni-muenster.de)

## Abstract:

Die Bedeutung von Emotionen und Affekten bei ökonomischen Entscheidungen wird seit mehreren Jahren in der ökonomischen Literatur diskutiert (z. B. Rabin, 1998). Eine Erklärung der empirischen Evidenz in diesem Bereich, die über eine bloß phänomenologische Ebene hinausgeht, verlangt eine Grenzüberschreitung zu benachbarten Wissenschaftsgebieten wie der Individual- oder Sozial-Psychologie, der Anthropologie oder der Soziologie - und neuerdings auch der Neurobiologie und -physiologie. War eine exakte Messung und Analyse der Hirnaktivitäten bis vor wenigen Jahren fast ausschließlich auf EEG-gestützte oder -verwandte Methoden angewiesen, so hat sich durch die technische Entwicklung der (funktionellen) Magnetresonanztomographie bzw. Kernspintomographie in jüngster Zeit ein weites Anwendungsfeld in anderen Wissenschaftsgebieten ergeben, gerade für die (Mikro)Ökonomik. In diesem Beitrag soll der Leser über den state of the art in der Neuroökonomie und ihren Anwendungs-Teilbereichen, vor allem dem Neuromarketing, in komprimierter Form informiert werden. In Abschnitt 2 werden die Fragestellungen und grundsätzliche Herangehensweise der Neuroökonomik skizziert, Abschnitt 3 stellt kurz den aktuellen Stand der Mess- und Analysemethoden der medizinischen Gehirnforschung vor, und Abschnitt 4 beschreibt den Stand zur Frage der Lokalisierung von zentralen Funktionen im menschlichen Gehirn. Die ökonomischen Anwendungen findet der Leser in Abschnitt 5, der einen Überblick über den state of the art neuroökonomischer Untersuchungen in der wirtschafts- und neurowissenschaftlichen Literatur gibt, sowie in Abschnitt 6, in dem das Neuromarketing als wissenschaftliches und kommerzielles Anwendungsfeld der Neuroökonomik behandelt wird. Die Abschnitte 7 und 8 schließlich geben nach einer kurzen Diskussion der ethischen Problematik neurowissenschaftlicher Untersuchungen einen Ausblick auf mögliche Forschungsfelder der Neuroökonomik in der näheren Zukunft sowie den Versuch einer Einschätzung der Relevanz des neurowissenschaftlichen Ansatzes in der Ökonomik.

JEL-Classification: Z19, M3, M31, M37, Y8, D01, C91

Keywords: Neuroökonomie, Neurowissenschaften, Neuromarketing

## **1. Einleitung**

Um das in den Modellen und Theorien der Ökonomik verwendete Menschenbild wird inner- und auch außerhalb der wissenschaftlichen Community seit einiger Zeit eine intensive Debatte geführt. Obwohl bereits schon in den 1930er Jahren in den USA und dann seit den 1950er Jahren vor allem in Deutschland wissenschaftliche experimentelle Befunde in der Ökonomik erhoben wurden, ließ die systematische Überprüfung (mikro)ökonomischer Theorien und Modelle im Experimentallabor auf sich warten. Erst durch den rasanten Aufschwung der experimentellen Wirtschaftsforschung seit Anfang der 1990er Jahre, der 1994 und 2002 gekrönt wurde durch die Nobelpreisverleihungen an Reinhard Selten sowie an David Kahnemann und Vernon Smith, wurden die traditionellen Methoden der Introspektion und der axiomatisch-nomologischen Deduktion auf der individuellen sowie der angewandten Statistik bzw. Ökonometrie auf der aggregierten Ebene durch experimentelle Befunde ergänzt. Damit war ein empirisch valides Testverfahren für theoretische Ansätze und Modelle (auf der Mikroebene) geschaffen. Daraus ergab sich allerdings die Schwierigkeit, dass eine adäquate theoretische Erklärung eines realen Sachverhalts oder Prozesses offensichtlich über den Rahmen des ökonomischen Rationaldenkens hinausgehen muss, sobald ein dem „autistischen“ homo oeconomicus-Verhalten nicht entsprechender experimenteller Befund erklärt werden soll. Liegen zudem erkennbar nichtkognitive Motivationsstrukturen wie Automatismen oder Emotionen vor, genügen auch Erklärungen des Typs „bounded rationality“ offensichtlich nicht mehr, da dann das beobachtete Verhalten nicht einfach als Rationalentscheidungsverhalten unter geeignet

zu rekonstruierenden einschränkenden Nebenbedingungen ex-post rationalisiert werden kann.

Die Bedeutung von Emotionen und Affekten bei ökonomischen Entscheidungen wird seit mehreren Jahren in der ökonomischen Literatur diskutiert (z. B. RABIN, 1998). Der Schritt hinaus über eine Modellierung vom Typ der bounded rationality verlangt eine Grenzüberschreitung zu benachbarten Wissenschaftsgebieten wie der Individual- oder Sozialpsychologie, der Anthropologie oder der Soziologie - und neuerdings auch der Neurobiologie und -physiologie. Gerade der letztgenannte neurowissenschaftliche Bereich hat dabei unlängst eine stark methodisch bedingte Weiterentwicklung erfahren, die auch für die ökonomische Forschung von Interesse ist. War eine exakte Messung und Analyse der Hirnaktivitäten bis vor wenigen Jahren fast ausschließlich auf EEG-gestützte oder -verwandte Methoden angewiesen, so hat sich durch die technische Entwicklung der (funktionellen) Magnetresonanztomographie bzw. Kernspintomographie in jüngster Zeit ein weites Anwendungsfeld in anderen Wissenschaftsgebieten ergeben. Gerade für die (Mikro)Ökonomik bietet die verbreiterte neurowissenschaftliche Anwendung einen möglicherweise ganz wesentlichen Impuls. Denn wenn konfliktäre strategische Entscheidungen den Erklärungsrahmen der bounded rationality überschreiten, dann wäre die Suche nach anderen Motivationsstrukturen außer den rational-kognitiven durch einen naturwissenschaftlich nachvollziehbaren Blick ins Gehirn sicher besser zu lösen als durch introspektive Schlussfolgerungen oder „Linearkombinationen“ von aus der Literatur bekannten psychologischen oder anthropologischen Erklärungsmodellen.

Die Anwendung neurowissenschaftlicher Verfahren in der Ökonomik beruht im Wesentlichen auf zwei Thesen:

- (1) Mittels neurowissenschaftlicher Methoden kann eine regionale Aktivitätszuordnung zu neurobiologisch und -physiologisch abgrenzbaren Hirnarealen erreicht werden.

- (2) Hirnarealen können, zumindest partiell, emotionale oder kognitive sowie automatisierte oder kontrollierte Steuerungs-Funktionen differenziert zugeordnet werden (Lokalisations-These).

In diesem Sinne ist klar, dass jede ökonomische Anwendung der neurowissenschaftlichen Methoden und Analyseresultate nur so gut sein kann wie eben diese. In einer ersten (vielleicht sich schon bald als zu grob herausstellenden) Unterscheidung kann man in der sogenannten *Neuroökonomie (oder Neuroökonomik)* als Teilgebiet der *verhaltensorientierten Ökonomie (behavioral economics)* derzeit zwei Teilbereiche unterscheiden: Zum einen geht es um die weitere grundlegende Erforschung individueller Entscheidungsprozesse im Rahmen der deskriptiven Entscheidungs- und Spieltheorie, wobei sich die individuelle Suche nach Belohnung und Vermeidung von Bestrafung (vgl. 5. Kapitel) als ein wichtiges Verhaltensmovers herausstellt. Zum anderen haben sich erste angewandte Forschungsrichtungen herausgebildet: die Erforschung der neuronalen Wirkung absatzmarktbezogener Maßnahmen („Neuromarketing“, s. Abschnitt 6) und „Neurofinance“ (s. Schlußabsatz in Abschnitt 5 sowie Abschnitt 8).<sup>1</sup>

In diesem Beitrag soll der Leser über den state of the art in der Neuroökonomie und ihren Anwendungs-Teilbereichen, vor allem dem Neuromarketing, in komprimierter Form informiert werden. Die Autoren sind sich dabei der Tatsache bewusst, dass sich ein Forschungsgebiet wie die Neuroökonomie in ständiger Fortentwicklung befindet und damit einen Übersichtsbeitrag wie den vorliegenden möglicherweise schon bald überholt sein lässt. Dennoch unternehmen wir den Versuch, den Status Quo und die Aussichten für die nähere Zukunft des neurowissenschaftlichen Ansatzes in der Ökonomik darzustellen – nicht zuletzt auch mit der Intention, Interessenten für dieses spannende und viel versprechende Gebiet zu gewinnen.

---

<sup>1</sup> Die kognitionswissenschaftlichen Grundlagen des neurowissenschaftlichen Ansatzes in der Ökonomik sollen hier aus Platzgründen nicht Gegenstand der Untersuchung sein, zur Lektüre siehe z. B. den Beitrag von F. Beckenbach in diesem Band.

Der Beitrag ist in der folgenden Weise gegliedert: In Abschnitt 2 werden die Fragestellungen und grundsätzliche Herangehensweise der Neuroökonomik skizziert, Abschnitt 3 stellt kurz den aktuellen Stand der Mess- und Analysemethoden der medizinischen Gehirnforschung vor, und Abschnitt 4 beschreibt den Stand zur Frage der Lokalisierung von zentralen Funktionen im menschlichen Gehirn. Die ökonomische Anwendung findet der Leser in Abschnitt 5, der einen Überblick über den state of the art neuroökonomischer Untersuchungen in der wirtschafts- und neurowissenschaftlichen Literatur gibt, sowie in Abschnitt 6, in dem das Neuromarketing als wissenschaftliches und kommerzielles Anwendungsfeld der Neuroökonomik behandelt wird. Die Abschnitte 7 und 8 schließlich geben nach einer kurzen Diskussion der ethischen Problematik neurowissenschaftlicher Untersuchungen einen Ausblick auf mögliche Forschungsfelder der Neuroökonomik in der näheren Zukunft sowie den Versuch einer Einschätzung der Relevanz des neurowissenschaftlichen Ansatzes in der Ökonomik.

## **2. Fragestellungen und grundsätzliche Herangehensweise der Neuroökonomik**

Wie in der Einleitung bereits skizziert, geht der neuroökonomische Forschungsansatz davon aus, dass

a) die Aktivität eines Hirnareals durch die neurowissenschaftlichen Messmethoden (siehe Abschnitt 4) zuverlässig, d. h. mit genügend hoher Zeit- und Ortsauflösung, bestimmt werden kann,

dass

b) die Aktivität einer Hirnregion (Hirnareals) bedeutet, dass die durch das verwendete Messverfahren lokalisierte Funktion in diesem Moment beim Probanden aktiv und zudem auch entscheidungs- und verhaltensrelevant ist,

und dass

c) menschliche Gehirne eine so große interpersonelle funktionale Uniformität aufweisen, dass die Messergebnisse der untersuchten Probanden verallgemeinert werden können.

Der neurowissenschaftliche Ansatz in der Ökonomik zielt zum einen auf individuelles Entscheidungsverhalten im Kontext nicht-interaktiver Entscheidungen (intrapersonelle Entscheidungsprozesse) eines Subjekts sowie zum anderen auf strategisch-interaktive Entscheidungen eines Subjekts, für das die Konsequenzen seiner eigenen Entscheidung auch von den Entscheidungen anderer Akteure abhängen (interpersonelle Entscheidungsprozesse). Die beiden relevanten Theoriebereiche der Ökonomik für diesen Forschungsansatz sind die Entscheidungstheorie und die Spieltheorie. Neben diesen Grundlagenanwendungsgebieten hat der neuroökonomische Ansatz bereits Anwendung auf den Gebieten „Neuromarketing“ und „Neurofinance“ gefunden. Die Grundüberzeugung, auf der die Idee einer neurowissenschaftlichen Analyse von Entscheidungsprozessen im ökonomischen Gegenstandsbereich beruht, mündet in die Hypothese, dass auch ökonomische Entscheidungen trotz ihrer Zweck-Mittel-Orientierung wesentlich durch nicht-kognitive Elemente geprägt sein können, d. h. durch Affekte und Emotionen auf der einen und automatisiertes anstatt kontrolliertes Entscheidungsverhalten auf der anderen Seite. Damit wird der hochstilisierte Rahmen des homo oeconomicus-Ansatzes (rational-choice-Ansatz) verlassen mit der Konsequenz, auf das glatte Parkett der inter- bzw. transdisziplinären Forschung in Verbindung mit den Wissenschaftsgebieten der Psychologie, der Physiologie /Medizin sowie der Biologie zu geraten.

Ein sicherlich nicht zu unterschätzendes „Con“ gegen die Anwendung neurowissenschaftlicher Methoden und Resultate auf ökonomische Fragestellungen ist die Unterstellung, dass sich im neuroökonomischen Ansatz lediglich ein Mitläufertum in der „Modewelle“ der Neurowissenschaften zu Anfang des 21. Jahrhunderts ausdrücken könnte. Dafür, dass der neuroökonomische Ansatz eine vernünftige und zukunftsweisende Richtung vorgibt, spricht aber neben den in diesem Beitrag ausgeführten Gründen auch die wissenschaftshistorische Tatsache,

dass die Ökonomik seit ihrer Entstehung im 18. Jh. immer wieder ganz wesentlich von Ideen- und Methodentransfers aus anderen Wissenschafts- und Lebensbereichen für ihre weitere Entwicklung profitiert hat.

