

# Österreichische Sektion der Internationalen Liga gegen Epilepsie

## Mitteilungen



### **Vorstand:**

Martha Feucht  
(1. Vorsitzende)  
Christoph Baumgartner  
(2. Vorsitzender)  
Bruno Mamoli  
(3. Vorsitzender)  
Eugen Trinka  
(1. Sekretär)  
Barbara Plecko  
(2. Sekretärin)  
Martin Graf  
(Kassier)

### **Sekretariat der Gesellschaft:**

p.A. Univ.-Klinik für Neurologie  
Währinger Gürtel 18–20  
A-1090 Wien  
Sekretärin:  
Frau Ch. Adler  
Tel.: 01/40 400–37 28  
Fax: 01/40 400–31 41  
E-Mail:  
oe.sektion-ILAE@meduniwien.ac.at

### **Redaktion:**

M. Graf  
Abteilung für Neurologie  
SMZ-Ost – Donauspital  
A-1220 Wien  
Langobardenstraße 122  
E-Mail: mcgraf@aon.at  
E. Trinka  
Univ.-Klinik f. Neurologie  
A-6020 Innsbruck, Anichstraße 35

### **Homepage:**

[www.medicalnet.at/oe.sektion-ILAE](http://www.medicalnet.at/oe.sektion-ILAE)

Verlag:  
Krause & Pachernegg GmbH,  
A-3003 Gablitz,  
Mozartgasse 10  
Druck: Floramedia Austria,  
Missindorfstraße 21,  
A-1140 Wien

Benke T, Lehner-Baumgartner E, Bodner T, Karner E  
Delazer M

### **Neuropsychologie im Rahmen der prächirurgischen Epilepsiediagnostik**

Mitteilungen der Österreichischen Sektion der Internationalen Liga  
gegen Epilepsie 2007; 7 (1), 2-10

**Homepage:**

**[www.kup.at/ilae](http://www.kup.at/ilae)**

**Online-Datenbank mit  
Autoren- und Stichwortsuche**

# Neuropsychologie im Rahmen der prächirurgischen Epilepsiediagnostik

T. Benke<sup>1</sup>, E. Lehner-Baumgartner<sup>2</sup>, T. Bodner<sup>1</sup>, E. Karner<sup>1</sup>, M. Delazer<sup>1</sup>  
Arbeitskreis für Neuropsychologie der Österreichischen Sektion der ILAE

<sup>1</sup>Medizinische Universität Innsbruck, Univ.-Klinik für Neurologie,

<sup>2</sup>Medizinische Universität Wien, Univ.-Klinik für Neurologie

## Einleitung

Chronische, pharmakologisch intractable fokale Epilepsien stellen progrediente Erkrankungen dar, die mit kognitiven Leistungsdefiziten und Verhaltensänderungen des Patienten einhergehen [Devinsky, 2005; Helmstaedter, 2003; Hermann, 1997; Jokeit, 2002]. Neuropsychologische Untersuchungen zielen darauf ab, den Einfluß der Epilepsie und der medikamentösen oder chirurgischen Therapie auf Kognition und Verhalten zu erfassen. Die Neuropsychologie hat die Entwicklung der Epileptologie und der Epilepsiechirurgie von Anfang an begleitet [Scoville, 1957]. In allen modernen epilepsiechirurgischen Zentren gehören neuropsychologische Untersuchungen zum Abklärungsstandard und stellen eine anerkannte Methode zur Erfassung kognitiver Leistungen dar [Baumgartner, 2002; Engel, 2003; European Federation of Neurological Societies Task Force, 2000; Rosenow, 2001]. Durch ihre klinische Anwendung in der prächirurgischen Epilepsiediagnostik erfuhr die Neuropsychologie ihrerseits einen enormen Wissenszuwachs und konnte dadurch neue Methoden und Konzepte entwickeln, so z. B. zur Hemisphärendominanz, zur Beziehung zwischen kognitiver Funktion und Hirnläsion oder zur Lokalisation und Funktionsweise kognitiver und psychischer Funktionen. Die vorliegende Übersichtsarbeit hat zum Ziel, die Rolle und Anwendung der Neuropsychologie im Rahmen der epilepsiechirurgischen Abklärung erwachsener Patienten darzustellen. Wegen des großen Umfangs dieses Wissensgebietes sollen an dieser Stelle nur die wichtigsten Aspekte zu diesem Thema erörtert werden.

## Konzepte und Methoden

### Grundprinzipien

Die Neuropsychologie verwendet standardisierte psychometrische Tests sowie klinische und experimentelle Untersuchungsmethoden, um die Zusammenhänge zwischen höheren Hirnleistungen und Gehirn zu erfassen. Viele kognitive Leistungen haben eine bekannte funktionelle Architektur und sind mittels differenzierter Tests gut erfassbar. Zerebrale Erkrankungen können Defizite einzelner oder

mehrerer Domänen (Gedächtnis, Sprache etc.) verursachen und zu einer Veränderung des kognitiven Profils führen, das sich aus der Zusammenschau mehrerer neuropsychologischer Befunde ergibt. Neuropsychologische Defizite können direkte Marker einer Läsion sein, aber auch Hinweise zum Anfallsursprung oder zur Anfallsausbreitung geben. Grundsätzlich ist festzuhalten, daß neuropsychologische Befunde vor allem im Kontext mit anderen Untersuchungsmethoden (z. B. Klinik, Anfallssemiologie, strukturelle und funktionelle Bildgebung, Neurophysiologie, spezielle kognitive Anamnese) aussagekräftig und klinisch wertvoll sind. Aus diesen Gründen ist auch auf die Vorteile einer interdisziplinären Zusammenarbeit zwischen Epileptologen, Spezialisten für Bildgebung, Neuropsychologen, Neurologen und Neurochirurgen hinzuweisen. Die neuropsychologische Leistung eines Patienten hängt von vielen Faktoren ab. Tabelle 1 gibt einen Überblick über wichtige Variablen der Epilepsieerkrankung, die auf den neuropsychologischen Befund Einfluß nehmen können.

### Lokalisation kognitiver Funktionen

Neben der Objektivierung des kognitiven und psychischen Befundes von Patienten befaßt sich Neuropsychologie auch mit der normalen und pathologischen funktionellen Anatomie höherer Hirnleistungen. Bei Patienten mit neurologischen Erkrankungen können Läsionen ebenso wie Defizite festgestellt, jedoch keine Funktionen exakt lokalisiert werden. Neuropsychologische Symptome sind unterschiedlich gut lokal zuordenbar, aber häufig mit dem Anfallsursprung konkordant [Williamson, 1993]. So verweist z. B. unauffällige iktale Sprache auf einen Anfall in der nichtdominanten Hemisphäre. Ein Defizit beim Abruf erlernter verbaler Inhalte bei gleichzeitig gut erhaltenem figuralem Gedächtnis spricht für eine Läsion der dominanten Hippokampusformation. Hingegen lassen z. B. Störungen der emotionalen Verarbeitung oder des Verhaltens eine Läsion des limbischen Systems vermuten, ohne daß eine exakte Zuordnung innerhalb dieses Systems möglich wäre. Defizite weisen vor allem dann auf einen hirnlakalen Prozeß, wenn sie Perzeption (z. B. Sehen, Hören), Sprache und Sprechen, episodisches Gedächtnis, Zahlenverarbeitung, räumliche Perzeption und Konstruktion sowie einige exekutive Leistungen betreffen. Andere kognitive Defizite sind hingegen weniger gut topographisch zu-

