

Der nachfolgende Text ist im Jahr 2008 unter dem Titel *Funktionen des Bewusstseins* in der Reihe „Humanprojekt – Zur Stellung des Menschen in der Natur“ im Verlag Walter de Gruyter GmbH & Co KG erschienen.

Bewusstsein und Gedächtnis: Die Bedeutung der Kohärenz und Konsistenz von Erinnerungen

Bewusstsein und Gedächtnis

MARTINA PIEFKE/HANS J. MARKOWITSCH

Das Gedächtnis verbindet die zahllosen Einzelphänomene unseres Bewusstseins zu einem Ganzen, und wie unser Leib in unzählige Atome zerrieben müsste, wenn nicht die Attraktion der Materie ihn zusammenhielte, so zerfiel ohne die blinde Macht des Gedächtnisses unser Bewusstsein in so viele Splitter, als es Augenblicke zählt.

Ewald Hering, 1870

Einleitung: Episodisch-autobiographisches Gedächtnis und auto-noetisches Bewusstsein

Das episodisch-autobiographische Gedächtnis erlaubt uns das Erinnern und kognitiv-emotionale Wiedererleben persönlicher Erlebnisse. Es ist eng verknüpft mit unserem Eindruck, ein kohärentes und konsistentes „Selbst“ über die gesamte Lebensspanne hinweg zu besitzen. Unser autobiographisches Gedächtnis arbeitet rekonstruktiv: Es ermöglicht uns die Rekonstruktion einer eigenen persönlichen Vergangenheit aus der Perspektive der Gegenwart. Insofern ist es auch eng verbunden mit unserer Fähigkeit der Zeitwahrnehmung. Wir sind in der Lage, eine mentale Zeitreise zurück in unsere eigene Vergangenheit zu unternehmen und sowohl persönliche Kontinuität als auch Veränderung zu identifizieren (Piefke et al. 2003; Markowitsch 2003; Tulving 1995; 2005). Nach Tulving (1995) ist das Erinnern persönlicher Erlebnisse mit einer bestimmten Form des Bewusstseins verknüpft, dem so genannten „auto-noetischen“ Bewusstsein, das der Autor den „noetischen“ und „anoetischen“ Bewusstseinformen gegenüberstellt. Das Konzept multipler Gedächtnissysteme (Tulving 1972; 1995; Markowitsch 2007) unterteilt das menschliche Langzeitgedächtnis in fünf Gedächtnissysteme. Zwei dieser Systeme, das *prozedurale Gedächtnis* und das *Priming System*, operieren auf der Ebene der unbewussten Informationsverarbeitung (implizites Gedächtnis) und sind von der anoetischen Bewusstseinsform begleitet. Das *perzeptuelle* und das *semantische Gedächtnissystem* können sowohl an der bewussten (explizites Gedächtnis) als auch der unbewussten Informationsverarbeitung beteiligt sein. Sie sind jedoch zu einem größeren Anteil in das explizite Gedächtnis involviert. Das perzeptuelle Gedächtnis arbeitet auf der prä-semantischen Stufe (d.h. auf der Basis der Vertrautheit wahrgenommener Hinweisreize). Das semantische Gedächtnis leistet dagegen die grundlegende semantische Informationsverarbeitung. Das episodische Gedächtnis operiert auf der Ebene des bewussten Erinnerns von Ereignissen und Episoden. Es

ist mit der auto-noetischen Bewusstseinsform assoziiert. **Abbildung 1** charakterisiert die fünf Hauptsysteme des menschlichen Langzeitgedächtnisses anhand der unterschiedlichen Informationsarten, die jedes der Systeme verarbeitet.

Das auto-noetische Bewusstsein beinhaltet ein Gefühl der *Selbst-Erfahrung* und des „*persönlichen Eigentums*“ einer Erinnerung. In nicht-pathologischen Fällen sind wir daher sicher, uns an Erlebnisse unserer „*eigenen*“ Vergangenheit zu erinnern. Bei Individuen mit bestimmten psychiatrischen Erkrankungen wie Schizophrenie und dissoziativen Persönlichkeitsstörungen ist das auto-noetische Bewusstsein gestört. Sie können daher in bestimmten Phasen der Erkrankung eigene Erinnerungen als die einer fremden Person erleben. Nach dem philosophischen Konzept von Gallagher (2000) umfasst das auto-noetische Bewusstsein sowohl das Gefühl des „*persönlichen Eigentums*“ (self-ownership; das Gefühl, dass ich selbst es bin, der/die eine Erfahrung macht) als auch das des „*persönlichen Handelns*“ (self-agency; das Gefühl, dass ich selbst es bin, der/die die Quelle oder Initiator[in] einer Handlung ist). Es stellt gegenwärtig vermutlich die evolutionär höchste Entwicklungsstufe des Bewusstseins dar.

Den Begriff des „noetischen“ Bewusstseins grenzt Tulving (1995) gegenüber der autonotischen Bewusstseinsform durch die unterschiedlichen Kontextbezüge der beiden Bewusstseinsformen ab. Das noetische Bewusstsein geht einher mit dem prä-semantischen perzeptuellen Gedächtnis und dem Abruf von Faktenwissen aus dem semantischen Gedächtnis (z.[^]B. das Erinnern des Namens einer Landeshauptstadt, eines berühmten Dichters, oder eines Buchtitels). Es erlaubt keinen Zugang zu dem zeit-räumlichen Kontext des Ereignisses, während dessen eine bestimmte Information gelernt wurde, und lässt daher auch das Wiedererleben vergangener Ereignisse nicht zu. Der Begriff des „anoetischen“ Bewusstseins charakterisiert den unbewussten Abruf motorischer und perzeptueller Fähigkeiten. Das anoetische Bewusstsein ist insofern eine Bewusstseinsform, die es uns ermöglicht, etwas aus dem Gedächtnis abzurufen, ohne dass wir uns bewusst sind, etwas zu erinnern (Tulving 1995). **Abbildung 2** veranschaulicht eine hypothetische evolutionäre Entwicklung des Bewusstseins und der Differenzierung von Bewusstseinsarten.

Auto-noetisches Bewusstsein und lebensgeschichtliche Rekonstruktion

Wie bereits oben erwähnt arbeitet das autobiographische Gedächtnis rekonstruktiv. Dies zeigt sich insbesondere auf der Ebene der kognitiven und emotionalen Bewertung persönlicher Lebenserfahrungen. Die rekonstruktiven Mechanismen bilden die Grundlage für die fortwährende Re-Interpretation vergangener persönlicher Erlebnisse aus der Perspektive der sich stetig wandelnden aktuellen Lebenssituation. Durch das mit ihm verknüpfte auto-noetische Bewusstsein ist das autobiographische Gedächtnis an eine *selbstreferentielle* Perspektive gebunden: Es ist per se eine selbstreferentielle Gedächtnisform. Entsprechend spielt es eine Schlüsselrolle für die Prozesse der Persönlichkeits- und Identitätsentwicklung (z.[^]B. Habermas und Bluck 2000; Pasupathi 2001) sowie für die synchrone Selbstwahrnehmung der Kontinuität und des Wandels von Persönlichkeits- und Identitätsmerkmalen.

Erinnerungen an persönliche Erlebnisse bilden die Erfahrungsgrundlage für die Entstehung und das Verschwinden unterschiedlicher Selbstkonzepte im Zeitverlauf des Lebens eines Menschen. Umgekehrt beeinflussen aktuelle Selbstkonzepte die Prozesse der Re-Interpretation autobiographischer Ereignisse und verändern so die persönlichen Erinnerungen daran (Libby und Eibach 2002). Das Alltagsleben reflektiert solche Prozesse in Situationen der zwischenmenschlichen Konversation über persönliche Veränderungen (z.[^]B. gegenwärtige und frühere Sichtweisen der eigenen Person), bedeutsame andere Menschen und die „Welt“. Nicht selten geben Menschen im Kontext solcher Konversationen an, dass ihnen ihre alten, vergangen „Ichs“ wie unterschiedliche und/oder fremde Personen erscheinen. In psychologischen Experimenten konnten Belege für dieses Phänomen gezeigt werden. Libby und Eibach (2002) berichteten über die Tendenz gesunder Versuchspersonen, eine Beobachterperspektive („third person perspective“) einzunehmen, wenn sie Erinnerungen an Handlungen visualisieren sollten, die mit den aktuellen Sichtweisen ihres Selbst im Konflikt standen. Dieser Befund lässt vermuten, dass die subjektive Bewertung

einer Handlung hinsichtlich ihrer Kompatibilität mit dem aktuellen Selbstkonzept die Perspektive substantiell beeinflussen kann, die jemand bei der Visualisierung dieser Handlung einnimmt.

