

**Verbales und figurales Listenlernen
vor und nach
epilepsiechirurgischen Eingriffen am Temporallappen**

Leistung, Positionseffekte, Strategie und Konsistenz

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Hohen Medizinischen Fakultät
der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität

Bonn

Eva Esser geb. Graefenstein

aus Düren

2014

Angefertigt mit Genehmigung der
Medizinischen Fakultät der Universität Bonn

1. Gutachter: Prof. Dr. phil. C. Helmstaedter
2. Gutachter: Prof. Dr. M. Wagner

Tag der Mündlichen Prüfung: 03.12.2013

Aus der Epileptologischen Klinik des Uniklinikums Bonn
Direktor: Prof. Dr. med. C.E. Elger

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Abkürzungsverzeichnis	6
1. Einleitung	8
1.1 Gedächtnis	9
1.2 Epilepsie.....	13
1.2.1 Krankheitsbild.....	13
1.2.2 Diagnostik	16
1.2.3 Pharmakotherapie	17
1.2.4 Epilepsiechirurgie.....	18
1.2.5 Neurostimulation	19
1.2.6 Modell.....	20
1.3 Neurobiologie des Gedächtnisses.....	20
1.3.1 Elementarprozesse	20
1.3.2 Läsionsstudien an Tieren	22
1.3.3 Psychophysiologische Studien bei Menschen.....	25
1.3.4 Gedächtnisleistung bei Epilepsiepatienten.....	27
1.3.5 Gedächtnisleistungen nach Temporallappenoperationen	28
1.3.6 Gedächtnistheorie und Hippocampus	33
1.3.7 Positionseffekte.....	34
2. Fragestellungen	37
3. Methoden	39
3.1 Studiendesign	39
3.2 Rekrutierung der Probanden	39
3.3 Messverfahren und Maße	40
3.3.1 Intelligenzmaße.....	40
3.3.2 Verbales Gedächtnis / VLMT	41
3.3.3 Figurales Gedächtnis / DCS.....	43
3.3.4 Parameter und Variablen	44
3.4 Statistische Analyse	49
4. Ergebnisse	50
4.1 Patienten und Probanden.....	50

4.2	Faktorenanalyse	52
4.3	Verbales Gedächtnis / VLMT	53
4.3.1	Konventionelle Leistungsmaße	53
4.3.2	Abrufhäufigkeiten auf Itemebene.....	57
4.3.3	Prozessvariable: Positionsmaße	67
4.3.4	Prozessvariable: Externe Konsistenz	72
4.3.5	Prozessvariable: Interne Konsistenz	75
4.3.6	Strategiemaße.....	82
4.3.7	Regressionsanalyse	84
4.4	Figurales Gedächtnis / DCS	88
4.4.1	Konventionelle Leistungsmaße	88
4.4.2	Abrufhäufigkeiten auf Itemebene.....	89
4.4.3	Prozessvariable: Positionsmaße	97
4.4.4	Prozessvariable: Externe Konsistenz.....	99
4.4.5	Prozessvariable: Interne Konsistenz	101
4.4.6	Strategiemaße.....	104
4.4.7	Regressionsanalyse	106
5.	Diskussion	111
5.1	Faktorenanalyse	111
5.2	Verbales Gedächtnis / VLMT	111
5.2.1	Konventionelle Leistungsmaße	112
5.2.2	Abrufhäufigkeiten auf Itemebene.....	114
5.2.3	Positionsmaße.....	115
5.2.4	Prozessvariable: Externe Konsistenz	116
5.2.5	Prozessvariable: Interne Konsistenz	117
5.2.6	Strategiemaße.....	118
5.2.7	Regressionsanalyse	119
5.2.8	Relevanz der Non-Standardmaße für andere Krankheitsbilder	120
5.3	Figurales Gedächtnis / DCS	121
5.3.1	Konventionelle Leistungsmaße	122
5.3.2	Abrufhäufigkeiten auf Itemebene.....	124
5.3.3	Positionsmaße.....	125
5.3.4	Prozessvariable: Externe Konsistenz	125
5.3.5	Prozessvariable: Interne Konsistenz	126
5.3.6	Strategiemaße.....	127

5.3.7	Regressionsanalyse	127
5.4	Grenzen der Aussagekraft der Studie	128
6.	Zusammenfassung.....	130
7.	Anhang - Lernmaterial.....	132
8.	Tabellen- und Abbildungsverzeichnis.....	133
9.	Literaturverzeichnis	136
10.	Danksagung	149

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	Abbildung	MANOVA	multivariate Varianzanalyse
AH	Amygdalahippocampetomie	Max	maximale Kettenlänge
ANOVA	Varianzanalyse	MEG	Magnetencephalogramm
ANCOVA	Kovarianzanalyse	MSP	multiple subpiale Transektionen
CA	Calcium	MTT	Multiple Trace Theory
CMR	Context maintenance and retrieval model of memory search	MWTIQ	Mehrfach Wortschatztest zur Bestimmung des Intelligenzquotienten
DCS	Diagnosticum für Cerebralschädigung	MZP	Messzeitpunkt
Dg	Durchgang	Na	Natrium
DGN	Deutsche Gesellschaft für Neurologie	n.s.	nicht signifikant
Drei	Dreierpaare	Pbn	Probanden
EEG	Elektroenzephalographie	PET	Positronenemissionstomographie
EKP	ereigniskorreliertes Potential	prim	primacy
et al.	et alii	prim-Rate	primacy-Rate
fMRI	funktionelle Magnetresonanztomographie	r	Korrelationskoeffizient
GABA	Gamma Aminobuttersäure	rec	recency
Ges	Gesamtleistung	rec-Rate	recency-Rate
GesPbn	Gesunde Probanden	R-TLE	Rechtstemporallappen epilepsiepatienten
Ges-Rate	Gesamt-Rate	SAH	selektive Amygdalahippocampektomie
HC	Hippocampus	SD	Standardabweichung
HERA	hemispheric encoding/retrieval asymmetry	Sek	Sekunde
ILAE	International League Against Epilepsy	SPECT	Single-Positronen-Emissions-Computertomographie
L-TLE	Linkstemporallappen-epilepsiepatienten	SPI	Serial Parallel Independent
m	männlich	Stratneu	Strategie neu
MANCOVA	multivariate Kovarianzanalyse	Stratprimacy	Strategie primacy
		Stratrecency	Strategie recency
		Stratwievuvor	Strategie wie zuvor
		Tab.	Tabelle
		TCM	temporal context model
		TLE	Temporallappenepilepsie
		Uebern.	Übernommene

VLMT	verbaler Lern- und Merkfähigkeitstest	w	weiblich
vorhers.	vorhersagbar	WE	Wiedererkennensdurchgang
vs.	versus		
WHO	World Health Organization	ZNS	Zentralnervensystem
		Zwei	Zweierpaar

1. Einleitung

Das Gedächtnis als Merk- und Erinnerungsinstrument zur Speicherung von Wahrnehmungen und Erfahrungen (Dörner et al., 2004) ist seit langem ein wichtiges Thema der Forschung, da Störungen dieser zentralen kognitiven Funktion schwere Einschränkungen der Persönlichkeit, Selbständigkeit und des alltäglichen Lebens der betroffenen Patienten nach sich ziehen. Doch trotz langer und intensiver Forschung auf dem Gebiet der Neurowissenschaften sind die Gedächtnisfunktionen und ihre neuroanatomischen Korrelate in ihrer Komplexität noch nicht umfassend verstanden. Unstrittig ist, dass dem limbischen System bei der Speicherung und Konsolidierung deklarativer Gedächtnisinhalte eine Schlüsselrolle zukommt (Gleixner et al., 2007). Da das limbische System bei der Temporallappenepilepsie krankhaft verändert ist, bietet sich dieses Krankheitsbild als Modell für die Untersuchung von Gedächtnis und Gedächtnisstörung beim Menschen an. Besonders nach epilepsiechirurgischen Eingriffen können Erkenntnisse über Gedächtnisstörungen und ihre neuroanatomischen Korrelate gewonnen werden. Während über die Auswirkungen epilepsiechirurgischer Therapien auf das verbale episodische Gedächtnis einiges bekannt ist, gibt es widersprüchliche Erkenntnisse bezüglich der Auswirkungen auf das figurale Gedächtnis. Lernstrategien werden in bisherigen Studien hauptsächlich auf das Vorliegen von primacy- und recency-Effekten und deren Auswirkungen auf Gedächtnisleistungen analysiert. Die vorliegende Arbeit befasst sich vor allem mit der Auswirkung von epilepsiechirurgischen Therapieverfahren des mesialen Temporallappens auf episodische Gedächtnisleistung. Dazu wurden 158 Temporallappenepilepsiepatienten prä- und postoperativ auf sowohl verbale als auch figurale Gedächtnis- bzw. Lernleistungen getestet. In der vorliegenden retrospektiven, kontrollierten, klinisch-neuropsychologischen Studie werden die verbalen und figuralen, prä- und postoperativen Lern- und Gedächtnisleistungen der Patienten mit den entsprechenden Leistungen von 80 gesunden Probanden verglichen. Daneben wird die Anwendung von Lernstrategien in den Probanden- und den Patientenkollektiven und deren mögliche Auswirkung dieser auf die gesamte Lern-/Gedächtnisleistung durch eine systematische Analyse der verwendeten Itempositionen in der gewählten Abrufreihenfolge beleuchtet.

1.1 Gedächtnis

Gedächtnis bezeichnet, -als eine der wichtigsten Funktionen des Gehirns,- die Fähigkeit, aufgenommene Informationen zu speichern, zu ordnen und für einen Abruf bereit zu halten.

Dies befähigt uns zur Persönlichkeitsentwicklung, zum Sammeln von Erfahrungen und zu einem Verständnis unserer Umwelt.

Das Gedächtnis wird nach der zeitlichen Dauer der Informationsspeicherung in das sensorische-, Arbeits- und Langzeitgedächtnis eingeteilt.

Das sensorische Gedächtnis (Ultrakurzzeitgedächtnis) erhält seine Informationen über die ihm zugeordneten spezifischen Sinnesmodalitäten und speichert diese zwischen wenigen Zehntelsekunden für das visuelle ikonische und bis zu zwei Sekunden für das auditorisch echoartige sensorische Gedächtnis (Darwin et al., 1972; Sperling, 1960).

Das Arbeitsgedächtnis (Kurzzeitgedächtnis) dient der bewussten Informationsverarbeitung von 7 ± 2 Informationseinheiten und ist damit, im Gegensatz zum Langzeitgedächtnis, in seiner Kapazität begrenzt (Miller, 1956). Die Funktion des Arbeitsgedächtnisses ist auf drei Komponenten zurückzuführen (Baddeley, 1986). Bei diesen Komponenten handelt es sich um die zentrale Kontrolleinheit, eine visuell-räumliche und eine phonologische Schleife zur Verarbeitung visueller und akustischer Informationen. Im Jahr 2000 fügte Baddeley seiner ursprünglichen Aufstellung eine vierte Komponente, den episodische Puffer, als multimodales Speichersystem hinzu, welcher visuelle und phonologische Informationen in Form von „Episoden“ speichern kann. Die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses kann durch Wiederholungen und Chunking gesteigert werden, ist andererseits aber auch besonders anfällig für verschiedene Störeinflüsse. Zwischen der Lern- und der Abrufphase eingeführte Distraktoraufgaben reduzieren somit die Behaltensleistung (Peterson und Peterson, 1959). Darüber hinaus besteht eine proaktive Inhibition, mit einem umso größeren Abfall der Behaltensleistung je mehr Items einer semantischen Kategorie genannt werden (Murdock, 1961). Dieser Effekt lässt sich durch einen Kategoriewechsel der Items aufheben (Wickens, 1972).

Das deklarative und das non-deklarative Gedächtnis stellen die beiden wesentlichen

Komponenten des Langzeitgedächtnis dar (Squire, 1987) (siehe Abb.1).

Deklaratives Gedächtnis bedeutet hierbei das Speichern von Fakten und Ereigniswissen, also bewusstseinsfähigen Inhalten.

Das non-deklarative Gedächtnis entzieht sich meist dem Bewusstsein und umfasst, neben Konditionierung und Habituation, bei denen zwei Reize durch assoziative Lernprozesse miteinander verknüpft werden, perzeptuelles und prozedurales Lernen. Perzeptuelles Gedächtnis erleichtert das Erinnern von ähnlichen oder bereits bekannten Reizmustern. Durch semantisches Vorwissen befähigt es uns, Objekte im Sinne von Familiaritäts- und Bekanntheitsurteilen zu erkennen.

Das prozedurale Gedächtnis dient der Speicherung von Handlungsabläufen und motorischen Fertigkeiten. Dabei handelt es sich meist um Routinetätigkeiten mit der Charakteristik des automatisierten Ablaufs (z.B. Fahrrad fahren).

Das deklarative Gedächtnis, welches der Speicherung von Tatsachen und Ereignissen dient, setzt einen bewussten, aber nicht notwendig intendierten Lernvorgang voraus. Es gliedert sich in das semantische und das episodische Gedächtnis. Das gegenüber Interferenzen relativ robuste semantische Gedächtnis speichert kontextunabhängige Fakten ohne autobiographischen Bezug. Das episodische Gedächtnis dient der Speicherung von kontextabhängigem Ereigniswissen, dessen Inhalte in einem räumlichen, zeitlichen und autobiographischen Bezug zueinander stehen (Tulving, 1972).

Zunächst wurde das deklarative Gedächtnis in eine prozedurale und eine propositionale Hierarchieebene unterteilt, wobei semantisches und episodisches Gedächtnis als parallele, interagierende, überlappende Systeme des propositionalen Gedächtnisses betrachtet wurden (Tulving, 1983). Die Annahme, dass das episodische Gedächtnis als Erweiterung des semantischen Gedächtnisses zu verstehen ist, führte Tulving (1995) als Modifikation seines zuvor beschriebenen Ansatzes ein. Das dabei eine zentrale Rolle spielende SPI-Modell (serial parallel independent) unterstützt eine serielle, zuerst im semantischen und anschließend im episodischem Gedächtnis ablaufende Enkodierung. Die Engrammierung erfolgt parallel in den jeweiligen Gedächtnissystemen und der Abruf aus dem einen verläuft unabhängig vom anderen System. Trotz der Gemeinsamkeiten der beiden Gedächtnissysteme hat das episodische Gedächtnis Eigenschaften, die über die des semantischen Gedächtnisses

hinausgehen. Nur durch den Abruf episodischer Gedächtnisinhalte wird das so genannte „mental time travel“ hervorgerufen, so dass durch das Erinnern eines Inhalts zusätzlich zahlreiche damit verbundene Kontextinformationen aktiviert werden (Tulving, 1985). Episodische Gedächtnisinhalte sind autoegetisch und damit nicht nur die Erinnerung einer bestimmten Information, sondern ein bewusstes Erinnern eines Ereignisses persönlich erlebter Erfahrung, wohingegen noetische semantische Gedächtnisinhalte unpersönliche Tatsachen darstellen (Tulving, 1985; Tulving, 2002). Somit beinhaltet episodisches Erinnern immer auch semantisches Wissen von Fakten ohne Kontextdetails. Umgekehrt kann semantisches Wissen aber auch ohne episodische Erinnerung existieren (Tulving, 1984; Tulving und Markowitsch, 1998). Das deklarative Gedächtnismodell wurde kürzlich in einem prozesstheoretischen Ansatz mit dem Ziel, die Orientierung am schwer operationalisierbaren Begriff „Bewusstsein“ zu überwinden, neu strukturiert und modifiziert (Henke, 2010).

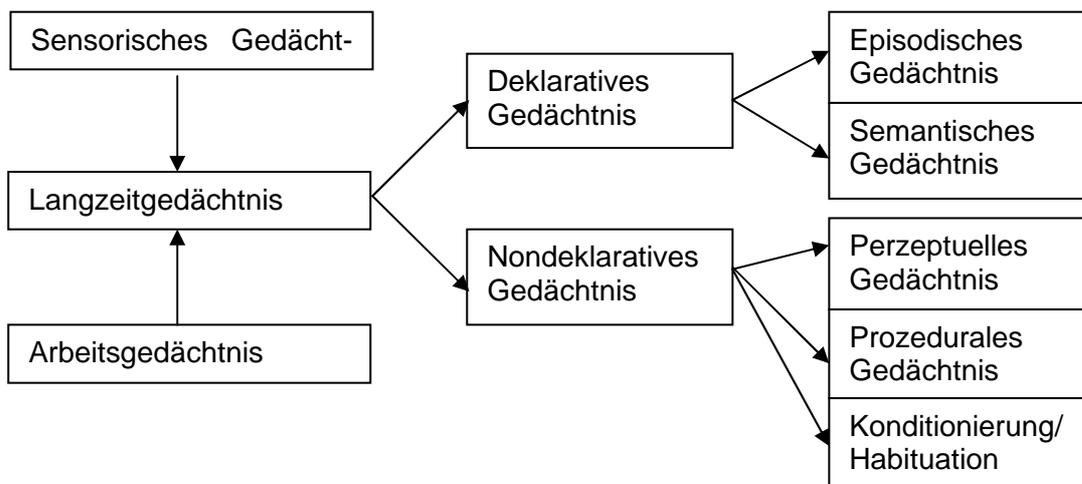


Abb. 1: Modales Gedächtnismodell in schematischer Darstellung

Die Gedächtnisleistungen werden von allgemeinen gedächtnispsychologischen Phänomenen begleitet. Ein gedächtnispsychologischer Effekt ist die Gedächtnishemmung. Die retroaktive Hemmung bezeichnet eine Beeinträchtigung eines Lerninhalts durch einen zweiten später eingeübten Lernstoff. Dieser Effekt zeigt sich besonders ausgeprägt, wenn die Lerninhalte sehr ähnlich zueinander sind. Die

Beeinträchtigung von Lerninhalten durch unmittelbar vorausgehende Lernprozesse bezeichnet man als proaktive Hemmung (Zimbardo und Gerrig, 2008).

Eine bedeutsame Schnittstelle für die Enkodierung und Konsolidierung mit der Überführung neuer Informationen vom Kurzzeit- ins Langzeitgedächtnis ist das mediale Temporallappensystem mit dem Hippocampus. Dies wurde durch die 1953 an dem 27 jährigen Epilepsie-patienten Henry G. Molaison durchgeführte Operation mit Entfernung von 2/3 des Hippocampus, großen Teilen der Amygdala und Anteilen der angrenzenden Rindenfelder belegt. Nach dieser Operation traten bei H.G. Molaison eine unvollständige retrograde Amnesie vor allem episodischer Informationen für einen begrenzten Zeitraum sowie eine komplette anterograde Amnesie auf (Scoville und Milner, 2000). Diese Beobachtungen gelten als erster Beleg für die Bedeutung des Hippocampus für das Erlernen neuer episodischer Gedächtnisinhalte bei der Überführung von Informationen vom Kurzzeit- ins Langzeitgedächtnis. Nach dem Fall von H.M. wurden Epilepsiepatienten vermehrt für die Gedächtnisforschung rekrutiert, da vor allem postoperativ Gedächtnisschwächen mit einzelnen nun fehlenden Gehirnregionen korreliert werden konnten.

Um eventuelle Leistungsdefizite von Patienten zu objektivieren, bedarf es unterschiedlicher psychometrischer Testverfahren. Es sollte von jedem Patienten eine standardisierte Testbatterie durchlaufen werden, wobei Besonderheiten des individuellen Patienten berücksichtigt werden. Die Testbatterie, welche Epilepsiepatienten durchlaufen, dauert im Schnitt drei Stunden und beinhaltet Untersuchungen von Aufmerksamkeit, Motorik, sprachlichen und nicht sprachlichen Leistungen, Intelligenz und emotionalem Befinden. Die neuropsychologische Testung dient neben erstdiagnostischen Zwecken auch der Überwachung des Therapieverlaufs. Die erstmalige Untersuchung des aktuellen Status sollte unter einer stabilen Anfalls- und Medikationssituation erfolgen. Darüber hinaus sollte mit Verfahren getestet werden, für die Paralleltests mit bekannter Retest-Reliabilität vorhanden sind. Für die Testung des verbalen und figuralen episodischen Gedächtnisses werden häufig der verbale Lern- und Merkfähigkeitstest (VLMT) und das Diagnosticum für Cerebralschädigung (DCS) angewendet. Die Testleistungen im DCS korrelieren mit einer alltagsbezogenen Gedächtnisleistung, nämlich dem Erinnern der Testsituation selbst (Helmstaedter et al., 1998). Dies zeigt die Konstruktvalidität der verwendeten Gedächtnistests im Sinne

des episodischen Gedächtnisses, wobei unklar bleibt, warum ausgerechnet das Erlernen künstlicher und unverbundener Itemlisten die Anforderungen des episodischen Gedächtnisses gut widerspiegelt.

1.2 Epilepsie

1.2.1 Krankheitsbild

In diesem Kapitel werden die pathophysiologischen Grundlagen, die Einteilung und Diagnostik der Erkrankung Epilepsie dargelegt.

Die Epilepsie, aus dem griechischen *epilepsis* „das Ergreifen“, „der Anfall“ ist eine weit verbreitete chronisch zerebrale Erkrankung. In Deutschland gibt es ca. 600000 Anfallskranke (Gleixner et al., 2007/08) und die kumulative Inzidenz beträgt 2-5 % (Schmidt und Elger, 2005). Für die Entstehung von Epilepsien sind pathophysiologisch zwei Mechanismen verantwortlich. Zum einen die pathologische Erregung in Gruppen von Nervenzellen und zum anderen die fehlende Erregungsbegrenzung, die eine Ausbreitung der Entladung unterstützt (Poeck und Hacke, 2001). Auf molekularer Ebene konnten spontane Depolarisationen durch vermehrten Ca- und Na-Einstrom beobachtet werden, die zu Entladungsserien fortgeleiteter Nervenimpulse führten. Zusätzlich sind häufig die durch GABA (Gamma-Aminobuttersäure) vermittelten transzellulären Hemmungsvorgänge abgeschwächt. Eine andere Ursache liegt in der Überproduktion von exzitatorischen Transmittersubstanzen, wie Glutamat, welche eine Ausbreitung auf weitere Zellen begünstigt. Bei der Ausbreitung epileptischer Entladungen kommt es folglich zu einer Aktivitätssynchronisation von normalerweise asynchron tätigen Neuronen (Gleixner et al., 2007/08).

Die ätiologische Einteilung der Epilepsiesyndrome erfolgt nach den Leitlinien für Diagnostik und Therapie in der Neurologie (2008) in symptomatische Epilepsie, als Ausdruck einer identifizierbaren strukturellen Grunderkrankung; in kryptogene Epilepsie, wobei kein Nachweis einer Grunderkrankung vorliegt, diese aber vermutet wird und in idiopathische Epilepsie mit genetischer Disposition. Ursachen der symptomatischen Epilepsien sind häufig kortikale Entwicklungsstörungen, Tumoren, Enzephalitiden, Schädelhirntraumata, und zerebrovaskuläre Prozesse.

Nach der Pathogenese der Epilepsiesyndrome wird von der Internationalen Liga gegen Epilepsie (ILAE) zwischen fokalen und generalisierten oder nicht eindeutig zuzuordnenden bzw. gemischten Epilepsien unterschieden (siehe Abb.2). Den verschiedenen Einteilungen werden in einem weiterführenden Schritt dann genaue Krankheitsbilder zugeordnet.

Die unterschiedlichen Epilepsiesyndrome sind jeweils durch bestimmte Anfallstypen charakterisiert. Der partielle bzw. fokale Anfall, der hauptsächlich bei symptomatischen Epilepsien auftritt, ist dadurch gekennzeichnet, dass die Aktivität von einem umschriebenen lateralisierten Fokus ausgeht. Die Symptome sind folglich unilateral und regional begrenzt. Die einfachen partiellen Anfälle gehen dabei ohne, die komplexen partiellen Anfälle mit Bewusstseinsstörungen einher. Dabei kann es zu einer sekundären Ausbreitung auf die restliche Hirnrinde über beide Hemisphären kommen (sekundäre Generalisierung). In der neuen Gliederung der Internationalen Liga gegen Epilepsie von 2005-2009 wird diese Unterscheidung zwischen einfachen- und komplex partiellen Anfällen nicht mehr vorgenommen (Internationale Liga gegen Epilepsie 2005-2009).

Fokale Anfälle werden dann weiter in die Lokalisation des Epilepsiefokus gegliedert. Hierbei wird nun vorrangig die Temporallappenepilepsie geschildert, da diese im Fokus dieser Arbeit steht und mit etwa 27 % die häufigste Form der anatomisch klassifizierbaren lokalisationsbezogenen Epilepsien darstellt. Bei der Temporallappenepilepsie haben die Anfälle ihren Ursprung in den anatomischen Strukturen des Schläfenlappens, dem Hippocampus, Parahippocampus, Amygdala und dem neokortikalen Cortex. Am häufigsten (80-90 %) geht diese Form der Epilepsie von entwicklungs geschichtlich älteren medialen bzw. mesiobasalen Anteilen des Temporallappens aus. Die Anfälle der medialen Temporallappenepilepsie neigen zur Generalisierung der komplex-fokalen Anfälle mit Bewusstseinsstörung. Dem Anfall selbst geht meist eine Aura mit oralen oder manuellen Automatismen voraus. Neuro-pathologisches Korrelat sind häufig Tumoren, vaskuläre Malformationen, Entwicklungsstörungen des Hippocampus und in der überwiegenden Zahl der Fälle die mesiale temporale Sklerose.

Der laterale Temporallappen, der mediale und laterale Frontallappen sowie der parieto-occipitale Cortex sind weitere Foci epileptischer Anfälle mit unterschiedlicher

Anfallssemiologie. Aus der entsprechenden Anfallssymptomatik können klinisch bereits erste Rückschlüsse auf den Anfallsfokus getroffen werden (Poeck, 2001; Schmidt und Elger, 2005).

Generalisierte Anfälle sind durch einen Bewusstseinsverlust mit Amnesie für das Anfallsereignis, motorisch bilaterale Symptome und EEG-Veränderungen über beiden Hemisphären gekennzeichnet. Zu den generalisierten Anfällen zählen die tonisch-klonischen-, atonischen-, tonischen-, klonischen-, myoklonischen Anfälle und Absencen.

Die häufigsten generalisierten Anfälle sind die tonisch-klonischen (Grand-mal) Anfälle. Gößtenteils kommt es zu einem spontanen Bewusstseinsverlust verbunden mit einem Sturz und gepressten Schrei. Im tonischen Stadium tritt eine Versteifung der Gliedmaßen, der Gesichts-, Hals- und Rumpfmuskulatur auf. In der sich anschließenden klonischen Phase kommt es zu generalisierten symmetrischen Zuckungen. Zusätzlich besteht eine verlangsamte und erschwerte Atmung sowie eine Absonderung schaumigen Speichels. Nach Ende des Anfalls kommt es zu einem unterschiedlich lange andauernden Nachschlaf. Beim atonischen Anfall kommt es zu einer plötzlichen Verminderung der Haltemuskulatur des Körpers mit teils kurzem Bewusstseinsverlust. Der tonische Anfall ist charakterisiert durch eine allgemeine Versteifung der Muskulatur, bevorzugt aus dem Schlaf heraus auftretend. Klonische Anfälle fallen durch generalisierte Zuckungen auf. Myoklonische Anfälle verlaufen dagegen mit Muskelzuckungen durch plötzliche, kurze, blitzartige Muskelkontraktionen. Wegen der Kürze des Anfalls ist das Bewusstsein im Anfall nicht beeinträchtigt. Eine Neigung zur Anfallshäufung besteht in der Zeit nach dem Aufwachen. Das alleinige oder vorherrschende Merkmal der Absencen ist die Bewusstseinspause (Internationale Liga gegen Epilepsie 2005-2009).

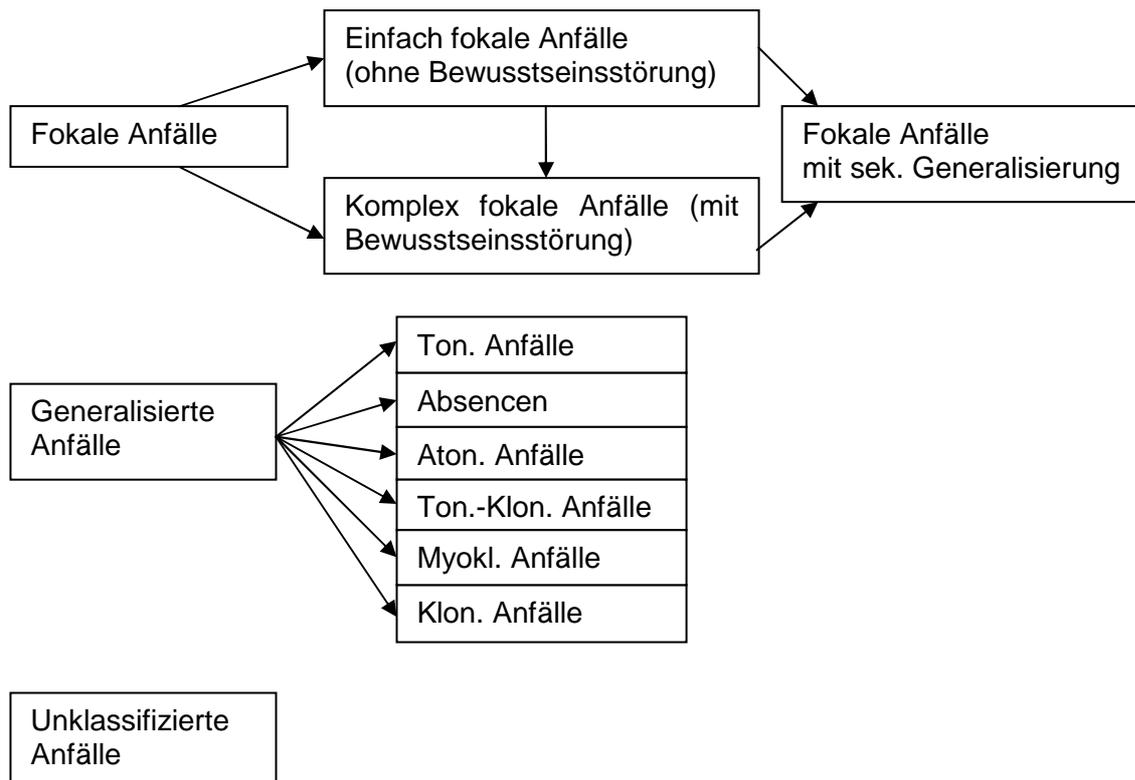


Abb. 2: Anfallsklassifikation

1.2.2 Diagnostik

Die Diagnose einer Epilepsie ist bei Auftreten mindestens eines epileptischen Anfalls bei gegebener Disposition gerechtfertigt (Fisher et al., 2005). Fehlt ein Hinweis auf die Disposition zu chronisch rezidivierenden Anfällen müssen zur Diagnosestellung mehrere Anfälle aufgetreten sein. Eines der wichtigsten diagnostischen Verfahren stellt das Elektroenzephalogramm (EEG) dar. Im Rahmen der Erstdiagnostik dient das EEG, besonders erfolgreich interiktal, der Einordnung des Anfalls bzw. der Epilepsie und der Lokalisation des Herdes bei fokalen Anfällen. Im weiteren diagnostischen Verlauf wird die bildgebende Diagnostik durchgeführt. Diese zeigt bei den meisten fokalen Epilepsien ein morphologisches Korrelat. Bei Temporallappenepilepsie ist stets ein MRT mit Gadolinium und besonderer koronarer Darstellung des Temporallappens erforderlich. Mit Positronen-Emissionstomographie (PET) und Single-Positronen-Emissions-Computertomographie (SPECT) stehen weitere nichtinvasive Spezialverfahren zur Verfügung, mit denen vor allem epilepsieauslösende

Herde genau lokalisiert werden können. Im Falle prächirurgischer Diagnostik können somit neurologische Ausfälle durch die Operation abgeschätzt werden. Weitere Möglichkeiten der nicht invasiven Epilepsiediagnostik sind die neuropsychologische Testung sowie der WADA-Test, bei dem eine Hemisphäre betäubt wird, um die Sprachdominanz zu lokalisieren. Dieser Test wird vermehrt durch die funktionelle Magnetresonanztomographie (fMRI) abgelöst, mit der spezielle Hirnfunktionen den zugehörigen Rindenarealen zugeordnet werden können (Bookheimer und Cohen, 1997). Das MEG (Magnetenzephalogramm) als weiteres neueres Verfahren leitet interiktale epileptische Hirnaktivität ab. Durch Quellenberechnung werden diejenigen Hirnregionen lokalisiert, in denen epileptische Aktivität entsteht und die Region mit der frühesten Spike-Aktivität bestimmt. Die Verrechnung der MEG-Dipollokalisierung mit dem MRT projiziert den Ort der funktionellen Störung in die morphologische Darstellung des Gehirns (Baumgartner et al., 2000). Besonders in der prächirurgischen Epilepsiediagnostik ist es von entscheidender Bedeutung, den Fokus der Epilepsie elektrophysiologisch zu lokalisieren. Dies gilt vor allem, wenn im MRT keine morphologische Anfallsursache gefunden werden kann und die nicht invasiven Verfahren nicht genügend Aufschluss über den Fokus liefern. An dieser Stelle werden dann in einer zweiten diagnostischen Phase invasive und semi-invasive Ableitungen mit Nasopharyngeal-, Sphenoidal- und Foramenoval-Elektroden, welche die Aktivität mesiobasaler limbischer Strukturen erfassen oder auf dem Cortex platzierte Tiefenelektroden, angewendet. Mit diesen Methoden wird eine genauere Planung des operativen Eingriffs möglich (Poeck, 2001).

1.2.3 Pharmakotherapie

Die Therapie der Epilepsie lässt sich in konservative Therapieformen und die operativen Interventionen gliedern, wobei bei der konservativen Therapie die Notfalltherapie zur Unterbrechung eines Status epilepticus von der Langzeittherapie abgegrenzt werden muss. Bei einem klinisch manifesten Anfallsleiden wird, nach Anpassung der Lebensführung, im zweiten Schritt eine Pharmakotherapie eingeleitet (Beghi et al., 2003). 70 % der Epileptiker werden durch eine geeignete Pharmakotherapie anfallsfrei, wobei in 50 % der Fälle bereits die erste Monotherapie zur Anfallskontrolle führt (Elger, 2012). Die verbleibenden Patienten können erst durch eine alternative Mono-

oder geeignete Kombinationstherapie adäquat eingestellt werden (Brodie und Kwan, 2002).

Bei fokalen Epilepsien sollte bei nachgewiesener Pharmakoresistenz, d.h. bei mindestens zwei konsequenten, aber nicht erfolgreichen medikamentösen Therapien, eine frühzeitige Abklärung der operativen Therapieoption erfolgen, da diese bei gegebener Indikation die Therapie der Wahl darstellt.

1.2.4 Epilepsiechirurgie

30-40 % der Epilepsiepatienten bleiben trotz ausreichend hoch dosierter Pharmakotherapie therapieresistent. Eine medikamentöse Therapie bei Temporallappenepilepsie führt in maximal 10–20 % zur Anfallsfreiheit (Téllez-Zenteno et al. 2007a), so dass sich bei diesen Epilepsien eine funktionelle Epilepsiechirurgie etabliert hat. Durch Verbesserung der präoperativen Diagnostik, bessere neuroradiologische Verfahren und einer individuell funktionell gesteuerten Mikrochirurgie können immer mehr Patienten einer Epilepsiechirurgie zugeführt werden. Als Voraussetzungen dieses chirurgischen Eingriffs gelten die sichere Diagnose einer Epilepsie, eine echte Therapieresistenz nach Behandlung mit Medikamenten der ersten Wahl sowohl in Mono- als auch in Kombinationstherapie sowie eine inakzeptabel hohe Anfallsfrequenz. Zusätzlich gelten ein eingrenzbarer Epilepsiefokus, keine zu schwerwiegende allgemeine Hirnschädigung und eine zu erwartende bessere Lebensqualität als Voraussetzung (Elger, 2012).

Wichtig für die erfolgreiche Durchführung dieser Operationen ist eine adäquate präoperative Diagnostik, die den für die Anfälle des Patienten verantwortlichen epileptogenen Herd lokalisiert, damit dieser Fokus operativ entfernt oder die Ausbreitung fokaler epileptischer Aktivität unterbrochen werden kann. Die überwiegende Mehrheit epilepsiechirurgischer Eingriffe erfolgt am Temporallappen (2/3). Ergänzend zu den früher bevorzugten, großvolumigen "Standardresektionen" im Temporallappen werden heute vermehrt so genannte „tailored resections“ durchgeführt, die auf den individuellen Patient zugeschnitten sind und bei denen laterale temporale Strukturen geschont werden. Das Ausmaß der Resektion hippocampaler, parahippocampaler und neokortikaler Strukturen wird hierbei durch das Ergebnis der präoperativen Diagnostik bestimmt. Am häufigsten werden Resektionen der temporal mesialen

Strukturen, d.h. die antero-mesiale-Resektion oder lediglich der mesialen Strukturen, d.h. eine selektive Amygdala-Hippocampektomien (SAH) vorgenommen (Olivier, 1983; Wieser und Yarsagiv, 1982).

Therapieerfolg

Die Erfolgsquote der Temporallappenresektionen hängt vor allem von der Selektion des Patientenkollektivs ab. Insgesamt liegt die von epilepsiechirurgischen Zentren berichtete Erfolgsquote bei Temporallappenepilepsien bei etwa zwei Drittel für Anfallsfreiheit, wobei weitere 20 % eine deutliche Verbesserung der Anfallskontrolle aufweisen (Cascino, 2004; Engel und Pedley, 1997; Schmidt et al., 2004a). Bei extratemporalen Epilepsien sind die Erfolgsquoten der Epilepsiechirurgie im Gegensatz dazu geringer und variieren je nach Studie zwischen 25-64 % für eine postoperative Anfallsfreiheit, wobei fokale Läsionen das Ergebnis eher verbessern (Geller und Devinsky, 2006).

Komplikationen

Operative Komplikationen sind mit einer perioperativen Mortalität von <0,5 % bei Resektionen im Bereich des Temporallappens und <0,8 % bei extratemporalen Resektionen äußerst selten. Bei Temporallappenepilepsiepatienten können postoperativ neurologische Defizite, wie Hemiparesen oder Dysphasien auftreten, die sich meist im Verlauf weniger Wochen vollständig zurückbilden oder es kommt zu klinisch weniger relevanten Quadrantenanopsien. Neuropsychologische Defizite, auf die im Verlauf der vorliegenden Arbeit näher eingegangen wird, stellen die bedeutsamste Komplikation derartiger Operationen dar.

Bei extratemporalen Eingriffen hängt die Art der Komplikation entscheidend von der Resektionslokalisation ab, so dass sowohl sensorische oder motorische Defizite als auch aphasische Störungen beobachtet werden können (Baumgartner und Pataria, 2001).

1.2.5 Neurostimulation

Eine weitere Therapiemöglichkeit bei bestehender Pharmakoresistenz und Inoperabilität stellt die Vagusnervstimulation dar. Bei dieser wird durch einen elektrischen

Stimulator in festen Intervallen oder auf Aktivierung durch den Patienten bei Anfalls- vorgeföhl der N. Vagus mit elektrischen Impulsen gereizt. Die Erregung des stimulierten Nervs wird ins Gehirn weitergeleitet, wodurch die Anfallsfrequenz in 30 % der Fälle um bis zu 50 % gesenkt wird. Der Anteil der anfallsfreien Patienten liegt jedoch unter 10 % und der Behandlungserfolg stellt sich mitunter erst nach 1-2 Jahren ein (Spanaki et al., 2004). Ein Verfahren mit zurzeit noch experimentellem Charakter ist die tiefe Hirnstimulation in thalamischen und subthalamischen Kernen sowie im Fokusgebiet.

1.2.6 Modell

Patienten mit fokaler Epilepsie bieten ideale Voraussetzungen zur Untersuchung kognitiver Gehirnprozesse, da die Kombination bildgebender Verfahren und neuropsychologischer Testungen Rückschlüsse auf die einer Dysfunktion zu Grunde liegenden neuroanatomischen Strukturen zulässt.

Die Betrachtung mesialer Temporallappenepilepsien ist insbesondere für ein Verständnis der Auswirkungen einer isolierten Schädigung auf verschiedene Gedächtnissysteme geeignet. So lassen sich an epilepsiechirurgischen Patienten beispielhaft lateralisierte Funktionen einzelner Gedächtnisfunktionen der hippocampalen Formation untersuchen.

1.3 Neurobiologie des Gedächtnisses

1.3.1 Elementarprozesse

Die Überführung von Erlerntem ins Langzeitgedächtnis, in welchem die Informationen langfristig für einen flexiblen Abruf gespeichert werden, wird als Konsolidierung bezeichnet. Diese läuft im Anschluss an die Enkodierung, der Einspeicherung neuer Informationen ab. Seit langem wurde angenommen, dass für die Konsolidierung der Prozess des zyklischen Kreisens, der eine ständige Wiederholung (rehearsal) des Lernmaterials bezeichnet, notwendig ist. Als Voraussetzung für die Konsolidierung gilt das Konzept der synaptischen Plastizität (Hebb, 1949). Dieses besagt, dass für die langfristige Speicherung von Gedächtnisinhalten eine strukturelle Änderung der

synaptischen Verbindungen notwendig ist und beschreibt damit die aktivitätsabhängige sowohl physiologische als auch morphologische Änderung der Stärke der synaptischen Übertragung. Bei diesem Vorgang wird zwischen den dem autonomen Zerfall unterliegenden Aktivitätsspuren als neuropsychologisches Korrelat für Kurzzeitgedächtnis und den Langzeit Spuren, die aus lange überdauernden Aktivitätsspuren entstehen, unterschieden. Die zunächst schwachen synaptischen Verbindungen in kreisförmig geschlossenen Erregungsverläufen von Nervenzellen führen letztendlich durch eine mehrmalige gemeinsame assoziative Erregung zur Bildung einer Gedächtnisspur (Engramm). Um diese aktivitätsabhängigen Veränderungen von Neuronenverbänden zu verursachen ist der Mechanismus der Langzeitpotenzierung bedeutsam (Bliss und Lomo, 1973). Beim Vorgang der Langzeitpotenzierung werden stabile synaptische Verbindungen weiter gefördert, indem die postsynaptische Membran für Glutamat sensitiviert wird und dendritische Spines auswachsen (Toni et al., 1999). Die synaptische Plastizität beinhaltet jedoch nicht nur die Verstärkung synaptischer Übertragung, sondern auch die Desensibilisierung von Synapsen, die als Langzeitdepression bezeichnet wird, so dass die flexible Reaktion auf Reize bestehen bleibt.

Anatomie des Hippocampus

Der Hippocampus bildet als eines der evolutionär ältesten Teile des Gehirns eine zentrale Schaltstation des limbischen Systems. Er liegt an der medialen Wand des Seitenventrikels des Temporallappens und stammt aus dem dreischichtig aufgebauten Allocortex. Als Hippocampusformation werden der Gyrus dentatus, das Subiculum und das Cornu ammonis (Ammonshorn), welches in tangentialer Richtung in die zytologischen CA1-CA4 Regionen unterteilt wird, zusammengefasst.

Neben zahlreichen intrinsischen Verschaltungen erhält der Hippocampus Afferenzen aus dem Septum, Thalamus, Gyrus cinguli und einigen Hirnstammkernen. Die Mehrzahl der Afferenzen kommt über die Area entorhinalis aus dem Riechhirn, der Amygdala und dem Isocortex.

Die Efferenzen des Hippocampus verlaufen im Fornix zum Septum, Hypothalamus, zur Amygdala und zu den Corpora mamillaria, über die sich als wichtiges Bahnsystem der Papez-Neuronenkreis ausbildet. Von den Corpora mamillaria projizieren diese

Neurone weiter über den Tractus mamillothalamicus zum Thalamus und von dort zurück zum Gyrus cinguli. Ein Bruchteil der ursprünglichen Fasern führt dann vom Gyrus cinguli zum Hippocampus zurück und bildet eine vollständige Schleife. Funktionell wird dem Papez-Neuronenkreis eine entscheidende Bedeutung bei der Bildung von Emotionen und der Speicherung von Gedächtnisinhalten zugeschrieben, wobei der Hippocampus eine zentrale Rolle spielt. Für den Erwerb neuer Gedächtnisinhalte ist die bereits beschriebene synaptische Plastizität, mit der Ausbildung neuer Nervenzellverbindungen im erwachsenen Gehirn von entscheidender Bedeutung.

Seine komplexe Verschaltung macht den Hippocampus zu einem polysensorischen assoziativen Zentrum, welches einerseits mit viszeralen und endokrinen Repräsentationsgebieten, andererseits mit kognitiven Arealen kommuniziert. Dies legt die Beteiligung vieler Hirnregionen an der Gedächtniskonsolidierung und dem Abruf semantischer und episodischer Gedächtnisinhalte nahe (Asan und Nitsch, 2004; Nitsch, 2004).

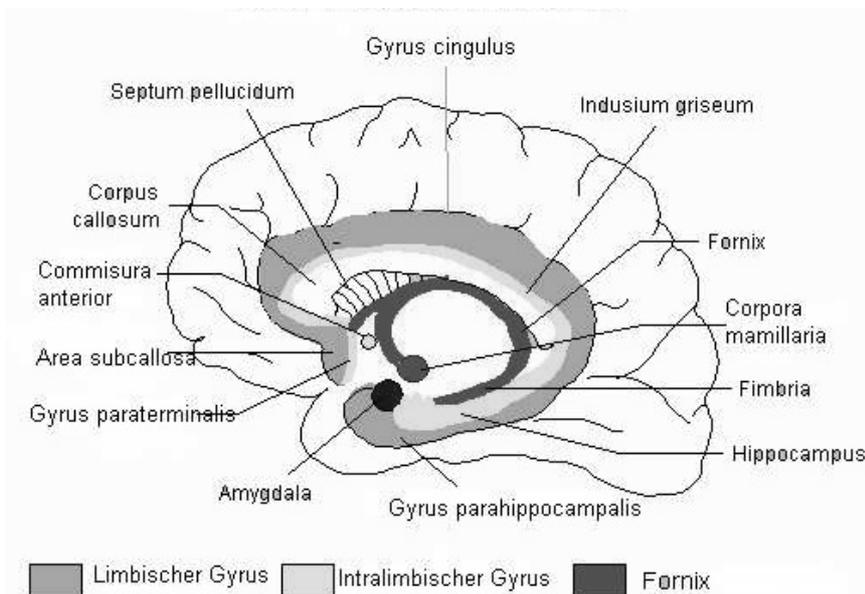


Abb. 3: Schematische Darstellung der rechten Gehirnhälfte von medial mit Darstellung des medialen Temporallappens (aus: www.neuro24.de/bilder6/limbisch.jpg)

1.3.2 Läsionsstudien an Tieren

Im Tiermodell lassen sich durch gezielte Läsionen des hippocampalen Systems sowohl retrograde als auch anterograde Gedächtnisdefizite provozieren. Die Läsion

kann dabei in einer pharmakologischen Deaktivierung und Destruktion oder in der Resektion eines bestimmten Areals bestehen. Der Vorteil tierexperimenteller Studien besteht vor allem in der Möglichkeit prospektiver Analysen mit genau bekannten Läsionsausmaßen, so dass Gedächtnisdefizite exakt mit den bekannten Läsionsparametern korreliert werden können. Um Prozesse der deklarativen Gedächtnisverarbeitung zu untersuchen werden neben Angstlernaufgaben, Objektdiskrimination oder dem Erlernen einer Nahrungspräferenz vor allem Lernaufgaben der räumlichen Orientierung verwendet. Dazu kommt zusätzlich zu Labyrinthaufgaben der water maze Test zum Einsatz. Bei diesem Test lernen Ratten in einem großen Wasserbehälter in kürzester Zeit den Weg zu einer Plattform zu finden.