*Korrespondenzadresse:* ao. Univ.-Prof. Dr. med. univ. Thomas Benke, Universitätsklinik für Neurologie, Medizinische Universität Innsbruck, A-6020 Innsbruck, Anichstraße 35; E-Mail: thomas.benke@i-med.ac.at

**Tabelle 1:** Einfluß epilepsieassoziierter Variablen, Komorbiditäten und Befunde auf die neuropsychologische Untersuchung

	<b>Risikofaktoren für kognitives Defizit</b>	<b>ausgewählte Referenzen</b>
<b>Epilepsie- und patientenspezifische Variable</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– therapierefraktäre Epilepsie</li> <li>– schlechte Anfallskontrolle</li> <li>– lange Erkrankungsdauer</li> <li>– hohe Anfallsfrequenz</li> <li>– häufige epileptische Aktivität und/oder subklinische Entladungen</li> <li>– Wiederkehr von Anfällen nach chirurgischem Eingriff</li> <li>– unterdurchschnittliches Ausmaß an Schule und Ausbildung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Elger, 2004</li> <li>Jokeit, 2001</li> <li>Oyegbile, 2004</li> <li>Dietl, 2004</li> <li>Lespinet, 2002</li> <li>Davies, 1998</li> <li>Thompson, 2005</li> <li>Holmes, 2006</li> <li>Novelly, 1984</li> <li>Kent, 2006</li> </ul>
<b>Läsionsart und Neuropathologie</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– multiple Läsionen</li> <li>– chronische Läsion</li> <li>– frühkindliche Läsion</li> <li>– Läsion im linken Temporallappen</li> <li>– Sekundärschäden durch Anfälle</li> <li>– Hippokampussklerose</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Blake, 2000</li> <li>Jokeit, 2001</li> <li>Hermann, 1992</li> <li>Miller, 1993</li> <li>Pauli, 2006</li> <li>Rausch, 1993</li> </ul>
<b>Medikation und/oder Art des chirurg. Eingriffs</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Mehrfachmedikation</li> <li>– AEDs mit kognitiven Nebenwirkungen</li> <li>– Op. am linken (dominanten) Temporallappen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Mula, 2006</li> <li>Thompson, 2000</li> <li>Gleissner, 2002</li> <li>Stroup, 2003</li> <li>Goldberg, 2001</li> <li>Fritz, 2005</li> </ul>
<b>Psychischer Befund</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– psychopathologische Auffälligkeiten vorhanden (Depression, Angststörung, Manie, Psychose etc.)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Paradiso, 2001</li> <li>Perrine, 1999</li> <li>Matsuura, 2005</li> <li>Csernansky, 1990</li> </ul>
<b>Prämorbid Charakteristika</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– eingeschränkte Hirnreifung</li> <li>– niedriger sozialer Status</li> <li>– höheres Lebensalter</li> <li>– geringe Schulbildung</li> <li>– Rechtshänder bzw. strikte Hemisphärenlateralisation</li> <li>– männliches Geschlecht</li> <li>– frische Läsion und kurze Krankheitsdauer</li> <li>– kognitives Leistungsniveau hoch</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Devinsky, 1999</li> <li>Gleissner, 2002</li> <li>Gleissner, 1999</li> <li>Helmstaedter, 2004</li> <li>Davies, 1998</li> <li>Chelune, 1991</li> <li>Hermann, 1995</li> <li>Helmstaedter, 1998</li> <li>Seidenberg, 1997</li> <li>Gleissner, 2002</li> </ul>
<b>Lebensqualität</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– beeinträchtigt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Perrine, 1995</li> </ul>

ordenbar (z. B. Benennen, Aufmerksamkeit, Intelligenz, Semantik, emotionale Verarbeitung, Psychomotorik) [Hamberger, 2001]. Auch zur funktionellen Organisation und genauen Bedeutung einiger Hirnregionen (z. B. rechter Frontallappen, multimodaler Assoziationskortex, limbisches System, Basalganglien) ist in bezug auf kognitive und psychische Prozesse noch zu wenig bekannt. Es ist jedoch anzunehmen, daß der Begriff des „silent cortex“ auf kognitive Prozesse nicht zutrifft, sondern daß die meisten Hirnregionen für Kognition und psychische Leistungen wichtig sind [Devinsky, 2005].

#### Konnektivität

Moderne Konzepte der funktionellen Anatomie gehen davon aus, daß kognitive Funktionen nicht in umschriebenen

kortikalen Zonen, sondern in neuronalen Netzwerken repräsentiert sind, also von mehreren Strukturen gemeinsam erbracht werden. Diese Funktionseinheiten bestehen aus kortikalen und subkortikalen Regionen sowie deren Verbindungen (kortiko-kortikale Bahnen, kortiko-subkortikale Schleifen etc.) [Ojemann, 1991]. Diese Ensembles erstrecken sich meist über große Zonen einer oder sogar beider Hemisphären. Wichtige Leistungen scheinen mehrfach repräsentiert (parallele Verarbeitung), wobei nicht alle Netzwerke den gleichen Grad an Spezialisierung aufweisen [Goldman-Rakic, 1988; Mesulam, 1990]. Bestimmte „Steuerungszentren“ (z. B. Broca-Areal, G. angularis, Wernicke-Areal) erbringen u. U. auch Leistungen in mehreren Kognitionen und verschiedenen Modalitäten [Matsumoto, 2004; Vigneau, 2006]. Funktion kann nach

dieser Hypothese nicht durch ein Zentrum allein aufrechterhalten werden, sondern ist an die intakte Konnektivität des Netzwerks und die Mitwirkung anderer Regionen gebunden. Grunderkrankung, strukturelle Läsion und Anfallsfokus können kognitive Leistungen durch eine Störung im Netzwerk beeinträchtigen [Waites, 2006]. Defizite können sowohl durch Störung eines „Zentrums“ als auch eines Netzwerkanteiles zustande kommen, der von Zentren räumlich entfernt liegt [Jokeit, 1997]. Außerdem können fokale Läsionen die Schnittstellen verschiedener Netzwerke und somit mehrere kognitive Leistungen zugleich beeinträchtigen.

#### Dominanz

Die Hemisphärendominanz stellt ein wichtiges Konzept der Neuropsychologie dar. Darunter wird eine Leistungsasymmetrie des Gehirns verstanden, durch die eine Hirnhälfte über bessere Verarbeitungsmechanismen für bestimmte Materialien oder Problemstellungen verfügt (z. B. Materialspezifität einer Hippokampusformation). Sprachliche Leistungen, Inhalte oder Aufforderungen werden z. B. überwiegend in der „dominanten“ (meist linken) Hemisphäre, räumliche Leistungen hingegen besser in der „subdominanten“ Hirnhälfte verarbeitet [Spiers, 2001]. Dominanz bzw. Hemisphärenlateralisation besteht nicht global, sondern individuell für spezifische Leistungen (z. B. Sprache, Praxis, Raum-, Zahlenverarbeitung etc.). Neuere Konzepte gehen auch davon aus, daß Hemisphärendominanz nicht streng dichotom, sondern die Seitengewichtung und Spezialisierung auf die jeweilige Verarbeitung als Kontinuum aufzufassen sind, also z. B. verbale und nichtverbale Verarbeitungsmechanismen parallel in jeder, jedoch mit einem Leistungsvorteil in nur einer Hemisphäre angelegt sind. Für diese Hypothese spricht auch, daß Hemisphärendominanz dynamisch ist, sich also z. B. durch Anfälle oder strukturelle Läsionen verändern kann [Helmstaedter, 2006; Knecht, 2002; Regard, 1994].

