

Aus dem Universitätsklinikum Münster
Klinik und Poliklinik für Neurologie
Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. E. B. Ringelstein

Prädiktoren erfolgreichen Sprachlernens im Alter

INAUGURAL-DISSERTATION

zur

Erlangung des doctor medicinae

der Medizinischen Fakultät

der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster

vorgelegt von

Nicole Andrea Marschner-Preuth M.A.

geb. Preuth

Cloppenburg

2011

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Westfälischen Wilhelms-Universität Münster.

Dekan: Univ.-Prof. Dr. med. Wilhelm Schmitz

1. Berichterstatter: Privatdozentin Dr. rer. soc. Caterina Breitenstein
2. Berichterstatter: Privatdozent Dr. rer. soc. Christian Döbel

Tag der mündlichen Prüfung: 13. Januar 2011

Aus dem Universitätsklinikum Münster
Klinik und Poliklinik für Neurologie
Direktor: Univ.-Prof. Dr. med. E. B. Ringelstein
Referent: Privatdozentin Dr. rer. soc. Caterina Breitenstein
Koreferent: Privatdozent Dr. rer. soc. Christian Dobel

Zusammenfassung

Prädiktoren erfolgreichen Sprachlernens im Alter

Nicole Andrea Marschner-Preuth M.A.

Sprachliche Fertigkeiten sind der Schlüssel zu akademischem und beruflichem Erfolg. Bislang ist weitestgehend unbekannt, welche kognitiven Leistungen das Sprachlernen beeinflussen.

Das Ziel der vorliegenden Studie war, in einem ersten Schritt kognitive Prädiktoren für den erfolgreichen Spracherwerb gesunder Menschen im Alter zwischen 65-80 Jahren zu identifizieren. Die Kenntnis über die Zusammenhänge von Kognition und Spracherwerb sind eine unerlässliche Voraussetzung für die zielgerichtete Zuweisung von Schlaganfallpatienten mit Aphasie zu einer bestimmten Therapieform.

Dreißig gesunde ältere Probanden lernten an einem Tag mittels assoziativer Lernprinzipien ein Miniaturlexikon von 25 neuen Objektnamen. Eine umfassende neuropsychologische Testbatterie erfasste den kognitiven Status aller Teilnehmer. Der Lernerfolg im Sprachtraining wurde mit den neuropsychologischen Testergebnissen korreliert.

Unsere Ergebnisse zeigen, dass auch ältere Menschen innerhalb kurzer Zeit erfolgreich ein neues Vokabular durch das Prinzip statistischer Regelmäßigkeiten im Rahmen eines intensiven Trainingsansatzes erlernen können.

Beste Prädiktoren für ein erfolgreiches intensives Sprachtraining gesunder älterer Probanden waren das allgemeine sprachliche und visuell-räumliche Leistungsvermögen, gute frontal exekutive Leistungen, gute assoziative Lernleistungen sowie eine gute Merkfähigkeit für Geschichten. Das Fehlen von Hinweisen auf eine dementielle Entwicklung (MMST) wirkte sich ebenfalls günstig auf den Erfolg des intensiven Sprachtrainings aus.

Tag der mündlichen Prüfung: 13. Januar 2011

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Abbildungsverzeichnis	VI
Tabellenverzeichnis	VII
Abkürzungsverzeichnis	VIII
1 Einleitung	1
1.1 Spracherholung nach einem Schlaganfall.....	2
1.2 Wie lernt das Gehirn? Neurophysiologische Grundlagen.....	6
1.2.1 Verschiedene Gedächtnistypen.....	7
1.2.2 Die zelluläre Basis für Lernen und Gedächtnis.....	9
1.2.3 Altersbedingte Änderungen der Lernfähigkeit.....	11
1.3 Spracherwerb bei Kindern und Erwachsenen.....	12
1.3.1 Spracherwerb bei Kindern.....	12
1.3.2 Spracherwerbs- und -verarbeitungsmodelle bei Erwachsenen.....	13
1.3.3 Prädiktoren erfolgreichen Sprachlernens bei Kindern und Erwachsenen.....	15
1.4 Fragestellung.....	16
2 Material und Methoden	18
2.1 Probanden.....	18
2.2 Studiendesign.....	20
2.3 Sprachtraining.....	20
2.3.1 Voruntersuchungen: Kurzversion des Sprachlernmodells.....	21
2.3.2 Versuchsablauf.....	22
2.3.3 Hintergrunddaten zum Sprachlernmodell.....	24
2.4 Neuropsychologische Testbatterie.....	25
2.4.1 Fragebögen zur Erfassung von Hörleistungen.....	25
2.4.2 Fragebögen zur Erfassung der subjektiven Befindlichkeit.....	25

2.4.3 Tests zur Erfassung der allgemeinen kognitiven Leistungsfähigkeit.....	26
2.4.4 Tests zur Erfassung dementieller Entwicklung.....	26
2.4.5 Tests zur Erfassung der verbalen Behaltensleistung.....	27
2.4.6 Tests zur Erfassung der figuralen Lern- und Merkfähigkeit.....	28
2.4.7 Tests zur Überprüfung sprachlicher Leistungen.....	30
2.4.8 Tests zur Erfassung der Aufmerksamkeit.....	31
2.4.9 Tests zur Erfassung der visuell-räumlichen Orientierung.....	32
2.4.10 Tests zur Erfassung exekutiver Funktionen.....	32
2.5 Auswertung der Daten.....	33
3 Ergebnisse.....	34
3.1 Erfolg des Sprachtrainings.....	37
3.2 Einfluss von Medikamenten.....	40
3.3 Kognitive Prädiktoren des Lernerfolgs.....	41
4 Diskussion.....	46
4.1 Zusammenfassung der Ergebnisse.....	46
4.1.1 Diskussion: Kognitive Prädiktoren des Lernerfolgs.....	47
4.1.2 Diskussion: Kognitive Prädiktoren und Aphasien.....	52
4.2 Kritik.....	53
4.3 Ausblick.....	54
5 Literaturverzeichnis.....	IX
6 Danksagung.....	XXVII
7 Lebenslauf.....	XXVIII
Anhang	

Abbildungsverzeichnis

	Seite
Abb. 1 Schematische Darstellung der LTP Induktion.....	10
Abb. 2 Prozess der Stimulusgenerierung und Pseudowort-Bild Paarung.....	21
Abb. 3 Vergleich der Ergebnisse von Lang- vs. Kurzversion des Sprachlern- Programms.....	22
Abb. 4 Bsp. für statistisches Erlernen von Wörtern auf neuronaler Ebene.....	23
Abb. 5 Zeitlicher Verlauf des Trainings, Studiendesign.....	24
Abb. 6 Gesamtdarstellung der Lernleistungen.....	38
Abb. 7 Darstellung der Gesamtlernleistungen jedes Teilnehmers (grau) sowie Veranschaulichung der durchschnittlichen Lernleistung innerhalb dieser Population (blau).....	39
Abb. 8 Einfluss von Beta-Blockern auf die Lernleistung.....	40
Abb. 9 Korrelation der Anzahl erreichter Wertepunkte im HAWIE Wortschatztest mit prozentualen Verbesserung der Lernleistungen im Kunstsprachetraining	41
Abb. 10 Korrelation der Wertepunkte (WP) des HAWIE Mosaiktests mit der prozen- tualen Verbesserung der Lernleistungen im Kunstsprachetraining.....	42
Abb. 11 Korrelation der Anzahl richtiger Antworten im MMST mit der prozen- tualen Verbesserung der Lernleistungen im Kunstsprachetraining.....	42
Abb. 12 Korrelation der Ergebnisse des verzögerten Abrufs im Test Verbale Paarassoziationen mit der prozentualen Verbesserung der Lernleistungen im Kunstsprachetraining.....	43
Abb. 13 Korrelation der Ergebnisse des unmittelbaren Abrufs der Wechsler Geschichte der prozentualen Verbesserung der Lernleistungen im Kunst- sprachetraining.....	43
Abb. 14 Korrelation der Ergebnisse des verzögerten Abrufs der Wechsler Geschichte mit der prozentualen Verbesserung der Lernleistungen im Kunstsprachetraining.....	44
Abb. 15 Korrelation der Anzahl erreichter Kategorien des Wisconsin Card Sorting Tests mit der prozentualen Verbesserung der Lernleistun- gen im Kunstsprachetraining.....	44
Abb. 16 Negative Korrelation der Anzahl an Zufallsfehlern im Wisconsin Card Sorting Tests mit der prozentualen Verbesserung der Lernleistungen im Kunstsprachetraining.....	45

Tabellenverzeichnis

	Seite
Tab. 1 Auswertung der Händigkeit.....	18
Tab. 2 Deskriptive Statistik.....	34
Tab. 3 Korrelationsergebnisse mit dem Lernerfolg.....	34-37
Tab. 4 Verteilung der abschließenden Lernleistungen der Studienteilnehmer in der Lernkontrolle.....	39

Abkürzungsverzeichnis

Abb.	=	Abbildung
AMPA	=	α -Amino-3-hydroxyl-5-methyl-4-isoxazolepropionsäure
BDI	=	Beck-Depressions-Inventar
CREB	=	cAMP responsive element binding protein
cAMP	=	zyklisches Adenosin-Monophosphat
dB	=	Dezibel
DGN	=	Deutsche Gesellschaft für Neurologie
HAWIE-R	=	Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Erwachsene-Revidiert
Hz	=	Hertz
KZG	=	Kurzzeitgedächtnis
KZS	=	Kurzzeitspeicher
L2	=	Erste Fremdsprache
LM	=	Logical Memory
LTP	=	Long-Term Potentiation
LZG	=	Langzeitgedächtnis
LZS	=	Langzeitspeicher
MCI	=	Mild Cognitive Impairment, Leichte kognitive Beeinträchtigung
MMST	=	Mini Mental Status Test
NMDA	=	N-Methyl-D-Aspartat
Pb	=	Proband
PKA	=	Proteinkinase A
rTMS	=	repetitive Transkranielle Magnetstimulation
STAI	=	State-Trait-Angstinventar (Trait-Version)
Tab.	=	Tabelle
WCST	=	Wisconsin Card Sorting Test
WP	=	Wertepunkte
ZNS	=	Zentralnervensystem

1 Einleitung

Sprache erfordert neben linguistischen Fertigkeiten auch nicht-sprachliche kognitive Leistungen (22; 177; 222). Zu den nicht-sprachlichen kognitiven Prozessen zählen z.B. Gedächtnisfunktionen, Aufmerksamkeitsleistungen, Prozesse des Lernens und exekutive Funktionen. Die enge Assoziation von Sprache mit diesen non-verbalen kognitiven Faktoren ist in verschiedenen Studien belegt worden (177; 25; 56), sowohl beim Spracherwerb von Kindern (z.B. 222) als auch bei der Sprachverarbeitung gesunder Erwachsener (177). Zum Beispiel hängt der erfolgreiche Erwerb eines neuen Vokabulars im jungen Erwachsenenalter (19-26 Jahre) von allgemeinen verbalen semantischen Fähigkeiten und verbalen Wortflüssigkeitsleistungen ab (25). Bislang wenig untersucht wurde dagegen die Fähigkeit des Sprachlernens bei älteren gesunden Menschen (65-80 Jahre). Auch die Frage nach nicht-sprachlichen kognitiven Prädiktoren erfolgreichen Sprachlernens im höheren Lebensalter ist bisher ungeklärt. Die Kenntnis dieser Zusammenhänge ist für den klinischen Alltag von erheblicher Bedeutung: zum einen für die zielgerichtete Zuweisung eines Patienten mit Aphasie zu einer spezifischen Therapie, zum anderen für die Vorhersage der sprachlichen Funktionserholung infolge eines Schlaganfalls. Ein bereits bekannter guter Prädiktor für die therapieinduzierte Spracherholung nach einem Schlaganfall ist die Trainingsintensität (Therapiestunden pro Woche) (114; 165; 10; 32; 28). Tägliche mehrstündige Trainingseinheiten stellen jedoch hohe Ansprüche an die kognitiven Ressourcen älterer Schlaganfallpatienten (3; 175), und nicht alle Patienten sind vor diesem Hintergrund für ein Intensivtraining geeignet. Hinzu kommt, dass der kognitive Status älterer Patienten vor Eintreten des Schlaganfalls in der Regel nicht bekannt ist. Bereits prämorbid beginnende dementielle Entwicklungen (91) können im Falle eines Schlaganfalls zunächst unentdeckt bleiben. Umgekehrt können unspezifische Effekte der schlaganfallbedingten Hirnschädigung auch Ursache einer Reduktion kognitiver Reserven sein und so zu einer Einschränkung der Gedächtniseinspeicherung führen (168).

In der vorliegenden Pilotstudie wurde deshalb eine Gruppe gesunder, älterer Probanden (65-80 Jahre) auf die sprachliche Lernfähigkeit im höheren Lebensalter, das allgemeine kognitive Leistungsvermögen und die Zusammenhänge dieser beiden Funktionen untersucht.

Das einführende Kapitel dieser Arbeit beschreibt zunächst die Klinik der Aphasien. Anschließend werden neurophysiologische Grundlagen, Gedächtnistypen und altersbedingte Änderungen der Lernfähigkeit dargestellt. Bereits bekannte Prädiktoren für den erfolgreichen Spracherwerb bei Kindern und jungen Erwachsenen behandelt ein weiterer Abschnitt der Einleitung. Der Methodenteil beschreibt die Sprach- und neuropsychologischen Aufgaben, die gesunde ältere Probanden in dieser Studie absolvierten. Diese beinhalten ein intensives Sprachtrainingsprogramm (Erwerb des Miniaturlexikons „Wernicko“) und eine umfassende neuropsychologische Testbatterie. Nachfolgend werden die Ergebnisse der beiden Funktionsbereiche dieser Studie präsentiert. Im abschließenden Teil dieser Arbeit werden die Resultate diskutiert und ein Ausblick auf zukünftige Forschungsziele gegeben.

1.1 Spracherholung nach einem Schlaganfall

In Deutschland zählt der Schlaganfall zu den häufigsten Erkrankungen und stellt zudem mit 7,9 Prozent die dritthäufigste aller Todesursachen dar (207; 155).

Fast jeder dritte Schlaganfall ereignet sich bei Menschen vor dem 65. Lebensjahr (175). Ein kontinuierlicher Anstieg der Schlaganfall-Prävalenz ist durch sinkende Mortalitätsraten aufgrund der Fortschritte in der Akuttherapie (148; 174) sowie durch die demographische Altersentwicklung zu erklären (125; 3).

Pro Jahr sind in Deutschland etwa 200.000 Menschen betroffen (227). In Deutschland erleiden unabhängig von der Ätiologie des Schlaganfalls etwa 85.000-100.000 Menschen eine Aphasie. Die jährliche Inzidenz chronisch manifestierender und damit behandlungsbedürftiger Sprachstörungen beträgt ungefähr 25.000 Fälle pro Jahr (227; 44; 147; 26).

Bei der Regeneration wird zwischen spontaner und therapieinduzierter Erholung unterschieden. Initial sind 30-40 Prozent der Patienten nach einem Schlaganfall aphasisch (3; 147). Davon haben mehr als die Hälfte der Patienten zunächst eine schwere Aphasie. Nach etwa vier Wochen normalisiert sich die Sprachfunktion bei ungefähr einem Drittel der Patienten (223). Etwa sechs Monate nach dem Ereignis lassen sich bei etwa 44 Prozent der Überlebenden keine Aphasien mehr nachweisen (147). Anschließend nehmen die Spontanrückbildungen deutlich ab (223). Nach Ablauf von zwölf Monaten kann eine weitere spontane Besserung nicht erwartet werden. Damit weisen langfristig ungefähr

30 % aller Patienten, die einen Schlaganfall überleben, eine persistierende Sprachstörung auf (155; 3). Die Erholung von einer Aphasie erfordert eine funktionelle Reorganisation des Sprachsystems im Gehirn (163; 65; 66; 129). An der Regeneration sprachlicher Funktionen sind insbesondere perilesionelle Areale beteiligt (128), sowohl in der akuten als auch der chronischen Phase nach einem Schlaganfall (116; 129). Neben den Gebieten unmittelbar um den Hirninfarkt herum spielen bei der Spracherholung auch nicht betroffene homologe Bereiche der kontralateralen Hemisphäre eine Rolle (218, 79). Zusätzlich sind auch andere bisher nicht für sprachliche Funktionen genutzte Areale in den Prozess der Regeneration integriert (49). Saur et al. (2006) untersuchten mittels funktioneller Magnetresonanztomographie (fMRT) die dynamische Komponente der spontanen Reorganisation. Sie überprüften die Sprachaktivierungsmuster durch wiederholte Testungen mit funktioneller Magnetresonanztomographie im Verlauf akuter bis chronischer Aphasien und fanden drei Phasen (frühe Phase, postakute Phase, Konsolidierungsphase). In den Tagen 0-4 nach Schlaganfall (frühe Phase) zeigte sich eine deutlich reduzierte Aktivität der nicht geschädigten linkshemisphärischen Sprachareale. Ungefähr zwei Wochen nach Ereignis (postakute Phase) konnte eine mit der Leistungsverbesserung korrelierte Hochregulierung neuronaler Aktivität nachgewiesen werden. Diese zeigte sich vor allem in den homologen (vor allem anterioren) Spracharealen der rechten Hemisphäre. In der sogenannten „Konsolidierungsphase“ etwa 4-12 Monate nach dem Hirninfarkt waren weitere sprachliche Verbesserungen mit einem Rückgang rechtshemisphärischer Aktivität verbunden. Zusätzlich korrelierten Leistungssteigerungen mit einer zunehmenden Aktivität der intakten linkshemisphärischen Sprachareale (181).

Im Vergleich zu Saur et al. (2006) untersuchten Menke et al. (2009) die therapieinduzierte dynamische Komponente der Spracherholung im chronischen Stadium nach erworbener Aphasie (181; 130). Ihre Resultate lassen vermuten, dass neben den perilesionellen und homologen Spracharealen zumindest initial auch die Integrität der domänen-unspezifischen Gedächtnisstrukturen eine wichtige Variable für eine erfolgreiche Sprachtherapie ist (130). Eine Erklärung für diesen Befund ist, dass Spracherholung auf zellulärer Ebene durch eine Stärkung synaptischer Verbindungen vermittelt wird, was durch häufige Wiederholung von Sprachreizen im Rahmen eines intensiven Trainingsansatzes begünstigt wird. Ein Zusammenhang zwischen behandlungsinduzierten Verhal-

tensänderungen (94; 184) und neurophysiologischen (Stärkung der synaptischen Verbindung) sowie morphologischen (Aussprossung neuer dendritischer Verbindungen) Veränderungen ist gut dokumentiert (116; 213).

Aphasietherapeutische Behandlungsansätze basieren auf zum Teil sehr unterschiedlichen Therapiekonzepten. So sind linguistische und psycholinguistische Vorgehensweisen häufig anhand modellorientierter Diagnostik und Therapie ausgerichtet (21; 45). Insgesamt zielt eine Aphasietherapie auf die Verbesserung kommunikativer Möglichkeiten (neben Verbesserungen des Sprechens u.a. auch des Mimik- und Gestikeinsatzes). Darüber hinaus sollen, angelehnt an das Paradigma des Bio-psycho-sozialen Modells, Unterstützungen zur aktiven Teilhabe am sozialen Leben gefördert werden (44; 90). Auch hier gibt es unterschiedliche Herangehensweisen (z.B. MODAK, MIT, REST, VAT, PACE, PAKT und modellorientierte Ansätze) (121; 195; 186; 196; 200; 137; 138; 139). Ob die theoretische Therapieausrichtung einen Einfluss auf die Effizienz einer Sprachtherapie hat wird schon seit längerer Zeit diskutiert (71; 9; 154; 117). Bislang gelang es nicht, die Überlegenheit eines dieser Behandlungsansätze nachzuweisen (219; 220). In einer älteren Übersichtsarbeit von Greener und Kollegen (2000) konnten weder Effektivität noch Ineffektivität einer Sprachtherapie belegt werden (71; s.a. 117). Einen schwachen Effekt von Sprachtherapie im Vergleich zur Spontanerholung fanden hingegen Holland, Fromm, DeRuyter et al. (1996) in einer weiteren Übersichtsarbeit (84). Inzwischen sind einige neue empirische Studien zu Intensivsprachtherapien erschienen, die einen positiven Wirksamkeitsnachweis von Sprachtherapie erbringen (9; 154). Pulvermüller et al. (2001) untersuchten ein Trainingsverfahren, das Aspekte kommunikativer Aphasietherapie (165) und Prinzipien aus dem Bereich der Rehabilitation motorischer Funktionen nach Schlaganfall (Constraint-induced movement therapy, CIMT) kombiniert (203). Dabei werden die lerntheoretisch begründeten Prinzipien der CIMT: Intensives Training (massed practice) und die Einschränkung, hier nicht-verbaler Kommunikation (constraint; CILT = Constraint-induced language therapy), im Rahmen eines kommunikativen und interaktiven Gruppensettings realisiert (165). Die Patienten der CILT-Gruppe zeigten hierbei im Vergleich zur Kontrollgruppe (konventionelle Aphasietherapie) signifikante Leistungsverbesserung in verschiedenen Sprachtests (Token Test, Benennen, Sprachverständnis, Wiederholungsaufgaben) (165).

In einer neueren Übersichtsarbeit von Cherney et al. (2008) wurden Studien auf die Wirksamkeit einer Intensivtherapie und CILT hin kontrolliert (41). Ziel ihrer Untersuchung war es, den Einfluss der beiden Faktoren, intensives Training und Beschränkung auf verbale Kommunikation, nach erworbener Aphasie zu erfassen. Dazu wurden 15 Datenbanken der Jahre 1990-2006 überprüft. Zehn Arbeiten erfüllten die strengen methodischen Einschlusskriterien (z.B. Vorhandensein einer Kontrollbedingung). Die Ergebnisse zeigen, dass intensives Training zu sprachlichen Verbesserungen sowohl bei akuter als auch bei chronischer Aphasie führt (41; 114; 165; 10; 32; 28). Die Ergebnisse für die therapeutische Beschränkung auf verbale Kommunikation sind weniger eindeutig (41). Unabhängig von der theoretischen Untermauerung der Aphasietherapie schließen Cherney et al. (2008), dass die Intensität des Trainings das entscheidende Kriterium für den Therapieerfolg ist (41). Bisher existieren allerdings noch keine Studien, die eine Aussage über das Optimum der Therapiedosis und den entsprechenden Zeitrahmen erlauben. Künftige Untersuchungen sollten zu verschiedenen Einflussfaktoren wie dem Aphasietyp und der Therapieform Stellung nehmen (41). Zusätzlich sollte bedacht werden, dass die geforderten täglichen mehrstündigen Therapieeinheiten innerhalb eines intensiven Sprachtrainings hohe kognitive Ressourcen der häufig älteren Betroffenen verlangen (30). Vor allem Aufmerksamkeits- und Gedächtnisleistungen sind bedeutsame kognitive Variablen des Sprachlernens und -verarbeitens (124; 30; 168). So ist die Ermittlung der kognitiven Prädiktoren des Therapieerfolgs unerlässlich für eine zielgerichtete Zuweisung von Patienten zu einem intensiven Therapieansatz – und damit zur Effizienzsteigerung sprachtherapeutischer Interventionen.

Von einer Effizienzsteigerung profitieren dabei nicht nur unmittelbar kommunikative Leistungen des Patienten, sondern es werden zudem die häufig schweren psychosozialen Folgen für den Patienten und dessen Familie gemildert (88; 97). Neben dem bestehenden persönlichen Leidensdruck der Patienten und familiärer Belastungen gewinnen auch volkswirtschaftliche Aspekte (14) an Bedeutung. Deshalb werden therapeutische Maßnahmen zur Förderung der Spracherholung gesundheitspolitisch immer gewichtiger.

Für einen grundlegenden Einstieg in die Thematik kognitiver Prädiktoren folgt zunächst eine neurophysiologische Einführung in die Prozesse des Gehirns, die das neuronale Substrat sprachlicher als auch nicht-sprachlicher kognitiver Funktionen darstellen.

1.2 Wie lernt das Gehirn? Neurophysiologische Grundlagen

Das Gehirn des Menschen mit seinen über 100 Milliarden Nervenzellen stellt die strukturelle und funktionelle Basis kognitiver Funktionen dar. Darunter wird die Summe der bewussten als auch unbewussten Prozesse zusammengefasst, die zur Verarbeitung organismusinterner und -externer Reize ablaufen (20).

Der Erwerb neuer Informationen und Verhaltensweisen wird durch den Prozess des Lernens beschrieben. Lernprozesse sind Ausdruck plastischer Veränderungen des Nervensystems, deren Effizienz aus einer Kombination genetisch vorbestimmten Potentials sowie der Aufnahme und Verarbeitung fortwährender Erfahrungen und Sinneseindrücke resultiert (20). Grundlage aller im Gehirn ablaufenden Prozesse ist die Kommunikation einzelner Nervenzellen (= Neuron). Ein Neuron besteht morphologisch betrachtet aus einem Soma und einer unterschiedlichen Anzahl an Dendriten, die dem Erregungsempfang dienen, während die Erregungsweiterleitung über das sogenannte Axon (Neurit) erfolgt (209; 184). Neurone kommunizieren mit anderen Zellen über Synapsen. Ziel des neuronalen Prozesses ist es, Informationen aufzunehmen, zu evaluieren und weiterzuleiten. Die Signaltransduktion erfolgt chemisch in Form von Neurotransmittern, wobei Acetylcholin und auch Dopamin eine besondere Bedeutung für Lernen und Gedächtnis haben (194; 61). Diese Botenstoffe lösen Veränderungen der Erregbarkeit am postsynaptischen Neuron aus (63). Eine erregte Nervenzelle kann mehr als tausendfach pro Sekunde „feuern“. Je häufiger sie feuert, desto stärker der Effekt, den sie auf verbundene Nervenzellen hat (161; 162; 194).

Dem von Hebb (1949) beschriebenen einfachen konnektionistischen Modell folgend, nimmt die Stärke einer Verbindung zwischen zwei Einheiten durch häufige gemeinsame Aktivierungen zu (161; 162; 77). Dies wird auch als Hebb'sches Lernen bezeichnet (63). Enge Gedächtnisverknüpfungen werden in diesem Konzept als Gruppen stark gekoppelter kortikaler Neurone („Cell assemblies“) angenommen. Diese repräsentieren sich häufig in weit verteilten Netzwerken (164; 159; 77; 189). Die Untersuchung einfacher Lebewesen (z.B. Aplysia) hat dazu beigetragen, die spezifischen Mechanismen der Lern- und Gedächtnisprozesse des Gehirns besser zu verstehen (94; 184). Das sogenannte Kurzzeitgedächtnis (KZG) resultiert als Folge membranphysiologischer Mechanismen, welche primär durch Transmitterausschüttung bedingt sind. Die Konsolidierung

ins Langzeitgedächtnis (LZG) wird dagegen auf morphologische Umbauprozesse der Zelle zurückgeführt, insbesondere die Neubildung synaptischer Kontakte (184). Es existieren verschiedene Modulationsmöglichkeiten von Synapsen, die mit deren „Lernfähigkeit“ in Verbindung gebracht werden. Beispielsweise nimmt durch wiederholte Reizung die Reaktion der Rezeptoren ab (Desensitivierung oder Habituation), die Rezeptordichte der subsynaptischen Membran kann reguliert werden (Up- und Down-Regulation) oder die Anzahl an Synapsen der am „Lernvorgang“ beteiligten Neurone kann zu- oder abnehmen (184). Ein weiterer Mechanismus ist die Langzeitpotenzierung (LTP). Hierunter wird eine langandauernde Verstärkung der synaptischen Übertragung durch eine Salve hochfrequenter Stimulation verstanden. Potenzierungen gehen primär auf postsynaptische Veränderungen zurück. Sie können noch Monate nach der Stimulierung nachgewiesen werden. Auf diese Weise bilden sie das Substrat für das Langzeitgedächtnis und stellen den molekularen Mechanismus für Lernen und Gedächtnis dar. Die zelluläre Kaskade der LTP kann über verschiedene neuromodulatorische Substanzen dopaminerg, adrenerg und cholinerg beeinflusst werden (103). Zu den am besten untersuchten Regionen zählt in diesem Zusammenhang die CA1 Region des Hippocampus (221; 176; Kap. 1.2.2).