Welche ökonomischen Gegenstandsbereiche kommen in neuroökonomischen Studien bisher vor? Als zentral gilt die Annahme, dass menschliches Verhalten geprägt ist vom Streben nach Belohnung und Vermeiden von Bestrafung. Für den Bereich der intrapersonellen Entscheidungsprozesse *eines* Subjekts heißt das, dass Präferenzen und Nutzen, Entscheidungen bei Risiko und Unsicherheit, Gedächtnis, Lernen und Wissen im Mittelpunkt stehen. Bei strategisch-interaktiven Entscheidungen hingegen geht es um soziale Präferenzen, also Aspekte des Altruismus, der Fairneß und des Vertrauens. Während das erste Feld der intrapersonellen Entscheidungsfindung offensichtlich potentiellen Anwendungen im Marketing oder in der Organisationstheorie nahe steht, sind die Fragestellungen des zweiten Gebiets der strategisch-interaktiven Entscheidungsfindung durch Probleme und Modelle der Spieltheorie inspiriert. Eine grundlegende Systematik zu einer seriösen neurowissenschaftlichen Herangehensweise im ökonomischen Gegenstandsbereich ist die Unterscheidung zwischen kontrollierten und automatisch ablaufenden Entscheidungsprozessen auf der einen sowie kognitiven und affektiven Einflüssen auf der anderen Seite bieten Camerer et al. 2005 (Section 3). In einer Matrixanordnung ergibt sich folgendes Bild:

	Kognitive Prozesse	Affektive Prozesse
Kontrollierte Prozesse	I	II
Automatische Prozesse	III	IV

**Tabelle 1**

Die Unterscheidung zwischen automatischen und kontrollierten Prozessen wurde bereits von SCHNEIDER und SHIFFRIN 1977 vorgeschlagen. (Andere

zweielementige Unterscheidungssysteme sind regelbasierte versus assoziative oder rationale versus erfahrungsgeleitete, reflektive versus reflexive oder deliberative versus implementative Systeme.) Kontrollierte Prozesse laufen sequentiell, also Schritt für Schritt ab, bedeuten einen mehr oder weniger großen Aufwand für das Subjekt, werden nach einem inneren oder äußeren Reiz bewusst ausgelöst und können von Probanden im Nachhinein gut sprachlich dargestellt werden. Automatische Prozesse haben genau die entgegengesetzten Eigenschaften – sie verlaufen parallel anstatt sequentiell, sind für das Bewusstsein gar nicht oder nur schwer zugänglich und werden von den Probanden als relativ anstrengungsfrei erlebt.

Die Unterscheidung in kognitiv gesteuerte oder emotional-affektiv beeinflusste Prozesse in der Abbildung ist weitgehend selbsterklärend. Die begriffliche Unterscheidung zwischen Gefühlen auf der einen und Affekten/Emotionen auf der anderen Seite wird am besten auf der Ebene der Aktivierung getroffen: Affekte und Emotionen sind physiologische Zustände, die dem Subjekt nicht notwendig bewusst werden müssen. Gefühle hingegen entstehen erst durch die kognitive Verarbeitung, d.h. die bewusste Wahrnehmung eines physiologischen Zustands. Der entscheidende Unterschied liegt also in der bewussten Wahrnehmung: Affekte und Emotionen verlaufen in den meisten Fällen unbewusst. Kognitive Prozesse dienen hingegen der Bewusstmachung von bestimmten Abläufen, ihrer Bewertung und der Projektion möglicher Entscheidungsergebnisse. Sie sind zumeist auf die Überprüfung von wahren im Gegensatz zu falschen Aussagen orientiert.

Die Interaktion zwischen den beiden Unterscheidungsebenen kognitiv versus affektiv und kontrolliert versus automatisch wird in Tabelle 1 in zwei intuitiv naheliegenden Felder (I und IV), die Kognition mit Kontrolle und Affekt mit Automatismus assoziieren, verortet und in zwei zunächst weniger einleuchtenden Feldern (II und III). Aber schon einfache Beispiele zeigen, dass auch die Kombinationen II und III intuitiv verständlich sind: Sehen und Sprechen sind kognitiv automatische Prozesse (III), und Beispiele für kontrollierte und zugleich affektiv gesteuerte Prozesse findet man bei darstellenden Künstlern, die sich bei der Wiedergabe eines Musikstücks oder

einer Schauspielszene gefühlsmäßig in früher erlebte Zustände hineinversetzen, um eine glaubwürdige Interpretation zu erzielen (II). Auf das Forschungsgebiet der Ökonomik bezogen entspricht die Standardökonomik Feld I, während die drei übrigen Felder, insbesondere Feld IV, dem weiter gespannten Anspruch einer wirklich verhaltensorientierten Analyse ökonomischen Entscheidens und Handelns entgegenkommen.

### **3. Überblick über die verwendeten neurophysiologischen Meßmethoden**

In der Vergangenheit konnten viele Erkenntnislücken zur Lokalisation und Funktionsweise einzelner Teile des Gehirns durch invasive Untersuchungen bei Patienten mit Läsionen (Hirnverletzungen) oder epileptischen Anfällen geschlossen werden. In den letzten Jahren verzeichnete die Neurowissenschaft aber vor allem große Fortschritte durch die Entwicklung neuer Techniken, die ohne Eingriffe funktionieren (nichtinvasive Methoden). Dabei basieren die Messungen auf zwei Grundgedanken: Während die Elektroencephalographie (EEG) und Magnetencephalographie (MEG) bei den elektrischen Potentialen des Gehirns ansetzen, stützen sich die Positronen-Emissions-Tomographie (PET) und die funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRT) auf die Stoffwechseleigenschaften des Gehirns. Es existieren noch zahlreiche andere Methoden wie die transcranielle Magnetstimulation (TMS), die Magnetresonanzspektroskopie (MRS) oder die Computertomographie (CT), die aber aufgrund der momentanen mangelnden Relevanz für die neuroökonomische Forschung in diesem Beitrag außen vor bleiben.

#### *Messungen auf Basis elektromagnetischer Veränderungen im Gehirn*

Bei der *Elektroencephalographie* (EEG) handelt es sich um ein Verfahren, das mit sehr hoher zeitlicher Auflösung im ms-Bereich oberflächennah elektrische Hirnpotentialschwankungen mißt (DA SILVA, 2004). Mit Hilfe von auf der Kopfhaut der Probanden angebrachten Elektroden erreicht man

jedoch nur mühsam durch komplizierte Auswertungsverfahren Aufschluss über die Aktivität in tief liegenden Arealen, sodass dieses Verfahren eher ungeeignet scheint für spezifische Lokalisationen von bestimmten Verhaltensreaktionen. Der wesentliche Vorteil der EEG besteht in der zeitlichen Genauigkeit, sodass mit ihr bildgebende Verfahren wie die MRT in temporärer Hinsicht Unterstützung erfahren können.

Auch die *Magnetencephalographie* (MEG) bietet diesen Vorteil. Bei diesem neurowissenschaftlichen Verfahren können jedoch zusätzlich gute räumliche Auflösungswerte im 1-2 mm Bereich erreicht werden. Die elektrischen Ladungen, die bei jeder Hirnaktivität entstehen, sind größtenteils Potentiale, die selbst ein Magnetfeld erzeugen (BIRBAUMER et al 2003, SCHANDRY 2003). Sogar die schwächsten Felder können unter Einsatz von speziellen Detektoren, den sogenannten SQUIDS (superconducting quantum interference device), aufgespürt werden. Diese werden, anders als beim EEG, nicht direkt auf der Kopfhaut angebracht, sondern in einem Abstand zur Schädeldecke von 10-15 mm, um „störende“ Nebensignale z. B. durch Hautpotentiale zu vermeiden (SCHANDRY 2003). Da die Sensoren erst bei sehr niedrigen Temperaturen supraleitend minimale Magnetfelder registrieren, müssen sie stark mit Helium abgekühlt werden, was mit ausgesprochen hohen Kosten verbunden ist. Hinzu kommt, dass jegliche Störeinflüsse anderer Magnetfelder vermieden werden müssen, sodass zusätzlich spezielle abschirmende Kammern notwendig sind. Jedoch überragen die Vorteile der sehr guten räumlichen und zeitlichen Auflösung, anderenfalls würde die MEG nicht auf das Interesse der Neuroökonomien stoßen.

#### *Messung auf Basis des Hirnstoffwechsels*

Die *Positronen-Emissions-Tomographie* (PET) funktioniert auf Basis von Radioaktivität, bei der die Probanden eine radioaktiv-markierte Lösung injiziert bekommen, die innerhalb des normalen Stoffwechselvorgangs im Gehirn sichtbar wird. Dabei macht sich die PET die Eigenschaft der Nervenzellen zunutze, bei Energiebedarf Sauerstoff und Glukose umzusetzen. Aufgenommen von den gerade aktiven Neuronen verbleibt das verabreichte glukoseähnliche radioaktive Isotop (2-Desoxyglukose) in den Zellen. Die radioaktiv zerfallenden Positronen emittieren über kurze Zeit

Strahlung, die von einem Röntgendetektor gemessen, gesammelt und später von einem Computer als Gesamtbild dargestellt wird. Durch die Analyse des Blutflusses und der neurochemischen Prozesse im Gehirn geben die resultierenden Aufnahmen in hoher räumlicher und zeitlicher Auflösung (4-8 mm bei ca. 1 Sekunde) Aufschluss über die Aktivität verschiedener Areale. Diesen Vorteilen stehen allerdings auch Nachteile gegenüber: Die radioaktive Belastung ist bei Isotopen zwar prinzipiell relativ gering, sie müssen jedoch die Eigenschaft haben, innerhalb von wenigen Minuten zu zerfallen, um gesundheitlich unschädlich zu sein. Aufgrund der geforderten raschen Zerfallszeit der Isotope wird ein Teilchenbeschleuniger (Zyklotron) zu ihrer Herstellung benötigt, wodurch das ganze Verfahren zusätzlich noch verteuert wird (SCHMIDT et al. 1997). Aus diesen Gründen haben sich andere Verfahren wie die MRT durchgesetzt.

Die *Magnetresonanztomographie* (MRT, engl.: MRI, magnet resonance imaging) ist ein bildgebendes Verfahren, das sowohl statische als auch funktionelle (dynamische) Aufnahmen des Gehirns (und anderen Körperteilen) liefern kann (SCHANDRY 2003). Oftmals wird analog der Begriff *Kernspintomographie* verwendet, der sich aus der Funktionsweise der MRT herleiten lässt. Unter kernmagnetischer Resonanz bei der sogenannten *NMR-Technik* (nuclear magnetic resonance) versteht man die Drehbewegung oder den Drehimpuls (= Spin) geladener Teilchen beim Anlegen eines starken externen Magnetfeldes. Die einzelnen Dipole der Protonen in den jeweiligen Hirnzellen richten sich parallel zu den Magnetfeldlinien aus. Durch zusätzlich angelegte hochfrequente elektromagnetische Energie versetzt man diese Dipole in kreiselnde Bewegung. Das Abschalten der Zusatzenergie bewirkt ein Zurückfallen der Teilchen in die Parallelstellung zum Magnetfeld. Als Relaxation bezeichnet, erfolgt dieser Vorgang schrittweise unter Abgabe von Energie (= Kernresonanz; BIRBAUMER et al. 2003), die wiederum von Hochfrequenzdetektoren gemessen wird. Die Zeit zwischen Abschalten und Aussenden der Relaxationssignale gibt Aufschluss über die Art der Teilchen und demzufolge auch über die Zusammensetzung des Gewebes. Die für eine Tomographie typischen Schnittbilder erhält man jedoch erst durch den Aufbau weiterer, schwächerer Magnetfelder – sogenannte Gradientenfelder –,

die in Verbindung mit zahlreichen Rechenaufgaben eine Zuordnung und räumliche Lokalisation der jeweiligen Schnittbilder erlauben.

Die *funktionelle Vorgehensweise der MRT* (fMRT) basiert auf demselben Prinzip wie die eben erläuterte statische Methode. Sie nutzt jedoch zusätzlich den sehr hohen Sauerstoffverbrauch des Gehirns bei Aktivität. Der Bedarf an Sauerstoff wird dabei in den gerade beanspruchten Arealen innerhalb von Sekundenbruchteilen gesteigert. Die Folge ist, dass diese Bereiche mit mehr sauerstoffreichem Oxyhämoglobin (Hämoglobin = rote Blutkörperchen) beliefert werden, als sie eigentlich benötigen und umsetzen können. Die Protonen dieses Stoffes besitzen eine längere Relaxationszeit als Desoxyhämoglobin, das im Ruhezustand in den Nervenzellen überwiegt. Innerhalb dieser Spanne senden die Oxyhämoglobin-Protonen mehr Signale, die vom Magnetdetektor als Zeichen verstärkter Aktivität gemessen werden (BIRBAUMER et al. 2003). Dieses von der fMRT genutzte Prinzip nennt man BOLD-Effekt (blood oxygenation level dependent). Es ermöglicht auf nicht-invasive Weise den Einblick ins aktive Gehirn, allerdings mit einer gewissen Verzögerung, da das sauerstoffreiche Blut einige Zeit (Sekunden) braucht, ehe es die arbeitenden Neuronen versorgen kann. Eine authentische ereignissynchrone Eins-zu-Eins-Abbildung, wie bspw. beim Aufzeichnen der Herztöne, ist mit der fMRT also nicht möglich. Auch die starke Lärmbelästigung durch das Anlegen des Magnetfeldes während einer Messung, die beengten Räumlichkeiten sowie die Notwendigkeit der weitgehenden Bewegungslosigkeit durch den Probanden werden von einigen Probanden als nachteilig empfunden.

Demgegenüber weist die fMRT einige Vorteile auf: Anders als bei der PET kann bei der fMRT-Technik auf den Gebrauch radioaktiver Mittel verzichtet werden. Allgemein sind noch keine Nebenwirkungen oder Gesundheitsrisiken bei diesem Verfahren bekannt. Ein weiterer Vorteil liegt in der sehr hohen Bildauflösung, die zudem noch gesteigert werden kann mit Hilfe des sogenannten FLASH-Modus. Damit können räumliche Aufnahmen im 1-mm-Bereich erzielt werden, was jedoch die Messungsgeschwindigkeit verringert. Diese lässt sich aber mit dem sogenannten Echo-Planer-Imaging wieder erhöhen (BIRBAUMER et al. 2003).