#### Variabilität

Im Unterschied zur Lokalisation sensomotorischer oder perzeptiver Leistungen weist die Lokalisation kognitiver und psychischer Leistungen schon bei Gesunden eine wesentlich höhere interindividuelle Variabilität ihrer zerebralen Repräsentation auf [Tzourio-Mazoyer, 2004]. Bei Patienten mit Hirnläsionen (z. B. Hippokampussklerose, Trauma, perinatal erworbene Läsion, Tumoren) ist die Variabilität der Lokalisation kognitiver Prozesse noch höher als bei Gesunden [Lazar, 2000; Ojemann, 1979; Thiel, 2001]. Voraussagen zu einer funktionellen Anatomie der Kognitionen können sich daher an topographischen Standardmodellen orientieren, sind aber nicht hinreichend exakt, um automatisch als Entscheidungsgrundlage für z. B. operative Eingriffe zur Einzelfallbeurteilung zu dienen. Somit muß die genaue funktionelle Lokalisation kognitiver Prozesse individuell bestmöglich bestimmt werden.

#### Plastizität

Noxen und Krankheitsprozesse können die normale Funktion, Lateralisation und Lokalisation kognitiver Prozesse verändern. Vor allem frühkindlich erworbene oder lang dauernde Störungen der Hirnfunktion scheinen hier eine wesentliche Rolle zu spielen [Woods, 1988]. Die Ressourcen des Gehirns ermöglichen in vielen Fällen eine Kompensation von Krankheitsfolgen durch Umwegeleistungen sowie durch atypische räumliche Neuordnung [Duchowny, 1996; Elger, 2004]. Plastizität bedeutet somit Leistungersatz durch andere Netzwerke und andere Hirnregionen. Nach diesem Konzept resultiert das klinisch manifeste Defizit eines Patienten aus dem Summenspiel zwischen Verlust einer Leistung und der Kompensation durch plastische Ersatzsysteme. Im Gehirn wurden als plastische, atypische Regionen etwa ipsilaterale, der Hirnläsion benachbarte [Liegeois, 2004; Pataraiia, 2005] oder homologe Areale der kontralateralen Hemisphäre identifiziert [Berl, 2005; Gleissner, 2002; Noppeney, 2005; Richardson, 2003; Spreer, 2001; Thivard, 2005; Voets, 2005]. Plastizität ist vor allem dort anzunehmen, wo Störfaktoren (z. B. vaskuläre Prozesse, Tumoren, Sklerose, Hypoxie, Entzündung, Dysplasie) vor der Hirnreifung (meist Pubertät) auftreten, die Erkrankung chronisch verläuft und kognitive Leistungen trainiert bzw. gefordert werden [Gleissner, 2005; Vargha-Khadem, 1997]. Anderen Untersuchungen zufolge bewirkt ein früher Anfallsbeginn mit Läsion großer Hirnregionen oft ein schlechteres neuropsychologisches Outcome [Strauss, 1995]. Auch chronische epileptische Aktivität scheint Plastizität zu induzieren [Janzky, 2003]. Plastizität spielt nach dem derzeitigen Wissensstand bei der chronischen TLE eine große Rolle. Eine wichtige Aufgabe der prä- und postoperativen Neuropsychologie ist es, Plastizität nachzuweisen und ihre Lokalisation in Verbindung mit funktionellen Untersuchungen darzustellen.

#### Ziele

Die wichtigsten Ziele der neuropsychologischen Untersuchung im Rahmen der prächirurgischen Epilepsiediagnostik sind:

- 1) Objektivierung der kognitiven Leistung eines Patienten: Neuropsychologische Testresultate erstellen individuelle Leistungs- bzw. Defizitprofile mit Bezug auf die Normdaten einer Vergleichspopulation und unter Verwendung statistisch gesicherter Analysemethoden.
- 2) Diagnostische Hilfestellungen bei der Identifikation des Anfallsfokus: Die Resultate der ictalen, postiktalen und interiktalen neuropsychologischen Untersuchung ermöglichen in vielen Fällen die lokalisatorische Zuordnung zu einer Hirnläsion im Sinne der „funktionellen Defizitzone“ [Rosenow, 2001] und somit Hinweise zur Auffindung des Anfallsursprungs [Jones-Gotman, 1993, 2000], die vor allem bei nichtläsionellen Epilepsien wertvoll sind. Diese Resultate werden im Kontext mit anderen Befunden (Klinik, Epileptologie,

EEG, strukturelle und funktionelle Bildgebung, Psychopathologie etc.) interpretiert. Wo keine exakte Lokalisation durch neuropsychologische Symptome möglich ist, kann häufig zumindest ein Seitenhinweis (Läsionslateralisation) erbracht werden. Der aus neuropsychologischen Untersuchungen gewonnene Lateralisationshinweis wird allgemein als hoch eingeschätzt [Akanuma, 2003]. So weisen z. B. Sprachdefizite auf eine strukturelle oder epileptogene Läsion des dominanten Temporallappens hin.

- 3) Identifikation essentieller Areale: Zusatzuntersuchungen (Wada-Test, funktionelle Magnetresonanztomographie [fMRI], elektrokortikale Stimulation, Magnetenzephalographie etc.) ermöglichen die funktionelle Lateralisation (Hemisphärendominanz) von Sprache und Gedächtnis bzw. die Lokalisation von Sprachzentren und anderen wichtigen „eloquenten“, d. h. funktionstragenden Hirnregionen, die bei chirurgischen Eingriffen erhalten bleiben müssen.
- 4) Erstellung von Prognosefaktoren für das postoperative kognitive Outcome: Ein wichtiges Gebot des epilepsiechirurgischen Eingriffs ist das Vermeiden postoperativer Sprach- und Gedächtnisdefizite. Vor allem Sprach- und Gedächtnisuntersuchungen werden zur Prognoseerstellung für mögliche postoperative kognitive Defizite herangezogen [Chelune, 1992]. Die Ergebnisse von Wada-Test, fMRI von Sprache und Gedächtnis sowie der elektrokortikalen Stimulation im Rahmen der invasiven Abklärung dienen ebenso der Risikoabwägung vor einem Eingriff.
- 5) Verlaufsbeobachtung: Therapieresistente Epilepsien sind langdauernde, progrediente Erkrankungen [Alpherts, 2006; Helmstaedter, 1999; Liu, 2003; Rausch, 2003], die in vielen Fällen durch zusätzliche Komplikationen erschwert werden und daher negative Einflüsse auf Psyche, Lebensqualität und Kognition des Patienten haben. Die Erstellung eines Baseline-Profiles kognitiver und psychischer Funktionen ist eine gute Grundlage zur Verlaufserfassung einer chronischen Epilepsie [Hermann, 1996].
- 6) Iktale und postiktale Neuropsychologie: Iktale und postiktale Untersuchungen von Sprache, Gedächtnis und anderen Leistungen können wertvolle Hinweise für den Nachweis des Anfallursprungs, der Anfallsausbreitung oder anderer Anfallscharakteristika erzielen [Chee, 1993; Ficker, 2001; Privitera, 1991; Steinhoff, 1998; Yen, 1996].

Andere wichtige Fragen an die Neuropsychologie betreffen z. B. die Auswirkungen von Erkrankung oder chirurgischen Eingriffen auf Alltagsbewältigung, Berufsfähigkeit und Lebensqualität [Hermann, 1996], den Zusammenhang zwischen psychischer Komorbidität und kognitiver Leistung oder die kognitive Rehabilitation chronisch epilepsiekranker Menschen.