Während Lernen den Prozess des Erwerbs neuer Informationen beschreibt, bezieht sich das Gedächtnis auf den Erhalt des Gelernten und beeinflusst zukünftiges Verhalten durch Kodierung, Speicherung und Abruf dieser Informationen (183; 63; 184).

1.2.1 Verschiedene Gedächtnistypen

Der Begriff Gedächtnis umfasst verschiedene Fähigkeiten, die mit dem Abruf und Behalten von Erinnerungen in Zusammenhang stehen. Neuropsychologisch betrachtet, wird es als eine nicht einheitliche Funktion angenommen (153; 211; 212). Dies stützt sich auf Befunde der Gedächtnisforschung, die auf zwei oder mehr separate Prozesse innerhalb der Entität „Gedächtnis“ hinweisen (197; 182; 212). Einen besonderen Beitrag hierzu leisten Arbeiten zur Erforschung der Amnesien (199; 215). Diese zeigen, dass trotz Vorliegen eines Erinnerungsverlustes (anterograd oder retrograd) andere Gedächtnisfähigkeiten intakt bleiben können (198). Entsprechend der Speicherdauer unterscheiden Atkinson und Shiffrin in ihrem Mehrkomponentenmodell ein sensorisches Register, einen Kurzzeitspeicher (KZS) (191) und einen Langzeitspeicher (LZS) (2).

Baddeley (1998) modifizierte und ergänzte das Modell um eine zentrale Exekutive (6). Diese hat die Entscheidungskontrolle über die Konsolidierung ins Langzeitgedächtnis (LZG) inne. Anstelle des Kurzzeitgedächtnisses (KZG) tritt in seinem Modell das Arbeitsgedächtnis. Es enthält mindestens zwei Subsysteme, eines zur Verarbeitung verbaler Informationen („phonologische Schleife“) und ein anderes zur Verarbeitung visuell-räumlicher Informationen („visuell-räumlicher Notizblock“) (5). In dem erweiterten Gedächtnismodell von Baddeley (2003) wird ein episodischer Zwischenspeicher angenommen (7). Dieser schafft Verbindungen zwischen den Subsystemen und dem Langzeitgedächtnis (7). Das Arbeitsgedächtnis stellt die Schnittstelle zwischen dem Gedächtnis und anderen komplexen kognitiven Prozessen wie beispielsweise dem Lernen dar. Im Falle einer Hirnverletzung ist es eine störanfällige Größe (4). Es bildet ferner eine wichtige kognitive Basisfunktion für sprachliche Prozesse (102; 7).

Eine gebräuchliche Einteilung sieht im LZG die Differenzierung zwischen deklarativem und non-deklarativem Gedächtnis vor (197). Hierbei gibt es Hinweise, dass nach einer Hirnschädigung einzelne Gedächtnisbereiche selektiv beeinträchtigt sein können (182; 212). Das deklarative Gedächtnis beinhaltet ein episodisches (Lebenserinnerungen) und ein semantisches Gedächtnis (sprachlich ausdrückbares Weltwissen) (106; 197). Dagegen wird der non-deklarative Speicher aus prozeduralem Gedächtnis (motorische Funktionen wie Autofahren) und Priming (spontanes Wiedererkennen) gebildet. Diese Taxonomie, vor allem aber die Unterteilung in episodisches und semantisches Gedächtnis, ist in den letzten Jahren vermehrt diskutiert und kritisiert worden. (199; 122; 123). Möglicherweise gibt es jeweils nur graduelle Unterschiede zwischen den beiden Formen des deklarativen Gedächtnisses (197)

Läsionsstudien zeigen, dass die Hippocampus-Formation sowohl an Prozessen des episodischen als auch des semantischen Gedächtnisses beteiligt ist (123; 122). Als Teil des semantischen Gedächtnisses trägt der linke Hippocampus zur Bildung eines mentalen Lexikons durch den Erwerb neuer Vokabeln bei (25). Für die Enkodierung neuer Wörter ist die synchrone Aktivität von linkem Hippocampus, linkem (anterioren) fusiformen Gyrus und inferiorem parietalen Kortex erforderlich (25).

Der Hippocampus ist jedoch nicht nur beim expliziten Lernen (70), sondern auch initial beim impliziten Lernen beteiligt (157). Allgemein hat der Hippocampus somit eine entscheidende Bedeutung für die initiale assoziative Verknüpfung von Informationen un-

terschiedlicher Modalitäten (28; 42; 201). Somit scheint auch die Unterscheidung expliziter und impliziter Gedächtnissysteme nur auf graduellen Unterschieden dieser Systeme zu beruhen.

1.2.2 Die zelluläre Basis für Lernen und Gedächtnis

Auf molekularer Ebene werden Lernprozesse als Änderungen der Funktion und Struktur neuronaler Synapsen beschrieben (103). Neuroanatomisch spielen der Hippocampus und parahippocampale Areale hier eine bedeutsame Rolle. Wie schon in Kapitel 1.2 erwähnt, ist vor allem die CA1-Region des Hippocampus für die Gedächtnisbildung verantwortlich (169; 91). Beteiligte zelluläre Komponenten sind der NMDA-Rezeptor (glutamaterg) und die „cAMP response element binding protein“ (CREB)-vermittelte Gentranskription (210). Für die Langzeitpotenzierung (LTP) existiert zusätzlich ein weiterer Rezeptor, genannt Non-NMDA-Rezeptor (auch AMPA-Rezeptor) (176). Am besten untersucht wurde bislang jedoch der NMDA-Rezeptor (176). Durch repetitive Aktivierung der Synapse erfolgt eine Membrandepolarisation. Dies führt zur Bindung von Glutamat und zur Öffnung des NMDA-Rezeptor-Ionenkanals. Damit startet die Initiierung einer Signaltransduktionskaskade, an deren Beginn der Einstrom von Kalzium in das postsynaptische Neuron steht (s. Abb.: 1). Die erhöhte intrazelluläre Kalziumkonzentration aktiviert anschließend die Adenylatcyclase, wodurch die Konzentration des Second-Messengers cAMP erhöht wird. Auch Neuromodulatoren wie Dopamin können zu einer Aktivierung der Adenylatcyclase führen. Die Erhöhung des cAMP wiederum induziert die Aktivierung der PKA (= Proteinkinase A), die dann in den Nucleus transloziert und den Transkriptionsfaktor CREB phosphoryliert (103). Dieses Protein ist für Prozesse im Zellkern und für die Freisetzung retrograder Botenstoffe verantwortlich (184). Im Zellkern aktiviert CREB Gene, deren Produkte zelluläre Regulatoren und Effektoren sind. Die Regulatoren aktivieren dann weitere an Gedächtnisprozessen beteiligte Gene (103). Vergleichbare zelluläre Prozesse wie im Hippocampus sind auch für andere Hirnregionen dokumentiert, wie zum Beispiel im kortikothalamischen Bereich (38) und im Kleinhirn (179).

In Tierexperimenten konnten des Weiteren altersbezogene Unterschiede der LTP in Abhängigkeit von Frequenz und Amplitude der Stimulation belegt werden. Je weniger frequent und intensiv eine Stimulation war, desto geringer war die LTP-Induktion im

CA1 Bereich des Hippocampus (176). Für den Menschen konnte der Mechanismus der LTP mittels repetitiver transkranieller Magnetstimulation (rTMS) nachgewiesen werden (46). In diesem Zusammenhang konnte gezeigt werden, dass eine durch rTMS vermittelte LTP-Induktion während einer Sprachtherapie zu einer Verbesserung der Benennleistung und Generierung längerer Sätze bei einem Patient mit nichtflüssiger Aphasie führte (126). Im Alter kann der Prozess der LTP ineffizient werden (176). Neben einer Reduzierung synaptischer Verbindungen (204) ist dies eine Erklärungsgrundlage für Gedächtnisschwächen älterer Menschen.

Im Folgenden werden schematisch die Prozesse, die an der Langzeitpotenzierung beteiligt sind, veranschaulicht.

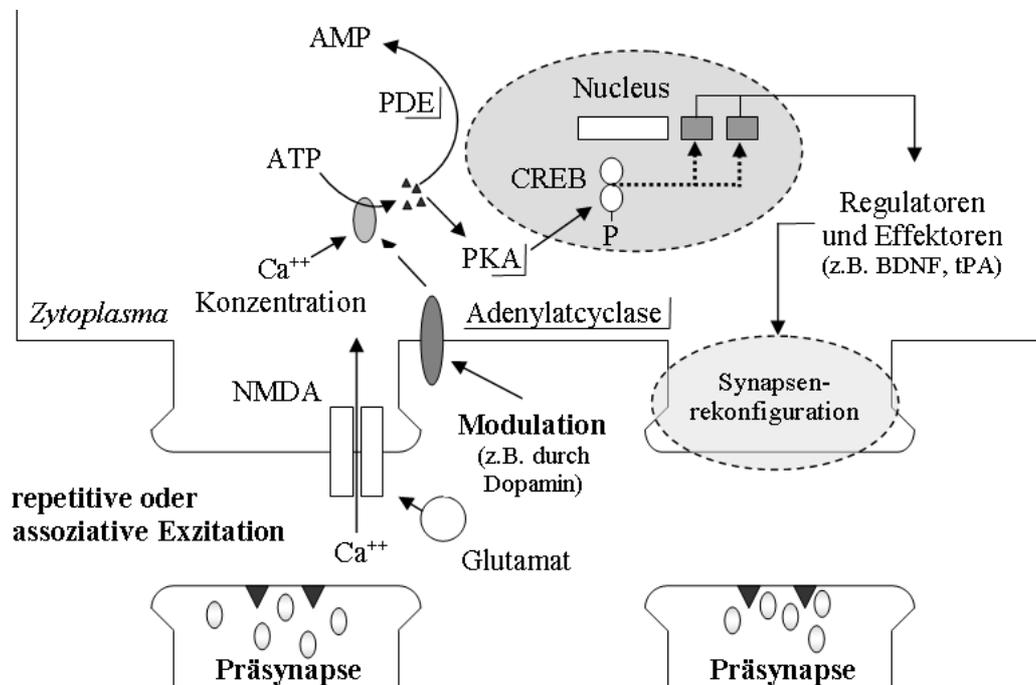


Abbildung 1: Schematische Darstellung der LTP Induktion

Schema molekularer Prozesse bei der Langzeitpotenzierung (Beschreibung s. Text). (modifiziert nach Wright u. Harding 2004 angelehnt an Knecht 2006).

Abschließend gibt es Studien, die erste Hinweise auf den Einfluss genetischer Faktoren (Arc Gen, FOXP2 Gen) bei Lern- und Gedächtnisprozessen sowie anderen kognitiven Fähigkeiten aufzeigen (12; 23; 111; 112). Hierzu zählt das Arc Gen, das eine entscheidene Rolle für die synaptische Plastizität und Gedächtniseinspeicherung aufweist. Die

Expression des Gens wird dabei über die synaptische Aktivität und Signaltransduktionskaskaden induziert und ist bedeutsam für die Konsolidierung der LTP (23). Die Identifikation eines weiteren Gens gelang Lai et al. (2001). Sie konnten Zusammenhänge zwischen Veränderungen des FOXP2 Gens und erheblichen, dominant vererbten Sprech- und Sprachstörungen herstellen. Das Vorliegen eines natürlich aufgetretenen Polymorphismus wurde dabei durch die Untersuchung einer Kontrollgruppe von 364 gesunden kaukasischen Probanden ausgeschlossen (111; 112). Ob allein die Veränderung des FOXP2 Gens für die genannten Störungen ursächlich ist oder damit Inaktivierungen benachbarter Gene in Zusammenhang stehen, ist vorerst noch ungeklärt und muss in weiteren Studien untersucht werden.

1.2.3 Altersbedingte Änderungen der Lernfähigkeit

Der normale Alterungsprozess geht mit Veränderungen einer Anzahl physiologischer Prozesse (93) und einer Volumenminderung der grauen Substanz (172) einher. Neben der Zellapoptose ist dies v.a. eine Abschwächung synaptischer Verbindungen (204). Das Nachlassen kognitiver Fähigkeiten ist vor allem durch ein Nachlassen der Merkfähigkeit charakterisiert (78). Für Prozesse der Gedächtnisbildung spielt der Neurotransmitter Dopamin eine entscheidende Rolle (94; 91). Ein wesentlicher Faktor des biologischen Alterns ist der Verlust dopaminerger Rezeptoren und Neurone im Striatum (52), im frontalen Kortex (93; 43) und in der Substantia nigra (48). Schäden innerhalb dieses Systems akkumulieren bedingt durch oxidativen Stress über die gesamte Lebensspanne (91; 120). Der therapeutische Einsatz von Levodopa hat gezeigt, dass Dopamin u.a. kritisch für die Regulation der Motorik ist (103). So konnten Trainingsverbesserungen motorischer Fertigkeiten älterer Menschen durch die Gabe von Levodopa sowohl für gesunde ältere Probanden (51; 52) als auch für Schlaganfallpatienten (185; 53) nachgewiesen werden. Daneben gibt es für die Rehabilitation nach einem Schlaganfall mit erworbener Aphasie die Option der medikamentösen Unterstützung (103). Hier wurde nootropischen Substanzen wie Piracetam eine positive Beeinflussung aphasischer Störungen zugeschrieben (87; 72). Weitere Befunde zur Verbesserung sprachlicher Leistungen liegen z.B. auch für Amphetamine, Dopaminagonisten, Acetylcholinesterasehemmer, Phosphodiesterasehemmer, Modafinil und Coffein vor (103; 24, 108). In die Aphasieleitlinien der Deutschen Gesellschaft für Neurologie wurde bislang nur die

Empfehlung der medikamentösen Gabe von Piracetam in der postakuten Phase (sechs Wochen) zur Unterstützung einer intensiven Sprachtherapie aufgenommen (3).

1.3 Spracherwerb bei Kindern und Erwachsenen

Die Kenntnisse grundlegender Abläufe des Spracherwerbs (Erst- und Zweitspracherwerb) sowie des Sprachwiedererwerbs nach einer Gehirnverletzung unterscheiden sich hinsichtlich des jeweils vorbestehenden konzeptionellen Wissens. Gemeinsam ist den Lernprozessen, dass sie eine Veränderung der neuronalen Strukturen des Gehirns bewirken. Sprache ist in einem temporofrontalen Netzwerk organisiert (225; 156; 82). Die sprachliche Hemisphärendominanz variiert interindividuell von linkshemisphärisch, bilateral zu (selten) rechtshemisphärisch (105). Sprachliche Leistungen sind auch abhängig von nicht-sprachlichen kognitiven Funktionen. Im Falle eines Schlaganfalls mit Aphasie können sowohl sprachliche als auch nicht-sprachliche kognitive Funktionen gestört sein und die Spracherholung verhindern. Bisherige Überlegungen zum Sprachwiedererwerb infolge einer erworbenen Aphasie orientieren sich überwiegend am Modell des kindlichen Spracherwerbs. Hierbei bildet statistisches Lernen einen grundlegenden Mechanismus der Informationsverarbeitung im menschlichen Gehirn (28; s. auch Kap. 1.3.2). Statistisches Lernen beschreibt dabei einen Lernprozess, der auf einer höheren Wahrscheinlichkeit des gemeinsamen Auftretens zweier oder mehrerer Ereignisse zum gleichen Zeitpunkt im Vergleich zu anderen Ereignissen basiert. Auf diese Weise werden Assoziationen induziert. Die statistische Herangehensweise spiegelt den von Hebb entwickelten Ansatz des Lernens wider (77; 165).

Da dem Lernenden die assoziativen Prozesse oft nicht bewusst sind, werden diese automatischen Vorgänge auch als implizites Lernen bezeichnet (s. auch Kap. 2.3).

1.3.1 Spracherwerb bei Kindern

In der Spracherwerbsphase müssen Kinder zunächst Wortgrenzen aus dem gesprochenen Lautstrom abstrahieren (68; 110; 140). Die Wortsegmentierung stellt dabei die Grundlage zur Bildung eines Lexikons dar (33; 178; 28) und besitzt für die spätere sprachliche und kognitive Entwicklung prädiktiven Wert (140). Wenn Kinder Wortgrenzen zu erkennen vermögen, erfolgt die Zuordnung von Bedeutungen zu einzelnen

Wörtern. Diese Zuordnung wird umso verlässlicher, je häufiger ein Wort mit einem zugehörigen Objekt gekoppelt wird (64). Insgesamt erfolgt das Lernen des Vokabulars in dieser frühen Phase zuverlässiger, wenn zunächst einzelne Wörter isoliert dargeboten werden (34; 99). Dabei erfordert der Prozess des Spracherwerbs keine bewusste Aufmerksamkeit, was Saffran et al. (1997) durch das Identifizieren von Wörtern unter beiläufigen Lernbedingungen sowohl für Kinder als auch Erwachsene nachweisen konnten (177). Der abschließende Erwerb syntaktischer Regeln dient der Einordnung der erlernten Wörter in ein Satzgefüge. Dabei sind Kinder auf rezeptiver Ebene schon früh sensibel für korrekte und inkorrekte grammatikalische Formen (67). In allen Phasen des kindlichen Spracherwerbs wie Wortsegmentierung, Wortlernen, Erwerb grammatikalischer Regeln (28) und auch für die Bildung der Syntax konnte der Einfluss statistischer Lernmechanismen nachgewiesen werden (144; 58; s. auch Kap. 1.3.2). Damit ist dieser Mechanismus ein grundlegendes Prinzip des kindlichen Spracherwerbs (s. auch Kap. 1.3.2; 28). Abschließend konnten Garagnani et al. (2008) mit Hilfe eines neuen neuroanatomisch begründeten Modells durch Mismatch Negativität belegen, dass die ersten Phasen der lexikalischen Verarbeitung unabhängig von Aufmerksamkeitsanforderungen sind und diese Prozesse daher automatisch erfolgen (59). Dieses Modell wurde konstruiert zur Unterstützung neurophysiologischer Beobachtungen kortikaler Prozesse des Spracherwerbs (Wort- und Pseudowortlernen) und basiert auf den Überlegungen statistischer Lernprinzipien (Hebb'sches Lernen) (60).

1.3.2 Spracherwerbs- und -verarbeitungsmodelle bei Erwachsenen

Statistisches Lernen spielt nicht nur beim kindlichen Spracherwerb, sondern auch bei der Spracherholung nach erworbener Aphasie eine entscheidende Rolle (26; 27; 28). Es ist ein grundlegender Mechanismus der Informationsverarbeitung im menschlichen Gehirn und zurzeit eines der einflussreichsten Modelle der Spracherwerbsforschung (28). Statistische Lernmechanismen werden auch für den Zweitspracherwerb angenommen. Hier konnten vergleichbare Gehirnlokalisationen wie beim Erstspracherwerb nachgewiesen werden. Bei vergleichbarer Befähigung für die Erst- und Zweitsprache zeigten sich in einer Untersuchung weitgehende Überlappungen der sprachinduzierten Gehirnaktivität in einem linksseitigen temporalen Netzwerk. Der erreichte Leistungsstand und -umfang sind daher eine bedeutende Variable für die kortikale Repräsentation einer

Zweitsprache (149; 58). Modulationen der Gehirnaktivität können durch die Menge des jeweils gegenwärtigen Sprachgebrauchs induziert werden (150). Weniger Einfluss hat dagegen das Alter, in dem die Zweitsprache erworben wird (149; 58). Wie beim kindlichen Spracherwerb wird beim Zweitspracherwerb Erwachsener ein neues Vokabular zuverlässiger gelernt, wenn zunächst nur einzelne Wörter präsentiert werden (99). Diese Befunde stärken die Annahme eines vergleichbaren Spracherwerbs bei Kindern und Erwachsenen.

Der erfolgreiche Erwerb eines neuen Lexikons ist abhängig von Aktivitätsänderungen des linken Hippocampus sowie neokortikaler Regionen. (25). Der Hippocampus als Struktur des Temporallappens steht mit vielen Gebieten des Gehirns in Verbindung und erhält Informationen aus allen Sinnesmodalitäten (208; 40; 201; 25). Die für die Gedächtniskonsolidierung wesentlichen Areale liegen hauptsächlich im Temporallappen (199; 42; 16) und stehen in enger funktioneller Beziehung zum hippocampalen System. Das morphologische Korrelat von Sprache scheint hierbei ein bilateral angelegtes weit verzweigtes neuronales Netzwerk zu sein (135; 89), dessen Repräsentationen individuell differieren können (103). Die Wortflüssigkeit ist abhängig von der Integrität und Unversehrtheit des linken inferioren frontalen Kortex (151), während bei der semantischen Verarbeitung von Informationen der inferiore präfrontale Kortex der linken Hemisphäre beteiligt ist (57). Bei der Verarbeitung von Wörtern ist ein Netzwerk im inferioren temporalen Kortex aktiv (v.a. fusiformer Gyrus anterior links, anteriore Temporalpole beidseits) (190). An der Verarbeitung der Wortbedeutung sind posteriore temporoparietale Regionen beidseits sowie anteriore inferiore Anteile des linken Temporallappens beteiligt (160). Akustische Analysen, speziell des Sprachverständnisses, werden dem anterioren Teil des temporalen Kortex zugesprochen (187). Das Modell von Hickok und Poeppel (2004) geht dabei zusätzlich von einer dorsalen Beteiligung aus (156), die für die auditorisch-motorische Integration, ähnlich den Prozessen des visuellen Systems, zuständig ist (82).

Die Spracherholung von Patienten mit erworbener Aphasie ist vermutlich an vergleichbare Lernstrategien und lernrelevante Hirnstrukturen gekoppelt wie der Erst- und Zweiterwerb von Sprache. Für eine solche Vergleichbarkeit spricht, dass Patienten mit Aphasie von den gleichen linguistischen Hilfen beim Wortabruf profitieren wie Gesunde beim Lernen eines neuen Vokabulars (11). Vergleichbar den Prozessen des Erst-

spracherwerbs hat sich gezeigt, dass die Wiedererlangung von Sprache nach Aphasie dem Prinzip folgt, dass zunächst einzelne Wörter wieder erworben werden, die dann mit Hilfe grammatischer Regeln zu längeren Spracheinheiten verknüpft werden (152). Eine weitere nicht unmittelbar linguistische Instanz, die phonologische Schleife des Arbeitsgedächtnisses, wird benötigt, um eine Verbindung zwischen einem gehörten Wort und dessen semantischer Bedeutung zu schaffen (8). Ist diese phonologische Schleife gestört, kommt es u.a. zu Wortfindungsstörungen. Daher ist es notwendig, zur Gestaltung einer effektiven Behandlung und Prognoseabschätzung einer Sprachstörung nach einem Schlaganfall, die Einfluss nehmenden kognitiven Faktoren zu identifizieren. Im Folgenden werden schon bekannte Prädiktoren eines erfolgreichen Sprachtrainings besprochen.

1.3.3 Prädiktoren erfolgreichen Sprachlernens bei Kindern und Erwachsenen

Die Abhängigkeit des Spracherwerbs und -lernens von kognitiven Faktoren spielt nicht nur bei Kindern, sondern auch gesunden Erwachsenen und Schlaganfallpatienten mit erworbener Aphasie eine bedeutende Rolle. So korrelieren bessere Kurzzeitgedächtnisleistungen im Kindesalter mit einem besseren sprachlichen Leistungsvermögen in der Wortwiederholung und im Sprachverständnis (222). Junge Erwachsene lernen ein neues Vokabular erfolgreicher, wenn sie in Tests zum allgemeinen verbalen semantischen Leistungsvermögen und verbalen Flüssigkeitsleistungen besser abschnitten (25). Ein besseres Lesesinnverständnis Erwachsener korreliert positiv mit besseren Leistungen der Aufmerksamkeit und dem Arbeitsgedächtnis (158). Umgekehrt sind Patienten mit einer Aphasie in der Sprachtherapie weniger erfolgreich, wenn gleichzeitig Störungen der Aufmerksamkeit und des Arbeitsgedächtnisses vorliegen (133). Weitere kognitive Begleitsymptome einer Aphasie können Defizite exekutiver Leistungen (v.a. geistige Flexibilität) (56; 65; 98; 166) und Beeinträchtigungen der Leistungen des Kurzzeit- oder Langzeitgedächtnisses (65) sein. Eine Störung der genannten nicht-sprachlichen kognitiven Faktoren betrifft insbesondere die pragmatisch-kommunikative Fähigkeit der Patienten mit Aphasie (56). Diese Störungen kognitiver Faktoren zeigen sich nicht nur in der akuten Zeit nach einem Schlaganfall, sondern auch langfristig konnten Beeinträchtigungen exekutiver Leistungen bei ca. 75 Prozent der Patienten nachgewiesen werden (168). Eine neuere Untersuchung von Leśniak et al. (2008) hingegen zeigte langfristig

hauptsächlich Aufmerksamkeitsstörungen bei ca. 50 Prozent der Patienten (115). Zudem konnte diese Untersuchung bleibende exekutive Dysfunktionen nur für wenige Schlaganfallpatienten nachweisen (115).

Bisher noch ungeklärt ist, ob und in welchem Maße Patienten mit Aphasie tatsächlich auf Gedächtnisleistungen hin geprüft werden können. Eine Sprachstörung betrifft häufig alle expressiven und rezeptiven sprachlichen Modalitäten (86), was die neuropsychologische Untersuchung erschwert. Es existieren jedoch Befunde zu beeinträchtigten non-verbale Gedächtnisleistungen, die auf zusätzlich zur Aphasie gestörte Lern- und Gedächtnisfunktionen hinweisen. Für einen additiven Effekt kognitiver Defizite spricht auch, dass der Schweregrad einer Aphasie nicht direkt mit dem Ausmaß begleitender kognitiver Defizite korreliert (80; 132).

1.4 Fragestellung

Sprachliche Fertigkeiten sind nicht nur der Schlüssel zu akademischem und beruflichem Erfolg, sondern elementarer Bestandteil unseres täglichen Lebens. Für jeden Menschen sind sprachliche Prozesse beim Sprechen, Lesen, Schreiben und Zuhören sowie in inneren Monologen und beim Träumen gegenwärtig. Untrennbar verbunden sind sprachliche Fertigkeiten mit nicht sprachlichen-kognitiven Leistungen. Ältere Menschen sind in zunehmendem Maße durch einen Schlaganfall gefährdet, eine Störung sprachlicher Fertigkeiten, aber auch nicht-sprachlicher kognitiver Funktionen zu erleiden. Zusätzlich bestehen bei älteren Menschen ggf. schon prämorbid Einbußen der kognitiven Reserven. Die Rehabilitation nach einem Schlaganfall mit erworbener Aphasie erfordert ein intensives Sprachtraining. Eine solche intensive Sprachtherapie jedoch verlangt ein hohes Maß an kognitiven Ressourcen und ist somit nicht für alle Patienten gleichermaßen geeignet. Daher muss ein besseres Verständnis für Funktionen und Prozesse erlangt werden, die zu einer erfolgreichen Sprachtherapie beitragen. Die Kenntnis kognitiver Prädiktoren eines erfolgreichen Sprachtrainings ist eine unerlässliche Voraussetzung für die zielgerichtete Therapiezuweisung.