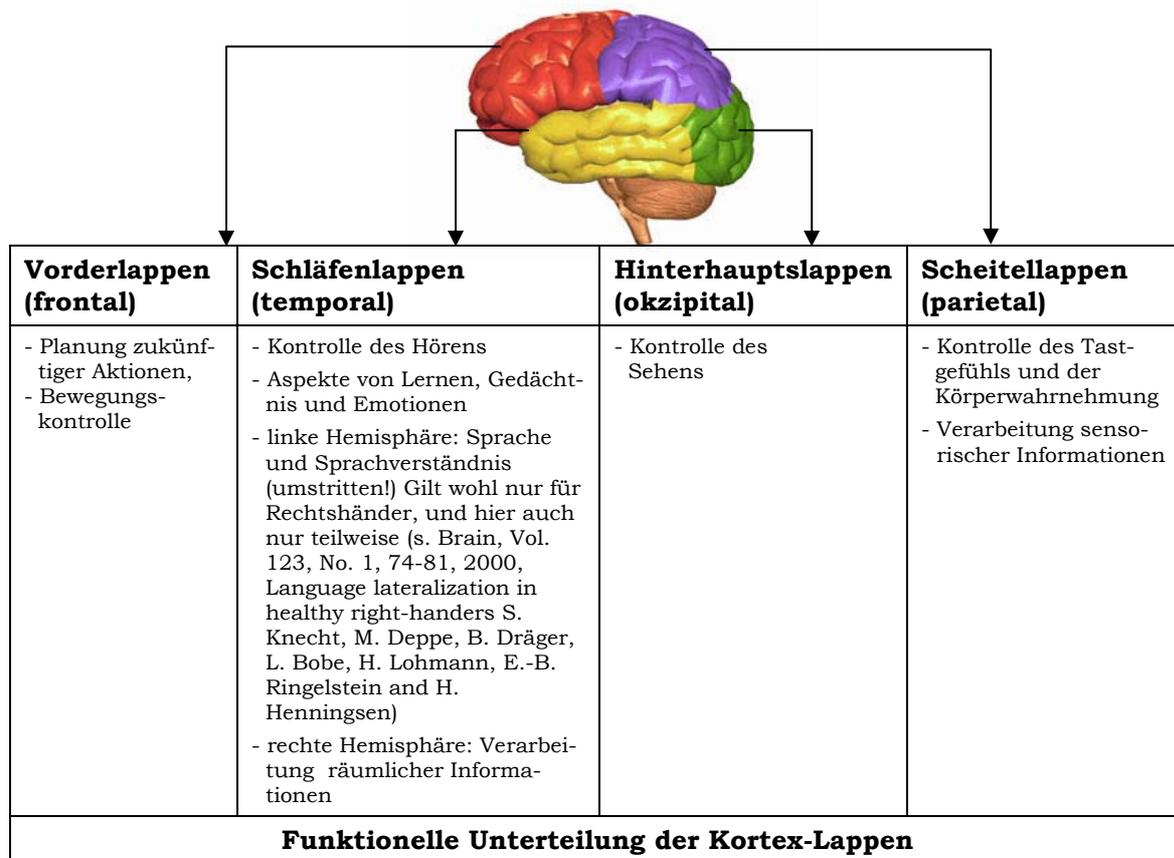
#### **4. Zur Frage der Lokalisierung zentraler Hirnfunktionen**

Das menschliche Großhirn lässt sich grob in zwei Hälften einteilen, die sogenannten Hemisphären, die wiederum in die Großhirnrinde und drei darunter liegende Bereiche unterteilt werden: die Basalganglien (beteiligt an Steuerung motorischer Abläufe), den Hippocampus als größte Struktur des „limbischen Systems“<sup>2</sup> (Gedächtnisfunktion, speziell für explizite Erinnerungen) sowie die Amygdala (Mandelkern; Koordination autonomer und endokriner Reaktionen in Verbindung mit emotionalen Zuständen). Sowohl die linke als auch die rechte Hirnhälfte besitzen trotz jeweiliger spezifischer Aufgaben einige gemeinsame Funktionen perzeptiver, kognitiver und höherer motorischer Art und sind außerdem für emotionale und Gedächtnisleistungen verantwortlich. Verbunden sind sie über das sogenannte Corpus Callosum (auch Kommissur genannt), das stärkste Faserbündel im Nervensystem, das den Informationsaustausch zwischen beiden Seiten übernimmt.

Wie eine Hülle legt sich die stark gefurchte Großhirnrinde (Kortex) über die zwei Hemisphären und prägt damit das für uns markante Aussehen des Gehirns. Die einzelnen Windungen bzw. Kämme werden als Gyri (Singular: Gyrus) bezeichnet, während die gefurchten Zwischenräume Sulci (Singular: Sulcus) genannt werden. Auch wenn die Gehirne von Mensch zu Mensch einzigartig in ihrem Aussehen sind, so besitzen sie doch alle die gleichen charakteristischen Furchen. Anhand derer kann die kortikale Fläche funktionell in vier Bereiche eingeteilt werden – sogenannten Lappen (Abb. 1).

---

<sup>2</sup> Aktuell ist in der Diskussion, ob der Begriff „limbisches System“ in der bisherigen Verwendung noch dem wissenschaftlichen Erkenntnisstand entspricht, daher werden an dieser Stelle Anführungszeichen verwendet. Im weiteren soll aber in diesem Beitrag die bisherige Begriffsverwendung beibehalten werden.

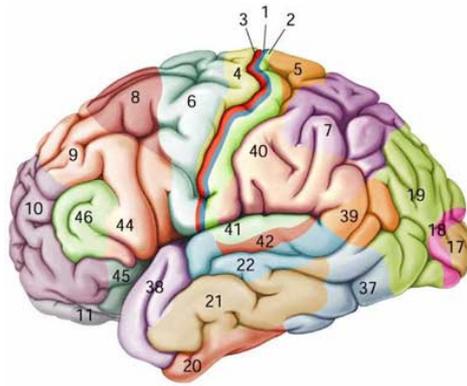


**Abb. 1** Struktureller und funktionaler Aufbau der Großhirnrinde (in: KANDEL et al. 1996, <http://library.thinkquest.org>)

Neben den Lappen gibt es zwei weitere wichtige Teile des Kortex. Die *Insel* (lat.: Insula) ist an der Hirnoberfläche nicht erkennbar, da sie der Innenwand der Sylvischen Furche (lat.: Sulcus lateralis) entspricht. Diese Vertiefung trennt die temporalen, parietalen und frontalen Bereiche voneinander. Die medialen (zur Mitte hin gelegen) Anteile der drei Lappen bilden den *limbischen Kortex*, dessen Nervenzellen zu komplexen Schaltkreisen zusammengefasst sind, die wie die Insel eine wichtige Rolle in Lern- und Gedächtnisprozessen einnehmen, aber auch emotionale Vorgänge steuern. Der Kortex ist zudem der Bereich des Gehirns, der bestimmte Kontroll- und Koordinationsaufgaben ausführt und mit Wahrnehmung sowie bewusstem Denken assoziiert wird.

Die Realisierung von kognitiven Aufgaben ermöglichen Netzwerke verschalteter Nervenzellen, die Informationen parallel in verschiedenen sensorischen Systemen verarbeiten. Jedes dieser Systeme entschlüsselt die ankommenden Reize und repräsentiert sie auf unterschiedlichen Bahnen in differenzierten Arealen. Die komplexe Funktionalität des Gehirns besteht darin, diese vielseitigen Ströme an Information zu einem einheitlichen Bild zusammenzufügen, so dass interne gehaltvolle Repräsentationen entstehen, die die Realität individuell widerspiegeln. Die Wahrnehmung der realen Welt unterliegt demnach einem sehr subjektiven Empfinden, auch wenn in Sozietäten gesellschaftliche Regeln bestehen, die eine sozial einheitliche Wahrnehmung ermöglichen. Der rein funktionelle Akt des Gehirns, ein kohärentes Abbild der Umgebung aus den unterschiedlichen sensorischen Informationen zu erstellen, ist bis heute noch nicht erschlossen und wird als *Bindungsproblem* bezeichnet. Dieses Defizit geht mit dem mangelnden Wissensstand über die Funktionsweise auf dem Niveau der Neuronenverbände einher. Könnte man das Bindungsproblem lösen, würde dies wohl neue Wege zu Erklärung der selektiven Wahrnehmung und des Bewusstseins öffnen (KANDEL et al. 1996).

Die Hirnrinde ist der evolutionär jüngste Teil des Gehirns. Aus neurobiologischer Sicht existiert ein relativ genaues Bild über den Aufbau der oberen Schicht des Gehirns. Erreicht werden konnte dieser Wissensstand unter anderem durch die Einteilung des Gehirns in sogenannte *topographische Karten*, die den Kortex als zelluläre (cytoarchitektonisch) und/oder funktionale „Landkarte“ wiedergeben (KOLB et al. 1996, SCHMIDT et al. 1997). Die wohl gebräuchlichste cytoarchitektonische Karte stammt von BRODMANN (1985). Durch verschiedene Färbetechniken, wie die von GOLGI oder NISSL (in: KANDEL et al. 1996), gelang es Anfang des 20. Jahrhunderts, die verschiedenen Zelltypen, die in sechs Schichten im Neokortex angeordnet sind, kenntlich zu machen. Das unterschiedliche Vorkommen und die Funktionsvariationen erlauben es, Bereiche zusammenzufassen, die ihrerseits eine Einteilung in Areale ermöglichen. Noch heute gelten viele der 52 nach ihrem Entdecker benannten *Brodmannareale* (vgl. Abb. 2) als korrekt beschrieben.

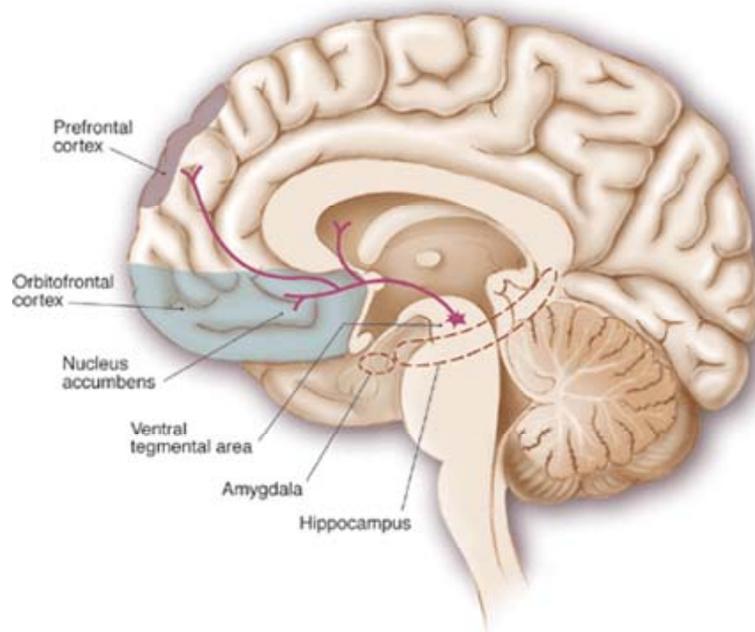


**Abb. 2** Kortikale Areale nach Brodmann ([www.lecerveau.mcgill.ca/...](http://www.lecerveau.mcgill.ca/))

Areal 4 in Abb. 2 bezeichnet z. B. den motorischen, Areal 17 hingegen den visuellen Kortex. Im Laufe der Zeit wurden manche Erkenntnisse Brodmanns korrigiert bzw. spezifiziert und erweitert, sodass seine ursprüngliche Karte heute modifiziert und ergänzt wurde. So ist z. B. bekannt, dass die Brodmannareale 3, 1 und 2 zusammen den primären sensorischen Kortex bilden, der mit der Wahrnehmung von Körperempfindungen assoziiert wird (KANDEL et al. 1996).

Um die Befunde der neuroökonomischen Forschung zu verstehen, gibt es selbstverständlich noch zahlreiche andere funktionelle Bereiche. Besonders entscheidend für das Verständnis sind das Belohnungssystem und das limbische System. Erkenntnisse hinsichtlich des *Belohnungssystems* konnten OLD & MILNER im Jahr 1954 durch die sogenannte inkraniale Selbststimulation in Tierversuchen nachweisen (SCHANDRY 2003). Bei dieser Methode bekommen die Tiere die Möglichkeit, durch die Betätigung eines Hebels einer im Gehirn implantierten Mikroelektrode selbst Strom zuzuführen, um somit in einzelnen Hirnarealen eine Aktivierung hervorzurufen. Die Chance zur Selbststimulation wurde dabei von den Versuchstieren in einigen Bereichen besonders oft ausgeführt, sodass OLD & MILNER davon ausgingen, dass die Bereiche Teile von Belohnungssystemen sein müssen. Identifiziert wurden vor allem Teile des präfrontalen Kortex (PFC), der Nucleus accumbens (NAcc), das Striatum (bestehend aus Nucleus caudatus und Putamen), einige Thalamuskern, die Amygdala und das mediale Vorderhirnbündel. Nach dem heutigen Wissensstand spielt auch das

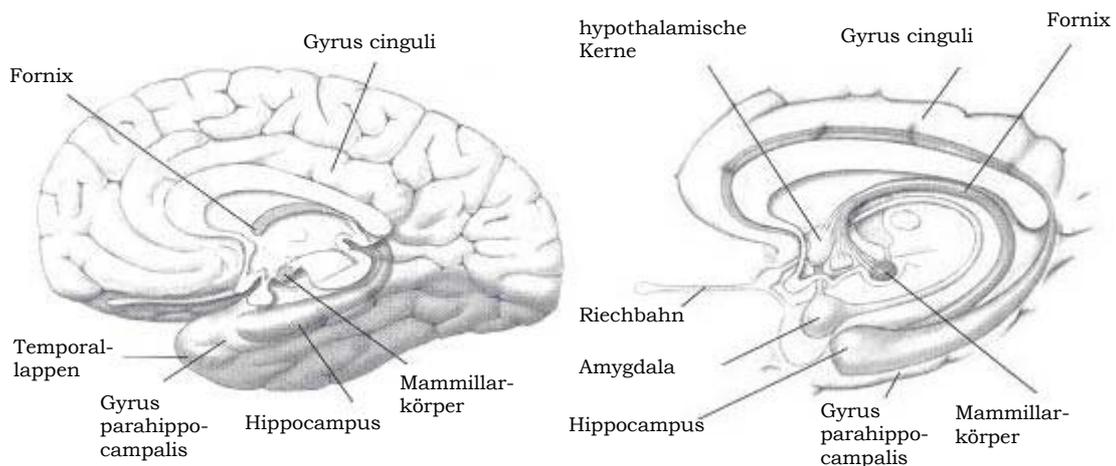
ventrale tegmentale Areal (VTA) eine wichtige Rolle, das mit Amygdala, Hippocampus und NAcc verbunden ist und in dem sich belohnungsrelevante dopaminerge Neuronen befinden (vgl. Abb. 3, SCHANDRY 2003). (Dass diese Bereiche durch ganz unterschiedliche Reize aktiviert werden und mit motivationalen Handlungsweisen in Zusammenhang stehen, wird anhand verschiedener Untersuchungen in Abschnitt 5 unten erläutert.)