### Neuropsychologische Diagnostik

Neuropsychologische Untersuchungen werden am besten durch erfahrene Neuropsychologen durchgeführt. Zur Erfassung kognitiver Funktionen werden normierte Tests (Psychometrik) verwendet, wobei in der prächirurgischen Diagnostik vieler Zentren vergleichbare Testbatterien zum Einsatz kommen [Dodrill, 1978; Jones-Gotman, 1991]. Es werden vor allem Formen der sprachlichen, mnestischen, räumlichen, exekutiven und emotionalen Verarbeitung geprüft. Um das Verhalten von Patienten zu erfassen, werden spezielle Fragebögen und Interviews eingesetzt [Dodrill, 1980]. Die geforderten diagnostischen Standards für neuropsychologische Untersuchungsverfahren umfassen – wie für alle psychologischen Tests – Objektivität, Reliabilität und Validität, sowie Normierung an einer repräsentativen Stichprobe. Weiters sollten Parallelformen des Tests vorhanden sein, um bei Nachfolgeuntersuchungen Übungseffekte zu minimieren. Der zeitliche Aufwand sollte nicht zu hoch sein, da die Patienten gerade in der prächirurgischen Abklärung viele Untersuchungen zu durchlaufen haben. Ferner ist bei der Untersuchung auf die Leistungsfähigkeit (z. B. persönliches Tempo, Motivation und Ausdauer) und Befindlichkeit (z. B. Anfallsfreiheit, stabile Medikation, stabiler psychischer Befund, kein Schlafentzug) des Patienten Rücksicht zu nehmen. Tabelle 2 gibt eine Übersicht über gängige psychometrische Standardverfahren der neuropsychologischen Untersuchung im Rahmen der prächirurgischen Epilepsiediagnostik.

### Sprache

Sprachleistungen gehören zu den wichtigsten Funktionen und bilden die Basis für viele kognitive Funktionen und Prozesse (z. B. Kommunikation, Gedächtnis). Die Erfassung von Sprache bei Patienten mit Epilepsien hat in der ictalen [Dinner, 1981; Doody, 1992; Holtzman, 1978; Wells, 1992], postiktalen [Gabr, 1989; Koerner, 1988] und interiktalen Phase Bedeutung. Darüber hinaus sind Reflexepilepsien bekannt, die durch Sprachleistungen (z. B. Lesen) ausgelöst werden [Koutroumanidis, 1998; Radhakrishnan, 1995]. Die interiktale Sprachabklärung von Patienten mit TLE oder FLE umfaßt die Prüfung von Spontansprache, Sprachverständnis, Benennen, Schriftsprache (Lesen und Schreiben) und sprachgenerativen Leistungen. Einschränkungen von Sprachleistungen finden sich vor allem bei Links-TLE-Patienten. Sie bestehen interiktal in Defiziten beim Benennen und Generieren von Wortlisten sowie bei anderen komplexen Sprachleistungen wie z. B. Lesesinnverständnis oder Diskursfähigkeit [Bartha, 2005; Bell, 2003; Doody, 1992; Field, 2000; Giovagnoli, 2005; Hermann, 1992, 1997; Howell, 1994; Sawrie, 2000; Seidenberg, 2005]. Auch Lesestörungen werden bei der TLE vermehrt gefunden [Breier, 1997]. Linguistische Ausfälle sind phänomenologisch von sprechmotorischen Defiziten (Dysarthrie, Speech arrest, Sprachantriebsstörungen etc.) zu trennen. Erstere verweisen auf Läsionen im dominanten perisylvischen Bereich, Tempo-



**Tabelle 2:** Tests, die häufig im Rahmen der operativen Epilepsieabklärung verwendet werden

Bereiche	Testverfahren	Autoren
Intelligenz		
– verbale Intelligenz	Mehrfachwahl-Wortschatz-Intelligenztest (MWT-B)	Lehrl S
– allgemeine Intelligenz	Wechsler-Intelligenztest für Erwachsene (WIE)	Wechsler D, von Aster M, Neubauer A, Horn R
Gedächtnis		
– verbales Gedächtnis	Verbaler Lern- und Merkfähigkeitstest (VLMT)	Helmstaedter C, Lendt M, Lux S
– verbales und visuelles Gedächtnis	Visueller und Verbaler Merkfähigkeitstest (VVM)	Schellig D, Schächtele B
– verbales und visuelles Gedächtnis	Verbaler und Nonverbaler Lerntest (VLT/NVLT)	Sturm W, Willmes K
– allgemeines, verbales und visuelles Gedächtnis	Wechsler-Gedächtnistest – Revidierte Fassung	Wechsler D, Härting C, Markowitsch HJ, Neufeld H, Calabrese P, Deisinger K (Hrsg)
Sprache		
– Sprachverständnis	Token-Test (aus Aachener Aphasietest)	Huber W, Poeck K, Weniger D, Willmes K
– Konfrontationsbenennen	Benennen (aus Aachener Aphasietest)	Huber W, Poeck K, Weniger D, Willmes K
– Konfrontationsbenennen	Boston Naming-Test	Kaplan EF, Goodglass H, Weintraub S
Frontal-exekutive Funktionen		
– mentale Umstellfähigkeit	Trail Making-Test A und B	Reitan RM, Tombaugh TN [Tombaugh, 2004]
– Wortflüssigkeit	Regensburger Wortflüssigkeitstest (RWT)	Aschenbrenner S, Tucha O, Lange KW
– Schätzen	Test zum kognitiven Schätzen (TKS)	Brand M, Kalbe E, Kessler J
– abstraktes Denken	Wisconsin Card Sorting Test® (WCST)	Grant DA, Berg EA
– visuomotorische Exekutivfunktionen	Epitrack	Helmstaedter C, Lutz M
Aufmerksamkeit		
– Aufmerksamkeitsspanne, Arbeitsgedächtnis	Zahlenspanne (aus Wechsler Gedächtnistest – Revidierte Fassung)	Wechsler D, Härting C, Markowitsch HJ, Neufeld H, Calabrese P, Deisinger K (Hrsg)
– Alertness	Alertness (aus Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung)	Zimmermann P, Fimm B
Zahlenverarbeitung		
– Kopfrechnen	Jackson-Rechentest	Jackson M [Jackson, 1986]
Händigkeit, Motorik		
– Handdominanz	Edinburgh Handedness Inventory	Oldfield RC [Oldfield, 1971]
– Handmotorik	Grooved Pegboard Test	Klove H
Psychische Situation	Hospital Anxiety and Depression Scale – Deutsche Version (HADS-D)	Herrmann C, Buss U, Snaith RP
Lebensqualität	(WHOQOL-BREF)	Angermeyer MC, Kilian R, Matschinger H

ral- und Frontallappen, letztere sind meist Läsionen im sensomotorischen Kortex (Zentralregion, SMA), den Basalganglien und dem Cerebellum zuzuordnen. Iktale aber auch interiktale linguistische Defizite sind gute Marker für eine Läsion bzw. den Anfallsursprung im dominanten Temporallappen [Bell, 2003; Busch, 2005; Glosser, 2003; Raspall, 2005]. Bei der lokalisatorischen Zuordnung von linguistischen Defiziten ist zu berücksichtigen, daß atypisch lokalisierte (rechtsdominante bzw. bilaterale) Sprache bei der TLE, aber auch extratemporalen fokalen Epilepsien häufig vorkommt und mit ca. 30 % zu veranschlagen ist [Benke, 2006; Goldmann, 2005; Isaacs, 2006; Springer, 1999; Weber, 2006]. Diese Ziffern variieren in

Abhängigkeit von der Untersuchungsmethode (Klinik, Wada-Test, PET, fMRI etc.). Atypische Dominanz kann in Form von kompletter rechtsseitiger Dominanz, bilateraler Doppelrepräsentation sowie unilateraler oder bilateraler Repräsentation von Subfunktionen bestehen [Helmstaedter, 1997; Kurthen, 1994] und wird häufiger bei bilateralen oder extratemporalen Läsionen gefunden [Duchowny, 1996; Jabbour, 2004; Woods, 1988]. Unkomplizierte epilepsiechirurgische Eingriffe am Temporallappen verschlechtern im allgemeinen den präoperativen Sprachstatus nicht [Davies, 1995; Hermann, 1988; Pataria, 2005]. Risikofaktoren für einen möglichen postoperativen Verlust sind kurze Krankheitsdauer, höheres Lebensalter,

multiple Läsionen und perioperative Komplikationen [Bartha, 2004; Bell, 2000, 2002; Devinsky, 1993; Helmstaedter, 2004; Stafiniak, 1990]. Schließlich erfordert eine intakte Gedächtnisfunktion auch Sprachleistungen, weshalb auf die funktionelle Anatomie zwischen lateralem Neokortex und hippocampaler Formation zu verweisen ist [Hermann, 1988, 1992; Ojemann, 1999; Sawrie, 2000].