Ein erster Schritt ist die Untersuchung kognitiver Prädiktoren des erfolgreichen Spracherwerbs gesunder älterer Probanden. Das Ziel der vorliegenden Studie war es daher, kognitive Funktionen zu identifizieren, die den erfolgreichen Spracherwerb gesunder Menschen im Alter zwischen 65-80 Jahren vorhersagen. Dadurch soll die Basis für eine

weiterführende Erfassung kognitiver Prädiktoren bei Aphasiepatienten geschaffen werden. In dieser Studie wurde folgenden Fragen nachgegangen:

- 1. Sind ältere gesunde Probanden im Alter (> 65 Jahren) in der Lage, mittels assoziativer Lernprinzipien ein neues (Miniatur-)Vokabular zu erlernen?**
- 2. Wenn ja: Welche kognitiven Prädiktoren sagen den Erfolg dieses Sprachtrainings vorher?**

2 Material und Methoden

2.1 Probanden

Im Zeitraum von Januar 2004 bis März 2005 wurden 30 freiwillige, gesunde Probanden (N= 30; Durchschnittsalter: 68,8 +/- 2,4 Jahre, Altersspanne zwischen 65 und 80 Jahren) an der Klinik und Poliklinik für Neurologie der Westfälischen Wilhelms- Universität Münster mittels persönlicher Kontakte und über Aushänge rekrutiert.

An der Studie teilnehmen konnten sowohl Männer als auch Frauen, bei denen keine neurologischen, kardiologischen, psychiatrischen oder stoffwechselbedingten Erkrankungen vorlagen.

Im Rahmen eines ersten Gesprächs wurden potentielle Teilnehmer anhand eines speziellen Anamnesebogens detailliert zu bestehenden Erkrankungen befragt. Lag kein Ausschlusskriterium (s.u. und Anhang: VI) vor, so wurden die Probanden über das weitere Procedere informiert und konnten anschließend ihre schriftliche Einverständniserklärung geben. Des Weiteren wurde vereinbart, dass jeder Teilnehmer eine Aufwandsentschädigung in Höhe von 8 € pro Stunde erhalten sollte. Im Probandenkollektiv befanden sich jeweils 15 Männer und 15 Frauen. Alle Teilnehmer wurden durch das Edinburgh Händigkeitinventar (143; s. Anhang: VII) auf ihre Händigkeit untersucht.

Anzahl der Probanden	Prozent im Händigkeitinventar	Einordnung
26	100	Rechtshänder
2	90	Rechtshänder
1	75	Rechtshänder
1	-50	Linkshänder

Tabelle 1: Auswertung der Händigkeit

Die Prozen-te im Händigkeitinventar entsprechen dem „Laterality“ Quotient. Der „Laterality“ Quotient liegt zwischen +100 für Rechts- und -100 für Linkshänder.

Insgesamt gab es innerhalb dieser Gruppe einen Linkshänder. Dieser konnte im Rahmen der Studie weiterhin teilnehmen, da sich im Vergleich mit den rechtshändigen Probanden keine Unterschiede im Lernerfolg zeigten. Dies ist im Einklang mit dem Ergebnis von Knecht et al. (2001), dass eine atypische hemisphärische Spezialisierung (wie rechtshemisphärisch oder bilateral) nicht mit Defiziten linguistischer Fähigkeiten in Zusammenhang steht (105).

Darüber hinaus machten die Probanden Angaben über die Anzahl gelernter Fremdsprachen und wurden nach Schulbildung/Schulabschluss sowie Beruf befragt. Die minimale Anzahl an Bildungsjahren betrug 8 Jahre, maximal waren es 13 Jahre (Median: 9).

Bei der Anzahl gelernter Fremdsprachen variierten die Angaben von keiner zusätzlich gelernten Sprache bis hin zu drei flüssig beherrschten Fremdsprachen (Median: 1; da keine Ausreißer vorhanden: arithmet. Mittel: = 0.87).

Ein Ausschluss der Teilnahme erfolgte bei Vorliegen von neurologischen Störungen wie zerebralen ischämischen oder hämorrhagischen Ereignissen (Schlaganfall, flüchtiger Insult, SAB, etc), Epilepsien, Menigitiden, Enzephalitiden, Demenzen, ZNS-Tumoren, Kopfverletzungen mit Bewusstlosigkeit, neurodegenerativen Erkrankungen (Morbus Parkinson, Multiple Sklerose, etc.) und psychiatrischen Erkrankungen.

Probanden mit kardiovaskulären Problemen wie Angina pectoris, Herzrhythmusstörungen und Hypertonien mit Werten über 160/90 mmHg wurden ebenfalls nicht in die Studie aufgenommen. Außerdem wurden Teilnehmer, welche an einem Diabetes mellitus Typ II litten, nur zugelassen, wenn sie (1.) gut eingestellt waren und (2.) keine Mikroangiopathien oder erhebliche Retinopathien aufwiesen.

Des Weiteren führte die Einnahme ZNS-gängiger Medikamente - mit der Ausnahme der in dieser Altersgruppe häufig eingenommenen Beta-Blocker - zum Ausschluss. Eine exemplarische Zusammenstellung der erfragten Medikamentengruppen enthält der Anamnesebogen im Anhang (s. Anhang: V). Insgesamt waren von den 30 Teilnehmern drei medikamentös auf Betablocker eingestellt. Diese zeigten keine Abweichungen des Lernverhaltens im Vergleich zu den übrigen Probanden (s. Kap. 3.2).

Eine weitere Teilnahmebedingung stellte ein altersentsprechend adäquates Hör- und Sehvermögen dar, was durch entsprechende Hilfsmittel (Brille, Hörgerät) korrigiert sein durfte. Im Audiometrischen Screening war eine relevante Hörschädigung wahrscheinlich, wenn ein Stimulus unter 2000 Hz bei einer Lautstärke von 30 dB auf keinem der Ohren gehört wurde (s. Anhang: VIII). Ein standardisiertes Protokoll (s. Anhang: I-IV) erfasste zusätzlich Informationen zu besonderen Aspekten der vegetativen Anamnese wie Gebrauch von Genussmitteln und Medikamenten (Alkohol-, Nikotin-, Koffein-, Drogenkonsum), um einen Missbrauch dieser Substanzen ausschließen zu können. Außerdem wurden Angaben zur aktuellen Befindlichkeit sowie eventuell bekannten Sprachentwicklungsstörungen/-verzögerungen aufgenommen. Der Anamnesebogen war

zusammenfassend so konzipiert, dass explizit nach Krankheiten und Medikamenten gefragt wurde, die einen Ausschluss aus der Studie darstellten.

2.2 Studiendesign

Bestandteil der Studie waren zum einen ein Sprachtraining zum Erwerb eines Miniaturvokabulars sowie eine neuropsychologische Testbatterie zur Erfassung des kognitiven Status.

2.3 Sprachtraining

Zum besseren Verständnis derjenigen Mechanismen, die in Sprachprozesse involviert sind, entwickelten Breitenstein und Knecht (2002) ein Sprachlernmodell (assoziativer Erwerb eines Miniaturlexikons). Dieses Programm wird computergestützt realisiert und besteht aus einem Datensatz generierter Pseudowörter und bildlich dargestellter alltagsrelevanter Objekte (beispielsweise Baum etc.). Die Pseudowörter sind in Bezug auf Wortlänge und Lautstärke normalisiert. Das Bildmaterial ist standardisiert und stammt aus der Materialiensammlung von Snodgrass & Vanderwart (1980) (193). Aus theoretischen und praktischen Überlegungen wurde der Fokus des Sprachtrainings auf die lexikalische Komponente des Spracherwerbs gelegt (26). In der Testsituation werden die Bilder auf einem Monitor präsentiert, währenddessen zur gleichen Zeit ein Pseudowort über Lautsprecher zu hören ist. Das Untersuchungsmaterial ist in dieser Form in einer Validierungsstudie mit 10 jungen Erwachsenen erprobt worden (27). Kriterien zur Auswahl der Pseudowörter waren Länge (vier Buchstaben) und Lautstärke sowie emotionale Neutralität. Außerdem wurde bei der Auswahl der Items darauf geachtet, dass sie möglichst frei von Assoziationen mit Wörtern der Muttersprache waren (28; 27). In der Übungssituation werden Pseudowort und Bild nach dem Zufallsprinzip zugeordnet und für jeden Probanden neu randomisiert. Jeder Teilnehmer erhält auf diese Weise eine andere Kombination gepaarter Pseudowort-Bild Darbietungen. Beispielsweise kann das Wort „enas“ = Hund als korrekte Kombination für einen Probanden gelten, währenddessen bei einem anderen Teilnehmer „enas“ = Baum assoziiert werden soll. Das Ziel des Trainings besteht darin, zu erlernen, welches Pseudowort zu welchem Objekt gehört.

Ablauf

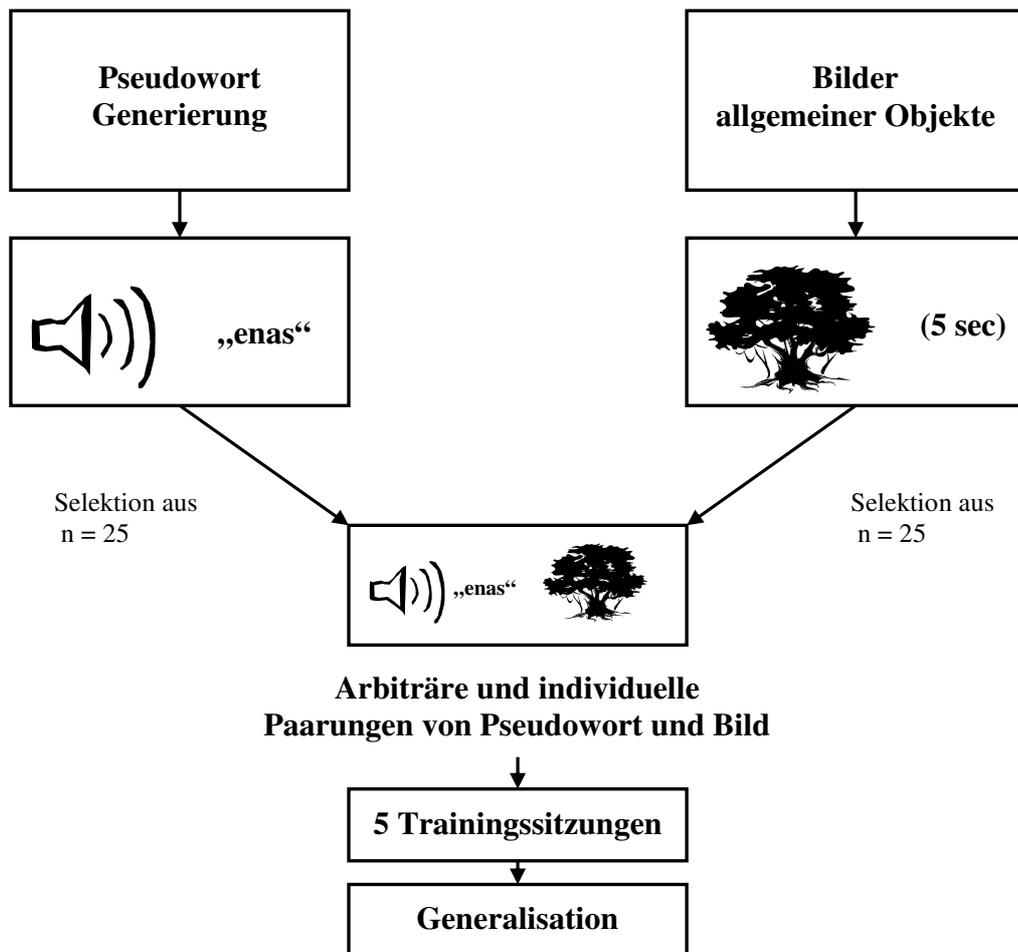


Abbildung 2: Prozess der Stimulusgenerierung und Pseudowort-Bild Paarung
In Anlehnung an das Original bei Breitenstein, Knecht 2002; mit freundlicher Genehmigung von C. Breitenstein.

2.3.1 Voruntersuchungen: Kurzversion des Sprachlernmodells

Leicht abweichend von der bei Breitenstein und Knecht (2002) beschriebenen Originalversion des Sprachtrainingsprogramms („Wernicko“) wurde für diese Zwecke eine Kurzversion generiert, die im Vorfeld auf ihre Vergleichbarkeit zur ursprünglichen Fassung getestet wurde. Hierzu wurden 6 Probanden re-rekrutiert, die bereits ein Sprachtraining unter den Bedingungen der Langversion (Training über 5 Tage, Block à 45 Wörter) absolviert hatten. Der Zeitabstand zum letzten Training betrug dabei minimal 6 Monate. Die Probanden wurden instruiert, das vormals 5-tägige Training jetzt mit einer Parallelversion an einem Tag (5 Trainingsblöcke plus jeweils 5 minütige Pausen zwischen den Einheiten, Block à 25 Wörter) zu durchlaufen. Keinem der teilnehmenden Personen war das zugrundeliegende Prinzip des Lernmodells erläutert worden.

Die nachstehende Graphik (Abb. 3) dient zur Veranschaulichung des Vergleichs der Ergebnisse beider Versionen.

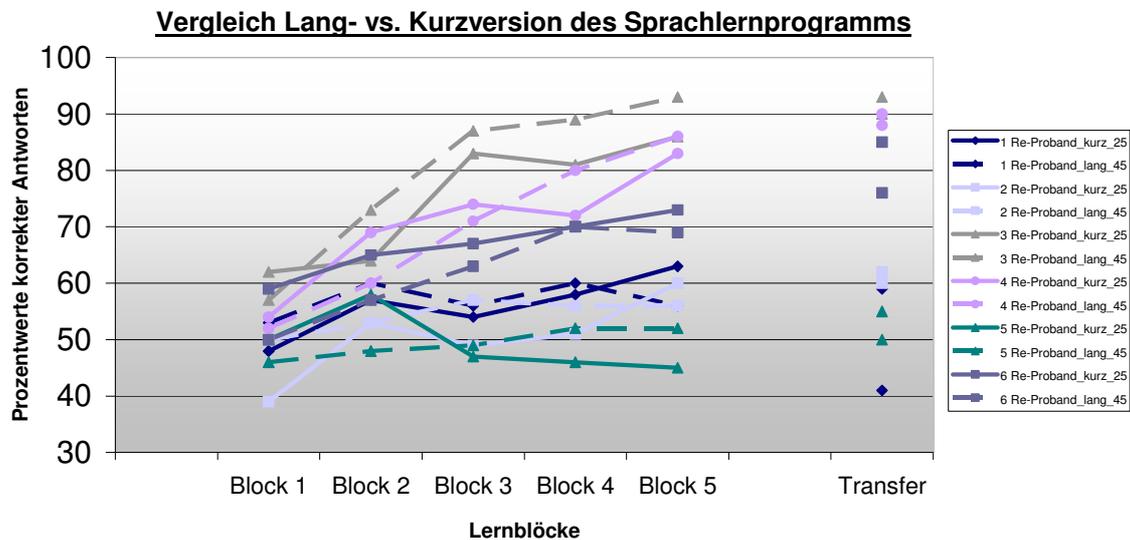


Abbildung 3: Vergleich der Ergebnisse von Lang- vs. Kurzversion des Sprachlernprogramms.

Gegenübergestellt sind die Lernresultate von 6 Probanden. Jeder Proband wurde zweimal getestet (1x Langversion; 1x Kurzversion). Die durchgezogenen Linien zeigen die Lernkurven der Kurzversion, während die gestrichelten Linien die Lernkurven der Langversion veranschaulichen.

Da die Ergebnisse beider Versionen bei allen 6 Probanden übereinstimmten, wurde hier die Kurzversion verwendet. Das Trainingsprogramm in der vorliegenden Arbeit konnte damit insgesamt in kürzerer Zeit absolviert werden.

2.3.2 Versuchsablauf

Das Training bestand aus fünf Blöcken. Die Probanden wurden jeweils instruiert, sich per Knopfdruck mittels einer Response-Box (manuell zu bedienendes Hilfsmittel für Entscheidungsaufgaben) für korrekte respektive inkorrekte Paarungen zu entscheiden. Die getroffene Entscheidung wurde als gültig gewertet, wenn diese innerhalb des Zeitlimits (3000 ms) getroffen wurde. Das Intervall zwischen den einzelnen Durchgängen betrug 1000 ms. Zwischen der Präsentation des auditiv vorgegebenen Pseudowortes und der visuellen Darbietung auf dem Monitor bestand eine zeitliche Verzögerung von 200 ms. Die Auftretenswahrscheinlichkeit der als korrekt definierten Kombinationen war

höher als die der als inkorrekt definierten Kombinationen. Dem Lernenden wurde dieses Prinzip nicht erläutert. Des Weiteren wurde keine unmittelbare Rückmeldung über die Richtigkeit der getroffenen Entscheidung gegeben. Der Proband lernte die vorher als korrekt festgelegten Verknüpfungen somit mittels statistischer Lernprinzipien.

Zur Kontrolle des Lernerfolgs wurden die während des Trainings visuell dargebotenen Objekte in die gesprochene deutsche Sprache transferiert. Dieser letzte Transferdurchgang war so gestaltet, dass dem Probanden über Lautsprecher zuerst ein Pseudowort und mit kurzer Verzögerung ein deutsches Objektwort dargeboten wurden. Die Instruktionen für das Vokabeltraining befinden sich im Anhang (s. Anhang: XI).

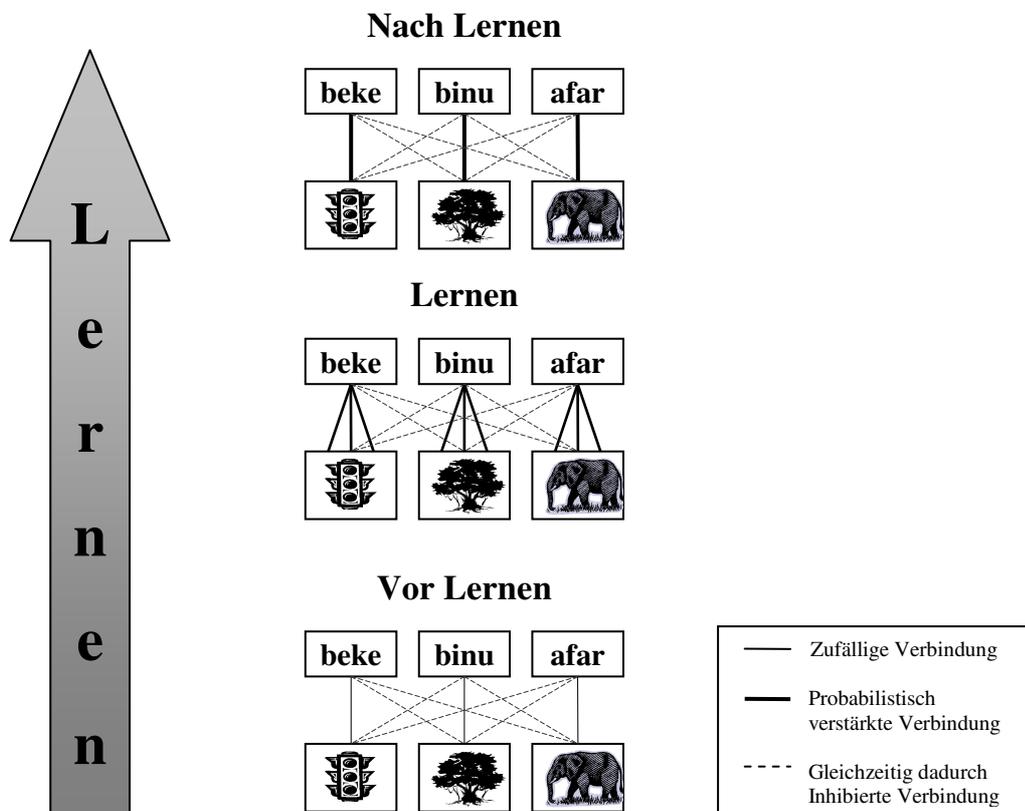


Abbildung 4: Bsp. für statistisches Erlernen von Wörtern auf neuronaler Ebene

Vor dem Lernprozess sind alle Verbindungen zwischen visuellen Eindrücken und neuen Lautfolgen gleich stark repräsentiert. Beim Lernen wird die synaptische Verbindung zwischen bestimmten visuellen Eindrücken und Lautfolgen durch jede gemeinsame Aktivierung verstärkt. Nach dem Lernprozess besteht eine enge neuronale Verbindung zwischen jeweils einem visuellen Eindruck und einer Lautfolge; die Verbindungen zu anderen visuellen Eindrücken sind dahingegen abgeschwächt. (Abb. modifiziert nach Breitenstein und Knecht, 2003).

2.3.3 Hintergrunddaten zum Sprachlernmodell

Grundlage des Paradigmas ist die Konzipierung eines Lernmodells entsprechend statistischer Lernprinzipien. Bei der Kurzfassung bestand jeder der fünf Blöcke aus jeweils 100 Einheiten. Damit wurde ein Wort pro Block insgesamt viermal gezeigt. Zweimal in der richtigen Kopplung und zweimal in einer falschen Kombination. Bei den beiden nicht korrekten Beispielen handelte es sich darüber hinaus um zwei verschiedene Kombinationen.

Nach jedem Durchgang hatte der Proband 5 Minuten Pause, bevor ein weiterer Block gestartet wurde. Abschließend wurde nach ebenfalls kurzer Pause (5 Minuten) die Transferleistung bestehend aus 100 ebenfalls gepaarten Items (25 korrekte, 75 inkorrekte) kontrolliert. Die zu erwartende altersbedingte Minderung der Reaktionszeit (47; 78) verlangte eine Anpassung der zeitlichen Bedingungen. Statt der sonst üblichen Entscheidungszeit von einer Sekunde (1000 ms) bei jungen Erwachsenen wurden dieser Gruppe drei Sekunden (3000 ms) eingeräumt. Insgesamt dauerte die Durchführung der Testung auf diese Weise pro Proband ca. 45 Minuten.

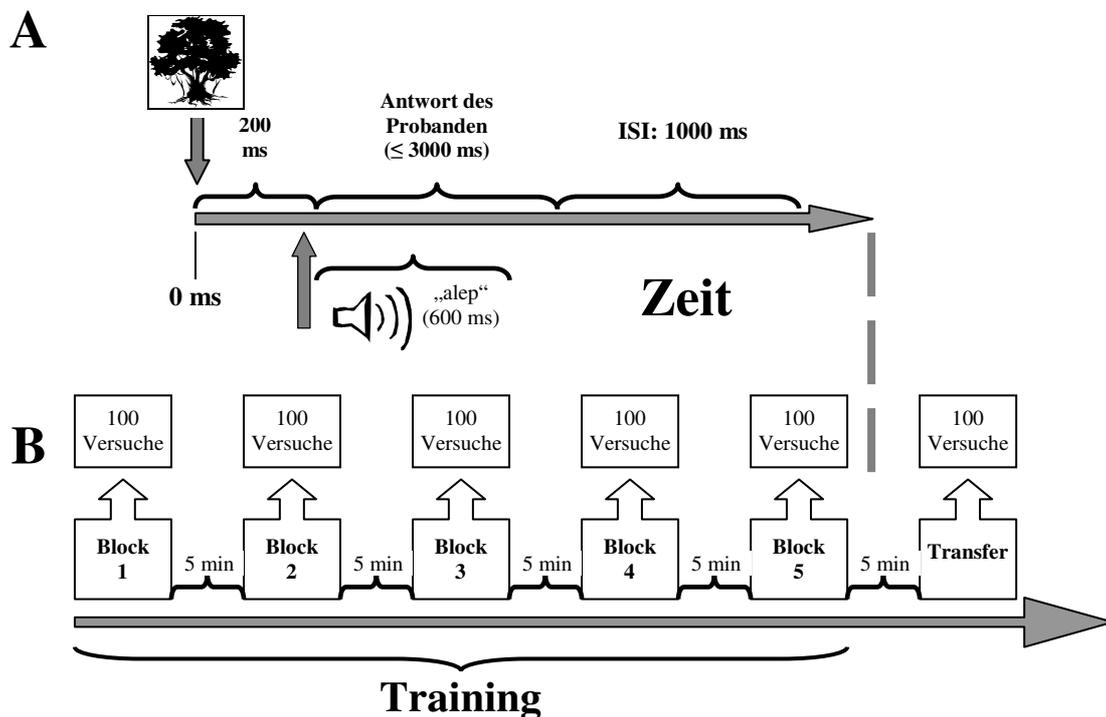


Abbildung 5: Zeitlicher Verlauf des Trainings, Studiendesign

A: Beispiel eines einzelnen Durchgangs aus dem Trainingsblock
B: Sequenz der Trainingsblöcke (nach 5 Blöcken folgt abschließend ein Transferblock). In Anlehnung an die Originalversion s. Breitenstein, Kamping 2004; mit Genehmigung von C. Breitenstein.

2.4 Neuropsychologische Testbatterie

Zur Erhebung altersentsprechender Fähigkeiten und kognitiver Leistungen wurden die Teilnehmer neuropsychologisch getestet. Hierbei wurden Bereiche wie die allgemeine Leistungsfähigkeit, dementielle Entwicklung, verbale Behaltensleistungen, figurale Lern- und Merkfähigkeit, sprachliche Leistungen, Aufmerksamkeit, visuell-räumliche Orientierung und exekutive Funktionen erfasst.

2.4.1 Fragebögen zur Erfassung von Hörleistungen

• Audiometrisches Screening

Zur Erfassung der altersentsprechenden Mindesthörleistung wurden Töne mittels eines Handaudiometers generiert. Diese wurden linkem und rechtem Ohr separat dargeboten. Es wurde ein Frequenzspektrum von 500-6000 Hz bei Lautstärken bis 30 dB überprüft. In einem weiteren Test zur Hörfähigkeit stellten die Probanden den Vergleich zweier Töne mit gleicher oder unterschiedlicher Tonhöhe an („gleich“ oder „ungleich“; s. Anhang: IX). Ein zusätzliches Beurteilungsmerkmal zur Hördiskrimination stellte die Tonlänge dar. Hier wurden ebenfalls zwei aufeinander folgende Töne präsentiert, die nach dem Kriterium „gleich lang“ oder „nicht gleich lang“ beurteilt werden sollten (s. Anhang: X).

2.4.2 Fragebögen zur Erfassung der subjektiven Befindlichkeit

Um einen möglichen Einfluss der subjektiven Befindlichkeit auf die Lernfähigkeit kontrollieren zu können, wurden zwei standardisierte Fragebögen für diese Studie ausgewählt: Das „Beck-Depressions-Inventar“ (BDI; 75) und das „State-Trait-Angstinventar“ (113).

Das BDI ist ein Selbstbeurteilungsinstrument zur Erfassung des Schweregrades depressiver Symptomatik in insgesamt 21 Lebensbereichen.

Die subjektiven Angaben bezogen sich auf die vorangegangene Woche. Die Rohwerte wurden zur besseren Vergleichbarkeit in Prozentränge transformiert.

Der zweite Fragebogen war das „State-Trait-Angstinventar“ (STAI; 113). Zur Anwendung kam derjenige Teil, bei dem es um die Feststellung von Angst als situationsübergreifende Eigenschaft („trait“) geht. Die Probanden wurden aufgefordert zu beschrei-

ben, wie sie sich im Allgemeinen fühlten. Es wurden Summenwerte errechnet und in Prozentränge transformiert.