Pasupathi (2001) stellte die Hypothese auf, dass die soziale Konversation über persönliche Lebenserfahrungen die Grundlage für einen Mechanismus bildet, der es den Menschen erlaubt, sich selbst als Individuum im Kontext unserer Welt(en) zu rekonstruieren. „*Ko-Konstruktion*“ und „*Konsistenz*“ sind nach diesem Ansatz die beiden grundlegenden Prinzipien, die das gemeinsame konversationale Erinnern leiten. Der Begriff der Ko-Konstruktion bezieht sich auf Einflüsse, die Handelnde (d.h. an dem Gespräch Beteiligte) und soziale Kontexte (z.B. zu Hause oder am „Stammtisch“) gemeinsam auf die konversationale Rekonstruktion persönlicher Erfahrungen ausüben. Der Aspekt der Konsistenz betrifft dagegen die Einflüsse der konversationalen Rekonstruktion eines Ereignisses auf spätere Erinnerungen daran. Nach Pasupathi (2001) ist das Modell einer Interaktion dieser beiden Prinzipien auch geeignet, um die Einflüsse zu erklären, die die konversationale Rekonstruktion einer persönlichen Vergangenheit auf die Entwicklung der *Identität* eines erwachsenen Menschen ausübt.

Im Normalfall erreicht die Ausformung der personalen Identität eines Menschen im frühen Erwachsenenalter ein relativ stabiles Muster von Persönlichkeitsmerkmalen. Entwicklungsstudien über das autobiographische Gedächtnis haben übereinstimmend gezeigt, dass enge Verknüpfungen zwischen der Entstehung des autobiographischen Gedächtnisses und den Prozessen der Identitäts- und Persönlichkeitsentwicklung existieren (z.B. Cycowicz 2000; Perner und Ruffman 1995). Das autobiographische Gedächtnis erfährt erst in der späten Adoleszenz seine vollständige Ausreifung. Habermas und Bluck (2000) vertreten entsprechend die Auffassung, dass die persönliche „Lebensgeschichte“ sich im Verlauf der Adoleszenz entwickelt. Nach ihrem Ansatz erfordert eine kohärente Geschichte der persönlichen Vergangenheit sowohl das autobiographische Gedächtnis als auch eine Form des „*Sich-Selbst-Verstehens*“. Die persönliche Lebensgeschichte ist begrenzt durch die Anforderungen einer temporalen, kausalen, thematischen und biographischen Kohärenz. In ihrem Überblicksartikel über Untersuchungen zur Identitätsentwicklung und der Ausformung des autobiographischen Gedächtnisses zeigen Habermas und Bluck (2000), dass sowohl die kognitiven Fähigkeiten zur Konstruktion von Kohärenz in der eigenen Lebensgeschichte als auch die soziale Motivation zur Konstruktion einer persönlichen Vergangenheit erst während der Adoleszenz entstehen. Studien über persönliche Erinnerungen von Kindern unterstützen diese Auffassung. Sie haben gezeigt, dass Kinder nicht über ein autobiographisches Gedächtnis für Ereignisse verfügen, wie es bei Erwachsenen anzutreffen ist (Cycowicz 2000; Perner und Ruffman 1995; eine Überblicksarbeit gibt Gathercole 1998).

Die Entwicklung des autobiographischen Gedächtnisses und der personalen Identität wird auch durch kulturelle Faktoren beeinflusst. Wang (2001) untersuchte die frühesten Kindheitserinnerungen und Selbstbeschreibungen von chinesischen und amerikanischen Studenten. Die Studie zeigte, dass die Kindheitsereignisse, die die Amerikaner als früheste Erinnerungen berichteten, sich durchschnittlich etwa sechs Monate früher zugetragen hatten als die der Chinesen. Darüber hinaus waren die Beschreibungen der frühesten Erinnerungen, die die amerikanischen Studenten gaben, emotional ausgearbeitet, spezifisch, ausführlich und hatten einen klaren Selbstbezug. Die chinesischen Studenten lieferten dagegen kurze Skizzen wenig emotionaler Kindheitsereignisse, in deren Zentrum gemeinsame Aktivitäten und Alltagsroutinen standen. In den Selbstbeschreibungen der Chinesen waren viele soziale Regeln enthalten. Unabhängig von der Nationalität berichteten jedoch diejenigen Personen über eine größere Anzahl selbstbezogener und spezifischer Erinnerungen, die ihre eigene Person und deren positive Seiten in das Zentrum ihrer Selbstbeschreibungen stellten. Diese Befunde sprechen für komplexe Interaktionen zwischen der Verarbeitung persönlicher episodisch-autobiographischer Erinnerungen und der kulturell überformten Selbst-Konstruktion.

Die bislang vorliegenden Daten weisen insgesamt auf enge Beziehungen zwischen dem episodisch-autobiographischen Gedächtnis, der persönlichen (kulturell überformten) Identität, und dem Selbst-Bezug hin. Als die zentrale Dimension, die diese drei Aspekte verbindet, könnte das autoethische Bewusstsein operieren.

Neuronale Mechanismen der Rekonstruktion vergangener Lebenswelten

Neuronale Plastizität

Sowohl erfahrungsbedingte Umwelteinflüsse (*extrinsische Faktoren*; z.[^]B. soziale Erfahrungen, Umwelteinwirkungen, Verletzungen) als auch genetische und biologische Determinanten (*intrinsische Faktoren*; z.[^]B. genetische Disposition, physiologische Vorgänge) formen und verändern die Vernetzung der Nervenzellen. Diese *neuronale Plastizität* ist eine Eigenschaft unseres Gehirns, die in frühen Lebensstadien besonders stark ausgeprägt ist (Singer 2003; Piefke 2007). Das Gehirn behält diese Eigenschaft jedoch (wenn auch im Verlauf der Zeit abnehmend) über die gesamte Lebensspanne eines Individuums hinweg. Es ist in diesem Zusammenhang erwähnenswert, dass Maguire et al. (2000) mittels anatomischer magnetresonanztomographischer Untersuchungen bei Taxifahrern typische Veränderungen des Hippocampus (erfahrungsabhängige Vergrößerung einer Teilstruktur) zeigten, die mit großer Wahrscheinlichkeit durch die beruflich bedingten hohen Anforderungen an die räumliche Orientierung auftreten. Der Hippocampus ist eine Gehirnstruktur, die für das episodische Langzeitgedächtnis sowie die räumliche Vorstellung und Navigation von zentraler Bedeutung ist (Squire 1992; Brandt et al. 2005).

Die neuronale Plastizität hat zur Folge, dass jede neue Erfahrung sich in das Gehirn „einschreibt“ und so unser bewusstes Gedächtnis für vergangene Erlebnisse und deren Interpretation verändert. Umwelteinflüsse können unser Gedächtnis und unser Verhalten verändern. Die neurobiologische Grundlage dieser Veränderungen ist jedoch die erfahrungsabhängige Modulation der neuroanatomischen und -funktionellen Vernetzung von Strukturen unseres Gehirns. Der Befund, dass jede Umwelteinwirkung Konsequenzen für den Aufbau und die Funktion des Nervensystems hat, ist auch von zentraler Bedeutung für die Wirksamkeit psychotherapeutischer Intervention. Neuere Studien über die Neurobiologie emotionaler Entwicklungsstörungen und anderer psychiatrischer Erkrankungen belegen, dass die *Mechanismen der Pathogenese von psychiatrischen Erkrankungen auch die Grundlage für die Veränderung der Persönlichkeit und des Verhaltens durch psychotherapeutische Intervention bilden* (z.[^]B. Braun und Bogerts 2000; 2001; Piefke 2007). Insofern ermöglicht die neuronale Plastizität unseres Gehirns die erfahrungsbedingte initiale Entstehung der Konnektivität zwischen Gehirnstrukturen als neuronale Basis des Lernens und der kognitiv-emotionalen Entwicklung, die Entstehung klinischer Symptome (z.[^]B. Angststörungen, psychogene Amnesien, Psychosen) durch umweltbedingte und/oder physiologische pathologische Einflüsse und die Wirksamkeit psychotherapeutischer Intervention (Markowitsch und Piefke 2004; Piefke 2007; Reddemann et al. 2002).