### Gedächtnis

Gedächtnisstörungen gehören zu den häufigsten Störungen der chronischen TLE. In der Diagnostik werden verschiedene Gedächtnissysteme untersucht, die durch spezifische Läsionen im Gehirn selektiv stöbar sind [Budson, 2005]. Gedächtnissysteme werden nach der zeitlichen Dimension (kurz- oder langfristig), nach Art des gespeicherten Inhalts, nach Modalität (verbal, figural), nach Klinik und nach dem Grad des bewußten Lernens und des bewußten Zugriffs auf gespeicherte Inhalte differenziert. Darüber hinaus werden verschiedene Prozesse unterschieden: enkodieren, behalten, abrufen und wiedererkennen. Kurzfristiges Halten und Manipulieren von Information wird durch das Arbeitsgedächtnis ermöglicht, das sich aus verschiedenen Subsystemen zusammensetzt und zum Verarbeiten komplexer Inhalte benötigt wird (z. B. Kopfrechnen, Verstehen von Sätzen). Das Langzeitgedächtnis setzt sich aus dem expliziten Gedächtnis (dem Bewußtsein zugänglich, bezeichnet das Erinnern von erlebten Episoden oder von gelerntem Wissen [Squire, 1993]) und dem impliziten Gedächtnis (Lernen durch nicht bewußtes oder unwissentliches Erfahren und Üben, z. B. Lernen von Fertigkeiten, Priming etc.) zusammen. Unter explizitem oder deklarativem Gedächtnis versteht man das Erinnern oder Wiedererkennen von Inhalten, die entweder dem eigenen Erleben zuzuordnen sind (episodisches Gedächtnis) oder allgemeines Weltwissen betreffen (semantisches Gedächtnis). Episodische Gedächtnisleistungen sind bei der TLE besonders oft gestört, weil sie die Funktion mesialer Anteile des Temporallappens (Hippokampusformation, entorhinaler und parahippokampaler Kortex) benötigen [Eichenbaum, 2000], die vor allem bei der TLE häufig beschädigt sind. Patienten mit TLE haben Probleme, neue Inhalte zu lernen, zu speichern und aus dem Langzeitgedächtnis abzurufen [Helmstaedter, 2001; Hermann, 1987, 1997]. Vor allem der verbale Abruf nach einem längeren Zeitintervall ist bei Patienten meist erheblich erschwert [Blake, 2000; Miller, 1993]. Auch Störungen des Arbeitsgedächtnisses [Grippio, 1996; Krauss, 1997] und autobiographischen Gedächtnisses [Viskontas, 2000] wurden beschrieben. Darüber hinaus leiden viele Patienten mit TLE auch an einem Verlust semantischen Wissens [Bergin, 2000; Giovagnoli, 2005; Lah, 2006; N'Kaoua, 2001; Viskontas, 2002; Voltzenlogel, 2006]. Viele Studien belegen, daß Patienten mit TLE eine schlechte Selbsteinschätzung ihrer Gedächtnisfunktionen haben [Elixhauser, 1999; Gleissner, 1998; McGlone, 1991; Sawrie, 1999]. Daher ist eine um-

fassende und objektive Untersuchung nötig, die auch wichtige Komorbiditäten wie Depression und psychosoziale Faktoren mit berücksichtigt.

Eine umfassende Gedächtnisuntersuchung erfaßt immer verbale und visuelle Inhalte. Art und Modalität der zu erinnernden Information (verbal, figural, kombiniert, emotionale Komponente etc.) ist für den Gedächtnisprozeß, aber auch für den Nachweis der Dominanz bzw. Läsion einer hippocampalen Formation bedeutsam. Modalitätsspezifische Gedächtnisdefizite können Hinweise auf die Seite des Anfallsursprungs geben. Defizite im Abruf von sprachlichen Inhalten, wie Wörter, Texte, Silben, weisen demnach auf eine gestörte Verarbeitung im dominanten (meist linken) Hippokampus, während Gedächtnisprobleme für Gesichter, Muster oder topographische Information auf eine Störung in der nicht sprachdominanten Hemisphäre schließen lassen [Chelune, 1991; Crane, 2002; Loring, 1988; Miller, 1993; Nunn, 1998]. Allerdings wird die Beziehung zwischen rechtsseitiger TLE und visuell-räumlichem Gedächtnisdefizit nicht konsistent gefunden [Barr, 1997; Ivnik, 1987]. Eine Ursache dafür liegt vermutlich in der Schwierigkeit, figurale Gedächtnisleistung zu erfassen, die sprachunabhängig sind. Wird das Vorliegen einer überwiegend verbalen bzw. figuralen Amnesie auf Gruppenebene (meist rechts- vs. linksseitige TLE) untersucht, so finden sich heterogene Ergebnisse. Loring et al. [2000] untersuchten 101 Patienten mit linksseitiger Sprachdominanz und unilateraler Temporallappenepilepsie mit verschiedenen Gedächtnistests. Gruppenvergleiche zeigten einen signifikant niedrigeren Score für rechts-TLE-Patienten im figuralen Gedächtnis und einen nicht-signifikanten Trend für geringere verbale Gedächtnisleistungen für Links-TLE-Patienten. Signifikante Unterschiede ergaben sich auch im Vergleich des Diskrepanz-scores verbales Gedächtnis minus visuelles Gedächtnis. Mit dem von Loring et al. vorgeschlagenen Kriterium gelang es, 20/34 Links-TLE und 15/20 Rechts-TLE auf Basis der Gedächtnisbefunde richtig zu klassifizieren. In einer Studie [Albert, 2005] wurden die Gedächtnisprofile von 68 Patienten vor und 3 Monate nach selektiver Amygdalohippokampektomie (AHE) untersucht. Analysiert wurden die verbalen und figuralen Lern- und Erinnerungsleistungen. Das verbale und figurale Gedächtnis war bei linksseitiger TLE schlechter als bei Patienten mit rechtsseitiger TLE (vor und nach AHE). Die erwartete Asymmetrie der Gedächtnisleistungen (schlechtere verbale als figurale Leistungen) fand sich bei 50 % der Links-TLE-Patienten, jedoch bei 68 % nach der Operation. In der Gruppe der Rechts-TLE-Patienten zeigten präoperativ 47 % die erwartete Asymmetrie und postoperativ 53 %. Die beobachteten Asymmetrien in den Gedächtnisleistungen erlaubten also keine sichere Zuordnung zu einer der beiden Gruppen (links- oder rechtsseitige TLE). Bei 35 % der linksseitig operierten und 36 % der rechtsseitig operierten Patienten änderte sich das Muster der verbalen/figuralen Gedächtnisleistung. Vergleichbare Ergebnisse

finden sich auch in anderen Studien [Grammaldo, 2006]. Dem stehen jedoch Resultate anderer Gruppenuntersuchungen gegenüber [Pillon, 1999]. Als Faktoren, die einen eindeutigen Läsions- und damit einen Seitennachweis erschweren, wurden z. B. Fehlen einer Hippokampusklerose, Nachweis multipler Läsionen, ungenaue Seitenzuordnung, unklare Sprachdominanz oder Nachweis atypischer Lateralisation durch Plastizität identifiziert. Es erweist sich im Einzelfall daher oft als schwierig, lediglich auf Basis von Gedächtnisuntersuchungen eine strenge Trennung in zwei hippokampale Systeme mit unterschiedlicher Modalitätsverarbeitung bzw. einen verwertbaren Seitenhinweis darzustellen.