2.4.3 Tests zur Erfassung der allgemeinen kognitiven Leistungsfähigkeit

• Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Erwachsene – Revision 1991 (206)

Zur Bestimmung der allgemeinen intellektuellen Leistungsfähigkeit wurden aus den insgesamt elf Untertests die vier ausgewählt, die am repräsentativsten zur Erfassung der verbalen (2 Untertests) und non-verbalen (2 Untertests) Intelligenz sind.

Die sprachliche Intelligenz wurde mittels der Untertests „Wortschatz“ und „Gemeinsamkeiten finden“ erfasst. Aus dem Handlungsteil wurden die Untertests „Bilder ergänzen“ und „Mosaiktest“ verwendet. Auffälligkeiten in letzteren Untertests stellen auch einen Indikator für unspezifische hirnorganische Störungen dar.

Bei der Auswertung wurden die standardisierten Wechsler-Scores zu Grunde gelegt, welche sowohl alters- als auch geschlechtsadjustiert sind.

2.4.4 Tests zur Erfassung dementieller Entwicklung

Zur Ermittlung von Hinweisen auf eine dementielle Entwicklung wurden ausgewählte Subtests der Testbatterie „Demenztest“ verwandt (100).

Hierzu zählten der „Mini-Mental Status-Test“ (MMST; 101) sowie ein Reproduktions-Gedächtnistest, ein Wortproduktionstest, ein Handlungstest, ein verbaler Gedächtnistest-Wiedererkennen und allgemeine Fragen zur Orientierung.

Der MMST diene als Screeningverfahren (54), mit Fragen zur zeitlichen und räumlichen Orientierung, zur Objektwahrnehmung und zu einfachen Gedächtnis- und Rechenfunktionen. Zusätzlich wurden grundlegende Lese- und Schreibleistungen, basale Praxis und visuo-konstruktive Fähigkeiten erfasst. Als Messwert wurde der Summenscore berechnet.

Beim Reproduktions-Gedächtnistest wurden acht Bilder nacheinander vorgelegt. Diese mussten von den Probanden zunächst benannt und später frei reproduziert werden. Ausgewertet wurde die Summe reproduzierter Items.

Der Wortproduktionstest verlangte die Nennung von möglichst vielen Wörtern eines vorgegebenen semantischen Feldes innerhalb einer Minute.

Der Handlungsteil diente der Überprüfung von ideatorischen und ideomotorischen Praktiken. Die Probanden wurden instruiert, sich selbst einen Brief zu senden.

Abschließend mussten im verbalen Gedächtnistest-Wiedererkennen die wenige Minuten zuvor gelernten Objektnamen des Reproduktionstests aus einer Reihe von Bildern erneut identifiziert werden. Bei allen Testanteilen wurden jeweils die Summenscores berechnet.

2.4.5 Tests zur Erfassung der verbalen Behaltensleistung

- **Verbale Paarererkennung (WMS-R; 74)**

Dieses Testverfahren überprüft verbale assoziative Behaltensleistungen. Im ersten Teil der Aufgabe lernten die Probanden acht Wortpaare, was je nach Erfolg drei bis sechs Durchgänge erforderte. Zusätzlich wurde nach einer Latenz von 30 Minuten eine erneute Wiedergabe der Wortpaare gefordert. Die Abfrage erfolgte, indem jeweils nur ein einzelnes der zuvor vorgelesenen Wörter angegeben wurde und dieses um das vom Probanden jeweils gelernte Paarwort ergänzt werden sollte.

In die Bewertung gingen nur die ersten drei Lerndurchgänge sowie die verzögerte Wiedergabe nach 30 Minuten ein. Messwerte waren jeweils die Gesamtsumme der korrekt genannten Paare war. Zusätzlich wurde die Anzahl der Versuche bis zur erfolgreichen Absolvierung der Aufgabe notiert.

- **Logisches Gedächtnis I und II (Textreproduktion) aus (WMS-R; 74)**

Ein sprachlich komplexer Text musste nach einmaligem Vorlesen unmittelbar und nochmals mit einer Verzögerung von 30 Minuten möglichst wörtlich wiedergegeben werden.

Für jede korrekt reproduzierte Bedeutungseinheit wurde in der anschließenden Auswertung jeweils ein Punkt vergeben (max. Score = 25).

- **Verbaler Lern- und Merkfähigkeitstest (VLMT; 81)**

Dieser Gedächtnistest dient der Überprüfung und Differenzierung der verbalen Lern- und Merkfähigkeit durch das Erfassen serieller Listen. Nach fünf Lerndurchgängen, bei denen 15 semantisch unabhängige Wörter einer ersten Liste auditiv aufgenommen und jeweils reproduziert werden mussten, wurde eine weitere Liste (Interferenzliste) vorge-

lesen. Unmittelbar im Anschluss an die Abfrage der zweiten Liste erfolgte eine erneute Lernkontrolle der ersten Liste (KZG). Diese wurde nach Ablauf von 40 Minuten nochmals erfragt (LZG).

Zum Abschluss wurde nach insgesamt einer Stunde ein Wiedererkennungstest durchgeführt, wobei dem Probanden Wörter vorgelesen wurden und er entscheiden musste, ob es sich um Wörter einer der beiden Listen handelte oder nicht. Zusätzlich sollte der Proband die Information geben, welcher Liste das jeweilige Wort entnommen war.

Der Test untersucht die unmittelbare Gedächtnisspanne (Kapazität des verbalen Kurzzeitspeichers) und die Fähigkeit, das dargebotene Material akustisch aufzunehmen, zu behalten und wiederzugeben (Lernvermögen). Darüber hinaus prüft er Abrufleistungen nach Interferenz (proaktive und retroaktive Interferenz) und letztlich die Wiedererkennungsleistung als mittelfristige Abrufleistung.

Die abhängige Variable wurde definiert als die Gesamtzahl der genannten Wörter zu den unterschiedlichen Erhebungszeitpunkten. Zur weiteren Auswertung wurden diese Rohdaten in Prozentränge transformiert.

- **Zahlenspanne** (WMS-R; 74)

Neben der Ermittlung von Aufmerksamkeits- und Konzentrationskomponenten wurden bei diesem Test auch verbale Gedächtnisleistungen durch das Nachsprechen von vorgegebenen Zahlenfolgen erfasst. Diese sollten zunächst vorwärts und in einer weiteren Übung in umgekehrter Reihenfolge wiedergegeben werden. Bei Erfolg wurde die Zahlenfolge um eine Ziffer erhöht. Eine nicht korrekte Reproduktion von zwei Zahlenfolgen mit gleicher Zifferanzahl galt als Abbruchkriterium.

Zur Bewertung wurden Perzentiläquivalente der Rohwerte für die Zahlenspanne gemäß der jeweils entsprechenden Altersgruppe verwendet.

2.4.6 Tests zur Erfassung der figuralen Lern- und Merkfähigkeit

- **Visuelle Paarerkenung** (WMS-R; 74)

Dieser Test erfasst visuelle assoziative Behaltensleistungen.

In den Übungsdurchgängen lernten die Probanden eine Zuordnung von sechs abstrakten oder geometrischen Figuren zu sechs verschiedenen Farben. Hierbei mussten je nach Lernerfolg mindestens drei und im Höchstfall sechs Durchgänge absolviert werden.

Nach 30 Minuten erfolgte eine erneute Abfrage der sechs Figur-Farb-Paare. Dabei sollte der Proband zu jeder abstrakten Figur die zugehörige Farbe auf einer sechs-stufigen Farbskala auswählen.

Abhängige Variablen waren die Summen der korrekt genannten Paare aus den ersten drei Durchgängen sowie aus der dann verzögerten Abfrage nach 30 Minuten.

Außerdem wurde ermittelt, wie viele Versuche der Proband benötigte, bis alle Figur-Farb-Paare gelernt waren.

• **Benton-Test** (13)

Zur Aufdeckung von Störungen der visuellen Merkfähigkeit mussten die Probanden geometrische Figuren nach einer vorgegebenen Betrachtungszeit von 10 Sekunden nachzeichnen. Sie wurden dabei instruiert, die selbst anzufertigende Zeichnung der Vorlage so ähnlich wie möglich zu machen. Das Testmaterial bestand aus insgesamt 10 Vorlagen mit ein bis drei Figuren unterschiedlicher Größe.

Die Auswertung des reproduzierten Materials wurde objektiv und nach genauen Angaben der Testanleitung durchgeführt. Als Maß für die allgemeine Leistungshöhe wurde die Anzahl richtig wiedergegebener Vorlagen (max. 10) gewertet. Des Weiteren wurde die Fehlerzahl ermittelt.

• **Rey-Osterrieth Complex Figure** (145; 114)

Zur Prüfung visuomotorischer Fertigkeiten und verzögerter visueller Behaltensleistungen wurde eine komplexe geometrische Figur als Vorlage genommen. Diese sollte zunächst auf ein leeres Blatt kopiert und nach ungefähr 30 Minuten erneut aus dem Gedächtnis reproduziert werden.

Zur Ermittlung der Ergebnisse wurde auf das standardisierte Auswertungssystem der Rey-Osterrieth Figur zurückgegriffen. In insgesamt 18 Bewertungsschritten konnte eine Maximalpunktzahl von 36 erreicht werden.

• **Visuelle Merkspanne – „Block Tapping“** (WMS-R; 74; 131)

Zur Erfassung der visuell-räumlichen Gedächtnisspanne wurde vom Versuchsleiter durch Zeigen mit dem Finger eine Sequenz auf einem Brett mit neun asymmetrisch angeordneten Holzblöcken vorgegeben, welche der Teilnehmer unmittelbar reproduzieren

sollte. Bei dieser Übung sollten die Sequenzen zunächst vorwärts und in einem weiteren Teil in umgekehrter Reihenfolge gezeigt werden.

Bei erfolgreicher Ausführung wurde die Anzahl der Holzblöcke einer Sequenz um einen erhöht.

Bewertungskriterien waren die Rohwerte für die visuelle Merkspanne, die in Perzentiläquivalente transformiert wurden und an entsprechende Altersdekaden (z.B. 65-74 Jahre) angepasst werden konnten.

2.4.7 Tests zur Überprüfung sprachlicher Leistungen

- **Token-Test** (85; 153)

Aus der standardisierten Testbatterie des Aachener Aphasietest (AAT) wurde der Token-Test ausgewählt. Dieser ist ein orientierender Test zur Prüfung des Sprachverständnisses, allgemeiner kognitiver Funktionen und Aufmerksamkeitsleistungen. Der Test besteht aus verbalen Aufforderungen mit der Bitte um motorische Ausführung. Er unterscheidet mit großer Sicherheit zwischen aphasischen und nichtaphasischen Hirngeschädigten, trägt aber nicht zur Klassifikation einzelner aphasischer Syndrome bei.

Das Testmaterial besteht aus verschiedenen geometrischen Formen, welche in jeweils fünf unterschiedlichen Farben vorhanden sind. Dieser Testteil setzt sich aus insgesamt fünf Aufgabengruppen zusammen, deren Schwierigkeitsgrad sich im Verlauf durch Zunahme an sprachlicher Komplexität steigert. Die Probanden wurden instruiert, Zuordnungen nach unterschiedlichen Kriterien vornehmen, wie zum Beispiel „Zeigen Sie den großen roten Kreis“. Bewertet wird nur, ob die Aufgabe richtig oder falsch gelöst wurde. Fehler wurden in normierte Prozentränge umgerechnet.

- **Boston Naming Test** (95; CERAD Neuropsychologische Testbatterie; 39)

Die Untersuchung produktiver sprachlicher Fähigkeiten wurde durch das Benennen von Objekten, welche in Form von Strichzeichnungen vorgelegt wurden, überprüft.

Zur Anwendung kam hier die Kurzform des Boston Naming Tests, die aus 15 Items besteht und der neuropsychologischen Testbatterie CERAD (95; 180; 39) entnommen wurde. Der Gesamtwert ergab sich aus der Summe aller korrekten Benennungen.

- **Regensburger Wortflüssigkeitstest (RWT; 1)**

Die formal-lexikalische (phonematische) und semantische Wortflüssigkeit wurden mit Hilfe des RWT überprüft. Die Aufgabe bestand in der Generierung möglichst vieler Wörter nach entsprechenden Vorgabekriterien innerhalb eines Zeitrahmens von 60 Sekunden. Als semantisches Kriterium galt beispielsweise die Kategorieangabe „Vornamen“, während eine phonematische Bedingung in der Vorgabe eines Anfangsbuchstaben, zum Beispiel „S“, bestand.

Zur Erfassung der kognitiven Flexibilität gab es weitere Subtests. Bei diesen mussten die Teilnehmer kontinuierlich zwischen jeweils zwei Kategorien wechseln (semantisch: Wechsel „Kleidungsstücke – Blumen“; phonematisch: Wechsel „G – R“).

Die Anzahl korrekt produzierter Wörter wurde anhand der protokollierten Rohdaten ausgezählt und mit Hilfe von Tabellen, welche bildungsspezifische Prozentränge enthalten, ausgewertet.

2.4.8 Tests zur Erfassung der Aufmerksamkeit

- **Zahlen-Symbol-Test (146)**

Der Zahlen-Symbol-Test ist ein „Papier-Bleistift-Test“, der dem Nürnberger Altersinventar entnommen wurde. In einem Zeitrahmen von 90 Sekunden sollten die Probanden möglichst schnell neun einfache Symbole den Zahlen 1 bis 9 zuordnen. Die jeweiligen Symbole (Großbuchstaben in Blockschrift oder Sonderzeichen) wurden in der Kopfzeile des DIN A4-Testbogens präsentiert.

Ziel war die Ermittlung der kognitiven Geschwindigkeit, mit der Such- und Entscheidungsprozesse ausgeführt werden können. Dabei wurde die Summe der korrekt übertragenen Symbole in Abhängigkeit vom Alter der Probanden entsprechend vorgegebener Normwerte beurteilt.

- **Trail making Test (TMT; 170;171)**

Dieses aus zwei Subtests (A und B) bestehende Testverfahren diente der Ermittlung kognitiver Verarbeitungsgeschwindigkeit (A), geteilter Aufmerksamkeit (B) und Leistungen des Arbeitsgedächtnisses.

Im Testteil A sollten die Probanden Zahlen in aufsteigender Reihenfolge verbinden, währenddessen der Testteil B so konzipiert war, dass alternierend Zahlen und Buchsta-

ben des Alphabets in ebenfalls aufsteigender Reihenfolge miteinander verknüpft werden sollten.

2.4.9 Tests zur Erfassung der visuell-räumlichen Orientierung

- **Street plan (37)**

Zur Erfassung des visuell-räumlichen Orientierungsvermögens wurde der Street Plan nach Butters durchgeführt. Anhand einer groben Straßenskizze musste ein vorgezeichneter Weg nach den Möglichkeiten links respektive rechts abbiegen beschrieben werden. Auswertungskriterium war hierbei die Anzahl korrekter Entscheidungen (links vs. rechts).

2.4.10 Tests zur Erfassung exekutiver Funktionen

- **Wisconsin Card Sorting Test (WCST; 76)**

Der WCST ist ein Messinstrument zur Überprüfung der kognitiven Flexibilität und der Fähigkeit des abstrakt-logischen Denkens. Er beinhaltet die Bildung von Problemlösestrategien, schlussfolgerndem Denken und stellt damit Anforderungen an exekutive Funktionen und an das Arbeitsgedächtnis. Es existieren unterschiedliche Durchführungs- und Auswertungsvarianten (z.B. Milner 1963; 136). Hier kam die modifizierte Version nach Nelson (1976) mit maximal 48 Durchgängen zur Anwendung (136).

Der Proband erhielt die Anweisung, Zuordnungen zu vier vorgegebenen Referenzkarten zu treffen. Die vorgegebenen Stimuli differierten hinsichtlich drei verschiedener Kategoriemerkmale (Anzahl, Figur und Farbe). Es wurde unmittelbar eine Rückmeldung über die Richtigkeit der jeweiligen Zuordnung gegeben. Dementsprechend musste die Kategorie beibehalten oder das Antwortverhalten neu überdacht werden. Das Besondere dieser Version sind die maximale Anzahl von 48 Durchgängen (vs. 76 oder 135), die explizite Ankündigung des Regelwechsels und die Wertung eines Fehlers nur dann als perseverativ, wenn die als falsch zurückgemeldete Regel zum zweiten Mal ausgeführt wird.

Zu den Auswertungsparametern gehörten der Summenscore abgeschlossener Kategorien (max. 6), die Zufallsfehler sowie die Anzahl Perseverationen. Die Auswertung erfolgte mittels alteradjustierter Normen.

2.5 Auswertung der Daten

Die Auswertungen des Vokabeltrainings (Wernicko-Programm) erfolgten an einem Personal Computer mit dem Betriebssystem Windows XP und dem Statistikprogramm SPSS (Statistical Package for Social Sciences) (36). Zusätzlich wurde mit Excel, einem Tabellenkalkulations- und Grafikprogramm, gearbeitet.

Zur Prüfung des Vorliegens einer Normalverteilung wurde der Kolmogorov-Smirnov-Test (KS-Test) durchgeführt. Die Datenanalyse der Lernkurven erfolgte mittels einer ANOVA mit Messwiederholung (polynomiale Kontrastanalyse) auf dem Faktor „Trainingsblock“ (Blöcke 1 bis 5). Korrelationskoeffizienten wurden nach Bravais-Pearson berechnet. Die statistische Signifikanz der Korrelation wurde konservativ auf dem Niveau von $p \leq 0.01$ (2-seitig) festgelegt.

3 Ergebnisse

Nachfolgend werden die Ergebnisse dieser Studie dargestellt. Tabelle 2 zeigt dabei die deskriptiven Daten, während Tabelle 3 die Korrelationsergebnisse der neuropsychologischen Testung mit dem Lernerfolg auflistet. Anschließend erfolgt eine separate grafische Gesamtdarstellung der Lernleistungen aller 30 Probanden sowie eine Abbildung zur Einflussnahme von Medikamenten (Betablockern).

Daran schließt sich die Darstellung der kognitiven Prädiktoren an, die ein erfolgreiches Vokabeltraining in dieser Untersuchung vorhersagten.

Deskriptive Statistik

	N	Min.	Max.	Mittelwert	Standard
	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik	Statistik
Alter in Jahren	30	65	76	68.80	2.413
Bildungsjahre: Schule	30	8	13	9.97	2.008
Edinburgh Handedness Inventory Lateralitätsindex	30	-50	100	92.50	27.629
STAI Trait Prozentrang	30	50.00	95.00	74.9667	12.20086
Beck Depression Inventory Prozentrang	30	10.00	20.00	11.0000	3.05129

Tabelle 2: Deskriptive Statistik;

N= Anzahl der Probanden, Min.= Minimum, Max.= Maximum, Standard= Standardabweichung

Korrelationsergebnisse mit dem Lernerfolg

Nr.	Untersuchungsgegenstand	Korrelation	Werte
1.	Vokabellern - Block5	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	.905** .000
2.	Vokabeltransfer	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	.489** .006
3.	Alter in Jahren	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	.038 .842
4.	Bildungsjahre: Schule	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	.250 .182
5.	Edinburgh Handedness Inventory, Lateralitätsindex	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	.241 .199
6.	Tonhöhendiskrimination, Summe aus 10 Durchgängen	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	.229 .223
7.	Dauerdiskrimination, Summe aus 10 Durchgängen	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	.242 .198
8.	Prozentrang Summe Rohwert VLMT 1-5	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	.159 .402

Nr.	Untersuchungsgegenstand	Korrelation	Werte
9.	VLMT: Interferenzliste Prozentrang	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	.232 .216
10.	VLMT: Unmittelbare Wiedergabe, Prozentrang	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	.100 .601
11.	VLMT: Verzögerte Wiedergabe, Prozentrang	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	.071 .711
12.	VLMT: Wiedererkennen, Prozent- rang	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	.220 .243
13.	Wechslergeschichte, unmittelbarer Abruf, Rohwert	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	.563** .001
14.	Wechslergeschichte, verzögerter Abruf, Rohwert	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	.612** .000
15.	Zahlennachsprechen vorwärts Pro- zentrang	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	.121 .523
16.	Zahlennachsprechen rückwärts Pro- zentrang	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	.236 .210
17.	Corsi Block vorwärts Prozentrang	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	-.149 .431
18.	Corsi Block rückwärts Prozentrang	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	.107 .575
19.	Verbale Paarassoziationen, Durch- gänge 1-3 gesamt, Rohwert	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	.344 .062
20.	Verbale Paarassoziationen, Anzahl Durchgänge bis alle 8 Paare gelernt sind	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	-.202 .284
21.	Verbale Paarassoziationen verzöger- ter Abruf gesamt, Rohwert	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	.486** .006
22.	Rey Figur Abzeichnen Rohwert	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	.452* .012
23.	Rey Figur verzögerter Abruf Roh- wert	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	.458* .011
24.	Visuelle Paarassoziationen Summe Durchgänge 1-3 Rohwerte	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	.426* .019
25.	Visuelle Paarassoziationen Anzahl Durchgänge bis alle 6 Paare gelernt	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	-.302 .105
26.	Visuelle Paarassoziationen, verzögerter Abruf	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	.180 .341
27.	Trail Making A, Prozentrang	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	.311 .095
28.	Trail Making B, Prozentrang	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	.375* .041
29.	Regensburger Wortflüssigkeitstest Buchstabe S Prozentrang	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	.354 .055
30.	Regensburger Wortflüssigkeitstest Buchstabe K Prozentrang	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	.387* .035

Nr.	Untersuchungsgegenstand	Korrelation	Werte
31.	Regensburger Wortflüssigkeitstest Buchstaben G-R Prozentrang	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	.440* .015
32.	Regensburger Wortflüssigkeitstest Kategorie Vornamen Prozentrang	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	.101 .597
33.	Regensburger Wortflüssigkeitstest Kategorie Berufe Prozentrang	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	.282 .131
34.	Regensburger Wortflüssigkeitstest Kategoriewechsel Kleidungsstücke- Blumen Prozentrang	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	.217 .250
35.	RWT Wf_phon	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	.392* .032
36.	RWT Wf_phons	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	.440* .015
37.	RWT Wf_sem	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	.223 .237
38.	RWT Wf_sems	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	.078 .681
39.	Benton Anzahl Richtige, Rohwert	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	.219 .246
40.	Benton Fehlerzahl	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	-.221 .241
41.	HAWIE Bilder ergänzen: Werte- punkte	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	.309 .096
42.	HAWIE Wortschatztest: Wertepunk- te	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	.526** .003
43.	HAWIE Mosaiktest: Wertepunkte	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	.498** .005
44.	HAWIE Gemeinsamkeiten finden: Wertepunkte	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	.381* .038
45.	Boston Naming, Rohwerte	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	.180 .341
46.	AAT Token Test, Prozentränge	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	.267 .154
47.	Wisconsin Card Sorting Test, An- zahl abgeschlossener Kategorien	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	.498** .005
48.	Wisconsin Card Sorting Test, An- zahl Zufallsfehler	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	-.626** .000
49.	Wisconsin Card Sorting Test, An- zahl perseverative Fehler	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	-.178 .345
50.	Strassenplantest, Anzahl Richtige	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	.429* .018
51.	Mini Mental Status Test, Summen- wert	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	.622** .000
52.	Praxie aus Demenzttest, Summe	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	Alle Probanden erreichten die Gesamtpunktzahl

53.	Reproduktions-Gedächtnistest, Rohwert	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	.003 .987
54.	Reproduktions-Gedächtnistest, Wiedererkennen, Treffer	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	.293 .116
55.	Zahlen-Symbol-Test, Prozentrang	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	.415* .022
56.	STAI Trait, Prozentrang	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	-.048 .801
57.	Beck Depression Inventory, Prozentrang	Korrelation nach Pearson Signifikanz (2-seitig)	-.034 .858

Tabelle 3: Korrelationsergebnisse mit dem Lernerfolg. Dargestellt sind die Prozente korrekter Antworten des fünften gegenüber dem ersten Trainingsblock; N = 30.

Die Lernleistungen der 30 Teilnehmer im Alter zwischen 65-80 Jahren werden im Folgenden grafisch dargestellt. Es wurden des Weiteren kognitive Prädiktoren für ein erfolgreiches Sprachtraining mit Hilfe der neuropsychologischen Testungen ermittelt. Auch diese werden nachstehend voranschaulicht.

3.1 Erfolg des Sprachtrainings

Zunächst wurde der Kolmogorov-Smirnov-Test (KS-Test) durchgeführt. Dieser dient der Ermittlung des Vorliegens einer Normalverteilung der Rohwerte (Prozent korrekt erkannter Kopplungen) als Voraussetzung für die Durchführung parametrischer statistischer Verfahren. Es zeigte sich hierbei, dass die asymptotische Signifikanz des KS-Tests deutlich über dem Signifikanzniveau von 5% ($p=0.899$) liegt, so dass keine Verletzung der Normalverteilungsvoraussetzung vorlag (36).

Die Abbildung 6 gibt einen Gesamtüberblick über die Lernverläufe aller Probanden von Block I bis V inklusive der Transferleistungen.

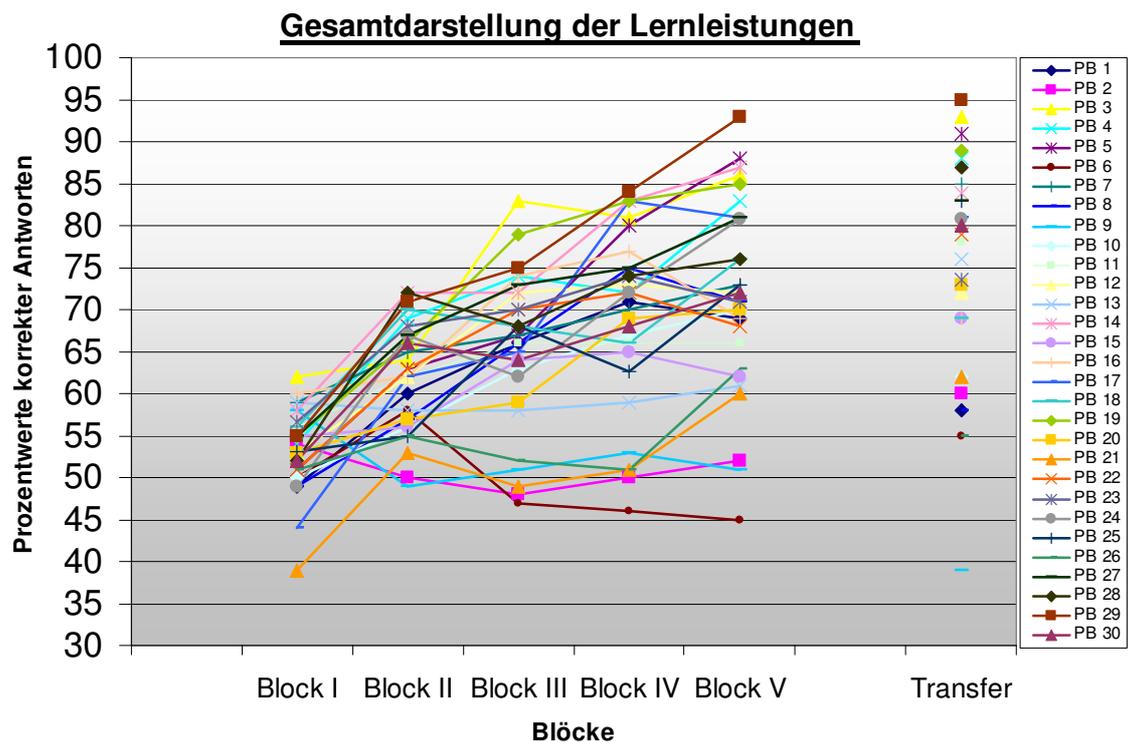


Abbildung 6: Gesamtdarstellung der Lernleistungen (Prozent korrekter Antworten) aller 30 Probanden über fünf Trainingsblöcke plus Transferblock.