**Abb. 3** Das meso-limbische Belohnungssystem

Ebenfalls fundamental für die neuroökonomische Wissenschaft sind die Befunde über Emotionen und damit über das limbische System. Wesentlichen, aber nicht alleinigen Anteil an der Verarbeitung von Emotionen trägt die Amygdala (bilateral paarig vorliegendes Kerngebiet, SCHANDRY 2003, DAMASIO 1999). Ihr kommt eine Regulierungsfunktion von negativen Emotionen im allgemeinen, und von Furcht- bzw. Aggressionsreaktionen im Speziellen zu. Für Lustempfinden und appetitive emotionale Reaktionen nimmt sie eine vermittelnde Position ein. Über separate Kerne steht die Amygdala in reziproker Verbindung mit dem Hypothalamus und dem Hirnstamm. Dem Hypothalamus kommt dabei eine

Vermittlerrolle zwischen der Amygdala und dem autonomen System zu, um die mit emotionalen Reaktionen in Verbindung stehenden körperlichen Funktionen zu regulieren (KANDEL et al. 1996, OCHSNER/GROSS, 2005). Sowohl der Hypothalamus als auch die Amygdala sind Teile des limbischen Systems (Abb. 4), das eine wichtige Rolle bei emotionalen Vorgängen einnimmt und sich aus verschiedenen Kerngebieten in den medialen Teilen der frontalen, parietalen und temporalen Bereiche lokalisiert.



**Abb. 4** Limbisches System (SCHANDRY 2003)

Neben der Amygdala zählen vier weitere Areale zum limbischen System: Der Hippocampus und der daran angrenzende Gyrus cinguli, sowie die Inselrinde und Teile des präfrontalen Kortex (SCHANDRY, 2003, S. 498ff). Besonders die Projektionen zum Frontalkortex und Gyrus cinguli ermöglichen zum einen die bewusste Wahrnehmung von Emotionen, zum anderen werden dadurch umgekehrt sensorische und kognitive Informationen mit einer affektiven Note versehen (KANDEL et al., 1996, S. 618ff; SCHMIDT et al. 1997). Das limbische System ist damit jedoch nicht vollständig beschrieben. Daneben gibt es auch zahlreiche weitere Hirngebiete, die mit Emotionsverarbeitungen in Verbindung stehen, wie z. B. PHAN et al. (2002) in einer sehr umfassenden Metaanalyse zeigen, die aber im Rahmen der vorliegenden Arbeit unbeachtet bleiben sollen (nähere Informationen dazu in: KANDEL et al. 1996, SCHANDRY 2003).

## **5. Überblick über den aktuellen Stand neuroökonomischer Untersuchungen**

Ein erklärtes Ziel der neuroökonomischen Forschung ist die vollständige Erklärung des menschlichen Verhaltens in ökonomisch relevanten Situationen (GLIMCHER/RUSTICHINI, 2005). Diese Situationen können z.B. den Konsum, das Verhalten am Arbeitsplatz, die Bereitschaft zur Partizipation eines (unbekannten) anderen an einer geschenkten Geldsumme oder auch die Investition von privaten Anlegern am Kapitalmarkt betreffen. Um dieses Verhalten besser erklären zu können, geht man in der neuroökonomischen Forschung zunächst von der robusten Annahme aus, dass das Anstreben von belohnenden und die Vermeidung von bestrafenden Zuständen wesentliche Treiber des menschlichen Verhaltens sind. Stimmt man dieser Annahme zu, so erkennt man, dass es in einem dynamischen Umfeld sinnlos wäre, nach festen Entscheidungsregeln zu verfahren. Weitaus sinnvoller ist es, wenn der Entscheider über flexible Entscheidungsmodule verfügt, die sich an die wechselnden Belohnungs- und Bestrafungskontingenzen anpassen können. Folgt man diesem Gedanken, so können folgende Merkmale einer Entscheidungsfindung unterschieden werden:

- 1) Zunächst muss das Gehirn in der Lage sein, den Belohnungs- oder Bestrafungswert von Alternativen zu erkennen, zu unterscheiden und zu speichern.
- 2) Zudem müssen im Gehirn Vorhersagen über die zukünftigen Belohnungs- oder Bestrafungswerte von Alternativen verarbeitet werden können.
- 3) Diese Informationen müssen letztendlich im Entscheidungsprozess verglichen werden.

Auch wenn die neuroökonomische Forschung noch weit davon entfernt sein dürfte, das oben genannte Ziel zu erreichen, so liegen doch zu allen drei Punkten erste Ergebnisse vor, die im folgenden skizziert werden sollen.

## ad 1) Neurale Korrelate der Repräsentation von Belohnungs-/ Bestrafungswerten

Eine Vielzahl neurowissenschaftlicher Studien widmet sich der Frage, wie das Gehirn belohnende oder aversive Stimuli verarbeitet (SCHULTZ et al. 1997, PLATT/GLIMCHER 1999, O'DOHERTY 2004 und SUGRUE et al. 2004). Hirnregionen, die nach diesen Arbeiten in die Repräsentation von Belohnungen und Bestrafungen involviert sind, sind der orbitofrontale Kortex (OFC) und die Amygdala (O'DOHERTY et al. 2001a und 2001b, MORRIS 1996, CANLI et al. 2002). Die Beteiligung dieser Hirnareale an der Zuordnung von Belohnungs- bzw. Bestrafungswerten zu bestimmten Reizen konnte für solche Stimuli herausgestellt werden, die unterschiedlicher sensorischer Natur sein können sowie für abstrakte Elemente wie Geld (O'DOHERTY et al. 2001a und 2001b, AHARON et al. 2001, BLOOD et al. 1999, ELLIOT et al. 2000). So konnten bspw. ELLIOT et al. (2004) mit Hilfe eines relativ einfachen Versuchsaufbaus zeigen, dass monetäre Belohnungsanreize analog zu anderen Stimuli wie Nahrung, Drogen oder Humor eine Aktivität der Belohnungsareale wie Amygdala und Striatum hervorrufen können. Dabei wurden zwölf Probanden während des fMRT-Scans nacheinander verschiedenfarbige Quadrate auf einem Bildschirm gezeigt. Die Aufgabe der Probanden bestand darin, je nach Farbe des Quadrates einen Knopf zu drücken oder nichts zu unternehmen, sodass die Erkennungsaufgabe teilweise an Bewegung gekoppelt war. Gedrückt werden sollte bei grünen und blauen Quadraten, wobei lediglich bei der Farbe Grün eine Belohnung gezahlt wurde. Gleiches galt bei der Farbe Rot, für die allerdings ebenso wie für Gelb nicht gedrückt werden durfte. Daraus ergaben sich folglich vier Entscheidungsereignisse, deren hirnphysiologische Korrelate untersucht wurden (s. Tab. 2). Wie von den Autoren im Vorhinein vermutet, zeigen die fMRT-Befunde Aktivität bei den motorischen Arealen (verursacht durch die Knopfdrücke) sowie in den Bereichen rechte Amygdala und frontaler Kortex (verursacht durch die Belohnungen).

Belohnung Bewegung	erhalten	nicht erhalten
erforderlich	grün	blau
nicht erforderlich	rot	gelb

**Tabelle 2** Untersuchung von ELLIOT et al. (2004)

Zudem konnten ELLIOT et al. (2004) die Befunde von ZINK et al. (2004) bestätigen, wonach aktiv gewonnenes Geld (bspw. als Belohnung für das Lösen einer Aufgabe) eine stärker belohnende Wirkung hat als geschenktes Geld. Im Vergleich zur passiven Situation wurden in der aktiven Rolle (Knopfdruck) der Probanden im Belohnungserleben signifikant stärkere Aktivitäten in den Regionen Amygdala, dorsales Striatum und dopaminergem Mittelhirn (Teile des menschlichen Belohnungssystems) gemessen. Die frontalen Kortexareale hingegen werden im Fall der aktiv gewonnenen Belohnung nicht signifikant stärker aktiviert.

Aber nicht nur Geld kann zu einer Aktivität des Belohnungssystems führen. Auch emotionale Stimuli wie schöne Gesichter (AHARON et al. 2001) oder Humor besitzen diese Wirkung im menschlichen Gehirn. So konnte von MOBBS et al. (2003) anhand einer fMRT-Untersuchung nachgewiesen werden, dass lustige Cartoons eine subkortikale Aktivitätsentsprechung im ventralen Striatum/Nucleus Accumbens und der Amygdala finden - den belohnungsrelevanten Schlüsselkomponenten. Aber auch Thalamus und Hypothalamus sowie Teile des Frontalgyrus zeigen in dieser Studie Aktivität, was die Autoren auf ein humorspezifisches Cluster innerhalb des Belohnungssystems schließen lässt. (Die belohnende Wirkung von Humor im dopaminergen System lässt zudem Platz für das Argument, lustige Inhalte in die Werbung einzubringen, da der Rezipient im zerebralen Sinne damit belohnt wird (stimmt ihn fröhlich/glücklich)).

## ad 2) Neurale Korrelate der Vorhersage von Belohnungen

Die Fähigkeit, die Belohnungs- bzw. Bestrafungswerte differenter Entscheidungsalternativen vorherzusagen, ist von besonderer Bedeutung für das zielkonforme Entscheidungsverhalten des Menschen. Nachdem neurowissenschaftliche Studien ergeben haben, dass Hirnbereiche wie die Amygdala und das ventrale Striatum eine wesentliche Rolle bei der Vorhersage von Belohnungen und Bestrafungen spielen (KNUTSON et al. 2001, GOTTFRIED et al. 2003), wird in der Literatur aktuell die zentrale Frage diskutiert, wie das menschliche Gehirn lernt, Vorhersagen über Belohnungen zu treffen (SCHULTZ et al. 1997, BAYER und GLIMCHER 2005, DELGADO et al. 2005). Auf der Basis von Arbeiten in den Bereichen der Erforschung künstlicher Intelligenz (SUTTON und BARTO 1998) und der theoretisch-mathematischen Neurowissenschaft (DAYAN und ABBOTT 2001) kann das sogenannte „Temporal-Difference-Learning“-Modell für diesen Subprozess wie folgt abgeleitet werden (O'DOHERTY et al. 2003): Jedes Mal, wenn der Subprozess abläuft, ergibt sich die vorhergesagte Belohnung  $V(t)$  zum Zeitpunkt  $t$  als Summe über das Produkt eines Gewichtungsfaktors  $w_i$  und einem Vektor  $x_i(t)$ , der die Präsenz des Stimulus modelliert:

$$(1) \quad \hat{V}(t) = \sum w_i \cdot x_i(t)$$

Der Vektor  $x_i(t)$  stellt dabei ein Hilfskonstrukt zur binären Modellierung der Präsenz des Stimulus während der einzelnen Prozessabläufe  $i$  dar, d. h. , seine Komponenten  $x_i$  können entweder den Wert 1 oder 0 annehmen ( $x_i = 1$ , wenn der Stimulus vorliegt, und  $x_i = 0$ , wenn der Stimulus nicht vorliegt). Der Wert des Gewichtungsfaktors  $w_i$  wird auf Basis eines Lernprozesses im Gehirn des Entscheiders entsprechend einem Modus bestimmt, der sich an der Minimierung der durchschnittlich erwarteten, quadrierten Differenz zwischen erhaltener und vorhergesagter Belohnung zu jedem Zeitpunkt  $t$  ausrichtet. Entscheidend für diesen Lernprozess ist, dass der vorhergesagte Wert fortwährend durch den Abgleich des Werts in  $t+1$  mit dem Wert in  $t$

aktualisiert wird. Aus diesem Prozess entsteht der sogenannte „Prediction Error“ PE oder  $\delta(t)$ :

$$(2) \quad \delta(t) = r(t) + \gamma \hat{V}(t+1) - \hat{V}(t),$$

wobei  $r$  den wirklich erhaltenen Belohnungswert zum Zeitpunkt  $t$  darstellt. Der Parameter  $\gamma$  dient als Diskontierungsfaktor, der der Beobachtung Rechnung trägt, dass sofortige Belohnungen für den Entscheider wichtiger sind als Belohnungen, die er zu einem späteren Zeitpunkt erhält. Der Gewichtungsfaktor  $w_i$  wird dann bei jedem Prozessdurchlauf durch die Korrelation von PE und dem Stimuluspräsenz-Vektors  $x_i(t)$  aktualisiert:

$$(3) \quad \Delta w_i = \alpha \sum x_i(t) \cdot \delta(t),$$

wobei  $a$  die Lernrate des Entscheiders darstellt.

Es wird angenommen, dass dopaminerge Neuronen in Bereichen wie den ventralen tegmental Arealen (insb. das ventrale Striatum bzw. der Nucleus Accumbens) und dem Mittelhirn ein Signal generieren, das  $\delta(t)$  repräsentiert (SCHULTZ et al. 1997, REDISH 2004). Neben den von SCHULTZ et al. (1997) durchgeführten single neuron-Studien bei nicht-menschlichen Primaten und Ratten konnten erste fMRT-Studien diese Annahme im Rahmen von menschlichen Entscheidungsprozessen belegen (O'DOHERTY et al. 2003, MCCLURE et al. 2004b, DELGADO et al. 2005). Durch diese Studien konnte belegt werden, dass der OFC, die Amygdala, das ventrale Striatum und der mittlere präfrontale Kortex für den Lernprozess bedeutsam sind.