In Studien zu retrograden Gedächtnisdefiziten führten Hippocampusläsionen zu einem Verlust zuvor erlernter Informationen und Fähigkeiten. Der Nachweis eines zeitlichen Gradienten bezüglich der hippocampalen Funktionsverluste konnte jedoch nicht eindeutig erbracht werden. Im Überblick zeigt sich jedoch eine zeitlich abgestufte retrograde Amnesie, die umso weiter zurück reicht desto ausgedehnter die Läsion des medialen Temporallappens ist und desto mehr extrahippocampale Strukturen betroffen sind. Möglicherweise hängt der zu beobachtende Gradient von der Differenzierung zwischen episodischem und semantischem Gedächtnis ab (Rosenbaum et al., 2001). Die Überprüfung dieser Annahme gestaltet sich durch die fehlende Abgrenzbarkeit von episodischem und semantischem Gedächtnis im Tier als schwierig. Die Unterscheidung wird durch die Betrachtung kontextfreier und kontextgebundener Erinnerung annähernd ermöglicht. Dem episodischen Gedächtnis entspricht hierbei der relationale Kontext, der sich als zusammenhängender Hintergrund in der Phase des Lernprozesses darstellt. Der assoziative Kontext besteht aus einzelnen unzusammenhängenden Anhaltspunkten. In den Studien, in denen sich kein zeitlicher Gradient nach Hippocampusläsion nachweisen lassen konnte, wurde sich an klar kontextgebundene Erinnerungen orientiert. Es gelang durch eine ständige Variation der Trainingssituation eine kontextfreie Lernsituation zu schaffen und somit das Defizit räumlicher Erinnerung nach Hippocampusläsion deutlich zu reduzieren (Rosenbaum et al., 2001). Darüber hinaus konnte gezeigt werden, dass Ratten mit Hippocampusläsionen vornehmlich Schwierigkeiten in der Diskrimination struktureller Anordnungen, nicht aber in räumlichen Lernaufgaben mit fehlenden strukturellen

Hintergründen, aufwiesen (Sanderson et al., 2006).

Dies bietet Hinweise auf einen Übergang von hippocampaler zu isocortikaler Speicherung, weshalb verschiedene Gedächtnismodalitäten von einer Amnesie auf verschiedene Weise betroffen sind.

Zusätzlich zu dieser Funktion scheint der Hippocampus an der Verknüpfung episodischer Erfahrungen beteiligt zu sein und damit mitverantwortlich für zukünftige Problemlösungen in ähnlichen Situationen und Umgebungen. Diese Erkenntnis kann aus einem water maze Test gewonnen werden. Bei diesem waren Ratten nach einer Hippocampusläsion nicht fähig bei verändertem Ausgangspunkt den vorher bekannten Weg zur Plattform zu finden. Eine Übertragung der zuvor erbrachten Lernleistung war demnach nicht möglich (Eichenbaum, 2000). Hingegen den Erwartungen entstand bei der Untersuchung anterograder Gedächtnisdefizite, nach gezielter Zerstörung des Hippocampus durch Injektion eines Neurotoxins keine komplette anterograde Amnesie. In allen Aufgabenteilen (räumlich, visuelle, Angstkonditionierung) war es den Versuchstieren möglich neues Lernmaterial zu verarbeiten (Sutherland et al., 2006). Auch anterograde Rekognitionstests nach vollständiger Hippocampusläsion ergaben ein unverändertes Abschneiden der Testtiere im Vergleich zu Kontrolltieren (Gaskin et al., 2003). In beiden zitierten Studien trat eine retrograde- aber keine anterograde Amnesie für die getesteten Gedächtnisleistungen auf. Daraus folgerte man, dass für die postläsionelle Neueinspeicherung die Funktionsübernahme von extrahippocampalen Strukturen möglich ist und eine Unterstützung von Objektdiskrimination vorliegt, wenn der Hippocampus auch am Einspeichervorgang des Objekts unbeteiligt gewesen ist. Möglicherweise existieren folglich hippocampusunabhängige Konsolidierungsvorgänge (Sutherland et al., 2006).

In einer neuen Übersicht der parahippocampalen und hippocampalen Netzwerke wird ein erweitertes Bild der Gedächtnisbildung postuliert (Strien et al., 2009). Entgegen früherer Annahmen einer einfachen Eingabe-Ausgabe-Station nimmt der entorhinale Cortex nun eine zentralere Position in der assoziativen Gedächtnisbildung ein. Hinweise hierauf bieten anatomischen Beobachtungen bezüglich der Verschaltungen und Netzwerke innerhalb des entorhinalen Cortex und zu anderen Strukturen. Es wird angenommen, dass Informationen bereits vor dem Erreichen der hippocampalen Formation im entorhinalen Cortex einem Integrations- und Verarbeitungsprozess

unterliegen. Eine Sichtweise der doppelten Verarbeitung in beiden Strukturen ist eine eher universale Speicherung von Gedächtnisinhalten im entorhinalen Cortex, wohingegen der Hippocampus in detailliertere Gedächtniseinspeicherungen involviert ist.

1.3.3 Psychophysiologische Studien bei Menschen

Das EEG bietet die Möglichkeit einer zeitgetreuen Abbildung informationsverarbeitender Prozesse im Gehirn. Dazu werden ereigniskorrelierte Potentiale, die auf der Synchronisierung von Hirnpotentialen mit kognitiven Prozessen oder mit externen sensorischen Stimuli basieren, als transiente Potentialabweichung vom spontanen Ruhe-EEG aufgezeichnet. Um die messbare elektrische Aktivität beim Ablauf von Gedächtnisprozessen zu prüfen, wurde sowohl während eines Lernprozesses als auch während der Abrufleistung, ein EEG abgeleitet und die beim Lernvorgang registrierten Potentiale, anschließend erinnertes Informationen, gewertet. Die ausgeprägtesten Potentiale zeigten sich beim Wörterlernen in den frontozentralen Elektroden, der Effekt für unbekannte Gesichter war symmetrisch und zentral lokalisiert (Sommer et al., 1997). So deutete sich an, dass die Enkodierung verschiedener Informationsarten auf unterschiedliche neuronale Systeme und kognitive Prozesse zurückgeht.

Ein grundsätzliches Problem bei der die Enkodierung repräsentierenden Messung der elektrischen Potentiale ist die fehlende experimentelle Abgrenzung der Beeinflussung durch den Abrufvorgang. Um den bioelektrischen Effekt beider Vorgänge zu differenzieren wird die Differenz der Aktivität beim Erinnern zuvor erlernter Inhalte und der Aktivität bei der Identifikation unbekannter Inhalte gebildet und diese als Alt/Neu-Effekt bezeichnet. Auf diese Weise konnte die Dominanz linkstemporaler und linksparietaler Cortexareale beim Abruf verbaler Gedächtnisinhalte nachgewiesen werden.

Auch die Aufzeichnung intrahippocampaler Elektroden zeigte während verbalen Gedächtnistests im linken, bei figuralen Aufgaben im rechten Temporallappen, höhere elektrische Aktivität. Darüber hinaus konnten für spezielle verbale Gedächtnisleistungen neuroanatomische Korrelationen gefunden werden. Das Arbeitsgedächtnis, durch den sofortigen Abruf der Lernleistung repräsentiert, konnte dem mittleren temporalen Gyrus zugeordnet werden. Der verzögerte Abruf als Maß für die Langzeitspeicherung wurde mit dem linksanterioren mesialen Temporallappen

in Verbindung gebracht (Elger et al., 1997).

Bei der Frage nach den Funktionen verschiedener Gehirnareale bei der Gedächtnisspeicherung kommen zusätzlich immer häufiger bildgebende Verfahren zum Einsatz, wobei Magnetresonanztomographie (fMRI) und die Positronenemissionstomographie (PET) bedeutsam sind.

Durch eine PET Untersuchung konnte den präfrontalen Hemisphären eine asymmetrische Beteiligung an episodischen und semantischen Gedächtnis-, Enkodierungs- und Abrufprozessen zugeordnet werden. Diese asymmetrische Zuordnung wird als HERA-Modell (hemispheric encoding / retrieval asymmetry) bezeichnet. Außerdem wurde aus der bestehenden Studienlage geschlossen, dass der linke präfrontale Cortex bei der Enkodierung verbalen Materials und beim Abruf sprachgebundener semantischer Inhalte eine stärkere Beteiligung aufweist als der rechte. Die rechten präfrontalen Areale sind hingegen stärker in den Abruf episodischer Inhalte involviert (Tulving et al., 1994). Darüber hinaus konnte durch eine stärkere linksseitige Aktivität im fMRI bei der Enkodierung verbalen Materials und eine stärkere rechtsseitige Aktivierung bei der Enkodierung nonverbaler Inhalte eine materialspezifische Lateralisierung des präfrontalen Cortex und des medialen Temporallappens gezeigt werden (Kelley et al., 1998).

Unabhängig von der angewandten Methode bewirkte die Einspeicherung sowohl verbaler als auch nonverbaler Gedächtnisinhalte eine deutliche Aktivität des mesialen Temporallappens. Widersprüchlich sind die Ergebnisse der MRI und der PET Untersuchungen bezüglich der genauen Aktivitätslokalisation im mesialen Temporallappen bei Enkodierungsvorgängen: Bei MRI Untersuchungen zeigte sich diese Aktivität beim Enkodieren vornehmlich in posterioren Anteilen, wie dem parahippocampalen Gyrus und dem caudalem Hippocampus, die in den PET Studien nur bei Abrufleistungen dominierten. Die hauptsächliche Aktivität bei der Enkodierung lag hingegen in anterioren Temporallappenanteilen, also dem Hippocampus. Trotzdem konnte eine Hippocampusbeteiligung an Gedächtnisprozessen mit beiden Methoden nachgewiesen werden (Schacter und Wagner, 1999).

Einen deutlichen Hinweis auf eine Trennung der semantischen von einer episodischen Gedächtnisspeicherung konnte durch die Aktivität des Hippocampus und vor allem des rechten Cortex beim Abruf persönlicher Erinnerungen, weniger aber beim

Abruf von Faktenwissen mit Hilfe von PET Untersuchungen, erbracht werden (Rosenbaum et al., 2001). Beim Abruf episodischer Gedächtnisinhalte zeigte das PET die gleiche hippocampale und neokortikale Aktivität beim Abruf sowohl alter als auch neuer episodischer Gedächtnisinhalte. Somit fand sich kein Hinweis auf eine zeitliche Limitierung der hippocampalen Funktion (Ryan et al., 2001).

1.3.4 Gedächtnisleistung bei Epilepsiepatienten

Bereits 1861 veröffentlichte Reynolds eine erste Arbeit, in welcher er Gedächtnisdefizite bei Epilepsiepatienten vor allem bei Temporallappenepilepsie postulierte.

Neuropsychologisch ist zu berücksichtigen, dass sich Gedächtnisstörungen bei den Epilepsien als Erkrankungen des ZNS sowohl durch die strukturellen Veränderungen des Gehirns als auch durch dynamische epilepsieassoziierte Funktionsstörungen auszeichnen oder aus der medikamentösen Epilepsiebehandlung ergeben (Helmstaedter, 2006). Bei Temporallappenepilepsiepatienten liegt die allgemeine Intelligenz leicht über derer mit extratemporalen Epilepsien. Mit einem durchschnittlichen IQ von 85-90 liegt die Intelligenz von Patienten mit fokalen Epilepsien im unteren Durchschnitt der Normalbevölkerung (Hermann et al., 1995). Negative Prädiktoren für Gedächtnisdefizite sind eine lange Dauer der therapieresistenten Epilepsieerkrankung (Jokeit und Ebner, 1999), viele schwere Anfälle mit Bewusstseinsstörung, ein hohes Patientenalter und ein abnormes EEG. Allerdings konnten schon bei neu diagnostizierten linkstemporalen Epilepsien ohne medikamentöse Behandlung oder langjährige Erkrankungsdauer Beeinträchtigungen des verbalen Gedächtnisses im Vergleich zu gesunden Probanden beobachtet werden (Äikiä et al., 2001).

Überdies schneiden Temporallappenepilepsiepatienten sowohl in Tests bezüglich der Lernleistung als auch im Abruf episodischer und semantischer Gedächtnisinhalte schlechter ab als gesunde Probanden. Dabei weisen einige Studien auf eine Lateralisierung von Gedächtnisfunktionen oder zumindest eine Spezialisierung der Hemisphären hin. Unter der Voraussetzung einer linkshemisphärischen Sprachdominanz bewirken Schädigungen des linken Temporallappens eine Beeinträchtigung der verbalen Merkfähigkeit und Schädigungen des rechten Temporallappens des visuellen/figuralen Gedächtnisses (Milner, 1958). Vor allem konnte im weiteren Verlauf ein

kognitives Defizit für das Erlernen und den Abruf von verbalen Materialien, bei Schädigung der dominanten Hemisphäre bzw. Linksseitentemporallappenepilepsie, in zahlreichen weiteren Studien belegt werden (Elger et al., 1995; Glosser et al., 1998; Lah et al., 2006). In einer vergleichenden Studie von Temporallappenepilepsiepatienten mit gesunden Probanden schnitten die L-TLE Patienten in verbalen Gedächtnistests signifikant schlechter ab als die Probanden und die R-TLE Patienten. Ebenso konnte eine verminderte Leistung der R-TLE Patienten in visuellen Gedächtnistests gegenüber den Probanden, nicht jedoch den L-TLE Patienten gegenüber festgestellt werden (Giovagnoli und Avabizini, 1999).

1.3.5 Gedächtnisleistungen nach Temporallappenoperationen

Die ersten größeren Studien an Patienten nach Operationen im Bereich des medialen Temporallappens schlossen sich an die 1953 durchgeführte bilaterale mediale Temporallappenresektion des damals 27 jährigen Epilepsiepatienten H.M. an. Nach der symmetrischen Entfernung der Temporallappenpole, der rostralen Anteile der hippocampalen Formation und angrenzenden Strukturen, wie Großteile der Amygdala und des entorhinalen Cortex (Corking et al., 1997), zeigten sich in zahlreichen neuropsychologischen Testungen eine anterograde Amnesie und zusätzlich retrograde Defizite. Die retrograden Defizite bezogen sich auf Ereignisse der vergangenen 19 Monate bzw. in späteren Verlaufsbeobachtungen auf retrograde Defizite für acht bis elf Jahre. Ob diese durch verbesserte Testmethoden oder durch Progression entstanden ist dabei ungeklärt. Arbeitsgedächtnis, prozedurales Gedächtnis und Sprachproduktion waren nicht vermindert, die allgemeine Intelligenz H.M.s verbesserte sich sogar leicht. Aus diesen Ergebnissen schlossen Scoville und Milner, dass der Hippocampus in der Gedächtnisbildung eine entscheidende Rolle spielt und ließen außerdem nicht außer Acht, dass auch angrenzende Strukturen sowie die Amygdala einen Anteil daran haben könnten (Neylan, 2000). In einer Studie mit psychiatrischen Patienten, die ebenfalls bilateralen medialen Temporallappenresektionen zugeführt wurden, konnte eine Korrelation des Ausmaßes der Amnesie mit dem Operationsumfang und die Bedeutung des anterioren und Gyrus hippocampi für das Behalten von kurzzeitig gemachten Erfahrungen, aufgezeigt werden (Neylan, 2000).

Bei einseitigen Hippocampusresektionen können besonders bei Operationen der

dominanten Hemisphäre in bis zu 20-30 % der Fälle mittelgradige Verschlechterungen der Gedächtnisfunktionen auftreten, wenngleich schwere Amnesien und globale Gedächtnisstörungen selten sind (Elger und Schramm, 1993).

Retrogrades Gedächtnis

Da die oben beschriebenen Fallstudien erste Rückschlüsse auf die neuropsychologische und neuroanatomische Trennung unterschiedlicher Gedächtnissysteme zulässt schließen sich im weiteren Verlauf vermehrt Studien an, um zwischen Einschränkungen des retrograden und anterograden sowie des semantischen und episodischen Gedächtnisses nach Läsionen der Hippocampusformation zu unterscheiden. Einige Studien legen nahe, dass nach Schädigungen der Hippocampusformation das Erinnern von nahe zurückliegenden Fakten vermindert ist, also eine retrograde Amnesie für das semantische Gedächtnis besteht (Beatty et al., 1987; Corking, 1984; Kartsounis et al., 1995; Kopelman et al., 1989; Rempel-Clower et al., 1996; Salmon et al., 1988; Schmidtke und Vollmer, 1997; Squire et al., 1989;). Das episodische Gedächtnis weist ebenfalls eine retrograde Amnesie nach Schädigung der Hippocampusformation auf (Kartsounis et al., 1995; Kopelman et al., 1989; MacKinnon und Squire, 1989; Rempel-Clower et al., 1996; Schmidtke und Vollmer, 1997; Victor und Agamanolis, 1990).

In einer Fallstudie zeigte sich bei zwei Patienten mit umschriebenen, auf den Hippocampus begrenzten Läsionen, eine auf die Dekade vor der Schädigung beschränkte retrograde Amnesie sowohl für semantisches als auch für episodisches Wissen. Allerdings konnten, im Vergleich zu einer Kontrollgruppe, keine Unterschiede im autobiographischen Gedächtnis ausfindig gemacht werden. Für zwei Patienten mit ausgeprägteren temporalen Schäden trat eine zeitlich unbegrenzte, stärker ausgeprägte retrograde Amnesie auf, als bei den Patienten mit umschriebenen hippocampalen Läsionen. Die zeitliche Limitierung und der Schweregrad der retrograden Amnesie könnten folglich davon abhängen, ob sich die Schädigung lediglich auf die Hippocampusformation oder zusätzlich auf weitere temporale Strukturen erstreckt (Reed und Squire, 1998).

Die Analyse der Schwere der Amnesie in Bezug auf die Läsionsgröße ergab ebenfalls eine Korrelation der zeitlichen Ausdehnung der retrograden Amnesie mit dem

Läsionsausmaß über den Hippocampus hinaus. Dabei waren semantische Gedächtnisinhalte, unabhängig vom Läsionsausmaß, relativ wenig beeinträchtigt. Bei denen das Ammonshorn und den Gyrus dentatus betreffenden Veränderungen trat eine sich auf lediglich kurz zurück liegende Gedächtnisinhalte auswirkende retrograde Amnesie auf. Das episodische Gedächtnisdefizit beschränkte sich bei Schäden der gesamten Hippocampusformation, einschließlich des Subiculum, auf eine Dekade. Bei zusätzlicher Schädigung parahippocampaler Cortexareale dehnte sich das Gedächtnisdefizit auf 2-3 Dekaden aus (Nadel et al., 2000). In einer weiteren Untersuchung an 25 Patienten mit Temporallappenepilepsie und unilateraler epilepsiechirurgischer Intervention bestätigte sich eine Beeinträchtigung des episodischen Gedächtnisses bis in die frühe Kindheit hinein, im Gegensatz zum unbeeinträchtigten persönlichen semantischen Gedächtnis. Dabei schnitten noch nicht operierte Epilepsiepatienten genauso schlecht ab wie operierte Patienten. Es muss bei diesem Studienergebnis also von bereits vor der Operation bestehenden, durch die chronische Epilepsie verursachten Schädigung ausgegangen werden, weshalb der Effekt der Resektion weniger bedeutsam war als zunächst angenommen (Viskontas et al., 2000).

In Ergänzung dazu gibt es einige Studien, die sich mit der Auswirkung unilateraler temporaler Lobektomie auf das semantische Gedächtnis befassen. Barr et al. (1990) fanden dabei heraus, dass linksseitig operierte Patienten in allen Tests bezüglich des semantischen Gedächtnisses, mit Ausnahme des Tests zu allgemeinem Faktenwissen, signifikant schlechter abschnitten als rechtsseitig Operierte oder Kontrollpersonen. Ein zeitlicher Gradient war hierbei nur bei Teilen des Tests nachweisbar.

Abweichend von dieser Studie fanden Lah et al. (2004) sowohl bei rechts- als auch bei linksseitig operierten Epilepsiepatienten Defizite im Abruf von bedeutenden öffentlichen Ereignissen. Zusätzlich dazu zeigten die linkstemporalen Patienten einen verschlechterten Abruf von Namen berühmter Persönlichkeiten, wobei alle Patienten weniger Namen aus ihrer eigenen Vergangenheit erinnerten als die Kontrollgruppe. Die beschriebenen Defizite wurden von der antikonvulsiven Medikation und der Anfallsfreiheit, nicht jedoch durch Erkrankungsbeginn und -dauer, beeinflusst.

Anterogrades Gedächtnis

In zahlreichen Studien konnte eine anterograde Amnesie nachgewiesen werden, nachdem eine hippocampale bzw. den mesialen Temporallappen betreffende Schädigung vorlag (Gabrieli et al., 1988; Glisky et al., 1986; Hamann und Squire, 1995; Marslen-Wilson und Teuber, 1975; Schacter et al., 1984; Shimamura und Squire, 1987).

Für die postoperativen kognitiven Funktionen ist grundsätzlich eine Operation am möglichst jungen Gehirn mit größerer Plastizität anzustreben. So werden den negativen Auswirkungen chronischer Epilepsie, häufiger Anfälle und langjähriger antikonvulsiver Therapie frühst möglich vorgebeugt und somit kognitiven Einschränkungen entgegengewirkt (Helmstaedter, 2004).

Ferner ließ sich eine postoperative Verschlechterung linksseitig operierter Epilepsiepatienten mit 2/3 Resektion des anterioren Temporallappens in verbalen Lern- und Gedächtnistests, im Gegensatz zu den rechtstemporal operierten Patienten, nachweisen. Dabei nahmen vor allem die Lern- und Wiedererkennensleistung ab, wobei der verzögerte Abruf lediglich minimale Verschlechterungen aufwies (Helmstaedter und Elger, 1996).

Um die zeitliche Komponente von verbalen Gedächtnisdefiziten zu untersuchen wurden Epilepsiepatienten vor SAH drei Monate und ein Jahr nach dem Eingriff getestet. Es stellte sich heraus, dass das verbale Gedächtnisdefizit von linkstemporal operierten Patienten auch ein Jahr postoperativ persistierte, wohingegen sich die Leistungen von rechtstemporal operierten Patienten erholten, so dass deren initialer Abfall als transiente Komplikation des chirurgischen Eingriffs gewertet werden könnte (Gleissner et al., 2004).

Bei linksseitig Operierten kommt es zu einem dynamischen Abfall der verbalen Gedächtnisleistungen, welcher teilweise nach zwei Jahren persistiert (Alpherts et al., 2006), in einer Langzeitstudie jedoch auch nach 13 Jahren noch beständig zunimmt (Rausch et al., 2003).

In einer Analyse über die Funktion des rechten Hippocampus für die postoperative non-verbale Gedächtnisleistung von Epilepsiepatienten in Bezug auf das präoperative Leistungsniveau zeigte sich bei Patienten mit bestehender rechtshippocampaler Schädigung ein bereits präoperatives Leistungsdefizit in visuellen Gedächtnistests. In

den postoperativen Tests zeigte sich keine weitere Verschlechterung für non-verbale Gedächtnisleistungen, sondern in einigen Fällen, vermutlich durch die Entfernung geschädigter Regionen, sogar eine Leistungssteigerung in den angewendeten Tests (Gleissner et al., 1998). Folglich kann davon ausgegangen werden, dass ein rechtsseitig resezierter Hippocampus mehr Vorteile als ein epileptogen veränderter Hippocampus aufweist und dass bei einem solchen epilepsiechirurgischen Eingriff von einem geringen Risiko für zusätzliche kognitive Defizite ausgegangen werden kann.

Zusammenfassend muss gesagt werden, dass trotz immer besser und sparsamer werdenden epilepsiechirurgischen Techniken postoperativ ein retrogrades und anterogrades Gedächtnisdefizit auftritt. Relativierend soll auf die ersten epilepsiechirurgischen Maßnahmen, mit den damit verbundenen kognitiven Defiziten wie im Falle H.M. sowie auf die durch langjährige antikonvulsive Therapien als Alternative zur Operation verursachten Defizite und auf die bereits vor den operativen Maßnahmen bestehende Gedächtniseinschränkungen hingewiesen werden. Die retrograden kognitiven Defizite sind weniger stark ausgeprägt und weisen bei der Suche nach einem zeitlichen Gradienten inkonsistente Ergebnisse auf.

Anterograde Gedächtnisausfälle weisen analog der Vorstellung einer materialspezifischen Lateralisierung nach linksseitigen Resektionen verbale Defizite auf, welche durch die aktuelle Studienlage gut belegt sind. Nach rechtseitigen Exzisionen ergeben sich weniger eindeutig zuordenbare nonverbale Defizite.

Die aktuelle Literatur hat sich bereits umfassend mit den Konsequenzen unilateraler medialer Temporallappenresektionen auf die Gedächtnisleistungen der Patienten befasst. Dabei lag der Fokus auf den anterograden Defiziten mit seinen verbalen und nonverbalen kognitiven Störungen. Wenige Studien widmeten sich bisher der Analyse der möglichen Ursachen für einen postoperativen Leistungsabbau vor allem in verbalen Tests, wie prä- versus postoperative lernstrategische Unterschiede oder lernstrategische Unterschiede zwischen Patienten und gesunden Probanden. Das Aufdecken dieser Ursachen könnte die Möglichkeit für betroffene Patienten eröffnen durch gezieltes Trainieren bestimmter Lernstrategien ihr Defizit in bestimmten Gedächtnismodalitäten zu verbessern.

1.3.6 Gedächtnistheorie und Hippocampus

Wie und in welchem Umfang der Hippocampus an der Aufgabe der Konsolidierung von deklarativem Gedächtnis im Einzelnen beteiligt ist wird vor allem in zwei wichtigen Gedächtnistheorien diskutiert.

Auf dem in verschiedenen Studien bei retrograden Amnesien beobachteten Gradienten baut die klassische Konsolidierungshypothese auf. Diese besagt, dass die Funktion des Hippocampus bei der Langzeitspeicherung deklarativer Gedächtnisinhalte zeitlich limitiert ist. Zu Beginn trägt er durch Verbindungen zu vielfältigen Arealen des Neocortex zur Aktivierung und Festigung von Gedächtnisspuren bei, bevor seine Funktion dann, nach einer ausreichenden Speicherung im Neocortex, der Konsolidierung neuer Informationen zu Verfügung steht (Alvarez und Squire, 1994; Squire et al., 2001; Squire et al., 2004). Dies lässt sich auch mit der Annahme des ribotschen Gesetzes korrelieren, nach dem kürzlich erworbene Informationen am labilsten, ältere Informationen am sichersten abgespeichert sind. Zu kritisieren ist jedoch der Bezug der klassischen Konsolidierungstheorie auf retrograde Gedächtnisdefizite nach Hirnläsionen, wobei das exakte Ausmaß und die Lokalisation nicht immer ausreichend beschrieben sind und bei denen rückblickend die Art und Weise der Speicherung von Gedächtnisinhalten vor der Läsion nicht sicher zu rekonstruieren waren. Diese Kritik unterstützend konnte am Tiermodell ein zeitlicher Gradient der Hippocampusfunktion nur bei partiellen, den ventralen Hippocampusanteil aussparenden, Läsionen gefunden werden, nicht aber bei kompletten Hippocampusschädigungen.

Die Multiple Trace Theorie (MTT) postuliert im Gegensatz dazu permanent ablaufende, den Hippocampus einschließende Erinnerungsprozesse, die nach einer gewissen Zeit auch Gedächtnisspuren im Neocortex bilden. Diese Theorie geht also nicht von einer zeitlich limitierten Funktion des Hippocampus aus und stützt sich damit vor allem auf bildgebende Studien, die eine Hippocampusaktivität sowohl beim Abruf neuer als auch alter Gedächtnisinhalte nachweisen konnten (Ryan et al., 2001). Die MTT unterscheidet darüber hinaus die Rolle des Hippocampus für das episodische und das semantische Gedächtnis. Semantische Informationen haben die Tendenz dank ihrer besseren Stabilisierung im Neocortex durch Ausbildung vielfältiger Gedächtnisspuren eine Hippocampusschädigung nach einer gewissen Zeit zu

überstehen. Bei der Festigung von Gedächtnisspuren ist neben der Speicherzeit die wiederholte Reaktivierung von entscheidender Bedeutung. Folglich ist das Ausmaß eines Defizits nach Hippocampuschaden von diesen beiden Faktoren und vom Läsionsausmaß abhängig. Bei der Speicherung und beim Abruf episodischer Informationen bleibt der Hippocampus hingegen ständig involviert. An Stelle eines temporären Speichers übernimmt der Hippocampus nach Ansicht der MTT die Rolle einer Bindestation zwischen den unterschiedlichsten Gedächtnisinformationen und den entsprechenden neokortikalen Arealen (Nadel et al., 2000; Moscovitch et al., 2005; Rosenbaum et al., 2001). Eine große Schwierigkeit bei der Beurteilung beider Theorien und damit der zeitlichen Limitierung der Hippocampusfunktion bereitet die fehlende Definition des „zeitlichen Gradienten“, dessen Zeitraum in den verschiedenen Studien zwischen einem und 20 Jahren variiert (Sutherland et al., 2006). Neu wird nun ein prozesstheoretisches Modell vorgestellt, in welchem die Rolle des Hippocampus vor allem über die Art der Einspeicherung definiert wird. Der Hippocampus ist im Gegensatz zum Neocortex dazu in der Lage, schnell und assoziativ neue Gedächtnisspuren anzulegen, die einem flexiblen Abruf zur Verfügung stehen. Hierbei ist beim hippocampalen Lernen lediglich ein Trail für die Gedächtnisbildung notwendig. Die Hippocampusfunktion ist dabei unabhängig davon, ob der Lernvorgang bewusst oder unbewusst abläuft (Henke, 2010). Auf Grund dieser Theorie lässt sich nun für die Bildung, von episodischem Gedächtnis ein assoziativer Lernvorgang mit der Möglichkeit eines flexiblen Abrufs herleiten.

1.3.7 Positionseffekte

Eines der in der Literatur meist genannten gedächtnispsychologischen Phänomene ist der primacy-/recency Effekt. Der primacy Effekt besagt, dass früher eingehende Informationen besser erinnert werden, da sie bei der Konsolidierung nicht durch die negativen Auswirkungen von Interferenzen beeinflusst werden. Recency Effekt bedeutet, dass später genannte Items in einem freien Abruf eher erinnert werden. Wenn jedoch eine Distractionsaufgabe zwischen Lern- und Abrufphase eingefügt wird verschwindet der recency Effekt, weshalb zunächst von einem das Kurzzeitgedächtnis betreffenden Phänomen ausgegangen wurde, in welchem zu Beginn des freien Abrufs zunächst das Arbeitsgedächtnis entleert wird. Da der primacy Effekt von der

Distraktionsaufgabe unbeeinflusst bleibt wird dieser dem Langzeitgedächtnis zugeordnet. Recency und primacy Effekt bleiben beide, unabhängig von der Länge der zu lernenden Liste, bestehen. (Atkinson und Shiffrin, 1968; Postman und Phillips, 1965). Eine der wichtigsten Herausforderungen kam aus der Beobachtung des so genannten long-term recency Effekts. Dieser wird angenommen, da der recency Effekt, obwohl er durch eine End-of-List-Distraktor-Aufgabe eliminiert wird, wieder auftritt, wenn die Teilnehmer Distraktor Aufgaben zwischen jedem der Listenelemente und am Ende der Liste durchführen (Baddeley und Hitch, 1977; Bjork und Whitten, 1974; Glenberg et al., 1980; Glenberg et al., 1983; Nairne et al., 1997; Neath und Crowder, 1990; Neath, 1993; Thapar und Greene, 1993; Tzeng, 1973). Daraus entstand die Schlussfolgerung, dass das Arbeitsgedächtnis keine Erklärung für Positionseffekte bzw. den recency Effekt im freien Abruf darstellt (Baddeley und Hitch, 1977). Damit stellen sich die Grundlagen des recency Effekts in der Literatur uneinheitlich dar.

Über den recency-/primacy Effekt hinausgehende Studien haben gezeigt, dass das Einhalten einer eigenen oder vorgegebenen Organisationsstruktur die Lernleistung verbessert. Innerhalb eines Vergleichs zwischen der Lern- und Organisationsleistung einer Gruppe von jungen und einer Gruppe von älteren Erwachsenen ergab sich erwartungsgemäß eine Abnahme der Lern- und Organisationsleistung in der Gruppe der älteren Erwachsenen. Ferner zeigte sich jedoch auch eine Korrelation der Organisationsleistung aus den verschiedenen Gruppen mit den erbrachten Leistungsniveaus (Kahana und Wingfield, 2000). Dies könnte bedeuten, dass die Bildung von Organisationsstrukturen eher eine Notwendigkeit als eine Konsequenz des Lernens darstellt (Tulving, 1968).

Bei der Bildung von Organisationsstrukturen im freien Abruf episodischer Gedächtnisinhalte spielen sowohl zeitliche als auch semantische Aspekte eine große Rolle. Bei einer vom Probanden individuell gewählten Reihenfolge der Items beim freien Abruf ist außerdem die zeitliche und semantische Verbundenheit zum zuvor genannten Item entscheidend. Die beim Abruf eines individuellen Items auftretenden Assoziationen sind teilweise überlappend zu den Assoziationen, die der Proband zu dem jeweils in der Lernliste benachbart vorkommendem Item gebildet hat, so dass dieses vermehrt als nächstes erinnert wird (Kahana et al., 2008).

Bei der Suche nach den Ursachen für Unterschiede im präoperativen zum postopera-

tiven verbalen Gedächtnis von Patienten mit links- versus rechts- anteriorer temporaler Lobektomie wurde der California Verbal Learning Test (CVLT) eingesetzt. Rechtstemporal operierte Patienten schnitten bezüglich ihrer Lern-, Behaltens- und Abrufleistung besser ab als die links temporal operierten und waren in ihren Lern- und Behaltensleistungen sogar besser als in der präoperativen Testung. Interessanterweise zeigte sich, dass der Leistungsunterschied der links und der rechts temporal operierten Patienten vermutlich in den verschiedenen effizienten Lernstrategien der Patientengruppen lag. Rechtstemporal operierte Patienten hatten vor allem die Fähigkeit, semantische Cluster zu bilden und das Erlernte nach Verzögerung sicherer wiederzugeben. Nach linksseitiger Operation zeigten sich hingegen vermehrt serielle Cluster, ein ausgeprägter recency Effect, verminderte Wortanzahl aus dem mittleren Lernlistenbereich und übermäßige Intrusionen (Hermann et al., 1992). Diese Ergebnisse legen nahe, dass das kontextfreie serielle Clustern ein instabileres Behalten verursacht als das Bilden eines sinnvollen semantischen Kontextes der rechtstemporal operierten Patienten.

So deutet sich bereits an, dass verbale Gedächtnisdefizite von linkstemporalen bzw. linkstemporal operierten Epilepsiepatienten möglicherweise auf die fehlende Fähigkeit assoziativer kognitiver Leistungen und damit auf fehlende effiziente Lernstrategien zurückgehen.

2. Fragestellungen

Die Studie möchte zunächst den bekannten Befund reduzierter verbaler und figuraler Gedächtnisleistungen bei TLE-Patienten im Vergleich zu gesunden Kontrollprobanden replizieren. Ebenfalls repliziert werden soll der bekannte Befund, dass verbale Gedächtnisleistungen durch eine linkstemporale Schädigung stärker beeinträchtigt werden als durch eine rechtstemporale Schädigung (Effekt der Materialspezifität). Geprüft werden soll, ob ein analoger, jedoch umgekehrter Effekt für die figuralen Lern- und Gedächtnisleistungen vorliegt (stärkere Beeinträchtigung bei rechtstemporalen Läsionen). Die genannten Effekte sollen für die präoperativen- und postoperativen Lern- und Gedächtnisleistungen sowie für OP-bedingte Leistungsveränderungen geprüft werden. Um eine hohe Sicherheit bei der Lokalisation der epileptogenen Läsion zu gewährleisten werden nur postoperativ anfallsfreie Patienten eingeschlossen.

Die eigentliche Zielsetzung der Studie besteht in einer strategiebezogenen Aufklärung der Leistungsunterschiede auf Prozessebene (Mikroebene). Geprüft werden soll die Hypothese, dass gesunde Probanden sich vorhandene Informationen effektiver zu Nutze machen oder bestimmte effektivere Strategien häufiger anwenden als Patienten. Wenn Unterschiede auf Prozessebene gefunden werden, soll geprüft werden, inwieweit diese Unterschiede die Gruppenunterschiede auf Leistungsebene erklären können. Folgende mögliche Strategien bzw. Prozessvariablen sollen analysiert und hinsichtlich ihrer Effektivität evaluiert werden:

- Klassische Positioneffekte: Es sollen primacy-/recency-Effekte und ihr Einfluss auf die langfristige Lern-/Gedächtnisleistung untersucht werden.
- Externe Wiedergabekohärenz: Es soll geprüft werden, inwieweit sich der freie Abruf verbaler oder figuraler Items an der vorgegebenen Reihenfolge der Items in der Lernliste orientiert (obwohl das Einhalten der Reihenfolge ausdrücklich nicht verlangt ist). Insbesondere soll implizites assoziatives Lernen im Sinne einer Wiedergabe von aufeinanderfolgenden Paaren oder Ketten von Items der Lernliste geprüft werden.
- Interne Wiedergabekohärenz: Es soll geprüft werden, inwieweit sich der freie Abruf verbaler oder figuraler Items an der selbst gewählten Reihenfolge im voran-

gegangen Abrufdurchgang orientiert.

- Strategie: Es sollen Strategien am Beginn eines Abrufdurchgangs identifiziert und im Hinblick auf die erzielten Leistungen evaluiert werden, z.B. Abruf beginnt wie im vorangegangenen Abrufdurchgang, Abruf beginnt mit der Wiedergabe der zuletzt präsentierten Items, Abruf beginnt mit der Wiedergabe der zuerst präsentierten Items, Abruf beginnt mit neu hinzugelerten Items u.ä.

Die zu prüfende Hypothese dieser Studie ist, dass sich die Leistungsunterschiede zwischen Patienten mit TLE (insbesondere Unterschiede in den verbalen Lern-/Gedächtnisleistungen bei L-TLE) auf Prozessebene aufklären lassen. Es wird vermutet, dass gesunde Probanden implizit die Reihenfolge der dargebotenen Items erlernen (obwohl dies von der Aufgabe nicht verlangt ist) und sie sich diese Information für den Abruf im Sinne eines assoziativen Lernens zunutze machen. Die Patienten nutzen diese Strategie nicht, entweder weil sie sie nicht erkennen oder weil sie ihnen nicht zur Verfügung steht. Die Effekte einer Läsion des Temporallappens auf die Gedächtnisleistungen beständen in diesem Falle im Wesentlichen darin, dass die Funktion einer impliziten automatischen assoziativen Bindung des dargebotenen Materials in der Reihenfolge der Darbietung nicht mehr für die Gedächtnisleistung zur Verfügung steht. Dieser Pathomechanismus wäre gut mit den episodischen Gedächtnisproblemen der Patienten im Alltag vereinbar, die durch Listenlernstests widergespiegelt werden.

3. Methoden

3.1 Studiendesign

Bei der vorliegenden Arbeit handelt es sich um eine quasi-experimentelle, retrospektive, kontrollierte, klinisch-neuropsychologische Studie zu episodischen Gedächtnisleistungen bei Epilepsiepatienten vor und nach epilepsiechirurgischem Eingriff.

3.2 Rekrutierung der Probanden

Aus der Testdatenbank des Bereichs Neuropsychologie der Klinik für Epileptologie der Universität Bonn wurden im März 2007 Patienten nach folgenden Einschlusskriterien ausgewählt:

- Testalter (präoperativ): >17 Jahre
- epilepsiechirurgischer Eingriff am Temporallappen
- Vorliegen neuropsychologischer Testungen prä- und postoperativ
- postoperativ sicher anfallsfrei (beim letzten erfolgten Kontakt).

Die Gesamtzahl erwachsener Patienten mit TL-OP und neuropsychologischer Testung lag im März 2007 bei N=694. Davon waren bis zum letzten erfolgten postoperativen Kontakt N=331 (47,7 %) Patienten sicher anfallsfrei.

Gedächtnistests werden im Verlauf mit verschiedenen Parallelversionen durchgeführt. Die Analyse der Protokolle der Gedächtnistests auf Itemebene verlangt, dass identische Testversionen zu den verschiedenen Testzeitpunkten im Verlauf durchgeführt wurden. Bei N=234 anfallsfreien Patienten wurde der VLMT in der Version A als präoperativer Test durchgeführt. Die Anfallsfreiheit galt als wichtige Voraussetzung für den Einschluss in die Studie, da sich in diesen Fällen die epileptogene Pathologie mit hoher Sicherheit auf das resizierte Areal beschränkt. Die Protokolle der prä- und postoperativen Gedächtnistests dieser Patienten wurden nach folgenden Kriterien analysiert:

- Verwertbarkeit der Protokolle auf Item-Ebene: VLMT in Deutsch, Lesbarkeit, u.ä.

- VLMT-Stichprobe: präoperativ Version A, postoperativ Version C (3- oder 12 Monats-Follow-up)
- DCS-Stichprobe: praeoperativ Version I, postoperativ Version III (3- oder 12 Monats-Follow-up).

Eine Einschränkung der Suche auf nur einen postoperativen Termin hätte die Zahl der verwertbaren Protokolle zu stark reduziert. Die genannten Testversionen wurden ausgewählt, weil für diese Versionen Vergleichsdaten einer großen Stichprobe gesunder Kontrollprobanden zur Verfügung standen (siehe unten). Es ergab sich folgende finale Verteilung der Patientenstichproben: Patienten insgesamt: N=158; VLMT-Stichprobe: N=136; DCS-Stichprobe: N=131; bei 109 Patienten lagen prä- und postoperative Daten für beide Tests vor. Die klinischen Daten und in Einzelfällen die Ergebnisse der präoperativen Intelligenztestung (MWT-B) dieser Probanden wurden, falls erforderlich, aus den Patientenakten recherchiert und im Datensatz ergänzt.

Kontrolldaten gesunder Probanden wurden aus einer unveröffentlichten, in Bonn durchgeführten Ko-Normierungsstudie, gewonnen. 81/221 der seinerzeit getesteten erwachsenen Probanden (anamnestisch keine neurologischen oder psychiatrischen Erkrankungen) wurden ca. zwei Monate nach der Ersttestung zu einer Wiederholungstestung eingeladen (Zweitest); die Daten der Wiederholungstestung dienten zur Berechnung von Retest-Reliabilitäten und kritischen Differenzen („Retest-Stichprobe“). Die Tests wurden immer in der Reihenfolge VLMT-A/DCS I (Ersttest) und VLMT-C/DCS III (Zweitest) durchgeführt. Nach Prüfung der Protokolle (Lesbarkeit u.ä.) ergab sich die finale Verteilung der Kontrollgruppen wie folgt: gesunde Probanden insgesamt: N=80; VLMT-Stichprobe N=78; DCS-Stichprobe N=80.

3.3 Messverfahren und Maße

3.3.1 Intelligenzmaße

Als Maß für das Bildungsniveau der Probanden bzw. der Patienten wird neben dem erreichten Schulabschluss der MWTIQ (Mehrfach-Wortschatz-Intelligenztest) zu Rate gezogen. Dabei haben die Probanden / Patienten die Aufgabe aus einer Reihe von jeweils fünf Wörtern das wirklich existierende Wort herauszufinden und zu markieren.

Das daraus gewonnene Maß gibt das allgemeine Intelligenzniveau, v.a. der kristallinen und verbalen Intelligenz der Testpersonen wieder. Dieser Test hat allerdings die Tendenz, das Intelligenzniveau der einzelnen Testpersonen zu überschätzen (Satzger et al., 2002), was bei dem Vergleich mehrerer Gruppen jedoch eine eher untergeordnete Rolle spielt.

3.3.2 Verbales Gedächtnis / VLMT

Das verbale Lernen ist in sieben Durchgänge, mit einem nach dem fünften Durchgang eingefügten Distraktionslerndurchgang in Form einer Störliste, einem Behaltenstest in Dg6 und 7, sowie einem Gedächtnistest mit freiem Abruf und Ja-/Nein-Rekognition gegliedert. Das den Probanden/Patienten dargebotene Lernmaterial besteht aus 15 Items, bei der präoperativen bzw. Ersttestung der Lernliste des VLMTA, bei der postoperativen bzw. Retestung der Lernliste des VLMTB entsprechend. Die Items sind ausschließlich artifizielle, leicht imaginierbare Dinge (z.B. Trommel), sowie natürliche Dinge (z.B. Fluss). Zu Beginn der Lerndurchgänge erhält der Proband die Instruktion, sich die folgende Wortliste, ohne Berücksichtigung der Reihenfolge einzuprägen (inzidentielles Reihenfolgelernen). Die Lernliste wird in Dg1-5 vom Testleiter innerhalb von 30 Sek. mit einer Geschwindigkeit von 2 Sek. pro Wort vorgelesen. Nach jedem Durchgang erfolgt ein freier Abruf durch den Probanden. Nach Dg5 folgt der Distraktionslerndurchgang, der die Präsentation von weiteren 15 Wörtern mit anschließendem freiem Abruf beinhaltet. In Dg6 wird ein freier Abruf der Lernliste ohne vorherige Präsentation durch den Testleiter gefordert (Behaltensleistung). Nach 30-minütiger Verzögerung, welche mit nonverbalen Tests gefüllt wird, wird erneut die freie Abrufleistung der Lernliste überprüft. Zuletzt wird die Wiedererkennungseistung der 15 Wörter der Lernliste aus einer Auswahl aus 50 Wörtern, die neben den Wörtern der Distraktionsliste, 20 weitere semantisch bzw. phonematisch ähnliche Distraktoren enthält, mit Hilfe von Ja-/Nein- Auswahl getestet. Die gegenüber der Lernphase veränderte Reihenfolge der in der Lernliste vorkommenden Wörter beim Wiedererkennenstest kommt der Absicht zu Gute, durch die Trennung von bekannten Wortpaaren, Änderung der zuerst bzw. zuletzt genannten Wörter, ein Auflösen vorher verwendeter Lernstrategien zu erreichen. Die freie Abrufleistung wird in jedem Dg durch den Testleiter in der vom Probanden gewählten Reihenfolge

protokolliert. Folgende zusätzliche Variablen sind aus den Protokollen ersichtlich: Anzahl korrekter Nennungen (R), Perseverationen (P) (Wiederholung korrekter Nennungen im selben Durchgang), Falschnennungen (F), und Intrusionen (I) (Nennung eines Wortes aus der Distraktionsliste).

Beim Ja-/Nein-Wiedererkennen werden die Häufigkeiten folgender Antworttypen erhoben: Korrekt bejahte Items (Hits), korrekt zurückgewiesene Distraktoren, fälschlich bejahte Distraktoren (False Alarms) und fälschlich zurückgewiesene Items.

Die vorliegenden Protokolle werden mit Hilfe des Protokollprogramms für VLMT und DCS (Hoppe, 2008) digital erfasst, sodass sie für weitere Analysen zu Verfügung stehen.

Das beschriebene Prozedere zur Testung der verbalen deklarativen episodischen Gedächtnisleistung stellt den Verlauf des prinzipiell gängigen Lern- und Gedächtnistest, verbaler Lern- und Merkfähigkeitstest (VLMT) (Helmstaedter et al., 2001), der deutschsprachigen Version des Auditory Verbal Learning Test (Rey, 1964), dar.

The screenshot shows the VLMT software interface. The main window is titled "VLMT erfassen". At the top, there are buttons for "Neuer Test >>", "VLMT-A", "VLMT-C", and "Codes >>". Below these, a "TestID" field contains the number "123". To the left, there is a list of words: "032", "033", "e", "12", "##", "##". A "Run" button is positioned next to this list. Below the word list, there are several buttons: "n.Dg.", "<<", and "Intrusion". The main area of the software is a grid with columns labeled "Durchgang 1" through "Durchgang 7" and "Wiedererkennen". A red box highlights the "Störfeld X" column. Below the grid, there is a table of counts for "Richtige", "Falsche", and "Perseveration" for each word across the trials. A "Gesamt N" row shows the total number of items in each trial. The "Störfeld X" column has a total of 14 items.

Word	Durchgang 1	Durchgang 2	Durchgang 3	Durchgang 4	Durchgang 5	Störfeld X	Durchgang 6	Durchgang 7	Wiedererkennen
Trommel									
Vorhang									
Mond									
Hut									
Bauer									
Nase									
Truthahn									
Farbe									
Haus									
Fluss									
FALSCH 031									
FALSCH 032									
FALSCH 033									
FALSCH 034									
Tisch									
Förster									
Vogel									
Schuh									
Ofen									
Berg									
Handtuch									
Brille									
Wolke									
Boot									
Lamm									
Gewehr									
Bleistift									
Kirsche									
Arm									
Richtige	4	7	6	7	8	5	6	5	7
Falsche	0	0	0	0	0	0	1	0	2
Perseveration	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Gesamt N	4	8	10	14	14	(14)	15	15	15

Abb. 4: Screenshot vom Portokollprogramm für VLMT; Hoppe (2008)

3.3.3 Figurales Gedächtnis / DCS

Bei der Testung der figuralen Gedächtnisleistung werden dem Probanden neun symmetrisch-geometrische Zeichen, die dem DCSI und DCSIII entsprechen, in fünf Durchgängen optisch präsentiert, dabei beträgt die Präsentationsdauer pro Durch-

gang 27 Sek. mit einer Frequenz von 3 Sek. pro Figur. Nach den jeweiligen Durchgängen erfolgt mit Hilfe von fünf Holzstäbchen ein freier Abruf der Lernleistung, wobei der Proband vor der Testung darauf hingewiesen wird, dass die vorgegebene Reihenfolge der Figuren bei der Wiedergabe nicht eingehalten werden muss. Das figurale Lernen umfasst fünf Lerndurchgänge. Hierbei wird kein verzögerter Abruf protokolliert, da sich in früheren Testungen zeigte, dass einmal Gelerntes im figuralen Testteil, auch nach 30-minütiger Verzögerung nicht verloren geht und deshalb aus diesem Durchgang keine neuen Erkenntnisse gewonnen werden können. Dieses Vorgehen entspricht dem Listenlernen mit dem DCS nach Weidlich und Lamberti (1998). Der Testleiter protokolliert die gelegten Figuren zeichnerisch. Hierbei werden Mehrfachnennungen innerhalb eines Durchgangs ebenfalls als „Perseveration“, nicht gezeigte Figuren als „Falsche“ und richtige, aber gedrehte Figuren als „Drehung“ festgehalten. Dies wurde ebenfalls mit Hilfe des Protokollprogramms für VLMT und DCS (Hoppe, 2008) übernommen, wobei das Protokoll um den Punkt „Ähnliche“ erweitert wurde, um damit erkennbare aber falsche Figuren zu bezeichnen. Diese wurden in der Analyse der Lernstrategien wie richtig gelegte Figuren behandelt.