Die über alle Probanden gemittelte Lernkurve zeigte einen statistischen signifikanten Anstieg vom ersten bis zum fünften Block und ließ sich am besten als linearer Trend beschreiben (ANOVA: $F(1,29) = 75.55$, $p < 0.001$). Die maximal erreichte Lernsteigerung vom I. bis zum V. Block betrug 38% (Block V minus Block I). Ein Proband steigerte seine Leistungen auf > 90%, acht Probanden verbesserten sich auf Werte > 80% und zehn steigerten ihre Leistungen auf > 70% in den Lerndurchgängen I bis V.

Insgesamt schwächer lernten acht Teilnehmer, die im V. Block Werte > 60% erzielten. Bei weiteren drei Probanden war keine Leistungsverbesserung über die fünf Trainingsdurchgänge zu beobachten (< 60% im V. Block).

Im Anschluss an die gelernten Pseudowort-Bild Kombinationen erfolgte eine Lernkontrolle. Diese bestand in der Transferleistung, die gelernten assoziativen Verbindungen in die deutsche Sprache zu übertragen. Die Ergebnisse der Lernleistungen im Transferblock verteilen sich wie folgt auf die Probanden (Pb):

Probandenanzahl		Prozent
3 Pb	≥	90 %
4 Pb	≥	85 %
6 Pb	≥	80 %
3 Pb	≥	75 %
3 Pb	≥	70 %
3 Pb	≥	65 %
3 Pb	≥	60 %
5 Pb	<	60 %

Tabelle 4: Verteilung der abschließenden Lernleistungen der Studienteilnehmer in der Lernkontrolle (Transferblock)

Drei Probanden hatten Probleme mit dem Wechsel zu der neuen Anforderung im abschließenden Transferblock, so dass sie trotz vorher guter Verbesserungen der Lernleistung deutlich schlechtere Leistungen beim Transfer aufwiesen. Das folgende Diagramm (Abb. 7) dient zur Veranschaulichung der durchschnittlichen Lernleistungen innerhalb der Population der 65- 80 jährigen Probanden ($\bar{x}_{\text{Block I}} \sim 53$, $\sigma = 4,7$; $\bar{x}_{\text{Block II}} \sim 61$, $\sigma = 6,3$; $\bar{x}_{\text{Block III}} \sim 65$, $\sigma = 8,9$; $\bar{x}_{\text{Block IV}} \sim 69$, $\sigma = 10,5$; $\bar{x}_{\text{Block V}} \sim 71$, $\sigma = 11,3$; $\bar{x}_{\text{Transfer}} \sim 74$, $\sigma = 13,2$). Die Grafik der Gesamtleistungen aller Teilnehmer wurde um eine Durchschnittsgerade ergänzt, welche in der Zeichnung blau hervorgehoben wird.

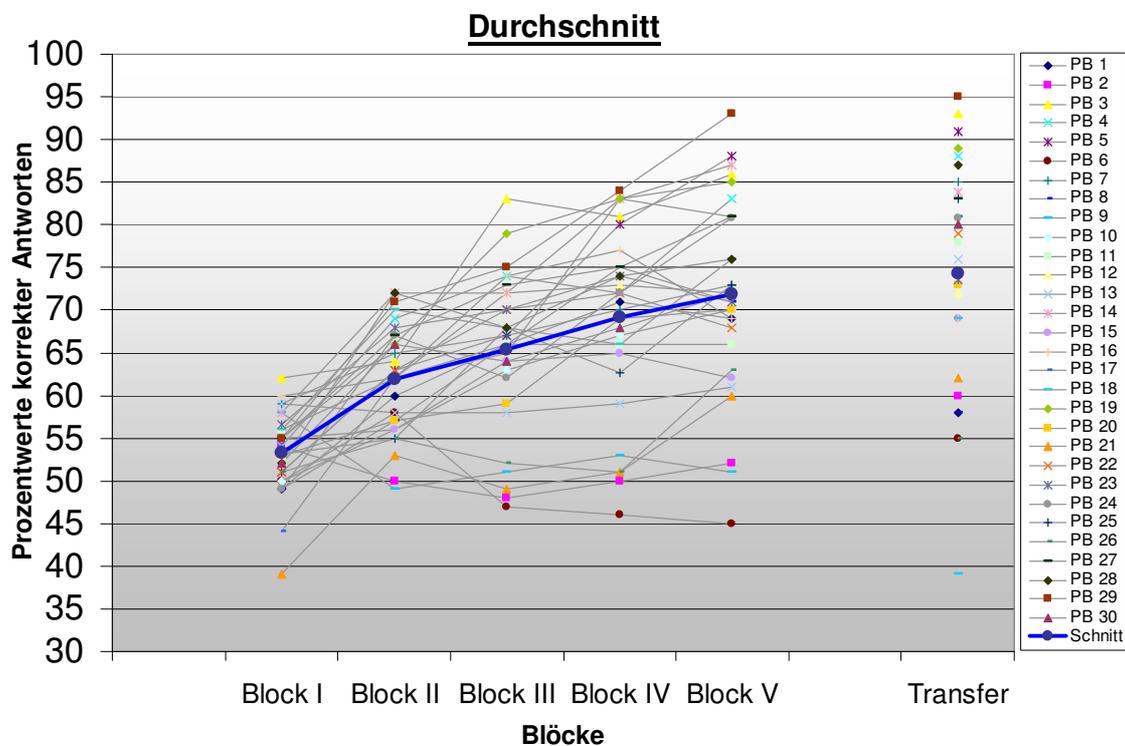


Abbildung 7: Darstellung der Gesamtlernleistungen jedes Teilnehmers (grau) sowie Veranschaulichung der durchschnittlichen Lernleistung innerhalb dieser Population (blaue Linie).

Die meisten Probanden zeigten einen linearen (kontinuierlichen) Anstieg ihrer Lernleistungen, während eine kleine Gruppe von acht Teilnehmern weniger gut (3 Pb > 60%) oder gar nicht lernte (5 Pb < 60%) (Transferleistung).

Während des Sprachtrainings erkannte keiner der Probanden das zugrunde liegende Prinzip und niemand beendete die Studie vor Abschluss aller Untersuchungen.

3.2 Einfluss von Medikamenten

Aufgrund einer bekannten arteriellen Hypertonie waren drei Probanden (Pb 19, Pb 25, Pb 28) mit beta-sympatholytisch wirksamen Medikamenten eingestellt. Es wurden anamnestisch weder zentrale Nebenwirkungen wie Schlaflosigkeit, Erregungszustände, Halluzinationen, Kopfschmerzen oder Schwindel noch andere Nebenwirkungen von den Probanden berichtet (119; 96).

In Bezug auf den Lernerfolg zeigte sich bei den drei Teilnehmern keine Lernbeeinträchtigung im Vergleich zur Gesamtgruppe. In der Grafik sind die Lernkurven der Probanden 19, 25 und 28 blau markiert.

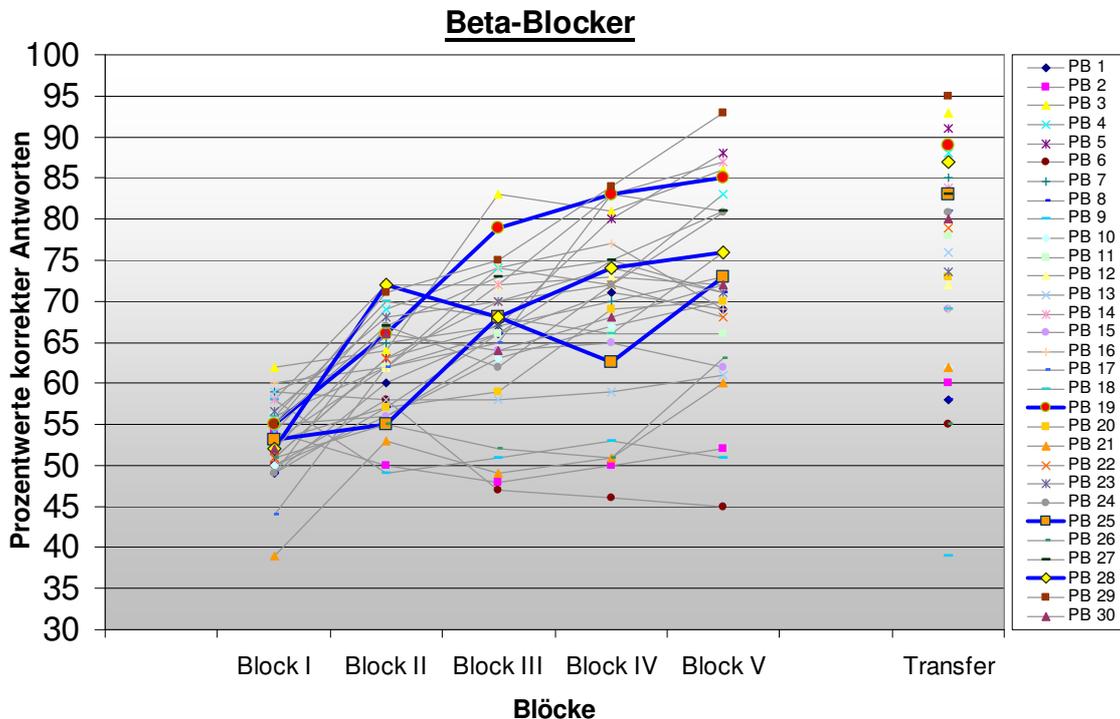


Abbildung 8: Einfluss von Beta-Blockern auf die Lernleistung

3.3 Kognitive Prädiktoren des Lernerfolgs

Signifikante Zusammenhänge zwischen dem Lernerfolg im Vokabeltraining und neuropsychologischen Leistungen, werden im Folgenden dargestellt. Der Lernerfolg des Trainings wurde operationalisiert als Leistung in Block V minus Leistung in Block I (Baseline). Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurden die resultierenden Punktwolken (Scatterplots) um Regressionsgeraden ergänzt. In einer Vorauswertung zeigte sich keine Abhängigkeit des Lernerfolgs von der Anzahl fließend gesprochener Fremdsprachen ($r = 0.314$; $p = 0.091$). Für eine Gesamtübersicht aller Korrelationsergebnisse siehe Tab. 3.

➤ Ergebnis: Tests zur Erfassung der allgemeinen kognitiven Leistungsfähigkeit

- **Hamburg-Wechsler-Intelligenztest für Erwachsene – Revision 1991 (206)**

Je besser die Leistung im Subtest Wortschatz des HAWIE (x-Achse) war, umso größer war der Lernerfolg im Vokabeltraining des Wernicko-Programms (y-Achse) ($r = 0.526$; $p^* = 0.003$; siehe Abb. 9).

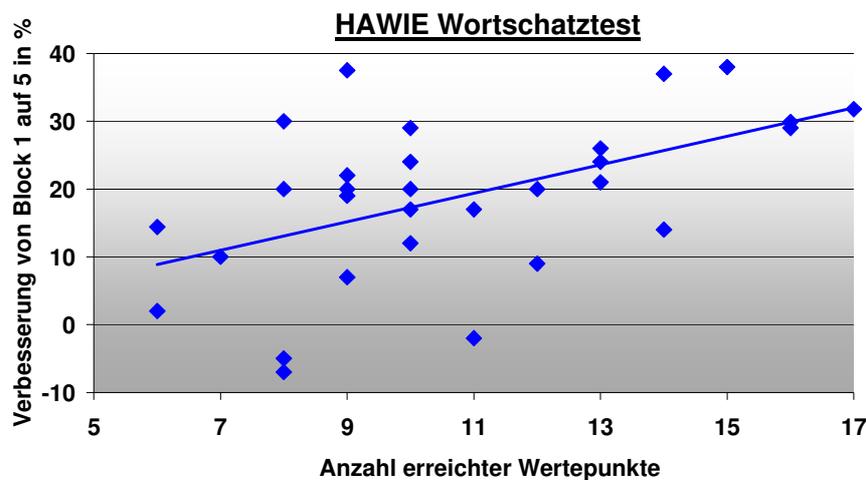


Abbildung 9: Korrelation der Anzahl erreichter Wertepunkte im HAWIE Wortschatztest mit der prozentualen Verbesserung der Lernleistungen im Vokabeltraining.

Die Abbildung 10 zeigt, je höher die Anzahl erreichter Wertepunkte im HAWIE Mosaiktest (x-Achse) war, desto bessere Leistungen wurden im Sprachtraining (y-Achse) erbracht ($r = 0.498$; $p^* = 0.005$).

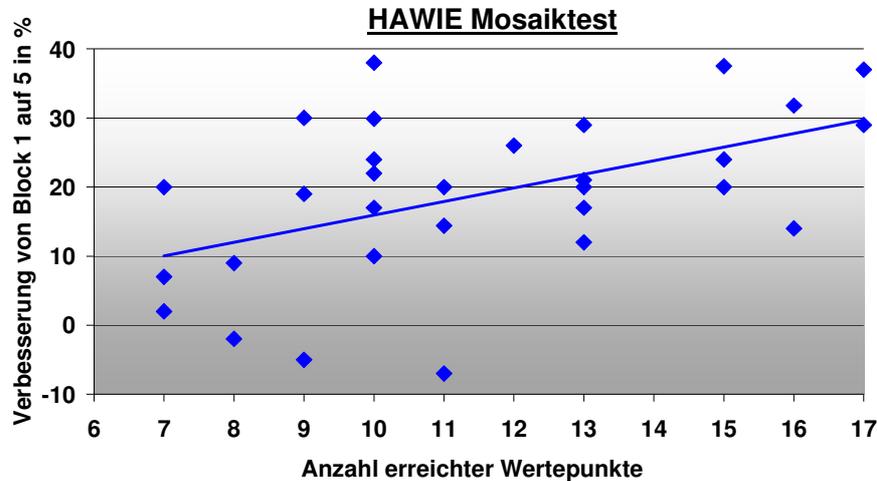


Abbildung 10: Korrelation der Wertepunkte (WP) des HAWIE Mosaiktests mit der prozentualen Verbesserung der Lernleistungen im Vokabeltraining

➤ **Ergebnis: Tests zur Erfassung dementieller Entwicklung**

Der Mini Mental Status Test (x-Achse) zeigte eine statistisch hochsignifikante Korrelation mit dem Lernerfolg des Miniaturvokabulars ($r = 0.622$; $p^* \leq 0.001$; siehe Abb. 11).

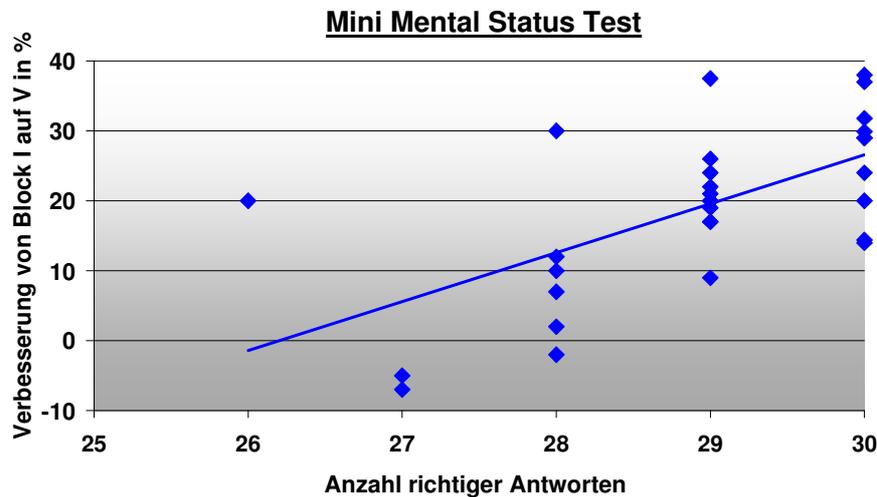


Abbildung 11: Korrelation der Anzahl richtiger Antworten im MMST mit der prozentualen Verbesserung der Lernleistungen im Vokabeltraining.

➤ **Ergebnis: Tests zur Erfassung der verbalen Behaltensleistung**

• **Verbale Paarererkennung (WMS-R; 74)**

Je besser der verzögerte Abruf der verbalen Paarererkennung (x-Achse) gelang, desto erfolgreicher waren die Lernleistungen des Wernicko-Programms (y-Achse) ($r = 0.486$; $p^* = 0.006$; siehe Abb. 12).

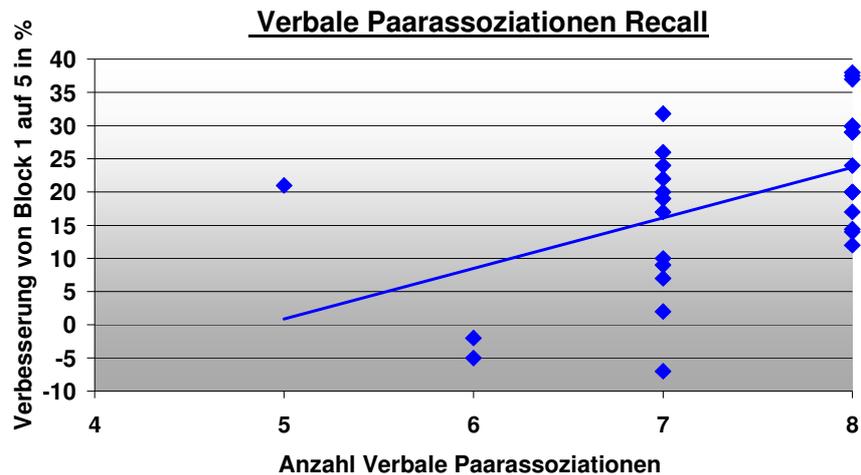


Abbildung 12: Korrelation der Ergebnisse des verzögerten Abrufs im Test Verbale Paarassoziationen mit der prozentualen Verbesserung der Lernleistungen im Vokabeltraining.

• **Logisches Gedächtnis I und II (Textreproduktion) aus (WMS-R; 74)**

Ebenfalls positiv korrelierten die Lernerfolge der 30 Probanden im Sprachtraining (y-Achse) mit dem unmittelbaren Abruf der Wechsler Geschichte (x-Achse) ($r = 0.563$; $p^* = 0.001$; siehe Abb. 13).

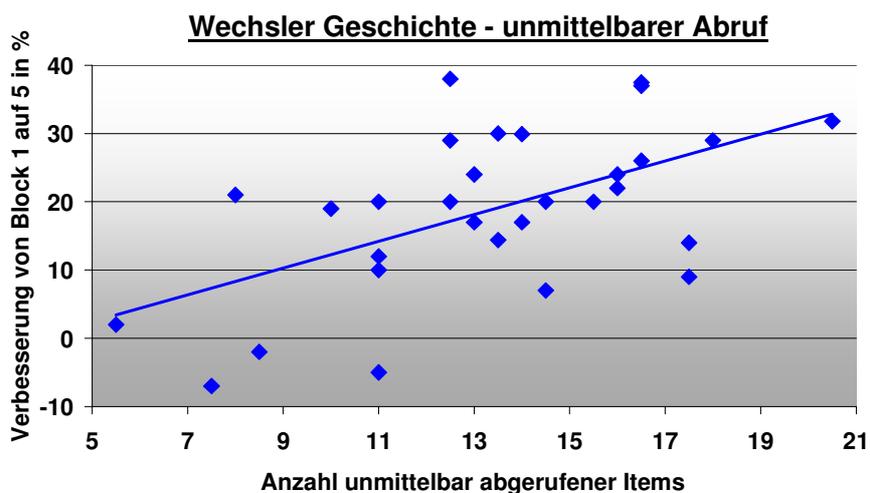


Abbildung 13: Korrelation der Ergebnisse des unmittelbaren Abrufs der Wechsler Geschichte der prozentualen Verbesserung der Lernleistungen im Vokabeltraining

Auch der verzögerte Abruf der Wechsler Geschichte (x-Achse) zeigte positive Korrelationen mit den sprachlichen Trainingsleistungen (y-Achse) ($r = 0.612$; $p^* \leq 0.001$; siehe Abb. 14).

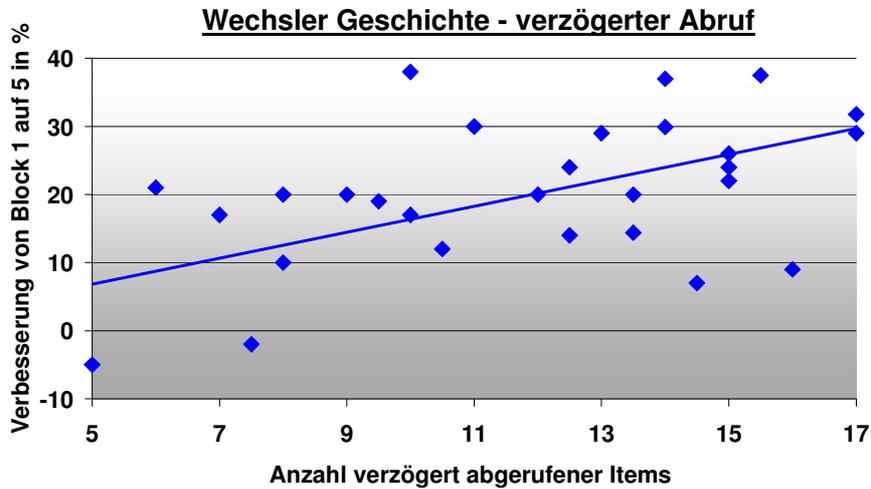


Abbildung 14: Korrelation der Ergebnisse des verzögerten Abrufs der Wechsler Geschichte mit der prozentualen Verbesserung der Lernleistungen im Vokabeltraining.

➤ **Ergebnis: Tests zur Erfassung exekutiver Funktionen**

• **Wisconsin Card Sorting Test (WCST; 76)**

Je höher die Anzahl der erreichten Kategorien im Wisconsin Card Sorting Test (x-Achse) war, desto erfolgreicher wurde das Vokabeltraining (y-Achse) absolviert ($r = 0.498$; $p^* = 0.005$; siehe Abb. 15).

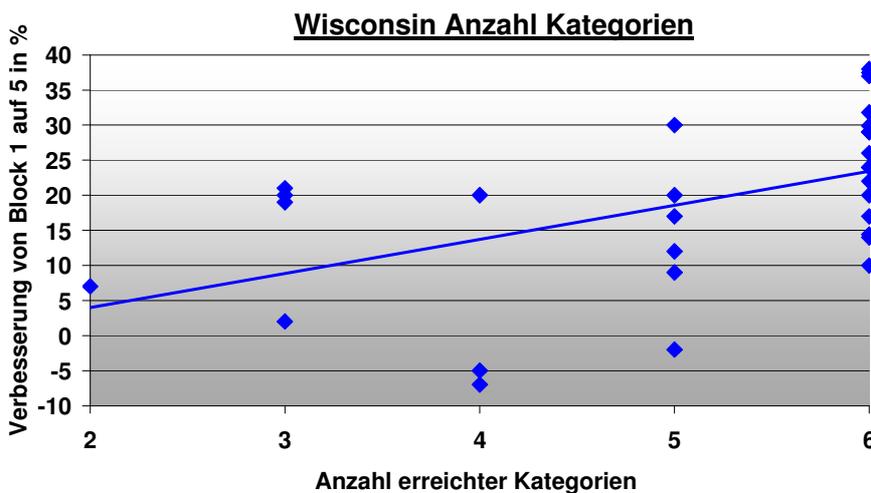


Abbildung 15: Korrelation der Anzahl erreichter Kategorien des Wisconsin Card Sorting Tests mit der prozentualen Verbesserung der Lernleistungen im Vokabeltraining.

Zudem zeigte sich, je weniger Zufallsfehler im Wisconsin Card Sorting Test (x-Achse) gemacht wurden, desto besser gelang das Lernen des Miniaturvokabulars (y-Achse) ($r = -0.626$; $p^* \leq 0.001$; siehe Abb. 16).

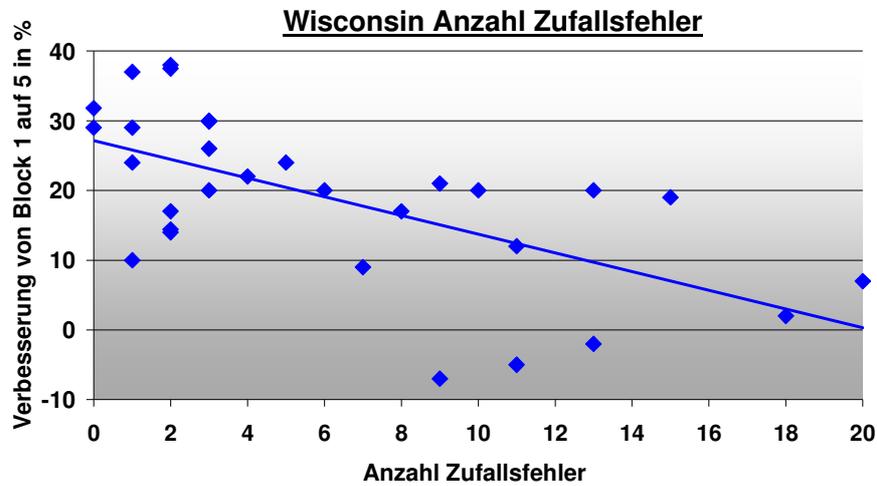


Abbildung 16: Negative Korrelation der Anzahl an Zufallsfehlern im Wisconsin Card Sorting Tests mit der prozentualen Verbesserung der Lernleistungen im Vokabeltraining.

4 Diskussion

4.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie zeigen, dass gesunde ältere Menschen im Alter zwischen 65- 80 Jahren in der Lage sind, ein neues (Miniatur-) Vokabular zu erlernen. Die Teilnehmer unserer Studie lernten ausschließlich nach dem Prinzip statistischer Regelmäßigkeiten entsprechend den Prozessen des Erstspracherwerbs (27; 109). Dabei sind die Lernkurven der älteren Menschen in unserer Studie vergleichbar denen jünger gesunder Probanden, die das gleiche Vokabeltraining in Vorstudien unserer Arbeitsgruppe absolvierten (25; 26)

Die Probanden unserer Studie lassen sich zwei Gruppen von Lernern zuordnen: „Gute Lerner“ (86,67 Prozent der Studienteilnehmer) zeigten deutliche Verbesserungen ihrer Lernleistungen im Wernicko-Programm von Block I bis V exklusive Transferblock, wohingegen „schlechte Lerner“ (13,33 Prozent der Studienteilnehmer) das Zufallsniveau von 60 Prozent korrekter Antworten nicht überschritten. Von den 30 Teilnehmern erreichten dann im anschließenden Transferblock (Lernkontrolle) insgesamt drei Probanden sehr gute Lernergebnisse (≥ 90 Prozent). Bei fünf Probanden konnten keine Verbesserungen der Transferleistung im Vergleich zur Gesamtgruppe verzeichnet werden ($5 \text{ Pb} < 60\%$). Drei der Teilnehmer fiel dabei v.a. der Wechsel der Aufgabenstellung von den Pseudowort-Bild-Präsentationen zur Pseudowort-Wort-Darstellung (deutsche Sprache; Transferblock) schwer. Trotz guter Lernleistungen in den vorangegangenen Durchgängen (Block I-V) schnitten diese drei Probanden hier auffallend schlecht ab. Vermutlich lernten sie nur oberflächliche Zusammenhänge und erreichten daher keinen erfolgreichen Transfer zu den deutschen Wortformen. Da auch keine externen Einflüsse, z.B. von Beta-Blockern (s. Abb. 8), auf das Lernverhalten gefunden wurden, stellt sich die Frage, warum einige Probanden besser lernten als andere. In der Datenanalyse der neuropsychologischen Untersuchungen fanden wir verschiedene kognitive Prädiktoren für ein erfolgreiches Sprachtraining. Neben den rein verbalen kognitiven Funktionen scheinen entsprechend unserer Studienergebnisse auch nicht-verbale kognitive Fähigkeiten den Erfolg beim Sprachlernen zu beeinflussen. Für folgende kognitive Parameter konnten wir einen engen Zusammenhang mit dem Sprachlernerfolg nachweisen: Allgemeine prämorbide intellektuelle Befähigung (HAWIE), frontal exekutive

Leistungen (WCST) und Arbeitsgedächtnisfunktionen, assoziative Lernleistungen (verbale Paarassoziationen), Merkfähigkeit für Geschichten sowie das Fehlen von Hinweisen auf eine dementielle Entwicklung (MMST).