Gedächtnisrelevante Gehirnstrukturen und neurofunktionelle Mechanismen

Untersuchungen über die Lokalisation von Gehirnverletzungen und neuropsychologische Leistungen bei amnestischen Patienten sowie neurofunktionelle Bildgebungsstudien an gesunden Versuchspersonen belegen übereinstimmend, dass der Hippocampus und angrenzende Strukturen im medialen Temporallappen, sowie präfrontale, posteriore cinguläre und retrospleniale Kortexareale die neuronalen Grundlagen des episodisch-autobiographischen Gedächtnisses bilden (z.[^]B. Aggleton et al. 2000; Markowitsch 2003; Mayes und Downes 1997; Nyberg et al. 2002; Piefke et al. 2003; Kellermann und Piefke 2006; Piefke 2008).

Der präfrontale Kortex

Nach den Annahmen, die dem „Hemispheric-Encoding-Retrieval-Asymmetry“ (HERA)-Modell (Tulving et al. 1994; Habib et al. 2003) zugrunde liegen, ist der linke präfrontale Kortex hauptsächlich an der Enkodierung und der rechte vorwiegend am Abruf episodischer Information beteiligt. Bildgebungsdaten über episodische Gedächtnisfunktionen legen jedoch nahe, dass die Lateralisierung präfrontaler neuronaler Aktivität zusätzlich stark von der Qualität und Komplexität des Stimulusmaterials und der abgerufenen

Information sowie den Anforderungen spezifischer Gedächtnisaufgaben abhängig ist (Nolde et al. 1998a, b; Ranganath et al. 2000; Piefke et al. 2003; Überblicksarbeiten geben Lee et al. 2003; Piefke 2008). Regionen des präfrontalen Kortex spielen mit großer Wahrscheinlichkeit auch eine ausschlaggebende Rolle für die Entstehung des autonotischen Bewusstseins im Kontext des Erinnerns an vergangene persönliche Erlebnisse (Keenan et al. 2001; Markowitsch 2003; 2005).

Der Hippocampus

Der Hippocampus spielt sowohl beim Menschen als auch bei Tieren eine Schlüsselrolle für episodische Gedächtnisfunktionen (z.^B. Markowitsch 2003; Squire 1992; Squire und Knowlton 2000). Unklar ist bislang jedoch, ob der Hippocampus nur in einem bestimmten Zeitfenster nach der Enkodierung einer Episode oder zeitunabhängig immer in den bewussten Abruf episodischer Information involviert ist. Nach der *Konsolidierungstheorie* (Squire 1992) sind die Gedächtnisfunktionen des Hippocampus zeitbegrenzt auf die Konsolidierungsphase episodischer Information. Ältere, bereits konsolidierte Erinnerungen, die bereits zu neokortikalen Speicherplätzen transferiert wurden, können nach dieser Theorie unabhängig vom Hippocampus abgerufen werden. Die „*Multiple Trace Theory*“ (MTT; Nadel und Moscovitch 1997) nimmt demgegenüber an, dass der Abruf episodischer Erinnerungen ohne Zeitbegrenzung immer von Hippocampusfunktionen abhängig ist. Es ist gegenwärtig noch immer unklar, welches der beiden Modelle hippocampaler Gedächtnisfunktionen die empirischen Daten aus der Grundlagenforschung und aus klinischen Studien besser erklären kann. Unterschiedliche Lokalisierungen und Ausmaße hippocampaler Läsionen sind vermutlich entscheidende Faktoren für die verschiedenen Zeitfenster von Amnesien bei Patienten mit Gedächtnisstörungen (z.^B. Rempel-Clower et al. 1996). Ebenso ist die große Variabilität der in empirischen Studien verwendeten episodischen Gedächtnisaufgaben vermutlich ein wichtiger Aspekt für die Interpretation der unterschiedlichen Befunde (z.^B. Barr et al. 1990; Scoville und Milner 1957). **Abbildung 3** veranschaulicht die Annahmen der Konsolidierungstheorie und der MTT.

Mittels neurofunktioneller bildgebender Verfahren wurden ebenfalls unterschiedliche Befunde hinsichtlich der Gedächtnisfunktionen des Hippocampus berichtet. Für den Bereich des episodisch-autobiographischen Gedächtnisses demonstrierten einige Bildgebungsexperimente spezifische Hippocampusaktivierungen während des Abrufs rezenter episodischer Information (im Vergleich zu älteren Erinnerungen; z.^B. Addis et al. 2004; Niki und Luo 2002; Piefke et al. 2003). Sie sprechen insofern für die Annahmen der Konsolidierungstheorie. Andere Bildgebungsstudien berichten flache oder keine Zeitgradienten der Hippocampusaktivität im Zusammenhang mit dem Abruf autobiographischer Episoden und unterstützten insofern eher die MTT (z.^B. Ryan et al. 2001; Viard et al. 2007; Cabeza und St. Jacques 2007). **Abbildung 4** zeigt die differentiellen Aktivierungen des Hippocampus während des Abrufs rezenter emotionaler autobiographischer Episoden (relativ zu emotionalen Erinnerungen an Kindheitsepisoden), die Piefke et al. (2003) berichteten.

Der posteriore cinguläre und der retrospleniale Kortex

Der retrospleniale Kortex liegt angrenzend an den retrocommissuralen Hippocampus, einen dünnen Gewebestreifen, der sich um das posteriore Ende der Corpus callosum herumzieht. Er ist anatomisch und funktionell eng verknüpft mit dem (entorhinalen und perirhinalen) parahippocampalen Gyrus und interagiert daher vielfältig mit dem Hippocampus und anderen medialen temporalen Gehirnstrukturen, die in die Gedächtnis- und Emotionsverarbeitung involviert sind (Insausti et al. 1987). Der retrospleniale Kortex könnte mit seinen zahlreichen anatomischen Verbindungen eine wichtige neurofunktionelle Schaltstelle für das Zusammenspiel zwischen Bewusstsein und gedächtnisbezogener Kognition und Emotion sein, das typisch ist für das Erinnern emotionaler autobiographischer Episoden. Klinische Studien berichteten schwere andauernde Amnesien für episodisches Informationsmaterial nach einer selektiven Schädigung des retrosplenialen Kortexes (z.^B. Bowers et al. 1988; Gainotti et al. 1998; Heilman et al. 1990). Funktionelle Bildgebungsstudien stimmen gut mit diesen Befunden überein, indem sie eine zentrale Funktion des retrosplenialen Kortexes für das emotionale episodische (autobiographische und experimentelle) Gedächtnis belegen (Fink et al. 1996; Shah et al. 2001; Markowitsch et al. 2003; Piefke et al. 2003; Sugiura et al. 2005). Die spezifische Rolle dieser Gehirnstruktur bei der Verarbeitung episodischer Information legt einen wichtigen retrosplenialen Beitrag an der Entstehung des autonotischen

Bewusstseins nahe. Es ist anzunehmen, dass der retrospleniale Kortex und unterschiedliche präfrontale Regionen durch eine komplexe Interaktion die neuroanatomischen und –funktionellen Grundlagen dieser Bewusstseinsform bilden (Keenan et al. 2001; Markowitsch 2005). **Abbildung 5** zeigt neuronale Aktivierungen im retrosplenialen Kortex während des Abrufs episodisch-autobiographischen Materials, die übereinstimmend von Studien mittels funktioneller Magnetresonanztomographie berichtet wurden (Shah et al. 2001; Piefke et al. 2003; Sugiura et al. 2005).