3.3.4 Parameter und Variablen

Konventionelle Leistungsmaße

Die digitale Erfassung der Testprotokolle ermöglicht die Berechnung weiterer Parameter:

- Gesamtleistung, als Summe der in einem Dg richtig genannten Items
- Wiedererkennungslleistung, als Differenz von „Hits“ und „false alarms“, um den Effekt des Ratens zu minimieren
- Vergessens / Behaltensleistung, als Verlust der Anzahl der abgerufenen Items vom letzten Lerndurchgang zum nach 30 Minuten folgenden Abruf im Dg7. Dieser Parameter entfällt beim DCS.

Die konventionellen Leistungsmaße (siehe Tab.1) geben die erbrachte Gesamtleistung der Probanden an, ohne dabei die Reihenfolge oder die Abrufhäufigkeit einzelner Items zu berücksichtigen.

Maße	Abkürzungen	Definition	Maximum VLMT	Maximum DCS
Gesamtleistung	Ges	Summe der richtig genannten Items	15	9
Wiedererkennensleistung	We	Differenz von Hits und false alarms	15	9
Vergessens-/Behaltensleistung	Be	Verlust von Dg5 zu Dg7 (Im DCS nicht vorkommend)	15	

Tab. 1: Parameter der konventionellen Leistungsmaße, welche durch die digitale Erfassung der Testprotokolle errechnet wurden.

Positionsmaße

Die digitale Erfassung der Testprotokolle ermöglicht die Erzeugung weiterer Variablen (siehe Tab.2):

- Die in vorangegangenen Arbeiten zu Gedächtnisleistungen häufig untersuchten recency- und primacy Effekte. Diese populären Maße sind abhängig von der in einem Durchgang erbrachten Gesamtleistung, da die Wahrscheinlichkeit zuletzt bzw. zuerst genannte Wörter zu wiederholen mit der Anzahl der in einem Durchgang erinnerten Wörter/Muster, steigt.
- Aus diesem Grund werden die Maße *primacy-* und *recency-Rate* eingeführt, wobei Rate die Relativierung der Positionsmaße an der bis dahin erbrachten Leistung bedeutet. In Dg6 und Dg7 des VLMTs wurde davon ausgegangen, dass es den Patienten möglich war, drei recency und drei primacy Wörter zu nennen. Falls ein Patient insgesamt weniger als drei Wörter nennen konnte wurden die Raten auf sein individuelles Maximum bezogen. Im DCS konnten maximal zwei recency und zwei primacy Figuren gelegt werden. Falls weniger als zwei Figuren gelegt wurden, galt das Vorgehen wie für den VLMT beschrieben.

Trotz der Berechnung einer Rate bleiben diese Maße leistungsabhängig. Wenn ein Proband beispielsweise alle Items repliziert, erreicht er auch immer eine maximale *primacy-* und *recency-Rate*. Mit steigender Gesamtleistung nimmt folglich die Wahrscheinlichkeit einer hohen *primacy-* und *recency-Rate* zu.

Maße	Abkürzungen	Definition	Maximum VLMT	Maximum DCS
recency	Rec	Anzahl korrekter Abrufe der letzten drei Lernwörter / zwei Lernfiguren	3	2
Primacy	Prim	Anzahl korrekter Abrufe der ersten drei Lernwörter / zwei Lernfiguren	3	2
Recency-Rate	Rec-rate	Rec, die Patient genannt hat / theoretisch maximale Anzahl die er nennen konnte		
Primacy-Rate	Prim-Rate	Prim, die Patient genannt hat / theoretisch maximale Anzahl die er nennen konnte.		

Tab. 2: Parameter der Positionsmaße, welche durch die digitale Erfassung der Testprotokolle konfiguriert wurden.

Prozessvariable: externe Konsistenz

Zur Untersuchung der Reihenfolgeeffekte auf die Gesamtleistung der Probanden bzw. Patienten werden die Begriffe der externen und internen Konsistenz eingeführt. Dabei bezeichnet die externe Konsistenz die Reihenfolge, welche durch die Lernliste vorgegeben ist.

Folgende Maße für die externe Konsistenz werden erhoben (siehe Tab.3):

- Anzahl der maximal in der Reihenfolge der Darbietung wiederholten Wort- / Figurenkette.
- *Zweierpaare*, die in Bezug auf die Gesamtanzahl möglicher Zweierpaare bei der gegebenen Anzahl der genannten Wörter / Figuren im jeweiligen Durchgang gewertet werden und damit unabhängig von der Gesamtleistung des Probanden/Patienten sind.
- *Dreierpaare*, die in Bezug auf die Gesamtanzahl möglicher Dreierpaare bei der gegebenen Anzahl der genannten Wörter / Figuren im jeweiligen Durchgang gewertet werden.

Da es sich bei den generierten Daten, um an der Gesamtleistung relative Werte handelt, liegen die Maximalwerte zwischen Null und Eins. Bei diesen Variablen besteht die bei der *primacy-* und *recency-* Rate beschriebene Abhängigkeit von der

Gesamtleistung nicht mehr. Selbst wenn alle Items richtig repliziert werden kann die Reihenfolge vollständig von der vorgegebenen oder im vorangegangenen Durchgang gewählten Reihenfolge abweichen.

Maße	Abkürzungen	Definitionen
Maximale Kettenlänge	Max	Maximal in der Reihenfolge der Lernliste wiedergegebene Wörterkette / Figurenkette
Zweierpaare	Zwei	Wort- / Figurenpaare, die in der Reihenfolge der Lernliste wiedergegeben werden, bezogen auf die Gesamtzahl möglicher Zweierpaare bei der gegebenen Anzahl der genannten Wörter / Figuren im jeweiligen Dg.
Dreierpaare	Drei	Dreiergruppen von Wörtern / Figuren, die in der Reihenfolge der Lernliste wiedergegeben werden, bezogen auf die Gesamtzahl möglicher Dreierpaare bei der gegebenen Anzahl der genannten Wörter / Figuren im jeweiligen Dg.

Tab. 3: Parameter der externen Konsistenz, welche durch die digitale Erfassung der Testprotokolle konfiguriert wurden.

Prozessvariable: interne Konsistenz

Die interne Konsistenz bezeichnet die von den Probanden und Patienten individuell gewählte Reihenfolge und die Tendenz, diese in den folgenden Durchgängen beizubehalten.

Folgende Maße für die interne Konsistenz werden erhoben (siehe Tab.4):

- *Vorhersagbare* Wörter / Figuren, die in derselben Reihenfolge wie im vorherigen Durchgang wiederholt werden, werden auf die Anzahl der überhaupt genannten Wörter / Figuren bezogen. Dieses Maß ist damit leistungsunabhängig, da es positionsbezogen und nicht abhängig von der in einem Durchgang erbrachten Gesamtleistung ist.
- *Übernommene* ist ein im mittleren Leistungsbereich leistungsunabhängiges Maß, da man auch andere Wörter / Figuren nennen könnte als die zuvor reproduzierten.
- *Gesamt-Rate* bezeichnet die Anzahl von richtigen unterschiedlichen Items, die jemals, unabhängig davon in welchem Dg, als richtige Items genannt wurden.

Maße	Abkürzung	Definition
Vorhersagbar	Vorhers	Wörter / Figuren, die in der selben Reihenfolge wie im vorherigen Dg abgerufen werden, bezogen auf die Gesamtzahl, der in diesem Dg genannten Wörter / Figuren
Übernommene	Uebern	Aus dem vorherigen Dg übernommenen Wörter / Figuren
Gesamt-Rate	Ges-Rate	Anzahl der jemals richtig genannten Items

Tab. 4: Parameter der internen Konsistenz, welche durch die digitale Erfassung der Testprotokolle konfiguriert wurden.

Es werden Strategiemaße (siehe Tab.5) für die erbrachte Abrufleistung konfiguriert, um damit die Tendenz zu erfassen, inwiefern eine bei den Probanden/Patienten angewendete Lernstrategie zu erkennen ist und zu einer möglicherweise besseren Gesamtleistung führt. Folgende Strategiemaße werden erfasst:

- *Strategie neu*: neu gelernte Wörter / Figuren werden zuerst abgerufen.
- *Strategie wie zuvor*: schon bekannte Wörter / Figuren werden abgerufen.
- *Strategie recency*: zuletzt genannte Wörter / Figuren werden zuerst abgerufen.
- *Strategie primacy*: zuerst genannte Wörter / Figuren werden zuerst abgerufen.

Maße	Abkürzungen	Definitionen
Strategie Neu	Stratneu	Anzahl der neu gelernten Wörter / Figuren, die an den ersten drei bzw. zwei Positionen abgerufen werden.
Strategie wie zuvor	Stratwiezuvor	Anteil der bereits in vorangegangenen Dg genannten Wörter / Figuren, die an den ersten drei bzw. zwei Positionen abgerufen werden.
Strategie Recency	Stratrecency	Anteil der drei bzw. zwei zuletzt in der Lernliste stehenden Wörter / Figuren, die an den ersten drei bzw. zwei Positionen abgerufen werden.
Strategie primacy	Stratprimacy	Anteil der drei bzw. zwei zuerst in der Lernliste stehenden Wörter / Figuren, die an den ersten drei bzw. zwei Positionen abgerufen werden.

Tab. 5: Parameter der Strategiemaße, welche durch die digitale Erfassung der Testprotokolle konfiguriert wurden.

3.4 Statistische Analyse

Die verwendeten statistischen Tests waren folgende:

- Die Faktorenanalyse wurde explorativ eingesetzt, um den inneren Zusammenhang der erhobenen Vielzahl von Variablen zu ermitteln und eine mögliche Reduktion der Informationen auf eine geringere Anzahl von Faktoren zu ermöglichen. Dabei wurden nur die Leistungsparameter berücksichtigt.
- Der Chi²-Test wurde zur non-parametrischen Testung von Häufigkeitsunterschieden von kategorisierten Variablen zwischen den Gruppen in den Basisdaten (z.B. soziodemographische Daten, klinische Merkmalen) sowie bei der Ermittlung der Abrufhäufigkeiten auf Itemebene verwendet.
- Gruppen- und Lernzeitpunkteffekte auf die Gedächtnisleistungen und Prozessvariablen wurden mittels messwiederholter MANOVA/MANCOVA geprüft. Die Modelle werden im Ergebnisteil spezifiziert. Berichtet werden Wilks-Lambda und die F-Statistik. Multivariate Effekte werden post-hoc durch univariate ANOVA analysiert. Effekte des Gruppenfaktors werden mit dem Scheffé-Test auf paarweise Gruppenunterschiede geprüft.
- Der Einfluss verschiedener Variablen auf die Gedächtnisleistungen wird mit Hilfe der linearen Regressionsanalyse (Methode: schrittweise) geprüft und verglichen.

Das Signifikanzniveau wurde bei $\alpha=0,05$ festgelegt. Die statistischen Analysen wurden mit dem Statistikprogramm SPSS 15.0 (SPSS Inc.) ausgeführt.

4. Ergebnisse

4.1 Patienten und Probanden

Die soziodemographischen Daten der Patienten (getrennt für links- und rechtstemporale Eingriffe) und Probanden finden sich in Tab.6. Ein signifikanter Gruppenunterschied fand sich sowohl in der Geschlechter- als auch in der Altersverteilung zwischen der Probandengruppe und dem Patientenkollektiv. Bei den Probanden lag zum Einen der Anteil von Frauen signifikant über dem im Patientenkollektiv und zum Anderen waren die getesteten Probanden signifikant älter als die Patienten (s. Tab.6).

	Probanden (N=80)	Patienten		p
		R-TLE (N=85)	L-TLE (N=73)	
Geschlecht (m/w) ^a	20 (25 %) / 60 (75 %)	86 (54,4 %) / 72 (46,6 %)		<0,001
Testalter (in Jahren) ^b	49,4 (+/- 11,9)	34,2 (+/- 9,8)		<0,001
Intelligenz (MWTIQ) ^b	126,5 (+/- 12,1)	101 (+/- 11,6)		<0,001
		n = 139		
		104 (+/- 4,6) n = 76	97 (+/- 4,6) n = 63	<0,001

Tab. 6: soziodemographische Faktoren: ^a χ^2 -Test, ^b ANOVA.
m männlich, w weiblich; R-TLE rechtsseitige Temporallappenepilepsie, L-TLE linksseitige Temporallappenepilepsie.

Zur Beurteilung des Bildungsniveaus beider Gruppen werden zwei Werte zu Rate gezogen: Der MWTIQ und die Schulbildung mit dem höchsten erreichten Abschluss. Es lässt sich erkennen, dass signifikant mehr Probanden als Patienten einen höheren Bildungsabschluss (Abitur + Studium) erreichen konnten, so dass sich folgern lässt, dass die untersuchten Probanden durchschnittlich ein höheres Bildungsniveau erreichten als das Patientenkollektiv.

Die Werte des MWTIQs liegen in der Kontrollgruppe im Durchschnitt signifikant über den Werten der Patienten. Das Bildungs- und das Intelligenzniveau der Probanden

werden folglich höher eingeschätzt als das der Patienten. Das Bildungs- und Intelligenzniveau werden deshalb bei den folgenden Analysen, genau wie das Alter, als Kovariate einbezogen. Zusätzlich muss berücksichtigt werden, dass auch das Intelligenzniveau der R-TLE signifikant über dem der L-TLE liegt.

Die durchgeführten Operationsarten werden in Tab.7 aufgeführt. Bei den an dem untersuchten Patientenkollektiv vorgenommenen epilepsiechirurgischen Eingriffen, überwiegt die SAH anteilmäßig deutlich gegenüber den anderen epilepsiechirurgischen Maßnahmen. Die Häufigkeiten der Durchgeführten SAH und anderen Operationsarten unterscheiden sich zwischen den Patientengruppen signifikant.

Operationsart	R-TLE (N=85)	L-TLE (N=73)	p^a
SAH	60 (70,6 %)	40 (54,8 %)	*
Andere Oparationsarten (Teilresektion, Läsionektomie, +AH, +MSP, Lobektomie, +AH, +MSP, andere Resektion)	25 (29,4 %)	33 (38,8 %)	*

Tab. 7: Operationsarten: ^a χ^2 -Test.

SAH selektive Amygdalahippocampektomie; AH Amygdalahippocampektomie; MSP multiple subpiale Transektionen.

n.s. nicht signifikant, * $p < 0,05$.

Bei 134 der 158 Patienten liegen die Befunde des im Zuge der präoperativen Diagnostik durchgeführten MRTs vor (siehe Tab.8).

Hierbei zeigte sich, dass in den meisten Fällen eine Hippocampusklerose vorlag. Dieser Anteil war bei den rechtstemporal operierten Patienten signifikant höher als bei den linkstemporalen. Ebenfalls relativ häufig konnten tumoröse Läsionen befundet werden. Andere Ursachen wie vaskuläre Malformationen oder Substanzdefekte konnten nur vereinzelt nachgewiesen werden.

	R-TLE	L-TLE	p
MRT-Befunde ^a			
N	69 (81 %)	65 (89 %)	
Tumor WHO	13 (18,8 %)	20 (30,8 %)	n.s.
Sklerose	48 (69,6 %)	33 (50,8 %)	*
Substanzdefekt	1 (1,5 %)	3 (4,6 %)	n.s.
Vaskuläre Malformation	3 (4,4 %)	3 (4,6 %)	n.s.
Andere	4 (5,8 %)	6 (9,2 %)	n.s.

Tab. 8: MRT-Befunde: ^a χ^2 -Test
MRT Magnetresonanztomographie, WHO World Health Organization
n.s. nicht significant, * $p < 0,05$

Alle Patienten und Testdaten wurden zur Wahrung des Datenschutzes anonymisiert.

4.2 Faktorenanalyse

Für die GesPbn findet die Faktorenanalyse sowohl in der Erst- als auch in der Zweittestung des VLMT und DCS eine dreifaktorielle Lösung, mit den Faktoren verbales Lernen (VLMT-Dg1, VLMT-Dg5, VLMT-Dg1-5), verbales Gedächtnis (VLMT-Dg6, VLMT-Dg7, VLMT-Dg5-7, VLMT-DgWE) und figuales Lernen (DCS-Dg1, DCS-Dg5, DCS-Dg1-5); das Modell erklärt 82 % bzw. 83 % der Gesamtvarianz.

Für die R-TLE und L-TLE wird in der präoperativen Testung jeweils eine zweifaktorielle Lösung mit den Faktoren verbales Lernen und Gedächtnis (VLMT-Parameter) und figuales Lernen (DCS-Parameter) gefunden; die Modelle erklären 73 % der Gesamtvarianz. Postoperativ findet sich für beide Patientengruppen eine dreifaktorielle Lösung, ebenso wie bei den gesunden Probanden. Die Modelle erklären 82 % bzw. 83 % der Gesamtvarianz.

4.3 Verbales Gedächtnis / VLMT

4.3.1 Konventionelle Leistungsmaße

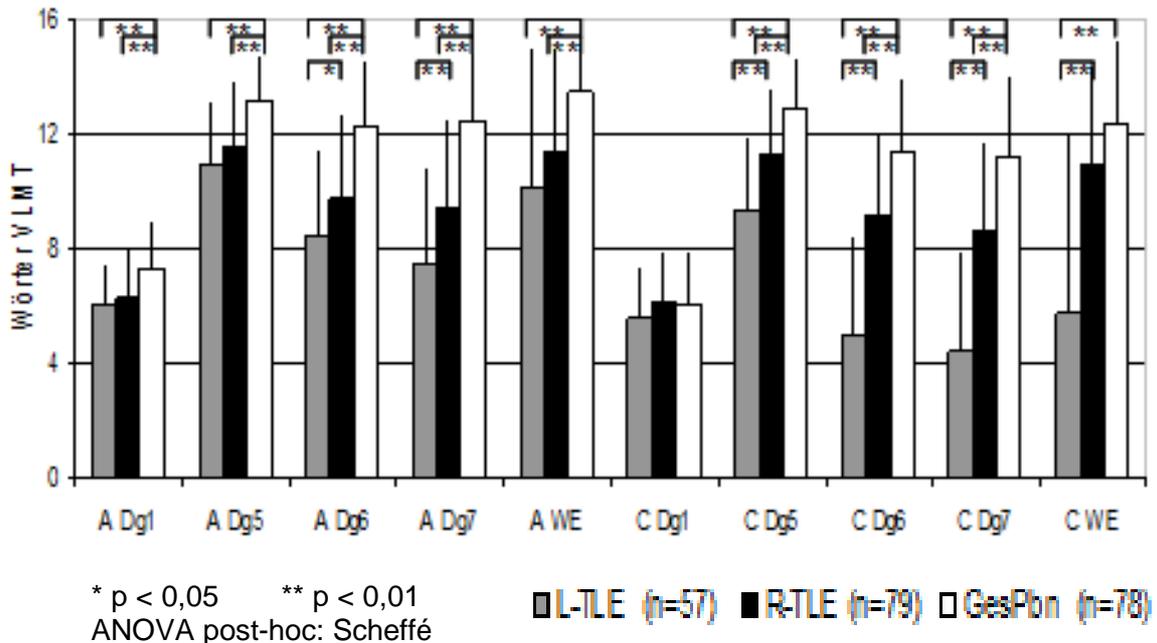


Abb. 5: VLMT / Konventionelle Leistungsmaße

Die Abbildung zeigt die verbalen Lern- und Gedächtnisleistungen der drei Gruppen (L-TLE, R-TLE, GesPbn) als für die einzelnen Lern- und Abrufdurchgänge ermittelte Gruppenmittelwerte mit Standardabweichung. Die Darstellung erfolgt getrennt nach den Lerndurchgängen (Dg1, Dg5), nach den Abrufdurchgängen (Dg6, Dg7) und dem Wiedererkennensdurchgang (WE) für den VLMT-A und VLMT-C. Die Ergebnisse des paarweisen Gruppenvergleichs mittels post-hoc Scheffé-Test sind in der Abbildung mit den entsprechenden Signifikanzniveaus vermerkt.

Die verbalen Lern- und Gedächtnisleistungen der drei Gruppen sind in Abb.5 dargestellt. Die Effekte von Gruppenzugehörigkeit und Messzeitpunkt auf die Leistungsparameter der verschiedenen Durchgänge (Dg1, Dg5, Dg6, Dg7, WE) wurden mit Hilfe einer MANCOVA geprüft. In diese Analyse geht der Messzeitpunkt (MZP) als messwiederholter Faktor (prä-/postop bzw. Erst-/Zweittestung) und der Faktor „Gruppe“ (GesPbn, R-TLE, L-TLE) als Gruppenfaktor ein; Alter und Bildung (MWTIQ) werden als Kovariate berücksichtigt. Die multivariate Analyse ergibt signifikante Zwischensubjekteffekte des Alters ($F_{5,194} = 10,282$, $p = 0,000$), Bildung ($F_{5,194} =$

5,174, $p = 0,000$) und der Gruppe ($F_{10,388} = 8,229$; $p = 0,000$). Für den Messzeitpunkt (MZP) ($F_{5,194} = 1,381$, $p = 0,233$) konnte im Gegensatz dazu kein Haupteffekt gefunden werden. Allerdings zeigte sich ein signifikanter Interaktionseffekt: Messzeitpunkt x Gruppe ($F_{10,388} = 5,984$, $p = 0,000$). In den univariaten post-hoc Analysen zeigten sich die genannten Haupt- und Interaktionseffekte in sämtlichen Maßen, ausgenommen in Dg1. Die Ergebnisse des paarweisen Gruppenvergleichs zwischen GesPbn, R-TLE und L-TLE (post-hoc Scheffé-Test) sind in der Abb. 5 vermerkt. Im freien Abruf, nach Verzögerung und bei der Rekognition, ergaben sich im VLMT-A bei den GesPbn in allen Maßen signifikant höhere Leistungen als bei beiden Patientengruppen. Die Leistungen der beiden Patientengruppen unterschieden sich hier in Dg 6 und 7, wobei die Leistung der R-TLE signifikant über denen der L-TLE lag. Im VLMT-C konnten die Probanden ebenfalls in allen Maßen, außer in Dg1, eine signifikant bessere Leistung erzielen als die Patienten (Dg WE, GesPbn vs. R-TLE: n.s. Trend, $p < .10$). Die Patientengruppe R-TLE war darüber hinaus postoperativ durchgehend signifikant besser als die L-TLE, ausgenommen für Dg1.

Die anschließende MANOVA, in der die Gruppen getrennt analysiert werden, dient der detaillierteren Betrachtung des in der MANCOVA aufgedeckten Interaktionseffekts von MZP und Gruppe. Die Leistungsdaten sind in den Abb.6-8 gruppenweise dargestellt und die Ergebnisse der univariaten statistischen Tests wurden in den Abbildungen vermerkt.

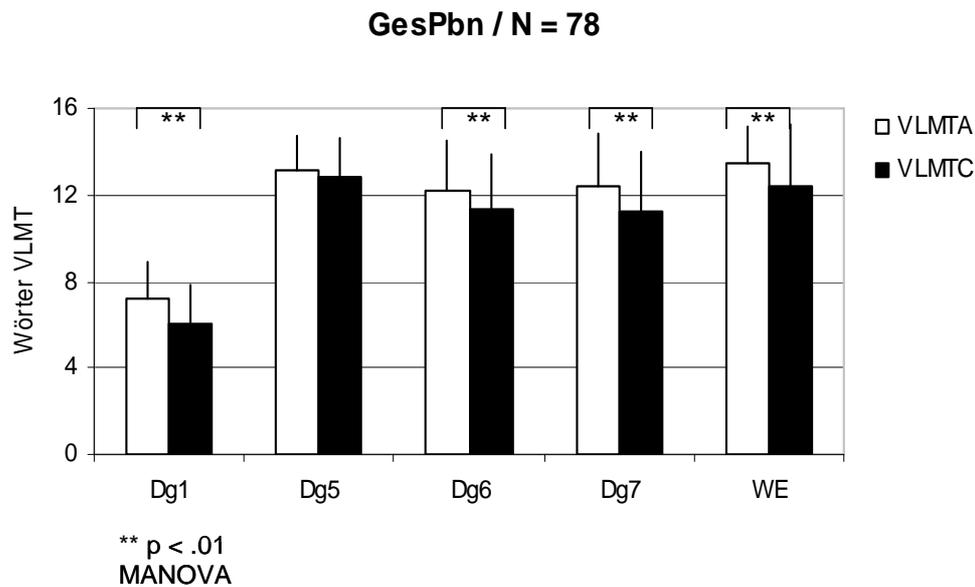


Abb. 6: Gesunde Probanden: Messzeitpunktunterschiede

Die Abbildung zeigt die verbalen Lern- und Gedächtnisleistungen der GesPbn im VLMT-A und VLMT-C als für die einzelnen Lern- und Abrufdurchgänge ermittelte Mittelwerte mit Standardabweichung. Die Darstellung erfolgt getrennt nach den Lerndurchgängen (Dg1, Dg5), nach den Abrufdurchgängen (Dg6, Dg7) und dem Wiedererkennensdurchgang (WE) für die Messzeitpunkte VLMT-A und VLMT-C. Die Ergebnisse des univariaten statistischen Tests für die Unterschiede in den Messzeitpunkten (VLMT-A / VLMT-C) sind in der Abbildung mit den entsprechenden Signifikanzniveaus vermerkt.

Bei dieser Analyse zeigen sich bei den GesPbn in allen Durchgängen, ausgenommen Dg5, signifikant schlechtere Leistungen in der Zweit- als in der Ersttestung (siehe Abb.6). Für die prä-post-Vergleiche bei den Patienten muss demnach berücksichtigt werden, dass die Testversion C schwieriger ist als die Testversion A; es darf insbesondere nicht mit positiven Übungseffekten gerechnet werden.

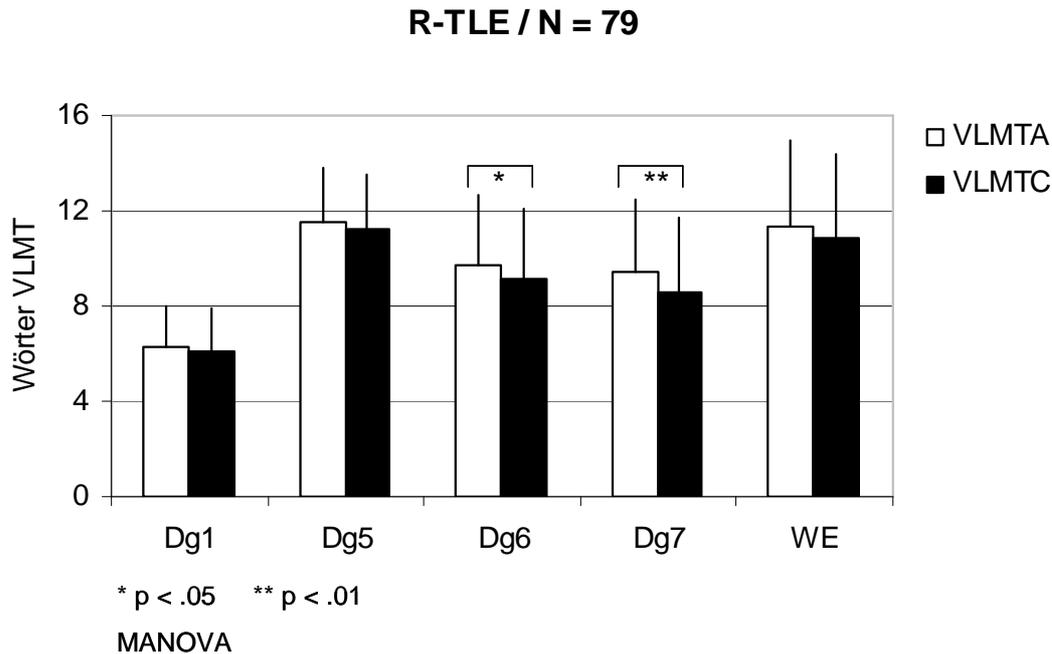


Abb. 7: R-TLE: Messzeitpunktunterschiede

Die Abbildung zeigt die verbalen Lern- und Gedächtnisleistungen der R-TLE im VLMT-A und VLMT-C als für die einzelnen Lern- und Abrufdurchgänge ermittelte Mittelwerte mit Standardabweichung. Die Darstellung erfolgt getrennt nach den Lerndurchgängen (Dg1, Dg5), nach den Abrufdurchgängen (Dg6, Dg7) und dem Wiedererkennensdurchgang (WE) für die Messzeitpunkte VLMT-A und VLMT-C. Die Ergebnisse des univariaten statistischen Tests für die Unterschiede in den Messzeitpunkten (VLMT-A / VLMT-C) sind in der Abbildung mit den entsprechenden Signifikanzniveaus vermerkt.

Die R-TLE zeigen lediglich in Dg6 und Dg7 eine postoperativ signifikant schlechtere Leistung als präoperativ (siehe Abb.7).

Die L-TLE zeigen im Gegensatz zu den R-TLE in allen Durchgängen, außer in Dg1, postoperativ signifikant schlechtere Leistungen als präoperativ (siehe Abb.8).

Da bei 62/73 der L-TLE Patienten der Hippocampus reseziert wurde, ist eine Prüfung des Effekts temporomesialer vs. temporo lateraler Resektionen nicht möglich.

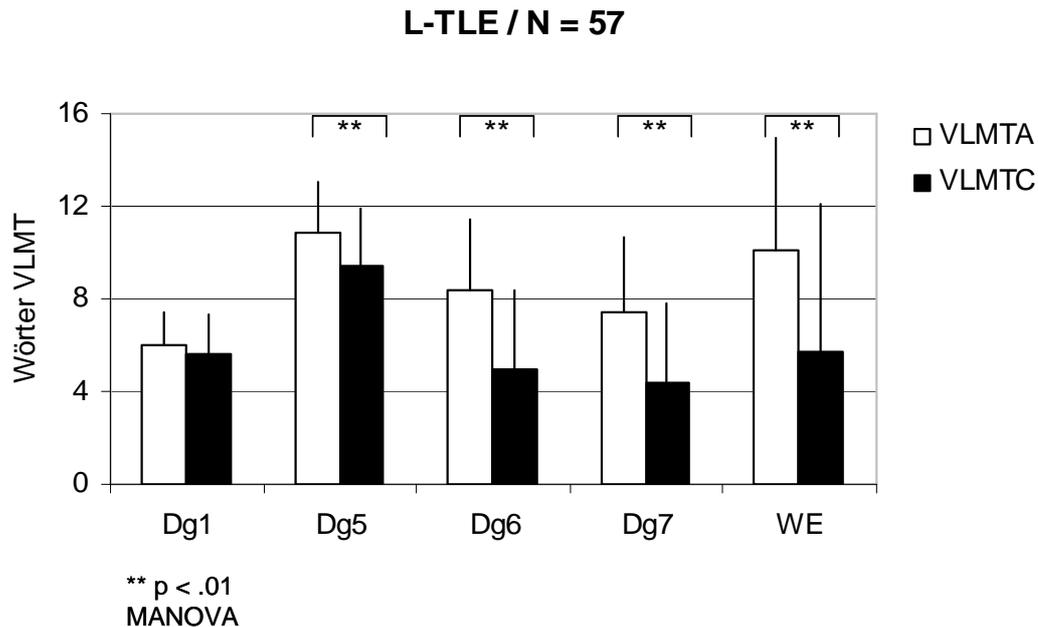


Abb. 8: L-TLE: Messzeitpunktunterschiede

Die Abbildung zeigt die verbalen Lern- und Gedächtnisleistungen der L-TLE in VLMT-A und VLMT-C als für die einzelnen Lern- und Abrufdurchgänge ermittelte Mittelwerte mit Standardabweichung. Die Darstellung erfolgt getrennt nach den Lerndurchgängen (Dg1, Dg5), nach den Abrufdurchgängen (Dg6, Dg7) und dem Wiedererkennensdurchgang (WE) für die Messzeitpunkte VLMT-A und VLMT-C. Die Ergebnisse des univariaten statistischen Tests für die Unterschiede in den Messzeitpunkten (VLMT-A / VLMT-C) sind in der Abbildung mit den entsprechenden Signifikanzniveaus vermerkt.

4.3.2 Abrufhäufigkeiten auf Itemebene

Der prozentuale Anteil von Probanden/Patienten, die ein bestimmtes Wort der Lernliste in einem bestimmten Durchgang (Dg1, Dg5, Dg7) abrufen konnten, wurde in den Abb.9-14 dargestellt und mit Hilfe von multiplen paarweisen Chi²-Tests auf paarweise Gruppenunterschiede geprüft (ohne Korrektur für multiple Vergleiche). Die Ergebnisse dieser Gruppenvergleiche sind in der Tab.9 aufgeführt.

VLMT-A	Dg1	Dg5	Dg7	WE
Trommel		P>L	P>R>L	P>R=L
Vorhang			P>R=L	P>L
Glocke			P>R=L	
Kaffee		P>R=L	P>R=L	P>L
Schule	P>R=L	P>R=L	P>R>L	
Eltern			P>R=L	P>R=L
Mond			P>R>L	P>L
Garten		P>R>L	P>R>L	P>R=L
Hut		P>R=L	P>R=L	P>R=L
Bauer				
Nase		P>R=L	P>R=L	
Truthahn			P>L	
Farbe	P>R=L	P>R=L	P>R=L	P>R=L
Haus	P>R=L	P=R>L	P>R>L	
Fluss			P>R=L	P>R=L
VLMT-C				
Horn	P=R>L	P=R>L	P=R>L	P>L
Tür		P>R=L	P>R>L	
Seil			P>R>L	P=R>L
Kakao		P>R=L	P>R>L	
Gericht		P>R>L	P>R>L	P>R>L
Wagen		P=R>L	P=R>L	P=R>L
Sterne		P=R>L	P>R>L	P>R=L
Baum		P>R=L	P>R=L	
Mantel		P=R>L	P>R>L	P>R=L
Pfarrer		P>R>L	P>R>L	R>P=L
Mund		P=R>L	P=R>L	P>R>L
Gans		P>R=L	P>R=L	
Form			P>R>L	R>L
Land			P>R>L	P>R>L
Regen		P>R	P>R>L	P>R>L

Tab. 9: Abrufhäufigkeiten auf Itemebene: Multiple paarweise χ^2 -Tests. Gruppenunterschiede (>): $p < 0,05$. P = gesunde Probanden; R = R-TLE; L = L-TLE.

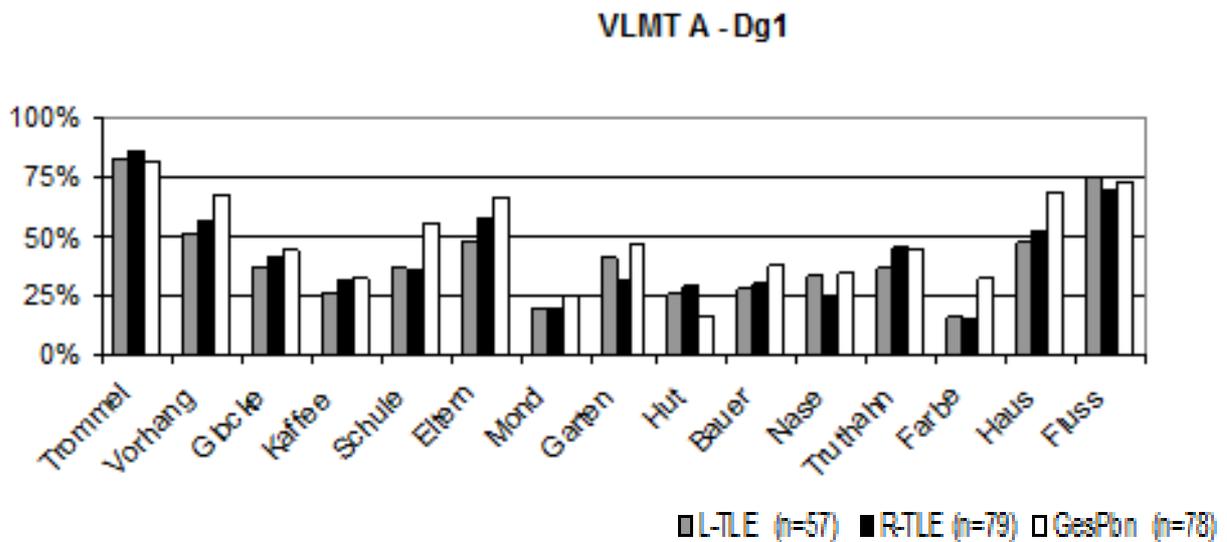


Abb. 9: VLMT-A/Dg1: Prozentuale Abrufhäufigkeiten auf Itemebene
Die Abbildung zeigt die prozentualen Abrufhäufigkeiten der einzelnen Items für den VLMT-A / Dg1 für die Gruppen (L-TLE/ R-TLE/ GesPbn).

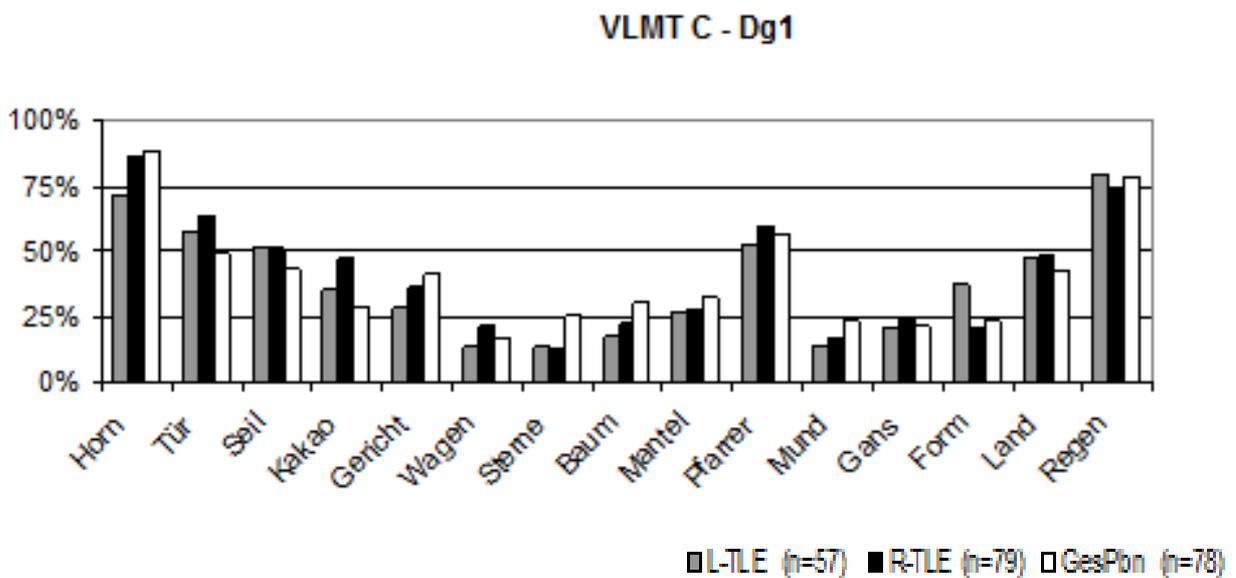


Abb. 10: VLMT-C/Dg1: Prozentuale Abrufhäufigkeiten auf Itemebene
Die Abbildung zeigt die prozentualen Abrufhäufigkeiten der einzelnen Items für den VLMT-C / Dg1 für die Gruppen (L-TLE/ R-TLE/ GesPbn).

VLMT A - Dg5

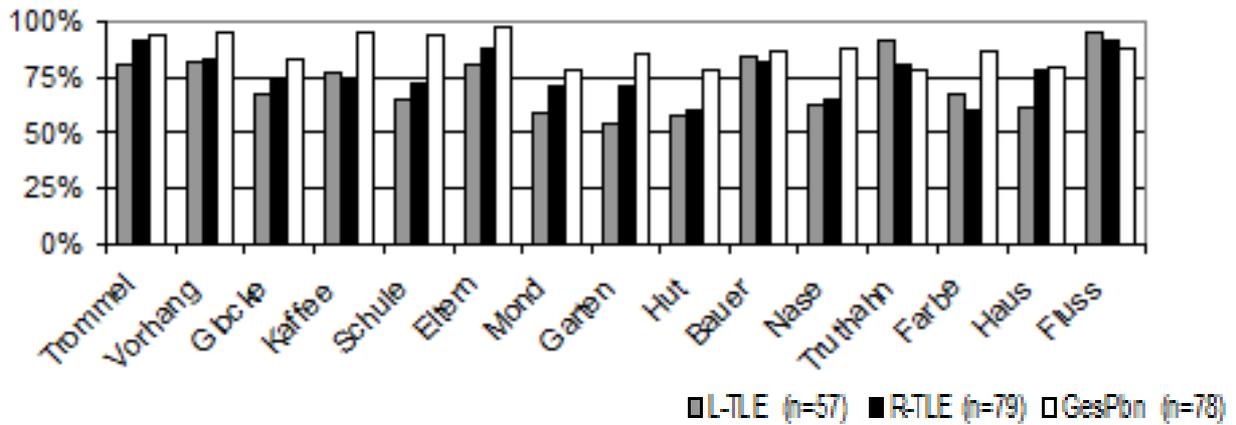


Abb. 11: VLMT-A/Dg5: Prozentuale Abrufhäufigkeiten auf Itemebene
Die Abbildung zeigt die prozentualen Abrufhäufigkeiten der einzelnen Items für den VLMT-A / Dg5 für die Gruppen (L-TLE/ R-TLE/ GesPbn).

VLMT C - Dg5

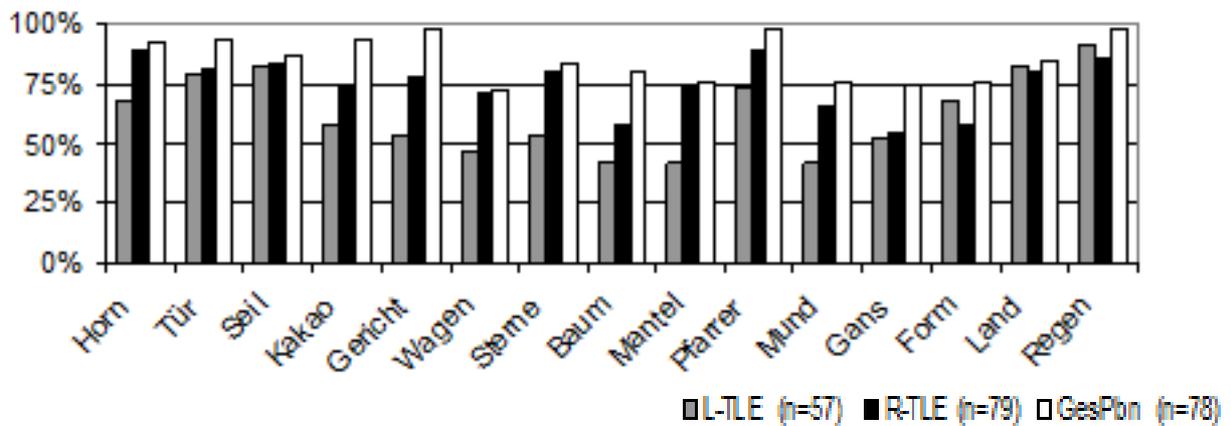


Abb. 12: VLMT-C/Dg5: Prozentuale Abrufhäufigkeiten auf Itemebene
Die Abbildung zeigt die prozentualen Abrufhäufigkeiten der einzelnen Items für den VLMT-C / Dg5 für die Gruppen (L-TLE/ R-TLE/ GesPbn).

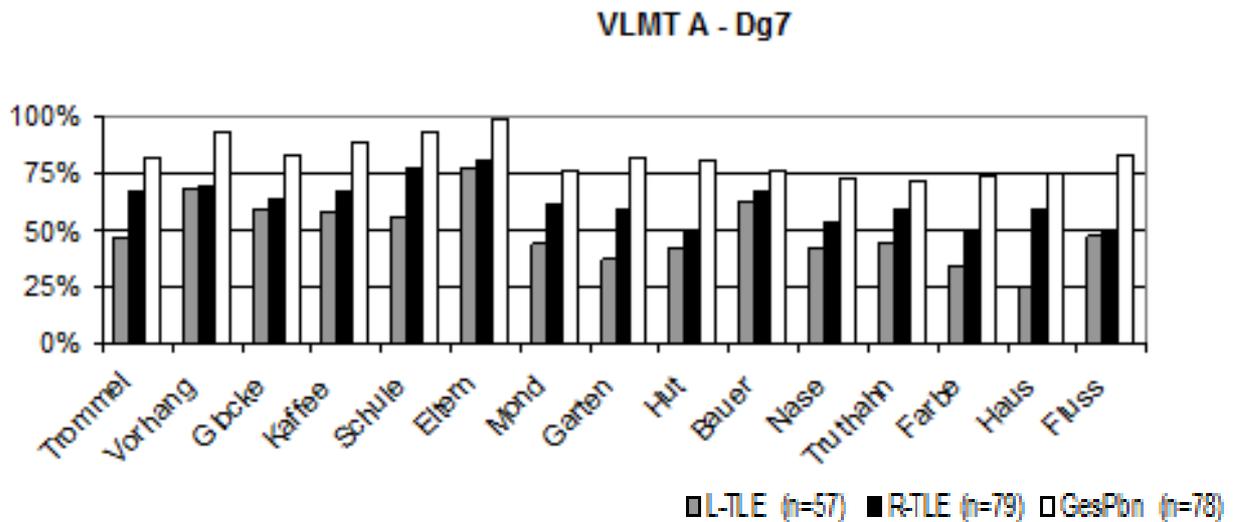


Abb. 13: VLMT-A/Dg7: Prozentuale Abrufhäufigkeiten auf Itemebene
Die Abbildung zeigt die prozentualen Abrufhäufigkeiten der einzelnen Items für den VLMT-A / Dg7 für die Gruppen (L-TLE/ R-TLE/ GesPbn).

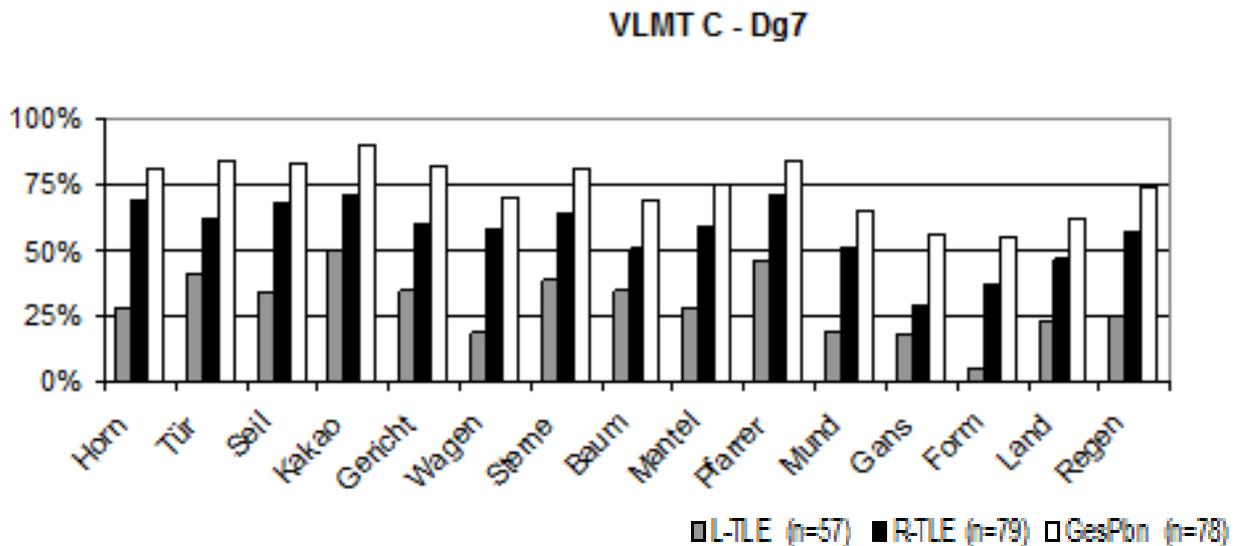


Abb. 14: VLMT-C/Dg7: Prozentuale Abrufhäufigkeiten auf Itemebene
Die Abbildung zeigt die prozentualen Abrufhäufigkeiten der einzelnen Items für den VLMT-C / Dg7 für die Gruppen (L-TLE/ R-TLE/ GesPbn).