4.1.1 Diskussion: Kognitive Prädiktoren des Lernerfolgs

➤ Allgemeine kognitive Leistungsfähigkeit

• HAWIE

Die allgemeine kognitive Leistungsfähigkeit wurde anhand des HAWIE (Hamburg Wechsler-Intelligenztest für Erwachsene – Revision 1991) (206) getestet. Entsprechend der Intelligenzdefinition von Wechsler ist die allgemeine kognitive Fähigkeit, ein relativ zuverlässiger Index der globalen kognitiven Leistungsfähigkeit (206; 216) und kann somit als Hinweis für das erfolgreiche Erlernen neuer Wörter herangezogen werden. Beim Vokabelerwerb im jungen Erwachsenenalter konnten Leistungen durch das allgemeine verbale Leistungsvermögen vorhergesagt werden (25). Auch bei den älteren Probanden dieser Studie wurde ein statistisch signifikanter Zusammenhang zwischen dem Lernerfolg des Vokabeltrainings und der allgemeinen verbalen Leistungsfähigkeit (Subtest Wortschatz des HAWIE, s. Abb. 9) nachgewiesen.

Ebenso besteht eine Beziehung zwischen Vokabellernen und non-verbalen kognitiven Leistungen. Denn je besser die Ergebnisse des HAWIE Mosaiktests (s. Abb. 10) in dieser Untersuchung waren, desto besser lernten die älteren Probanden die Vokabeln des Wernicko-Programms. Ein positiver Einfluss der prämorbid non-verbalen Intelligenz auf sprachliche Leistungen zeigte sich vergleichbar unseren Ergebnissen auch bei Schlaganfallpatienten nach einer intensiven Aphasietherapie (154).

Daher ist die neuropsychologische Testung dieser allgemeinen kognitiven Funktionen nicht nur bei gesunden jungen und älteren Erwachsenen ein guter Prädiktor eines erfolgreichen Vokabelerwerbs, sondern ist auch für die Einschätzung des erfolgreichen Wiedererwerbs sprachlicher Fähigkeiten nach erworbener Aphasie von Bedeutung.

➤ Tests zur Erfassung dementieller Entwicklung

● Mini Mental Status Test

Der Verlust kognitiver Leistungsfähigkeit über das normale altersbedingte Maß hinaus, kann den erfolgreichen Neuerwerb von Vokabeln erschweren. Wir konnten in dieser Studie feststellen, dass gesunde ältere Probanden ein Miniaturvokabular umso besser lernten, je besser das Ergebnis im Mini Mental Status Test (s. Abb. 11) war. Dieser Test dient zunächst der „groben Einschätzung“ kognitiver Defizite (15) und muss bei Vorliegen eines kritischen Testwertes durch weitere Verfahren gestützt und überprüft werden.

Dessen ungeachtet ist der „normale“ Entwicklungsprozess des Alterns von unterschiedlichen physischen und psychischen Veränderungen begleitet. Einige dieser Veränderungen betreffen die kognitiven Funktionen (78). Es gibt dabei große Unterschiede zwischen den Individuen im Ausmaß der Geschwindigkeit und dem Muster der altersbedingten Veränderungen (78). So meldeten auch in dieser Studie einige der älteren Teilnehmer in Bezug auf die sehr umfangreiche neuropsychologische Testbatterie und die vorgegebenen Testzeiten zurück, dass die Aufrechterhaltung der Aufmerksamkeit und Konzentration sowie die damit verbundene Bewältigung der Aufgaben, über mehrere Testungen hinweg schwieriger wurde. Untersuchungen des normalen Alterungsprozesses konnten zeigen, dass die Reduktion kognitiver Fähigkeiten insbesondere Aufgaben betrifft, die eine Reproduktion erfordern (93; 78). Verbale Reproduktionsaufgaben, wie hier im MMST, verlangen dabei eine intakte phonologische Schleife und für den verzögerten Abruf gute Konsolidierungsleistungen. Gedächtnisschwächen innerhalb dieser Altersgruppe können mit einer Verminderung synaptischer Verbindungen (204) und ineffizienter LTP erklärt werden (176). Bildgebende Verfahren stützen diese These und zeigen einen Zusammenhang zwischen kognitiven Dysfunktionen und einem höheren Lebensalter. Allerdings können morphologische Hirnveränderungen, wie v. a. Hyperintensitäten im MRT, nur einen kleinen Teil der Unterschiede zwischen kognitiven Funktionen und einer altersbedingten Verschlechterung erklären (62). Trotz des Wissens um die Reduzierung synaptischer Verbindungen im normalen Alterungsprozess (78; 204) stellt ein höheres Alter der Patienten per se keine Rehabilitationseinschränkung dar (107; 134). Wenn kognitive Fähigkeiten im Alter jedoch abnehmen und dabei Prozesse, wie das Aufnehmen, Speichern und Abrufen von Informationen betreffen, ist eine wei-

terführende Diagnostik ratsam. Dies gilt generell, jedoch in diesem Kontext vor allem für Schlaganfallpatienten im Hinblick auf die prognostische Einschätzung einer sprachlichen Rehabilitation. Diesen Zusammenhang, aber auch eine Abhängigkeit von Funktionsbeeinträchtigungen und kognitiven Dysfunktionen nach einem Schlaganfall konnten Tatemichi et al. (1994) nachweisen. So lebten Patienten mit kognitiven Defiziten nach der Entlassung aus der Klinik häufiger abhängig von Angehörigen/ Pflegepersonal im Vergleich zur Kontrollgruppe (202).

Zusammenfassend kann daher formuliert werden, dass bei gravierenden kognitiven Störungen, die sich im MMST niederschlagen, deutlich erschwerte Lernbedingungen (73) sowohl für „gesunde“ als auch für Patienten nach einem Schlaganfall mit erworbener Aphasie zeigen.

➤ **Tests zur Erfassung der verbalen Behaltensleistung**

- **Verbale Paarerkenung (WMS-R; 74)**

In der gegenwärtigen Studie waren gesunde ältere Menschen in der Lage, ein auf assoziativen Verbindungen beruhendes Sprachtraining erfolgreich zu absolvieren. Das Bilden von Assoziationen stellt dabei einen entscheidenden Aspekt zum Lernen eines neuen Vokabulars dar. In einer Studie junger gesunder Probanden konnte nachgewiesen werden, dass fünf Tage (à 20 Minuten) Vokabeltraining ausreichen, um stabile Assoziationen zwischen lexikalischen und semantischen Formen zu schaffen (32). Auch bei den älteren Teilnehmern dieser Studie korrelierte der Lernerfolg des Wernicko-Programms positiv mit den assoziativen Lernleistungen des verzögerten Abrufs der verbalen Paarerkenung (s. Abb. 12). Wir konnten damit zeigen, dass sich die Fähigkeit zum assoziativen Lernen auch in höherem Alter nicht verliert und dass diese zugleich eine wichtige Voraussetzung für ein erfolgreiches Sprachtraining ist. Bei Schlaganfallpatienten scheint zur Überprüfung der assoziativen Lernleistungen jedoch der Abruf visueller Leistungen besser geeignet, da Patienten mit Aphasien gerade Defizite kognitiver verbaler Leistungen aufweisen. So konnten assoziative Lernleistungen (visueller Paarassoziationstest) als Prädiktor für unmittelbare Verbesserungen in einem intensivierten Benenningstraining bei Schlaganfallpatienten in einer Untersuchung von Wedler et al. (217) ermittelt werden. Assoziative Lernprozesse werden dabei insbesondere dem Hippocampus als anatomisches Korrelat zugeschrieben (13; 42). Eine Überprüfung der

Einflussnahme des medialen Temporallappens inklusive des Hippocampus auf den Therapieerfolg ergab, dass Patienten mit Läsionen im temporobasalen Bereich vergleichsweise schlechtere Trainingserfolge erzielten (66). Die Stärke der Hippocampusaktivierung der sprachdominanten Hemisphäre ist weiterhin ein Indikator für Leistungsunterschiede in der Spracherwerbsbefähigung bei gesunden Probanden (25). Dies belegt eine Untersuchung, in der eine höhere Hippocampusaktivität während eines Sprachtrainings mit besseren lexikalisch-semantischen Fähigkeiten in der Muttersprache einherging (25).

In der hier vorliegenden Untersuchung gesunder älterer Probanden konnte ein Einfluss verbaler assoziativer Lernleistungen, eine klassische hippocampale Lernfunktion, auf den Erfolg des Sprachtrainings nachgewiesen werden. Weitere Studien müssen den Stellenwert dieser kognitiven Funktion für Patienten mit Aphasie klären und aufzeigen inwieweit diese den Erfolg einer Aphasietherapie vorhersagen kann.

- **Logisches Gedächtnis I und II** (Textreproduktion, WMS-R; 74)

Neben den genannten kognitiven Funktionen sind Gedächtnisprozesse von elementarer Bedeutung für das Erlernen neuer Vokabeln. Für den kindlichen Spracherwerb sind diese engen Zusammenhänge zu (KZ-)Gedächtnisleistungen hinreichend belegt (222). Ebenso konnte für gesunde Erwachsene eine Abhängigkeit sprachlicher Leistungen zu Arbeitsgedächtnisfunktionen (158) nachgewiesen werden und auch in dieser Studie lernten die Teilnehmer umso erfolgreicher, je besser die Arbeitsgedächtnisleistungen (unmittelbarer Abruf Wechsler Geschichte, s. Abb. 13) waren.

Eine Untersuchung von Seniow et al. (2008) konnte diese Zusammenhänge außerdem für Schlaganfallpatienten mit Aphasie belegen (188). Hierbei zeigten sich positive Korrelationen von visuell-räumlichen Arbeitsgedächtnisleistungen und Verbesserungen der sprachlichen Kommunikation, insbesondere der Benennleistungen und Leistungen des Sprachverständnisses, nach einem intensiven Sprachtraining (188).

Weitere Tests dieser Studie, wie die verzögerte Reproduktion der Wechsler Geschichte, verlangten lexikalisch-semantische Befähigungen und Konsolidierungsleistungen, die dem Langzeitgedächtnis zugerechnet werden. Hier zeigten sich Zusammenhänge der sprachlichen Trainingsleistungen und des exakten Wiederabrufs der zuvor gehörten Geschichte (s. Abb. 14) unserer älteren Teilnehmer.

Auch Schlaganfallpatienten profitieren von intakten Langzeitgedächtnis-Funktionen im Rehabilitationsprozess. So konnte die Studie von Goldenberg et al. (1994) nachweisen, dass Verbesserungen einer intensiven Sprachtherapie mit Langzeitgedächtnisleistungen (visuelles LZG) in Zusammenhang stehen (65).

➤ **Ergebnis: Tests zur Erfassung exekutiver Funktionen**

• **Wisconsin Card Sorting Test (WCST; 76)**

Exekutive Funktionen umfassen ein breites Spektrum kognitiver Prozesse, die bei der Initiation und Aufrechterhaltung einer reibungslosen Informationsverarbeitung des zentralen Nervensystems bedeutsam sind. Damit eingeschlossen sind Prozesse, die das Erlernen neuer Vokabeln sowie deren Abruf umfassen. Für die älteren gesunden Teilnehmer dieser Studie zeigte sich: Je besser die Leistungen im WCST (s. Abb. 15) waren und je weniger Zufallsfehler (s. Abb. 16) sie machten, desto erfolgreicher war das Vokabeltraining. So sind intakte exekutive Funktionen entscheidend für das erfolgreiche Gelingen eines Sprachtrainings.

Allerdings scheinen ältere gesunde Probanden im Vergleich zu jüngeren Probanden tendenziell schlechtere Leistungen der Exekutivfunktionen aufzuweisen (118). Daher empfahlen Loranger und Misiak (1960) schon früh eine Anpassung an die Bedürfnisse älterer Menschen (118) (z.B. in Therapiesituationen). Des Weiteren existieren Belege, die eine Einflussnahme exekutiver Dysfunktionen auf den Therapieverlauf von Patienten mit Aphasie, aufzeigen (166). Wenn Exekutivfunktionen besser erhalten sind, profitieren Patienten mit einer persistierenden Sprachstörung nachhaltiger von einem Sprachtraining (50; 30; 141). Allerdings konnte dies bislang nur für nicht-intensive Aphasie-therapien nachgewiesen werden (50; 30; 141). In einer neueren Untersuchung überprüften Yeung et al. (2009), ob Aphasiepatienten mittels Vorgabe einzelner Buchstaben Leistungssteigerungen des Wortabrufs erzielen können (226). Alle Patienten konnten diese Leistungen hierbei im Verlauf des Sprachtrainings steigern. Zwei Probanden gelang sogar eine Generalisierung, d.h. es wurden Verbesserungen auch auf Ebene nicht trainierter, jedoch phonologisch verwandter, Wörter erreicht (226). Dieser Effekt ist vermutlich durch die bessere inhibitorische Kontrolle der exekutiven Funktion beider Patienten erklärbar (226). Eine vergleichende Studie älterer Probanden mit und ohne Störungen exekutiver Funktionen ergab, dass Defizite exekutiver Funktionen mit

schlechteren verbalen Abrufleistungen einhergingen (35). Insgesamt haben kognitive Abrufleistungen einen entscheidenden Einfluss auf das Kommunikationsvermögen von Patienten mit Sprachstörungen (56). Zur Überprüfung exekutiver Funktionsleistungen bei Schlaganfallpatienten existieren verschiedene Verfahren, die allerdings beträchtliche Unterschiede in der Zuverlässigkeit, Gültigkeit und den sprachlichen Anforderungen aufweisen (98). Die Autoren Keil und Kaszniak (2002) fordern daher zur Verbesserung des Verständnisses der beteiligten Prozesse exekutiver Funktionen eine Neuüberarbeitung und Eingrenzung der Definition (98).

4.1.2 Diskussion: Kognitive Prädiktoren und Aphasien

Zusammenfassend besitzen damit einige der kognitiven Fähigkeiten gesunder älterer Probanden eine hohe Voraussagekraft für den Lernerfolg eines neuen Miniaturlexikons. Weitere Studien müssen zeigen, welchen Stellenwert diese kognitiven Basisleistungen für die Zuweisung von Patienten mit Aphasie zu sprachtherapeutischen Maßnahmen haben können, zumal Defizite nicht-verbaler kognitiver Fähigkeiten den Behandlungserfolg einer Sprachtherapie limitieren können. Schlaganfälle treten gehäuft bei älteren Menschen, wie der untersuchten Gruppe, auf (3; 175). Der prämorbid kognitive Status ist bei den älteren Patienten dabei nicht immer bekannt (91). Umgekehrt können auch unspezifische Effekte der Hirnschädigung bei den Patienten zu einer Reduktion der kognitiven Reserven und im Extremfall zu einer dementiellen Entwicklung führen (168). Von den etwa 200.000 Schlaganfallpatienten pro Jahr erleiden initial 30-40% der Patienten eine Aphasie (155; 30). Die höchsten Spontanrückbildungsraten von Sprachstörungen sind in den ersten 4 Wochen nach einem ischämischen Schlaganfall zu erwarten (3). Abgeschlossen ist die spontane Funktionserholung nach ca. 6-12 Monaten. Wenn der Allgemeinzustand des Patienten und neuropsychologische Faktoren es zulassen, wird ein frühzeitiger Beginn einer Sprachtherapie empfohlen (3). Die nachweisbare Wirksamkeit einer Sprachtherapie liegt bei einer Intensität von 5-10 Stunden pro Woche (18; 30). Für eine solche intensive Therapie ist die Intaktheit kognitiver Faktoren (s.o.) unabdingliche Voraussetzung.

Zusätzlich können weitere Begleitsymptome einer Aphasie nach einem Schlaganfall, die Therapie erschweren (88; 97). So tritt eine Depression nach einem solchen Akutereignis mit einer Häufigkeit von ca. 20-25% als Major- und in ca.10-20% der Fälle als Minor-

Variante auf (88). Depressionen nach einem Schlaganfall korrelieren positiv mit kognitiven Defiziten (97). Auch über neu aufgetretene Aufmerksamkeitsstörungen nach einem Schlaganfall mit erworbener Aphasie wird berichtet (133). Aufmerksamkeitstrainings konnten hierbei zur Verbesserung sprachlicher Leistungen innerhalb der Aphasie-therapie beitragen (192). Ebenso konnte bildmorphologisch die Teilnahme von an Aufmerksamkeits- und Arbeitsgedächtnisfunktionen beteiligten Arealen nach intensiver Sprachtherapie nachgewiesen werden (55). Insgesamt nimmt somit die Bedeutung anderer nicht-klassischer Sprachareale und damit verbundener neuronaler Prozesse der Plastizität für ein intensives Sprachtraining zu (104; 173).

Abschließend stellt ein höheres kognitives Leistungsniveau nach einem Schlaganfall ein bedeutendes Kriterium für die Rehabilitation und auch für die Wiedereingliederung am Arbeitsplatz dar (83). Entscheidende Indikatoren sind hierbei vor allem eine vorhandene Aufmerksamkeitskapazität und die Kommunikationsfähigkeit (167). Die ausgemachten kognitiven Prädiktoren dieser Studie zeigten, dass für ein erfolgreiches Vokabeltraining gesunder älterer Probanden neben intakten allgemein-sprachlichen Leistungen, verbalen assoziativen Fähigkeiten und Merkfähigkeitsleistungen für Geschichten, besonders auch gute exekutive Funktionen und Aufmerksamkeitsleistungen bestimmend sind. Zukünftige Studien müssen auf der Grundlage der Ergebnisse der gesunden Probanden und der wenigen Hinweise bereits gefundener Ergebnisse mit Aphasiepatienten jetzt gezielt kognitive Prädiktoren für eine zielgerichtete Aphasie-therapie bei Schlaganfallpatienten zeigen.

Für die empirisch fundierte Zuweisung von Patienten zu intensiven sprachtherapeutischen Interventionen mangelt es bisher jedoch an spezifischen Daten. Möglicherweise bietet das Sprachlernmodell an dieser Stelle ein geeignetes Instrumentarium für Patienten mit Aphasie. Nachfolgend werden hierzu einige Vor- und Nachteile des Wernicko-Programms erörtert.

4.2 Kritik

➤ Vor- und Nachteile des Sprachlernmodells

Das Sprachlernprogramm weist eine Anzahl an Limitationen auf (27). In das reduktionistische Paradigma werden nicht alle linguistischen Funktionen (z.B. Syntax, Gramma-

tik) einbezogen. Eine Priming-Studie konnte jedoch belegen, dass die Charakteristika des Lernens von Objektnamen mit Hilfe des Sprachlernprogramms dem Erstspracherwerb von Wörtern vergleichbar sind (32). Da im Training ausschließlich mit konkreten Nomina operiert wurde, wird nur ein Teilaspekt des Wortschatzes berücksichtigt. In Anlehnung an die erste Phase des Spracherwerbs werden die Wörter einzeln (gekoppelt mit einem visuellen Stimulus) nacheinander präsentiert (152).

Die hier vorliegende Zuordnung eines auditiven Reizes zu einem Objekt beschreibt nur eine unter vielen linguistischen Subfunktionen beim Spracherwerb.

Klinisch ist die Beherrschung einzelner Wörter jedoch vorrangig, da diesen im alltäglichen Sprachgebrauch ein höherer Stellenwert zugeschrieben wird als der Fähigkeit, Grammatik und Syntax korrekt zu verwenden (214). In Bezug auf aphasische Patienten ist demzufolge eine Kommunikation mit einem „Broca-Aphasiker“ (Leitsymptom: Agrammatismus = vereinfachte syntaktische Struktur und Aneinanderreihung von Inhaltswörtern) oftmals erfolgreicher als mit einem „Wernicke-Aphasiker“ (Leitsymptom: Paragrammatismus = grober grammatikalischer Satzbau erhalten; Ersatz von Inhaltswörtern durch phonematische Paraphrasen und Neologismen) (19; 205).

Das assoziative Lernmodell ist an aktuelle Lehrmeinungen bezüglich der Prozesse des Erstspracherwerbs angelehnt. Insbesondere betont es die statistische Co-Aktivierung von Wort und auditivem Stimulus. Ziel ist das Lernen assoziativer Verbindungen, ohne ein explizites Feedback zu verlangen (109; 26). Ein entscheidender Vorteil eines assoziativen Sprachlernmodells für den diagnostischen oder therapeutischen Ansatz ist die Forderung nach weniger hohen Aufmerksamkeitsleistungen als beispielsweise bei expliziten Modellen. Zusätzlich bietet das Lernparadigma den Vorteil, auch sprechbeeinträchtigte Patienten auf ihre Befähigung zum assoziativen Lernen zu überprüfen. Dies ist möglich, weil die Ergebnisse des produktiven Lernprozesses nicht verbal geäußert werden müssen.

4.3 Ausblick

Aufgrund des explorativen Studiencharakters gibt es verschiedene Anknüpfungspunkte an die vorliegende Untersuchung. Mittels einer großen Anzahl an neuropsychologischen Testungen konnten in dieser Studie Prädiktoren für ein erfolgreiches Vokalbeltraining älterer gesunder Probanden gefunden werden. Um aus der Gruppe der Prädiktoren die

besten Vorhersagen auch für Patienten mit Aphasien treffen zu können, wäre ein konfirmatorisches Studiendesign mit einem Probandenkollektiv von Schlaganfallpatienten denkbar. Ziel sollte zunächst die Verbesserung der Aussagekraft bereits gefundener kognitiver Prädiktoren sein. Zusätzlich müssen diese auf ihre Relevanz zur Vorhersage einer erfolgreichen Aphasietherapie überprüft werden. Interessant wird dabei der Vergleich zwischen den Populationen Gesunde vs. Patienten mit Aphasie (217; 30; s. Kap.4.2). Hierbei bieten vermutlich Tests, die komplexere sprachliche Aufgaben verlangen, keine Schnittmenge. Deshalb sollten auch nicht ausschließlich verbale kognitive Prädiktoren für ein erfolgreiches Sprachtraining ausfindig gemacht werden. Im Hinblick auf eine individuelle und maximal erfolgreiche Therapiegestaltung und Rehabilitation wird diesen Aspekten voraussichtlich ein immer größerer Stellenwert eingeräumt.

Bisherige Untersuchungen zeigen, dass eine Steigerung des Lernerfolges mit unterschiedlichen Maßnahmen erreicht werden kann. Hierzu zählt beispielsweise die schon erwähnte Erhöhung der Therapiefrequenz mit täglichen mehrstündigen Einheiten und einer hohen Wiederholungsrate des Sprachmaterials (massierte Übung). Die repetitiven Therapieeinheiten begünstigen dabei eine stabile Gedächtnisrepräsentation (142). Assoziative Ansätze eignen sich in diesem Zusammenhang besonders, um die synaptische Effizienz zu maximieren (17; 18). Auch die sogenannte „enriched environment“ verbesserte im Tierversuch das neuronale Outcome (127). Eine medikamentöse Unterstützung zur Verbesserung der Lernleistungen beim Wortlernen bieten Substanzen wie d-Amphetamin (104; 31; 29; 203; 24). Auch für Piracetam konnte nachgewiesen werden, dass es die Wirksamkeit einer aphasischen Übungsbehandlung begünstigen kann (69). Zusätzlich konnte eine Förderung kognitiver Funktionen durch regelmäßige physische Aktivitäten bei gesunden Probanden (z.B. Laufen) belegt werden (224). Eine Verbesserung der sprachlichen Leistungen bei Aphasietherapie konnte durch ein Aufmerksamkeitstraining erreicht werden (192). Die Einbindung von Stimulusmaterial in einen interaktiven Kontext hat im Vergleich zur einfachen passiven Stimulation einen positiven Effekt (92). Zur maximalen Steigerung des Lernerfolgs nach einem Schlaganfall sollten die oben genannten Maßnahmen Eingang in den therapeutischen Alltag finden. Für eine zielgerichtete Aphasietherapie ist zudem die Kenntnis kognitiver Prädiktoren eine unerlässliche Voraussetzung. Diese ausfindig zu machen, wird die Aufgabe zukünftiger Studien mit Aphasiepatienten sein.