Die Authentizität autobiographischer Erinnerungen

Auch wenn wir uns selbst sicher sind, uns korrekt und im Detail an ein vergangenes Ereignis zu erinnern, können Aspekte unserer Erinnerungen falsch sein. Dies ist zu einem großen Anteil bedingt durch die Rekonstruktivität unseres autobiographischen Gedächtnisses. Augenzeugenberichte enthalten oft nicht-intentionale falsche Erinnerungen (Ihlebak et al. 2003; Lindsay et al. 2004). Dies ist besonders im Zusammenhang gerichtspsychologischer Fragen ein problematischer Aspekt. Wir rekonstruieren die Vergangenheit jeweils so wie sie uns aus der Perspektive einer bestimmten gegenwärtigen Situation erscheint. Damit verändern sich die Erinnerungen im Verlauf unseres Lebens notwendigerweise, *ohne dass wir uns dessen bewusst sind*. Das mit dem autobiographischen Gedächtnis verbundene autooetische Bewusstsein ist ein selbstbezogenes Bewusstsein, dem die Fehlerhaftigkeit persönlicher Erinnerungen nicht zugänglich ist. Die Dominanz der Prinzipien der Kohärenz und Konsistenz verändert und/oder verhindert das Erinnern von Ereignisaspekten, die der Selbst-Konstruktion einer kontinuierlichen, subjektiv verstehbaren und erklärbaren Persönlichkeit entgegen stehen. Dieser Aspekt des autobiographischen Gedächtnisses unterstützt eine der wichtigsten Funktionen des menschlichen Bewusstseins: die Fähigkeit zu flexiblen und adaptiven Verhaltensweisen. Indem wir unsere Vergangenheit stets entsprechend unserer aktuellen Lebenssituation remodellieren, adaptieren wir sie unseren gegenwärtigen Bedürfnissen und machen sie so flexibel nutzbar für die wechselnden Anforderungen aufeinanderfolgender Lebensphasen. Das autooetische Bewusstsein bildet insofern eine entscheidende evolutionäre Dimension der menschlichen Überlebensfähigkeit. Es existieren allerdings inzwischen Hinweise darauf, dass auch nichtmenschliche Primaten sowie Raben- und Papageienvögel eine Vorform des episodischen Gedächtnisses (episodic-like) und entsprechend möglicherweise Rudimente eines autooetischen Bewusstseins besitzen können (Mulcahy und Call 2006; Güntürkün et al. 2005; Clayton et al. 2003).

Neben dem Aspekt der Rekonstruktivität des autobiographischen Gedächtnisses sorgen auch Effekte pro- und retroaktiver Interferenz für das Auftreten falscher Erinnerungen. Pro- und retroaktive Interferenzeffekte sind nicht spezifisch für das autobiographische Gedächtnis, sondern können in einfachen Gedächtnisexperimenten im Labor gezeigt werden (Kato 1985; Kelley und Sahakyan 2003; Rhodes und Kelley 2005; Ihlebak et al. 2003; Lindsay et al. 2004). Sie können beispielsweise durch phonologische Ähnlichkeiten von Wörtern und fehlleitende semantische Assoziationen hervorgerufen werden. Häufig anzutreffen ist auch der interferenzbedingte Transfer bestimmter Informationsaspekte in einen falschen Kontext (falsches Quellengedächtnis). Durch Interferenzeffekte hervorgerufene falsche Erinnerungen können gelegentlich (eher zufällig) ebenfalls zu einer flexiblen Adaptation an eine gegebene Situation beitragen. Häufiger sind hier jedoch dysfunktionale Interferenzeffekte, die zu Irritationen sowohl im sozialen Alltagsleben (z.^B. Namensverwechslungen) als auch in Laborexperimenten führen (z.^B. Verschlechterung der Gedächtnisleistung durch interferierende semantische Assoziationen). Solange Interferenzeffekte nicht zu Irritationen oder „Peinlichkeiten“ führen, sind sie dem menschlichen Bewusstsein nicht zugänglich. Die Dominanz der Prinzipien der Kohärenz und Konsistenz verhindert auch hier die Fehlerdetektion. Erst wenn ein Individuum beispielsweise einen „*Fauxpas*“ begangen hat, können ihm die Zusammenhänge und die entsprechenden interferierenden Informationen bewusst werden. Diese Bewusstwerdung muss jedoch nicht zwangsläufig eintreten. Insbesondere in Fällen von Unsicherheit kann jedoch auch die Befürchtung eines *Fauxpas* *prospektiv* zur Bewusstwerdung möglicher Interferenzeffekte führen. Das Individuum wird dadurch gewarnt, dass es unter Umständen in eine peinliche Situation kommen könnte, wenn es falsche Informationen über eine Person oder ein bestimmtes Ereignis und dessen spezifische Zusammenhänge liefert. Im Falle der *prospektiven* Bewusstwerdung möglicher

Interferenzeffekte, können diese in vielen Fällen in ein unterstützendes Vehikel für adaptives Verhalten umgewandelt werden.

Pathologische Fehlleistungen des menschlichen Gedächtnisses

Die bisherige psychologische und neurowissenschaftliche Forschung zeigt übereinstimmend, dass auch falsche Erinnerungen einen wichtigen Beitrag für das Funktionieren des Menschen in seinen Alltagswelten leisten können. Dies gilt meistens auch im Falle pathologischer Fehlleistungen des Gedächtnisses wie sie beispielsweise bei *psychogenen Amnestikern* zu beobachten sind. Der Begriff der *psychogenen Amnesie* bezeichnet Gedächtniseinbußen, denen keine neuroanatomischen Veränderungen zugrunde liegen, die mit den derzeit zur Verfügung stehenden Untersuchungsmethoden detektiert werden können. Personen mit einer psychogenen Amnesie können sich an Teile oder gelegentlich sogar ihre gesamte vergangene Lebensgeschichte nicht erinnern. Ausschlaggebend für das Auftreten einer solchen Gedächtnisstörung ist häufig ein emotional belastendes Erlebnis. Im Folgenden werden einige Fallbeispiele für typische Defizite im Bereich des autobiographischen Gedächtnisses bei psychogenen Amnestikern aufgeführt.

Der Fall A.M.N.

Herr A.M.N. hatte als Vierjähriger zusehen müssen wie ein Mann im Auto verbrannte. Später im Erwachsenenalter erlebte er einen offenen Brand im eigenen Haus. In der Folge dieses zweiten Branderlebnisses trat bei ihm eine anhaltende psychogene Amnesie auf. Anatomische magnetresonanztomographische (MRT) Bilder zeigten keine morphologischen Schädigungen seines Gehirns (*Abbildung 6a*). Mittels 2-[¹⁸F]-fluoro-2-deoxy-D-glucose (FDG) Positronen-Emissions-Tomographie (PET) konnte jedoch in gedächtnisrelevanten Strukturen seines Gehirns ein verminderter Glukosestoffwechsel nachgewiesen werden (*Abbildung 6b*). Zum Zeitpunkt dieser Untersuchung hatte A.M.N. keine bewussten Erinnerungen an alle biographischen Ereignisse seiner letzten sechs Lebensjahre (retrograde Amnesie) und konnte sich darüber hinaus keinerlei neue Information mehr einprägen (anterograde Amnesie). Auch zwölf Monate später war seine Gedächtnisstörung noch so schwerwiegend, dass er weiterhin unfähig war, seinem früheren Beruf nachzugehen. Eine PET-Folgeuntersuchung zeigte jedoch zu diesem späteren Zeitpunkt eine Wiederherstellung des normalen cerebralen Glukosemetabolismus (*Abbildung 6c*). Erste mittels neuropsychologischer Testverfahren messbare Verbesserungen seiner Gedächtnisleistungen traten nach ca. acht Monaten ein (Markowitsch et al. 2000).

Der Fall N.N.

Herr N.N. ist ein typisches Beispiel für eine Person mit einer psychogenen „Fugue“. Es handelt sich dabei um eine Amnesie, die von dem Drang begleitet ist, den Heimatort zu verlassen (Markowitsch et al. 1997). Die Fugue begann damit, dass N.N. anstatt Brötchen zu holen mit dem Fahrrad mehrere Tage den Rhein entlang fuhr. Er beschrieb später, dass er nicht wusste, wer er war, und dass sich ihm beim Blick in ein Schaufenster ein fremdes Gesicht gespiegelt habe. In einer Großstadt wurde er in eine psychiatrische Klinik aufgenommen. Er gab an, sein Gedächtnis verloren zu haben, kannte seinen Namen nicht und konnte über seine Herkunft keinerlei Angaben machen. N.N. behauptete, alle Ereignisse seines bisherigen Lebens vergessen zu haben: Er sei hinsichtlich seiner persönlichen Lebensumstände wie neugeboren, ihm fehlten „die Bilder“, die für uns „normale“ Menschen unsere Vergangenheit widerspiegeln. Das Leben begann für ihn neu – sogar sein früheres Asthma und seine früheren Allergien waren verschwunden. In der Klinik bekam er einen neuen Namen (N.N.). Über eine Vermisstenanzeige wurde er schließlich aufgefunden und nach Hause zurückgebracht. Dieses Zuhause war ihm fremd, er erkannte seine Frau und seine Kinder nicht. Irgendwann begann er das, was man ihm über seine Vergangenheit erzählte, zu akzeptieren. Er fügte sich in die neue Situation und erlernte „seine Vergangenheit“ neu: so, als lerne man „Schulwissen“. Er hatte eine

leicht überdurchschnittliche Intelligenz und eignete sich problemlos in kurzer Zeit ein beträchtliches neues Wissensrepertoire an. N.N.s semantisches Gedächtnis (d.^h. Faktenwissen; siehe oben), das er sich innerhalb von ca. acht Monaten *nach seiner Fugue* angeeignet hatte, war hervorragend. Der Zugang zu den *davor liegenden Erlebnissen*, d.^h. zu Episoden seiner persönlichen Lebensgeschichte vor dem Auftreten der Fugue, blieb jedoch versperrt.