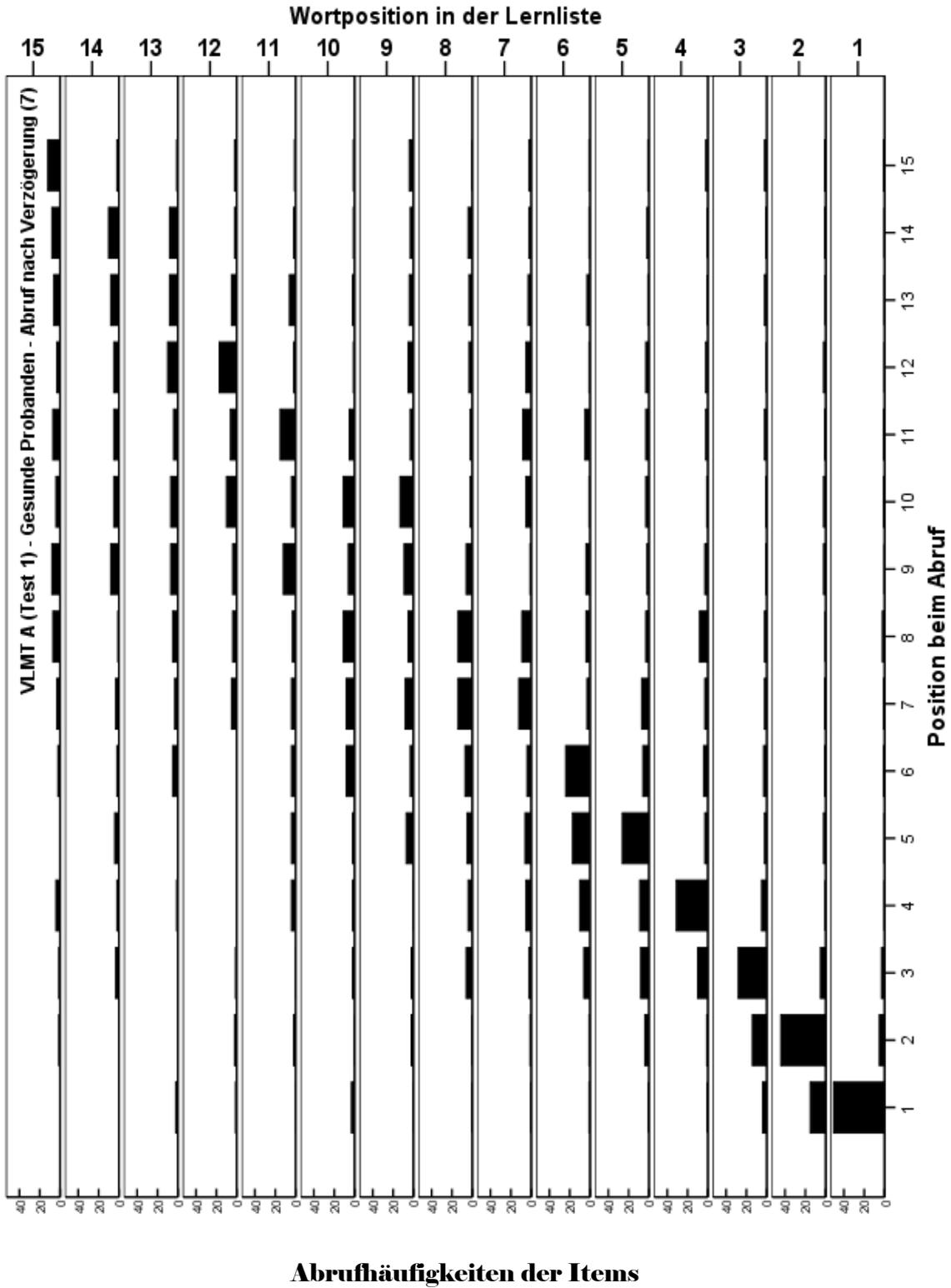
Im Dg1 ergeben sich auf Itemebene sowohl in der Erst- als auch in der Zweittestung nur bei einzelnen Items signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen. Präoperativ haben die Patienten mit den Wörtern Schule, Farbe und Haus mehr Schwierigkeiten; postoperativ haben die L-TLE mehr Schwierigkeiten mit dem ersten Wort Horn. Die zunehmenden Gruppenunterschiede in der Abrufleistung spiegeln sich in Dg5 und Dg7 bei fast allen Items wieder; es ergibt sich kein Hinweis auf einzelne Wörter, die

den L-TLE besondere Schwierigkeiten machen würden oder auf Positionseffekte (z.B. Unterschiede nur in Wörter aus der Listenmitte). Auch beim Wiedererkennen (siehe Tab.9, keine Abbildung) verteilen sich die Unterschiede in den Abrufhäufigkeiten über die gesamten Listenpositionen.

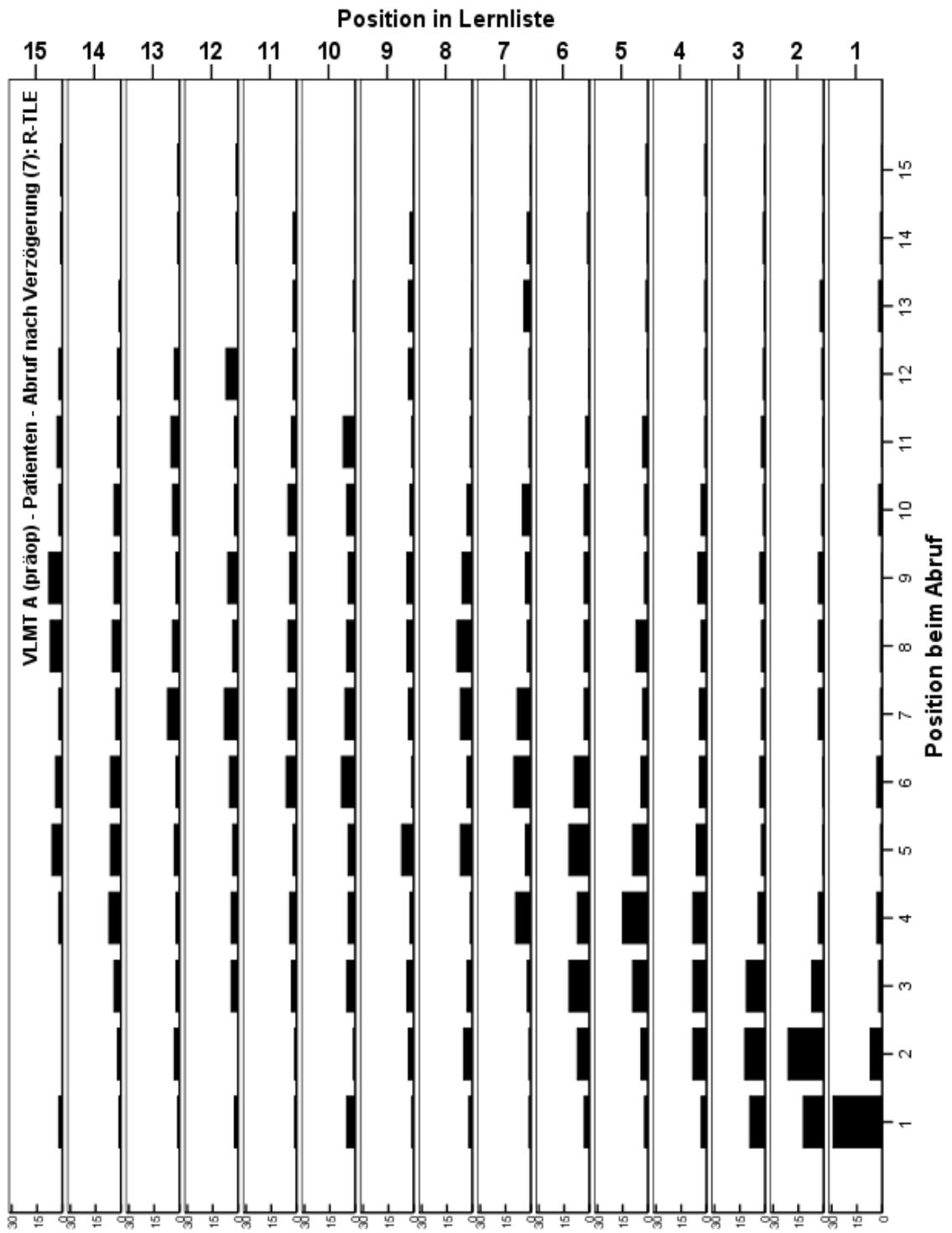
Die Abbildungen 9-10 zu Dg1 zeigen für alle Gruppen die typische serielle Positionskurve mit dem zu erwartenden primacy-/recency Effekt. Hierbei gibt es im VLMT-A Ausnahmen bei den Wörtern *Eltern* (Item 6) und *Truthahn* (12); analoges gilt für die Worte *Pfarrer* (10) und evtl. *Gericht* (5) des VLMT-C (siehe Abb.10). Bei den GesPbn verschwinden die im Dg1 noch zu erkennenden primacy- und recency Effekte, durch die insgesamt gesteigerte Abrufleistung bereits im Dg5 weitgehend; die Patientengruppen zeigen zu diesem Zeitpunkt noch deutlich die entsprechenden Effekte. In Dg7 findet sich in keiner Gruppe mehr die typische serielle Positionskurve; die Wörter der ersten Listenhälfte scheinen jedoch insgesamt leichter abrufbar zu sein, als die später präsentierten Items. Eine genauere quantitative Analyse der Positionseffekte erfolgt in den nachfolgenden Abschnitten.

In den folgenden Abb.15a-d wurden gruppenweise die Abrufhäufigkeiten der einzelnen Items (Y-Achse, links), entsprechend ihrer unveränderlichen Position in der Lernliste (Y-Achse, rechts), gegen die veränderliche Position in der Abrufliste (X-Achse) abgetragen.

15 b:



15 c:



Abrufhäufigkeiten der Items

15 d:

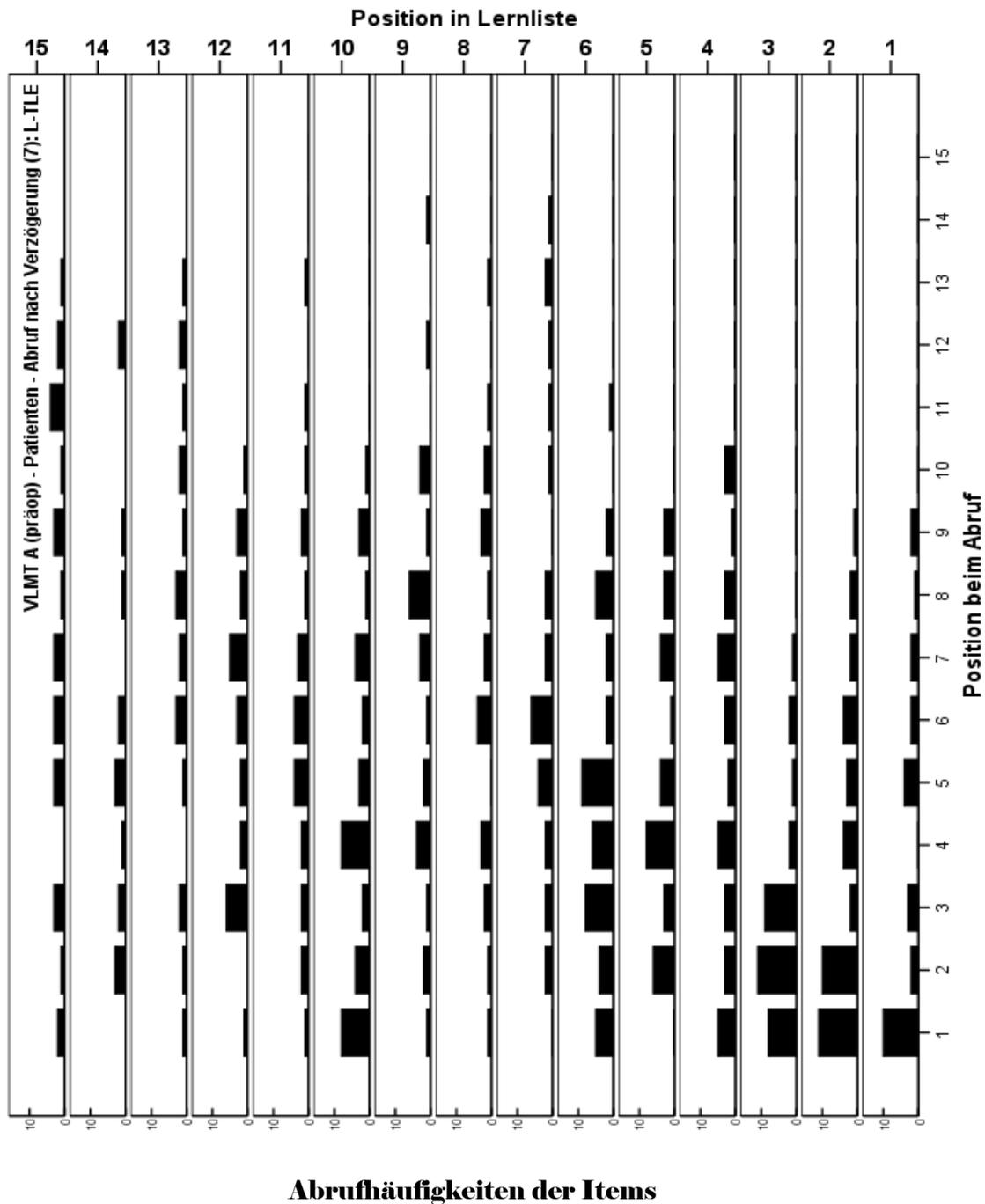


Abb. 15 a-d: Kohärenzgrafiken

Die Abbildung zeigt die gruppenweise Abrufhäufigkeit der einzelnen Items (Y-Achse, links) entsprechend ihrer unveränderlichen Position in der Lernliste (Y-Achse, rechts) gegen die veränderliche Position in der Abrufreihe (X-Achse) für den VLMT-A Dg1 der GesPbn (15a); VLMT-A Dg7 der GesPbn (15b); VLMT-A Dg7 der R-TLE (15c); VLMT-A Dg7 der L-TLE (15d).

Im ersten Lerndurchgang der Ersttestung zeigen sich sowohl bei den Probanden als auch in beiden Patientengruppen (R-TLE, L-TLE) der primacy- und recency Effekt. Die Abbildungen zeigen darüber hinaus, dass primacy-Wörter in Dg1 in allen Gruppen häufig zuerst abgerufen werden. Im Dg7 zeigt sich bei den GesPbn eine wesentlich höhere Übereinstimmung von Lern- und Abrufposition der abgerufenen Items als in den Patientengruppen; insbesondere bei den L-TLE ist kein entsprechender Reihenfolgeeffekt zu beobachten. In den Patientengruppen, insbesondere bei L-TLE, erscheinen die Abrufpositionen insgesamt wesentlich variabler und beliebig in Bezug auf die Lernposition des Items zu sein.

Zusammenfassend erzielten die gesunden Probanden wie erwartet bessere verbale Lern- und Gedächtnisleistungen als die Temporallappenepilepsiepatienten. Die Leistungen der Epilepsiepatienten unterschieden sich präoperativ bezüglich der konventionellen Leistungsmaße nicht. Postoperativ erbrachten die R-TLE signifikant bessere Lern- und Gedächtnisleistungen als die L-TLE. Der Leistungsabfall der GesPbn vom Erst- zum Zweittest deutet darauf hin, dass der VLMT Form C gegenüber der Form A schwieriger ist.

Bei der Untersuchung der Abrufpositionen auf Itemebene zeigten sich keine itemspezifischen Gruppenunterschiede bezüglich der Abrufhäufigkeit. Für alle Gruppen ließen sich serielle Positionskurven mit den typischen primacy- und recency Effekten nachweisen, auch wenn es einzelne Items gab, die besonders häufig abgerufen wurden.

Bei der zusätzlichen Analyse der Abrufpositionen schienen diese vor allem bei den L-TLE wesentlich variabler und beliebiger bezüglich ihrer Reihenfolge in der Lernliste zu sein als bei den GesPbn oder den R-TLE.

4.3.3 Prozessvariable: Positionsmaße

Die multivariate Analyse (MANCOVA) der konventionellen Positionsmaße ergibt einen signifikanten Zwischensubjekteffekt des Alters ($F_{6,193} = 6,775$, $p = 0,000$), Bildung ($F_{6,193} = 4,486$, $p = 0,000$) und der Gruppe ($F_{12,386} = 6,041$, $p = 0,000$). Für den MZP ($F_{6,193} = 0,623$, $p = 0,712$) konnte im Gegensatz dazu kein Haupteffekt gefunden werden. Es zeigte sich ein signifikanter Interaktionseffekt des MZP mit der

Gruppe ($F_{12,386} = 3,636$, $p = 0,000$), nicht aber in der Interaktion des MZP mit Alter und MWTIQ.

Die univariate Analyse der Zwischensubjekteffekte ergibt einen signifikanten Effekt von Alter und MWTIQ in allen betrachteten Durchgängen. Der Effekt der Gruppe zeigt sich ebenfalls in allen Durchgängen, außer in der recency-Rate Dg1-5.

In der weiterführenden univariaten Analyse der Interaktionseffekte zeigt sich, dass die in der multivariaten Analyse gefundene Interaktion zwischen MZP und Gruppe bei der *recency-Rate* in Dg6 und bei der *primacy-Rate* in Dg6 und Dg7, auftaucht.

Die beschriebenen Gruppeneffekte werden in einer multivariaten Analyse (post-hoc: Scheffé) näher klassifiziert. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass einige in der ANOVA (siehe Tab.9) aufgedeckte Gruppenunterschiede im Scheffé Test nicht auftreten.

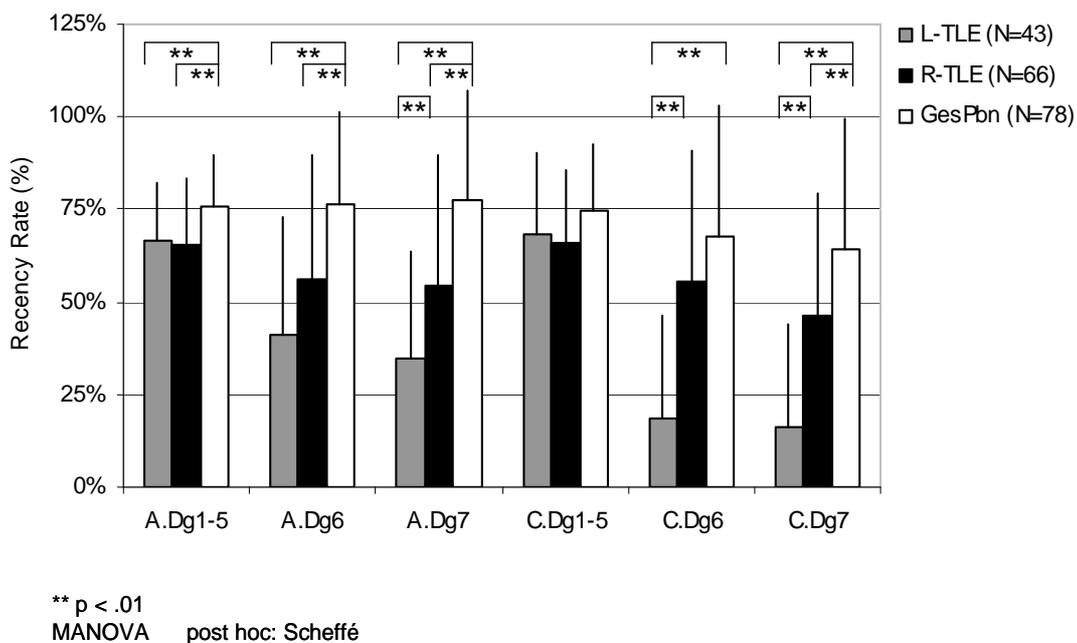


Abb. 16: Positionsmaße: recency-Rate

Die Abbildung zeigt die recency-Rate der drei Gruppen (L-TLE, R-TLE, GesPbn) als für die einzelnen Lern- und Abrufdurchgänge ermittelten prozentuale Gruppenmittelwerte mit Standardabweichung. Die Darstellung erfolgt als Summe der Lerndurchgänge (Dg1-5) und nach den Abrufdurchgängen (Dg6, Dg7) für den VLMT-A und VLMT-C. Die Ergebnisse des multivariaten Gruppenvergleichs mittels post-hoc Scheffé-Test sind in der Abbildung mit den entsprechenden Signifikanzniveaus vermerkt.

Bei der *recency-Rate* konnten die GesPbn, ausgenommen in C.Dg1-5, durchgehend signifikant höhere Werte erzielen als die Patienten, wobei die R-TLE in A.Dg7, C.Dg6

und C.Dg7 ebenfalls eine signifikant höhere *recency-Rate* erreichten als die L-TLE (siehe Abb.16).

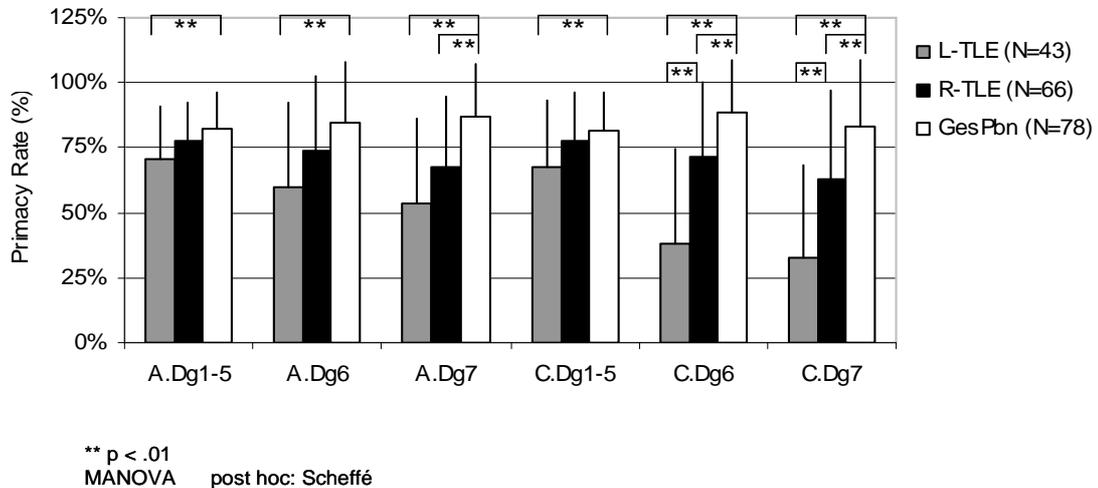


Abb. 17: Positionsmaße: primacy-Rate

Die Abbildung zeigt die primacy-Rate der drei Gruppen (L-TLE, R-TLE, GesPbn) für die einzelnen Lern- und Abrufdurchgänge in Prozent mit Standardabweichung. Die Darstellung erfolgt als Summe der Lerndurchgänge (Dg1-5) und nach den Abrufdurchgängen (Dg6, Dg7) für den VLMT-A und VLMT-C. Die Ergebnisse des multivariaten Gruppenvergleichs mittels post-hoc Scheffé-Test sind in der Abbildung mit den entsprechenden Signifikanzniveaus vermerkt.

Bei der *primacy-Rate* lagen die Werte der GesPbn ausnahmslos über denen der L-TLE. Zusätzlich waren die Werte der GesPbn in A.Dg7, C.Dg6 und C.Dg7 signifikant höher als die der R-TLE Patienten. Signifikante Unterschiede zwischen den Patientengruppen bestehen lediglich postoperativ in Dg6 und Dg7, wobei die Werte der R-TLE- höher waren als die der L-TLE (siehe Abb.17).

Die anschließende MANOVA, in welcher die Gruppen getrennt analysiert werden, dient der detaillierteren Betrachtung des in der MANCOVA aufgedeckten Interaktionseffekts von MZP und Gruppe.

Bei der *recency-Rate* besteht ein signifikanter Unterschied zwischen der Erst- und der Zweittestung sowohl bei den GesPbn als auch bei den L-TLE in Dg6 und Dg7, wobei die Raten der Zweittestung unter denen der Ersttestung lagen. Die R-TLE weisen keinen signifikanten Unterschied in der *recency-Rate* zwischen der prä- und postoperativen Testung auf (siehe Abb.18, Abb.19).

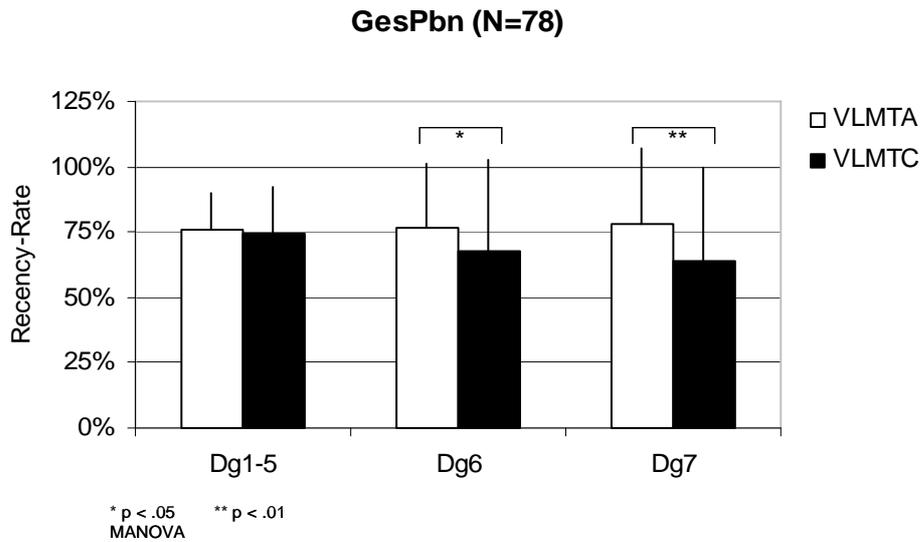


Abb. 18: Gesunde Probanden: Messzeitpunktunterschiede der recency-Rate
 Die Abbildung zeigt die recency-Rate der GesPbn im VLMT-A und VLMT-C für die einzelnen Lern- und Abrufdurchgänge in Prozent mit Standardabweichung. Die Darstellung erfolgt als Summe der Lerndurchgänge (Dg1-5) und nach den Abrufdurchgängen (Dg6, Dg7) für die Messzeitpunkte VLMT-A und VLMT-C. Die Ergebnisse des univariaten statistischen Tests für die Unterschiede in den Messzeitpunkten (VLMT-A / VLMT-C) sind in der Abbildung mit den entsprechenden Signifikanzniveaus vermerkt.

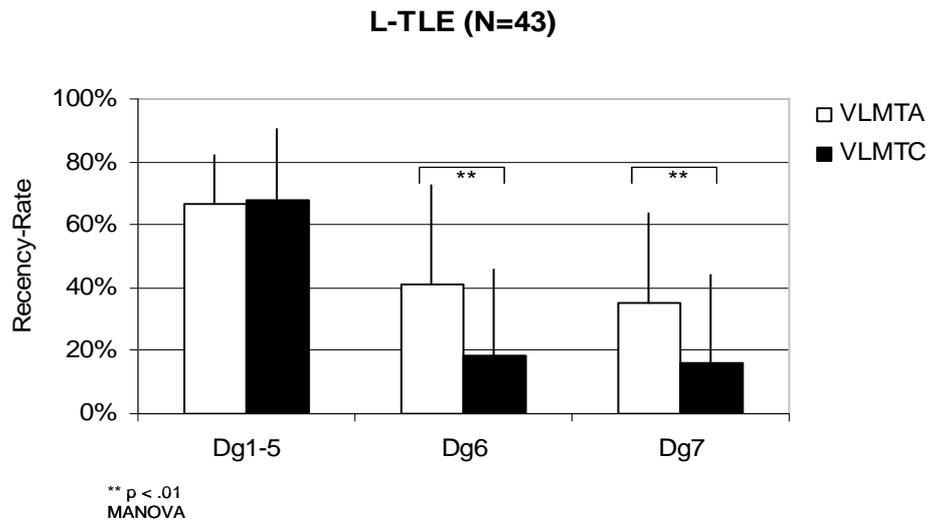


Abb. 19: L-TLE: Messzeitpunktunterschiede der recency-Rate

Die Abbildung zeigt die recency-Rate der L-TLE im VLMT-A und VLMT-C für die einzelnen Lern- und Abrufdurchgänge in Prozent mit Standardabweichung. Die Darstellung erfolgt als Summe der Lerndurchgänge (Dg1-5) und nach den Abrufdurchgängen (Dg6, Dg7) für die Messzeitpunkte VLMT-A und VLMT-C. Die Ergebnisse des univariaten statistischen Tests für die Unterschiede in den *Messzeitpunkten (VLMT-A / VLMT-C)* sind in der Abbildung mit den entsprechenden *Signifikanzniveaus* vermerkt.

Bei der *primacy-Rate* ergibt sich sowohl bei den GesPbn als auch bei den R-TLE kein signifikanter Unterschied zwischen der Erst- und der Zweittestung. Lediglich bei den L-TLE können signifikant niedrigere primacy-Raten in den Durchgängen Dg6 und Dg7 im postoperativen als im präoperativen Test eruiert werden (siehe Abb.20).

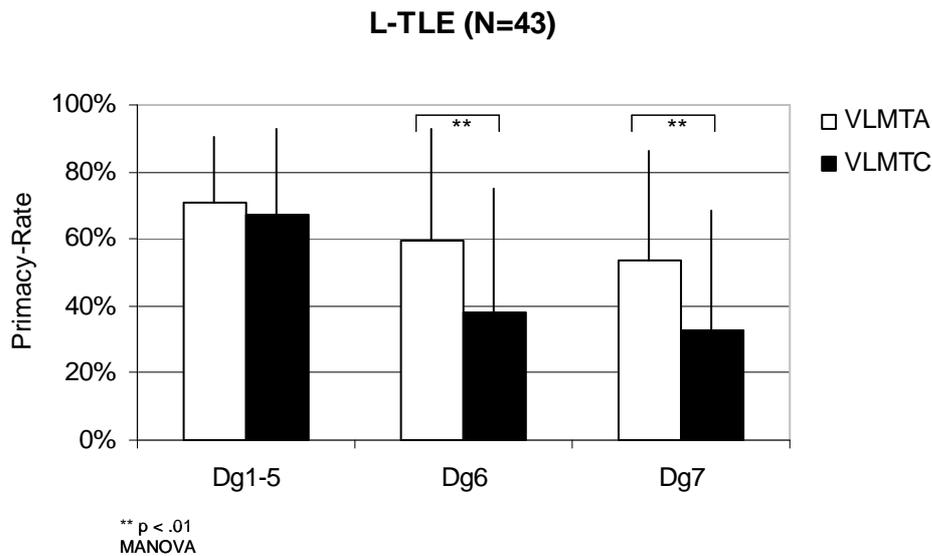


Abb. 20: L-TLE: Messzeitpunktunterschiede der primacy-Rate

Die Abbildung zeigt die primacy-Rate der L-TLE im VLMT-A und VLMT-C für die einzelnen Lern- und Abrufdurchgänge in Prozent mit Standardabweichung. Die Darstellung erfolgt als Summe der Lerndurchgänge (Dg1-5) und nach den Abrufdurchgängen (Dg6, Dg7) für die Messzeitpunkte VLMT-A und VLMT-C. Die Ergebnisse des univariaten statistischen Tests für die Unterschiede in den Messzeitpunkten (VLMT-A / VLMT-C) sind in der Abbildung mit den entsprechenden Signifikanzniveaus vermerkt.

4.3.4 Prozessvariable: Externe Konsistenz

Die MANCOVA der externen Konsistenz ergibt einen signifikanten Zwischensubjekt-effekt des Alters ($F_{12,177} = 2,642$, $p = 0,003$), Bildung ($F_{12,177} = 3,188$, $p = 0,000$) und der Gruppe ($F_{24,354} = 2,447$, $p = 0,000$), nicht aber für den MZP ($F_{12,177} = 0,881$, $p = 0,568$). Ebenfalls zeigte sich kein signifikanter Interaktionseffekt des MZP mit der Gruppe, Alter oder MWTIQ.

Der Zwischensubjekteffekt der Gruppe stellt sich ebenfalls in allen Durchgängen, ausgenommen in der *umgekehrten Zweierpaar-Rate* und in der *Maximal-Rate* Dg1-5, dar.

Die ANOVA ergibt einen signifikanten Zwischensubjekteffekt vom Alter bei der *Zweier-Rate* in Dg1-5 und Dg6 und bei der *Dreier-Rate* in Dg1-5 und Dg6. Bei der Bildung zeigt sich ein signifikanten Zwischensubjekteffekt bei der *Zweier-Rate* Dg1-5 und bei der *umgekehrten Zweier-Rate* Dg7.

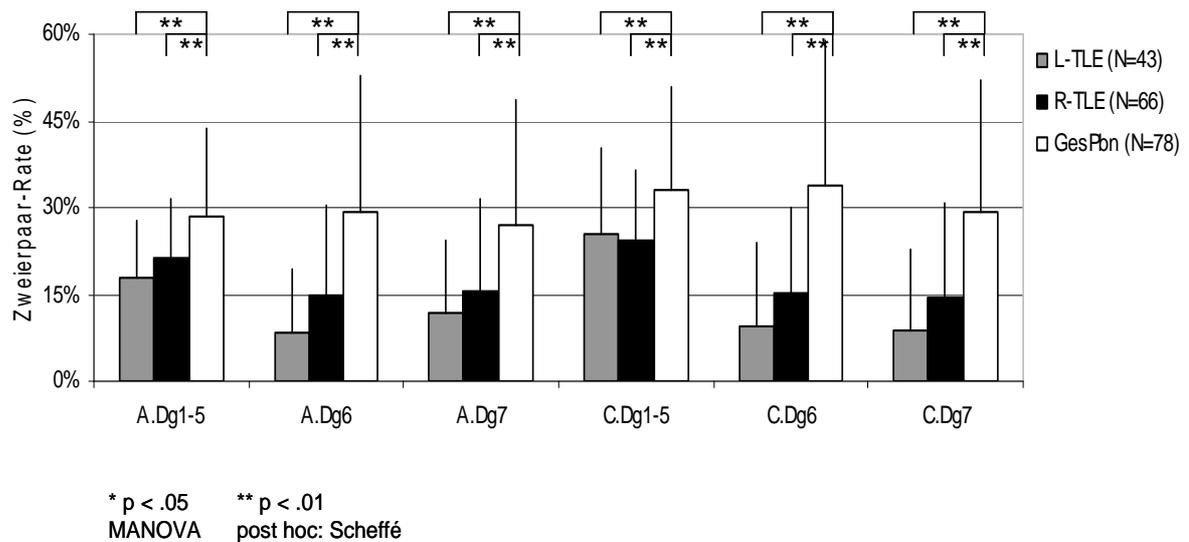


Abb. 21: Prozessvariable: externe Konsistenz / Zweierpaar-Rate

Die Abbildung zeigt die Ergebnisse der Prozessvariable: Zweierpaar-Rate der drei Gruppen (L-TLE, R-TLE, GesPbn) für die einzelnen Lern- und Abrufdurchgänge in Prozent mit Standardabweichung. Die Darstellung erfolgt als Summe der Lerndurchgänge (Dg1-5) und nach den Abrufdurchgängen (Dg6, Dg7) für den VLMT-A und VLMT-C. Die Ergebnisse des multivariaten Gruppenvergleichs mittels post-hoc Scheffé-Test sind in der Abbildung mit den entsprechenden Signifikanzniveaus vermerkt.

Bei der *Zweierpaar-Rate* gab es keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Patientengruppen. Die Rate der GesPbn lag durchgehend signifikant über der Rate der L-TLE und der der R-TLE (siehe Abb.21).

Die *Dreierpaar-Rate* der GesPbn liegt in allen Durchgängen signifikant über der Rate beider Patientengruppen. Die Patientengruppen untereinander weisen keinen signifikanten Unterschied bezüglich der erreichten Werte der *Dreierpaar-Rate* auf (siehe Abb.22).

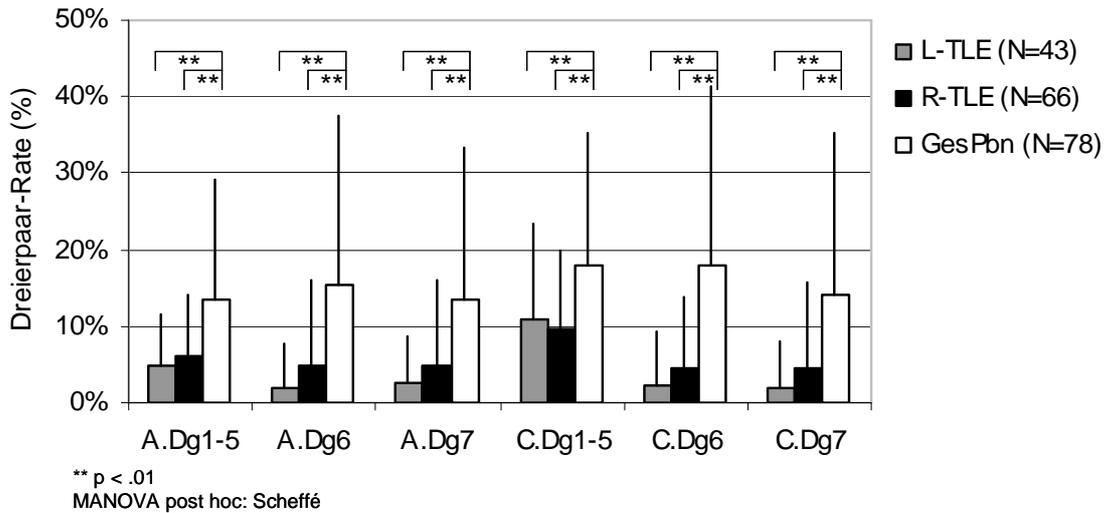


Abb. 22: Prozessvariable: externe Konsistenz / Dreierpaar-Rate

Die Abbildung zeigt die Ergebnisse der Prozessvariable: Dreierpaar-Rate der drei Gruppen (L-TLE, R-TLE, GesPbn) für die einzelnen Lern- und Abrufdurchgänge in Prozent mit Standardabweichung. Die Darstellung erfolgt als Summe der Lerndurchgänge (Dg1-5) und nach den Abrufdurchgängen (Dg6, Dg7) für den VLMT-A und VLMT-C. Die Ergebnisse des multivariaten Gruppenvergleichs mittels post-hoc Scheffé-Test sind in der Abbildung mit den entsprechenden Signifikanzniveaus vermerkt.

Bei der Rate der maximalen Kettenlänge gibt es lediglich in A.Dg1-5, A.Dg6 und C.Dg6 signifikant höhere Werte der GesPbn als die der L-TLE. In A.Dg6 und C.Dg6 gibt es signifikant höhere Werte der GesPbn auch im Vergleich zu den R-TLE (siehe Abb.23).

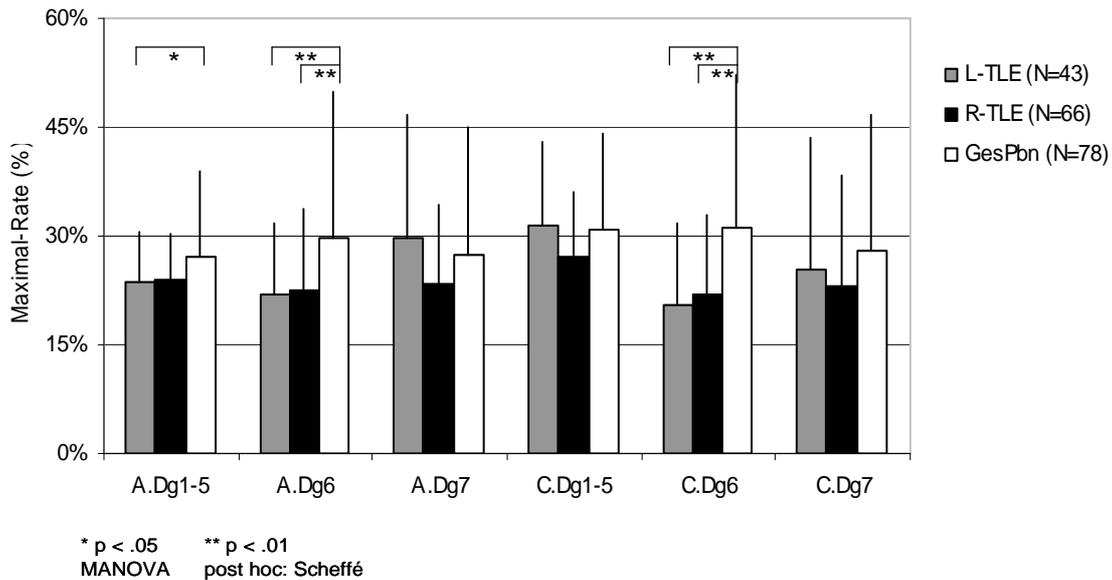


Abb. 23: Prozessvariable: externe Konsistenz / Maximal-Rate

Die Abbildung zeigt die Ergebnisse der Prozessvariable: Maximal-Rate der drei Gruppen (L-TLE, R-TLE, GesPbn) für die einzelnen Lern- und Abrufdurchgänge in Prozent mit Standardabweichung. Die Darstellung erfolgt als Summe der Lerndurchgänge (Dg1-5) und nach den Abrufdurchgängen (Dg6, Dg7) für den VLMT-A und VLMT-C. Die Ergebnisse des multivariaten Gruppenvergleichs mittels post-hoc Scheffé-Test sind in der Abbildung mit den entsprechenden Signifikanzniveaus vermerkt.

4.3.5 Prozessvariable: Interne Konsistenz

Bei der multivariate Analyse der internen Konsistenz zeichnet sich ein signifikanter Zwischensubjekteffekt des Alters ($F_{6,193} = 2,422$, $p = 0,028$), Bildung ($F_{6,193} = 3,100$, $p = 0,006$) und der Gruppe ($F_{12,386} = 9,671$, $p = 0,000$) ab, kein signifikanter Haupteffekt aber für den MZP ($F_{6,193} = 0,987$, $p = 0,435$). Es zeigte sich ein signifikanter Interaktionseffekt von MZP und Gruppe ($F_{12,386} = 4,334$, $p = 0,000$), nicht aber in der Interaktion des MZP mit Alter und Bildung.

Die univariate Analyse der Zwischensubjekteffekte ergibt einen signifikanten Effekt des Alters sowohl bei der *Vorhersagbar-* als auch bei der *Übernommenen-Rate* und für die Bildung lediglich bei der *Übernommenen-Rate* in Dg6 und Dg7. Der Zwischensubjekteffekt der Gruppe zeigt sich in allen Durchgängen, außer in *Vorhersagbar-Rate* Dg1-5.

In der weiterführenden univariaten Analyse stellt sich ein Interaktionseffekt zwischen MZP und Gruppe bei der *Übernommenen-Rate* in Dg6 und Dg7 dar.

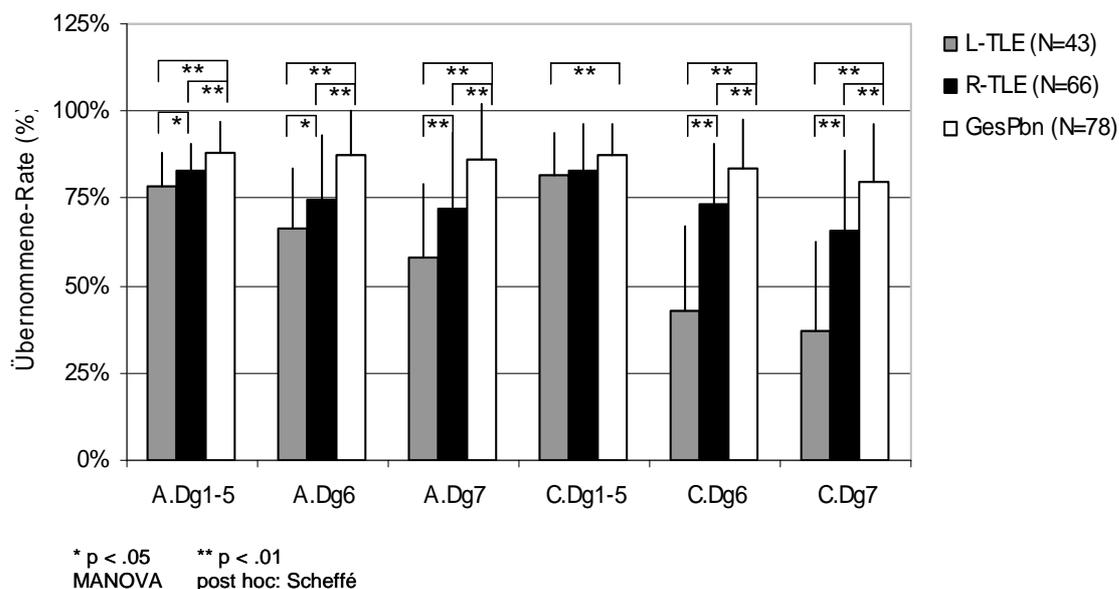


Abb. 24: Prozessvariable: interne Konsistenz / Übernommene-Rate

Die Abbildung zeigt die Ergebnisse der Prozessvariable: Übernommene-Rate der drei Gruppen (L-TLE, R-TLE, GesPbn) für die einzelnen Lern- und Abrufdurchgänge in Prozent mit Standardabweichung. Die Darstellung erfolgt als Summe der Lerndurchgänge (Dg1-5) und nach den Abrufdurchgängen (Dg6, Dg7) für den VLMT-A und VLMT-C. Die Ergebnisse des multivariaten Gruppenvergleichs mittels post-hoc Scheffé-Test sind in der Abbildung mit den entsprechenden Signifikanzniveaus vermerkt.

Bei der *Übernommenen-Rate* zeigen sich in allen Durchgängen signifikante Unterschiede zwischen den GesPbn und beiden Patientengruppen sowie zwischen den Patientengruppen untereinander. Die einzige Ausnahme hiervon besteht in C.Dg1-5, in welchem sich der signifikante Unterschied nur auf die GesPbn zu den L-TLE beschränkt. Bei den Raten ist zu beachten, dass die GesPbn stets die höchsten und die L-TLE die niedrigsten Werte erzielen konnten (siehe Abb.24).

Bei der *Vorhersagbar-Rate* gibt es keinen signifikanten Unterschied zwischen den beiden Patientengruppen. Die GesPbn erzielten, außer in C.Dg1-5, in allen Durchgängen einen signifikant höheren Wert als die L-TLE. Darüber hinaus erreichten sie in allen Durchgängen, ausgenommen des A.Dg1-5, einen signifikant höheren Wert als die R-TLE (siehe Abb.25).