Dies wird auch in einer weiteren Studie bestätigt (MCCLURE et al. 2004b). Anhand einfacher binärer Entscheidungen über monetäre Auszahlungen, wollte man Aufschluss darüber gewinnen, warum menschliches (Kauf)Verhalten „heute“ oft ungeduldig und überstürzt ausfällt, während für „Zukünftiges“ eine gewisse Geduld an den Tag gelegt wird. Wie von den

Autoren beobachtet, entscheiden sich die meisten Teilnehmer lieber für €10 heute statt für €11 morgen. Bietet man hingegen €10 in einem Jahr und €11 in einem Jahr plus einem Tag, dann fallen die meisten Entscheidungen zugunsten des größeren Geldumfangs aus. Aus klassisch-ökonomischer Sicht erscheint dieses Verhalten irrational, da ein homo-oeconomicus unabhängig von der Verzögerung immer den gleichen Betrag wählen würde. Die Inkonsistenz zwischen kurz- und langfristigen Präferenzen lassen McCLURE et al. (2004b) die Hypothese aufstellen, dass zwei verschiedene neuronale Entscheidungssysteme involviert sind. Demnach werden bei kurzfristigen Auszahlungsoptionen limbische Strukturen stärker aktiviert als bei zukünftigen, während die Wahl späterer Belohnungen eher mit orbito- und präfrontalen Arealen assoziiert ist – Bereiche, die u.a. mit Planen und kognitiver Kontrolle (ökonomischer Optionen) in Verbindung stehen. Um diese Fragen näher zu untersuchen, bekamen 14 Probanden auf einem Bildschirm eine Serie von binären Auszahlungsoptionen zur Wahl gestellt, zwischen denen sie sich im fMRT liegend durch Knopfdruck entscheiden sollten. Zur Auswahl standen entweder zeitlich nahe kleinere Geldbeträge oder zeitlich entfernte höhere Belohnungen. Dabei variierte die Auszahlungshöhe zwischen \$5 und \$40, während sich die zeitliche Spanne zwischen „heute“ und sechs Wochen bewegte. Letztendlich ausgezahlt wurde ein vom jeweiligen Probanden während der Untersuchung gewählter zufällig ermittelter Belohnungsbetrag.

Wie die Ergebnisse von McCLURE et al. (2004b) zeigen, konnten die Hypothesen bestätigt werden: Sofortige Belohnungen aktivieren im Vergleich zu späteren Belohnungen stärker das ventrale Striatum sowie mediale Teile des OFC und PFC – klassische limbische Areale also, die auch eng mit paralimbischen kortikalen und dopaminergen Projektionen in Verbindung stehen. Damit konnten die Autoren zeigen, dass Affekte und Emotionen einen starken Einfluss auf ökonomische Entscheidungen ausüben. Entscheidungen aktivierten unabhängig von möglichen Verzögerungen stärker die dorsolateral gelegenen Teile des PFC und den lateralen OFC, während verzögerte Auszahlungen Aktivitäten in den frontalen und parietalen Bereichen bewirkten.

### ad 3) Integration von antizipierten und erhaltenen Belohnungen in die Entscheidungsfindung

Um vorteilhafte Entscheidungen zu treffen, ist es notwendig, Vorhersagen über Belohnungen und deren Abgleich mit erhaltenen Belohnungen in den Entscheidungsprozess zu integrieren und Vergleichsprozesse zwischen unterschiedlichen Alternativen durchzuführen. Das Entscheidungssubjekt muss in der Lage sein, Assoziationen zwischen Stimuli, Belohnungen und Verhaltensreaktionen zu lernen. Erste neurowissenschaftliche Studien in diesem Bereich konnten herausstellen, dass das dorsale Striatum eine entscheidende Rolle beim Lernen derartiger Assoziationen spielt (O'DOHERTY et al. 2004).

Weiterführende Studien lassen vermuten, dass „ergänzende“ Bereiche wie der prämotorische Kortex in die Handlungsvorbereitung involviert sind (RAMNANI/MIALL 2003). Forschungsarbeiten von ROGERS et al. (2004) haben ergeben, dass in komplexen Entscheidungssituationen Bereiche wie der anteriore cinguläre Kortex und der ventromediale präfrontale Kortex in die Integration von antizipierten und erhaltenen Belohnungen sowie Alternativenvergleiche eingebunden sind (ROGERS et al., 2004). Diese Ergebnisse konnten durch Läsionsstudien von Patienten mit Hirnschädigungen in den genannten Bereichen bestätigt werden (BECHARA et al., 1997, BECHARA/DAMASIO 2005). Beispielhaft seien hier SHIV et al. 2005 erwähnt, die anhand von Investitionsentscheidungen den Beweis erbrachten, dass Emotionen menschliche Entscheidungen auch negativ/ineffizient beeinflussen können. Teilnehmer ihrer Läsionsstudie waren einerseits 15 sogenannte Zielpatienten mit Hirnschädigungen in den mit emotionalen Prozessen assoziierten Bereichen (wie Amygdala, orbitofrontaler Kortex oder rechter Insula) und andererseits sieben Kontrollpatienten mit Läsionen in Arealen, die nicht mit emotionaler Verarbeitung verbunden sind (dorsolateraler PFC), sowie 19 gesunde Probanden. Vermutet wurde, dass den Zielpatienten aus ihrer emotionalen Schädigung ein Vorteil erwächst beim Spielen von risikoreichen Lotterien mit positivem Erwartungswert, da kurzfristige Verlust-/Risikoaversion aus emotionaler Prägung resultiert. Um diese Hypothese zu testen, wurden die zu treffenden realen

Investmententscheidungen so konzipiert, dass der Erwartungswert für Investitionen (\$1,25) höher lag als für Nichtinvestitionen (\$ 1,00). Pro Runde galt es, von den \$20 Startgeld jeweils \$1 zu investieren oder nicht. Behielten die Teilnehmer den Dollar, wurde mit der nächsten Runde fortgesetzt; investierten sie ihn, bekam der Spielleiter den Dollar und warf eine Münze. Mit einer 50-50-Chance war bei Kopf der Dollar verloren, bei Zahl jedoch wurden dem Teilnehmer \$2,50 zurückgezahlt. Wie von Shiv et al. (2005) in ihrer Hypothese vorausgesagt, investierten Zielpatienten häufiger (83,7%) und gewannen nach den 20 Runden mehr Geld (\$25,70) als die Kontrollpatienten (60,7%, \$20,07) und die gesunden Teilnehmer (57,6%, \$22,80). Die Autoren sehen darin die Bestätigung, dass eine Schädigung der emotionalen Mechanismen nicht nur zu „ärmlichen“ (beeinträchtigenden, nachteiligen) Entscheidungen führen kann, wie es andere Autoren bereits nachgewiesen haben (BECHARA et al. 1997, CAMILLE et al. 2004), sondern dass mangelnder emotionaler Einfluss bei risikoreichen Finanzentscheidungen auch vorteilhafte Ergebnisse hervorbringen kann<sup>3</sup>.

Damit konnte mit neurologischen Messungen gezeigt werden, dass Emotionen eine entscheidende Rolle bei Entscheidungen spielen. Im Fall von unsicheren Risikoentscheidungen mit bestimmaren Wahrscheinlichkeitsverteilungen können sie teilweise hinderlich sein, während sie bei mehrdeutiger Verteilung zu höheren Belohnungen führen können. Um jedoch herauszufinden, unter welchen Umständen dem „guten oder schlechten Bauchgefühl“ getraut werden kann, bedarf es noch weiterer Forschung der sogenannten Neurofinance (vgl. hierzu auch den Beitrag von Kenning, Plassmann und Mohr im vorliegenden Band).

## **6. Anwendung des neuroökonomischen Ansatzes im Rahmen absatzwirtschaftlicher Fragestellungen: das Neuromarketing**

---

<sup>3</sup> Dass extrem positive oder negative Emotionen die Entscheidungen von Anlegern unvorteilhaft beeinflussen können, bestätigen die Befunde von Lo et al. (2004). Deren Ergebnisse basieren jedoch auf einfachen psychologischen Fragebögen anstatt auf neurologischen Messungen, weshalb sie nicht weiter Gegenstand der Betrachtung sind.

Neben diesen grundlegenden neurowissenschaftlichen Studien zum menschlichen Entscheidungsverhalten, die auch, aber nicht nur, von Ökonomen betrieben werden, können die Ergebnisse neuroökonomischer Forschung inzwischen auch zur Lösung wirtschaftspraktischer Probleme genutzt werden. In erster Linie fokussiert die Nutzung dabei auf absatzwirtschaftliche Fragestellungen (LEE ET AL., 2006). Die folgende Tabelle 2 gibt einen Überblick über die in diesem Bereich bisher vorliegenden Studien.

<b>Autor</b>	<b>Bereich</b>	<b>Fragestellung</b>	<b>Verfahren</b>	<b>Ergebnisse</b>
Rossiter et al. (2001)	Werbewirkungsforschung	Lassen neurale Aktivitätsmuster erkennen, wie gut Werbung erinnert wird?	EEG	Videsequenzen, die eine rasche Reaktion in der linken Hirnhälfte hervorrufen, wurden signifikant besser erinnert.
Erk et al. (2002)	Auswahlentscheidungen zwischen unterschiedlichen Produkten (Automobile)	Lassen sich neurale Korrelate zur Beurteilung der Produktattraktivität finden?	fMRT	Produkte, die Wohlstand und Status symbolisieren, führen zu einer erhöhten Aktivität in Arealen, die für Belohnungen zuständig sind.
Ambler et al. (2004)	Kaufentscheidungsprozesse	Welchen Einfluss hat eine Marke auf den Entscheidungsprozess bei komplizierten und einfachen Kaufentscheidungen?	MEG	Negativer Zusammenhang zwischen Markenbekanntheit und Zeit für Entscheidungsfindung. Negativer Zusammenhang zwischen einfacher Kaufentscheidung und Reaktionszeit.
Deppe et al. (2005a)	Auswahlentscheidungen zwischen unterschiedlichen Markenprodukten	Welche neuronalen Korrelate liegen der Markenwahl zu Grunde?	fMRT	Die jeweiligen Lieblingsmarken entlasten Bereiche der analytischen Verarbeitungsprozesse und führen zu erhöhter Aktivität in Bereichen, die Belohnungen in die Entscheidung einbinden.
Deppe et al. (2005b)	Der Einfluss von Marken auf Glaubwürdigkeitsurteile	Welche neuronalen Korrelate liegen dem Einfluss von Markeninformationen als Frame in Entscheidungsprozessen zu Grunde?	fMRT	In Situationen, in denen die Glaubwürdigkeit mehrdeutig ist, hat die Markeninformation einen wichtigen Einfluss auf die Entscheidungsfindung. Hier kommt es zu erhöhter Aktivität in Bereichen, die Belohnungen in die Entscheidung einbinden.
McClure et al. (2004a)	Auswahlentscheidungen zwischen unterschiedlichen Markenprodukten und	Wie beeinflusst die Markeninformation die Geschmackswahrnehmung von sensorischen	fMRT	Je nachdem, ob und wenn ja welche Markeninformation dem Probanden gegeben wird, aktiviert der Genuss eines Softdrinks unterschiedliche Areale. Wird dem Konsumenten

	deren geschmackliche Wahrnehmung	ähnlichen Produkten?		gesagt, dass seine präferierte Marke verabreicht wird, werden Belohnungsareale aktiviert.
Klucharev et al. (2005)	Werbewirkung von Celebrities	Wie beeinflusst der sog. „Expertise Hook“ die Abspeicherung im Gedächtnis?	fMRT	Das vermutete Expertenwissen eines Celebrity führt zu einer erhöhten Aktivierung in Gedächtnisstrukturen und einen signifikanten, positiven Einfluss auf die Kaufabsicht.
Plassmann et al. (2006a)	Auswahlentscheidungen zwischen unterschiedlichen Markenprodukten	Wie beeinflusst eine erhöhte Informationsasymmetrie den neuronalen Lieblingsmarken-Effekt?	fMRT	Der Lieblingsmarkeneffekt aus einer vorherigen Studie (Deppe et al. 2005a) konnte für Entscheidungen unter Unsicherheit repliziert werden. Insbesondere bei unsicheren Entscheidungen führt die Präsenz der Lieblingsmarke zu erhöhten Aktivierungen in Bereichen, die für die Integration von Belohnungen in die Entscheidungsfindung zuständig sind.
Plassmann et al. (2006b)	Auswahlentscheidungen zwischen Betriebstypen marken	Welche Mechanismen sind wesentlich für die Entstehung von Kundenloyalität?	fMRT	Hohe Kundenloyalität geht mit spezifischen Aktivierungsmustern in sogenannten „Belohnungsarealen“ einher. Für den Aufbau von Kundenloyalität scheint daher die Vermittlung positiver Emotionen von besonderer Bedeutung zu sein. Diese Emotionen reflektieren sich in der messbaren Mehraktivierung in Entscheidungssituationen.
Yoon et al. (2006)	Auswahlentscheidungen zwischen unterschiedlichen Markenprodukten	Gibt es Parallelen zwischen menschlichen Persönlichkeiten und Markenpersönlichkeiten?	fMRT	Markenpersönlichkeiten und menschliche Persönlichkeiten werden im Gehirn unterschiedlich verarbeitet. Markenpersönlichkeiten werden in Bereichen der Objekterkennung verarbeitet, menschliche Persönlichkeiten in Bereichen, die für die Integration von Belohnungen in die Entscheidungsfindung zuständig sind.

**Tabelle 2: Ausgewählte Forschungsarbeiten im Bereich Neuromarketing**

Sieht man diese Studien, so fällt zunächst einmal auf, dass die Probanden in Abhängigkeit vom Stimulus, dem Kontext und ihrem eigenen emotionalen Zustand sehr unterschiedliche Entscheidungsstrategien - oder „Entscheidungspfade“ - verwenden. Dennoch zeigen fast alle Studien, dass

bestimmte Marketingstimuli (z.B. Markenlogos, Produktdesign) zu einer emotional geprägten Reaktion führen (ERK et al., 2002, McCLURE et al. 2004b, DEPPE et al. 2005a, DEPPE et al. 2005b). Von besonderer Bedeutung für den Erfolg absatzmarktbezogener Maßnahmen scheint dabei die Vermittlung positiver Emotionen zu sein. Eine Beschränkung der emotionsvermittelnden Instrumente auf den Bereich der Kommunikationspolitik, wie dies in der Praxis oft beobachtet werden kann, erscheint jedoch weder sinnvoll noch notwendig. Offensichtlich bewegt sich damit ein Großteil der für das Marketing relevanten Entscheidungen außerhalb des im Rahmen der klassischen Ökonomie untersuchten ersten Quadranten (s. Tab. 1 oben). Dies erklärt, warum die herkömmlichen Verhaltensannahmen der Ökonomie in der aktuellen Marketingforschung kaum noch eine Rolle spielen. Zudem wird klar, warum Emotionen in der Marketingpraxis als zentral für ein erfolgreiches Marketing von Dienstleistungen und Produkten angesehen werden.