Der Fall C.B.

Der Informatikstudent C.B. war plötzlich nicht mehr in der Lage, sich Informationen bleibend anzueignen (Kessler et al. 1997). Sein Kurzzeitgedächtnis war intakt, er konnte für mehrere Minuten Informationen behalten und wiedergeben, jedoch nicht über dieses Zeitfenster hinaus. Aus dem retrograden Langzeitgedächtnis konnte er retrograd gespeichertes Material (d.^h. Information, die er sich vor dem Auftreten seiner Gedächtnisstörung angeeignet hatte) nicht abrufen. Dieser Zustand blieb über Jahre erhalten und machte eine eigenständige Lebensführung unmöglich. Vor dem Hintergrund der Lebensgeschichte von C.B. kann man vermuten, dass er wegen chronischer Stresszustände (z.^B. Versagensängste etc.) eine Blockade für den bleibenden Erwerb neuer Information aufbaute und auf diese Weise jeglichem Leistungsstress zu entgehen versuchte. *Damit steht seine Blockade des bewussten Gedächtnisses im Dienst der Adaption des Verhaltens an die aktuelle Lebenssituation.* Aus dieser Perspektive ist sie insofern nicht dysfunktional. C.B. hatte keine mittels neuroanatomischer bildgebender Verfahren nachweisbaren Gehirnläsionen. Seine Gedächtnisstörung kann als eine psychogene Amnesie aufgefasst werden, die ihre Ursache in den Alltagsbelastungen des Informatikstudenten hatte.

Der Fall C.D.

Frau C.D. hatte in ihrer Kindheit emotional stark belastende Erfahrungen gemacht. Sie war insbesondere Selbstmorddrohungen und Missbrauch durch nahestehende Verwandte ausgesetzt (Markowitsch et al. 1997). Vermutlich als Konsequenz dieser Ereignisse konnte sie sich im Erwachsenenalter an die Zeit zwischen ihrem 10. und 16. Lebensjahr nicht erinnern. Sie malte im Rahmen einer psychotherapeutischen Behandlung Bilder über diese Zeit. Diese zeigten für sie selbst teilweise entschlüsselbare Szenen, die sie meistens nicht konkret verbalisieren, jedoch emotional bewerten konnte. Das „Vergessen“ dieser Szenen hinterließ zwar eine „Lücke“ in der für C.D. rekonstruierbaren persönlichen Vergangenheit, half ihr dennoch in der Gegenwart in einem adaptiven Sinne ohne eine bewusste Erinnerung an die Schrecken der Kindheit zu leben. Neurofunktionelle Untersuchungen ihres Gehirns zeigten, dass die Erinnerungen unbewusst für C.D. existierten. Eine Positronenemissionstomographie (PET) belegte insbesondere, dass das Anschauen der in der Psychotherapie gemalten Bilder bei ihr eine starke Aktivierung von Gehirnregionen bewirkte, die Emotionen verarbeiten.

Der Fall F.A.

Herr F.A. zeigte nach längeren Aufenthalten in mehreren psychiatrischen Universitätskliniken und einer insgesamt mehr als zweijährigen Krankengeschichte eine vollständige Unfähigkeit zur Neugedächtnisbildung, ein stark eingeschränktes Kurzzeitgedächtnis, Altgedächtnisstörungen, eine Akalkulie und Wortfindungsstörungen. Mittels wiederholter neuroanatomischer und -funktioneller sowie elektroenzephalographischer Untersuchungen ließen sich jedoch keine neuropathologischen Veränderungen als Grundlage für diese schwerwiegenden kognitiven Defizite finden (Markowitsch et al. 1999a). F.A.s Lebensgeschichte ließ vermuten, dass es bei ihm durch belastende Lebenssituationen zu einer psychogenen mnestischen Blockade und assoziierten zusätzlichen neuropsychologischen Beeinträchtigungen gekommen war. Es war F.A. noch nicht einmal möglich, basale semantische Informationen wie sein Alter oder die Vornamen seiner Schwestern und seiner Frau aus dem Gedächtnis abzurufen. In Fällen mit so tiefgreifenden kognitiven Beeinträchtigungen wird es schwierig, die Symptomatik im Sinne der Ermöglichung eines flexiblen und adaptiven Verhaltens an die sich wandelnden gegenwärtigen Lebenssituationen zu interpretieren. Dennoch muss man in Betracht ziehen, dass die neuropsychologischen Defizite F.A. die Möglichkeit gaben, aus den lebensgeschichtlichen Belastungen und stressreichen

Anforderungen des Alltagslebens aussteigen. Unter diesem Gesichtspunkt hat auch die tiefgreifende psychogene kognitive Störung von F.A. eine adaptive Funktion. Ob hier auch der Aspekt der Flexibilität erfüllt ist, ist allerdings zu bezweifeln. Vielmehr tritt hier die lähmende Dimension psychogener Pathologien (die letztendlich in unterschiedlichem Ausmaß jeder psychogenen Amnesie und allgemeiner jeder psychologischen Störung inhärent ist) stark in den Vordergrund.

Der Fall T.X.

Die 16-jährige Schülerin T.X. war beim Schlittschuhlaufen auf den Hinterkopf gefallen und hatte in der Folge eine vollständige retrograde Amnesie für autobiographische Episoden. Sie erkannte auch ihre Eltern nicht wieder. Faktenwissen war dagegen offensichtlich vollständig erhalten. Mittels neuroanatomischer und -funktioneller bildgebender Verfahren ließen sich bei T.X. keine Schädigungen ihres Gehirns nachweisen. Sie versuchte in der Zeit nach dem Sturz, ihre Vergangenheit wie neutrales und unpersönliches Wissen neu zu lernen.

Der Fall T.A.

Die 30-jährige T.A. war seit einem Unfall, bei dem sie ein Schleudertrauma erlitten hatte, bleibend amnestisch (Markowitsch et al. 1999b). Bildgebende Untersuchungen ihres Gehirns zeigten keinerlei Anhaltspunkte für cerebrale Schädigungen. T.A. war seit ihrem Unfall vollständig von ihrer Mutter abhängig. Sie war desorientiert hinsichtlich der Zeit, konnte sich an *Ereignisse bis unmittelbar vor ihrem Unfall* exzellent, nicht aber *an Ereignisse danach* erinnern. Die Intelligenz der früheren Studentin war überdurchschnittlich; ebenso ihre anterograden Gedächtnisleistungen über eine Zeitspanne von ein bis zwei Stunden. Nach zwei Stunden trat jedoch ein rapider Verfall ihrer Erinnerungsfähigkeit auf. Sie hatte an jedem Morgen eines neuen Tages keine Erinnerung an den vorangegangenen Tag. Bei T.A. ist zu vermuten, dass der Unfall als ein emotionales Schockereignis dauerhaft zu einer Blockade der Übertragung von Information ins Langzeitgedächtnis geführt hat. Die adaptive Funktionalität ihrer Gedächtnisstörung hat ihre Basis vermutlich in lebensgeschichtlichen Aspekten. Insbesondere die krankheitsbedingte Abhängigkeit von der Mutter belegt diese Interpretation. Wie bei F.A. stehen die dysfunktionalen und lähmenden Dimensionen bei T.A. jedoch so stark im Vordergrund, dass die Flexibilität des Verhaltens verhindert wird.

Schlussfolgerungen

Erkenntnisse der neurowissenschaftlichen Forschung belegen übereinstimmend, dass die anatomische und funktionelle Vernetzung der Nervenzellen unseres Gehirns veränderbar ist. Diese neuronale Plastizität ermöglicht es einem menschlichen Individuum, seine persönliche Vergangenheit kohärent und konsistent von der sich stets wandelnden Gegenwart aus kontinuierlich neu zu rekonstruieren und bildet insofern die neurobiologische Grundlage für die Formbarkeit unserer Sichtweise vergangener und gegenwärtiger Situationen. Die so entstehende „Fehlerhaftigkeit“ unseres Gedächtnisses unterstützt eine grundlegende Funktion des menschlichen Bewusstseins: die Fähigkeit zu einem flexiblen und adaptiven Verhalten. Dies gilt sogar für pathologische Fehlleistungen des Gedächtnisses wie psychogene Amnesien. Das Vergessen der eigenen Vergangenheit kann eine adaptive Funktion haben, indem es einem Menschen erlaubt, ohne die bewusste Auseinandersetzung mit schwierigen früheren Erlebnissen und eigenen Verhaltensweisen in der Gegenwart zu leben. Nicht die Exaktheit unserer mentalen Gedächtnisfunktionen ist daher ausschlaggebend für das Funktionieren eines Individuums in seinen Lebenswelten, sondern vielmehr die „Selbst-Kompatibilität“ der subjektiven mentalen Konstruktion vergangener und gegenwärtiger Wirklichkeiten.