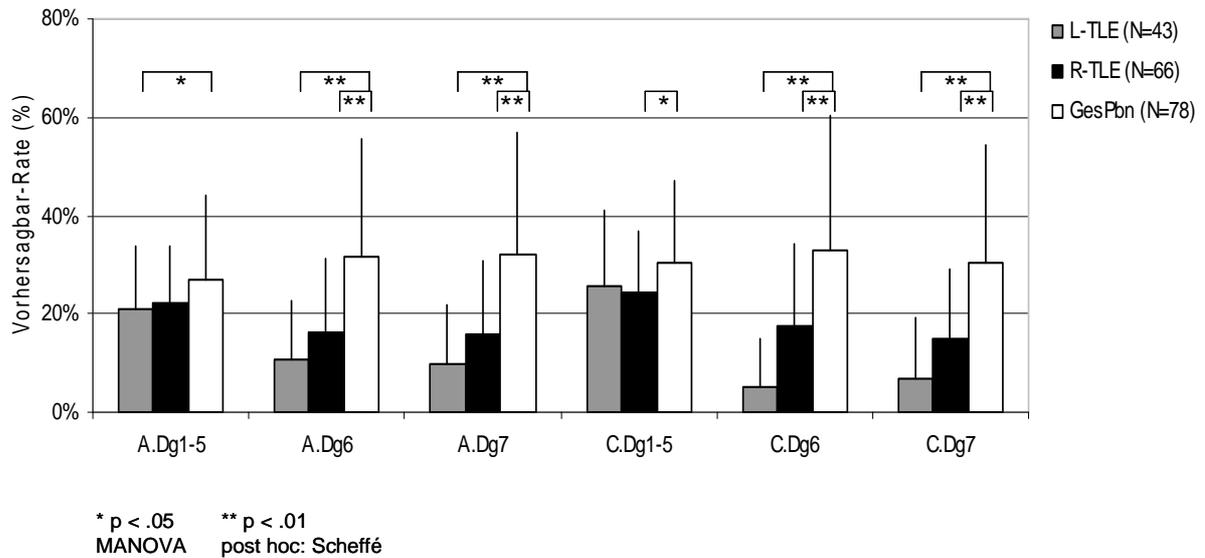


Abb. 25: Prozessvariable: interne Konsistenz / Vorhersagbar-Rate

Die Abbildung zeigt die Ergebnisse der Prozessvariable: Vorhersagbar-Rate der drei Gruppen (L-TLE, R-TLE, GesPbn) für die einzelnen Lern- und Abrufdurchgänge in Prozent mit Standardabweichung. Die Darstellung erfolgt als Summe der Lerndurchgänge (Dg1-5) und nach den Abrufdurchgängen (Dg6, Dg7) für den VLMT-A und VLMT-C. Die Ergebnisse des multivariaten Gruppenvergleichs mittels post-hoc Scheffé-Test sind in der Abbildung mit den entsprechenden Signifikanzniveaus vermerkt.

Die anschließende MANOVA, in der die Gruppen getrennt analysiert werden, dient der detaillierteren Betrachtung des in der MANCOVA aufgedeckten Interaktionseffekts von MZP und Gruppe, welcher sich in der Übernommenen-Rate zeigte.

Bei den GesPbn und bei den L-TLE zeigen sich in Dg6 und Dg7 bei der *Übernommenen-Rate* in der Zweittestung signifikant schlechtere Raten als in der Ersttestung. Bei den R-TLE zeigt sich lediglich in Dg7 eine postoperativ schlechtere Rate als präoperativ (siehe Abb.26, Abb.27, Abb.28).

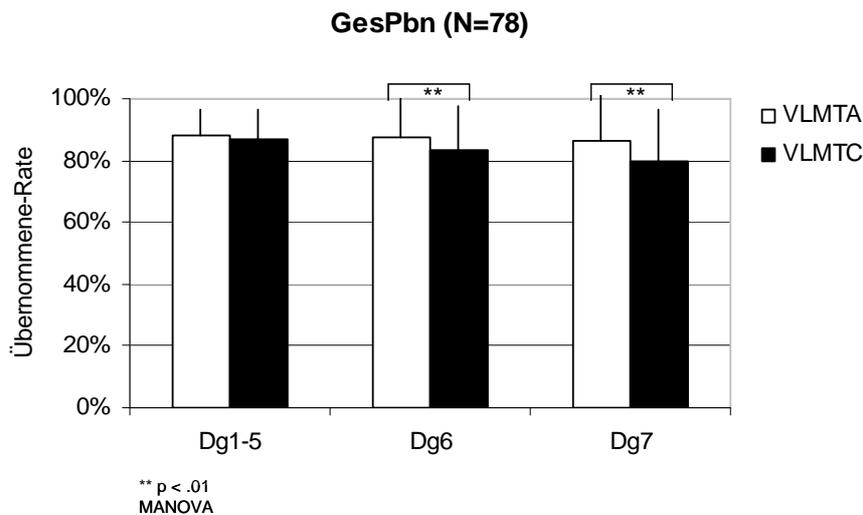


Abb. 26: Gesunde Probanden: Messzeitpunktunterschiede der Übernommene-Rate
Die Abbildung zeigt die Übernommene-Rate der GesPbn im VLMT-A und VLMT-C für die einzelnen Lern- und Abrufdurchgänge in Prozent mit Standardabweichung. Die Darstellung erfolgt als Summe der Lerndurchgänge (Dg1-5) und nach den Abrufdurchgängen (Dg6, Dg7) für die Messzeitpunkte VLMT-A und VLMT-C. Die Ergebnisse des univariaten statistischen Tests für die Unterschiede in den Messzeitpunkten (VLMT-A / VLMT-C) sind in der Abbildung mit den entsprechenden Signifikanzniveaus vermerkt.

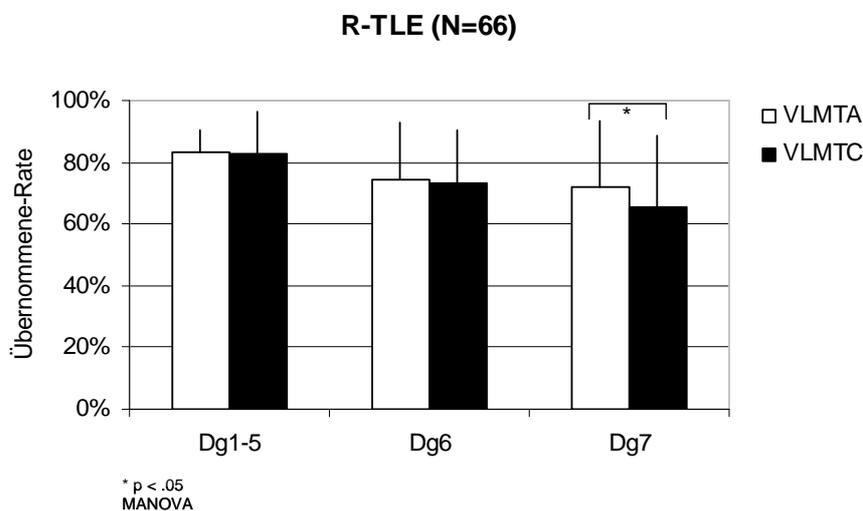


Abb. 27: R-TLE: Messzeitpunktunterschiede der Übernommene-Rate
Die Abbildung zeigt die Übernommene-Rate der R-TLE im VLMT-A und VLMT-C für die einzelnen Lern- und Abrufdurchgänge in Prozent mit Standardabweichung. Die Darstellung erfolgt als Summe der Lerndurchgänge (Dg1-5) und nach den Abrufdurchgängen (Dg6, Dg7) für die Messzeitpunkte VLMT-A und VLMT-C. Die Ergebnisse des univariaten statistischen Tests für die Unterschiede in den Messzeitpunkten (VLMT-A / VLMT-C) sind in der Abbildung mit den entsprechenden Signifikanzniveaus vermerkt.

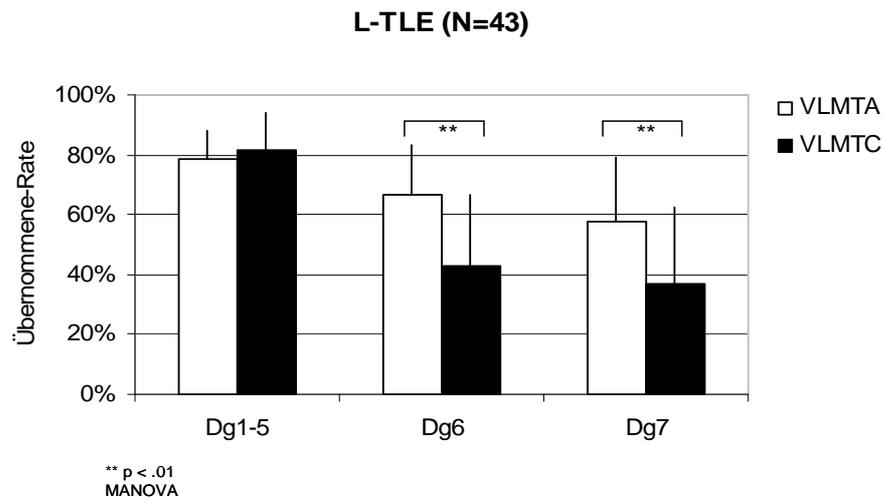


Abb. 28: L-TLE: Messzeitpunktunterschiede der Übernommene-Rate

Die Abbildung zeigt die Übernommene-Rate der L-TLE im VLMT-A und VLMT-C für die einzelnen Lern- und Abrufdurchgänge in Prozent mit Standardabweichung. Die Darstellung erfolgt als Summe der Lerndurchgänge (Dg1-5) und nach den Abrufdurchgängen (Dg6, Dg7) für die Messzeitpunkte VLMT-A und VLMT-C. Die Ergebnisse des univariaten statistischen Tests für die Unterschiede in den Messzeitpunkten (VLMT-A / VLMT-C) sind in der Abbildung mit den entsprechenden Signifikanzniveaus vermerkt.

Die Analyse der *Gesamt-Rate* schließt sich an die Analyse der internen Konsistenzmaße an, da die Gesamt-Rate die Zahl der irgendwann korrekt genannten Items, nicht aber deren Reihenfolge widerspiegelt. Die multivariate Analyse der *Gesamt-Rate* ergibt einen signifikanten Zwischensubjekteffekt des Alters ($F_{3,196} = 6,340$, $p = 0,000$), Bildung ($F_{3,196} = 4,057$, $p = 0,008$) und der Gruppe ($F_{6,392} = 12,708$, $p = 0,000$). Für den MZP ($F_{3,196} = 0,242$, $p = 0,867$) konnte kein Haupteffekt gefunden werden. Es zeigte sich ein signifikanter Interaktionseffekt des MZP mit der Gruppe ($F_{6,392} = 8,417$, $p = 0,000$), nicht aber in der Interaktion des MZP mit Alter und Bildung. Die univariate Analyse der Zwischensubjekteffekte ergibt einen signifikanten Effekt von Alter, Bildung und der Gruppe in allen untersuchten Durchgängen. In der ANOVA zeigt sich der Interaktionseffekt zwischen MZP und Gruppe bei der *Gesamt-Rate* in Dg6 und Dg7. Bei der *Gesamt-Rate* liegen die Werte der GesPbn in allen untersuchten Durchgängen signifikant über denen beider Patientengruppen. Zusätzlich besteht ebenfalls in allen Durchgängen, mit Ausnahme des C.Dg1-5, ein signifikant höherer Wert der R-TLE im Vergleich zu den Werten der L-TLE (siehe Abb.29)

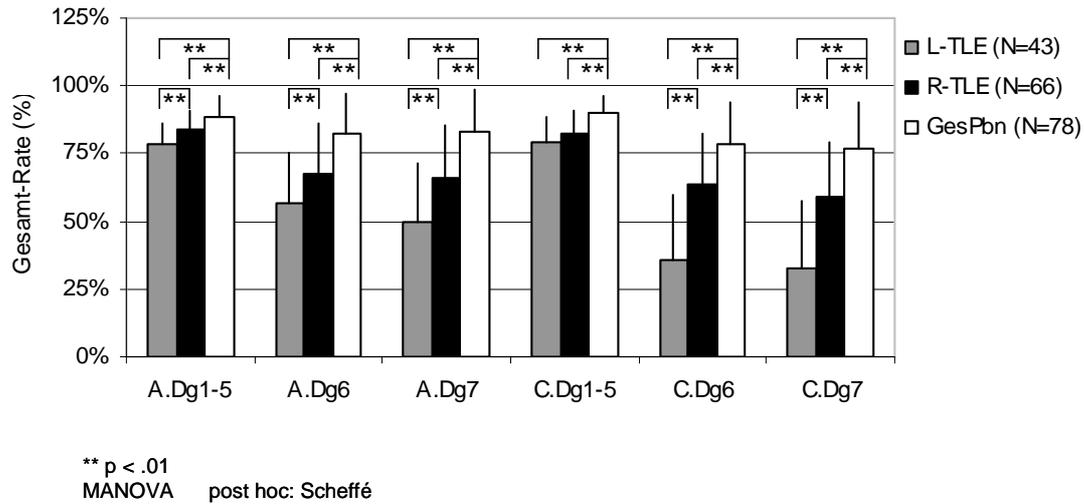


Abb. 29: Prozessvariable / Gesamt-Rate

Die Abbildung zeigt die Ergebnisse der Prozessvariable: Gesamt-Rate der drei Gruppen (L-TLE, R-TLE, GesPbn) für die einzelnen Lern- und Abrufdurchgänge in Prozent mit Standardabweichung. Die Darstellung erfolgt als Summe der Lerndurchgänge (Dg1-5) und nach den Abrufdurchgängen (Dg6, Dg7) für den VLMT-A und VLMT-C. Die Ergebnisse des multivariaten Gruppenvergleichs mittels post-hoc Scheffé-Test sind in der Abbildung mit den entsprechenden Signifikanzniveaus vermerkt.

Die anschließende MANOVA dient analog zu der Analyse bei den vorangegangenen internen Konsistenzmaßen zur detaillierteren Betrachtung des in der MANCOVA aufgedeckten Interaktionseffekts von MZP und Gruppe.

In der MANOVA über die *Gesamt-Rate* wurden in Dg6 und Dg7 bei allen Gruppen (GesPbn, R-TLE, L-TLE) in der Zweittestung signifikant schlechtere Raten als in der Ersttestung gefunden (siehe Abb.30, Abb.31, Abb.32).

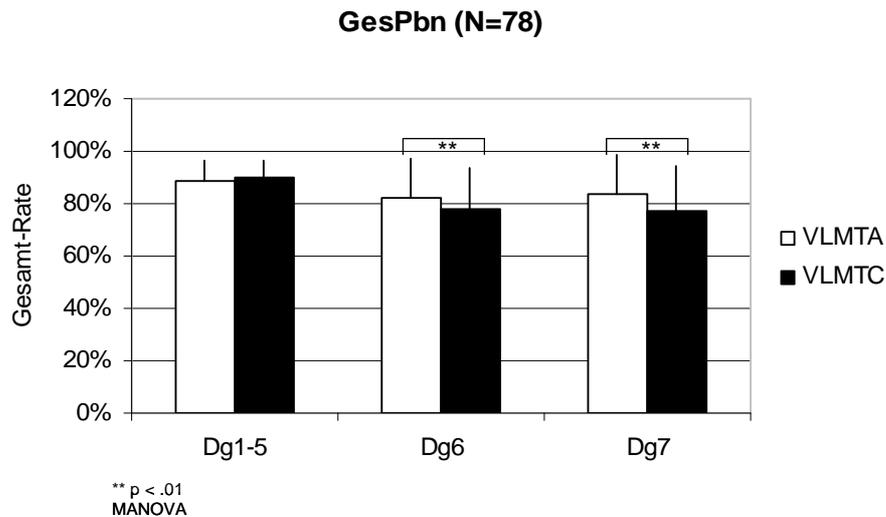


Abb. 30: Gesunde Probanden: Messzeitpunktunterschiede der Gesamt-Rate
Die Abbildung zeigt die Gesamt-Rate der GesPbn im VLMT-A und VLMT-C für die einzelnen Lern- und Abrufdurchgänge in Prozent mit Standardabweichung. Die Darstellung erfolgt als Summe der Lerndurchgänge (Dg1-5) und nach den Abrufdurchgängen (Dg6, Dg7) für die Messzeitpunkte VLMT-A und VLMT-C. Die Ergebnisse des univariaten statistischen Tests für die Unterschiede in den Messzeitpunkten (VLMT-A / VLMT-C) sind in der Abbildung mit den entsprechenden Signifikanzniveaus vermerkt.

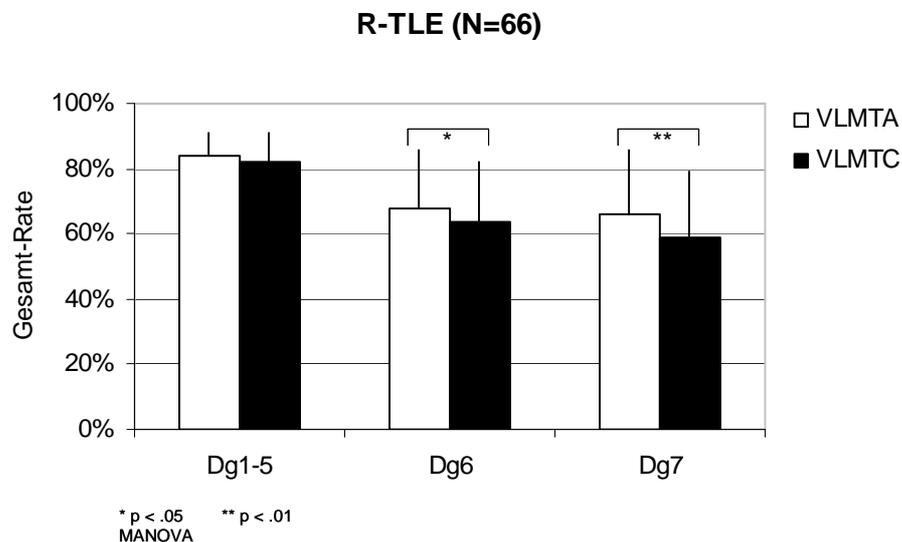


Abb. 31: R-TLE: Messzeitpunktunterschiede der Gesamt-Rate
Die Abbildung zeigt die Gesamt-Rate der R-TLE im VLMT-A und VLMT-C für die einzelnen Lern- und Abrufdurchgänge in Prozent mit Standardabweichung. Die Darstellung erfolgt als Summe der Lerndurchgänge (Dg1-5) und nach den Abrufdurchgängen (Dg6, Dg7) für die Messzeitpunkte VLMT-A und VLMT-C. Die Ergebnisse des univariaten statistischen Tests für die Unterschiede in den Messzeitpunkten (VLMT-A / VLMT-C) sind in der Abbildung mit den entsprechenden Signifikanzniveaus vermerkt.

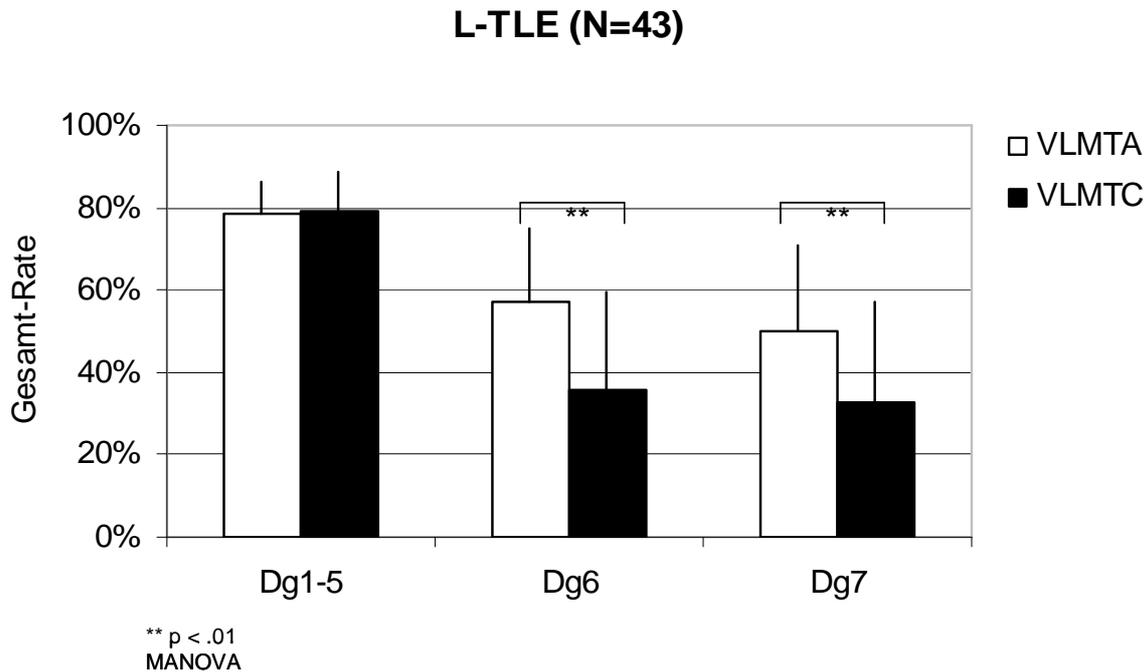


Abb. 32: L-TLE: Messzeitpunktunterschiede der Gesamt-Rate

Die Abbildung zeigt die Gesamt-Rate der L-TLE im VLMT-A und VLMT-C für die einzelnen Lern- und Abrufdurchgänge in Prozent mit Standardabweichung. Die Darstellung erfolgt als Summe der Lerndurchgänge (Dg1-5) und nach den Abrufdurchgängen (Dg6, Dg7) für die Messzeitpunkte VLMT-A und VLMT-C. Die Ergebnisse des univariaten statistischen Tests für die Unterschiede in den Messzeitpunkten (VLMT-A / VLMT-C) sind in der Abbildung mit den entsprechenden Signifikanzniveaus vermerkt.

4.3.6 Strategiemaße

Die MANCOVA der Strategiemaße (*Strategie primacy*, *Strategie recency* und *Strategie wie zuvor*) ergibt keinen signifikanten Zwischensubjekteffekt des Alters ($F_{3,196} = 0,156$, $p = 0,926$), Bildung ($F_{3,196} = 0,387$, $p = 0,763$) und der Gruppe ($F_{6,392} = 6,041$, $p = 0,000$). Genauso konnte für den MZP ($F_{3,196} = 1,042$, $p = 0,397$) kein Haupteffekt gefunden werden. Auch zeigte sich kein Interaktionseffekt des MZP mit der Gruppe ($F_{12,386} = 0,923$, $p = 0,478$), dem Alter ($F_{3,196} = 1,280$, $p = 0,283$) oder der Bildung ($F_{3,196} = 0,286$, $p = 0,836$).

Bei der *Strategie primacy-Rate* konnte lediglich in der Ersttestung (Dg1-5) ein signifikant höherer Wert bei den GesPbn als bei den L-TLE eruiert werden (siehe Abb.33).

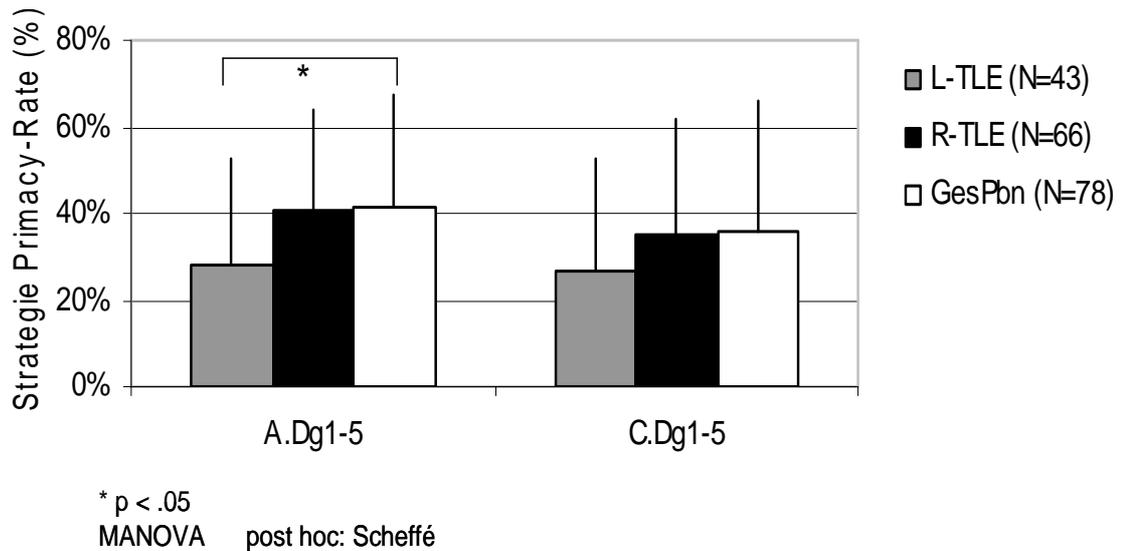


Abb. 33: Strategiemaß: primacy-Rate

Die Abbildung zeigt die Ergebnisse des Strategiemaß: primacy-Rate der drei Gruppen (L-TLE, R-TLE, GesPbn) für die einzelnen Lern- und Abrufdurchgänge in Prozent mit Standardabweichung. Die Darstellung erfolgt als Summe der Lerndurchgänge (Dg1-5) für den VLMT-A und VLMT-C. Die Ergebnisse des multivariaten Gruppenvergleichs mittels post-hoc Scheffé-Test sind in der Abbildung mit den entsprechenden Signifikanzniveaus vermerkt.

Zusammenfassend kann über die Prozessvariablen gesagt werden, dass die GesPbn höhere *recency-Raten* erbrachten als die Patienten. Die *primacy-Raten* war ebenfalls stets besser als die der L-TLE aber nur in manchen Durchgängen besser als die der R-TLE. Bezüglich der *recency Rate* unterschieden sich die Patientengruppen nicht. Die R-TLE hatten jedoch teilweise eine höhere *primacy Rate* als die L-TLE.

Die Analyse der externen Konsistenz, also der Orientierung an der von der Lernliste vorgegebenen Reihenfolge, zeigte für die GesPbn durchgehend höhere Werte als für die Patienten. Die beiden Patientengruppen untereinander unterschieden sich in ihren Leistungen bezüglich der externen Konsistenz nicht voneinander.

In den Maßen der internen Konsistenz, also der Einhaltung einer selber erzeugten Reihenfolge und in dem Maß der *Gesamt-Rate* erbrachten die GesPbn ebenfalls höhere Werte als beide Patientengruppen und die R-TLE zum größten Teil höhere Werte als die L-TLE.

In der Analyse der Strategiemaße konnten überwiegend keine signifikanten Unterschiede zwischen den getesteten Gruppen aufgezeigt werden.

4.3.7 Regressionsanalyse

Mit Hilfe der Regressionsanalyse (Methode: schrittweise) werden die Leistungsunterschiede zwischen den Individuen durch die Parameter Positionsmaße, Konsistenzmaße, Strategiemaße, Gruppenfaktor, Alter und Bildung aufgeklärt und damit die der Leistungsvarianz zugrunde liegenden Mechanismen aufgedeckt. Bei den folgenden Regressionsanalysen wird lediglich die Endleistung im Gedächtnistest (Dg7) betrachtet.

Positionsmaße

Für die Ersttestung zeigt Tab.10 das optimale Regressionsmodell, geordnet nach Einflussstärken der einzelnen Faktoren. Für die Analyse angebotene Faktoren sind die Positionsmaße (prim-Rate Dg1-5a, prim-Rate Dg7a, rec-Rate Dg1-5a, rec-Rate Dg7a), der Gruppenfaktor, das Bildungsmaß (MWTIQ) sowie das Alter. Das Modell erklärt 80,8 % der Leistungsvarianz. In das Regressionsmodell werden die Positionsmaße und das Bildungsmaß einbezogen, der Gruppenfaktor wurde jedoch nicht in das Modell aufgenommen.

Modell	Beta	T	Signifikanz	R-Quadrat
Konstante		-0,767	0,444	
Prim-Rate Dg7a	0,543	14,854	0,000	
Rec-Rate Dg7a	0,398	10,347	0,000	
MWTIQ	0,106	3,002	0,003	
Rec-Rate Dg1-5a	0,084	2,424	0,016	0,808

Tab. 10: Regressionsmodell: Positionsmaße / Ersttestung

Optimales Regressionsmodell, geordnet nach Einflussstärken der einzelnen Faktoren. Prim-Rate primacy-Rate, Rec-Rate recency-Rate, MWTIQ Mehrfach Wortschatztest zur Bestimmung des Intelligenzquotienten

Für die Zweittestung zeigt Tab.11 das optimale Regressionsmodell, geordnet nach Einflussstärken der einzelnen Faktoren. Für die Analyse angebotene Faktoren sind die Positionsmaße (prim-Rate Dg1-5c, prim-Rate Dg7c, rec-Rate Dg1-5c, rec-Rate

Dg7c), der Gruppenfaktor, das Bildungsmaß (MWTIQ) sowie das Alter. Das Modell erklärt 84,8% der Leistungsvarianz. Der Gruppenfaktor wird neben den Positionsmaßen in das optimale Regressionsmodell mit einbezogen.

Modell	Beta	T	Signifikanz	R-Quadrat
Konstante		1,631	0,104	
Rec-Rate Dg7c	0,454	13,177	0,000	
Prim-Rate Dg7c	0,446	12,386	0,000	
Gruppe2	-0,131	-4,236	0,000	
Rec-Rate Dg1-5c	0,082	2,741	0,007	
Prim-Rate Dg1-5c	0,082	2,705	0,007	0,848

Tab. 11: Regressionsmodell: Positionsmaße / Zweittestung
Optimales Regressionsmodell, geordnet nach Einflussstärken der einzelnen Faktoren. Rec-Rate recency-Rate, Prim-Rate primacy-Rate

Konsistenzmaße

Für die Ersttestung zeigt Tab.12 das optimale Regressionsmodell, geordnet nach Einflussstärken der einzelnen Faktoren. Für die Analyse angebotene Faktoren sind die Maße der internen Konsistenz (vorhers Dg1-5a, vorhers Dg7a) und externen Konsistenz (Zwei Dg1-5a), der Gruppenfaktor, das Bildungsmaß (MWTIQ) und das Alter. Das Modell erklärt 50,8 % der Leistungsvarianz. Es werden Maße der internen und externen Konsistenz, der Bildungsfaktor, das Alter und der Gruppenfaktor in das optimale Regressionsmodell mit einbezogen.

Modell	Beta	T	Signifi- kanz	R- Quadrat
Konstante		1,827	0,069	
MWTIQ	0,368	4,635	0,000	
Zwei Dg7a	0,268	3,892	0,000	
Alterx	-0,247	-3,668	0,000	
Vorhers Dg7a	0,218	3,093	0,002	
Gruppe2	-0,217	-2,745	0,007	0,508

Tab. 12: Regressionsmodell: Konsistenzmaße / Ersttestung

Optimales Regressionsmodell, geordnet nach Einflussstärken der einzelnen Faktoren. MWTIQ Mehrfach Wortschatztest zur Bestimmung des Intelligenzquotienten, Zwei Zweierpaar, vorhers Vorhersagbar

Für die Zweittestung zeigt Tab.13 das optimale Regressionsmodell, geordnet nach Einflussstärken der einzelnen Faktoren. Für die Analyse angebotene Faktoren sind die Maße der internen (vorhers Dg1-5c, vorhers Dg7c) und externen Konsistenz (Zwei Dg1-5c), der Gruppenfaktor, das Bildungsmaß (MWTIQ) und das Alter. Das Modell erklärt 54,3 % der Leistungsvarianz. Es werden Maße der internen und externen Konsistenz, der Bildungsfaktor, das Alter und der Gruppenfaktor in das optimale Regressionsmodell mit einbezogen.

Modell	Beta	T	Signifikan- zen	R- Quadrat
Konstante		1,511	0,132	
Vorhers Dg7c	0,416	5,909	0,000	
MWTIQ	0,315	4,021	0,000	
Zwei Dg7c	0,253	3,595	0,000	
alterx	-0,214	-3,122	0,002	
Zwei Dg1-5c	-0,213	-3,820	0,000	
Gruppe2	-0,173	-2,169	0,031	0,543

Tab. 13: Regressionsmodell: Kosistenzmaße / Zweittestung

Optimales Regressionsmodell, geordnet nach Einflussstärken der einzelnen Faktoren. Vorhers vorhersagbar, MWTIQ Mehrfach Wortschatztest zur Bestimmung des Intelligenzquotienten, Zwei Zweierpaar

Strategiemaße

Für die Ersttestung zeigt Tab.14 das optimale Regressionsmodell, geordnet nach Einflussstärken der einzelnen Faktoren. Für die Analyse angebotene Faktoren sind die Strategiemaße (stratwievuvor Dg1-5a, Zwei Dg1-5a, stratwievuvor Dg7a, Zwei Dg7a), der Gruppenfaktor, das Bildungsmaß (MWTIQ) und das Alter. Das Modell erklärt 37,9 % der Leistungsvarianz. Neben dem Gruppenfaktor werden *Strategie primacy-Rate*, *Strategie recency-Rate*, der Bildungsfaktor und das Alter in das Regressionsmodell mit einbezogen.

Modell	Beta	T	Signifikanz	R- Quadrat
Konstante		1,602	0,111	
Gruppe2	-0,403	-4,807	0,000	
Stratprimacy Dg1-5a	0,372	3,348	0,001	
MWTIQ	0,365	4,807	0,000	
Alterx	-0,303	-4,018	0,000	
Stratrecency Dg1-5a	0,290	2,635	0,009	0,379

Tab. 14: Regressionsmodell: Strategiemaße / Ersttestung

Optimales Regressionsmodell, geordnet nach Einflussstärken der einzelnen Faktoren. Stratprimacy Strategie primacy, MWTIQ Mehrfach Wortschatztest zur Bestimmung des Intelligenzquotienten, Stratrecency Strategie recency

Modell	Beta	T	Signifikanz	R- Quadrat
Konstante		2,653	0,009	
Gruppe2	-0,495	-5,766	0,000	
Alterx	-0,356	-4,586	0,000	
MWTIQ	0,324	3,539	0,000	0,342

Tab. 15: Regressionsmodell: Strategiemaße / Zweittestung

Optimales Regressionsmodell, geordnet nach Einflussstärken der einzelnen Faktoren. MWTIQ Mehrfach Wortschatztest zur Bestimmung des Intelligenzquotienten

Für die Zweittestung zeigt Tab.15 das optimale Regressionsmodell, geordnet nach Einflussstärken der einzelnen Faktoren. Für die Analyse angebotene Faktoren sind die Strategiemaße (stratwievuvor Dg1-5c, Zwei Dg1-5c, stratwievuvor Dg7c, Zwei

Dg7c), der Gruppenfaktor, das Bildungsmaß (MWTIQ) und das Alter. Das Modell erklärt 34,2 % der Leistungsvarianz. Der Gruppenfaktor, das Alter und der Bildungsfaktor werden in das optimale Regressionsmodell mit einbezogen.

4.4 Figurales Gedächtnis / DCS

4.4.1 Konventionelle Leistungsmaße

Die figuralen Lern- und Gedächtnisleistungen der drei Gruppen sind in Abb. 34 abgebildet. Die Effekte von Gruppenzugehörigkeit und Messzeitpunkt auf die Leistungsparameter der verschiedenen Durchgänge (Dg1 und Dg5) wurden mit Hilfe einer MANCOVA geprüft. In diese Analyse geht der Messzeitpunkt (MZP) als messwiederholter Faktor (prä-/postop bzw. Erst-/Zweittestung) und der Faktor „Gruppe“ (GesPbn, R-TLE, L-TLE) als Gruppenfaktor ein; Alter und Bildung (MWTIQ) werden als Kovariate berücksichtigt. Die univariate Analyse ergibt einen signifikanten Zwischensubjekteffekt des Alters ($F_{1,194} = 38,284$, $p = 0,000$), Bildung ($F_{1,194} = 18,027$, $p = 0,000$) und der Gruppe ($F_{2,194} = 22,476$; $p = 0,000$). Für den Messzeitpunkt (MZP) ($F_{1,194} = 0,066$, $p = 0,798$) konnte kein Haupteffekt gefunden werden. Dieser Effekt bleibt auch bei Berücksichtigung von Alter und Bildung bestehen. Bei der multivariaten Analyse der Innersubjekteffekte zeigte sich kein signifikanter Interaktionseffekt von MZP mit Alter, Bildung oder der Gruppe ($F_{2,194} = 0,025$, $p = 0,975$).

Zunächst wird der Gruppenvergleich zwischen GesPbn, R-TLE und L-TLE im Dg1 und Dg5 (Lernen) mittels ANOVA (post-hoc: Scheffé) für Ergebnisse der Erst- und Zweittestung berichtet. In beiden Tests erreichten die Probanden in allen Maßen signifikant höhere Leistungen als die Patienten. Die Leistungsmaße der beiden Patientengruppen unterschieden sich weder prä- noch postoperativ in einem der betrachteten Durchgänge. Die Analyse der Summe der Leistungen von Dg1 bis Dg5 erbrachte die gleichen Ergebnisse wie die alleinige Analyse des Dg5.

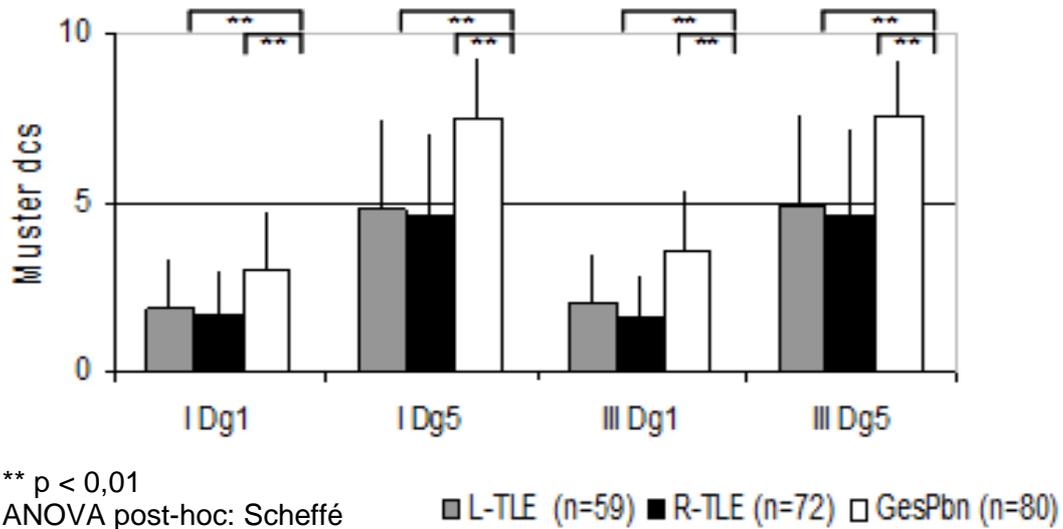


Abb. 34: DCS / konventionelle Leistungsmaße

Die Abbildung zeigt die figuralen Lern- und Gedächtnisleistungen der drei Gruppen (L-TLE, R-TLE, GesPbn) als für die einzelnen Lern- und Abrufdurchgänge ermittelten Gruppenmittelwerte mit Standardabweichung. Die Darstellung erfolgt getrennt nach den Lerndurchgängen (Dg1, Dg5) für den DCS I und DCS III. Die Ergebnisse des paarweisen Gruppenvergleichs mittels post-hoc Scheffé-Test sind in der Abbildung mit den entsprechenden Signifikanzniveaus vermerkt.

4.4.2 Abrufhäufigkeiten auf Itemebene

Der prozentuale Anteil von Probanden/Patienten, die eine bestimmte Figur der Lernliste in einem bestimmten Durchgang (Dg1, Dg5) abrufen konnten, wurde in den Abbildungen 35-38 dargestellt und mit Hilfe von multiplen paarweisen Chi²-Tests, auf paarweise Gruppenunterschiede geprüft (ohne Korrektur für multiple Vergleiche). Die Ergebnisse dieser Gruppenvergleiche sind in Tabelle 16 aufgeführt.

DCS I									
Muster									
DCS I Dg1	/	P>R=L	/	/	/	P>R	/	/	/
DCS I Dg5	P>L	/	P>R=L	/	/	P>R=L	/	P>L	/
DCS III									
Muster									
DCS III Dg1	/	/	P>R	P>L	/	/	/	P>R=L	/
DCS III Dg5	/	P>R=L	P>R=L	/	/	P>R=L	/	/	/

Tab. 16: Abrufhäufigkeit auf Itemebene: Multiple paarweise χ^2 -Tests.
 Gruppenunterschiede (>): $p < 0,05$.
 P = gesunde Probanden; R = R-TLE; L = L-TLE.

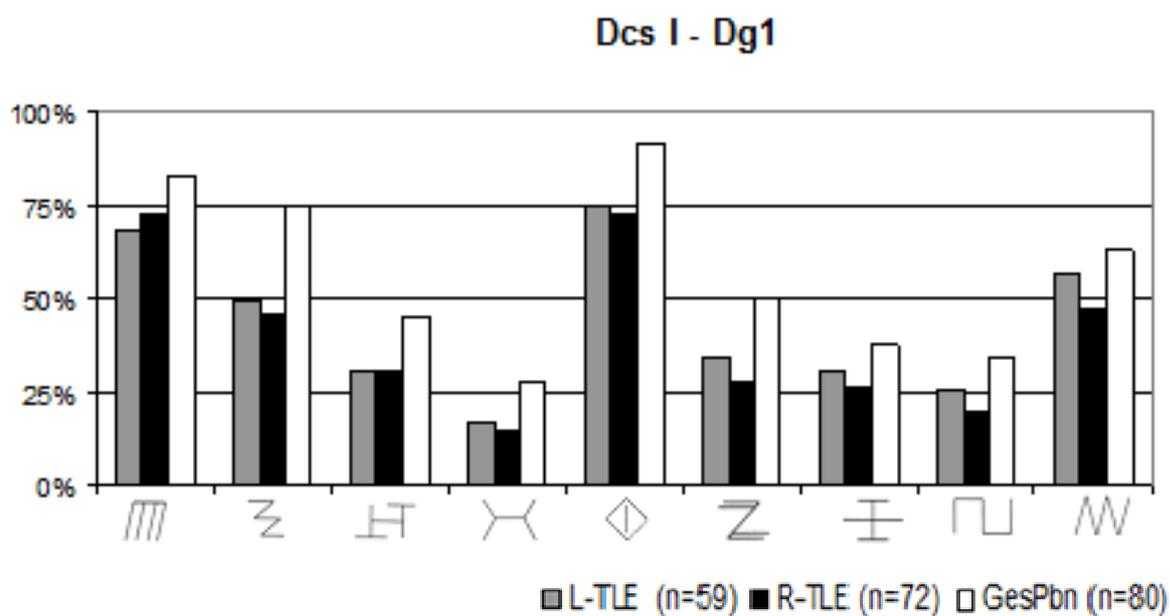


Abb. 35: DCS I / Dg1: Prozentuale Abrufhäufigkeiten auf Itemebene
 Die Abbildung zeigt die prozentualen Abrufhäufigkeiten der einzelnen Items für den DCS I / Dg1 für die Gruppen (L-TLE/ R-TLE/ GesPbn).

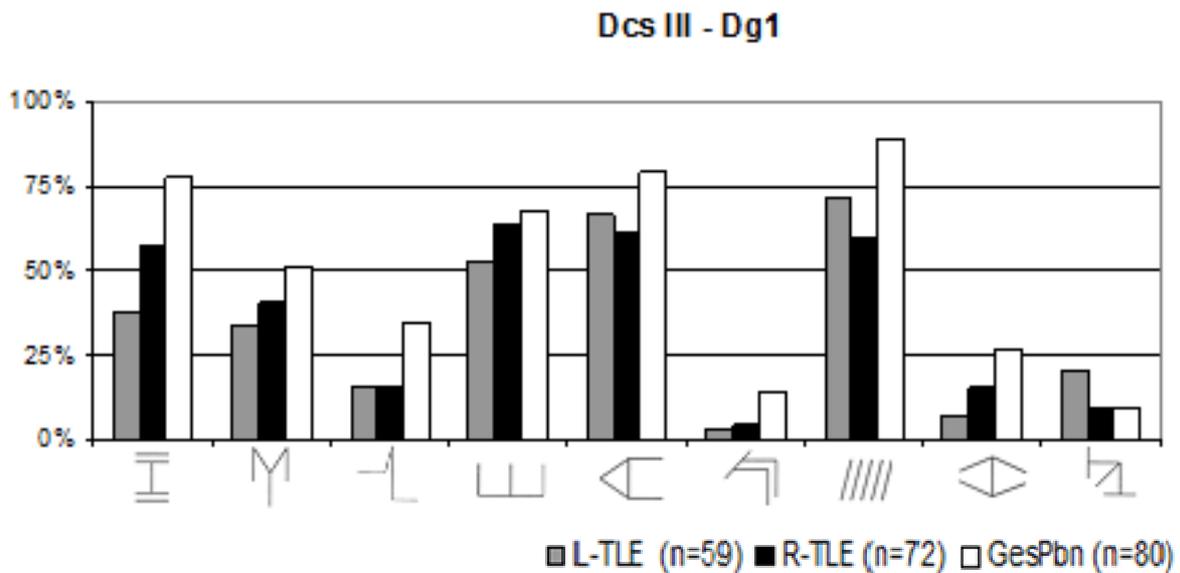


Abb. 36: DCS III / Dg1: Prozentuale Abrufhäufigkeiten auf Itemebene
Die Abbildung zeigt die prozentualen Abrufhäufigkeiten der einzelnen Items für den DCS III / Dg1 für die Gruppen (L-TLE/ R-TLE/ GesPbn).

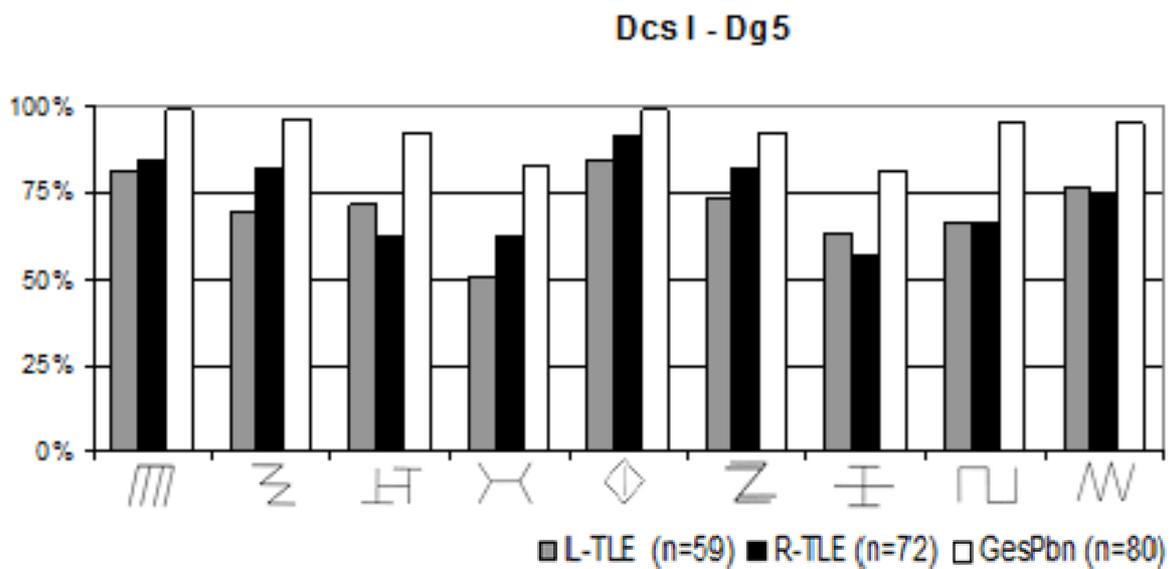


Abb. 37: DCS I / Dg5: Prozentuale Abrufhäufigkeiten auf Itemebene
Die Abbildung zeigt die prozentualen Abrufhäufigkeiten der einzelnen Items für den DCS I / Dg5 für die Gruppen (L-TLE/ R-TLE/ GesPbn).

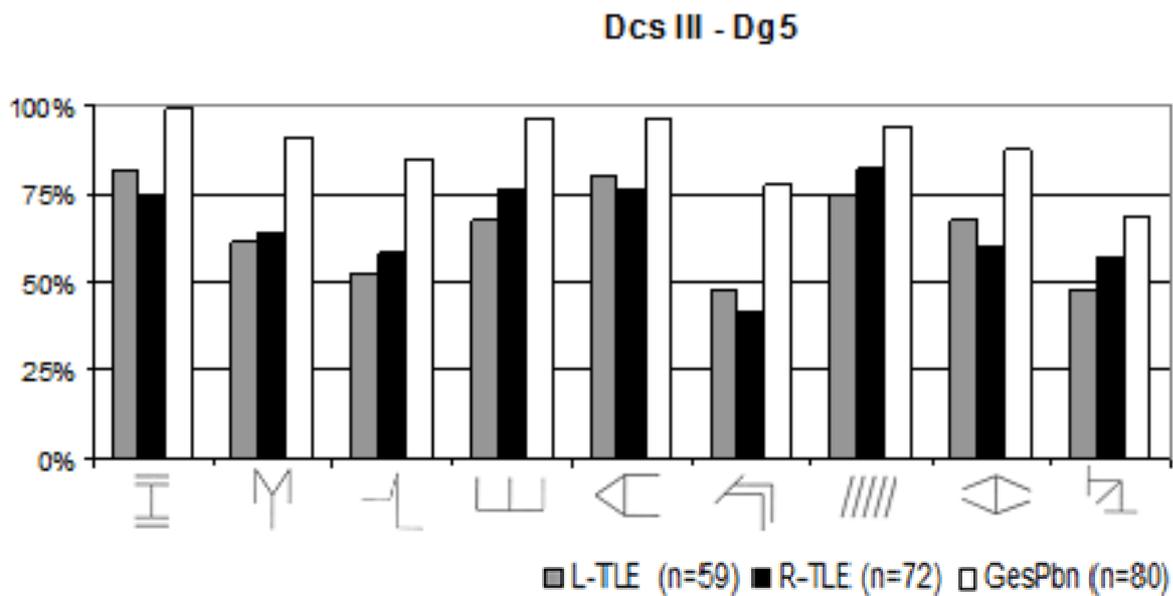


Abb. 38: DCS III / Dg5: Prozentuale Abrufhäufigkeiten auf Itemebene
Die Abbildung zeigt die prozentualen Abrufhäufigkeiten der einzelnen Items für den DCS III / Dg 5 für die Gruppen (L-TLE/ R-TLE/ GesPbn).