Ein Verlust verbaler Gedächtnisfunktionen ist eine mögliche schwerwiegende kognitive Nebenwirkung des neurochirurgischen Eingriffs am Temporallappen, vor allem nach Resektion des dominanten Temporallappens. Das Ausmaß der postoperativen episodischen Gedächtnisstörung ist variabel [Martin, 1998]. Kognitive Einbußen stehen meist im Verhältnis zur Ausgangsleistung; bei besserer Ausgangsleistung sind höhere Verluste zu erwarten [Chelune, 1991; Helmstaedter, 2000; Leijten, 2005; Rausch, 2003; Stroup, 2003]. Das bedeutet, daß Patienten, die über überdurchschnittlich gute Gedächtnisfunktionen verfügen, mit größeren Verlusten rechnen müssen. Andere Einflußfaktoren sind: größeres Ausmaß der Resektion [Helmstaedter, 2002], normale Linksdominanz [Helmstaedter, 2004] sowie spätes Einsetzen der Erkrankung und höheres Lebensalter [Chelune, 1991; Gleissner, 2002; Helmstaedter, 1998; Hermann, 1995; Seidenberg, 1997]. Jüngere Patienten dürften eine größere Plastizität und bessere Kompensationsmöglichkeiten haben. Dieser Annahme stehen Resultate anderer Studien gegenüber, die ein schwerwiegenderes und vor allem globaleres (verbales plus figurales) Gedächtnisdefizit bei frühzeitig einsetzender Erkrankung belegen [Lespinet, 2002]. Auch männliches Geschlecht [Davies, 1998; Helmstaedter, 2004; Trenerry, 1995], Fehlen einer Hippokampusklerose [Hermann, 1995; McMillan, 1987; Rausch, 1993; Sass, 1990; York, 2003], Resektion nichtsklerotischer Hippokampusanteile [Seidenberg, 1996], sowie präoperativer Verlust hippokampaler Neurone [Sass, 1994; Trenerry, 1993] und Persistenz der Anfälle nach dem Eingriff [Novelly, 1984] scheinen eine wichtige, negative Rolle zu spielen. Postoperative Leistungsstörungen können sich nach der Akutphase verbessern, vermutlich in Zusammenhang mit neuraler Neuorganisation und wegen des Wegfalls der störenden epileptischen Aktivität [Helmstaedter, 1998]; diese Restitution findet sich häufiger bei Rechts-TLE-Patienten. Eine Metaanalyse [Lee, 2002] untersuchte verbale und nonverbale Gedächtnisbefunde vor und nach temporaler Lobektomie in 33 Studien. Verbale Gedächtnistests zeigten sich generell sensitiv für linkshemisphärische Dysfunktion. Ein klarer Trend zur Verschlechterung verbaler Gedächtnisleistungen nach linkshemisphärischer Intervention wurde gefunden, ebenso zeigte sich eine Verbesserung

nonverbaler Gedächtnisleistungen. Bei rechtshemisphärischer Dysfunktion wurden weniger einheitliche Ergebnisse festgestellt. Die Befunde weisen darauf hin, daß sowohl die Lateralisation der Epilepsie als auch die chirurgische Intervention das verbale Gedächtnis wesentlich beeinflussen [Gleissner, 2004]. In der Diskussion postoperativer materialspezifischer Gedächtnisstörungen darf auch die Operationsmethode nicht außer acht gelassen werden. Einige Studien belegen, daß die selektive AHE [Wieser, 1982] zu geringeren materialspezifischen Defiziten führt als die 2/3-Resektion des Temporallappens [Birri, 1982; Gonser, 1986; Helmstaedter, 1996; Joo, 2005; Paglioli, 2006; Stefan, 1996]. Andere Autoren konnten keinen wesentlichen Einfluß der Operationstechnik auf das postoperative Gedächtnis finden [Jones-Gotman, 1997]. Zur Langzeitentwicklung des postoperativen Gedächtnisstatus liegen nur wenige Studien vor, die meist ein Gleichbleiben, in einigen Fällen eine weitere Verschlechterung des Defizits beschreiben [Alpherts, 2006; Rausch, 2003]. Anfallsfreiheit scheint dabei eine wichtige protektive Variable zu sein [Helmstaedter, 2003]. Das Resultat des Follow-up nach 12 Monaten scheint weitgehend prädiktiv für das Langzeitergebnis [Jutila, 2002; Salanova, 1999]. In Summe ist festzuhalten, daß chirurgische Interventionen am Temporallappen zu signifikanten Gedächtniseinbußen führen können, vor allem dann, wenn zuvor ein hohes Leistungsniveau und eine kurze Erkrankungsdauer bestanden. Verbale Gedächtnisleistungen sind bei linksseitiger TLE besonders häufig von Verlusten betroffen, was als wichtiger Risikofaktor in Betracht gezogen werden muß [Gleissner, 2002; Stroup, 2003].

#### Andere kognitive Funktionen

Generelle Minderungen der Intelligenz finden sich bei vielen chronischen Epilepsien, meist in Zusammenhang mit anlagebedingten, perinatalen oder frühkindlichen Schädigungen [Jones-Gotman, 1991]. Aufmerksamkeit, frontale exekutive Funktionen, Zahlenverarbeitung, räumliche Verarbeitung, komplexe Motorik und Formen der emotionalen Verarbeitung gehören zu den Leistungen, die bei Patienten mit chronischer Epilepsie häufig verändert sind und in Testbatterien erfaßt werden [Helmstaedter, 2000; Jones-Gotman, 1993; Weber, 2006; Woods, 1988]. Als indirekter Parameter für die Hemisphärendominanz wird häufig die Händigkeit des Patienten herangezogen. Händigkeit kann mittels Frageinventar oder Feinmotorikuntersuchung festgestellt werden. Der Zusammenhang zwischen Händigkeit und sprachdominanter Hemisphäre ist jedoch komplex. Atypisch lateralisierte Sprache wird bei Rechtshändern in 4–10 %, bei linkshändigen Patienten zwischen 30 % und 70 % gefunden [Isaacs, 2006; Khedr, 2002; Knecht, 2000]. Aufmerksamkeit ist ein Summenbegriff und umfaßt – neben anderen Funktionen – Alterness (einfache psychomotorische Reaktionszeit), Dauer- und selektive Aufmerksamkeit und die Fähigkeit zur Aufmerksamkeitsteilung. Diese Unterfunk-