5 Literaturverzeichnis

1. Aschenbrenner S, Tucha O, Lange KW (2000) Regensburger Wortflüssigkeitstest. Göttingen: Hogrefe
2. Atkinson RC, Shiffrin RM (1968) Human Memory: A proposed System and its Control Processes. In: Spence KW, Spence JT (eds.), 1968. *Advances in the Psychology of Learning and Motivation*. New York: Academic Press, 89-195
3. AWMF Leitlinien für Diagnostik und Therapie in der Neurologie. 3. überarb. Auflage 2005 u. 4. überarb. Auflage 2008; Stuttgart: Georg Thieme Verlag
4. Baddeley A (1994) Working memory: The Interface between Memory and Cognition. In Schacter DL & Tulving E (Hrsg.): *Memory Systems*. 1994. Cambridge: Bradford, 351-69
5. Baddeley A (1998 a) Working memory. *CR Acad Sci III*; 321 (2-3): 167-73
6. Baddeley A (1998 b) The central executive: a concept and some misconceptions. *J Int Neuropsychol Soc* 1998 Sept; 4 (5): 523-6
7. Baddeley A (2003) Working memory: looking back and looking forward. *Nat Rev Neurosci*. 2003 Oct; 4 (10):829-39
8. Baddeley A, Gathercole S, Papagno C (1998) The phonological loop as a language learning device. *Psychol Rev* 1998 Jan; 105 (1): 158-73
9. Basso A, Capitani E, Vignolo LA (1979) Influence of rehabilitation on language skills in aphasic patients: A controlled study. *Arch Neurol* 1979 Apr; 36 (4): 190-6
10. Basso A, Caporali A (2001) Aphasia therapy or the importance of being earnest. *Aphasiology* 15: 307-32
11. Basso A, Marangolo P, Piras F, Galluzzi C (2001) Acquisition of new words in normal subjects: a suggestion for the treatment of anomia. *Brain Lang* 77: 45-59
12. Bates JA, Malhotra AK (2002) Genetic factors and neurocognitive traits. *CNS Spectr* 2002 Apr; 7 (4): 274-80, 283-4
13. Benton AL (1996) *Der Benton-Test*. 7. Aufl. Dt. Bearbeitung von Benton Sivan A, Spreen O. Bern: Huber
14. Berger K (2001) Epidemiologie zerebrovaskulärer Erkrankungen. In: Hartmann A, Heiss WD: *Der Schlaganfall*. Darmstadt: Steinkopff Verlag

15. Berger M (2009) Psychische Erkrankungen: Klinik und Therapie. 3. Auflage. München: Urban und Fischer; S. 267
16. Bernard FA, Bullmore ET, Graham KS, Thompson SA, Hodges JR, Fletcher PC (2004) The hippocampal region is involved in successful recognition of both remote and recent famous faces. *NeuroImage* 22: 1704-14
17. Bhogal SK, Teasell RW, Foley NC, Speechley MR (2003 a) Rehabilitation of aphasia: more is better. *Top Stroke Rehabil* 2003 Summer; 10 (2): 66-76
18. Bhogal SK, Teasell RW, Speechley MR (2003 b) Intensity of aphasia therapy, impact on recovery. *Stroke* 34: 987-93
19. Bienik R (1993) Akute Aphasien. In: Springer L und Schrey-Dern D (1993) Akute Aphasien. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag
20. Birbaumer N, Schmidt RF (2003) Biologische Psychologie. 5., vollst. überarb. und erg. Aufl. Berlin [u.a.]: Springer; S. 685
21. Blanken G (1996) Materialien zur neurolinguistischen Aphasiediagnostik. Hofheim: NAT-Verlag
22. Bloom P (2001) Precis of How children learn the meanings of words. *Behav Brain Sci* 2001 Dec; 24 (6): 1095-103
23. Bramham CR, Alme MN, Bittins M, Kuipers SD, Nair RR, Pai B, Panja D, Schubert M, Soule J, Tiron A, Wibrand K (2009) The Arc of synaptic memory. *Exp Brain Res*. 2009 Aug 19.
24. Breitenstein C, Flöel A, Korsukewitz C, Wailke S, Bushuven S, Knecht S (2006) A shift of paradigm: from noradrenergic to dopaminergic modulation of learning? *J Neurol Sci* 2006 Oct 25; 248 (1-2): 42-7. Epub 2006 Jul 11
25. Breitenstein C, Jansen A, Deppe M, Foerster AF, Sommer J, Wolbers T, Knecht S (2005) Hippocampus activity differentiates good from poor learners of novel lexicon. *Neuroimage* 25: 958-968
26. Breitenstein C, Kamping S, Jansen A, Schomacher M, Knecht S (2004 a) Word learning can be achieved without feedback: implications for aphasia therapy. *Restor Neurol Neurosci* 2004; 22 (6): 445-58
27. Breitenstein C, Knecht S (2002) Development and validation of a language learning model for behavioural and functional-imaging studies. *J Neurosci Methods* 114: 173-179
28. Breitenstein C, Knecht S (2003) Spracherwerb und statistisches Lernen [Language acquisition and statistical learning]. *Nervenarzt* 74: 133-143

29. Breitenstein C, Korsukewitz C, Floel A, Kretschmar T, Diederich K, Knecht S (2006) Tonic dopaminergic stimulation impairs associative learning in healthy subjects. *Neuropsychopharmacology* 2006 Nov; 31 (11): 2552-64. Epub 2006 Jul 26
30. Breitenstein C, Kramer K, Meinzer M, Baumgärtner A, Flöel A, Knecht S (2008) Intensives Sprachtraining bei Aphasie. Einfluss kognitiver Faktoren. *Nervenarzt* 2008: 1-5
31. Breitenstein C, Wailke S, Bushuven S, Kamping S, Zwitserlood P, Ringelstein EB, Knecht S (2004 b) D-Amphetamin boosts language learning independent of its cardiovascular and motor arousing effects. *Neuropsychopharmacology* 2004 Sep; 29 (9): 1704-14
32. Breitenstein C, Zwitserlood P, de Vries MH, Feldhues C, Knecht S, Döbel C (2007) Five days versus a lifetime: Intense associative vocabulary training generates lexically integrated words. *Restorative Neurology and Neuroscience*. 2007; 25: 493-500
33. Brent MR, Cartwright TA (1996) Distributional regularity and phonotactic constraints are useful for segmentation. *Cognition* Oct-Nov; 61 (1-2): 93-125
34. Brent MR, Siskind JM (2001) The role of exposure to isolated words in early vocabulary development. *Cognition* Sep; 81 (2): B 33-44
35. Brooks BL, Weaver LE, Scialfa CT (2006) Does impaired executive functioning differentially impact verbal memory measures in older adults with suspected dementia? *Clin Neuropsychol* 2006 Jun; 20 (2): 230-42
36. Bühl A, Zöfel P (2002) SPSS 11 Einführung in die moderne Datenanalyse unter Windows. 8., überarbeitete und erweiterte Aufl. München: Pearson Studium; S. 292
37. Butters N, Soeldner C, Fedio P (1972) Comparisons of parietal and frontal lobe spatial deficits in man: Extrapersonal vs. personal (egocentric) space. *Perceptual and Motor Skills*; 34: 27-34
38. Castro-Alamancos MA, Calcagnotto ME (1999) Presynaptic long-term potentiation in corticothalamic synapses. *J Neurosci* 1999 Oct 15; 19 (20): 9090-7
39. CERAD Neuropsychologische Testbatterie. Boston Naming Test. Kurzform mit 15 Items.
40. Chebat DR, Chen JK, Schneider F, Ptito A, Kupers R, Ptito M (2007) Alterations in right posterior hippocampus in early blind individuals. *Neuroreport* 2007 Mar 5; 18 (4): 329-33

41. Cherney LR, Patterson JP, Raymer A, Frymark T, Schooling T (2008) Evidence-based systematic review: effects of intensity of treatment and constraint-induced language therapy for individuals with stroke-induced aphasia. *J Speech Lang Hear Res.* 2008 Oct; 51 (5): 1282-99
42. Davachi L (2004) The ensemble that plays together, stays together. *Hippocampus* 14: 1-3
43. de Keyser J, de Backer JP, Vauquelin G, Ebinger G (1990) The effect of aging on D1 dopamine receptors in human frontal cortex. *Brain Res* 1990 Oct 1; 528 (2): 308-10
44. DGN –Leitlinien Sprach- und Sprechstörungen überarbeitete Fassung von 2002.
45. Dijkstra T, Kempen G (1993) Einführung in die Psycholinguistik. 1. Aufl. Bern [u.a.]: Huber
46. Esser SK, Huber R, Massimini M, Peterson MJ, Ferrarelli F, Tononi G (2006) A direct demonstration of cortical LTP in humans: a combined TMS/EEG study. *Brain Res Bull.* 2006 Mar 15; 69(1): 86-94
47. Falkenstein M, Yordanova J, Kolev V (2006) Effects of aging on slowing of motor-response generation. *Int J Psychophysiol* 2006 Jan; 59 (1): 22-9. Epub 2005 Oct 27
48. Fearnley JM, Lees AJ (1991) Ageing and Parkinson`s disease: substantia nigra regional selectivity. *Brain* 1991; 114: 2283-2301
49. Fernandez MD, Cardebat D, Demonet JF, Joseph PA, Mazaux JM, Barat M, Allard M (2004) Functional MRI Follow-Up Study of Language Processes in Healthy Subjects and During Recovery in a Case of Aphasia. *Stroke* 2004 Sep; 35 (9): 2171-6. Epub 2004 Aug 5.
50. Fillingham JK, Sage K, Ralph MA (2005) Treatment of anomia using errorless versus errorful learning: are frontal executive skills and feedback important? *Int J Lang Commun Disord* 40 (4): 505-523
51. Floel A, Breitenstein C, Hummel F, Celnik P, Gingert C, Sawaki L, Knecht S, Cohen LG (2005 a) Dopaminergic influences on formation of a motor memory. *Ann. Neurol* 2005 Jul; 58 (1): 121-30
52. Floel A, Garraux G, Xu B, Breitenstein C, Knecht S, Herscovitch P, Cohen LG (2006) Levodopa increases memory encoding and dopamine release in the striatum in the elderly. *Neurobiol Aging* 2006; doi: 10.1016/j.neurobiolaging.2006.10.009

53. Floel A, Hummel F, Breitenstein C, Knecht S, Cohen LG (2005 b) Dopaminergic effects on encoding of a motor memory in chronic stroke. *Neurology* 2005 Aug 9; 65 (3): 472-74
54. Folstein MF, Folstein SE, McHugh PR (1975) Mini-Mental State: a practical method for grading the cognitive state of patients for the clinician. *J Psychiat Res* 1975; 12: 189-98
55. Fridriksson J, Moser D, Bonilha L, Morrow-Odom KL, Shaw H, Fridriksson A et al. (2007) Neural correlates of phonological and semantic-based anomia treatment in aphasia. *Neuropsychologia*; 45(8): 1812-22
56. Fridriksson J, Nettles C, Davis M, Morrow L, Montgomery A (2006) Functional communication and executive function in aphasia. *Clin Linguist Phon*; 20 (6): 401-10
57. Friederici AD (2006) Neurobiologische Grundlagen der Sprache. In: Karnath HO, Thier P (2006) *Neuropsychologie. 2. aktualisierte und erweiterte Auflage.* Berlin, Heidelberg: Springer
58. Friederici AD, Steinhauser K, Pfeifer E (2002) Brain signatures of artificial language processing: Evidence challenging the critical period hypothesis. *Proc Natl Acad Sci USA.* Jan 8; 99 (1): 529-34
59. Garagnani M, Shtyrov Y, Kujala T, Wennekers T, Pulvermüller F (2008) Neurocomputational and neurophysiological studies of brain interactions of language and attention., *Experimental Psychology Society Meeting - April 2008*: 52
60. Garagnani M, Wennekers T, Pulvermüller F (2006) A neuronal model of the language cortex, *Thirteenth Annual Meeting of the Cognitive Neuroscience Society*: 98
61. Garcia-Alloza M, Zaldúa N, Diez-Ariza M, Marcos B, Lasheras B, Javier Gil-Bea F, Ramirez MJ (2006) Effect of selective cholinergic denervation on the serotonergic system: implications for learning and memory. *J Neuropathol Exp Neurol* 2006 Nov; 65 (11): 1074-81
62. Garde E, Mortensen L, Krabbe K, Rostrup E, Larsson HB (2000) Relation between age-related decline in intelligence and cerebral white-matter hyperintensities in healthy octogenarians: a longitudinal study. *Lancet* 356: 628-34
63. Gazzaniga MS, Ivry RB, Mangun GR (2002) *Cognitive Neuroscience. The biology of the mind.* 2nd ed. New York: W.W. Norton & Company, Inc. S. 31; 52-61; S. 345
64. Gershkoff-Stowe A (2002) Object naming, vocabulary growth, and the development of word retrieval abilities. *J Mem Lang* 46: 665-87

65. Goldenberg G, Dettmers H, Grothe C, Spatt J (1994) Influence of linguistic and non-linguistic capacities on spontaneous recovery of aphasia and on success of language therapy. *Aphasiology* 1994; 8 (5): 443-56
66. Goldenberg G, Spatt J (1994) Influence of size and site of cerebral lesions on spontaneous recovery of aphasia and on success of language therapy. *Brain and Language* 1994; 47: 684-98
67. Gomez RL, Gerken LA (1999) Artificial grammar learning by 1-year-olds leads to specific and abstract knowledge. *Cognition* 70: 109-35
68. Goodsitt JV, Morgan JL, Kuhl PK (1993) Perceptual strategies in prelingual speech segmentation. *J Child Lang* 1993 Jun; 20 (2): 229-52
69. Gordon WC (1989) *Learning and memory*. Pacific Grove, California: Brooks/Cole Publishing Company
70. Greene AJ (2007) Human Hippocampal-Dependent Tasks: Is Awareness Necessary of Sufficient? *Hippocampus* 17: 429-33
71. Greener J, Enderby P, Whurr R (2000) Speech and language therapy for aphasia following stroke. *Cochrane Database Syst Rev* 2000; (2): CD000425
72. Greener J, Enderby P, Whurr R. Pharmacological treatment for aphasia following stroke. *Cochrane Database Syst Rev*. 2001; (4): CD000424
73. Grönholm-Nyman P, Rinne JO, Laine M (2009) Learning and forgetting new names and objects in MCI and AD. *Neuropsychologia*. 2009
74. Härting C, Markowitsch HJ, Neufeld H, Calabrese P, Dejerine J, Deisinger K, Kessler J (2000) *Wechsler Gedächtnistest- revidierte Fassung (WMS-R)*. Bern: Huber
75. Hautzinger M, Bailer M, Worall H, Keller F (1995) *Das Beck Depressions-Inventar (BDI), 2. überarb. Aufl.* Bern: Huber
76. Heaton RK (1981) *A Manual for the Wisconsin Card Sorting Test*. Odessa: Psychological Assessment Resources, Inc.
77. Hebb DO (1949) *The organization of behaviour: A neuropsychological theory*. New York: Wiley
78. Hedden T, Gabrieli J (2004) Insights into the ageing mind: a view from cognitive neuroscience in *Nature Reviews Neuroscience* 2004 Feb; 5 (2): 87-96
79. Heiss WD, Kessler J, Thiel A, Ghaemi M, Karbe H (1999) Differential capacity of left and right hemispheric areas for compensation of poststroke aphasia. *Ann Neurol*. 1999 Apr; 45 (4): 430-8

80. Helm-Estabrooks N, Bayles K, Ramage A, Bryant S (1995) Relationship between cognitive performance and aphasia severity, age and education: females versus males. *Brain Lang* 51(1): 139-41
81. Helmstaedter C, Lendt M, Lux S (2001) Verbaler Lern- und Merkfähigkeitstest (VLMT). Göttingen: Beltz
82. Hickok G und Poeppel D (2004) Dorsal and ventral streams: a framework for understanding aspects of the functional anatomy of language. *Cognition*. 2004 May-Jun; 92 (1-2): 67-99
83. Hofgren C, Björkdahl A, Esbjörnsson E, Stibrant-Sunnerhagen K (2007) Recovery after stroke: cognition, ADL function and return to work. *Acta Neurol Scand* 2007; 115: 73-80
84. Holland AL, Fromm DS, DeRuyter F et al. (1996) Treatment efficacy: aphasia. *J Speech Lang Hear Res* 41: 172-87
85. Huber W, Poeck K, Weniger D, Willmes K (1982) *Der Aachener Aphasietest*. Göttingen: Hogrefe
86. Huber W, Poeck K, Weniger D (1989) Aphasie. In: Poeck K (Hrsg.): *Klinische Neuropsychologie*. 2., neubearbeitete und erweiterte Auflage. Stuttgart [u.a.]. Thieme. S. 89-137
87. Huber W, Willmes K, Poeck K, Van Vleymen B, Deberdt W (1997) Piracetam as an adjuvant to language therapy for aphasia: A randomized double-blind placebo-controlled pilot study. *Arch Phys Med Rehabil* 1997; 78: 245-250
88. Huff W, Streckel R, Sitzer M (2003) Poststroke Depression. Epidemiologie, Risikofaktoren und Auswirkungen auf den Verlauf des Schlaganfalls. *Nervenarzt* 74: 104-14
89. Iacoboni M, Wilson SM (2006) Beyond a single area: motor control and language within a neural architecture encompassing Broca's area. *Cortex* 2006 May; 42 (4): 503-6
90. ICF-Praxisleitfaden: Empfehlungen der Bundesarbeitsgemeinschaft für Rehabilitation BAR, Dezember 2005
91. Jay TM (2003) Dopamine: a potential substrate for synaptic plasticity and memory mechanisms. *Prog Neurobiol* 69: 375-90
92. Jenkins WM, Merzenich MM, Ochs MT, Allard T, Guic-Robles E (1990) Functional reorganization of primary somatosensory cortex in adult owl monkeys after behaviourally controlled tactile stimulation. *J Neurophysiol* 1990; 63: 82-104

93. Kaasinen V, Vilkmann H, Hietala J, Nágrein K, Helenius H, Olsson H, Farde L, Rinne J (2000) Age-related dopamine D2/D3 receptor loss in extrastriatal regions of the human brain. *Neurobiology of Aging* 2000 Sep; 21 (5): 683-88
94. Kandel ER (2001) The molecular biology of memory storage: a dialogue between genes and synapses. *Science* 2 Nov; 294 (5544): 1030-38
95. Kaplan E, Goodglass H, Weintraub S, Segal O (1978). *Boston Naming Test*. Philadelphia: Lea & Febiger
96. Karow T, Lang-Roth R (2005) *Allgemeine und Spezielle Pharmakologie und Toxikologie*. S. 71
97. Kauhanen M, Korpelainen JT, Hiltunen P, Brusin E, Mononen H, Maatta R et al. (1999) Poststroke depression correlates with cognitive impairment and neurological deficits. *Stroke* 30 (9): 1875-80
98. Keil K, Kaszniak AW (2002) Examining executive function in individuals with brain injury: A review. *Aphasiology* 2002; 16 (3): 305-35
99. Kersten AW, Earles JL (2001) Less really is more for adults learning a miniature artificial language. *J Mem Lang* 44: 250-73
100. Kessler J, Denzler P, Markowitsch HJ (1999) *Demenztest. Eine Testbatterie zur Erfassung kognitiver Beeinträchtigungen im Alter. 2., überarb. Aufl.* Göttingen: Beltz Test GmbH
101. Kessler J, Markowitsch HJ, Denzler P (1990) *Der Mini-Mental-Status Test*. Weinheim: Beltz-Test-Verlag
102. Kim JJ, Kim MS, Lee JS, Lee DS, Lee MC; Kwon JS (2002) Dissociation of working memory processing associated with native and second languages: PET investigation. *Neuroimage* 2002 Apr; 15 (4): 879-91
103. Knecht S (2006) Optionen der medikamentösen Behandlung kognitiver Störungen. In: Karnath HO, Hartje W, Ziegler W (2006) *Kognitive Neurologie*. Thieme Verlag. Stuttgart
104. Knecht S, Breitenstein C, Bushuven S, Wailke S, Kamping S, Flöel A, Zwitserlood P, Ringelstein EB (2004) Levodopa: faster and better word learning in normal humans. *Ann Neurol* 2004 Jul; 56 (1): 20-26
105. Knecht S, Dräger B, Flöel A, Lohmann H, Breitenstein C, Deppe M, Henningsen H, Ringelstein EB (2001) Behavioral relevance of atypical language lateralization in healthy subjects. *Brain* 2001 Aug; 124 (8): 1657-65

106. Knowlton BJ, Squire LR (1997) Artificial grammar learning depends on implicit acquisition of both abstract and exemplar-specific information. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn* 22: 169-81
107. Koch JW, Baronti F, Hürlimann U (2007) Neurorehabilitation nach Hirnschlag: Alter ist kein limitierender Faktor. *Schweizerische Ärztezeitung*. 2007; 88 (12): 531-34
108. Korsukewitz C, Breitenstein C, Schomacher M, Knecht S (2006) Pharmakologische Zusatzbehandlung in der Aphasietherapie Status quo und Perspektiven. *Nervenarzt* 2006 Apr; 77 (4): 403-15
109. Kuhl PK (2000) A new view of language acquisition. *Proc Natl Acad Sci USA*; 97: 11850-57
110. Kuhl PK (2004) Early Language Acquisition: Cracking The Speech Code. *Nat Rev Neurosci* 2004 Nov; 5 (11): 831-43
111. Lai CS, Fisher SE, Hurst JA, Vargha-Khadem F, Monaco AP (2001) A fork-head-domain gene is mutated in a severe speech and language disorder. *Nature* 2001 Oct 4; 413 (6855): 465-6
112. Lai CS, Fisher SE, Hurst JA, Levy ER, Hodgson S, Fox M, Jeremiah S, Povey S, Jamison DC, Green ED, Vargha-Khadem F, Monaco AP (2000) The SPCH1 region on human 7q31: genomic characterization of the critical interval and localization of translocations associated with speech and language disorder. *Am J Hum Genet* 2000 Aug; 67 (2): 278-81
113. Laux L, Glanzmann P, Schaffer P, Spielerberger CD (1981) *Das State-Trait-Angstinventar (STAI)*. Weinheim: Beltz
114. Lesak MD (1995) *Neuropsychological Assessment*. 3rd ed. New York: Oxford University Press
115. Leśniak M, Bak T, Czepiel W, Seniów J, Członkowska A (2008) Frequency and prognostic value of cognitive disorders in stroke patients. *Dement Geriatr Cogn Disord*. 2008; 26 (4): 356-63
116. Liepert J, Uhde I, Gräf S, Leidner O, Weiller C (2001) Motor cortex plasticity during forced-use therapy in stroke patients: a preliminary study. *J Neurol* 248: 315-21
117. Lincoln NB, Mulley GP, Jones AC, McGuirk E, Lendrem W, Mitchell JRA (1984) Effectiveness of speech therapy of aphasic stroke patients. *Lancet* 1: 1197-200

118. Loranger AW, Misiak H (1960) The performance of aged females on five non-language tests of intellectual functions. *Journal of Clinical Psychology* 1970; 16: 189-91
119. Lüllmann H, Mohr K (1999) *Pharmakologie und Toxikologie: Arzneimittelwirkungen verstehen – Medikamente gezielt einsetzen*. 14. komplett überarb. und neugestaltete Aufl. Stuttgart, New York: Thieme S. 85
120. Luo Y, Roth GS (2000) The roles of dopamine oxidative stress and dopamine receptor signalling in aging and age-related neurodegeneration. *Antioxid. Redox Signal* 2000; 2: 449-60
121. Lutz L (1997) *MODAK. Modalitätenaktivierung in der Aphasietherapie*. Berlin, Heidelberg: Springer
122. Manns JR, Hopkins RO, Reed JM, Kitchener EG, Squire LR (2003) Recognition Memory and the Human Hippocampus. *Neuron* 2003; 37: 171-80
123. Manns JR Hopkins RO, Squire LR (2003) Semantic Memory and the Human Hippocampus. *Neuron* 2003; 38: 127-33
124. Mansueti L, de Frias CM, Bub D, Dixon RA (2008) Exploring Cognitive Effects of Self Reported Mild Stroke in Older Adults: Selective but Robust Effects on Story Memory. *Aging, Neuropsychology and Cognition* 15: 545-73
125. Marini C, Triggiani L, Cimini N, Ciancarelli I, De Santis F, Russo T, Baldassarre M, di Orio F, Carolei A (2001) Proportion of older people in the community as a predictor of increasing stroke incidence. *Neuroepidemiology* 20: 91-95
126. Martin PI, Naeser MA, Ho M, et al. (2009) Overt naming fMRI pre- and post-TMS: Two nonfluent aphasia patients, with and without improved naming post-TMS. *Brain Lang.* 2009 Oct; 111(1): 20-35
127. Mattsson B, Sørensen JC, Zimmer J, Johansson BB (1997) Neural grafting to experimental neocortical infarcts improves behavioural outcome and reduces thalamic atrophy in rats housed in enriched but not standard environments. *Stroke* 1997 Jun; 28 (6): 1225-31; discussion 1231-2
128. Meinzer M, Elbert T, Wienbruch C, Djundja D, Barthel G, Rockstroh (2004) Intensive language training enhances brain plasticity in chronic aphasia. *BMC Biology* 2004; 2: 20
129. Meinzer M, Fleisch T, Breitenstein C, Wienbruch C, Elbert T, Rockstroh B (2007) Functional re-recruitment of dysfunctional brain area predicts language recovery in chronic aphasia. *Neuroimage* 2007; 39: 2038-46

130. Menke R, Meinzer M, Kugel H, Deppe M, Baumgärtner A, Schiffbauer H, Thomas M, Kramer K, Lohmann H, Flöel A, Knecht S, Breitenstein C (2009) Imaging short- and long-term training success in chronic aphasia. *BMC Neurosci.* 2009 Sep 22; 10: 118
131. Milner B (1971) Interhemispheric differences in the localization of psychological process in man. *British Bulletin* 27: 272-7
132. Mourik M van, Verschaeve M, Boon P et al. (1992) Cognition in global aphasia: indicators for therapy. *Aphasiology* 6 (5): 491-99
133. Murray LL (2002) Attention deficits in aphasia: presence, nature, assessment, and treatment. *Semin Speech Lang*; 23 (2): 107-16
134. Nakayama H, Jorgensen HS, Raaschou HO, Olsen TS (1994) The influence of age on stroke outcome. The Copenhagen Stroke Study. *Stroke* 1994; 25: 808-13
135. Neininger B, Pulvermüller F (2003) Word-category specific deficits after lesions in the right hemisphere. *Neuropsychologia* 2003; 41 (1): 53-70
136. Nelson HE (1976) A modified card sorting test sensitive to frontal lobe defects. *Cortex* 1976; 12: 313-24
137. Neubert C, Rüffer N, Zeh-Hau M (1992) *Neurolinguistische Aphasietherapie. Teil 1: Lexikalisch-semantische Störungen.* Hofheim: NAT-Verlag
138. Neubert C, Rüffer N, Zeh-Hau M (1994) *Neurolinguistische Aphasietherapie. Teil 3: Lexikalisch-phonematische Störungen.* Hofheim: NAT-Verlag
139. Neubert C, Rüffer N, Zeh-Hau M (1995) *Neurolinguistische Aphasietherapie. Teil 2: Agrammatismus.* 2. neubearb. und erweiterte Aufl. Hofheim: NAT-Verlag
140. Newman R, Ratner NB, Jusczyk AM, Jusczyk PW, Dow KA (2006) Infants' early ability to segment the conversational speech signal predicts later language development: retrospective analysis. *Dev Psychol* 2006 Jul; 42 (4): 643-55
141. Nicholas M, Sinotte M, Helm-Estabrooks N (2005) Effect of executive function impairments in people with severe aphasia. *Aphasiology*; 19 (10/11): 1052-65
142. Ofen-Noy N, Dudai Y, Karni A (2003) Skill learning in mirror reading: how repetition determines acquisition. *Brain Res Cogn Brain Res.* 2003 Jul; 17 (2): 507-21
143. Oldfield RC (1971) The assessment and analysis of handedness: The Edinburgh inventory. *Neuropsychologia* 1971; 9: 97-113

144. Opitz B, Friederici AD (2004) Brain Correlates of Language Learning: The Neuronal Dissociation of Rule-Based versus Similarity-Based Learning. *The Journal of Neuroscience* 2004 Sep 29; 24 (39): 8436-40
145. Osterrieth PA (1944) Le test de copie d'une figure complexe. *Arch Psych* 1944: 206-356 Watson, Clark et al., 1988 (Rey 1941, übersetzt durch Corwin und Bylsma 1993)
146. Oswald WD, Fleischmann UM (1995) Nürnberger-Alters-Inventar (NAI), 3. überarb. und ergänzte Aufl. Göttingen: Hogrefe
147. Pedersen PM, Jorgensen HS, Nakayama H, Raaschou HO, Olsen TS (1995) Aphasia in acute stroke: incidence, determinants, and recovery. *Ann Neurol* 38: 659-66
148. Peltonen M, Stegmayr B, Asplund K (1998) Time trends in long-term survival after stroke: the Northern Sweden Multinational Monitoring of Trends and Determinants in Cardiovascular Disease (MONICA) study, 1985-1994. *Stroke* 29: 1358-65
149. Perani D, Paulesu E, Galles NS, Dupoux E, Dehaene S, Bettinardi V, Cappa SF, Fazio F, Mehler J (1998) The bilingual brain: Proficiency and age of acquisition of the second language. *Brain* 121: 1841-52
150. Perani D, Abutalebi J, Paulesu E, Brambati PS, Cappa SF, Fazio F (2003) The role of age of acquisition and language usage in early, high-proficient bilinguals: an fMRI study during verbal fluency. *Hum Brain Mapp* 19: 170-82
151. Perani D, Cappa SF, Tettamanti M, Rosa M, Scifo P, Miozzo A, Basso A, Fazio F (2003 b) A fMRI study of word retrieval in aphasia. *Brain Lang* 85: 357-68
152. Pitchford NJ, Funnell E, Ellis AW, Green SH, Chapman S (1997) Recovery of spoken language processing in a 6-year-old child following a left hemisphere stroke: a longitudinal study. *Aphasiology* 11: 83-102
153. Poeck K (1982) *Klinische Neuropsychologie*. Stuttgart: Thieme
154. Poeck K, Huber W, Willmes K, (1989) Outcome of intensive language treatment in aphasia: *Journal of Speech and Hearing Disorders* 1989 Aug; 54: 471-79
155. Poeck K, Hacke W (2006) *Neurologie*. 12. Aufl. Springer Medizin Verlag Heidelberg; S. 97, 165-215
156. Poeppel D, Hickok G (2004) Towards a new functional anatomy of language. *Cognition*. 2004 May-Jun; 92 (1-2): 1-12