In Dg1 des DCS gibt es keine Unterschiede zwischen den Leistungen der Erst- und Zweittestung innerhalb der einzelnen Gruppen. Untereinander unterscheiden sich die Leistungen zwischen den Probanden und Patienten, wobei die Probanden höhere Leistungen erzielten, nicht aber zwischen den beiden Patientengruppen R-TLE und L-TLE. Es ergibt sich kein Hinweis auf einzelne Figuren, die den Patienten besondere Schwierigkeiten machen würden oder auf Positionseffekte (z.B. Unterschiede nur in Figuren aus der Listenmitte).

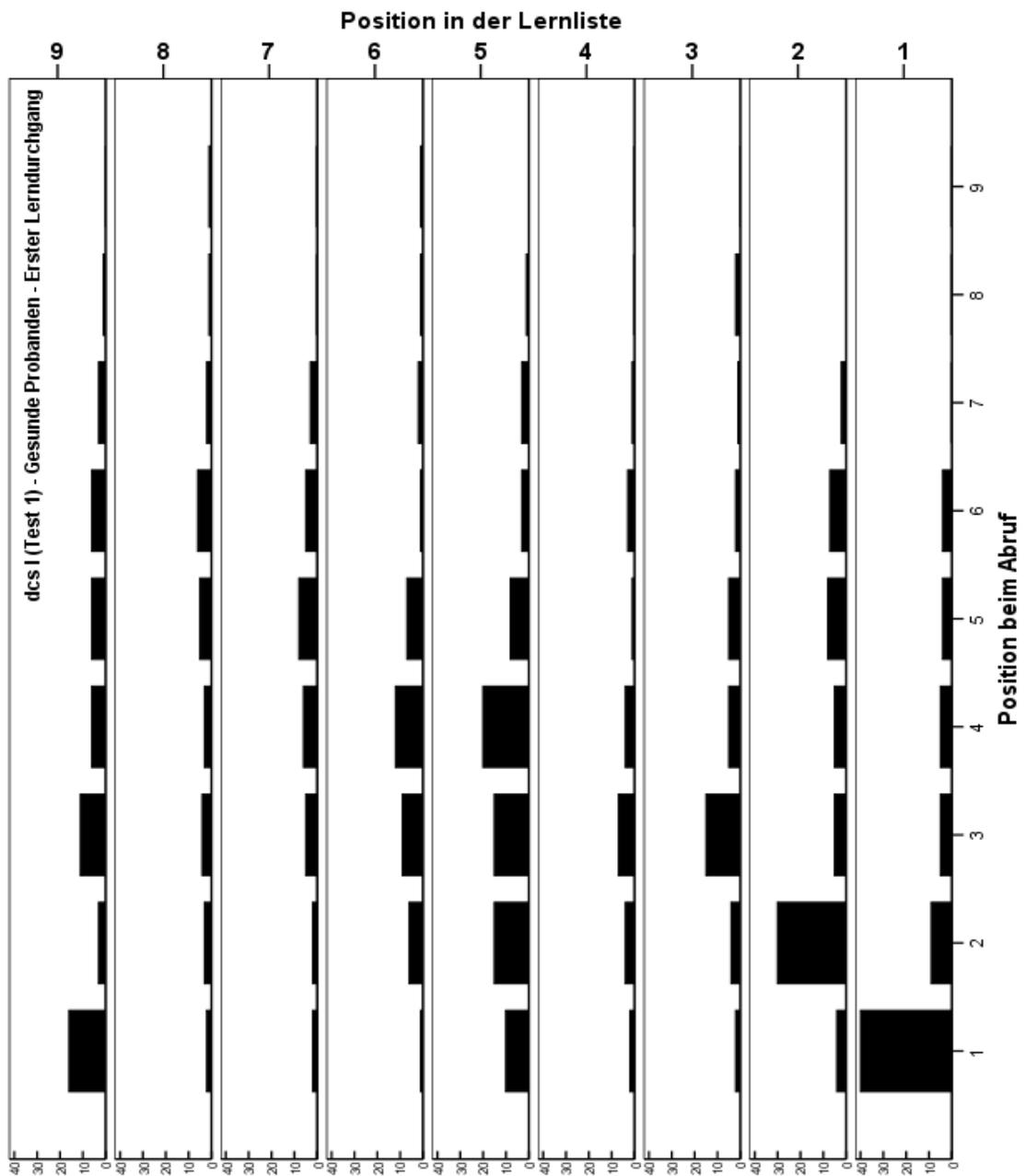
Vor allem im DCS I deutet sich das Auftreten von primacy- und schwächer ausgeprägt von recency Effekten an. Im Vordergrund stehen jedoch itemspezifische Effekte. Diese sind im DCS I: Caro (Item 5), im DCS III: gedrehtes E (4), gedrehtes Haus (5) und schräge Parallelen (7), welche in Dg1 besonders leicht abgerufen werden konnten (siehe Abb.35, 36).

Auch in Dg5 zeigt sich innerhalb der Gruppen kein Leistungsunterschied zwischen dem Erst- und Zweittest. Wie schon in Dg1 zeigen die Probanden bessere Leistungen als die Patienten, wobei die Leistungsunterschiede in beiden Tests relativ gleichmäßig auf die Items verteilt sind. Die R-TLE und L-TLE zeigen bei keinem Item einen signifikanten Leistungsunterschied (siehe Abb.35-38), (siehe Tab.16).

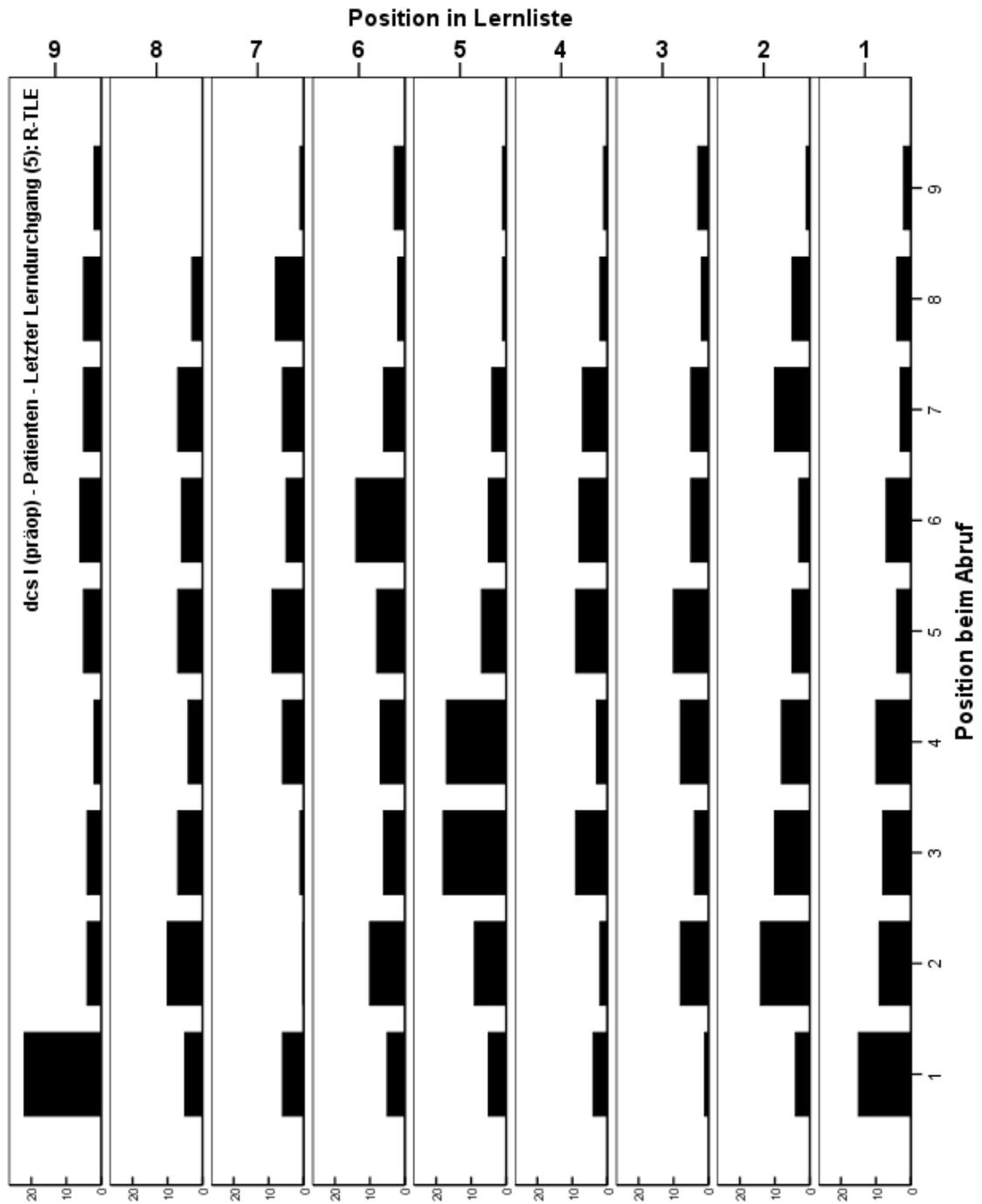
In den folgenden Abb.39a-d wurden gruppenweise die Abrufhäufigkeiten der einzel-

nen Items (Y-Achse, links) entsprechend ihrer unveränderlichen Position in der Lernliste (Y-Achse, rechts) gegen die veränderliche Position in der Abrufreihe (X-Achse) abgetragen.

39 a:



39 c:



Abrufhäufigkeiten der Items

Im ersten Lerndurchgang der Ersttestung zeigen sich sowohl bei den Probanden als auch in beiden Patientengruppen (R-TLE, L-TLE) der ausgeprägtere primacy- und der recency-Effekt. Die Abbildungen zeigen darüber hinaus, dass primacy-Figuren in Dg1 in allen Gruppen häufig zuerst abgerufen werden. Im Dg 5 zeigt sich bei den GesPbn eine höhere Übereinstimmung von Lern- und Abrufposition der abgerufenen Items als in den Patientengruppen, auch wenn diese nicht so groß ist wie beim verbalen Lern- und Abrufvorgang. In den Patientengruppen erscheinen die Abrufpositionen dagegen wesentlich variabler und beliebig in Bezug auf die Lernposition des Items.

Die Grafiken der Zweittestung zeigen analoge Effekte zu denen der Ersttestung. Lediglich bei den Probanden zeigt sich eine deutlich geringere bis gar keine Einhaltung der durch die Lernliste vorgegebenen Reihenfolge.

Zusammenfassend erbrachten die GesPbn eine höhere Lern- und Abrufleistung im figuralen Gedächtnistest als die beiden Gruppen der Epilepsiepatienten. Die Leistungen der R-TLE und L-TLE unterschieden sich bezüglich der konventionellen Leistungsmaße nicht. Die Leistungsunterschiede der GesPbn zu den Patienten waren gleichmäßig auf alle Listenpositionen verteilt. Anders als beim verbalen Gedächtnistest standen itemspezifisch vermehrte Nennungen im Vordergrund, auch wenn sich im DCS I der primacy Effekt und schwächer der recency Effekt in allen Gruppen andeuteten.

Der Vergleich der Position in der Lernliste mit der Abrufposition ergab für die Ersttestung eine höhere Übereinstimmung bei den GesPbn als in den Patientengruppen; diese war jedoch nicht so eindrücklich wie im verbalen Gedächtnistest. In der Zweittestung konnte die Einhaltung der Lernreihenfolge beim freien Abruf weder bei den Patienten noch bei den GesPbn nachgewiesen werden.

4.4.3 Prozessvariable: Positionsmaße

Die multivariate Analyse der konventionellen Positionsmaße ergibt einen signifikanten Zwischensubjekteffekt des Alters ($F_{1,194} = 16,882$, $p = 0,000$), der Bildung ($F_{1,194} = 5,297$, $p = 0,022$) und der Gruppe ($F_{2,194} = 10,324$, $p = 0,000$). Für den MZP ($F_{1,194} = 2,026$, $p = 0,156$) konnte im Gegensatz dazu kein Haupteffekt gefunden werden.

Überdies zeigt sich kein signifikanter Interaktionseffekt des MZP mit der Gruppe ($F_{2,194} = 2,738$, $p = 0,067$) oder in der Interaktion des MZP mit Alter und Bildung.

In der weiterführenden, univariaten Analyse der Zwischensubjekteffekte ergibt sich ein signifikanter Effekt von Alter, Bildung und Gruppe in allen betrachteten Durchgängen.

In einer anschließenden, multivariaten Analyse (post-hoc: Scheffé) werden die beschriebenen Gruppenunterschiede einer genaueren Analyse unterzogen. Hierbei ist zu berücksichtigen, dass einige in der ANOVA aufgedeckten Gruppenunterschiede im Scheffé Test nicht auftreten.

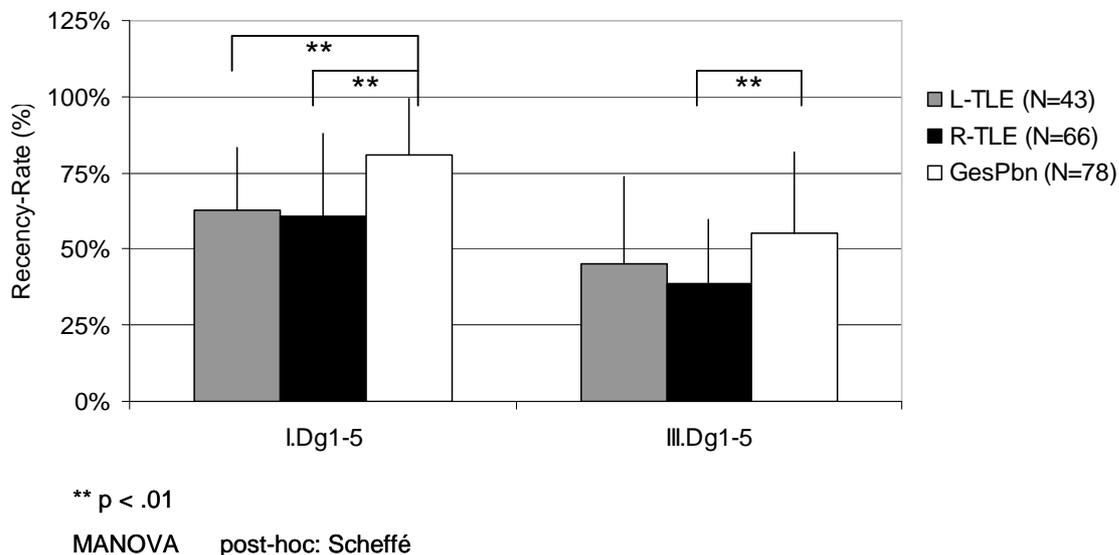


Abb. 40: Positionsmaße: recency-Rate

Die Abbildung zeigt die recency-Rate der drei Gruppen (L-TLE, R-TLE, GesPbn) als für die einzelnen Lern- und Abrufdurchgänge ermittelten prozentualen Gruppenmittelwerte mit Standardabweichung. Die Darstellung erfolgt als Summe der Lerndurchgänge (Dg1-5) für den DCS I und DCS III. Die Ergebnisse des multivariaten Gruppenvergleichs mittels post-hoc Scheffé-Test sind in der Abbildung mit den entsprechenden Signifikanzniveaus vermerkt.

Bei der Analyse der *recency-Rate* zeigten sich in der Erst- und Zweittestung signifikant höhere Werte der GesPbn gegenüber derer der R-TLE und in der Ersttestung auch gegenüber den Werten der L-TLE (siehe Abb.40).

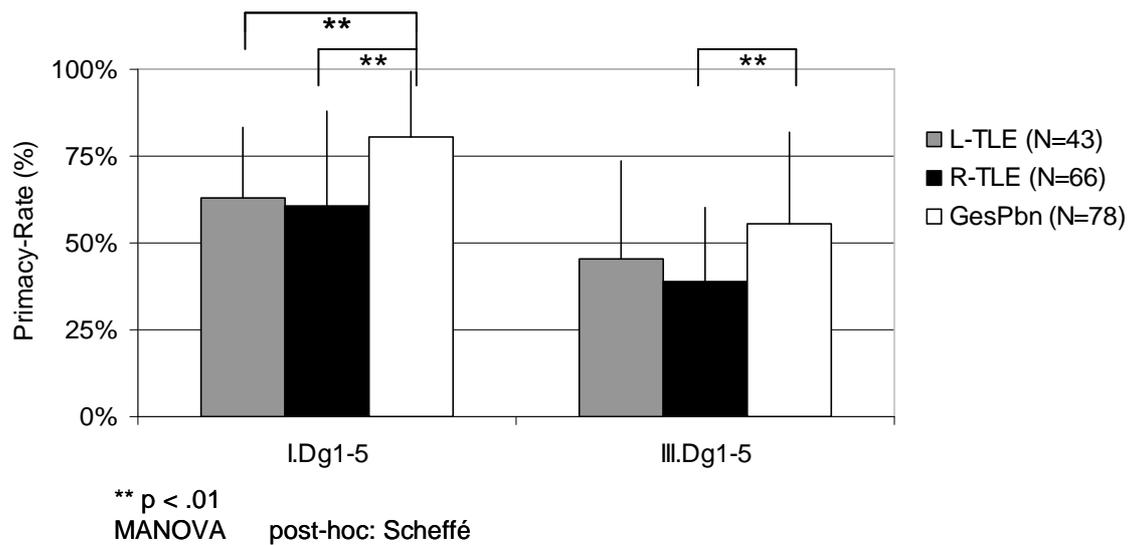


Abb. 41: Positionsmaße: primacy-Rate

Die Abbildung zeigt die primacy-Rate der drei Gruppen (L-TLE, R-TLE, GesPbn) als für die einzelnen Lern- und Abrufdurchgänge ermittelten prozentualen Gruppenmittelwerte mit Standardabweichung. Die Darstellung erfolgt als Summe der Lerndurchgänge (Dg1-5) für den DCS I und DCS III. Die Ergebnisse des multivariaten Gruppenvergleichs mittels post-hoc Scheffé-Test sind in der Abbildung mit den entsprechenden Signifikanzniveaus vermerkt.

Auch die Werte der *primacy-Rate* ergaben analog zu den Ergebnissen, die bei der Analyse der *recency-Rate* eruiert wurden, signifikant höhere Werte der GesPbn im Vergleich zu denen der R-TLE sowohl in der Erst- als auch in der Zweittestung und zusätzlich eine signifikant höhere *primacy-Rate* der GesPbn als die der L-TLE im DCS I (siehe Abb.41).

4.4.4 Prozessvariable: Externe Konsistenz

Die multivariate Analyse der externen Konsistenzmaße zeigt einen signifikanten Zwischensubjekteffekt des Alters ($F_{3,189} = 6,712$, $p = 0,000$) und der Gruppe ($F_{6,378} = 6,548$, $p = 0,000$), nicht aber für die Bildung ($F_{3,189} = 2,083$, $p = 0,194$) und den MZP ($F_{3,189} = 0,573$, $p = 0,634$). Ebenfalls ergab die Analyse keinen Interaktionseffekt des MZP mit der Gruppe ($F_{6,378} = 0,771$, $p = 0,593$), dem Alter oder der Bildung.

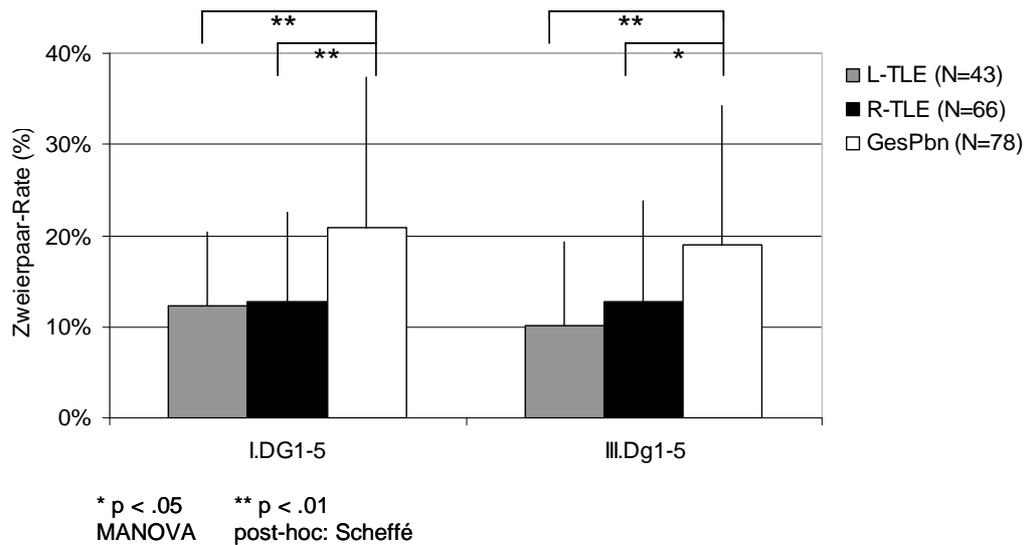


Abb. 42: Prozessvariable: externe Konsistenz / Zweierpaar Rate

Die Abbildung zeigt die Ergebnisse der Prozessvariable: Zweierpaar-Rate der drei Gruppen (L-TLE, R-TLE, GesPbn) für die einzelnen Lern- und Abrufdurchgänge in Prozent mit Standardabweichung. Die Darstellung erfolgt als Summe der Lerndurchgänge (Dg1-5) für den DCS I und DCS III. Die Ergebnisse des multivariaten Gruppenvergleichs, mittels post-hoc Scheffé-Test, sind in der Abbildung mit den entsprechenden Signifikanzniveaus vermerkt.

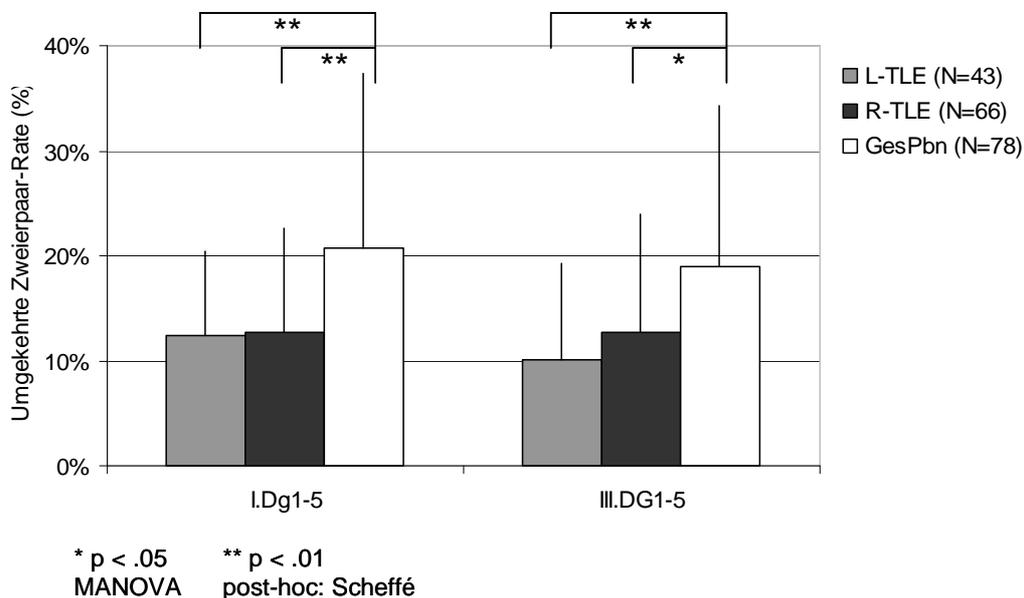


Abb. 43: Prozessvariable: externe Konsistenz / umgekehrte Zweierpaar Rate

Die Abbildung zeigt die Ergebnisse der Prozessvariable: umgekehrte Zweierpaar-Rate der drei Gruppen (L-TLE, R-TLE, GesPbn) für die einzelnen Lern- und Abrufdurchgänge in Prozent mit Standardabweichung. Die Darstellung erfolgt als Summe der Lerndurchgänge (Dg1-5) für den DCS I und DCS III. Die Ergebnisse des multivariaten Gruppenvergleichs, mittels post-hoc Scheffé-Test, sind in der Abbildung mit den entsprechenden Signifikanzniveaus vermerkt.

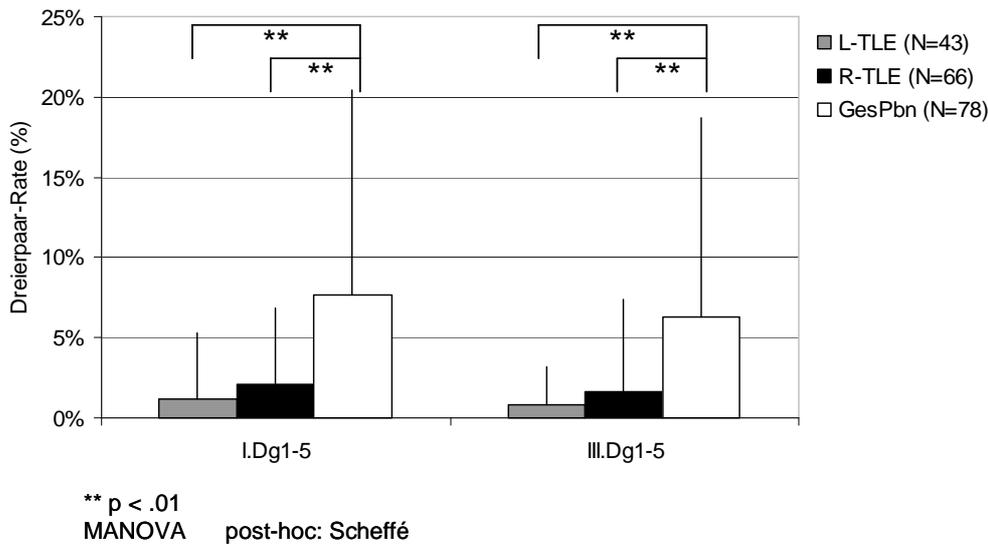


Abb. 44: Prozessvariable: externe Konsistenz / Dreierpaar Rate

Die Abbildung zeigt die Ergebnisse der Prozessvariable: Dreierpaar-Rate der drei Gruppen (L-TLE, R-TLE, GesPbn) für die einzelnen Lern- und Abrufdurchgänge in Prozent mit Standardabweichung. Die Darstellung erfolgt als Summe der Lerndurchgänge (Dg1-5) für den DCS I und DCS III. Die Ergebnisse des multivariaten Gruppenvergleichs, mittels post-hoc Scheffé-Test, sind in der Abbildung mit den entsprechenden Signifikanzniveaus vermerkt.

Die univariate Analyse der Zwischensubjekteffekte von Alter und Gruppe ergibt einen signifikanten Effekt in allen betrachteten Durchgängen, ausgenommen der *Maximal-Rate*.

Bei der Untersuchung der *Zweierpaar-*, *umgekehrten Zweierpaar-* und *Dreierpaar-Rate* zeigten sich beim DCS I und DCS III signifikant höhere Werte der GesPbn gegenüber den Werten beider Patientengruppen (siehe Abb.42-44).

4.4.5 Prozessvariable: Interne Konsistenz

Die multivariate Analyse der internen Konsistenzmaße ergibt lediglich einen signifikanten Zwischensubjekteffekt der Gruppe ($F_{4,386} = 8,640$, $p = 0,000$), nicht aber für Alter ($F_{2,193} = 3,019$, $p = 0,051$) und Bildung ($F_{2,193} = 0,514$, $p = 0,599$). Für den MZP ($F_{2,193} = 1,011$, $p = 0,366$) konnte ebenfalls kein Haupteffekt gefunden werden. Ebenfalls konnte kein signifikanter Interaktionseffekt des MZP mit der Gruppe ($F_{4,386} = 2,228$, $p = 0,065$) sowie in der Interaktion des MZP mit Alter und Bildung gefunden werden.

Die univariate Analyse ergibt einen signifikanten Zwischensubjekteffekt der Gruppe sowohl bei der *Übernommenen-Rate* als auch bei der *Vorhersagbar-Rate*.

Bei der *Übernommenen-Rate* zeigen sich in der Erst- und Zweittestung signifikant höhere Werte in der Gruppe der GesPbn als in beiden Patientengruppen. Zusätzlich ergibt sich im DCS III eine signifikant höhere *Übernommene-Rate* bei den R-TLE im Vergleich zu der Rate der L-TLE (siehe Abb.45).

Die Werte der *Vorhersagbar-Rate* liegen in der Erst- und Zweittestung bei den GesPbn signifikant über den Werten in beiden Patientengruppen (siehe Abb.46).

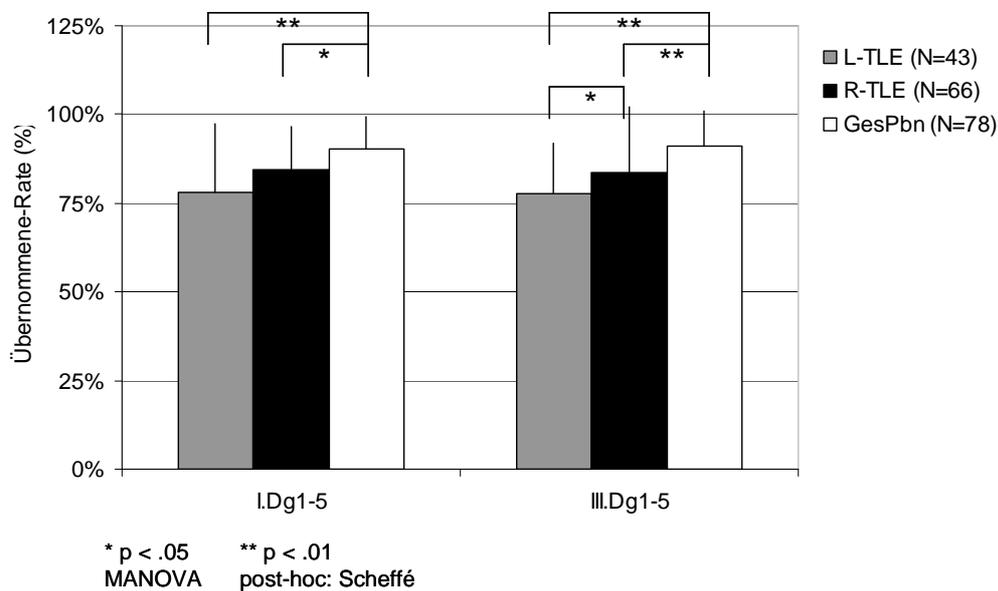


Abb. 45: Prozessvariable: interne Konsistenz / Übernommene Rate

Die Abbildung zeigt die Ergebnisse der Prozessvariable: Übernommene-Rate der drei Gruppen (L-TLE, R-TLE, GesPbn) für die einzelnen Lern- und Abrufdurchgänge in Prozent mit Standardabweichung. Die Darstellung erfolgt als Summe der Lerndurchgänge (Dg1-5) für den DCS I und DCS III. Die Ergebnisse des multivariaten Gruppenvergleichs, mittels post-hoc Scheffé-Test, sind in der Abbildung mit den entsprechenden Signifikanzniveaus vermerkt.

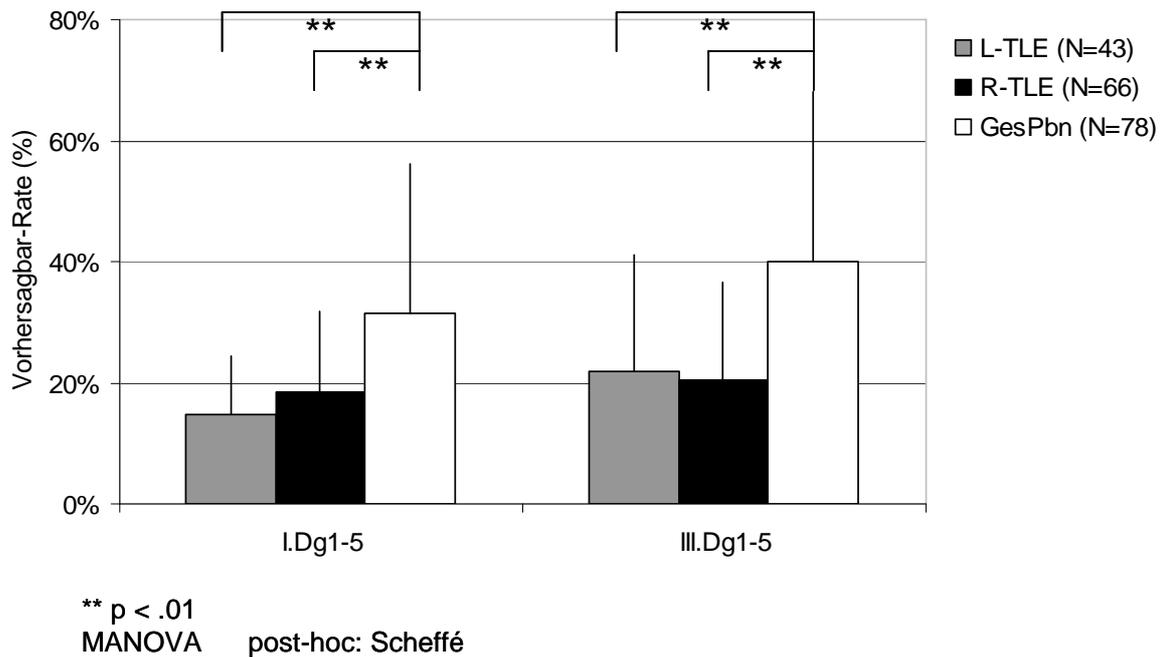


Abb. 46: Prozessvariable: interne Konsistenz / Vorhersagbar Rate

Die Abbildung zeigt die Ergebnisse der Prozessvariable: Vorhersagbar-Rate der drei Gruppen (L-TLE, R-TLE, GesPbn) für die einzelnen Lern- und Abrufdurchgänge in Prozent mit Standardabweichung. Die Darstellung erfolgt als Summe der Lerndurchgänge (Dg1-5) für den DCS I und DCS III. Die Ergebnisse des multivariaten Gruppenvergleichs, mittels post-hoc Scheffé-Test, sind in der Abbildung mit den entsprechenden Signifikanzniveaus vermerkt.

Die univariate Analyse Gesamt-Rate ergibt lediglich einen signifikanten Zwischensubjekteneffekt der Gruppe ($F_{2,194} = 12,870$, $p = 0,000$), des Alters ($F_{1,194} = 17,142$, $p = 0,000$) und der Bildung ($F_{1,194} = 5,445$, $p = 0,021$). Für den MZP ($F_{1,194} = 2,365$, $p = 0,126$) konnte im Gegensatz dazu kein Haupteffekt gefunden werden. Ebenfalls zeigte sich kein signifikanter Interaktionseffekt des MZP mit der Gruppe ($F_{2,194} = 0,994$, $p = 0,372$) oder der Bildung. Ein signifikanter Effekt ergab sich hingegen in der Interaktion von MZP und Alter ($F_{1,94} = 6,616$, $p = 0,011$).

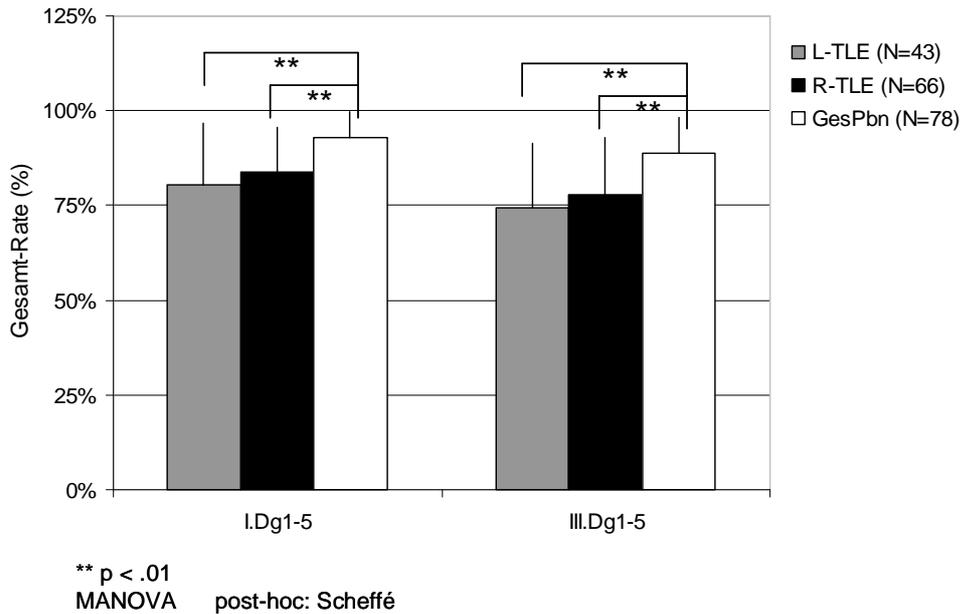


Abb. 47: Prozessvariable: Gesamt-Rate

Die Abbildung zeigt die Ergebnisse der Prozessvariable: Gesamt-Rate der drei Gruppen (L-TLE, R-TLE, GesPbn) für die einzelnen Lern- und Abrufdurchgänge in Prozent mit Standardabweichung. Die Darstellung erfolgt als Summe der Lerndurchgänge (Dg1-5) für den DCS I und DCS III. Die Ergebnisse des multivariaten Gruppenvergleichs, mittels post-hoc Scheffé-Test, sind in der Abbildung mit den entsprechenden Signifikanzniveaus vermerkt.

Die *Gesamt-Rate* der GesPbn übersteigt sowohl in der Erst- als auch in der Zweittesung die *Gesamt-Rate* beider Patientengruppen signifikant.

4.4.6 Strategiemaße

Die multivariate Analyse der Strategiemaße (*Strategie-wie-zuvor-Rate*, *Strategie-primacy-Rate* und *Strategie-recency-Rate*) ergibt lediglich einen signifikanten Zwischensubjekteffekt der Gruppe ($F_{6,384} = 3,064$, $p = 0,006$) und des Alters ($F_{3,192} = 4,331$, $p = 0,006$). Für den MZP ($F_{3,192} = 1,556$, $p = 0,202$) und die Bildung ($F_{3,192} = 1,438$, $p = 0,233$) konnte im Gegensatz dazu kein Haupteffekt gefunden werden. Ebenfalls zeigte sich kein signifikanter Interaktionseffekt des MZP mit der Gruppe ($F_{6,384} = 0,609$, $p = 0,723$), dem Alter oder der Bildung.

Die univariate Analyse der Zwischensubjekteffekte ergibt einen signifikanten Effekt der Gruppe sowohl bei der *Strategie wie zuvor-Rate* als auch bei der *Strategie primacy-Rate*.

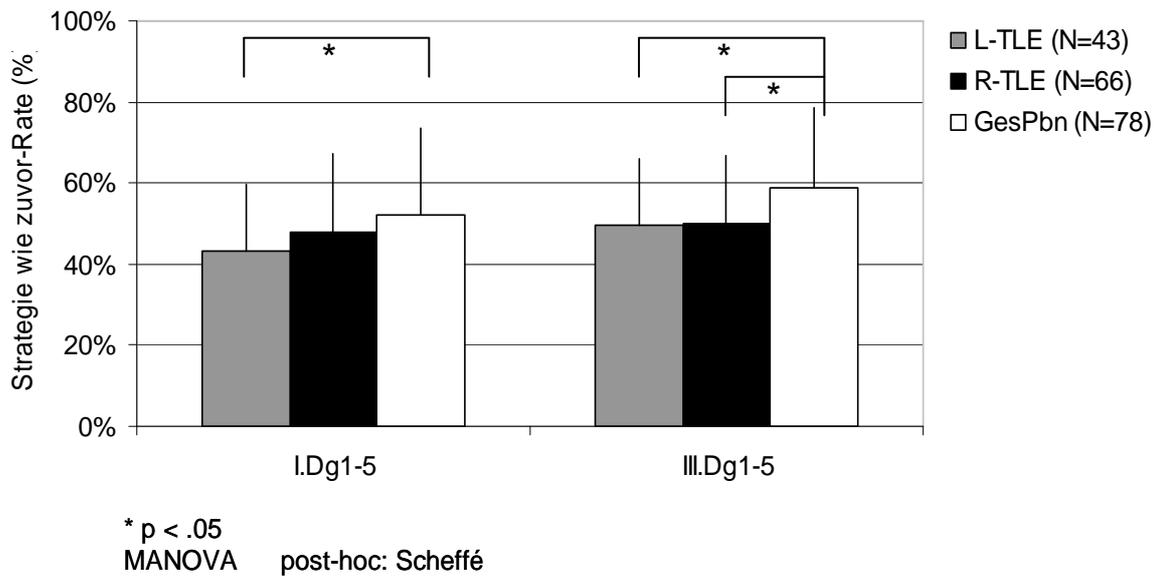


Abb. 48: Strategiemaß: Strategie wie zuvor-Rate

Die Abbildung zeigt die Ergebnisse der Strategiemaße: Strategie wie zuvor-Rate der drei Gruppen (L-TLE, R-TLE, GesPbn) für die einzelnen Lern- und Abrufdurchgänge in Prozent mit Standardabweichung. Die Darstellung erfolgt als Summe der Lern-durchgänge (Dg1-5) für den DCS I und DCS III. Die Ergebnisse des multivariaten Gruppenvergleichs, mittels post-hoc Scheffé-Test, sind in der Abbildung mit den entsprechenden Signifikanzniveaus vermerkt.

Die GesPbn erzielen im DCS I und DCS III eine signifikant höhere *Strategie wie zuvor-Rate* als die L-TLE und in der Zweittestung auch als die R-TLE (siehe Abb.48). Die *Strategie primacy-Rate* ergibt in der Erst- und Zweittestung einzig bei den GesPbn im Vergleich zu den L-TLE einen signifikant höheren Wert (siehe Abb. 49).

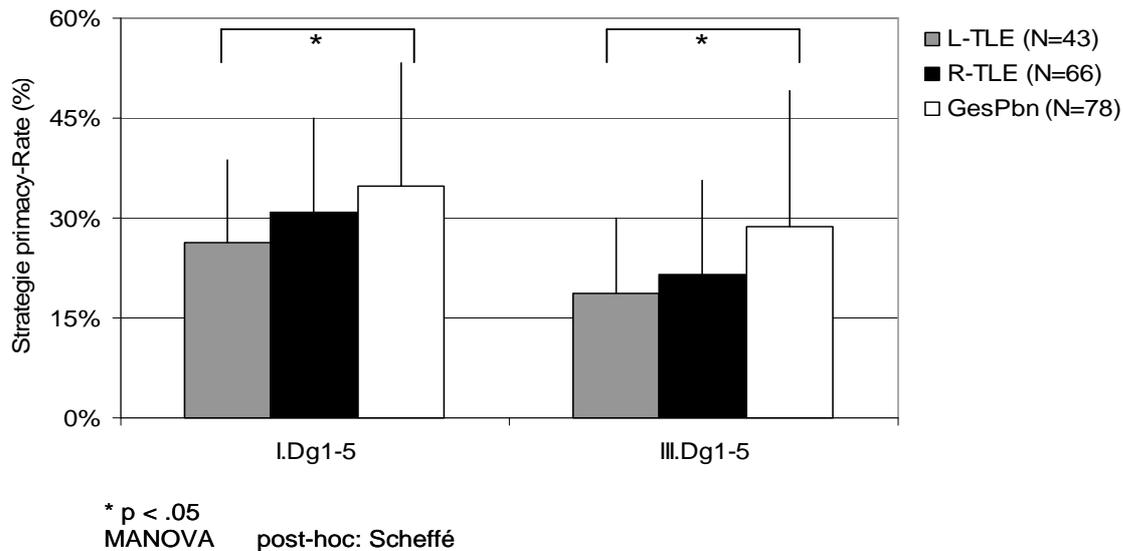


Abb. 49: Strategiemaß: primacy-Rate

Die Abbildung zeigt die Ergebnisse des Strategiemaß: primacy-Rate der drei Gruppen (L-TLE, R-TLE, GesPbn) für die einzelnen Lern- und Abrufdurchgänge in Prozent mit Standardabweichung. Die Darstellung erfolgt als Summe der Lerndurchgänge (Dg1-5) für den DCS I und DCS III. Die Ergebnisse des multivariaten Gruppenvergleichs, mittels post-hoc Scheffé-Test, sind in der Abbildung mit den entsprechenden Signifikanzniveaus vermerkt.

Über die Positionsmaße kann zusammenfassend gesagt werden, dass die GesPbn höhere Werte in den *primacy-* und *recency-Raten* erzielten als die R-TLE und in der Ersttestung auch als die L-TLE. Bei den Werten der externen und internen Konsistenz erbrachten die GesPbn durchgehend bessere Ergebnisse als beide Patientengruppen. Die Patientengruppen unterschieden sich nur im DCS III bei der *übernommen Rate*, als Wert der internen Konsistenz, mit höheren Werten der R-TLE als die der L-TLE. Bei den Strategiemaßen erreichten die GesPbn bei der *Strategie wie zuvor* und bei der *Strategie primacy Rate* eine höhere Rate als die L-TLE. Bei der *Strategie wie zuvor* hatten die GesPbn in der Zweittestung zusätzlich höhere Werte als die R-TLE.

4.4.7 Regressionsanalyse

Mit Hilfe der Regressionsanalyse (Methode: schrittweise) werden die Leistungsunterschiede zwischen den Individuen durch die Parameter Positionsmaße, Konsistenzmaße, Strategiemaße, Gruppenfaktor, Alter und Bildung aufgeklärt und damit die der Leistungsvarianz zugrunde liegenden Mechanismen aufgedeckt. Bei den folgenden Regressionsanalysen wird die Gesamtleistung Dg1-5 betrachtet.

Positionsmaße

Für die Ersttestung zeigt Tab.17 das optimale Regressionsmodell, geordnet nach Einflussstärken der einzelnen Faktoren. Für die Analyse angebotene Faktoren sind die Positionsmaße (rec-Rate Dg1-5.I, prim-Rate Dg1-5.I), der Gruppenfaktor, das Bildungsmaß (MWTIQ) und das Alter. Das Modell erklärt 57,3 % der Leistungsvarianz. In das Regressionsmodell einbezogen werden die primacy-Rate, das Bildungsmaß, das Alter und der Gruppenfaktor.

Modell	Beta	T	Signifikanz	R-Quadrat
Konstante		1,690	0,093	
Prim-Rate Dg1-5.I	0,429	8,273	0,000	
Gruppe2	-0,402	-5,414	0,000	
Alterx	-0,343	-5,385	0,000	
MWTIQ	0,242	3,109	0,002	0,573

Tab. 17: Regressionsmodell: Positionsmaße / Ersttestung

Optimales Regressionsmodell, geordnet nach Einflussstärken der einzelnen Faktoren. Prim-Rate primacy-Rate, MWTIQ Mehrfach Wortschatztest zur Bestimmung des Intelligenzquotienten

Modell	Beta	T	Signifikanz	R-Quadrat
Konstante		2,621	0,009	
Rec-Rate Dg1-5.III	0,595	15,117	0,000	
Gruppe2	-0,413	-7,079	0,000	
Alterx	-0,272	-5,344	0,000	
MWTIQ	0,197	3,163	0,002	0,724

Tab. 18: Regressionsmodell: Positionsmaße / Zweittestung

Optimales Regressionsmodell, geordnet nach Einflussstärken der einzelnen Faktoren. Rec-Rate recency-Rate, MWTIQ Mehrfach Wortschatztest zur Bestimmung des Intelligenzquotienten

Für die Zweittestung zeigt Tab.18 das optimale Regressionsmodell, geordnet nach Einflussstärken der einzelnen Faktoren. Für die Analyse angebotene Faktoren sind die Positionsmaße (rec-Rate Dg1-5.III, pri-Rate Dg1-5.III), der Gruppenfaktor, das Bildungsmaß (MWTIQ) und das Alter. Das Modell erklärt 72,4 % der Leistungsvarianz. In das Regressionsmodell einbezogen werden die *recency-Rate*, das Bildungsmaß, das Alter und der Gruppenfaktor.