tionen werden meist mittels computergestützter Tests überprüft, die unmittelbare Aufmerksamkeitsspanne sowie die (verbale, figurale) Arbeitsgedächtnisleistung mit Zahlenspannenaufgaben erfaßt. Die Erfassung von Aufmerksamkeits- und exekutiven Funktionen (z. B. visuo-motorische Planung, Arbeitsgedächtnis, Umstellfähigkeit, Reizunterdrückung, Wortflüssigkeit) kann oft gute Zusatzinformationen bei Therapieumstellungen, Dosisänderungen, Intoxikationen oder bei vermuteten subkortikalen Anfallsaktivitäten geben [Aldenkamp, 2003; Fritz, 2005; Kockelmann, 2003; Lutz, 2005]. Unter frontal-exekutiven Leistungen werden Planung, Sequenzierung, Reizunterdrückung, Arbeitsgedächtnis, Flüssigkeit (z. B. Wortlistengenerieren), Umstellfähigkeit, Abstraktion, Monitoring oder metakognitive Leistungen subsumiert. Störungen dieser Leistungen spielen zwar eine große funktionelle Rolle, haben wegen der dichten Vernetzung frontaler Strukturen zu anderen Hirnteilen (Frontal-, Temporal-, Parietallappen, Basalganglien) meist nur geringen Lokalisations- oder Lateralisationswert und sind oft nur im Gesamtleistungsprofil zu identifizieren. Darüber hinaus hat das Frontalhirn wesentlichen Anteil an der Verhaltenskontrolle, an sozialen Funktionen und der emotionalen Verarbeitung – Leistungen, die psychometrisch nicht einfach überprüfbar sind [Farrant, 2005; Helmstaedter, 2001]. Frontal-exekutive Funktionsstörungen finden sich sowohl bei der FLE [Helmstaedter, 1998; McDonald, 2005; Shulman, 2000], als auch bei der TLE [Busch, 2005; Hermann, 1988, 1995; Martin, 2000]. Die Erfassung von Störungen der Zahlenverarbeitung oder anderer Werkzeugfunktionen kann bei besonderen Fragestellungen Lokalisationswert haben [Delazer, 2004, 2005] bzw. wertvolle Hinweise zur kognitiven Architektur geben. Eine umfassende neuropsychologische Abklärung beinhaltet auch eine orientierende Erfassung von Befindlichkeit (Depression, Angst; z. B. HADS-D [Herrmann, 2006]) und Lebensqualität (WHOQOL-World Health Organisation Quality of Life Assessment [Angermeyer, 2000; Perrine, 1995]).

Emotionen sind kurzdauernde Reaktionsmuster auf positiv verstärkende oder bestrafende aversive Reize, die sich auf motorischer, physiologischer und kognitiver Ebene abbilden. Emotionales Erleben und Verarbeiten spielen bei der TLE und FLE im Anfall und interiktal oft eine große Rolle [Biraben, 2001; Grant, 2006; Strauss, 1982]. Bis zu 50 % der Patienten mit komplexen fokalen Anfällen leiden in den anfallsfreien Intervallen unter Affektstörungen (meist Depressionen) und Angsterkrankungen [Boro, 2003; Gilliam, 2006]. Neurales Substrat der Emotionen ist das limbische System. Als wesentliche Strukturen für das Erkennen emotionaler Gesichtsausdrücke werden die okzipitotemporalen Kortizes, die Amygdala, der orbitofrontale Kortex, die Basalganglien und der rechte parietale Kortex genannt. Emotionales Erkennen und Bewerten kann neuropsychologisch geprüft werden, so z. B. durch Differenzierungsaufgaben emotio-

ner Gesichtsausdrücke [Ekman, 1994; Hoheisel, 2005] oder mit visuell dargebotenen emotionalen Stimuli mit Normierung der Valenz (positiv – neutral – negativ) und Aktivierung (sehr oder wenig) [Lang, 1998]. Untersuchungen mit Patienten nach epilepsiechirurgischen Eingriffen haben das Wissen um die neuralen Korrelate der Emotionsverarbeitung deutlich erweitert [Adolphs, 2002; Anderson, 2000]. Patienten mit rechtsseitiger Resektion des Temporallappens, verglichen mit Patienten nach linksseitigen Eingriffen, sind signifikant öfter beim Erkennen emotionaler Gesichtsausdrücke beeinträchtigt; dieser Effekt ist beim Erkennen von Angst am deutlichsten [Adolphs, 2001]. Vor epilepsiechirurgischen Eingriffen besteht keine globale Beeinträchtigung [Glogau, 2004], wenngleich Patienten mit rechtsseitiger mesialer Temporallappenepilepsie beim Identifizieren ängstlicher Gesichtsausdrücke öfter Probleme haben [Lehner-Baumgartner, 2004; Meletti, 2003]. Läsionen der Amygdala und des orbitofrontalen Kortex haben, unabhängig von der Seite der Läsion, einen ungünstigen Einfluß auf die Fähigkeit, den emotionalen Gesichtsausdruck zu erkennen [Adolphs, 2001; Boucsein, 2001; Brierley, 2004; Farrant, 2005]. Diese Ergebnisse verdeutlichen die Notwendigkeit, die Funktionsfähigkeit des limbischen Systems bereits im Rahmen der präoperativen Diagnostik beispielsweise mit Hilfe der fMRT zu erfassen [Schacher, 2006].

#### Spezielle Untersuchungstechniken

Zur exakten funktionellen Lokalisation und Lateralisation neuropsychologischer Funktionen, vor allem von Sprache und Gedächtnis, werden besondere Untersuchungstechniken verwendet, die hier nur kurz skizziert werden können. Dazu gehören z. B. die intrakarotide Amobarbital-Injektion (Wada-Test), die funktionelle Bildgebung (funktionelle Magnetresonanztomographie [fMRI]), die Positronen-Emissions-Tomographie [PET], das transkranielle Doppler-Verfahren (TCD), die Untersuchung mit ereigniskorrelierten Potentialen (EVP, Magnetenzephalographie [MEG]), sowie die elektrokorticale Stimulation. Diesen Techniken ist gemeinsam, daß sie hohen technischen Aufwand und Spezialwissen erfordern, meist nicht standardisiert und in einigen Fällen invasiv sind (Wada-Test, kortikale Stimulation). Beim Wada-Test [Dinner, 1992; Kurthen, 1994; Loring, 1994; Wada, 1949] wird eine Hirnhälfte über Injektion in die A. carotis interna media temporär anästhesiert; dann werden die kognitiven Funktionen der nichtanästhesierten Hemisphäre geprüft. Ein Wada-Test ist vor allem bei geplanter Operation am linken Temporallappen in Betracht zu ziehen, wenn der Patient Linkshänder ist oder eine Familienanamnese von Linkshändigkeit vorliegt, eine früh aufgetretene Läsion in der linken Hemisphäre (Tumor, Trauma, Mißbildung) hat oder eine Entwicklungsstörung bekannt ist [Miller, 2003]. Andere Indikationen sind bilaterale Auffälligkeiten in EEG, Semiotik oder bei der Gedächtnisprüfung, bzw. Topektomien in Umgebung der perisylvischen Zone [Jones-