157. Poldrack RA, Packard MG (2003) Competition among multiple memory systems: converging evidence from animal and human brain studies. *Neuropsychologia*. 2003; 41 (3): 245-51
158. Prat CS, Keller TA, Just MA (2007) Individual Differences in Sentence Comprehension: A Functional Magnetic Resonance Imaging Investigation of Syntactic and Lexical Processing Demands. *J Cogn Neurosci* 2007 Dezember; 19 (12): 1950-63
159. Preuth N (2003) Die Lokalisationsproblematik in der linguistischen Aphasie. In: Bülow E (Hrsg.) Die Lokalisationsproblematik in der linguistischen Aphasie. *Klinische Linguistik*. Bd. 8. Münster, [u.a.]: Lit Verlag
160. Price CJ (2000) The anatomy of language: contributions of functional neuroimaging. *J Anat* 2000 Oct; 197 (Pt 3): 335-59
161. Pulvermüller F (1996 a) Hebb`s concept of cell assemblies and the psychophysiology of word processing. *Psychophysiology* 1996 Jul; 33 (4): 317-33
162. Pulvermüller F (1996 b) Neurobiologie der Sprache: gehirntheorietische Überlegungen und empirische Befunde zur Sprachverarbeitung. Lengerich [u.a.]: Pabst 1996 (*Psychologia universalis*; N.R., Bd.1)
163. Pulvermüller F, Hauk O, Zohsel K, Neininger B, Mohr B (2005) Therapy-related reorganization of language in both hemispheres of patients with chronic aphasia. *NeuroImage* 2005; 28: 481-9
164. Pulvermüller F, Mohr B (1996) The concept of transcortical cell assemblies: a key to the understanding of cortical lateralization and interhemispheric interaction. *Neurosci Biobehav Rev*. 1996 Winter; 20 (4): 557-66
165. Pulvermüller F, Neininger B, Elbert T, Mohr B, Rockstroh B, Koebbel P, Taub E (2001) Constraint-induced therapy of chronic aphasia after stroke. *Stroke* 32: 1621-6
166. Purdy M (2002) Executive function ability in persons with aphasia. *Aphasiology* 2002; 16 (4/5/6): 549-57
167. Ramsing S, Blomstrand C, Sullivan M (1991) Prognostic factors for return to work in stroke patients with aphasia. *Aphasiology* 1991; 5 (6): 583-8
168. Rasquin SM, Lodder J, Ponds RW, Winkens I, Jolles J, Verhey FR (2004) Cognitive functioning after stroke: a one-year follow-up study. *Dement Geriatr Cogn Disord* 18 (2): 138-144
169. Reichert H (2000) *Neurobiologie*. 2., neubearbeitete Auflage. Stuttgart, New York. Thieme: S. 230-236

170. Reitan RM (1958) Validity of the trailmaking test as an indication of organic brain damage. *Perceptual and Motor Skills* 8: 271-6
171. Reitan RM (1992) *Trail Making for Adults*. Arizona: Reitan Lab.
172. Resnick SM, Pham DL, Kraut MA, Zonderman AB, Davatzikos C (2003) Longitudinal magnetic resonance imaging studies of older adults: a shrinking brain. *J Neurosci* 2003 Apr 15; 23 (8): 3295-301
173. Richardson MP, Strange BA, Duncan JS, Dolan RJ (2003) Preserved verbal memory function in left medial temporal pathology involves reorganisation of function to right medial temporal lobe. *Neuroimage* 20 Nov; Suppl. 1: 112-19
174. Ringelstein EB, Grond M, Busse O (2005) Time is Brain –Competence is Brain. Die Weiterentwicklung des Stroke-Unit-Konzeptes in Europa. *Akt Neurol* 2005; 32: 314-17
175. Ringelstein EB, Nabavi DG (2007) Der ischämische Schlaganfall: Eine praxisorientierte Darstellung von Pathophysiologie, Diagnostik und Therapie. In: Brandt Th, Hohlfeld R, Noth J, Reichmann H (Hrsg.) *Klinische Neurologie*. Stuttgart: Kohlhammer
176. Rosenzweig ES, Barnes CA (2003) Impact of aging on hippocampal function: plasticity, network dynamics, and cognition. *Prog Neurobiol* 69: 143-79
177. Saffran JR, Newport EL, Aslin RN, Tunick RA, Barrueco S (1997) Incidental language learning: listening (and learning) out of the corner or your ear. *Psychol Sci* 8: 101-5
178. Saffran JR (2001) Words in the sea of sounds: the output of infant statistical learning. *Cognition* 2001 Sep; 81 (2): 149-69
179. Salin PA, Malenka RC, Nicoll RA (1996) Cyclic AMP mediates a presynaptic form of LTP at cerebellar parallel fiber synapses. *Neuron* 1996 Apr; 16 (4):797-803
180. Satzger W, Hampel H, Padberg F, Bürger K, Nolde Th, Ingrassia G, Engel RR (2001) Zur praktischen Anwendung der CERAD-Testbatterie als neuropsychologisches Demenzscreening.
181. Saur D, Lange R, Baumgaertner A, Schraknepper V, Willmes K, Rijntjes M, et al. Dynamics of language reorganization after stroke. *Brain* 2006; 129: 1371-84.
182. Schacter DL, Buckner RL (1998) Priming and the brain. *Neuron* 20: 185-95

183. Schäbitz WR, Sommer C, Zodor W, Kiessling M, Schwaninger M, Schwab S (2000) Intravenous brain-derived neurotrophic factor reduces infarct size and counterregulates Bax and Bcl-2 expression after temporary focal cerebral ischemia. *Stroke* 31: 2212-17
184. Schandry R (2003) *Biologische Psychologie*. 1. Aufl. Weinheim, Basel, Berlin: Beltz, Psychologie-Verl.-Union; S. 37; S.94; S. 506; S. 511; S. 518-526
185. Scheidtmann K, Fries W, Müller F, Koenig E (2001) Effect of levodopa in combination with physiotherapy on functional motor recovery after stroke: a prospective, randomised, double-blind study. *The Lancet* 2001 Sep 8; 358 (9284): 787-90
186. Schlenck C, Schlenck KJ, Springer L (1995) *Die Behandlung des schweren Agrammatismus*. Stuttgart: Thieme
187. Scott S, Blank C, Rose S, Wise R; (2000) Identification of a pathway for intelligible speech in the left temporal lobe. *Brain* 2000 Apr; 123: 2400-6
188. Seniów J, Litwin M, Leśniak M (2009) The relationship between non-linguistic cognitive deficits and language recovery in patients with aphasia. *J Neurol Sci* 2009 Aug; 283 (1-2): 91-4
189. Setola P, Reilly RG (2005) Words in the brain`s language: an experimental investigation. *Brain Lang* 2005 Sep; 94 (3):251-9.
190. Sharp DJ, Scott SK, Wise RJS (2004) Retrieving meaning after temporal lobe infarction: The role of the basal language area. *Ann Neurol* 2004; 56: 836-46
191. Shiffrin RM, Nosofsky RM (1994) Seven plus or minus two: a commentary on capacity limitations. *Psychol. Rev.* 1994 Apr; 101 (2): 357-6
192. Sinotte M, Coelho CA (2007) Attention training for reading impairment in mild aphasia: a follow-up study. *NeuroRehabilitation*; 22 (4): 303-10
193. Snodgrass JG, Vanderwart M (1980) A standardized set of 260 pictures: norms for name agreement, image agreement, familiarity, and visual complexity. *J Exp Psychol [Hum Learn]* 1980; 6: 174-215
194. Solso RL (2005) *Kognitive Psychologie*. Heidelberg: Springer
195. Sparks RW, Holland AL (1976) Method: melodic intonation therapy for aphasia. *J Speech Hear Disord* 1976 Aug; 41 (3): 287-97
196. Springer L (1986) Erfahrungen mit Visual Action Therapy. In: Springer & Kattenbeck (Hrsg.): 205-28
197. Squire LR (1987) *Memory and Brain*. New York: Oxford University Press

198. Squire LR (1987-88) The organization and neural substrates of human memory. *Int J Neurol* 1987-88; 21-22: 218-22
199. Squire LR, Stark CEL, Clark RE (2004) The Medial Temporal Lobe. *Annu Rev Neurosci* 2004; 27: 279-306
200. Stark JA (1992-97) *Everyday Language Activities (ELA) Set 1-3*. Wien: Eigenverlag
201. Sweatt JD (2004) Hippocampal function in cognition. *Psychopharmacology (Berl)*. 2004 Jun; 174 (1): 99-110
202. Tatemichi TK, Desmond DW, Stern Y, Paik M, Sano M, Bagiella E (1994) Cognitive impairment after stroke: frequency, patterns, and relationship to functional abilities. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry* 1994; 57: 202-7
203. Taub E, Uswatte G, Elber T (2002) New treatments in neurorehabilitation founded on basic research. *Nat Rev Neurosci* 2002 Mar; 3 (3): 228-36
204. Terry RD (2000) Cell death or synaptic loss in Alzheimer disease. *J Neuropathol Exp Neurol*. 2000 Dec; 59 (12): 1118-9
205. Tesak J (1997) Einführung in die Aphasie. In: Springer L und Schrey-Dern D (1997) Einführung in die Aphasie. Stuttgart, New York: Georg Thieme Verlag
206. Tewes U (1991) *Hamburg- Wechsler Intelligenztest für Erwachsene Revision 1991 (HAWIE-R)*. Bern: Huber
207. *Todesursachenstatistik – Statistisches Bundesamt 2006*
208. Tregellas JR, Davalos DB, Rojas DC, Waldo MC, Gibson L, Wylie K, Du YP, Freedman R (2007) Increased hemodynamic response in the hippocampus, thalamus and prefrontal cortex during abnormal sensory gating in schizophrenia. *Schizophr Res*. 2007 May; 92 (1-3): 262-72. Epub 2007 Mar 2
209. Trepel M (1999) *Neuroanatomie: Struktur und Funktion*. 2., komplett überarb. Aufl. München; Jena: Urban und Fischer; S.2
210. Tully T, Bourchouladze R, Scott R, Tallmann J (2003) Targeting the CREB pathway for memory enhancers. *Nat Rev Drug Discov* 2003 Apr; 2 (4): 267-77
211. Tulving E, Markowitsch HJ (1998) Episodic and declarative memory: role of the hippocampus. *Hippocampus* 1998; 8 (3): 198-204
212. Tulving E, Schacter DL (1990) Priming and human memory systems. *Science* 247: 301-6

213. Turner AM, Greenough WT (1985) Differential rearing effects on rat visual cortex synapses. I. Synaptic and neuronal density and synapses per neuron: *Brain* 1985; 329: 195-203
214. van Lancker D (2001) Is your syntactic component really necessary? *Aphasiology* 15: 343-406
215. Vargha-Khadem F, Gadian DG, Watkins KE, Connelly A, Van Paesschen W, Mishkin M (1997) Differential effects of early hippocampal pathology on episodic and semantic memory. *Science* 277: 376-80
216. Wechsler D (1964) *Die Messung der Intelligenz Erwachsener* Bern: Huber.
217. Wedler K, Schomacher M, Baumgärtner A, Winter B, Dobel C, Abel S, Knecht S, Breitenstein C. Predicting the outcome of an intense anomia treatment in chronic stroke. Poster Monopoli, Italien 2007
218. Weiller C, Isensee C, Rijntjes M, Huber W, Müller S, Bier D, Dutschka K, Woods RP, Noth J, Diener HC (1995) Recovery from Wernicke's aphasia: a positron emission tomographic study. *Ann Neurol.* 1995 Jun; 37 (6):723-32.
219. Wertz RT (1993) Efficacy of various methods. In: Paradis (ed.) (1993); S. 61-75
220. Wertz RT (1995) Efficacy. In: Code & Müller (eds.) (1995); S. 309-39
221. Whitlock JR, Heynen AJ, Shuler MG, Bear MF (2006) Learning induces Long-Term Potentiation in the Hippocampus. *Science*; 313 (5790): 1093-97
222. Willis CS, Gathercole SE (2001) Phonological short-term memory contributions to sentence processing in young children. *Memory*; 9 (4): 349-363
223. Willmes K, Poeck K (1984) Ergebnisse einer multizentrischen Untersuchung über die Spontanprognose von Aphasien vaskulärer Ätiologie. *Nervenarzt* 1984; 55: 62-71
224. Winter B, Breitenstein C, Mooren FC, Voelker K, Fobker M, Lechtermann A, Krueger K, Fromme A, Korsukewitz C, Floel A, Knecht S (2007) High impact running improves learning. *Neurobiol Learn Mem.* 2007 May; 87 (4): 597-609
225. Wise RJ (2003) Language systems in normal and aphasic human subjects: functional imaging studies and inferences from animal studies. *Br Med Bull.* 2003; 65: 95-11
226. Yeung O, Law SP, Yau M (2009) Treatment generalization and executive control processes: Preliminary data from Chinese anomic individuals. *Int. J. Lang. Comm. Dis.* 2009; iFirst Article: 1-11

227. Ziegler W, Ackermann H, Goldenberg G, Huber W, Springer L, Willmes K (2006) Leitlinien aphasischer Störungen nach Schlaganfall. Deutsche Gesellschaft für Neurologie.

Danksagung

Meiner Doktormutter Frau PD Dr. rer. soc. Caterina Breitenstein und Herrn Prof. Dr. med. Stefan Knecht danke ich herzlich für die freundliche Überlassung dieser Arbeit. Des Weiteren möchte ich mich besonders bei PD Dr. rer. soc. Caterina Breitenstein für die erstklassige Betreuung und Unterstützung während aller Arbeitsphasen bedanken.

Herrn Dr. med. Stefan Bushuven danke ich für die Einführung in die neuropsychologischen Tests. Für Anregungen und Hilfestellung bei der Probandenrekrutierung möchte ich Herrn Dr. med. Christian Oelschläger danken.

Der gesamten Arbeitsgruppe danke ich für die freundliche Aufnahme und die kollegiale Arbeitsatmosphäre.

Mein besonderer Dank gilt allen Probanden, die sich bereit erklärt haben, an der Studie teilzunehmen.

Für die kritische Durchsicht meiner Arbeit möchte ich Herrn Dipl.-Betriebswirt Christian Marschner, Frau Nadine Preuth M.A., Frau Tanja Priestersbach, Herrn Prof. Dr. Reiner Kurzhals, Herrn Kai König M.A. und Herrn Dr. med. Tobias Warnecke herzlich danken.

Anhang

Protokoll

Datum:	Uhrzeit:
Versuchsname:	Bemerkungen:

(vorstehende Kästen nicht vom Probanden auszufüllen)

Proband

Nachname:	Vorname:
Geschlecht: <input type="checkbox"/> weiblich <input type="checkbox"/> männlich	Geburtsdatum: Alter: _____. _____. _____ Tag Monat Jahr
Adresse: _____ Straße PLZ Wohnort	Heimatadresse: _____ Straße PLZ Wohnort
Telefonnummer: Vorwahl: _____ /Nr.: _____	Telefonnummer Heimat: Vorwahl: _____ /Nr.: _____

Raucher: <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	seit wann : _____ Jahr	wie viel: _____ Anzahl /Tag		
Koffein: <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	wann zuletzt: (vor der Untersutun) _____ Jahr	wie viel: _____ Anzahl Tassen		
Medikamente: <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	welche: _____			
Drogen: <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	welche: _____	wann zuletzt: _____		
Alkohol: <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein	wann zuletzt: _____	welcher/ wie viel: _____ _____		
Befindlichkeit:				
	Gut	mittel	schlecht	
erholt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	erschöpft
entspannt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	aufgeregt
konzentriert	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	unkonzentriert

Händigkeit: rechts links

Händigkeit nach Edinburg Inventory (s. Anlage): _____ %

Lingshändigkeit in der Familie:Mutter ja fraglich neinVater ja fraglich nein

Geschwister

 weiblich ja fraglich nein ja fraglich nein ja fraglich nein männlich ja fraglich nein ja fraglich nein ja fraglich neinSonstiges/ Bemerkungen:
.....
.....**Sprachentwicklungsstörungen:**

Dyslalie

(Veränderungen der Sprachmelodie)

 ja fraglich nein

Dysgrammatismus

(Gestörte grammat. Verarbeitung)

 ja fraglich nein

Stottern

 ja fraglich nein

Poltern

 ja fraglich nein

weiteres:

_____ ja fraglich neinSonstiges/ Bemerkungen:
.....
.....

Perinatal-Anamnese: (Ereignisse während der Geburt)				
Traumata (Kopfverletzungen)	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> fraglich	<input type="checkbox"/> nein	
Asphyxie (Sauerstoffmangel)	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> fraglich	<input type="checkbox"/> nein	
Entzündungen	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> fraglich	<input type="checkbox"/> nein	
Kernikterus	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> fraglich	<input type="checkbox"/> nein	
Frühgeburt weiteres:	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> fraglich	<input type="checkbox"/> nein	
_____	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> fraglich	<input type="checkbox"/> nein	
_____	<input type="checkbox"/> ja	<input type="checkbox"/> fraglich	<input type="checkbox"/> nein	
Sonstiges/ Bemerkungen:				
.....				
.....				
Anahlt für situs inversus: <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein (spiegelverkehrte Anlage der Organe)				
Fußgrößendifferenz: <input type="checkbox"/> ja <input type="checkbox"/> nein welcher größer: L/ R (gleich/ mehr als eine Schuhgröße)				
Musische Aktivität:				
Musik	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> gelegentlich	<input type="checkbox"/> häufig	<input type="checkbox"/> professionell
Malen	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> gelegentlich	<input type="checkbox"/> häufig	<input type="checkbox"/> professionell
Bildhauerei	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> gelegentlich	<input type="checkbox"/> häufig	<input type="checkbox"/> professionell
weiteres:	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> gelegentlich	<input type="checkbox"/> häufig	<input type="checkbox"/> professionell
_____	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> gelegentlich	<input type="checkbox"/> häufig	<input type="checkbox"/> professionell
_____	<input type="checkbox"/> nein	<input type="checkbox"/> gelegentlich	<input type="checkbox"/> häufig	<input type="checkbox"/> professionell
Sonstiges/ Bemerkungen:				
.....				
.....				

Sprachen:

Fremdsprachen _____ Anzahl

Bemerkungen (welche, seit wann, wie gut)

.....
.....
.....
.....
.....
.....

Beruf/ Studienfach:

Hiermit willige ich als Proband zur Teilnahme der Studie ein, die Einwilligung kann ich jederzeit ohne Angabe von Gründen zurückziehen:

Unterschrift

ANAMNESEBOGEN

Probandencode: **KS-age** _____

Aufnahmedatum: _____ . _____ . _____ **durch:** _____

1. ZNS

Cerebral ischämische Insulte (Stroke, TIA, ...)	nein <input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/>
Zerebral hämorrhag Insulte (SAB, Epid Häm., ...)	nein <input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/>
Epilepsie	nein <input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/>
ZNS Tumoren	nein <input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/>
Kopfverletzungen mit Bewusstlosigkeit	nein <input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/>
Meningitis	nein <input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/>
Demenz	nein <input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/>
Enzephalitis	nein <input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/>
Erhebliche Retinopathie bei DM II	nein <input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/>
Innenohrschwerhörigkeit	nein <input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/>
Schizophrenie	nein <input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/>
Neurodegenerative Erkrankungen (M. Parkinson, MS, ALS, ...)	nein <input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/>
Neuropathien	nein <input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/>

2. CVS + Stoffwechsel

Mikroangiopathie	nein <input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/>
Schlecht eingestellter DM II	nein <input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/>
Hypertonie über 160 / 90 mmHG (ein Wert davon)	nein <input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/>
Angina Pectoris, HRST	nein <input type="checkbox"/>	ja <input type="checkbox"/>

3. ZNS gängige Medikamente

nein ja

Beta Blocker
Levodopa
Clonidin
Antidepressiva
Antiepileptika/ Antikonvulsiva
MAO Hemmer
SSRI
Benzodiazepine
Neuroleptika
Nootropika
Antiarrhythmika
Lithium
COMT Hemmer
Antihistaminica
Triptane

Vokabellernen im Alter

Studiencode: KS_AGE

Zielgruppe: 10 Probanden/ Probandinnen im Alter von 65 - +80 Jahren

Design: 25er Version der Kunstsprache (5 Blöcke an einem Tag)

Ausschlusskriterien:

1. ZNS

(Schlaganfall, TIA, SHT, Epilepsie, ZNS Tumor, Kopfverletzung mit Bewusstlosigkeit, Demenz, Meningitis, Enzephalitis, erhebliche Retinopathie, erhebliche Innenohrschwerhörigkeit, Schizophrenie, neurodegenerative Erkrankungen (M. Parkinson, MS, ALS, ...))

2. CVS + Stoffwechsel

(erhebliche Mikroangiopathie z.B.: bei IDDM, uneingestellte Stoffwechsell-entgleisung, Hypertonie über 160/100 mmHG)

3. ZNS-Gängige Medikamente

(Beta Blocker, Antikonvulsiva, Antidepressiva, MAO Hemmer, SSRI, Benzodiazepine, Neuroleptika)

Fragebogen zur Handpräferenz nach Oldfield

(Edinburgh Inventory)

Nachname:	Vorname:
Geburtsdatum:	Geschlecht:

Bitte kreuzen Sie bei den folgenden Tätigkeiten an, mit welcher Hand Sie diese bevorzugt ausüben. Die Tätigkeiten, bei denen Ihre Handpräferenz so stark ist, dass Sie sie normalerweise nie mit der anderen Hand ausführen würden, markieren Sie bitte mit zwei Kreuzen. Bei den Tätigkeiten, bei denen Sie keine Hand bevorzugen, kreuzen Sie bitte sowohl die rechte als auch die linke Hand an.

		Handbevorzugung	
		links	rechts
1	Schreiben		
2	Zeichnen		
3	Werfen		
4	Schneiden		
5	Zähneputzen		
6	Halten eines Messers (ohne Gabel)		
7	Halten eines Löffels		
8	Benutzen eines Besens (obere Hand)		
9	Anzünden eines Streichholzes		
10	Öffnen einer Schatel		
		L.Q.	

Testprotokoll

Audiometrisches Screening

Instruktion:

Im Folgenden hören Sie unterschiedliche Töne.

Bitte sagen Sie, wann Sie einen Ton hören!

	Frequenz:	Lautstärke	links	rechts
1.	-	0 dB		
2.	500 Hz	30 dB		
3.	-	0 dB		
4.	1000 Hz	30 dB		
5.	-	0 dB		
6.	2000 Hz	30 dB		
7.	3000 Hz	30 dB		
8.	4000 Hz	30 dB		
9.	-	0 dB		
10.	-	0 dB		
11.	-	0 dB		
12.	6000 Hz	30 dB		
13.	6000 Hz	30 dB		
14.	-	0 dB		
15.	4000 Hz	30 dB		
16.	-	0 dB		
17.	3000 Hz	30 dB		
18.	-	0 dB		
19.	-	0 dB		
20.	2000 Hz	30 dB		
21.	1000 Hz	30 dB		
22.	-	0 dB		
23.	500 Hz	30 dB		
24.	-	0 dB		

✓ = *gehört*
 ✗ = *nicht gehört*

Hörschädigung wahrscheinlich, wenn einmal 1000 Hz oder 2000 Hz nicht gehört wurde!

Hilfsmittel: Handaudiometer

Testprotokoll

Pitch discrimination

Instruktion:

Im Folgenden hören Sie jeweils zwei Töne.

Bitte sagen Sie, ob die Töne **gleich** oder **ungleich** sind!

Trial:	Lösung:	Reaktion Vpn:	Beurteilung:
01	100 / 400 Hz	U	
02	500 / 500 Hz	G	
03	200 / 300 Hz	U	
04	100 / 300 Hz	U	
05	400 / 400 Hz	G	
06	500 / 750 Hz	U	
07	200 / 200 Hz	G	
08	700 / 100 Hz	U	
09	200 / 750 Hz	U	
10	100 / 100 Hz	G	
			Insgesamt richtig:

U = ungleich

G = gleich

Testprotokoll

Duration discrimination

Instruktion:

Im Folgenden hören Sie jeweils zwei Töne.

Bitte sagen Sie, ob die Töne **gleich lang** oder **unterschiedlich lang** sind!

Trial:	Lösung:	Reaktion Vpn:	Beurteilung:
01	300 / 300 ms	U	
02	400 / 200 ms	G	
03	100 / 100 ms	U	
04	300 / 500 ms	U	
05	400 / 600 ms	G	
06	500 / 500 ms	U	
07	100 / 500 ms	G	
08	400 / 400 ms	U	
09	200 / 200 ms	U	
10	400 / 100 Hz	G	
			Insgesamt richtig:

U = unterschiedlich lang

G = gleich lang

Instruktion für das Vokabeltraining

In dieser Untersuchung wollen wir überprüfen, ob Probanden auch ohne Rückmeldung und ohne bewusste Erinnerungsstrategien eine Kunstsprache erlernen können. Dieses Vorgehen dient als Modell für den Wiedererwerb von Sprache nach einer Hirnschädigung.

Im Folgenden wird Ihnen jeweils ein Bild zusammen mit einem Pseudowort präsentiert. Sie sollen dann jeweils intuitiv entscheiden, ob das Pseudowort korrekt oder inkorrekt mit dem Bild gepaart ist. Wir sind uns darüber im Klaren, dass es Ihnen nicht leicht fallen wird, eine Entscheidung zu treffen. Wir möchten Sie dennoch bitten, jeweils **ganz spontan** mit „richtig“ oder „falsch“ zu antworten. Den „richtigen“ und „falschen“ Zuordnungen liegt ein kompliziertes Modell zugrunde, das wir Ihnen zum jetzigen Zeitpunkt nicht verraten dürfen. Auf jeden Fall ist dieses Modell so kompliziert, dass es niemand herausfinden kann. Wir möchten Sie deshalb bitten, sich auch nicht darauf zu konzentrieren, sondern sich ganz von Ihrem Gefühl leiten zu lassen.

Bitte drücken Sie mit der rechten/ linken Hand die rote (blaue) Taste, wenn die Zuordnung Ihrer Meinung nach richtig ist und die blaue (rote) Taste, wenn die Zuordnung falsch ist. Bitte denken Sie nicht lange über Ihre Antwort nach. Die Antwort wird vom Computer nur in dem Zeitintervall gespeichert, so lange wie das Bild auf dem Monitor dargeboten wird. Alle anderen Durchgänge gehen bei der Auswertung verloren.

Für Ihre Teilnahme an der Untersuchung erhalten Sie 8,- €/ pro Stunde.

Sie werden an diesem Trainingstag fünf Lerndurchgänge sowie einen Transferdurchgang absolvieren.