Konsistenzmaße

Für die Ersttestung zeigt Tab.19 das optimale Regressionsmodell, geordnet nach Einflussstärken der einzelnen Faktoren. Für die Analyse angebotene Faktoren sind die Maße der internen Konsistenz (vorhers Dg1-5.I), der externen Konsistenz (Zwei Dg1-5.I), der Gruppenfaktor, das Bildungsmaß (MWTIQ) und das Alter. Das Modell erklärt 59,7 % der Leistungsvarianz. In das Regressionsmodell einbezogen werden ein Maß der internen Konsistenz, das Alter, das Bildungsmaß und der Gruppenfaktor.

Modell	Beta	T	Signifi- kanz	R-Quadrat
Konstante		2,850	0,005	
Vorhers Dg1-5.I	0,471	9,181	0,000	
Gruppe2	-0,341	-4,618	0,000	
Alterx	-0,325	-5,227	0,000	
MWTIQ	0,269	3,583	0,000	0,597

Tab. 19: Regressionsmodell: Konsistenzmaße / Ersttestung

Optimales Regressionsmodell, geordnet nach Einflussstärken der einzelnen Faktoren. Vorhers vorhersagbar, MWTIQ Mehrfach Wortschatztest zur Bestimmung des Intelligenzquotienten

Für die Zweittestung zeigt Tab.20 das optimale Regressionsmodell, geordnet nach Einflussstärken der einzelnen Faktoren. Für die Analyse angebotene Faktoren sind die Maße der internen Konsistenz (nvor.III), der externen Konsistenz (Zwei Dg1-5.III), der Gruppenfaktor, das Bildungsmaß (MWTIQ) und das Alter. Das Modell erklärt 61,6 % der Leistungsvarianz. In das optimale Regressionsmodell einbezogen werden das Maß der internen Konsistenz, das Bildungsmaß, das Alter und der Gruppenfaktor.

Modell	Beta	T	Signifi- kanz	R-Quadrat
Konstante		2,080	0,039	
Vorhers Dg1-5.III	0,541	10,452	0,000	
Alterx	-0,281	-4,645	0,000	
MWTIQ	0,275	3,769	0,000	0,616
Gruppe2	-0,248	-3,321	0,001	

Tab. 20: Regressionsmodell: Konsistenzmaße / Zweittestung

Optimales Regressionsmodell, geordnet nach Einflussstärken der einzelnen Faktoren. Vorhers vorhersagbar, MWTIQ Mehrfach Wortschatztest zur Bestimmung des Intelligenzquotienten

Strategiemaße

Für die Ersttestung zeigt Tab.21 das optimale Regressionsmodell, geordnet nach Einflussstärken der einzelnen Faktoren. Für die Analyse angebotene Faktoren sind die Strategiemaße (stratwievuvorDg1-5.I, stratrecency Dg1-5.I, stratprimacy Dg1-5.I), der Gruppenfaktor, das Bildungsmaß (MWTIQ) und das Alter. Das Modell erklärt 47,7 % der Leistungsvarianz. In das Regressionsmodell werden neben dem Gruppenfaktor, die Strategiemaße, das Alter und das Bildungsmaß einbezogen.

Modell	Beta	T	Signifi- kanz	R-Quadrat
Konstante		1,401	0,163	
Gruppe2	-0,483	-5,922	0,000	
Alterx	-0,401	-5,716	0,000	
Stratprimacy Dg1-5.I	0,344	4,580	0,000	
MWTIQ	0,319	3,737	0,000	
Stratrecency Dg1-5.I	0,205	2,820	0,005	0,477

Tab. 21: Regressionsmodell: Strategiemaße / Ersttestung

Optimales Regressionsmodell, geordnet nach Einflussstärken der einzelnen Faktoren. Stratprimacy Strategie primacy, Stratrecency Strategie recency

Modell	Beta	T	Signifi- kanz	R-Quadrat
Konstante		2,210	0,028	
Gruppe2	-0,544	-6,714	0,000	
Alterx	-0,379	-5,342	0,000	
MWTIQ	0,246	2,820	0,005	
Stratrecency Dg1-5.III	0,324	4,642	0,000	
Stratprimacy Dg1-5.III	0,252	3,580	0,000	0,458

Tab. 22: Regressionsmodell: Strategiemaße/ Zweittestung
 Optimales Regressionsmodell, geordnet nach Einflussstärken der einzelnen Faktoren. Stratrecency Strategie recency, Stratprimacy Strategie primacy

Für die Zweittestung zeigt Tab.22 das optimale Regressionsmodell, geordnet nach Einflussstärken der einzelnen Faktoren. Für die Analyse angebotene Faktoren sind die Strategiemaße (stratwievuvor Dg1-5.III, stratrecency Dg1-5.III, stratprimacy Dg1-5.III), der Gruppenfaktor, das Bildungsmaß (MWTIQ) und das Alter. Das Modell erklärt 45,8 % der Leistungsvarianz. In das optimale Regressionsmodell werden ebenfalls neben dem Gruppenfaktor, die Strategiemaße, das Alter und das Bildungsmaß einbezogen.

5. Diskussion

5.1 Faktorenanalyse

Die Faktorenanalyse als Prüfung der Zusammenfassbarkeit einzelner Variablen zu einem von den anderen unabhängigen Faktor rechtfertigt die im weiteren Verlauf der Arbeit durchgeführte unabhängige Betrachtung der Gedächtnismodalitäten figurales und verbales Lernen bzw. Gedächtnis. Die Unabhängigkeit dieser Gedächtnismodalitäten zeigt eine fehlende Vorhersagbarkeit der figuralen Lernleistungen aus den erbrachten verbalen Leistungen und stützt damit den häufig postulierten Materialeffekt (Elger et al., 1995; Glosser et al., 1998; Helmstaedter und Elger, 2009; Lah et al., 2006). Inwieweit sich der Materialeffekt bestätigen lässt und worin die Leistungsunterschiede im figuralen und verbalen Testteil bestehen wird im Folgenden weiter diskutiert.

Bei den gesunden Probanden werden Lern- und Gedächtnisleistung als voneinander unabhängige Faktoren dargestellt. Eine mögliche Ursache der fehlenden Korrelation dieser beiden Faktoren, bietet der so genannte Deckeneffekt. Das heißt, dass durch eine sowohl perfekte Lern- als auch Gedächtnisleistung kein Zusammenhang der beiden Parameter aufgedeckt werden kann.

In beiden Patientengruppen lässt sich die präoperative Lern- und Gedächtnisleistung miteinander korrelieren und wird als ein gemeinsamer Faktor ausgegeben. Postoperativ scheint sich dies zu ändern, da Lern- und Gedächtnisleistung als verschiedene Faktoren zur Aufklärung der Gesamtvarianz beitragen. Das heißt, der durchgeführte neurochirurgische Eingriff könnte die Lern- und Gedächtnisleistung in unterschiedlichem Maße beeinflusst und damit zu dieser Änderung geführt haben (Helmstaedter und Elger, 1996).

5.2 Verbales Gedächtnis / VLMT

Im Einleitungsteil wurde deutlich, dass der Hippocampus bzw. der mediale Temporallappen eine entscheidende Rolle in der Verarbeitung episodischer Gedächtnisinhalte spielt. Wie jedoch ebenfalls dargelegt gibt es unterschiedliche Ansichten zu den

zugrunde liegenden Mechanismen, durch die der Hippocampus an der episodischen Gedächtnisbildung beteiligt ist.

Die Hauptthese der Studie besagt, dass die Gesamtleistung von Gedächtnistests durch die Anwendung impliziter, von der Aufgabenstellung nicht geforderter, assoziativer Lernprozesse positiv beeinflusst wird. Diese These wird ganz allgemein durch die Bedeutung der Prozessvariablen für die Gesamtleistung im verbalen Lern- und Gedächtnistest gestützt. Ferner könnten diese assoziativen Lernprozesse das Wesen der Funktion des medialen Temporallappens ausmachen und somit einen Erklärungsansatz der episodischen Gedächtnisdefizite bei Schädigung dieser Strukturen aufzeigen. Der im weiteren Verlauf dargelegte postoperative Einfluss von Prozessvariablen ist dahingehend besonders informativ.

Es zeigt sich vor allem ein starker Einfluss der internen Konsistenz, d.h. das Einhalten der Abrufreihenfolge wie im vorangegangenen Durchgang, so dass sich besonders die interne Assoziation als relevant für die erbrachte Gesamtleistung erweist. Ferner zeichnet sich aber auch eine Orientierung an der vorgegebenen Reihenfolge der Wörter (externe Konsistenz) als günstig ab. Die für die Gesamtleistung wichtige interne Konsistenz wird bei den L-TLE postoperativ in wesentlich geringerem Maße gefunden als bei den GesPbn oder R-TLE, entsprechend der Hypothese, dass ein resektiver Eingriff am linken TL die Fähigkeit zur impliziten Assoziation beeinträchtigt.

5.2.1 Konventionelle Leistungsmaße

Epileptogene Pathologien des Temporallappens sind mit einer Beeinträchtigung des episodischen Gedächtnisses assoziiert. Bereits 1861 beschrieb Reynolds erstmals allgemeine Gedächtnisdefizite bei Epilepsiepatienten, vor allem bei Temporallappenepilepsie, welche in zahlreichen neueren Studien immer wieder bestätigt und hinsichtlich der Gedächtnismodalität: episodisches Gedächtnis, ergänzt wurden (Hermann und Seidenberg, 2008; Helmstaedter, 2005).

Bereits präoperativ zeigen Epilepsiepatienten mit nachgewiesenen Schädigungen des Temporallappens im Vergleich zu gesunden Probanden, unabhängig von Alter und Bildung, sowohl in den vorliegenden Daten als auch zahlreich in der Literatur beschrieben, eine Beeinträchtigung ihrer episodischen Lern- und Gedächtnisleistungen. Da in der vorliegenden Studie keine Patienten mit extratemporalen Epilepsien

untersucht wurden, kann nicht ausgeschlossen werden, dass andere fokale (unilaterale) Epilepsien (z.B. Frontallappenepilepsie) ähnliche Leistungsdefizite wie die TLE verursachen. Mittels fMRI wurde sowohl im Hippocampus und dem linken Temporallappen als auch im frontalen Cortex des menschlichen Gehirns eine Aktivierung bei der Bildung neuer verbaler Gedächtnisinhalte nachgewiesen (Sederberg et al., 2007). Der Temporallappen unterliegt in seiner Funktion in einem gewissen Umfang dem stets postulierten Lateralisationseffekt, wobei der linke Temporallappen mit der verbalen Gedächtnisfunktion assoziiert ist. Die aktuellen Daten bestätigten die Annahme, dass linkshemisphärische Schädigungen mit verstärkten verbalen Gedächtnisbeeinträchtigungen assoziiert sind (*Lateralisationseffekt*). Dementsprechend lagen die präoperativen Leistungen der Patienten mit linksseitiger Schädigung im freien verbalen Abruf nach Distraction oder Verzögerung unter den Leistungen gesunder Probanden sowie der Patienten mit rechtsseitiger Schädigung. Die Daten bestätigen damit den in vorangegangenen Studien beschriebenen Lateralisationseffekt des verbalen Gedächtnisses auf den linken Temporallappen (Elger et al., 1995; Glosser et al., 1998; Lah et al., 2006) und schlechtere verbale Gedächtnisleistung von Patienten mit linksseitiger Temporallappenschädigung (Giovagnoli und Avabizini, 1999; Helmstaedter und Elger, 2009).

Linkstemporale epilepsiechirurgische Eingriffe führen zu einer zusätzlichen Beeinträchtigung der bereits präoperativ, durch epileptogen geschädigtes Hirngewebe reduzierten Lern- und Gedächtnisleistung (Helmstaedter und Elger, 1996b). Rechtstemporale Eingriffe verschlechterten die postoperative verbale Gedächtnisleistung hingegen nicht weiter.

Dementsprechend blieb der präoperativ beschriebene Lateralisationseffekt postoperativ sogar in stärkerem Ausmaß bestehen, d.h. die bereits präoperativ bestehenden lateralisationsabhängigen Defizite verstärkten sich noch durch die Operation.

Um die postoperativen Leistungsveränderungen der Patienten vom VLMT-A zum VLMT-C zu objektivieren, muss die vergleichende Untersuchung der Leistungen der Probanden in der Erst- und Zweittestung betrachtet werden. Diese ergab einen Leistungsabfall in der zweiten Testung, was auf eine größere Aufgabenschwierigkeit des VLMT-C gegenüber dem VLMT-A hinweist. Die Leistungsverschlechterungen im freien verzögerten Abruf, die sich bei den R-TLE postoperativ zeigten, lagen voll-

ständig im Rahmen der bei gesunden Probanden beobachteten Veränderungen und sind damit der größeren Aufgabenschwierigkeit und vermutlich nicht einem OP-Effekt zuzuschreiben. Die beschriebene fehlende Verschlechterung bzw. gar eine Verbesserung der verbalen Gedächtnisleistungen von R-TLE nach epilepsiechirurgischen Eingriffen deutete sich bereits bei einer Testung mit dem CVLT an (Hermann et al., 1992).

Nach linkstemporalem epilepsiechirurgischem Eingriff zeigte sich dagegen ein OP-Effekt durch eine zusätzliche Beeinträchtigung der bereits präoperativ reduzierten Lern- und Gedächtnisleistung, die weit über die bei R-TLE und GesPbn beobachteten Veränderungen hinausgingen.

Da bei den meisten L-TLE Patienten die temporomesialen Strukturen ebenfalls entfernt wurden, war eine Prüfung des Effekts temporomesialer vs. temporolateraler Eingriffe nicht möglich.

5.2.2 Abrufhäufigkeiten auf Itemebene

Die dem primacy-/recency-Effekt zu Grunde liegenden neuropsychologischen Mechanismen, scheinen durch die TLE weitgehend unbeeinträchtigt.

Bei den GesPbn zeichnete sich in den Lerndurchgängen die typische Positionskurve ab, im letzten Dg war diese durch die steigende Gesamtleistung (*Deckeneffekt*) jedoch bereits nicht mehr auszumachen.

Auch bei den TLE Patienten war die Positionskurve in den Lerndurchgängen deutlich erkennbar.

In einem frühen Experiment zum seriellen Positionseffekt traten analog hierzu beim freien Abruf einer Wortliste ohne vorherige Verzögerung bei Probanden ebenfalls sowohl primacy- als auch recency-Effekte auf (Glanzer und Cunitz, 1966).

Primacy- und recency Effekte scheinen wenig zur Steigerung der Langzeitgedächtnisleistung beizutragen. In der vorliegenden Studie ließen sich keine Nachwirkungen des primacy- oder recency-Effekts aus der Lernphase in die spätere Abrufphase nachweisen und scheinen daher beide wenig zur Langzeitgedächtnisleistung nach Distraction und nach Ablauf des Behaltensintervall beizutragen.

Bei einem Abruf nach Verzögerung zeigte sich bei Glanzer und Cunitz 1966 dagegen nur der primacy Effekt. Dies entspricht der Theorie, dass der primacy Effekt eher dem

Langzeitgedächtnis und der recency Effekt eher dem Kurzzeitgedächtnis zuzuschreiben ist.

Die Leistungsunterschiede zwischen den Gruppen lassen sich nicht auf der Ebene einzelner Items erklären. Die serielle Positionskurve der Lerndurchgänge wurde in allen Gruppen zwar von einzelnen Wörtern mit besonderer phonematischer (*Trutbahn*) oder semantischer (*Pfarrer*) Salienz durchbrochen, trotzdem gab es keine itemspezifischen Gruppeneffekte: Gruppenunterschiede in der prozentualen Abrufhäufigkeit auf Itemebene fanden sich in Dg1 nur bei einzelnen Wörtern; in Dg5 und noch stärker in Dg7 dagegen bei praktisch allen Items.

Beim freien Abruf besteht die Schwierigkeit darin, geeignete Abrufreize zu generieren, die das Erinnern eines weiteren Items bedingen. Die Darstellung der Abrufposition der einzelnen Items in Bezug auf ihre Position in der Lernliste impliziert, dass die GesPbn jedes abgerufene Wort zum Abrufreiz für ein weiteres Wort werden lassen. Damit nutzen sie durch serielle Assoziationen die in der Lernliste enthaltene Reihenfolgeinformation für die Verbesserung ihrer Lern- und Gedächtnisleistung, obwohl die Aufgabe dies nicht verlangt. Die veränderliche Position abgerufener Items orientierte sich bei den GesPbn mit jedem weiteren Dg zunehmend an der unveränderlichen Reihenfolge der Items in der Lernliste. Die eindeutige Tendenz, vor allem Worte von benachbarten Positionen aus der Lernliste beim freien Abruf ebenfalls in dieser Sequenz zu nennen, zeigte sich bereits in früheren Studien (Kahana, 1996). Dies könnte mit dem Kontiguitätseffekt in Zusammenhang gebracht werden, der das Auftreten von zwei Reizen in räumlichem und zeitlichem Zusammenhang beschreibt. Das Auftreten des ersten Items bedingt dann im Sinne einer klassischen Konditionierung das Abrufen des zweiten Items. Ein entsprechend ausgeprägter Effekt fehlte bei den TLE Patienten. Insbesondere die L-TLE Patienten riefen die Items im späten Abruf (Dg7) an variablen Positionen ohne Orientierung an der Lernliste ab. Dieser augenscheinliche Befund wird im Weiteren quantitativ geprüft.

5.2.3 Positionsmaße

Insgesamt kann aus den Ergebnissen dieser Testreihe auf Grund der Leistungsabhängigkeit der Maße primacy- und recency-Rate keine entscheidende Erkenntnis gewonnen werden. Diese in vielen Arbeiten populären Maße sind abhängig von der in

einem Durchgang erbrachten Gesamtleistung da die Wahrscheinlichkeit zuletzt bzw. zuerst genannte Items zu wiederholen mit der Anzahl der in einem Durchgang erinnerten Items steigt.

Auch die Einführung der primacy- und recency-Rate in der vorliegenden Studie führt nicht zu einer leistungsunabhängigen Beurteilung, da mit steigender Gesamtleistung die Wahrscheinlichkeit einer hohen primacy- und recency-Rate zu nimmt.

Die in dieser Studie auftretenden Änderungen zwischen den Testgruppen und der Erst- zur Zweittestung verhalten sich dementsprechend lediglich analog zur Veränderung in der Gesamtleistung zwischen den Testgruppen bzw. Zeitpunkten. Gesunde Probanden erzielten höhere primacy- und recency-Raten und der Lateralisationseffekt bildete sich bei den Positionseffekten analog zu der Gesamtleistung ab: L-TLE-Patienten riefen weniger Wörter aus dem Listenanfang bzw. -ende ab als R-TLE.

Von der Erst- zur Zweittestung nahmen bei GesPbn und L-TLE die primacy- und recency-Rate ab, während sie bei den R-TLE konstant blieb. Auch in einer früheren Studie konnte nach rechts anteriorer Temporallappenresektion keine Änderung in der Positionskurve verzeichnet werden. Dabei blieb der Bezug zur Abhängigkeit mit der Gesamtleistung jedoch unberücksichtigt (Hermann et al., 1996). Zusammenfassend kann gesagt werden, dass weder beim primacy- noch beim recency-Effekt eine Änderung bei den Probanden im Vergleich zu den Patienten auftrat, die nicht auch der Änderung in der Gesamtleistung entsprach.

5.2.4 Prozessvariable: Externe Konsistenz

Die Nutzung der in der Lernliste vorhandenen Reihenfolgeinformation, die externe Konsistenz, ist nicht der entscheidende Faktor zur Erklärung von Leistungsunterschieden zwischen den Gruppen.

Gesunde Probanden, die bessere Assoziationen zwischen benachbarten Items bilden konnten, schnitten in episodischen Gedächtnistests (Sedeberg et al., 2010) bzw. in dieser Studie im verbalen Gedächtnistest (VLMT) besser ab. Paare und Dreierketten entsprechend der Vorgabe der Lernliste traten bei GesPbn häufiger auf; Lateralisationseffekte gab es jedoch keine. Ferner fanden sich keine Veränderungen von Erst- zur Zweittestung bzw. OP-Effekte, obwohl es zu Leistungsveränderungen kam. Die Reihenfolge, in der die Items im freien Abruf wiedergegeben werden, orientiert sich

somit nicht in herausragendem Maße an der Reihenfolge der Lernerfahrung (Asch und Ebenholtz, 1962).

Die Ergebnisse der graphischen Kohärenzanalyse, die eine Leistungsverbesserung bei Orientierung an der vorgegebenen Reihenfolge implizierten, bildeten sich anhand der gewählten Maße für die Analyse der externen Konsistenz folglich nicht quantitativ ab. Das temporal context model (TCM) korreliert den Zusammenhang zwischen Lernkontext und Lerninhalt miteinander (Howard und Kahana, 2002a). Dabei wird jedes dargebotene Item mit einer sich im Gedächtnis langsam ändernder Kontext-Repräsentation assoziiert und über diese Assoziationen wieder abgerufen. Auf diese Weise entsteht beim freien Abruf eine zeitliche Organisation. Wenn davon ausgegangen werden kann, dass die Abrufreihenfolge die Reihenfolge abbildet, in der die Items erinnert werden, repräsentiert das serielle Clustern eine zeitliche Organisation der internen Gedächtnis-/Abruforganisation. Das serielle Clustern bzw. die zeitliche Organisation stellt somit allenfalls ein begünstigendes, nicht jedoch den ursächlichen Faktor für Leistungsunterschiede im freien Abruf dar.

5.2.5 Prozessvariable: Interne Konsistenz

Assoziative Lernprozesse im Sinne der internen Konsistenz sind für die erbrachte Gesamtleistung von entscheidender Bedeutung.

Temporallappenepilepsiepatienten zeigten insgesamt geringere Werte in den Maßen der internen Konsistenz als GesPbn.

Bereits präoperativ ließ sich ein Lateralisationseffekt zuungunsten der L-TLE nachweisen, der sich postoperativ unabhängig von der Gesamtleistung verstärkte.

Dies impliziert die Bedeutung einer subjektiven Organisation des Lernmaterials (Sternberg und Tulving, 1977; Tulving, 1962), bei welcher erfolgreich abgerufene Wörter aus dem ersten Durchgang auch in nachfolgenden Durchgängen erfolgreich abgerufen werden (Tulving, 1968). Jüngst konnte gezeigt werden, dass Teilnehmer zur Verbesserung ihrer Lernleistung nicht positionsabhängige Abrufreihen nutzen, wenn diese im Lerndurchgang auf Grund ständiger Variation unverlässlich sind (Kahana et al., 2010). Dies impliziert bereits die Bedeutung einer internen, individuellen Abruforganisation für die Lernleistung, wobei diese entsprechend der vorliegenden Studie nicht zwangsläufig externen Vorgaben unterworfen sein muss.

Ergänzt man zum TCM die Modalität der semantischen Ähnlichkeit sowie den Einfluss der Quelle bzw. der Darbietung, erschließt sich daraus das Context maintenance and retrieval model of memory search (CMR) mit seinen Modalitäten temporal, semantical und source. Das zeitliche und quellenbezogene Clustern ist dabei auf in der Lernphase unmittelbar gebildeten Assoziationen zurückzuführen, während das semantische Clustern auf lang anhaltenden, bereits bestehenden Context zu Item Assoziationen beruht (Polyn, 2009). Frühere Studien, welche sich mit der Darbietung von single Items befassten, zeigten im freien Abruf bereits ebenfalls Einflüsse einer sowohl zeitlichen (Kahana, 1996) als auch semantischen Organisation der gelernten Items (Howard und Kahana, 2002b). Die interne Konsistenz könnte die Summe aus bereits länger bestehenden semantischen Assoziationen und in der Lernphase neu gebildeten temporalen Assoziationen darstellen, wodurch eine neue, von der Reihenfolge der Lernliste zum Teil unabhängige, für jeden Probanden individuelle Organisation entsteht. Im weiteren Verlauf könnten sich die Assoziationen durch die wiederholten Lern- und Abrufvorgängen immer mehr festigen und die entscheidende Bedeutung für den freien Abruf nach Verzögerung darstellen.

Dies deutet darauf hin, dass die hirorganische Schädigung und die damit verbundenen Gedächtnisdefizite bei Temporallappenepilepsie vor allem die Fähigkeit zu assoziativen Lernprozessen beeinträchtigt. Ob der sich bei den assoziativen Lernprozessen abzeichnende Lateralisationseffekt auf das Lernmaterial (verbal) oder auf eine Lateralisation des Prozesses „assoziatives Lernen“ zurückzuführen ist, lässt sich an dieser Stelle noch nicht abschließend beantworten.

5.2.6 Strategiemaße

Aus den untersuchten Lernstrategien ergeben sich keine Prozessmerkmale zur Erklärung der Leistungsunterschiede.

GesPbn nannten bei der Ersttestung in den Lerndurchgängen häufiger Wörter vom Listenanfang zu Beginn ihres Abrufs als Patienten. Dieses Ergebnis entspricht dem Befund der graphischen Kohärenzanalysen. GesPbn und Patienten nutzten gleich häufig die im Hinblick auf Gedächtniskonsolidierung möglicherweise ineffiziente Strategie, die zuletzt dargebotenen Wörter jeweils als Erstes zu nennen, d.h. das Kurzzeitgedächtnis (phonological loop) „auszulesen“ (Logie et al., 1996).

Alle Gruppen reproduzieren ebenfalls gleich häufig am Beginn eines neuen Abrufdurchgangs diejenigen Wörter, die sie zuvor als Erste genannt hatten oder die sie bisher nicht gelernt hatten.

5.2.7 Regressionsanalyse

Abschließend wurde regressionsanalytisch der Einfluss der Prozessvariablen im Vergleich zu den Effekten der Lateralisation und operativer Behandlung der Epilepsie untersucht.

Bezüglich der Ersttestung (präoperativ) erklärt der Anteil der vom Listenanfang bzw. –ende abgerufenen Wörter (primacy, recency) gemeinsam mit dem Bildungsfaktor einen großen Anteil der Varianz des Endergebnisses (Dg7). Überdies trägt der Gruppenfaktor nicht signifikant zu einer weiteren Varianzaufklärung bei; in der Zweittestung (postoperativ) wird dagegen der Gruppenfaktor anstelle des Bildungsfaktors in das Regressionsmodell einbezogen. Da die gewählten primacy- und recency-bezogenen Maße mit der Gesamtleistung konfundiert sind, ist mit diesem Ergebnis für die Erklärung der Leistungsunterschiede noch keine entscheidende Aussage getroffen.

Regressionsanalytisch lassen sich geringe Einflüsse der internen und externen Konsistenz neben Einflüssen von Bildung und Alter auf die Gesamtleistung bei der Ersttestung nachweisen. Der Anteil der durch das Modell erklärten Varianz ist niedriger als beim primacy-recency-Modell.

Konsistenzeffekte sind jedoch bei der (postoperativen) Zweittestung wesentlich ausgeprägter. Die interne Konsistenz erweist sich als derjenige Faktor mit dem stärksten Einfluss auf die Gesamtleistung, wobei jedoch auch der externen Konsistenz eine entscheidende Rolle zukommt. Lediglich ein geringer Varianzanteil wird vom Gruppenfaktor erklärt.

Dies passt zu den Studienergebnissen, die im Allgemeinen einen funktionellen Zusammenhang zwischen Organisationsgrad und Lernleistung aufzeigten, der unabhängig vom Alter der Probanden bestehen blieb (Kahana und Wingfield, 2000). Auch in einer zusammenfassenden Untersuchung von neun Studien konnte die Bedeutung der zeitlichen Kontinuität im freien Abruf für die Gesamtleistung bestätigt werden (Sedeberg et al., 2010).

Die geringste Varianzaufklärung erbringen Regressionsmodelle auf der Basis von Strategiemaßen. In diesen Modellen haben Gruppenzugehörigkeit, Alter und Bildung den stärksten Einfluss, doch die Erstnennung von Wörtern des Listenanfangs oder –endes während der Lerndurchgänge erweist sich zusätzlich als leistungsfördernd im Hinblick auf den späten freien Abruf. Typischerweise sind in den ersten Lerndurchgängen Wörter vom Listenanfang/-ende besser abrufbar und werden entsprechend auch tendenziell zuerst abgerufen. Diese typische Strategie erweist sich im Hinblick auf den späten Abruf als günstig.

Die Ergebnisse bestätigen insgesamt die eingangs aufgestellte Hypothese der Bedeutung vor allem assoziativer Lernprozesse für die erfolgreiche Gedächtnisbildung. Diese Prozesse scheinen vor allem bei epileptogener Schädigung oder Operation des linken Temporallappens beeinträchtigt. Daher ist davon auszugehen, dass diese gedächtnisphysiologische Funktion im Temporallappen lokalisiert ist. Ob die Lateralisation materialspezifisch oder die Prozessvariable „Assoziation“ betreffend auftritt, ist an dieser Stelle noch nicht zu beantworten. Mehrere elektrophysikalische Untersuchungen weisen darauf hin, dass der rhinale Cortex die entscheidende Schnittstelle für die Interaktionen und Assoziationen zwischen Neocortex und Hippocampus bildet (De Curtis und Pare, 2004; Fernandez und Tendolkar, 2006).

Ob die beschriebenen Defizite neben dem verbalen Gedächtnis auch für das figurale Gedächtnis Bedeutung haben, wird im Folgenden überprüft.

5.2.8 Relevanz der Non-Standardmaße für andere Krankheitsbilder

Andere mit Lern- und Gedächtnisdefiziten einhergehende Erkrankungen, wie Alzheimer, Parkinson, Depression, Schizophrenie oder auch MCI (mild cognitive impairment) zeigten bei Studien mittels des CVLT ebenfalls Defizite in der Fähigkeit des assoziativen Lernens. Im CVLT sind im Gegensatz zum VLMT bereits semantische Gruppen enthalten, sodass die Tests zwar ähnlich, jedoch im Hinblick auf Strategien der Gedächtnisorganisation nicht austauschbar sind (Helmstaedter et al., 2009).

Trotzdem lässt sich ein Überblick über die kontextgebundene Erinnerung gewinnen, die durch den Hippocampus gefördert und initiiert wird (Anderson et al., 2008). Analog zur Temporallappenepilepsie ist auch innerhalb der genannten Krankheitsbil-

der die interne Konsistenz als Lern- und Abrufstrategie der externen Konsistenz deutlich überlegen. Genauso wie vor allem Linkstemporallappenepilepsiepatienten (Helmstadter et al., 1997) können auch MCI und Alzheimer-Patienten nicht von semantisch organisierbaren Lernbedingungen im Vergleich zu nicht organisierbaren Bedingungen profitieren (Bäckman & Small, 1998; Carlesimo et al., 1998; Herlitz & Viitanen, 1991; Le Moal et al., 1997). Dieses Encodierungsdefizit auf Grund ineffektiver Lernstrategien spiegelt sich bei schizophrenen Patienten ebenfalls in schlechteren Werten des semantischen Clusters im CVLT wieder (Lansera et al., 2002; Oostroma et al., 2003). Dieses Defizit der Bildung von Assoziationen zwischen einzelnen Wörtern (Mesholam-Gately et al., 2012) zeigt sich ebenfalls bei bereits länger bestehenden Depressionen (Enderkin-Thompson et al., 2007).

Parkinson Patienten verfügen im Gegensatz zu den Patienten der anderen Krankheitsbildern über die Fähigkeit zur Bildung impliziter Assoziationen, welche jedoch stör anfällig und dem explizitem Prozessing unterlegen sind. Nur wenn auf die semantischen Kategorien hingewiesen oder eine Orientierung an einer externen Abrufreihenfolge unmöglich ist wird die Bildung impliziter Assoziationen erfolgreich angewendet (Spaendonck et al., 1996), andernfalls organisieren die Patienten den freien Abruf, wie bei den anderen Krankheitsbildern an der seriellen Abrufreihenfolge und nicht an semantischen Kategorien (Buytenhuijs et al., 1994; Knoke et al., 1998). Diese Ergebnisse bestätigen die Bedeutung der Funktion assoziativer Lernprozesse auch für die Lern- und Gedächtnisleistung von Patienten anderer Krankheitsbilder.

5.3 Figurales Gedächtnis / DCS

Die These der Studie, dass implizite, von der Aufgabenstellung nicht geforderte assoziative Lernprozesse die Gesamtleistung beeinflussen sowie die besondere Relevanz der internen Assoziation für Lernleistungen konnte auch bei der Untersuchung des figuralen Gedächtnisses bestätigt werden. Das Maß der internen Konsistenz wird bei den Patienten sowohl prä- als auch postoperativ in wesentlich geringerem Maße gefunden als bei den Probanden. Die Fähigkeit zur impliziten Assoziation bezüglich figuraler Gedächtnisinhalte scheint durch einen zusätzlichen resektiven Eingriff am rechten TL lediglich im geringen Maße über die bereits vorhan-

denen Defizite hinausgehend beeinflusst zu werden. Somit zeigt sich ein genereller Unterschied in der Fähigkeit der impliziten Assoziation zwischen Patienten und Probanden, nicht aber ein Lateralisationseffekt.

Aus der Regressionsanalyse ergibt sich die Vermutung, dass bedeutende Anteile der Leistungsunterschiede durch nicht untersuchte gruppenspezifische Variablen aufgeklärt werden, da ein immer noch bedeutender Einfluss des Gruppenfaktors bestand. Implizite assoziative Lernprozesse scheinen auch bei figuralen Lernprozessen von Bedeutung zu sein, wenngleich auch nicht in dem Maße wie vorangegangen in verbalen Gedächtnisprozessen geschildert.

5.3.1 Konventionelle Leistungsmaße

Temporallappenepilepsiepatienten weisen im Vergleich zu gesunden Probanden Defizite im Bereich figurales Gedächtnis auf. Es zeigte sich bei Patienten mit bestehender rechtshippocampaler Schädigung ein bereits präoperatives Leistungsdefizit in visuellen/figuralen Gedächtnistests (Gleissner et al., 1998), was im ähnlichen Umfang auch bei L-TLE Patienten auftrat. Der ermittelte Gruppenunterschied bestand hierbei bereits bei der isolierten Betrachtung des Dg1 und nahm nicht erst im Verlauf weiterer Durchgänge zu. Somit könnte anstelle des Lerneffekts auch das Defizit im Kurzzeitgedächtnis oder in der visuell räumlichen Verarbeitung der Epilepsiepatienten dargestellt worden sein.

Auch nach Berücksichtigung von Alter- und Bildungsunterschieden zeigten TLE-Patienten im hier verwendeten figuralen Gedächtnistest (DCS) schlechtere Gedächtnisleistungen als die GesPbn. Dies repliziert die allgemeine Studienlage, dass Temporallappenepilepsiepatienten episodische Gedächtnisdefizite aufweisen (Squire et al., 2004), die auch die figuralen Gedächtnisleistungen betreffen (Glikmann-Johnston et al., 2008; Hermann et al., 1997; Lacritz et al., 2004). Da keine Patienten mit nichttemporalen fokalen Epilepsien untersucht wurden kann nicht ausgeschlossen werden, dass andere fokale (unilaterale) Epilepsien ähnliche Leistungsdefizite verursachen. Einiges deutet darauf hin, dass figurale Gedächtnisleistungen nicht nur durch rechtsseitigen Temporallappenschaden, sondern auch durch linkshippocampale Sklerose und Frontallappenresektionen beeinträchtigt werden (Glikmann-Johnston et al., 2008; Mc Conley et al., 2008).

Figurale Gedächtnisleistungen unterliegen keiner eindeutigen Lateralisation.

Die materialspezifische Lateralisation figuraler Gedächtnisfunktionen wurde in der Literatur stets kontrovers diskutiert. Einige ältere Studien deuteten auf eine stärkere Beteiligung des rechten Temporallappen in figuralen Gedächtnistests hin (Barr, 1997; Dige und Wik, 2001; Gleissner et al., 1998), einige konnten keinen Zusammenhang von Schädigungen des rechten Temporallappen mit figuralen Gedächtnisdefiziten nachweisen (Chelune, 1991; Hermann et al., 1995). In neueren Studien wird die Verbindung von rechts temporalen Strukturen und figuralen Gedächtnisfunktionen nicht mehr als so robust und eindeutig wie die Zuordnung des verbalen Gedächtnisses zur linken Hemisphäre betrachtet (Alessio et al., 2004). In einer korrelierenden Untersuchung des resizierten Hippocampusvolumens mit der Gedächtnisleistung zeigte sich eine Beeinträchtigung des figuralen Gedächtnisses, unabhängig von der lateralen Lokalisation der Resektion (Helmstaedter et al., 2011). Sowohl prä- als auch postoperativ zeigten sich auch in der vorliegenden Studie keine Vorteile der L-TLE gegenüber den R-TLE. Dieser Befund ist mit einer fehlenden Lateralisation figuraler Gedächtnisleistungen vereinbar (Kneebone et al., 2007). Diese könnte auf eine breitere Verteilung oder auf eine bilaterale Repräsentation im menschlichen Gehirn zurückzuführen sein (Alessio et al., 2004). Darüber hinaus könnte es auf einer Verbalisierung figuraler Gedächtnisinhalte beruhen, so dass figurale Gedächtnisdefizite durch noch intakte verbale Funktionen kompensiert werden (Jambaque et al., 1993; Nolan et al., 2004). Die vermehrte Verbalisierung scheint wahrscheinlich, da figurale Gedächtnisdefizite vor allem bei jungen Kindern dargestellt werden können, die noch keine verbalen Encodierungsstrategien erlernt haben (Jambaque et al., 1993; Nolan et al., 2004). Ferner traten bei rechtstemporaler Epilepsie Gedächtnisdefizite figuraler Lernaufgaben erst zu Tage, wenn die verbale Lernkapazität überschritten wurde (Helmstaedter et al., 1995).

Epilepsiechirurgische Eingriffe am Temporallappen führen zu keiner zusätzlichen Verschlechterung der figuralen Gedächtnisleistung. Im postoperativen Test zeigte sich keine weitere Verschlechterung für non-verbale Gedächtnisleistungen (Gleissner et al., 1998), bei den R-TLE sowie den L-TLE im Vergleich zum präoperativen Testergebnis.

Da bei den meisten TLE Patienten die temporomesialen Strukturen ebenfalls entfernt

wurden, war auch hier eine Prüfung temporomesialer vs. temporolateraler Eingriffe und deren Effekte nicht möglich.

5.3.2 Abrufhäufigkeiten auf Itemebene

Die dem primacy- / recency-Effekt zugrunde liegenden neuropsychologischen Mechanismen des figuralen Gedächtnis bleiben durch die TLE weitgehend unbeeinträchtigt. Diese bezüglich des verbalen Gedächtnisses ausführlich untersuchten Effekte wurden in der aktuellen Literatur hinsichtlich des figuralen Gedächtnisses bisher nicht überprüft. In der vorliegenden Studie wurden die primacy- und recency-Effekte immer mehr durch Itemspezifische Effekte, sowie durch die zunehmende Lernleistung überdeckt. Wie erwartet fanden sich in Dg1 bei der Ersttestung in allen Gruppen sowohl primacy- als auch recency Effekte. In der Zweittestung ließ sich in allen Gruppen lediglich der primacy-Effekt sicher ausmachen. Die Positionskurve war in Dg5 bei den Probanden durch die zunehmende Lernleistung nicht mehr auszumachen (Deckeneffekt). In beiden Patientengruppen spielten in Dg5 zunehmend itemspezifische Effekte eine Rolle, so dass lediglich der primacy-Effekt tendenziell noch erkennbar war.

Die serielle Positionskurve wird in allen Gruppen von einzelnen Figuren durchbrochen; vermutlich kann das Lernen dieser Figuren besonders leicht mit verbalen Begriffen oder alltäglich gebräuchlichen Dingen assoziiert werden (Karo / Z / Haus / E). Auf Itemebene fanden sich sowohl im Dg1 als auch im Dg5 nur bei einzelnen Figuren Gruppenunterschiede in der prozentualen Abrufhäufigkeit, wobei die Probanden stets besser abschnitten als die Patienten; es war bei den entsprechenden Items jedoch keine konstante Entwicklung von Dg1 zu Dg5 bei einzelnen Items zu erkennen. Dieser Befund deutet an, dass es keine itemspezifische Gruppeneffekte gibt und sich die Leistungsunterschiede zwischen den Gruppen nicht auf der Ebene einzelner Items erklären lassen, obwohl einzelne Figuren in der Gesamtstichprobe durchaus besondere gedächtnispsychologisch relevante Merkmale aufweisen.

Die in der Lernliste enthaltene Reihenfolgeinformation wird beim Lernen figuraler Gedächtnisinhalte weniger intensiv genutzt als bei verbalen Lernvorgängen. Diese Aussage bezieht sich lediglich auf die Ergebnisse der vorliegenden Studie und konnte ebenfalls auf Grund fehlender aktueller Untersuchungen bezüglich Reihenfolgeinfor-

mationen beim Abruf figuraler Gedächtnisinhalte nicht anhand weiterer Studien diskutiert bzw. untermauert werden. Die veränderliche Position abgerufener Items orientierte sich bei den GesPbn in der Ersttestung von Durchgang zu Durchgang zunehmend an der unveränderlichen Reihenfolge der Items in der Lernliste. In der Zweittestung und bei beiden Patientengruppen war ein entsprechender Effekt jedoch nicht auszumachen; die Figuren wurden an variablen Positionen unabhängig von ihrer Position bei der Darbietung abgerufen. Dieser Befund wird im Weiteren quantitativ geprüft.

5.3.3 Positionsmaße

Da die primacy- und recency-Rate von der Gesamtleistung abhängen ist es nicht überraschend, dass GesPbn höhere Werte erzielten. Weitere eindeutige Effekte sind bei der figuralen Gedächtnisleistung nicht zu erkennen.

5.3.4 Prozessvariable: Externe Konsistenz

Die in der Lernliste vorhandenen Reihenfolgeinformationen (externe Konsistenz) und deren Nutzung stellen nicht den entscheidenden Faktor zur Erklärung von Leistungsunterschieden zwischen den Gruppen dar. Somit bildeten sich die Ergebnisse der graphischen Kohärenzanalyse, welche eine Orientierung an der vorgegebenen Reihenfolge impliziert, lediglich in geringem Maße bei den GesPbn anhand der gewählten Maße für die Analyse der externen Konsistenz quantitativ ab. Diese verwendeten häufiger die in der Lernliste enthaltene Reihenfolgeinformationen, um ihren freien Abruf zu organisieren. Sie bildeten häufiger Paare, Dreierketten und umgekehrte Zweierpaare entsprechend den Vorgaben der Lernliste. Es fanden sich jedoch keine Lateralisationseffekte oder Veränderungen von Erst- zur Zweittestung bzw. OP-Effekte, obwohl Leistungsveränderungen auftraten. Das eingangs beschriebene temporal context model (TCM) (Howard und Kahana, 2002a), lässt sich für die figurale Gedächtnisbildung folglich lediglich in eingeschränktem Maße anwenden. Auch in der aktuellen Literatur erzielten gesunde Probanden, die bessere Assoziationen zwischen benachbarten Items bilden konnten, in episodischen Gedächtnistests bessere Ergebnisse (Sedeberg et al., 2010). Die externe Konsistenz bietet somit keine hinreichende Erklärung für die Leistungsunterschiede im figuralen Gedächtnis.

5.3.5 Prozessvariable: Interne Konsistenz

Assoziative Lernprozesse im Sinne der internen Konsistenz werden von GesPbn in höherem Maße angewendet als von Temporallappenepilepsiepatienten. Epilepsiepatienten zeigten in beiden Maßen (Übernommene Rate/Vorhersagbartrate) geringere interne Assoziationsprozesse, die durch die Schädigung des TL sowohl prä- als auch postoperativ eingeschränkt funktionieren. Dies impliziert die Bedeutung einer subjektiven Organisation (Sternberg und Tulving, 1977; Tulving, 1962). Das Context maintenance and retrieval model of memory search (CMR) mit seinen Modalitäten (temporal/semantical/source) (Polyn, 2009), könnte als Erweiterung zum TCM in Bezug auf figurale Gedächtnisleistungen eine bedeutsamere Rolle einnehmen. Wie bei der externen Konsistenz getestet, scheint das temporale/serielle Clustern eine untergeordnete Rolle zu spielen. Es scheint wahrscheinlich, dass bei der Encodierung figuraler Lerninhalte die semantische Organisation anhand von bereits länger bestehenden Assoziationen eine bedeutende Funktion übernimmt. Viele Figuren können mit bekannten Mustern (Häuser/Buchstaben) in Verbindung gebracht werden. Durch den Bestand dieser elaborierten Wissensbasis kommt es zur automatischen Aktivierung semantischer Beziehungen. Durch das Umlegen einzelner Hölzer ist es im DCS möglich, aus der einen eine andere Figur zu reproduzieren, so dass das Legen einer Figur durch Ähnlichkeit und entsprechender Assoziation zum Cue einer anderen Figur wird und diese Figur folgen lässt.

Ein eindeutiger Lateralisationseffekt bezüglich der Anwendung der internen Konsistenz zwischen R-TLE und L-TLE war nicht auszumachen. Lediglich bei der Übernommenenrate zeigten sich postoperativ leichte Vorteile der R-TLE gegenüber den L-TLE.

Auf Grund der fehlenden Lateralisation kann zunächst darauf geschlossen werden, dass die Ergebnisse mit entsprechender Lateralisation im Bereich des verbalen Gedächtnisses nicht durch eine Lateralisation der assoziativen Prozesse, sondern auf Grund einer materialspezifischen Lateralisation entstanden sind. Unabhängig von der vorgegebenen Reihenfolge und weitgehend unabhängig von der Gesamtleistung spricht dieser Befund bei den gesunden Probanden im Gegensatz zu den Patienten für die Anwendung assoziativer Lernprozesse im Sinne der internen Konsistenz.

5.3.6 Strategiemaße

GesPbn legen sowohl bei der Erst- als auch bei der Zweittestung in den Lerndurchgängen häufiger Figuren vom Listenanfang zu Beginn ihres Abrufs als L-TLE. Dies entspricht dem Befund der graphischen Kohärenzanalysen. GesPbn und Patienten nutzten gleich häufig die im Hinblick auf Gedächtniskonsolidierung möglicherweise ineffiziente Strategie, die zuletzt dargebotenen Figuren jeweils als erstes zu nennen, d.h. das Kurzzeitgedächtnis (phonological loop) „auszulesen“, wie bereits für das verbale Gedächtnis dargestellt wurde (Logie et al., 1996). Aus diesen Strategien ergeben sich daher keine Prozessmerkmale zur Erklärung der Leistungsunterschiede. Bezüglich des figuralen Gedächtnisses gibt es für den Effekt von Strategiemaßen auf die Lern- und Abrufleistung keine zusätzlichen Studien.

5.3.7 Regressionsanalyse

Regressionsanalytisch wurde der Einfluss der Prozessvariablen im Vergleich zu den Effekten der Epilepsie untersucht.

Bezüglich der Ersttestung (präoperativ) erklärt der Anteil der vom Listenanfang abgerufenen Figuren (primacy) gemeinsam mit dem Gruppenfaktor einen großen Anteil der Varianz des Endergebnisses. In der Zweittestung wird dagegen die recency-Rate anstelle der primacy-Rate in das Regressionsmodell einbezogen; auch hier spielt der Gruppenfaktor eine entscheidende Rolle in der Varianzaufklärung. Da die gewählten primacy- und recency-bezogenen Maße mit der Gesamtleistung konfundiert sind, ist mit diesem Ergebnis für die Erklärung der Leistungsunterschiede noch nichts gewonnen.

Die interne Konsistenz erweist sich als der Faktor mit dem stärksten Einfluss auf die Gesamtleistung und stellt damit, wie bereits angenommen, den leistungsentscheidenden Unterschied dar. Schon früher konnte ein Zusammenhang zwischen Organisationsgrad und Lernleistung gezeigt werden (Kahana und Wingfield, 2000). In der Ersttestung ließ sich regressionsanalytisch neben dem ebenfalls entscheidenden Einfluss des Gruppenfaktors der Einfluss der internen Konsistenz (Vorhersagbar-Rate), also der internen Organisation, nachweisen. Der Effekt der internen Konsistenz ist in der (postoperativen) Zweittestung noch wesentlich ausgeprägter vertreten und ist der Faktor mit dem stärksten Einfluss auf die Gesamtleistung. Nur noch ein

geringer Varianzanteil wird hier vom Gruppenfaktor erklärt. Folglich kann daraus geschlossen werden, dass die Fähigkeit zur Anwendung assoziativer Prozesse durch die Resektion temporaler Strukturen weiter abnimmt und in diesem Bereich lokalisiert ist. Die externe Konsistenz geht sowohl prä- als auch postoperativ nicht in das Vorhersagemodell ein.

Die geringste Varianzaufklärung erbringen Regressionsmodelle auf der Basis von Strategiemaßen. In diesen Modellen haben Gruppenzugehörigkeit, Alter und Bildung den stärksten Einfluss, doch die Erstnennung von Wörtern des Listenanfangs oder –endes während der Lerndurchgänge erweist sich zusätzlich als leistungsfördernd im Hinblick auf den späten freien Abruf. Typischerweise sind in den ersten Lerndurchgängen Figuren vom Listenanfang/-ende besser abrufbar und werden dementsprechend auch tendenziell zuerst abgerufen. Diese typische Strategie erweist sich im Hinblick auf den späten Abruf als günstig.