Zusammenfassung

Das Bewusstsein und das Gedächtnis des Menschen sind hochkomplexe interagierende Systeme. Aufgrund ihrer Komplexität sind sie jedoch auch anfällig für Fehler. Unsere bewussten Erinnerungen an vergangene persönliche Erlebnisse sind häufig verzerrt und können falsche Aspekte enthalten. Dennoch sind wir in den meisten Fällen überzeugt, uns detailgetreu und korrekt an ein Ereignis zu erinnern. Die neuronale Plastizität unseres Gehirns erlaubt es, dass wir unsere persönliche Vergangenheit kohärent und konsistent von einer sich im dauernden Wandel befindlichen Gegenwart aus stets neu und subjektiv „richtig“ rekonstruieren. Die anatomische und funktionelle Vernetzung von Nervenzellen ist veränderbar. Diese Formbarkeit des Gehirns bildet die neurobiologische Grundlage für die Formbarkeit unserer Sichtweise vergangener und gegenwärtiger Situationen. Diese „Fehlerhaftigkeit“ unseres Gedächtnisses unterstützt eine der grundlegenden Funktionen des menschlichen Bewusstseins: die Fähigkeit zu einem flexiblen und adaptiven Verhalten. Dies gilt sogar für pathologische Fehlleistungen des Gedächtnisses wie psychogene Amnesien. Das Vergessen der eigenen Vergangenheit kann eine adaptive Funktion haben, indem es dem Individuum ermöglicht, ohne die bewusste Auseinandersetzung mit schwierigen früheren Erlebnissen und eigenen Verhaltensweisen in der Gegenwart zu leben. Daraus lässt sich schließen, dass nicht die Exaktheit unserer mentalen Funktionen ausschlaggebend für das Funktionieren eines Individuums in seinen Lebenswelten ist, sondern vielmehr die „Selbst-Kompatibilität“ der subjektiven mentalen Konstruktion vergangener und gegenwärtiger Wirklichkeiten. Der Artikel gibt einen Überblick über psychologische und neurowissenschaftliche Belege für diese Hypothese.

Bibliographie

- Addis, D.R./Moscovitch, M./Crawley, A.P./McAndrews, M.P. (2004): Recollective Qualities Modulate Hippocampal Activation During Autobiographical Memory Retrieval. In: *Hippocampus* (14), 752[^]-762.
- Aggleton, J.P./Hunt, P.R./Rawlins, J.N. (1986): The Effects of Hippocampal Lesions Upon Spatial and Non-spatial Tests of Working Memory. In: *Behavioural Brain Research* (19), 133[^]-146.
- Barr, W.B./Goldberg, E./Wasserstein, J./Novelly, R.A. (1990): Retrograde Amnesia Following Unilateral Temporal Lobectomy. In: *Neuropsychologia* (28), 243[^]-256.
- Bowers, D./Verfaellie, M./Valenstein, E./Heilman, K.M. (1988): Impaired Acquisition of Temporal Information in Retrosplenial Amnesia. In: *Brain and Cognition* (8), 47[^]-66.
- Brandt, T./Schautzer, F./Hamilton, D./Brüning, R./Markowitsch, H.J./Kalla, R./Darlington, C./Smith, P./Strupp, M. (2005): Vestibular Loss Causes Hippocampal Atrophy and Impaired Spatial Memory in Humans. In: *Brain* (128), 2732[^]-2741.
- Braun, K./Bogerts, B. (2000): Juvenile Experience and Learning Modulate the Functional Maturation of the Brain: Relevance for the Genesis and Therapy of Mental Disorders. In: *Psychotherapie, Psychosomatik, Medizinische Psychologie* (50), 420[^]-427.
- Braun, K./Bogerts, B. (2001): Experience Guided Neuronal Plasticity. Significance for Pathogenesis and Therapy of Psychiatric Diseases. In: *Nervenarzt* (72), 3[^]-10.
- Cabeza, R./St. Jacques, P. (2007): Functional Neuroimaging of Autobiographical Memory. In: *Trends in Cognitive Science* (11), 219[^]-227.
- Clayton, N.S./Bussey, T.J./Emery, N.J./Dickinson, A. (2003): Prometheus to Proust: The Case for Behavioural Criteria for Mental Time Travel. In: *Trends in Cognitive Science* (7), 436[^]-437.
- Cycowicz, Y.M. (2000): Memory Development and Event-related Brain Potentials in Children. In: *Biological Psychology* (54), 145[^]-174.
- Fink, G.R./Markowitsch, H.J./Reinkemeier, M./Bruckbauer, T./Kessler, J./Heiss, W.D. (1996): Cerebral Representation of One's Own Past: Neural Networks Involved in Autobiographical Memory. In: *Journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry* (16), 4275[^]-4282.
- Gainotti, G./Almanti, S./DiBetta, A.M./Silveri, M.C. (1998): Retrograde Amnesia in a Patient With Retrosplenial Tumour. In: *Neurocase* (4), 519[^]-526.
- Gallagher, I.I. (2000): Philosophical Conceptions of the Self: Implications for Cognitive Science. In: *Trends in Cognitive Science* (4), 14[^]-21.
- Gathercole, S.E. (1998): The Development of Memory. In: *Journal of Child Psychology and Psychiatry* (39), 3[^]-27.
- Güntürkün, O. (2005): The Avian 'Prefrontal Cortex' and Cognition. In: *Current Opinion in Neurobiology* (15), 686[^]-693.
- Habermas, T./Bluck, S. (2000): Getting a Life: The Emergence of the Life Story in Adolescence. In: *Psychological Bulletin* (126), 748[^]-769.
- Habib, R./Nyberg, L./Tulving, E. (2003): Hemispheric Asymmetries of Memory: The HERA Model Revisited. In: *Trends in Cognitive Science* (7), 241[^]-245.