Von besonderer Bedeutung für die weitere Forschung auf diesem Gebiet dürfte dabei das Zusammenspiel zwischen Belohnungs-, Gedächtnis- und Entscheidungsstrukturen sein. So verdeutlichen die Studien von DEPPE et al. (2005a, b), dass mit der Verarbeitung von Emotionen assoziierte Hirnregionen mit Markenpräferenzen korrespondieren. Diese Regionen sind der *mittlere, präfrontale Kortex* sowie Teile des *posterioren Cingulums*. In zahlreichen neurowissenschaftlichen Studien findet man Belege dafür, dass der mittlere präfrontale Kortex, und hier insbesondere der *ventromediale Bereich*, eine wichtige Rolle bei der Integration von Emotionen in (ökonomisch relevante) Entscheidungsprozesse spielen (KENNING und PLASSMANN 2005). Offensichtlich übernimmt dieses Areal also auch in marketingrelevanten Situationen die Funktion der Exekutionskontrolle (RIDDERINKHOF et al. 2004, PAULUS and FRANK 2003).

Daneben finden sich im neurowissenschaftlichen Schrifttum zahlreiche Hinweise, dass gesteigerte Hirnaktivitäten in Strukturen, die mit dem Belohnungssystem, z.B. dem *Striatum*, in Verbindung gebracht werden, von Probanden als "angenehm" und "schön" geschildert werden. Eine positive Beschreibung der durch den Konsum eines bestimmten Produktes oder

einer bestimmten Leistung hervorgerufenen somatischen Zustände könnte daher ebenfalls auf einer gesteigerten Aktivität in diesen Hirnarealen basieren. Bis heute haben nur wenige Forscher versucht, die Bedeutung dieser Hirnstrukturen für marketingrelevante Fragestellungen (z. B. Kundenzufriedenheit oder emotionale Kundenbindung) aufzuklären (z. B. DEPPE et al. (2005a), ERK et al. (2002), MCCLURE et al. (2004), PLASSMANN et al. (2006a, b).

Neben der Fokussierung auf diese Hirnstrukturen ergeben sich zwei weitere, wesentliche Aufgaben für die künftige Forschung auf diesem Gebiet. Zum einen ist zu beachten, dass die bisherigen Studien in erster Linie einen explorativen Charakter haben. Bis dato ist den Autoren keine Studie bekannt, die den Versuch einer *Replikation* unternimmt. Es ist daher dringend notwendig, die externe Validität, vor allem aber auch die Reliabilität der bisher vorliegenden Ergebnisse zu prüfen. Zum anderen scheint die Zeit nicht nur aber auch aus Gründen der Wirtschaftlichkeit reif, die bisher weitgehend explorative Forschung in eine mehr *theoriegeleitete Forschung* zu überführen und so in den (neuro)wissenschaftlichen Wettbewerb einzutreten.

Erste Ansätze dazu sind bereits vorhanden, die vor allem die Wirkungsweise von Werbemaßnahmen zum Inhalt haben. Integrative Modellvorschläge hinsichtlich affektiver und kognitiver Einflussfaktoren werden dem interaktiven Charakter psychischer Verarbeitungsvorgänge gerecht und lösen Strukturmodelle, wie sie bisher in der Marketingwissenschaft dominierten, ab. Erste Anstöße dazu gaben VAKRATSAS & AMBLER bereits 1999. Sie stützen sich in ihrer Arbeit auf die Erfahrungen und das damals bereits vorhandene Wissen der Neurowissenschaften, die eine parallele Informationsverarbeitung postulierten und damit den seriellen Prozessen in kognitiv geprägten Marketingmodellen widersprachen. Ihr Modellvorschlag bezieht sowohl affektive als auch kognitive Elemente in das Konsumentenverhalten ein, die zusammen mit bisher gemachten Erfahrungen auf das Kaufverhalten Einfluss nehmen.

Neurowissenschaftliche Impulse nutzt auch HALL (2002), der neben der von VAKRATSAS & AMBLER (1999) vorgeschlagenen Variablen „Erfahrung“ auch die

Konstrukte Wahrnehmung und Gedächtnis in sein P-E-M-Modell der Werbung einfließen lässt (PEM = Perception, Experience, Memory). Demnach kann Werbung sowohl vor (erste Prägung) als auch nach (Verstärkung) der Erfahrung mit einem Produkt Einfluss auf den Rezipienten nehmen in Abhängigkeit seiner Wahrnehmung, Erfahrung und Gedächtnisorganisation. HALL (2002) stellt dabei analog zu CAMILLE et al. (2004) und BREITER et al. (2001) die Rolle des orbitofrontalen Kortex (OFC) heraus. Dessen Aufgabe ist es, kognitive und affektive Elemente zu einem sinnvollen Ganzen zusammenzufügen, die auch während des Werbeeinflusses auf den Rezipienten einwirken. Innerhalb seiner Argumentation gelingt es Hall, die drei Disziplinen Marketing, Psychologie und Neurowissenschaften ganz im Sinne der Neuroökonomie zu einem einheitlichen Bild zusammenzufügen, so daß seine Untersuchung einen umfassend-integrativen Charakter hat.

## **7. Zur ethischen Problematik, zur Relevanz und zu den Forschungsperspektiven des neurowissenschaftlichen Ansatzes in der Ökonomik**

Ein sicherlich nicht zu unterschätzender Nachteil des neuroökonomischen Forschungsprogramms liegt in der Tatsache begründet, dass sowohl die apparative Ausstattung mit Magnetresonanz- oder Kernspintomographen als auch die statistische Auswertung der Meßdaten aufwendig und kostspielig sind. So kostet ein typischer 1.5 Tesla MRT Scanner zwischen 1 und 2 Millionen Euro (HUESING et al., 2006). Für spezifische Materialien (z.B. Helium, Räume und High-end work stations) werden zusätzliche Kosten von etwa 100.000 – 200.000 Euro veranschlagt. Die Messung eines Probanden verursacht zur Zeit somit Kosten von etwa 300-400 Euro (HUESING et al., 2006). Ein Vorschlag in der aktuellen Diskussion innerhalb der neuroökonomischen Wissenschafts-Community ist es daher, anstelle neuer Experimente Einsichten und Ergebnisse durch Synopse und Rekombination bekannter neurowissenschaftlicher Experimentalresultate zu gewinnen. Ob diese Methode erfolgreich sein wird, kann natürlich zum jetzigen Zeitpunkt noch nicht entschieden werden. Sicher ist aber, dass für eine solche

Vorgehensweise eine große Menge publizierten Materials in der wissenschaftlichen Literatur bereits vorliegt, das zum Teil als „Datenfriedhof“ noch ungenutzt ist.

Die Fülle der vorhandenen und weiter entstehenden Publikationen gibt zudem Anlass, von einem gewissen „neuroökonomischen Boom“ zu sprechen, denn nicht nur die Fachliteratur veranschaulichte bisher erste Befunde. Auch zahlreiche nicht-wissenschaftliche Publikationsorgane wie Tageszeitungen (*New York Times*, *Frankfurter Allgemeine Zeitung* oder *Die Zeit*) berichten über diese junge Disziplin. Doch wird die Neuroökonomie dem damit implizit verbundenen Anspruch der Öffentlichkeit gerecht? Ist dieser neue Forschungszweig so vielversprechend, wie es die Medien berichten? Einige Autoren liefern sinnvolle Argumente für die Symbiose von Ökonomie, Psychologie und Neurowissenschaften, sodass es nicht schwer fällt, darin etwas anderes zu sehen als eine nützliche Verbindung für alle drei Forschungsfelder. Dies bestätigen auch SANFEY et al. (2006): „... we do believe that the field [neuroeconomics] has real potential for making important contributions to our understanding of decision-making, above and beyond what has and will continue to be learned from work within each discipline independently.“ (S. 108).

Aufgrund erster Befunde über die mit der Entscheidungsfindung zusammenhängenden Hirnareale ist GLIMCHER (2004) davon überzeugt, dass aus der Synergie aller drei Disziplinen bisher unbekannte neuronale Vorgänge abgeleitet werden können. Mit ihnen ist es wiederum möglich, sowohl existierende Modelle zu testen als auch neue Theorien über menschliches Verhalten aufzustellen. CAMERER (2003) zufolge kommt die Wissenschaft nicht umhin, sich mit dem neuroökonomischen Trend auseinanderzusetzen, da neurowissenschaftliche Befunde und Methoden zweifellos eine zunehmend prominente Rolle in der Ökonomik spielen werden. Seiner Meinung nach bietet die Hirnforschung mehr als nur das Lokalisieren verschiedener Hirnaktivitätsbereiche, die mit ökonomischen Verhalten in Zusammenhang stehen. Anderenfalls würde auf seiten der Ökonomen daran kein echtes Interesse bestehen. Und auch wenn einige seiner Kollegen dem ganzen recht skeptisch gegenüberstehen, so bietet die

Neuroökonomie anhand ihrer Zielstellung und erster Ergebnisse doch Argumente, die im Sinne der Auflösung des Black-Box-Ansatzes nicht ignoriert werden dürfen.

Sehr kritische Stimmen hingegen beziehen sich auf den mit der Hirnforschung verbundenen Eingriff in das psychische Innere der Menschen. Besonders im Hinblick auf das Neuromarketing sieht die amerikanische Organisation *Commercial Alert* den Menschen vor allem in seiner Rolle als Konsument bedroht. Die beabsichtigten Beeinflussungsversuche der Marketingpraxis könnten ihrer Meinung nach bestenfalls in effektiverer Werbung enden. RUSKIN - Stellvertreter der Konsumentenvereinigung - sieht jedoch auch weit dramatischere Szenarien voraus wie z. B. die Einflussnahme auf die politische Meinungsbildung bei Individuen und die daraus folgende Manipulation hinsichtlich totalitärer Regime oder Kriegsverherrlichung (in: BLAKESLEE 2004).

Von diesen sehr pessimistischen Bildern könnte allerdings die reale Hirnforschung momentan nicht weiter entfernt sein. Es ist weder möglich, Individuen in einem bestimmten Entscheidungsverhalten zu beeinflussen, noch kann man die Gedanken und Vorgänge des einzelnen durch die neue Technik wirklich lesen (WELLS 2003, NATURE NEUROSCIENCE 2004). Die bestehenden Sorgen in diese Richtung sind beim heutigen Stand der Forschung bis auf weiteres in der Tat vollständig unbegründet. Den bildgebenden Techniken gelingt es insbesondere (noch) nicht, Aufschluss über die Interaktion zwischen den verschiedenen aktivierten Neuronensystemen zu erlangen (MEDINA 2004). Schließlich ist zu bedenken, dass Milliarden von Nervenzellen die Struktur des Gehirns determinieren, deren Funktionsweise gerade im Verbund (Synergie) einzelner Zellen unmöglich vorhersagbar und manipulierbar ist (RÖSLER 2004). Außerdem wird bspw. mit Hilfe der fMRT lediglich der erhöhte Verbrauch an Sauerstoff gemessen, der, wie in Abschnitt 3 beschrieben, mit einigen Sekunden Verzögerung in den relevanten Arealen auftritt. Folglich entsprechen die erreichbaren Ergebnisse nicht den tatsächlichen, synchronen neuronalen Prozessen, sondern geben durch die Meßverzögerung nur indirekt Aufschluss darüber. Hinzu kommt, dass die bisherigen Kenntnisse über die

Funktionen einzelner Hirnbereiche lückenhaft sind, sodass eine Bewertung der Aktivitäten zusätzlich erschwert wird, wie auch aus der Aussage des Neurobiologen SCHEICH geschlossen werden kann: „Es gelingt uns bisher noch nicht einmal, die Grundlagen von Emotionen im Gehirn sicher voneinander zu unterscheiden“ (in: SCHNABEL 2003). MEDINA (2004) sieht zudem in den bildgebenden Verfahren lediglich ein deskriptives Mittel zur Erklärung neurobiologischer Vorgänge: „Understanding the neurons involved in a brain undergoing a decision-making process is not the same thing as understanding how the brain makes decisions.“. Im Gegensatz zu CAMERER (2003) vertritt er die Meinung, dass die neuroökonomische Forschung nicht mehr leistet als die Lokalisierung verschiedener Hirnbereiche, die im Zusammenhang mit menschlichen Entscheidungen stehen. Einen direkten Einfluss auf das Entscheidungsverhalten (insbesondere beim Konsumentenverhalten) kann er nicht erkennen.

MEDINAS (2004) Aussagen kann allerdings aus unserer Sicht nur bedingt zugestimmt werden. Zwar zeigen die neuroökonomischen Studien, dass die Ergebnisse tatsächlich oft dem bloßen Verständnis der Lokalisierung verschiedener Hirnstrukturen dienen. Doch gerade die Neuroökonomien, die sich mit Marketinginhalten beschäftigen, können daraus Schlussfolgerungen für die Werbegestaltung ziehen. Stimuli, die beim Rezipienten Aktivierungen im Belohnungssystem hervorrufen oder mit Gedächtnisleistungen einhergehen, können mit bildgebenden Verfahren durchaus analysiert werden. Die „Kartierung“ des Gehirns verhilft außerdem zu besseren Kenntnissen hinsichtlich der Interaktionsleistung zwischen kognitiven und emotionalen Prozessen. Das Auffinden von Aktivität in Bereichen wie dem OFC oder der Insula tragen zu diesem vertieften Verständnis bei.