Die Ergebnisse für die figuralen Gedächtnisleistungen bestätigen ebenfalls die eingangs aufgestellte Hypothese der Bedeutung vor allem assoziativer Lernprozesse für die erfolgreiche Gedächtnisbildung. Diese Prozesse scheinen bei epileptogener Schädigung oder Operation des Temporallappens im Vergleich zu GesPbn beeinträchtigt. Daher ist davon auszugehen, dass diese Gedächtnisfunktion im Temporallappen lokalisiert ist. Eine Lateralisation des Prozesses Assoziation kann nicht angenommen werden, da bei der Überprüfung der figuralen Gedächtnisleistung eine verminderte Assoziationsleistung, jedoch keine Lateralisation bezüglich dieser erkennbar war. Mehrere elektrophysikalische Untersuchungen weisen darauf hin, dass der rhinale Cortex die entscheidende Schnittstelle für die Interaktionen und Assoziationen zwischen Neocortex und Hippocampus bildet (De Curtis und Pare, 2004; Fernandez und Tendolkar, 2006).

5.4 Grenzen der Aussagekraft der Studie

Die fokale Epilepsie und ihre chirurgische Therapie bieten, wie bereits dargelegt, gute Studienmodelle zur Untersuchung neuropsychologischer Fragestellungen zur Gedächtnisbildung. Hier sollte insbesondere der Effekt einer unilateralen Temporallappenoperation auf das anterograde Gedächtnis und auf die angewendeten

Lernstrategien bei verbalen und figuralen Tests und deren Auswirkung auf die Leistung überprüft werden. Durch die harten Auswahlkriterien der Epilepsiepatienten aus der Patientendatenbank reduzierte sich die Fallzahl deutlicher als zunächst angenommen, so dass die zunächst geplante zusätzliche vergleichende Betrachtung der Frontallappenepilepsiepatienten auf Grund mangelnder Fallzahlen wegfallen musste. So blieb lediglich der Vergleich zwischen rechts- und linksseitig operierten Temporallappenepilepsiepatienten untereinander und mit gesunden Probanden. Diese gesunden Probanden wurden über eine Zeitungsanzeige rekrutiert, was zu einer Selektion durchschnittlich älterer und an der Thematik interessierter Zeitungsleser mit im Mittel höherem IQ führte. Aus diesem Grund wurden das Alter und der MWTIQ, als Maß für die Bildung, bei den Analysen als Kovariaten berücksichtigt. Für die neuen prozessorientierten Maße lagen vor allem bezüglich des figuralen Gedächtnisses keine Daten aus der Literatur vor. Dementsprechend konnten keine Hypothesen spezifiziert und statistisch in konfirmatorischen Hypothesentests geprüft werden. Die Ergebnisse der statistischen Tests sind für diesen Teil daher eher als explorativ zu werten; eine Überprüfung in Nachfolgestudien wäre sinnvoll.

6. Zusammenfassung

Zur Untersuchung des episodischen Gedächtnisses vor und nach epilepsiechirurgischen Eingriffen am Temporallappen wurden aus der Testdatenbank der Klinik für Epileptologie in Bonn postoperativ anfallsfreie Patienten nach Temporallappenoperationen rekrutiert. Als Kontrollgruppe dienten die Daten gesunder Probanden einer unveröffentlichten Ko-Normierungsstudie.

Die Testdaten der jeweils durchgeführten VLMT-A bzw. VLMT-C spiegeln die verbale, die Daten des DCS I bzw. DCS III die figurale Gedächtnisleistung wieder. Um messbare Parameter zur vergleichenden Analyse zu erhalten wurden aus den vorliegenden Testprotokollen Messparameter für Leistung, Positioneffekte, Strategie und Konsistenz generiert. Die gewonnenen Daten wurden jeweils getrennt für verbale und figurale Gedächtnisleistung bezüglich TLE Patienten vs. gesunde Probanden, R-TLE vs. L-TLE prä- und postoperativ sowie Prä- vs. Postoperativ (Erst- vs. Zweittestung) untersucht.

Anhand der statistischen Analyse konnte zunächst der bekannte Befund reduzierter verbaler und figuraler Gedächtnisleistungen bei TLE-Patienten im Vergleich zu gesunden Kontrollprobanden repliziert werden. Ebenfalls konnte bestätigt werden, dass verbale Gedächtnisleistungen durch eine linkstemporale Schädigung stärker beeinträchtigt werden als durch eine rechtstemporale Schädigung (Effekt der Materialspezifität). Ein analoger, jedoch umgekehrter Effekt für die figuralen Lern- und Gedächtnisleistungen (stärkere Beeinträchtigung bei rechtstemporalen Läsionen) konnte nicht nachgewiesen werden.

Die eigentliche Zielsetzung der Studie bestand in einer mechanistischen Aufklärung der Leistungsunterschiede auf Prozessebene (Mikroebene) unter Berücksichtigung der zu Grunde gelegten Hypothese, dass gesunde Probanden sich vorhandene Reihenfolge-Informationen effektiver zu Nutze machen oder bestimmte effektivere Strategien häufiger anwenden als Patienten. Dabei konnten folgende Ergebnisse erzielt werden:

- Klassische Positioneffekte: primacy- und recency-Effekte waren in allen Gruppen nachweisbar und wurden bei zunehmender Lernleistung durch den Deckeneffekt kaschiert. Auf Grund der Leistungsabhängigkeit dieser Maße war es nicht möglich,

eine leistungsunabhängige Aussage bezüglich der Varianzaufklärung zu treffen.

- Externe Wiedergabekonsistenz: Die Nutzung der in der Lernliste vorhandenen Reihenfolgeinformation (externe Konsistenz) stellt sowohl im verbalen als auch im figuralen Gedächtnis nicht den entscheidenden Faktor zur Erklärung von Leistungsunterschieden zwischen den Gruppen dar, sondern kann lediglich als begünstigender Effekt betrachtet werden.
- Interne Wiedergabekonsistenz: Die interne Konsistenz erwies sich unabhängig von Bildung und Alter bei beiden Gedächtnismodalitäten (verbal/figural) als der Faktor mit dem stärksten Einfluss auf die Gesamtleistung. Assoziative Lernprozesse im Sinne der internen Konsistenz werden im Allgemeinen von GesPbn in höherem Maße angewendet als von Temporallappenepilepsiepatienten.
- Strategie: Ein Vorteil in der Anwendung bestimmter Abrufstrategien konnte nicht aufgedeckt werden, lediglich die Erstnennung von Wörtern des Listenanfangs oder –endes während der Lerndurchgänge erwies sich im Hinblick auf den späten freien Abruf zusätzlich als leistungsfördernd.

Diskutiert wird die Bedeutung der Prozessvariablen zur Aufklärung von Leistungsunterschieden. Gesunde Probanden bzw. Patienten mit besserer Lernleistung machten sich vor allem die implizite Verknüpfung von Items als Lernprozesse zu Nutze. Die eingangs aufgestellte Hypothese, dass gesunde Probanden durch das implizite Erlernen der Reihenfolge der dargebotenen Items (obwohl dies von der Aufgabe nicht verlangt ist) eine bessere Lernleistung erzielen, konnte lediglich in eingeschränktem Maße bestätigt werden. Das Einhalten der Listenreihenfolge schien zwar ein leistungsfördernder, nicht jedoch der entscheidende Faktor der Leistungsunterschiede zu sein. Vielmehr trat die Bedeutung der internen Konsistenz bzw. Abrufreihenfolge zur Erklärung der Leistungsunterschiede in den Vordergrund und damit in gleichem Maße die Bedeutung von assoziativen Lernprozessen für die Lernleistung. Die Effekte einer Temporallappenschädigung auf die Gedächtnisleistungen bestanden im Wesentlichen in dem Verlust der Funktion einer impliziten automatischen assoziativen Bindung des dargebotenen Materials in einer individuellen Reihenfolge. Dieser Pathomechanismus ist gut mit den episodischen Gedächtnisproblemen der Patienten im Alltag vereinbar, die durch Listenlerntests widergespiegelt werden.

7. Anhang - Lernmaterial

Lernlisten – verbales Gedächtnis

VLMT – A		Störliste		VLMT - C	
Trommel	1	Tisch	a	Horn	1
Vorhang	2	Förster	b	Tür	2
Glocke	3	Vogel	c	Seil	3
Kaffee	4	Schuh	d	Kakao	4
Schule	5	Ofen	e	Gericht	5
Eltern	6	Berg	f	Wagen	6
Mond	7	Handtuch	g	Sterne	7
Garten	8	Brille	h	Baum	8
Hut	9	Wolke	i	Mantel	9
Bauer	10	Boot	j	Pfarrer	10
Nase	11	Lamm	k	Mund	11
Truthahn	12	Gewehr	l	Gans	12
Farbe	13	Bleistift	m	Form	13
Haus	14	Kirsche	n	Land	14
Fluss	15	Arm	o	Regen	15

Lernlisten – figürliches Gedächtnis

<u>dcS I</u>		<u>dcS II</u>	
	1 Kamm		1 I
	2 Blitz		2 M
	3 TT		3 Spitze
	4 X		4 E
	5 Caro		5 Haus
	6 Z		6 Rohr
	7 Antenne		7 Parallel
	8 <u>Obenunten</u>		8 Linksrechts
	9 Zickzack		9 Konstrukt

8. Tabellen- und Abbildungsverzeichnis

Tabelle 1: Konventionelle Leistungsmaße	45
Tabelle 2: Positionsmaße	46
Tabelle 3: Prozessvariable: externe Konsistenz	47
Tabelle 4: Prozessvariable: interne Konsistenz	48
Tabelle 5: Strategiemasse.....	49
Tabelle 6: Soziodemographische Faktoren.....	50
Tabelle 7: Operationsarten	51
Tabelle 8: MRT-Befunde.....	52
Tabelle 9: Abrufhäufigkeit auf Itemebene	58
Tabelle 10: Regressionsmodell: Positionsmaße / Ersttestung	84
Tabelle 11: Regressionsmodell: Positionsmaße / Zweittestung	85
Tabelle 12: Regressionsmodell: Konsistenzmaße / Ersttestung	86
Tabelle 13: Regressionsmodell: Konsistenzmaße / Zweittestung	86
Tabelle 14: Regressionsmodell: Strategiemasse / Ersttestung	87
Tabelle 15: Regressionsmodell: Strategiemasse / Zweittestung	87
Tabelle 16: Abrufhäufigkeit auf Itemebene	90
Tabelle 17: Regressionsmodell: Positionsmaße / Ersttestung	107
Tabelle 18: Regressionsmodell: Positionsmaße / Zweittestung	107
Tabelle 19: Regressionsmodell: Konsistenzmaße / Ersttestung	108
Tabelle 20: Regressionsmodell: Konsistenzmaße / Zweittestung	109
Tabelle 21: Regressionsmodell: Strategiemasse / Ersttestung	109
Tabelle 22: Regressionsmodell: Strategiemasse / Zweittestung	110

Abbildung 1: Modales Gedächtnismodell in schematischer Darstellung.....	11
Abbildung 2: Anfallsklassifikation.....	16
Abbildung 3: Schematische Darstellung der rechten Gehirnhälfte von medial mit Darstellung des medialen Temporallappens.....	22
Abbildung 4: Screenshot vom Portokollprogramm für VLMT; Hoppe (2008).....	43
Abbildung 5: VLMT / Konventionelle Leistungsmaße.....	53
Abbildung 6: Gesunde Probanden: Messzeitpunktunterschiede.....	55
Abbildung 7: R-TLE: Messzeitpunktunterschiede.....	56
Abbildung 8: L-TLE: Messzeitpunktunterschiede	57
Abbildung 9: VLMT-A/Dg1: Prozentuale Abrufhäufigkeiten auf Itemebene.....	59
Abbildung 10: VLMT-C/Dg1: Prozentuale Abrufhäufigkeiten auf Itemebene.....	59
Abbildung 11: VLMT-A/Dg5: Prozentuale Abrufhäufigkeiten auf Itemebene.....	60
Abbildung 12: VLMT-C/Dg5: Prozentuale Abrufhäufigkeiten auf Itemebene.....	60
Abbildung 13: VLMT-A/Dg7: Prozentuale Abrufhäufigkeiten auf Itemebene.....	61
Abbildung 14: VLMT-C/Dg7: Prozentuale Abrufhäufigkeiten auf Itemebene.....	61
Abbildung 15 a-d: Kohärenzgrafiken.....	63-66
Abbildung 16: Positionsmaße: recency-Rate	68
Abbildung 17: Positionsmaße: primacy-Rate	69
Abbildung 18: Gesunde Probanden: Messzeitpunktunterschiede der recency-Rate .	70
Abbildung 19: L-TLE: Messzeitpunktunterschiede der recency-Rate.....	71
Abbildung 20: L-TLE: Messzeitpunktunterschiede der primacy-Rate.....	72
Abbildung 21: Prozessvariable: externe Konsistenz / Zweierpaar-Rate.....	73
Abbildung 22: Prozessvariable: externe Konsistenz / Dreierpaar-Rate.....	74
Abbildung 23: Prozessvariable: externe Konsistenz / Maximal-Rate	75
Abbildung 24: Prozessvariable: interne Konsistenz / Übernommene-Rate	76
Abbildung 25: Prozessvariable: interne Konsistenz / Vorhersagbar-Rate.....	77
Abbildung 26: Gesunde Probanden: Messzeitpunktunterschiede der Übernommene- Rate.....	78
Abbildung 27: R-TLE: Messzeitpunktunterschiede der Übernommene-Rate	78
Abbildung 28: L-TLE: Messzeitpunktunterschiede der Übernommene-Rate.....	79
Abbildung 29: Prozessvariable / Gesamt-Rate	80
Abbildung 30: Gesunde Probanden: Messzeitpunktunterschiede der Gesamt-Rate .	81

Abbildung 31: R-TLE: Messzeitpunktunterschiede der Gesamt-Rate	81
Abbildung 32: L-TLE: Messzeitpunktunterschiede der Gesamt-Rate.....	82
Abbildung 33: Strategiemeß: primacy-Rate	83
Abbildung 34: DCS / konventionelle Leistungsmaße	89
Abbildung 35: DCS I / Dg1: Prozentuale Abrufhäufigkeiten auf Itemebene	90
Abbildung 36: DCS III / Dg1: Prozentuale Abrufhäufigkeiten auf Itemebene	91
Abbildung 37: DCS I / Dg5: Prozentuale Abrufhäufigkeiten auf Itemebene	91
Abbildung 38: DCS III / Dg5: Prozentuale Abrufhäufigkeiten auf Itemebene	92
Abbildung 39 a-d: Kohärenzgrafiken.....	93-96
Abbildung 40: Positionsmaße: recency-Rate	98
Abbildung 41: Positionsmaße: primacy-Rate	99
Abbildung 42: Prozessvariable: externe Konsistenz / Zweierpaar Rate.....	100
Abbildung 43: Prozessvariable: externe Konsistenz / umgekehrte Zweierpaar Rate.....	100
Abbildung 44: Prozessvariable: externe Konsistenz / Dreierpaar Rate.....	101
Abbildung 45: Prozessvariable: interne Konsistenz / Übernommene Rate.....	102
Abbildung 46: Prozessvariable: interne Konsistenz / Vorhersagbar Rate	103
Abbildung 47: Prozessvariable: Gesamt-Rate	104
Abbildung 48: Strategiemeß: Strategie wie zuvor-Rate	105
Abbildung 49: Strategiemeß: primacy-Rate	106

9. Literaturverzeichnis

- Äikiä M, Salmenperä T, Partanen K, Kälviäinen R. Verbal Memory in Newly Diagnosed Patients and Patients with Chronic Left Temporal Lobe Epilepsy. *Epilepsy Behav* 2001; 2: 20-27 Achtung
- Alpherts WCJ, Vermeulen J, van Rijen PC, Lopes da Silva FH, van Veelen CWM. Verbal memory decline after temporal epilepsy surgery? A 6-year multiple assessments follow-up study. *Neurol* 2006; 67: 626-631
- Alessio A, Damasceno BP, Camargo CHP, Kobayashi E, Guerreiro CAM, Cendes F. Differences in memory performance and other clinical characteristics in patients with mesial temporal lobe epilepsy with and without hippocampal atrophy. *Epilepsy Behav* 2004; 5: 22-27
- Alvarez P, Squire LR. Memory consolidation and the medial temporal lobe: a simple network model. *Proc Natl Acad Sci* 1994; 91: 7041-7045
- Anderson ND, Ebert PL, Jennings JM, Grady CI, Cabeza R, Graham SJ. Recollection- and Familiarity-Based Memory in Healthy Aging and Amnesic Mild Cognitive Impairment. *Neuropsychol* 2008; 22 :177–187
- Asan E., Nitsch R. Limbische Areale und Verbindungen. In: Drenckhahn D, Zenker W, Hrsg. *Benninghoff Anatomie*. München: Urban & Fischer, 2004: 527-531
- Asch SE, Ebenholtz SM. The process of free recall: Evidence for non-associative factors in acquisition and retention. *J Exp Psychol* 1962; 54: 3-31
- Atkinson RC, Shiffrin RM. Human Memory: A Proposed System and Its Control Processes. In: Spence KW, Spence JT, Hrsg. *The Psychology of Learning and Motivation*. New York: Acad. Press, 1968
- Bäckman L, Small B J. Influences of cognitive support on episodic remembering: Tracing the process of loss from normal aging to Alzheimer`s disease. *Psychology and Aging* 1998; 13: 267-276
- Baddeley AD, Hitch GJ. Recency reexamined. In: S. Dornic, Hrsg. *Attention and performance VI Hillsdale*. New York: Lawrence Erlbaum Associates, 1977: 647-667
- Baddeley AD. *Working memory*. Oxford: Clarendon, 1986
- Baddeley AD. The episodic buffer. A new component of working memory? *Trends in Cogn Sci* 2000; 4: 418–423
- Barr WB, Goldberg E, Wasserstein J, Novelly RA. Retrograde amnesia following unilateral temporal lobectomy. *Neuropsychologia* 1990; 28: 243-255

Barr WB. Examining the right temporal lobe`s role in nonverbal memory. *Brain Cogn* 1997; 35: 26-41

Baumgartner C, Patariaia E, Lindinger G, Deecke L. Neuromagnetic recordings in temporal lobe epilepsy. *J Clin Neurophysol* 2000; 17: 177- 189

Baumgartner CH, Patariaia E. Präoperative Epilepsiediagnostik und Epilepsiechirurgie. In: Baumgartner C, Handbuch der Epilepsien: Klinik, Diagnostik, Therapie und psychosoziale Aspekte Hrsg. Baumgartner C. Wien: Springer, 2001: 388-403

Beatty WW, Salmon DP, Bernstein N, Butters N. Remote memory in a patient with amnesia due to hypoxia. *Psychol Med* 1987; 17: 657-665

Beghi E, Gatti G, Tonini C, Menachem EB, Chadwick W, Nikanorova M, Gromov SA, Smith PEM, Specchio LM, Prucca E. Adjunctive therapy versus alternative monotherapy in patients with partial epilepsy failing on a single drug: a multicentre, randomised, pragmatic controlled trial. *Epilepsy Res* 2003; 57: 1-13

Berg AT, Berkovic SF, Brodie M, Buchhalter J, Cross JH, van Emde Boas W, Engel Jr J, French J, Glauser TA, MathernGW, Moshé SL, Nordli D, Plouin P, Scheffer IE, 2005-2009: Revised Terminology and Concepts for Organization of Seizures and Epilepsies: Report of the ILAE Commission on Classification and Terminology. <http://www.ilae.org/Visitors/Centre/ctf/documents/GermanfullarticleBergetal2010.pdf> (09.08.2013)

Bjork RA, Whitten WB. Recency-sensitive retrieval processes in long-term free recall. *Cogn Psychol* 1974; 6: 173-189

Bliss TV, Lomo T. Long-lasting potentiation of synaptic transmission in the dentate area of the anaesthetized rabbit following stimulation of the perforant path. *J Physiol* 1973; 232: 331-356

Bookheimer SY, Cohen MS. Funktional MRI. In: Engel J Jr, Pedley TA, Hrsg. *Epilepsy: A Comprehensive Textbook*. Philadelphia: Lippincott Raven Publishers, 1997: 1045-1055

Brodie MJ, Kwan P. Staged approach to epilepsy management. *Neurol* 2002; 58: 2-8

Buytenhuijs EL, Berger HJC, Van Spaendock KPM, Horstink WIM, Borm GF, Cools AR. Memory and learning strategies in patients with Parkinson`s disease. *Neuropsychologia*, 1994; 32: 335-342

Carlesimo GA, Mauri M, Graceffa AMS, Fadda L, Loasses A, Lorusso S, Caltagirone C. Memory performances in young, elderly, and very old healthy individuals versus patients with Alzheimer`s disease: evidence for discontinuity between normal and pathological aging. *J Clin Exp Neuropsychol* 1998; 20: 14-29

Cascino GD. Surgical treatment for epilepsy. *Epilepsy Res* 2004; 60: 179-186

Commission on Classification and Terminology of the International League Against Epilepsy. Proposal for Revised Clinical and Electroencephalographic Classification of Epileptic Seizures. *Epilepsia* 1981; 22: 489-501

Chelune GJ, Nougale RI, Luder H, Awad IA. Prediction of cognitive change as a function of preoperative ability status among temporal lobectomy patients seen at 6 month follow-up. *Neurol* 1991; 41: 399-404

Corking S. Lasting consequences of bilateral medial temporal lobectomy: clinical course and experimental findings in H.M.. *Semin Neurol* 1984; 4: 517-518

Corking S, Amaral DG, Gonzales RG. H.M.'s medial temporal lobe lesions: findings from magnetic resonance imaging. *J Neurosci* 1997; 17: 3964-3979

Darwin CJ, Turvey MT, Crowder RG. An auditory analogue of sperling partial report procedure - evidence for brief auditory storage. *Cogn Psychol* 1972; 3: 255-267

De Curtis M, Pare D. The rhinal cortices: a wall of inhibition between the neocortex and the hippocampus. *Prog Neurobiol* 2004; 74: 101-110

Deutsche Gesellschaft für Neurologie, 2008: erster epileptischer Anfall und Epilepsien im Erwachsenenalter.
http://www.dgn.org/images/stories/dgn/leitlinien/LL2008/II08kap_001.pdf (17.03.2009)

Deutsche Gesellschaft für Neurologie, 2008: Status epilepticus im Erwachsenenalter.
http://www.dgn.org/images/stories/dgn/leitlinien/LL2008/II08kap_002.pdf (17.03.2009)

Dige N, Wik G. A visual learning and memory test for preoperative evaluation of patients with temporal lobe epilepsy. *Int J Neurosci* 2001; 111: 167-174

Dörner T, Feldkamp J, Kunze J, Pfitzmann R, Radke M, Schönberger B, Springer MAG, Straube E, Straube W. Gedächtnis. In de Gruyter Hrsg. *Pschyrembel*. Berlin, New York: de Gruyter, 2004: 630

Eichenbaum H. A cortical-hippocampal system for declarative memory. *Nat rev neurosci* 2000; 1: 41-50

Elderkin-Thompson V, Mintz J, Haroon E, Lavretsky H, Kumar A. Executive dysfunction and memory in older patients with major and minor depression. *Clin Neuropsychol* 2007; 22: 261-270

Elger CE, Schramm J. The surgical treatment of epilepsy. *Radiologe* 1993; 33: 165-171

Elger CE, Grunwald TH, Kurthen M. Cortical localization of cognitive functions. In: Pedley TA, Meldrum BS, Hrsg. *Recent Advances in Epilepsy*. Edinburgh: Churchill Livingstone, 1995

Elger CE, Grunwald T, Lehnertz K, Kutas M, Helmstaedter C, Brockhaus A, Van Roost D, Heinze HJ. Human temporal lobe potentials in verbal learning and memory processes. *Neuropsychologia* 1997; 35: 657-667

Elger CE, 2012: Leitlinien für Diagnostik und Therapie in der Neurologie. Erster epileptischer Anfall und Epilepsien im Erwachsenenalter. www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/030-041I_S1_Erster_epileptischer_Anfall_und_Epilepsien_im_Erwachsenenalter_2013_08.pdf (04.09.2013)

Engel J, Pedley TA. *Epilepsy: a comprehensive textbook*. New York: Lippincott-Raven 1997.

Fernandez G, Tendolkar I. The rhinal cortex: "gatekeeper" of the declarative memory system. *Trends Cogn Sci* 2006; 10: 358-362

Fisher RS, Emde Boas W, Blume W, Elger C, Genton P, Engel LJ. Epileptic seizures and epilepsy: definitions proposed by the International League Against Epilepsy. *Epilepsia* 2005; 46: 1701-1702

Gabrieli JD, Cohen NJ, Corkin S. The impaired learning of semantic knowledge following bilateral medial temporal-lobe resection. *Brain Cogn* 1988; 7: 157-177

Gaskin S, Tremblay A, Mumby DG. Retrograde and anterograde object recognition in rats with hippocampal lesions. *Hippocampus* 2003; 13: 962-969

Geller EB, Devinsky O. Outcomes of extratemporal epilepsy surgery. In: Miller JW, Silbergeld DL, Hrsg. *Epilepsy Surgery*. New York: Taylor and Francis Group, 2006: 705-720

Giovagnoli AR, Avabizini G. Learning and memory impairment in patients with temporal lobe epilepsy: relations to the presence, type and localization of brain lesion. *Epilepsia* 1999; 40: 904-911

Glanzer M, Cunitz AR. Two storage mechanisms in free recall. *J Verbal Learning and Verbal Behaviour* 1966; 5: 351-360

Gleissner U, Helmstaedter C, Elger CE. Right hippocampal contribution to visual memory: a presurgical and postsurgical study in patients with temporal lobe epilepsy. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1998; 65: 665-669

Gleissner U, Helmstaedter C, Schramm J, Elger CE. Memory Outcome after Selective Amygdalohippocampectomy in Patients with Temporal Lobe Epilepsy: One-year Follow-up. *Epilepsia* 2004; 45: 960-962

Gleixner C, Müller M, Wirth S. Anfallskrankheiten. In: Dr. med. M. Müller, Hrsg. *Neurologie und Psychiatrie für Studium und Praxis*. Breisach: Medizinische Verlags- und Informationsdienste, 2007/08: 48-55

Glenberg AM, Bradley MM, Stevenson JA, Kraus TA, Tkachuk MJ, Gretz AL. A two-process account of long-term serial position effects. *J Exp Psychol Hum Learn* 1980; 6: 355-369

Glenberg AM, Bradley MM, Kraus TA, Renzaglia GJ. Studies of the long-term recency effect: Support for a contextually guided retrieval theory. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn* 1983; 12: 413-418

Glikmann-Johnston Y, Saling MM, Chen J, Cooper KA, Beare RJ, Reutens DC. 11. Structural and functional correlates of unilateral mesial temporal lobe spatial memory impairment. *Brain* 2008; 131: 3006-3008

Glisky EL, Schacter DL, Tulvin E. Computer learning by memory-impaired patients: acquisition and retention of complex knowledge. *Neuropsychologia* 1986; 24: 313-328

Glosser G, Deutsch GK, Cole LC, Corwin J, Saykin AJ. Differential lateralization of memory discrimination and response bias in temporal lobe epilepsy patients. *J Int Neuropsychol Soc* 1998; 4: 502-511

Gllumann-Johnston Y, Sailing MM, Reutens DC. Structural and functional correlates of unilateral mesial temporal spatial memory impairment. *Brain* 2008; 131: 3006-3018

Hamann SB, Squire LR. On the acquisition of new declarative knowledge in amnesia. *Behav Neurosci* 1995; 109: 1027-1044

Hebb DO. *The organization of behaviour. A neuropsychological theory.* New York: Wiley, 1949

Helmstaedter C, Kemper B, Elger CE. Neuropsychological aspects of frontal lobe epilepsy. *Neuropsychologia* 1996a; 34: 399-406

Helmstaedter C, Elger CE. Cognitive consequences of two-third Anterior Temporal Lobectomy on verbal memory in 144 Patients: A Three-Month Follow-Up Study. *Epilepsia* 1996b; 37: 171-180

Helmstaedter C, Gleissner U, Di Perna M, Elger CE. Relational verbal memory processing in patients with temporal lobe epilepsy. *Cortex* 1997; 33: 667-678

Helmstaedter C, Hauff M, Elger CE. Ecological Validity of List-Learning Tests and Self-Reported Memory in Healthy Individuals and Those with Temporal Lobe Epilepsy. *J Clin Exp Neuropsychol* 1998; 20: 365-375

Helmstaedter C, Lendt M, Lux S. *Verbaler Lern- und Merkfähigkeitstest.* Göttingen: Hogrefe, 2001

Helmstaedter C. Neuropsychological aspects of epilepsy surgery. *Epilepsy Behav* 2004; 5: 45-44

Helmstaedter C. Effects of chronic temporal lobe epilepsy on memory functions. In: Arzimanoglou A, Aldenkamp A, Cross H, Lassonde M, Moshe SL, Schmitz B, Hrsg. Cognitive Dysfunction in Children with Temporal Lobe Epilepsy. Montrouge: John Libbey Eurotext Ltd, 2005: 13-25

Helmstaedter C, 2006: Neuropsychologie bei Epilepsie.
www.meb.unibonn.de/epileptologie/cms/upload/download/pdf/NeuropsychologieBeiEpilepsie.pdf (13.03.2009)

Helmstaedter C, Elger CE. Chronic temporal lobe epilepsy: a neurodevelopmental or progressively dementing disease? *Brain* 2009; 132: 2822-2830

Helmstaedter C, Witzke JJ, Lutz MT. Unique and shared validity of the „Wechsler logical memory test“, the „california verbal learning test“ and the „verbal learning and memory test“ in patients with epilepsy. *Epilepsy res* 2009; 87: 203-212

Helmstaedter C, Roeske S, Kaaden S, Elger CE, Schramm J. Hippocampal resection length and memory outcome in selective epilepsy surgery. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 2011; 82: 1375-1381

Henke K. A model for memory systems based on processing modes rather than consciousness. *Memory Systems Opinion* 2010; 11: 523-532

Herlitz A, Viitanen M. Semantic organization and verbal episodic memory in patients with mild and moderate Alzheimer`s disease. *J Clin Exp Neuropsychol* 1991; 13: 559-574

Hermann BP, Wyler AR, Bush AJ, Tabatabai FR. Differential effects of left and right anterior temporal lobectomy on verbal learning and memory performance. *Epilepsia* 1992; 33: 289-297

Hermann BP, Connell B, Barr WB, Wyler AR. The utility of the Warrington Recognition Memory Test for temporal lobe epilepsy: Pre- and postoperative results. *J Epilepsy* 1995; 8: 139-145

Hermann BP, Gold J, Pusakulich R, Wyler AR, Randolph C, Rankin G, Hoy W. Wechsler Adult intelligenz scale- revised in evaluation of anterior temporal lobectomy candidates. *Epilepsia* 1995; 36: 480-487

Hermann BP, Seidenberg M, Wyler A, Davies K, Christeson J, Moran M, Stroup E. The effects of human hippocampal resection on the serial position curve. *Cortex* 1996; 32: 323-334

Hermann BP, Seidenberg M, Schoenfeld J, Davies K. Neuropsychological characteristics of the syndrome of mesial temporal lobe epilepsy. *Archives of Neurology* 1997; 54: 369-376

Hermann BP, Seidenberg M. Memory impairment and its cognitive context in epi-

lepsy. In: Schachter DL, Holmes GL, Kasteleijn-Nolst Trenite DGA, Hrsg. Behavioural aspects of epilepsy: principles and practice. New York: Demos, 2008: 147-155

Howard MW, Kahana MJ. A distributed representation of temporal context. *J Math Psychol* 2002a; 46: 85-98

Howard MW, Kahana MJ. When does semantic similarity help episodic retrieval? *J Mem Lang* 2002b; 46: 85-98

Jambaque I, Dellatolas G, Dulac O, Ponsot G, Signoret J. Verbal and visual memory impairment in children with epilepsy. *Neuropsychologia* 1993; 31: 1321-1337

Jokeit H, Ebner A. Long term effects of refractory temporal lobe epilepsy on cognitive abilities: a cross sectional study. *J Neurol Neurosurg and Psychiatry* 1999; 67: 44-50

Kahana M J. Associative retrieval processes in free recall. *Memory and Cognition* 1996; 24: 103–109

Kahana MJ, Wingfield A. A functional relation between learning and organisation in free recall. *Psychonomic Bullerin & Review* 2000; 7: 516-521

Kahana MJ, Howard MW, Polyn SM. Associative Retrival Processes in Episodic Memory. *Surface Psychology* 2008; 1-33

Kahana MJ, Mollison MV, Addis KM. Positional cuesin serial learning: the spin-list technique. *Mem cognit* 2010; 38: 92-101

Kartsounis LD, Rudge P, Stevens JM. Bilateral lesions of CA1 and CA2 fields of the hippocampus are sufficient to cause a severe amnesic syndrome in humans. *J Neurol Neurosurg Psychiatry* 1995; 59: 95-98

Kelley WM, Miezin FM, McDermott KB, Buckner RL, Raichle ME, Cohen NJ, Ollinger JM, Akbudak E, Conturo TE, Snyder AZ, Petersen SE. Hemispheric Specialization in Human Dorsal Frontal Cortex and Medial Temporal Lobe for Verbal and Nonverbal Memory Encoding. *Neuron* 1998; 20: 927-936

Kneebone AC, Lee GP, Wade LT, Loring DW. Rey Complex Figure: figural and spatial memory before and after temporal lobectomy for intractable epilepsy. *J Int Neuropsychol Soc* 2007;13: 664-671

Knoke D, Taylor AE, Saint-Cyr JA. The Differential Effects of Cueing on Recall in Parkinson's Disease and Normal Subjects. *Brain Cogn*, 1998; 38: 261-274

Kopelman MD, Wilson BA, Baddeley AD. The autobiographical memory interview: a new assessment of autobiographical and personal semantic memory in amnesic patients. *J Clin Exp Neuropsychol* 1989; 5: 724-744

Lacritz LH, Barnard HD, Van Ness P, Agostini M, Diaz-Arrastia R, Cullum CM.

Qualitative analysis of WMSIII logical Memory and visual Reproduction in temporal lobe epilepsy. *J Clin Exp Neuropsychol* 2004; 26: 521-530

Lah S, Grayson S, Lee T, Miller L. Memory for the past after temporal lobectomy: impact of epilepsy and cognitive variables. *Neuropsychologia* 2004; 42: 1666-1679

Lah S, Lee T, Grayson S, Miller L. Effects of temporal lobe epilepsy on retrograde memory. *Epilepsia* 2006; 47: 615-625

Lansera MG, Berger HJC, Ellenbroek BA, Cools AR, Zitmanb FG. Perseveration in schizophrenia: failure to generate a plan and relationship with the psychomotor poverty subsyndrome. *Psychiatry Res* 2002; 112: 13–26

Le Moal S, Reymann JM, Thomas V, Cattenez C, Lieury A, Allain H. Effect of normal aging and of Alzheimer`s on episodic memory. *Dementia* 1997; 8: 281-287

Logie RH, Della Sala S, Laiacina M, Chalmers P, Wynn V. Group aggregates and individual reliability: The case of verbal short-term memory. *Mem Cognit* 1996; 24: 305–321

MacKinnon D, Squire LR. Autobiographical memory in amnesia. *Psychobiology* 1989; 17: 247-256

Marslen-Wilson WD, Teuber HL. Memory for remote events in anterograde amnesia: recognition of public figures from news photographs. *Neuropsychologia* 1975; 13: 353-364

Mc Conley R, Martin R, Palmer CA, Kuzniecky R, Knowlton R, Faught E. Rey Osterrieth complex figure test spatial and figural scoring: Relations to seizure focus and hippocampal pathology in patients with temporal lobe epilepsy. *Epilepsy Behav* 2008; 13: 174-177

Mesholam-Gately RI, Giuliano AJ, Zillmer EA, Barakat LP, Kumar A, Gur RC, McAndrew LM, Bilker WB. Verbal Learning and Memory in Older Adults with Minor and Major Depression. *Clin Neuropsychol* 2012; 27: 196–207

Miller GA. The magical number seven, plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review* 1956; 63: 81-97

Milner B. Psychological defects produced by temporal lobe excision *Res Publ Assoc Res Nerv Ment Dis* 1958; 36: 244-257

Morrell F, Whistler WW, Bleck TP. Multiple subpial transaction: a new approach to the surgical treatment of focal epilepsy. *J Neurosurg* 1989; 70: 231-139

Moscovitch M, Rosenbaum RS, Gilboa A, Addis DR, Westmacott R, Grady C, McAndrews MP, Levine B, Black S, Winocur G, Nadel L. Functional neuroanatomy of remote episodic, semantic and spatial memory: a unified account based on multiple

trace theory. *J Anat* 2005; 207: 35-66

Murdock BB. Retention of individual items. *J Exp Psychol* 1961; 62: 618-632

Nadel L, Samsonovich A, Ryan L, Moscovitch M. Multiple Trace Theory of Human Memory: Computational, Neuroimaging and Neuropsychological Results. *Hippocampus* 2000; 10: 352-368

Nairne JS, Neath I, Serra M, Byun E. Positional distinctiveness and the ratio rule in free recall. *J Mem Lang* 1997; 37: 155-166

Neath I, Crowder R. Schedules of presentation and temporal distinctiveness in human memory. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn* 1990; 16: 316-327

Neath I. Contextual and distinctive processes and the serial position function. *J Mem Lang* 1993; 32: 820-840

Neylan TC. Memory and the Medial Temporal Lobe: Patient H.M.. *J Neuropsychiatry clin Neurosci* 2000; 12: 103

Nitsch R. Archikortex. In: Drenckhahn D, Zenker W, Hrsg. Benninghoff Anatomie. München: Urban & Fischer, 2004: 502-511

Nolan MA, Redoblado MA, Lah S, Sabaz M, Lawson JA, Cunningham AM, Bleasel AF, Bye AME. Memory function in childhood epilepsy syndroms. *J Paediatr Child Health* 2004; 40: 20-27

Olivier A. Surgical management of complex partial seizures. In Nistico G, DiPerri R, Meinardi H, Hrsg. *Epilepsy: An update on research and therapy*. New York: Alan R Liss, 1983: 309-324

Oostroma I, Dollfusa S, Brazoa P, Abadiea P, Halbecqa I, The´ryb S, Marie´c RM. Verbal learning and memory in schizophrenic and Parkinson's disease patients. *Psychiatry Res*, 2003; 117: 25-34

Peterson LR, Peterson MJ. Short-term retention of individual verbal items. *J Exp Psychol* 1959; 58:193-198

Poeck K. Epilepsie. In: Poeck K und Hacke W, Hrsg. *Neurologie*. Berlin-New York: Springer Verlag, 2001: 377-409

Polyn SM, Norman KA, Kahana MJ. A context maintenance and retrieval model of organizational processes in free recall. *Psychol Rev* 2009; 116: 129-156

Postman L, Phillips LW. Short-term temporal changes in free recall. *Q J Exp Psychol* 1965; 17: 132-138

Rausch R, Kraemer S, Pietras CJ, Vickrey BG, Passaro EA. Early and late cognitiv

changes following temporal lobe surgery for epilepsy. *Neurology* 2003; 60: 951-959

Reed JM, Squire LR. Retrograde amnesia for Facts and Events: Findings from Four New Cases. *J Neurosci* 1998; 18: 3943-3954

Rempel-Clower NL, Zola SM, Squire LR, Amaral DG. Three cases of enduring memory impairment after bilateral damage limited to the hippocampal formation. *J Neurosci* 1996; 16: 5233-5255

Rey A. L'examen clinique en psychologie. Paris: Presses Universitaires de France, 1964

Reynolds JR. Epilepsy: its symptoms, treatment and relation to other chronic convulsive diseases. London: John Churchill, 1861

Reynolds JR. Epilepsy: its symptoms, treatments and relations to other chronic convulsive diseases. *American Journal of Insanity* 1862; 19:198-209

Rosenbaum RS, Winocur G, Moscovitch M. New views on old memories: reevaluating the role of the hippocampal complex. *Behav Brain Res* 2001; 127: 183-197

Ryan L, Nadel L, Keil K, Putnam K, Schnyer D, Trouard T, Moscovitch M. Hippocampal complex and retrieval of recent and very remote autobiographical memories: Evidence from functional magnetic resonance imaging in neurologically intact people. *Hippocampus* 2001; 11: 707-714

Salmon HI, Lasker BR, Butter N, Beatty WW. Remote memory in a patient with circumscribed amnesia. *Brain Cogn* 1988; 7: 201-211

Sanderson DJ, Pearce JM, Kyd RJ, Aggleton JP. The importance of the rat hippocampus for learning the structure of visual arrays. *Eur J Neurosci* 2006; 24: 1781-1788

Satzger W, Fessmann H, Engel RR. Liefern HAWIE-R, WST und MWT-B vergleichbare IQ-Werte? *Zeitschrift für Differentielle und Diagnostische Psychologie* 2002; 23: 159-170

Schacter DL, Harbluk JL, McLachlan DR. Retrieval without recollection: an experimental analysis of source amnesia. *J Verb Learn Verb Behav* 1984; 23: 593-611

Schacter DL, Wagner AD. Medial Temporal Lobe Activations in fMRI and PET Studies of Episodic Encoding and Retrieval. *Hippocampus* 1999; 9: 7-24

Schmidt D, Baumgartner C, Löscher W. The chance of cure following surgery for drug-resistant temporal lobe epilepsy: What do we know and do we need to revise our expectations. *Epilepsy Res* 2004a; 60: 187-201

Schmidt D, Baumgartner C, Löscher W. Seizure recurrence after planned discon-

tinuation of antiepileptic drugs in seizure free patients after epilepsy surgery: a review of current clinical experience. *Epilepsia* 2004b; 45: 179-186

Schmidt D, Elger CE. *Praktische Epilepsiebehandlung*. Stuttgart-New York: Thieme, 2005

Schmidtke H, Vollmer K. Retrograde amnesia: a study of its relation to anterograde amnesia and semantic memory deficits. *Neuropsychologia* 1997; 35: 505-518

Scoville WB, Milner B. Loss of recent memory after bilateral hippocampal lesions. 1957. *J Neuropsychiatry Clin Neurosci* 2000; 12: 103-113

Sederberg PB, Schulze-Bonhage A, Madsen JR, Bromfield EB, McCarthy DC, Brandt A, Tully MS, Kahana MJ. Hippocampal and neocortical gamma oscillations predict memory formation in humans. *Cereb cortex* 2007; 17: 1190-1196

Sederberg PB, Miller JF, Howard MW, Kahana MJ. The temporal contiguity effect predicts episodic memory performance. *Mem Cognit* 2010; 38: 689-699

Shimamura AP, Squire LR. A neuropsychological study of fact memory and source amnesia. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn* 1987; 13: 464-473

Sommer W, Komoss E, Schweinberger SR. Differential localization of brain systems subserving memory for names and faces in normal subjects with event-related potentials. *Electoencephalogr. Clin Neuropsychol* 1997; 102: 192-199

Spaendock KPM, Berger HJC, Horstink MWIM, Borm GF, Cools AR. Memory performance under varying cueing conditions in patients with Parkinson's disease. *Neuropsychologia* 1996; 34: 1159-1164

Spanaki M V, Allen LS, Mueller WM, Morris GL. Vagus nerve stimulation therapy: 5-year or greater outcome at a university-based epilepsy center. *Seizure* 2004; 13: 587-590

Sperling G. The information available in brief visual presentations. *Psychol Monogr: General and Applied* 1960; 74: 1-29

Squire LR. *Memory and brain*. New York: Oxford University Press, 1987

Squire LR, Haist F, Shimamura AP. The neurology of memory: quantitative assessment of retrograde amnesia in two groups of amnesic patients. *J Neurosci* 1989; 9: 828-839

Squire LR. Declarative and Nondeclarative Memory: Multiple Brain Systems Supporting Learning and Memory. *J cognit Neurosci* 1992; 4: 232-243

Squire LR, Clark RE, Knowlton BJ. Retrograde amnesia. *Hippocampus* 2001; 11: 50-55

Squire LR, Stark CE, Clark RE. The medial temporal lobe. *Ann rev Neurosci* 2004; 27: 279-306

Sternberg RJ, Tulving E. The measurement of subjective organization in free recall. *Psychological Bull* 1977, 84: 539-556

Strien NM, Cappaert NLM, Witter MP. The anatomy of memory: an interactive overview of the parahippocampal – hippocampal network. *Nature* 2009; 10: 272-282

Sutherland RJ, Lehmann H, Spanswick SC, Sparks FT, Melvin NR. Growth Points in Research on Memory and Hippocampus. *Can J of exp psychol* 2006; 60: 166-174
 Téllez-Zenteno JF, Dhar R, Hernandez-Ronquillo L. Long-term outcomes in epilepsy surgery: antiepileptic drugs, mortality, cognitive and psychosocial aspects. *Brain* 2007a; 130: 334–345

Thapar A, Greene R. Evidence against a short-termstore account of long-term recency effects. *Mem Cognit* 1993; 21: 329-337

Toni N, Buchs PA, Nikonenko I, Bron CR, Muller D. LTP promotes formation of multiple spine synapses between a single axon terminal and a dendrite. *Nature* 1999; 402: 421-425

Tulving E. Subjective organization in free recall of “unrelated” words. *Psychol rev* 1962; 69: 344-354

Tulving E. Theoretical issues in free recall. In: Dixon TR, Horton DL, Hrsg. *Verbal behaviour and general behaviour theory*. New York: Prentice-Hall, 1968: 1-68

Tulving E. Episodic and semantic Memory. In: Tulving E, Donaldson W, Hrsg. *Organization of memory*. New York: Academic Press, 1972: 381-403

Tulving E. *Elements of episodic memory*. Oxford: Clarendon press, 1983

Tulving E. Relations among components and processes of memory. *Behav Brain Sci* 1984; 7: 257-268

Tulving E. Memory and consciousness. *Can psychol* 1985; 26: 1-12

Tulving E, Kapur S, Craik FI, Moscovitch M, Houle S. Hemispheric encoding/retrieval asymmetry in episodic memory: positron emission tomography findings. *Proc Natl Acad Sci* 1994; 91: 2016-2020

Tulving E. Organization of memory: Quo vadis? In Gazzaniga MS, Hrsg. *The cognitive neurosciences* Cambrigde: MIT press, 1995: 839-853

Tulving E, Markowitsch HJ. Episodic and declarative memory: Role of the hippocampus. *Hippocampus* 1998; 8: 198-204

Tulving E. Episodic memory: from mind to brain. *Annu Rev Psychol* 2002; 53:1-25

Tzeng OJL. Positive recency in delayed free recall. *J Mem Lang* 1973; 12: 436-439

Victor M, Agmanolis J. Amnesia due to lesions confined to the hippocampus: A clinical-pathologic study. *J Cogn Neurosci* 1990; 2: 246-257

Viscontas IV, McAndrews MP, Moscovitch M. Remote episodic memory deficits in patients with unilateral temporal lobe epilepsy and excision. *J Neurosci* 2000; 20: 5853-5857

Weidlich S, Lamberti G. DCS - A Visual Learning and Memory Test for Neuropsychological assessments. Seattle, Toronto, Bern, Gleringen: Hogrefe & Huber Publishers, 1998

Wickens DD. Characteristics of word encoding. In: Melton AW und Martin E, Hrsg. *Coding processes in human memory*. New York: Wiley 1972: 191-215

Wieser HG, Yarsagil MG. Selective amygdalahippocampectomy as a surgical treatment of mesiobasal limbic epilepsy. *Surg neurol* 1982; 17: 445-457

Zimbardo PG, Gerrig RJ. Gedächtnis. In: Zimbardo PG und Gerrig RJ, Hrsg. *Psychologie*. München: Pearson Education, 2008: 231-275

10. Danksagung

Herrn Prof. Helmstaedter danke ich für die Bereitstellung des Promotionsthemas, welches mir einen Einblick in das interessante Fachgebiet der Neuropsychologie ermöglicht hat.

Einen besonderen Dank richte ich an Herrn Dr. Christian Hoppe für seine stets engagierte Betreuung während des gesamten Promotionsvorhabens, mit hilfreichen Ideen und Ratschlägen.

Meinen Eltern danke ich für die ideelle und materielle Förderung meiner Promotionsarbeit und meines gesamten bisherigen Lebenswegs.

Meinem Ehemann Michael Esser danke ich für seine Geduld, Unterstützung und Ermunterung, die er mir in allen Phasen meiner Promotionsarbeit hat zugute kommen lassen.