- Heilman, K.M./Bowers, D./Watson, R.T./Day, A./Valenstein, E./Hammond, E./Duara, R. (1990): Frontal Hypermetabolism and Thalamic Hypometabolism in a Patient With Abnormal Orienting and Retrosplial Amnesia. *Neuropsychologia* (28), 161-169.
- Ihlebaek, C./Løve, T./Eilertsen, D.E./Magnussen, S. (2003): Memory for a Staged Criminal Event Witnessed Live on Video. In: *Memory Journal* (11), 319-327.
- Insausti, R./Amaral, D.G./Cowan, W.M. (1987): The Entorhinal Cortex of the Monkey II: Cortical Afferents. In: *Journal of Comparative Neurology* (264), 356-395.
- Kato, T. (1985): Semantic Memory Sources of Episodic Retrieval Failure. In: *Memory and Cognition* (13), 442-452.
- Keenan, J.P./Nelson, A./O'Connor, M./Pascual-Leone, A. (2001): Self-recognition and the Right Hemisphere. In: *Nature* (409), 305.
- Kellermann, T./Piefke, M. (2006): Gedächtnis. In: Schneider, F./Fink, G.R. (Hg.): *Funktionelle MRT in der Neurologie und Psychiatrie*. Berlin: Springer, 297-308.
- Kelley, C.M./Sahakyan, L. (2003): Memory, Monitoring and Control in the Attainment of Memory Accuracy. In: *Journal of Memory and Language* (48), 704-721.
- Kessler, J./Markowitsch, H.J./Huber, R./Kalbe, E./Weber-Luxenburger, G./Kock, P. (1997): Massive and Persistent Anterograde Amnesia in the Absence of Detectable Brain Damage – Anterograde Psychogenic Amnesia or Gross Reduction in Sustained Effort? In: *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology* (19), 604-614.
- Lee, A.C./Robbins, T.W./Owen, A.M. (2003): Episodic Memory Meets Working Memory in the Frontal Lobe: Functional Neuroimaging Studies of Encoding and Retrieval. In: *Critical Reviews in Neurobiology* (14), 165-197.
- Libby, L.K./Eibach, R.P. (2002): Looking Back in Time: Self-concept Change Affects Visual Perspective in Autobiographical Memory. In: *Journal of Personality and Social Psychology* (82), 167-179.
- Lindsay, D.S./Allen, B.P./Chan, J.C./Dahl, L.C. (2004): Eyewitness Suggestibility and Source Similarity: Intrusions of Details from one Event Into Memory Reports of Another Event. In: *Journal of Memory and Language* (50), 96-111.
- Maguire, E.A./Gadian, D.G./Johnsrude, I.S./Good, C.D./Ashburner, J./Frackowiak, R.S./Frith, C.D. (2000): Navigation-related Structural Change in the Hippocampi of Taxi Drivers. In: *Proceedings of the National Academy of Science USA* (97), 4398-4403.
- Markowitsch, H.J. (2003): The Functional Anatomy of Learning and Memory. In: Halligan, P./Kischka, U./Beaumont, G. (Hg.): *Handbook of Clinical Neuropsychology*. Oxford: Oxford University Press, 724-740.
- Markowitsch, H.J. (2005): Time, Memory and Consciousness. A View from the Brain. In: Buccheri, R./Elitzur, A.C./Saniga, M. (Hg.): *Endophysics, Time, Quantum and the Subjective*. Singapur: World Scientific, 131-147.
- Markowitsch, H.J. (2008) (i.Ersch.): Anterograde Amnesia. In: Miller, B./Goldenberg, G. (Hg.): *Handbook of Clinical Neurology*. New York: Elsevier.
- Markowitsch, H.J./Piefke, M. (2004): Umweltinduzierte Gedächtnisstörungen: Neuronale Korrelate für die Auswirkung von Stress auf die Erinnerung. In: Müller, H.M./Rickheit, G. (Hg.): *Neurokognition der Sprache*. Tübingen: Stauffenberg, 299-318.
- Markowitsch, H.J./Calabrese, P./Fink, G.R./Durwen, H.F./Kessler, J./Härting, C./König, M./Mirzaian, E.B./Heiss, W.D./Heuser, L./Gehlen, W. (1997): Impaired Episodic Memory Retrieval in a Case of Probable Psychogenic Amnesia. In: *Psychiatry Research: Neuroimaging* (74), 119-126.
- Markowitsch, H.J./Kessler, J./Russ, M.O./Frölich, L./Schneider, B./Maurer, K. (1999a): Mnestic Block Syndrome. In: *Cortex* (35), 219-230.
- Markowitsch, H.J./Kessler, J./Kalbe, E./Herholz, K. (1999b): Functional Amnesia and Memory Consolidation. A Case of Persistent Anterograde Amnesia with Rapid Forgetting Following Whiplash Injury. In: *Neurocase* (5), 189-200.
- Markowitsch, H.J./Kessler, J./Weber-Luxenburger, G./Van der Ven, C./Heiss, W.D. (2000): Neuroimaging and Behavioral Correlates of Recovery from 'Mnestic Block Syndrome' and Other Cognitive Deteriorations. In: *Neuropsychiatry, Neuropsychology and Behavioural Neurology* (13), 60-66.
- Markowitsch, H.J./vanderkerkhove, M.M./Lanfermann, H./Russ, M.O. (2003): Engagement of Lateral and Medial Prefrontal Areas in the Ecpory of Sad and Happy Autobiographical Memories. In: *Cortex* (3), 643-665.
- Mayes, A.R./Downes, J.J. (1997): What Do Theories of the Functional Deficit(s) Underlying Amnesia Have to Explain? In: *Memory* (5), 3-47.
- Mulcahy, N.J./Call, J. (2006): Apes Save Tools for Future Use. In: *Science* (312), 1038-1040.
- Nadel, L./Moscovitch, M. (1997): Memory Consolidation, Retrograde Amnesia and the Hippocampal Complex. In: *Current Opinion in Neurobiology* (7), 217-227.
- Niki, K./Luo, J. (2002): An fMRI Study on the Time-limited Role of the Medial Temporal Lobe in Long-term Topographical Autobiographic Memory. In: *Journal of Cognitive Neuroscience* (14), 500-507.
- Nolde, S.F./Johnson, M.K./Raye, C.L. (1998a): Left Prefrontal Activation During Episodic Remembering: An Event-related fMRI Study. In: *Neuroreport* (9), 3509-3514.
- Nolde, S.F./Johnson, M.K./Raye, C.L. (1998b): The Role of Prefrontal Cortex During Tests of Episodic Memory. In: *Trends in Cognitive Science* (2), 399-406.
- Nyberg, L./Forkstam, C./Pettersson, K.M./Cabeza, R./Ingvar, M. (2002): Brain Imaging of Human Memory Systems: Between-systems Similarities and Within-systems Differences. In: *Cognitive Brain Research* (13), 281-192.
- Pasupathi, M. (2001): The Social Construction of the Personal Past and Its Implications for Adult Development. In: *Psychological Bulletin* (127), 651-672.
- Perner, J./Ruffman, T. (1995): Episodic Memory and Autonoetic Consciousness: Developmental Evidence and a Theory of Childhood Amnesia. In: *Journal of Experimental Child Psychology* (59), 516-548.
- Piefke, M. (2007): Neuronale Plastizität und emotionale Entwicklung: Altersabhängige Veränderungen emotionaler Verarbeitungsprozesse im Gehirn des Menschen und ihre Störungen. In: Wunderlich, H.P./Becker, R. (Hg.): *Wie wirkt Psychotherapie?* Stuttgart: Thieme, 46-63.

- Piefke, M. (2008) (i.Ersch.): Laboratory Memory Tasks and Autobiographical Recollection: Cognitive and Neurofunctional Evidence for Differential Forms of Episodic Memory. In: Franklin, C. (Hg.): *Trends in Brain Mapping Research*, New York: Nova Science Publishers.
- Piefke, M./Weiss, P.H./Zilles, K./Markowitsch, H.J./Fink, G.R. (2003): Differential Remoteness and Emotional Tone Modulate the Neural Correlates of Autobiographical Memory. In: *Brain* (126), 650[^]-[^]668.
- Ranganath, C./Johnson, M.K./D'Esposito, M. (2000): Left Anterior Prefrontal Activation Increases with Demands to Recall Specific Perceptual Information. In: *Journal of Neuroscience* (20), 1[^]-[^]5.
- Reddemann, L./Markowitsch, H.J./Piefke, M. (2002): Neurophysiologische Verfahren bei Behandlungen von Patientinnen und Patienten mit komplexen posttraumatischen Belastungsstörungen und deren klinische Implikationen. In: Mattke, D./Büsing, S./Hertel, G./Schreiber-Willnow, K. (Hg.): *Störungsspezifische Konzepte und Behandlung in der Psychosomatik*, Frankfurt: VAS, 74[^]-[^]92.
- Rempel-Clower, N.L./Zola, S.M./Squire, L.R./Amaral, D.G. (1996): Three Cases of Enduring Memory Impairment After Bilateral Damage Limited to the Hippocampal Formation. In: *Journal of Neuroscience* (16), 5233[^]-[^]5255.
- Rhodes, M.G./Kelley, C.M. (2005): Executive Processes, Memory Accuracy, and Memory Monitoring: An Aging and Individual Difference Analysis. In: *Journal of Memory and Language* (52), 578[^]-[^]594.
- Ryan, L./Nadel, L./Keil, K./Putnam, K./Schnyer, D./Trouard, T./Moscovich, M. (2001): Hippocampal Complex and Retrieval of Recent and Very Remote Autobiographical Memories: Evidence from Functional Magnetic Resonance Imaging in Neurologically Intact People. In: *Hippocampus* (11), 707[^]-[^]714.
- Scoville, W.B./Milner, B. (1957): Loss of Recent Memory After Bilateral Hippocampal Lesions. In: *Journal of Neurology Neurosurgery and Psychiatry* (20), 11[^]-[^]20.
- Shah, N.J./Marshall, J.C./Zafiris, O./Schwab, A./Zilles, K./Markowitsch, H.J./Fink, G.R. (2001): The Neural Correlates of Person Familiarity: A Functional Magnetic Resonance Imaging Study with Clinical Implications. In: *Brain* (124), 804[^]-[^]815.
- Singer, W. (2003): Hirnentwicklung – neuronale Plastizität – Lernen. In: Silbernagel, S./Klinke, R. (Hg.): *Lehrbuch der Physiologie*, Stuttgart: Thieme, 743[^]-[^]756.
- Squire, L.R. (1992): Memory and the Hippocampus: A Synthesis from Findings with Rats, Monkeys, and Humans. In: *Psychological Review* (99), 195[^]-[^]231.
- Squire, L.R./Knowlton, B.J. (2000): The Medial Temporal Lobe, the Hippocampus, and Memory Systems of the Brain. In: Gazzaniga, M.S. (Hg.): *The New Cognitive Neurosciences*, Cambridge, MA: MIT-Press, 765[^]-[^]779.
- Sugiura, M./Shah, N.J./Zilles, K./Fink, G.R. (2005): Cortical Representations of Personally-familiar Objects and Places: Functional Organization of the Human Posterior Cingulate Cortex. In: *Journal of Cognitive Neuroscience* (17), 183[^]-[^]198.
- Tulving, E. (1972): Episodic and Semantic Memory. In: Tulving, E./Donaldson, W. (Hg.): *Organization of Memory*, New York: Academic Press, 381[^]-[^]403.
- Tulving, E. (1995): Organization of Memory: Quo vadis? In: Gazzaniga, M.S. (Hg.): *The Cognitive Neurosciences*, Cambridge, MA: MIT-Press, 839[^]-[^]847.
- Tulving, E. (2005): Episodic Memory and Autonoesis: Uniquely Human? In: Terrace, H.S./Metcalfe, J. (Hg.): *The Missing Link in Cognition: Self-knowing Consciousness in Man and Animals*, New York: Oxford University Press, 3[^]-[^]56.
- Tulving, E./Kapur, S./Craik, F.I./Moscovitch, M./Houle, S. (1994): Hemispheric Encoding/Retrieval Asymmetry in Episodic Memory: Positron Emission Tomography Findings. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* (91), 2016[^]-[^]2020.
- Tulving, E./Markowitsch, H.J. (1998): Episodic and Declarative Memory: Role of the Hippocampus. In: *Hippocampus* (8), 198[^]-[^]204.
- Viard, A./Piolino, P./Desgranges, B./Chetelat, G./Lebreton, K./Landeau, B./Young, A./de la Sayette, V./Eustache, F. (2007): Hippocampal Activation for Autobiographical Memories Over the Entire Lifetime in Healthy Aged Subjects. An fMRI Study. In: *Cerebral Cortex* (17), 2453[^]-[^]2467.
- Wang, Q. (2001): Culture Effects on Adults' Earliest Childhood Recollection and Self-description: Implications for the Relation Between Memory and the Self. In: *Journal of Personality and Social Psychology* (81), 220[^]-[^]233.