Letztendlich profitieren davon aber nicht nur die Neuroökonomien, da Ökonomik und Psychologie nicht die einzigen Bereiche sind, die sich auf der Suche nach Erklärungen menschlichen Verhaltens befinden. So erhoffen innerhalb der Entwicklung der sogenannten „Neuro-Bindestrich-Wissenschaften“ z. B. auch zukünftige Neuro-Theologen und Neuro-Didaktiker, neues Wissen aus der Hirnforschung für ihr Fachgebiet generieren zu können.

Auch wenn manche Forscher wie gesagt davon ausgehen, dass ein vollständiges Wissen über die Funktionsweise des Gehirns niemals erreicht werden kann (MEDINA 2004, RÖSLER 2004), ist der Erkenntnisfortschritt bereits heute zumindest soweit fortgeschritten, dass mögliche gezielte Beeinflussungsversuche in neuronale Abläufe in greifbare Nähe gerückt scheinen. Trends wie Gedächtnispillen und Stimmungsaufheller oder Beobachtungen des Gehirns bei individuellen Denkprozessen lassen einige kritische Fragen aufkommen: Inwiefern haben Forscher im Namen der Wissenschaft z. B. das Recht, in das persönlichste aller Organe vorzudringen und Untersuchungen an der Psyche gesunder Menschen durchzuführen? Inwieweit müssen Regeln geschaffen werden, um unbedenkliche Forschungen zu gewährleisten? Welche Formen des Missbrauchs der Hirnforschung sind zu beachten? Die Beantwortung dieser und anderer Fragen haben sich einige Wissenschaftler verschiedenster Disziplinen zur Aufgabe gemacht. Innerhalb der sogenannten *Neuroethik* definieren sie ihr wesentliches Ziel als „Schutz und Geheimhaltung der menschlichen Gedanken“ (KRAFT 2004). Neuroethiker sehen den Bedarf, sich schon heute mit den Fragen auseinanderzusetzen, die die Zukunft der Neurowissenschaften mit sich bringen - nicht zuletzt deshalb, weil einige der Forscher glauben, dass das vollständige Wissen über die Hirnfunktionen weit größere Einschnittsgefahren in die Persönlichkeit des Einzelnen birgt als es bei der Entschlüsselung der genetischen Codes der Fall ist. Schließlich hängt das eigene Ich bzw. das Bewusstsein mehr mit dem Gehirn als mit dem Genom zusammen (FARAH 2002).

## **8. Fazit**

In Anbetracht der steigenden Anzahl neuroökonomischer Publikationen ist davon auszugehen, dass sich diese Disziplin in der Wissenschaft nicht erst beweisen muss, sondern dass sie sich bereits etabliert hat. Auch die Existenz (bzw. Gründung) neuroökonomischer Institutionen zeugt von dieser Entwicklung. Auszugsweise seien hier *Society of Neuroeconomics*, *Center of Neuroeconomic Studies*, *Stanford neuroeconomics lab* sowie *The Camerer Lab* oder im deutschsprachigen Raum „*Association for NeuroPsychoEconomics*“

genannt<sup>4</sup>. Diese und weitere Einrichtungen haben es sich grundsätzlich zum Ziel gemacht, neuroökonomisches Wissen weiterzugeben und Forschungsarbeiten auf diesem Gebiet auch künftig voranzubringen. Schritt für Schritt wird man so zu weiteren Erkenntnissen gelangen, die einerseits dem interaktiven Charakter von Kognitionen und Affekten gerecht werden. Andererseits werden aber auch die stark kognitionswissenschaftlich geprägten Ökonomen und Psychologen davon überzeugt, vorhandene Theorien zu überdenken, um letztendlich zu mehr realitätsbezogenen Verhaltensannahmen und in der Folge zu realitätsrelevanteren Resultaten und Aussagen zu gelangen.

Aber auch, wenn die ersten Schritte der Neuroökonomik einen gewissen Gehalt an neuen Erkenntnissen für die Ökonomik bereitstellen, steht die Disziplin noch an ihrem Anfang. Um dem Verständnis menschlichen Verhaltens innerhalb seiner neuronalen Strukturen näher zu kommen, reicht das „Wo?“ der Prozesse nicht aus. Die Anstrengungen müssen in Zukunft darauf abzielen, zu erklären, „wie“ die verschiedenen Vorgänge zusammenhängen. Dabei interessiert besonders die Arbeit einzelner Neuronenverbände auf mittlerer Zellebene wie z. B. das Zusammenwirken differenzierter emotionaler und kognitiver Prozesse oder das Verstehen des allgemeinen Ich-Bewusstseins – Bereiche, in denen die Wissenschaft noch große Lücken aufweist (PRINZ 2004). Mit großer Wahrscheinlichkeit werden die heutigen bildgebenden Verfahren dazu nicht in der Lage sein, so dass ein wirklicher Erkenntnisfortschritt erst mit der (Weiter-)Entwicklung neuer Techniken vermutet werden kann. Für das Fortbestehen der Neuroökonomie ist deshalb nicht nur die entschlossene Zusammenarbeit zwischen den ökonomischen, psychologischen und neurowissenschaftlichen Disziplinen erforderlich, sondern auch die Integration des Wissens aus den Ingenieur- und Informatikbereichen.

Das bedeutet aber nicht, dass das Potential der neuroökonomischen Forschung mit den heutigen Techniken bereits ausgeschöpft ist - im Gegenteil. Mit Hilfe des ökonomischen Ansatzes konnte die Hirnforschung bereits einige neue Erkenntnisse gewinnen, die dem erweiterten Verständnis

---

<sup>4</sup> Die Autoren erheben bei den Nennungen keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

von der Funktionsweise des Gehirns dienen. Der wachsende Erkenntnisfortschritt wiederum ermöglicht neue detaillierte Forschungsansätze in den verschiedensten Bereichen innerhalb der Neuroökonomie. Derzeitige Forschungsschwerpunkte liegen vor allem in den Bereichen „Intertemporal Choice“ (z. B. McClure et. al. 2004b), „Neurofinance“ (z. B. SHIV ET AL, 2005, LO/REPIN, 2002), „Rewarding and Learning“ (z. B. Plassmann et al., 2006b) sowie „Emotionsregulation“ (z. B. OCHSNER/GROSS, 2005).

Abschließend kann festgehalten werden, dass die neuroökonomische Forschung das Potential besitzt, zu einem besseren Verständnis ökonomisch relevanter Entscheidungsvorgänge zu gelangen. Allerdings sollte bei den Nachforschungen der wissenschaftliche Rahmen gewahrt bleiben, indem sowohl die gewählten Ansätze als auch die Interpretationen der Ergebnisse mit Vorsicht bedacht sein sollten, insbesondere im Hinblick auf die Weiterentwicklung der technischen Verfahren. Gerade im Bereich der Konsumentenentscheidungen sollte nicht zuletzt darauf geachtet werden, dass die Beeinflussungsversuche der Werbewirtschaft in einem ethisch vertretbaren Rahmen stattfinden – was auch für hirnpfysiologische Eingriffe allgemein gelten muß.

## **9. Literatur**

Der Aufschwung der „neuroeconomics“ in den letzten Jahren spiegelt sich eindrucksvoll wieder in einer ständig steigenden Zahl wissenschaftlicher Veröffentlichungen, aktiver Forschungsgruppen sowie Fachkonferenzen und Special Sessions bei großen Konferenzen. Einschlägige website-Links findet der interessierte Leser z. B. unter <http://www.richard.peterson.net>, <http://www.neuroeconomics.de> oder <http://www.neuroeconomics.net>. Unter <http://www.neuroeconomics.org/> findet man zudem Informationen zur Society for Neuroeconomics, die einmal jährlich eine Konferenz veranstaltet. Es liegen bereits mehrere Survey-Beiträge zur Neuroökonomie/neuroeconomics vor, und seit Anfang 2006 gibt es auch im deutschsprachigen Raum eine eigene Fachzeitschrift „NeuroPsychoEconomics“ (Website: [www.neuropsychoeconomics.org](http://www.neuropsychoeconomics.org)), die

aktuelle deutsch- und englischsprachige Forschungsbeiträge sowie Berichte zu Tagungen enthält.

*Survey-Beiträge zur Neuroökonomie (Neuroeconomics):*

Ahlert, D., Kenning, P., Neuroökonomik, in: Zeitschrift für Management, Heft 1 (2006), S. 24-47.

Camerer, C. F., Loewenstein, G., Prelec, D., Neuroeconomics: Why Economics Needs Brains, in: Scand. J. of Economics Vol. 106(3) (2004), pp 555-579.

Camerer, C. F., Loewenstein, G., Prelec, D., Neuroeconomics: How Neuroscience Can Inform Economics, in: Journal of Economic Literature, Vol. 43 (2005), pp 9-64.

Hain, C., Neuronale Korrelate zur Erklärung ökonomischer Entscheidungen. Methodische Fundierung und empirische Befunde. Diplomarbeit, TU Dresden, Fakultät Wirtschaftswissenschaften 2005.

Kenning, P., Plassmann, H., NeuroEconomics: An overview from an economic perspective, in: Brain Research Bulletin Vol. 67 (2005), pp 343-354.

Quervain, D. J.-F. de; Fischbacher, U., Treyer, V., Schellhammer, M., Schnyder, U., Buck, A., Fehr, E., The Neural Basis of Altruistic Punishment, in: Science, Vol. 305 (2004), pp 1254-1258.

Rabin, M., Psychology and Economics, in: Journal of Economic Literature, Vol. 36 (1998), pp 11-46.

Sanfey, A. G., Rilling, J. K., Aronson, J. A., Nystrom, L. E., Cohen, J. D., The Neural Basis of Economic Decision-Making in the Ultimatum Game, in: Science, Vol. 300 (2003), pp 1755-1758.

Sanfey, A. G., Loewenstein, G., McClure, S. M., Cohen, J. D., Neuroeconomics: cross-currents in research on decision-making, in: TRENDS in Cognitive Sciences, Vol. 10 (2006), pp 108-116.

Stern, P., Chin, G., Travis, J., Neuroscience: Higher Brain Functions, in: Science, Vol. 306 (2004), p. 431.

*Ausgewählte Publikationen zur aktuellen Entwicklung in den Neurowissenschaften:*

Anderson, J. R., Kognitive Psychologie, 2. Aufl., Heidelberg 1995.

Bechara, A., Damasio, H., Tranel, D., Damasio, A., Deciding advantageously before knowing the advantageous Strategy, in: Science, Vol. 28 (1997), pp 1293-1295.

Bechara, A., Damasio, A., The somatic marker hypothesis: A neural theory of economic decision, in: Games and Economic Behavior, Vol. 52 (2005), pp 336-372.

Birbaumer N., Schmidt, R., Biologische Psychologie, 5. Aufl., Berlin u.a. 2003.

Damasio, A. R.: Descartes´ Irrtum: Fühlen, Denken und das menschliche Gehirn, 4. Aufl., München 1999.

Damasio, A. R.: Der Spinoza-Effekt. Wie Gefühle unser Leben bestimmen, 1.Aufl., München 2003.

Der Spiegel special, Die Entschlüsselung des Gehirns, Nr. 4, 2003.

Farah, M. J., Illes, J., Cook-Deegan, R., Gardner, H., Kandel, E., King, P., Parens, E., Sahakian, B., Wolpe, P. R., Neurocognitive enhancement: what can we do and what should we do?, in: Nature Review Neuroscience, Vol. 5 (2004), pp 421-425.

Gegenfurther, K. R., Gehirn und Wahrnehmung, 1. Aufl., Frankfurt a. M., 2003.

Gehirn und Geist. Das Magazin für Psychologie und Hirnforschung. Spektrum Verlag, Das Manifest. Hirnforschung im 21. Jahrhundert, Nr. 6, 2004.

Geyer, C. (Hrsg.), Hirnforschung und Willensfreiheit. Zur Deutung der neuesten Experimente, edition suhrkamp, 1. Aufl., Frankfurt a. M. 2004.

Herrmann, C., Pauen, M., Rieger, J., Bewusstsein. Philosophie, Neurowissenschaften, Ethik, 1. Aufl., Stuttgart 2005.

Huesing, B., Jäncke, L., Tag, B., Impact Assesment of Neuroimaging, 1. Aufl., Zürich 2006.

Kandel, E. R., Schwartz, J. H., Jessell, T. M. (Hrsg.), Neurowissenschaften. Eine Einführung, 1.Aufl., Heidelberg 1995.

Kolb, B., Whishaw, I. Q., Neuropsychologie, 2. Aufl., Heidelberg u.a. 1996.

Kraft, U., Schöne neue Neuro-Welt, in: Gehirn und Geist, 2. Jg. (2004), S. 20-29.

Lenk, H., Kleine Philosophie des Gehirns, 1. Aufl., Darmstadt 2001.

Linke, D. B., Das Gehirn – Schlüssel zur Unendlichkeit. Der Geist ist mehr als unser Hirn, 1. Aufl., Freiburg i. B. 2004.