Gotman, 1991]. Wada-Untersuchungen eignen sich gut zur Erfassung der Sprachlateralisation, wo sie gegenwärtig immer noch als Goldstandard angesehen werden. Für die Identifikation des dominanten Hippokampus [Rausch, 1992] oder die Lateralisation des Anfallsfokus [Alpherts, 2000; Bell, 2000; Lee, 2003; Sabsevitz, 2001] hat die Wada-Untersuchung aber eine deutlich geringere Validität. Auch die Vorhersage der Anfallsfreiheit [Lancman, 1998; Sperling, 1994] oder eines zu erwartenden postoperativen mnestischen Defizits durch Messung der funktionellen Integrität des nicht erkrankten hippocampalen Systems wird kontroversiell gesehen [Bell, 2000; Breier, 1997; Chiaravalloti, 2001; Cohen-Gadol, 2004; Diaz-Arrastia, 2002; Lacruz, 2004; Loring, 1990, 1994]. Zu den Nachteilen der Wada-Untersuchung gehören außerdem ihre Invasivität (Angiographie, Anwendung von Anästhesie), das Fehlen eines standardisierten Untersuchungsablaufs und einer einheitlichen Auswertung [Baxendale, 2003; Dodrill, 1997], sowie andere ungelöste methodische und konzeptuelle Schwierigkeiten [Baxendale, 2002; Grote, 1999; Hart, 1991; Kim, 2000; Kurthen, 1992; Meador, 1997; Perrine, 1995; Setoain, 2004; Simkins-Bullock, 2000]. Selektive Varianten des Wada-Tests [Hajek, 1998; Jack, 1989; Petersen, 1992; Stabell, 2004; Urbach, 2001; Wieser, 1997] sollen die Inaktivierung von gedächtnis- und sprachtragenden Regionen räumlich exakter eingrenzen und bessere Aussagen ermöglichen. Es bleibt abzuwarten, ob diese Techniken verwertbare Prognosedaten zur postoperativen Gedächtniskapazität erzielen. Zur Vermeidung von Invasivität und zur Herstellung eines exakten Sprach- und Gedächtnismappings innerhalb der Hemisphären werden zunehmend funktionelle Imagingmethoden verwendet. Dazu dienen PET- [Blaxton, 1996; Gaillard, 2000; Henke, 2003; Hunter, 1999; Salanova, 1998], aber vor allem fMRI-Untersuchungen. Verglichen mit der bekannten Aussagekraft des Wada-Verfahrens wird das Sprach-fMRI von manchen [Benke, 2006; Binder, 1996; Fernandez, 2001; Ramsey, 2001] – aber nicht allen Studien [Rutten, 2002; Sabsevitz, 2003; Woermann, 2003] als adäquat eingestuft. Derzeit wird der Wert des Gedächtnis-fMRI zur Funktionsprüfung der beiden Hippokampusformationen geprüft [Binder, 2005; Golby, 2002; Janszky, 2005; Rabin, 2004; Richardson, 2006; Schacher, 2006]. Bisher klinisch angewendete fMRI-Studien unterscheiden sich stark bezüglich technischer Parameter, Auswertung [Adcock, 2003; Gaillard, 2002; Jansen, 2006], verwendetem Sprach- und Gedächtnisparadigma, aber auch hinsichtlich ihrer Resultate. Das ist darauf zurückzuführen, daß die untersuchten Patientengruppen heterogen sind und viele Faktoren eine zum Teil noch unbekannt Rolle spielen, so z. B. die Läsionsart [Bellgowan, 1998; Ulmer, 2004], intrahemisphärische [Billingsley, 2001] und interhemisphärische Plastizität [Koylu, 2006; Thivard, 2005] sowie der Einfluß von epileptischer Aktivität [Janszky,

2004] oder von Antikonvulsiva [Jokeit, 2001]. Es ist zu erwarten, daß fMRI-Untersuchungen durch methodische Verbesserungen und zusätzliche Validierung [Roux, 2003] in Zukunft einen wichtigen Beitrag zur Funktionsprüfung und Lokalisation leisten werden. Die transkranielle Doppleruntersuchung ist ein nichtinvasives, bereits klinisch erprobtes Verfahren zur Darstellung der Sprachlateralisation [Knecht, 2000], das eine gute Übereinstimmung mit dem Wada-Test hat [Knecht, 1998; Rihs, 1999]. Ereigniskorrelierte Potentiale können ebenso im Rahmen der Epilepsieabklärung angewendet werden, u. a. zur Erfassung der Hemisphärenasymmetrie [Gerschlagler, 1998], der mnestischen Leistung [Wieser, 2003] sowie zum Nachweis spezieller hippocampaler Leistungen [Grunwald, 1998; Vannucci, 2003]. Im Rahmen der invasiven Abklärung wird seit langem die elektrokorticale Stimulation zum Sprach- und Gedächtnismapping verwendet. Die Anwendung erfolgt präoperativ über Streifen-, Flächen- (Grids) oder hippocampale Tiefenelektroden [Coleshill, 2004], bzw. intraoperativ am wachen, kraniotomierten Patienten [Hamberger, 2005; Ojemann, 1989, 2002; Roux, 2004]. Diese Technik ist methodisch schwierig und belastend, ermöglicht jedoch eine für den Chirurgen verwertbare Ausgangsbasis bei der Darstellung eloquenter Areale. Auch konnte mittels Stimulation gezeigt werden, daß Sprachareale individuell erheblich variieren und einzelne Sprachmodalitäten (Benennen, Lesen, Nach-, Reihensprechen, Verbgeneration etc.) und die Sprachen bilingualer Patienten lokal unterschiedlich repräsentiert sind [Bathnagar, 2000; Kral, 2006; Lucas, 2004; Schwartz, 1999]. Neue, technisch aufwendige Verfahren wie Magnetenzephalographie können ebenso zur Lokalisation von Sprache und anderer kognitiver Funktionen eingesetzt werden [Bowyer, 2004; Breier, 1999; Patariaia, 2005; Simos, 1998; Szymanski, 2001].

### Schlußfolgerungen

Neuropsychologische Befunde sind in vielen Belangen ein wesentlicher Bestandteil der epilepsiechirurgischen Diagnostik: sie erfassen den Einfluß der Epilepsie auf zerebrale Leistungen, bewerten die individuellen Dysfunktionen eines Patienten und erstellen eine Prognose für den postoperativen kognitiven Status. Bei vielen Patienten gelingt durch die Neuropsychologie eine bessere Anfallscharakterisierung, Fokus- und Läsionslokalisierung. In Kombination mit speziellen Untersuchungen sind Aussagen zur individuellen Hemisphärendominanz, Lokalisation und Plastizität kognitiver Leistungen möglich. Der Beitrag der Neuropsychologie an der Epilepsieabklärung hat vor allem dort Gewicht, wo er im Kontext mit den Befunden der Epileptologie und Neurochirurgie interpretiert wird.

### Literatur beim Verfasser

# Mitteilungen aus der Redaktion

## Besuchen Sie unsere zeitschriftenübergreifende Datenbank

[Bilddatenbank](#)

[Artikeldatenbank](#)

[Fallberichte](#)

## e-Journal-Abo

Beziehen Sie die elektronischen Ausgaben dieser Zeitschrift hier.

Die Lieferung umfasst 4–5 Ausgaben pro Jahr zzgl. allfälliger Sonderhefte.

Unsere e-Journale stehen als PDF-Datei zur Verfügung und sind auf den meisten der marktüblichen e-Book-Readern, Tablets sowie auf iPad funktionsfähig.

[Bestellung e-Journal-Abo](#)

## Haftungsausschluss

Die in unseren Webseiten publizierten Informationen richten sich **ausschließlich an geprüfte und autorisierte medizinische Berufsgruppen** und entbinden nicht von der ärztlichen Sorgfaltspflicht sowie von einer ausführlichen Patientenaufklärung über therapeutische Optionen und deren Wirkungen bzw. Nebenwirkungen. Die entsprechenden Angaben werden von den Autoren mit der größten Sorgfalt recherchiert und zusammengestellt. Die angegebenen Dosierungen sind im Einzelfall anhand der Fachinformationen zu überprüfen. Weder die Autoren, noch die tragenden Gesellschaften noch der Verlag übernehmen irgendwelche Haftungsansprüche.

Bitte beachten Sie auch diese Seiten:

[Impressum](#)

[Disclaimers & Copyright](#)

[Datenschutzerklärung](#)