Abbildungen

Abb. 1: Nach dem Konzept multipler Gedächtnissysteme ist das Langzeitgedächtnis des Menschen in mindestens fünf verschiedene Gedächtnissysteme unterteilt: das prozedurale Gedächtnis, das Priming System, das perzeptuelle Gedächtnis, das semantische Gedächtnis und das episodische Gedächtnis. Die Abbildung charakterisiert jedes der Gedächtnissysteme durch die spezifischen Arten von Information, die es verarbeitet. Das episodische, semantische und perzeptuelle Gedächtnis verarbeiten bewusste (explizite) Erinnerungen. Unser unbewusstes (implizites) Langzeitgedächtnis ist durch das prozedurale Gedächtnis und das Priming System repräsentiert.

Abb. 2: Hypothetische evolutionäre Entwicklung des Bewusstseins und der Differenzierung von Bewusstseinsformen. Das autoonoetische Bewusstsein stellt als eine spezifische Art des Selbstbewusstseins gegenwärtig vermutlich die höchstentwickelte Bewusstseinsform dar.

Abb. 3: Zeitbegrenzte Rolle des Hippocampus in der gedächtnisbezogenen Verarbeitung episodisch-autobiographischer Information? Annahmen der *Konsolidierungstheorie* und der *Multiple Trace Theory (MTT)* bezüglich des

Zeitfensters von Hippocampusfunktionen beim Abruf von Information aus dem episodischen Gedächtnis. Das Konsolidierungsmodell (oberer Teil) postuliert eine zeitabhängige Rolle des Hippocampus beim Abruf *rezenten* episodischer Erinnerungen, die *auf die Konsolidierungsphase begrenzt ist*. Nach erfolgter Langzeitspeicherung der Information im Neokortex kann sie nach dieser Theorie unabhängig vom Hippocampus abgerufen werden. Im Gegensatz dazu geht die MTT (unterer Teil) davon aus, dass der Hippocampus *immer und unabhängig von der Länge der Zeitspanne, die nach der Einkodierung einer Episode vergangen ist*, in den Abruf episodischer Information aus dem Gedächtnis involviert ist. Nach diesem Modell sind im Verlauf der Zeit flache Gradienten der Hippocampusbeteiligung am Informationsabruf zu erwarten, so dass der Zugang zu älterer Information weniger stark vom Hippocampus abhängig ist als der Zugang zu rezenten Erinnerungen. Die MTT erklärt die Beobachtung solcher flachen Gradienten durch die Annahme, dass Gedächtnisinformation im Zeitverlauf eine Stabilisierung durch assoziative Prozesse erfährt.

Abb. 4: Bilaterale Hippocampusaktivierungen während des Abrufs rezent emotionaler autobiographischer Episoden (im Vergleich zu emotionalen alten Kindheitserinnerungen), die Piefke et al. (2003) mittels funktioneller Magnetresonanztomographie zeigten. Die Histogramme veranschaulichen das Ausmaß (in %) der Veränderung des „blood-oxygen-level-dependent“ (BOLD)-Signals in den Hippocampi während des Abrufs rezent Episoden als eine Funktion der entsprechenden experimentellen Bedingung. Der umgekehrte Vergleich (Erinnerungen an Kindheitsepisoden versus Erinnerungen an rezente autobiographische Episoden) zeigte weder im medialen Temporallappen noch in anderen Gehirnregionen neuronale Aktivität. R = rechts; L = links; A = anterior, P = posterior. CP = positive Kindheitserinnerungen, CN = negative Kindheitserinnerungen, RP = positive rezente Erinnerungen, RN = negative rezente Erinnerungen.

Abb. 5: Belege für retrospleniale Aktivierungen während des Abrufs von *real life information* aus funktionellen magnetresonanztomographischen Studien. **(a)** Piefke et al. (2003) demonstrierten einen Anstieg der neuronalen Aktivität im retrosplenialen Kortex während des Abrufs rezent emotionaler episodisch-autobiographischer Erinnerungen (im Vergleich zu emotionalen Kindheitserinnerungen). Dieser Befund läßt vermuten, dass *retrospleniale Areale eine spezifische Rolle beim Abruf vertrauter und emotional bedeutsamer autobiographischer Episoden spielen*. **(b)** Shah et al. (2001) berichteten retrospleniale Aktivität während des *Erinnerns an persönlich vertraute Gesichter und Stimmen*. **(c)** Sugiura et al. (2005) zeigten neuronale Aktivität im retrosplenialen Kortex assoziiert mit *Erinnerungen an vertraute Landschaften und Orte*. Die Ergebnisse der drei Studien stimmen gut überein, indem sie die gedächtnisbezogene Verarbeitung vertrauter episodisch-autobiographischer Informationen als eine Funktion des retrosplenialen Kortexes belegen.

Abb. 6: Anatomische MRT und FDG PET Aufnahmen des Gehirns von A.M.N. In der Folge eines als lebensbedrohlich erlebten Branderlebnisses trat bei Herrn A.M.N. eine anhaltende Amnesie auf. Anatomische magnetresonanztomographische Bilder zeigten kurz nach dem Einsetzen der Amnesie keine morphologischen Schädigungen seines Gehirns **(a)**. Mittels FDG PET konnte aber insbesondere in gedächtnisrelevanten Regionen des Gehirns ein verminderter Glukosemetabolismus nachgewiesen werden **(b)**. Ein Jahr später war A.M.N.s Gedächtnisstörung noch so schwerwiegend, dass er in seinem früheren Beruf nach wie vor nicht weiter arbeiten konnte. Eine zweite FDG PET Untersuchung, die zwölf Monate nach dem Auftreten der Amnesie durchgeführt wurde, zeigte jedoch zu diesem Zeitpunkt eine Wiederherstellung des normalen cerebralen Glukosemetabolismus **(c)**. Auch waren erste Verbesserungen der kognitiven Leistungen A.M.N.s nach ca. acht Monaten erkennbar (Markowitsch et al. 2000).