- Linke, D. B., *Die Freiheit und das Gehirn. Eine neurophilosophische Ethik*, 1. Aufl., München 2005.
- Nadel, L., *Encyclopedia of Cognitive Science*, Vol. 1-4, London 2003.
- O. A., Brain scan?, in: *Nature Neuroscience*, Vol. 7 (2004), p. 683.
- Ochsner, K.N., Gross, J. J., The cognitive control of emotion, in: *Trends in Cognitive Sciences*, Vol. 9 (2005), pp 242-249.
- O'Doherty, J., Rolls, E. T., Francis, S., Bowtell, R., McGlone, F.: Representation of pleasant and aversive taste in the human brain, in: *J Neurophysiol* 85 (2001a), S. 1315–1321.
- O'Doherty, J. P., Kringelbach, M. L., Rolls, E. T., Hornak, J., Andrews, C., Abstract reward and punishment representations in the human orbitofrontal cortex, in: *Nature Neuroscience* 4 (1) (2001b), pp 95-102.
- O'Doherty J. P., Dayan, P., Friston, K., Critchley, H., Dolan, R. J., Temporal difference models and reward-related learning in the human brain, in: *Neuron.*, Vol. 38 (2003), pp 329-337.
- O'Doherty, J. P., Reward representations and reward related learning in the human brain: Insights from neuroimaging, in: *Current opinions in neurobiology*, 14 (6) (2004), pp 769-776.
- Pauen, M., Roth, G., *Neurowissenschaften und Philosophie. Eine Einführung*, 1. Aufl., Stuttgart 2001.
- Prinz, W., Was wissen und können Hirnforscher in zehn Jahren?, in: *Das Manifest: Elf führende Wissenschaftler über Gegenwart und Zukunft der Hirnforschung*, in: *Gehirn und Geist*, 2. Jg. (2004), S. 34–36.
- Rösler, F., Es gibt Grenzen der Erkenntnis – auch für die Hirnforschung!, in: o. A.: *Das Manifest: Elf führende Wissenschaftler über Gegenwart und Zukunft der Hirnforschung*, in: *Gehirn und Geist*, 2. Jg. (2004), S. 32.
- Rogers, R. D., Ramnani, N., Mackay, C., Wilson, J. L., Jezzard, P., Carter, C. S, Smith, S. M., Distinct portions of anterior cingulate cortex and medial prefrontal cortex are activated by reward processing in separable phases of decision-making cognition, in: *Biological Psychiatry*, Vol. 55 (2004), pp 594–602.
- Roth, G., *Das Gehirn und seine Wirklichkeit. Kognitive Neurobiologie und ihre philosophischen Konsequenzen*, 1. Aufl., Frankfurt a. M. 1996.
- Roth, G., *Fühlen, Denken, Handeln. Wie das Gehirn unser Verhalten steuert*, Reihe stw, Frankfurt a. M. 2003.
- Roth, G., *Aus Sicht des Gehirns*, 1. Aufl., Frankfurt a. M., 2003

- Roth, G., Grün, K. J. (Hrsg.), Das Gehirn und seine Freiheit. Beiträge zur neurowissenschaftlichen Grundlegung der Philosophie, Heidelberg 2006.
- Roth, G., Prinz, W. (Hrsg.), Kopf-Arbeit. Gehirnfunktionen und kognitive Leistungen, 1. Aufl., Heidelberg 1996.
- Schandry, R., Biologische Psychologie, 1. Aufl., Weinheim u.a. 2003.
- Schmidt, R. F., Thews, G., Lang, F., Physiologie des Menschen, 27. Aufl., Berlin u.a. 1997.
- Schnabel, U., Der Markt der Neuronen, in: Die Zeit, 58 Jg. (2003), S. 35-37.
- Schultz, W., Dayan, P., Montague, R. P., A neural substrate of prediction and reward, in: Science, Vol. 275 (1997), pp 1593-1599.
- Singer, W., Der Beobachter im Gehirn. Essays zur Hirnforschung, Reihe stw., Frankfurt a. M. 2002.
- Singer, W., Ein neues Menschenbild? Gespräche über Hirnforschung, Reihe stw., Frankfurt a. M. 2003.
- Spitzer, M., Selbstbestimmen. Gehirnforschung und die Frage: Was sollen wir tun?, 1. Aufl., Heidelberg 2004.
- Sugrue, L. P., Corrado, G. S., Newsome, W. T., Matching Behavior and the Representation of Value in the Parietal Cortex, in: Science, Vol. 304 (1004), pp 1753-1754.
- Thompson, R. F., Das Gehirn. Von der Nervenzelle zur Verhaltenssteuerung, 3. Aufl., Heidelberg 2000.
- Tomasello, M., Die kulturelle Entwicklung des menschlichen Denkens, Reihe stw., Frankfurt a. M. 2002.
- Varela, F. J., Kognitionswissenschaft – Kognitionstechnik. Eine Skizze aktueller Perspektiven, 1. Aufl., Frankfurt a. M. 1990.

*Ausgewählte Forschungsbeiträge zu Neuroeconomics:*

- Aharon, I., Etcoff, N., Ariely, D., Chabris, C. F., O'Connor, E., Breiter, H. C., Beautiful Faces Have Variable Reward Value: fMRI and Behavioral Evidence, in: Neuron Vol. 32 (2001), pp 537–551
- Bechara, A., Damasio, A. R., The somatic marker hypothesis: A neural theory of economic decision making, in: Games and Economic Behavior, Vol. 52 (2005), pp 336–72.
- Breiter, H. C., Aharon, I., Kahneman, D., Dale, A., Shizgal, P., Functional Imaging of Neural Responses to Expectancy and Experience of Monetary Gains and Losses, in: Neuron, Vol. 30 (2001), pp 619–639.

Camerer, C., Loewenstein, G., Prelec, D., Neuroeconomics: How neuroscience can inform economics, in: Journal of Economic Literature, 2005, Vol. 43 (2004), pp 9-64.

Camille, N., Coricelli, G., Sallet, J., Pradat-Diehl, P., Duhamel, J.R., Sirigu, A., The Involvement of the Orbitofrontal Cortex in the Experience of Regret, in: Science, Vol. 304 (2004), pp 1167-117.

Elliot, R., Newman, J. L., Longe, O. A., Deakin, J. F. W., Instrumental responding for rewards is associated with enhanced neuronal response in subcortical reward systems, in: Neuroimage, Vo. 21 (2004), pp 984-990.

Fehr, E., Singer, T., The Neuroeconomics of Mind Reading and Empathy, in: American Economic Review - Papers & Proceedings, Vol. 95 (2005), pp 340-45.

Glimcher, P. W., Rustichini, A., Neuroeconomics: the consilience of brain and decision, in: Science, Vol. 306 (2004), pp 447-52.

Mobbs, D., Greicius, M. D., Abdel-Azim, E., Menon, V., Reiss, A. L., Humor Modulates the Mesolimbic Reward Centers, in: Neuron Vol. 40 (2003), pp 1041-1048.

Shiv, B., Loewenstein, G., Bechara, A., Damasio, H., Damasio A.R., Investment Behavior and the negative Side of Emotion, in: Psychological Science, Vol. 16 (2005), pp 435-439.

Zink, C. F, Pagnoni, G., Martin-Skurski, M. E., Chappelow, J. C., Berns, G. S., Human Striatal Responses to Monetary Reward Depend On Saliency, in: Neuron Vol. 42 (2004), pp 509-517.

*Ausgewählte Forschungsbeiträge zu Neuromarketing und Neurofinance:*

Ambler, T., Braeutigam, S., Stins, J. F, Rose S. P., Swithenby, S., Saliency and Choice: Neural Correlates of Shopping Decisions, in: Psychology & Marketing, Vol. 21 (2004), pp 247-66.

Blakeslee, S., If You Have a 'Buy Button' in Your Brain, What Pushes It?, in: New York Times, Vol. 154 (2004), p. 5.

Groepel-Klein, A., Arousal and consumer in-store behaviour, in: Brain Research Bulletin, Volume 67 (2005), pp 428-37.

Hall, B. F., A new Model for Measuring Advertising Effectiveness, in: Journal of Advertising Research, Vol. 42 (2002), pp 23-31.

Lee, N., Broderick, A. J., Chamberlain, L., What is 'neuromarketing'? A discussion and agenda for future research, in: International Journal of Psychophysiology, In Press, Corrected Proof, Available online 12 June 2006.

Lo, A. W., Repin, D. V., The Psychophysiology of Real-Time Financial Risk Processing, in: Journal of Cognitive Neuroscience, Vol. 14 (2002), pp 323-339.

McClure, S. M., Li, J., Tomlin, D., Cypert, K. S., Montague, L., Montague, P. R., Neural Correlates of Behavioral Preference for Culturally Familiar Drinks, in: Neuron, Vol. 44 (2004a), pp 379-87.

McClure, S. M., Laibson, D., Loewenstein, G., Cohen, J. D., Separate Neural Systems Value Immediate and Delayed Monetary Rewards, in: Science 306 (2004b), pp 503-507.

Medina, J., The Neurobiology of the Decision to Buy, in: Psychiatric Times, Vol. 21 (2004), pp 31-34.

Plassmann, H., Kenning, P., Ahlert, D., Neural Correlates of Brand Choice under Uncertainty: The Role of Brand Trust, Society for Consumer Psychology Conference (2006a) Proceedings.

Plassmann, H., Kenning, P., Ahlert, D., Why companies should make their customers happy: The neural correlates of customer loyalty, in: Advances in Consumer Research, Vol. 34 (2006b).

Shiv, B., Loewenstein, G., Bechara, A., Damasio, H., Damasio, A. R., Investment Behavior and the Negative Side of Emotion, in: Psychological Science, Volume 16 (2005), pp 435-439.

Vakratsas, D., Ambler, T., How Advertising Works: What Do We Really Know?, in: Journal of Marketing, Vol 63 (1999), pp 26-43.

Wells, M., In Search of the Buy Button, in: Forbes Global, Vol. 6 (2003), pp 34-38.

#### *Ausgewählte Beiträge zu neurowissenschaftlichen Meßmethoden:*

Frackowiak, R. S., Friston, K. J., Frith, C. D., Dolan, R. J., Price, C. J., Zeki, S, Ashburner, J., Penny, W. (Eds.), Human Brain Function, in: Oxford, Academic Press 2004.

Friston, K. J., Experimental design and statistical parametric mapping, in: Frackowiak, R.S. et al., Human Brain Function, Oxford, Academic Press (2004), pp 599-632.

Friston, K. J., Ashburner, J., Frith, C. D, Poline, J. B., Heather, J. D., Frackowiak, R. S., Spatial Registration and Normalization of Images, in: Human Brain Mapping, Vol. 2 (1995), pp 165-89.

Huesing, B., Jäncke, L., Tag, B., Impact Assesment of Neuroimaging, 1st editon, Zürich 2006.

Kandel, E. R., Schwartz J. H., Jessel T. M., Principles of Neural Science, 4th editon, New York 2000.

Kwong, K. K., Belliveau, J. W., Chesler, D. A, Goldberg, I. E., Weisskoff, R. M, Poncelet, B. P., Kennedy, D. N, Hoppel, B. E., Cohen, M. S., Turner, R., Cheng, H. M., Brady, T. J., Rosen, B. R., Dynamic Magnetic Resonance Imaging of Human Brain Activity During Primary Sensory Stimulation, in: Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, Vol. 89 (1992), pp 5675-79.

Ogawa, S., Lee, T. M., Stepnoski, R., Chei, W., Zhu, X. H., K. Ugurbil, An Approach to Probe Some Neural Systems Interaction by Functional MRI at Neural Time Scale Down to Milliseconds, in: Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, Vol. 97 (2000), pp 11026-31.

Silva, F. L. da, Functional localization of brain sources using EEG and/or MEG data: volume conductor and source models, in: Magnet Resonance Imaging, Vol. 22 (2004), pp 1533-38.

## Dresden Discussion Paper Series in Economics

- 03/05 **Sennewald, Ken:** Controlled Stochastic Differential Equations under Poisson Uncertainty and with Unbounded Utility
- 04/05 **Sennewald, Ken / Wälde, Klaus:** "Itô's Lemma" and the Bellman equation: An applied view
- 05/05 **Neumann, Anne / Siliverstovs, Boriss:** Convergence of European Spot Market Prices for Natural Gas?
- 06/05 **Hirschhausen, Christian von / Cullmann, Astrid:** Efficiency Analysis of German Electricity Distribution Utilities
- 07/05 **Seitz, Helmut / Freigang, Dirk / Kempkes, Gerhard:** Demographic Change and Federal Systems: Some Preliminary Results for Germany
- 08/05 **Bemmann, Martin:** Verbesserung der Vergleichbarkeit von Schätzgüteregebnissen von Insolvenzprognosestudien
- 09/05 **Thum, Marcel:** Korruption und Schattenwirtschaft
- 10/05 **Seitz, Helmut / Kempkes, Gerhard:** Fiscal Federalism and Demography
- 01/06 **Bieta, Volker / Broll, Udo / Milde, Hellmuth / Siebe, Wilfried:** A Strategic Approach to Financial Options
- 02/06 **Battermann, Harald L. / Broll, Udo:** Utility Functions of Equivalent Form and the Effect of Parameter Changes on Optimum Decision Making
- 03/06 **Broll, Udo / Wahl, Jack E.:** Value at risk, Equity and Diversification
- 04/06 **Broll, Udo / Fuchs, Frank:** Optimale Fakturierung im Außenhandel
- 05/06 **Pontes, Jose Pedro:** A Non-monotonic Relationship between FDI and Trade
- 06/06 **Lehmann-Waffenschmidt, Marco:** Self-Referential Optimal Advising When Reactions are Delayed
- 07/06 **Dittrich, Marcus / Schirwitz, Beate:** A Dynamic Model of Union Behaviour. The Role of an Endogenous Outside Option and Bargaining Centralisation
- 08/06 **Kempkes, Gerhard / Pohl, Carsten:** The Efficiency of German Universities – Some Evidence from Non-Parametric and Parametric Methods
- 09/06 **Heinzel, Christoph / Winkler, Ralph:** Gradual versus structural technological change in the transition to a low-emission energy industry - How time-to-build and differing social and individual discount rates influence environmental and technology policies
- 10/06 **Heinzel, Christoph:** Schumpeter and Georgescu-Roegen on the foundations of an evolutionary analysis – The problem of qualitative change, its methodical implications and analytical treatment
- 11/06 **Broll, Udo / Wahl, Jack E.:** Bankmanagement mit Value at Risk
- 12/06 **Karmann, Alexander / Huschens, Stefan / Maltritz, Dominik / Vogl, Konstantin:** Country Default Probabilities: Assessing and Backtesting
- 13/06 **Kemnitz, Alexander:** Can Immigrant Employment Alleviate the Demographic Burden? The Role of Union Centralization
- 14/06 **Kemnitz, Alexander / Eckhard Janeba / Ehrhart, Nick:** Studiengebühren in Deutschland: Drei Thesen und ihr empirischer Gehalt
- 01/07 **Kemnitz, Alexander:** University Funding Reform, Competition and Teaching Quality
- 02/07 **Sülzle, Kai:** Innovation and Adoption of Electronic Business Technologies
- 03/07 **Lehmann-Waffenschmidt, Marco / Sandri, Serena:** Recursivity and Self-Referentiality of Economic Theories and Their Implications for Bounded Rational Actors
- 04/07 **Lehmann-Waffenschmidt, Marco / Hain, Cornelia / Kenning, Peter:** Neuroökonomie und Neuromarketing: Neurale Korrelate strategischer Entscheidungen

