

Normierung einer neuropsychologischen Computertestbatterie zur Untersuchung von
Epilepsiepatienten

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

vorgelegt von: Alexander Reiner Höinghaus

aus: Hamm

Erscheinungsjahr: 2007

Angefertigt mit Genehmigung der
Medizinischen Fakultät der Universität Bonn

1. Gutachter: Prof. Dr. Christoph Helmstaedter
2. Gutachter: PD Dr. Kai-Uwe Kühn

Tag der Mündlichen Prüfung: 29.10.2007

Aus der Klinik für Epileptologie, Universitätsklinik Bonn

Prof. Dr. C. E. Elger

Diese Dissertation ist auf dem Hochschulschriftenserver der ULB Bonn

http://hss.ulb.uni-bonn.de/diss_online elektronisch publiziert

Inhaltsverzeichnis

I. Einleitung

II. Methoden

1. Normstichprobe
2. Klinisches Kollektiv
3. Neuropsychologische Computertestbatterie

3.1 Zahlenspanne

3.2 2-back-Test

3.3 Reaktionszeit

3.4 Wahlreaktion

3.5 Gedächtnis

3.6 Wortflüssigkeit

3.7 MWTB

4. Funktionen des Programms

5. Untersuchungsablauf

6. Statistische Auswertung

Berechnung der Normwerte

Überprüfung der a priori gewählten Altersgrenzen

Beschreibung der Messwertverteilung und Prüfung auf Normalverteilung

Ermittlung von Prozentrangnormen

Untersuchung der Interkorrelationen

Prüfung auf Geschlechtsunterschiede

Einfluss der Computererfahrung

Faktorenanalyse

6.2 Anwendung der Normwerte bei den klinischen Gruppen

III. Ergebnisse

1. Testdurchführung
2. Stichprobencharakteristika
3. Faktorenanalyse (PCA)

4. Untertestergebnisse

Zahlenspanne

2-back-Test

Reaktionszeit

Wahlreaktion

Gedächtnis

 Verbaler Abschnitt

 Figuraler Abschnitt

 Reaktionszeiten im verbalen und figuralen Abschnitt

Wortflüssigkeit

MWTB-B

5. Normwertprüfung an epileptologischer Patientenstichprobe

Stichprobencharakteristika

Qualitative Analyse anhand der Kategorienwerte

Quantitative Analyse anhand der Standardwerte

Einfaktorielle ANOVA

Kruskal-Wallis-Test

T-Test

IV. Diskussion

V. Anhang

VI. Zusammenfassung

VII. Literaturverzeichnis

VIII. Danksagung

IX. Lebenslauf

I. Einleitung

Epilepsie ist eine neurologische Erkrankung, welche durch episodenhafte Anfälle mit hypersynchronen, exzessiven neuronalen Entladungen charakterisiert ist (Aldenkamp und Arends, 2004; Bauer, 2002). Man unterscheidet fokale von ideopathischen Epilepsien. Fokale Epilepsien können sich über das ganze Gehirn ausbreiten und werden dann als sekundär generalisierte Epilepsien bezeichnet (Matthes und Schneble, 1999). Epilepsien können von neuropsychologischen Störungen wie z.B. der Störung der Merkfähigkeit, der komplexen Informationsverarbeitung und des Gedächtnisses sowie der Reduktion des psychomotorischen Tempos begleitet werden (Elger et al, 2004; Grote et al, 2001). Bei fokalen Epilepsien ist die Art der eventuell begleitenden Störung unmittelbar mit der Fokuslokalisation assoziiert (Grote et al, 2001; Matthes und Schneble, 1999). Die Möglichkeit des Fortschreitens der Erkrankung bis zur Persönlichkeitsveränderung (Buelow et al, 2001; Cramer et al, 2003) und Demenz wird kontrovers diskutiert (Helmstaedter und Elger, 1999).

Neben der Erkrankung selbst (Dikmen und Matthews, 1977) birgt auch ihre Therapie das Risiko kognitiver Leistungsminderung (McConnel und Duncan, 1998; Stefan, 1995; Kanner et al, 2001). Im Bereich der medikamentösen Therapie beobachtet man sowohl bei den klassischen AEDs (Carbamazepin, Benzodiazepine, Phenobarbital) negativ-kognitive Effekte (Aldenkamp und Bodde, 2005; Ortinski und Meador, 2004) als auch bei neueren AEDs wie z.B. Topiramate (Lee et al, 2006). Ebenso können epilepsiechirurgische Eingriffe trotz erreichter Anfallskontrolle zu postoperativer Leistungsminderung führen. Es besteht hier eine Korrelation zwischen Ausgangsleistung und postoperativem Leistungsstand. So ist nach dem Entfernen schon vorher geschädigten Gewebes (z.B. posttraumatisch) mit einer geringeren Leistungsminderung zu rechnen, als nach der Entfernung epileptogenen Gewebes, welches noch in aktive Prozesse eingebunden gewesen sein kann (Helmstaedter, 1999, 2004).

Bezüglich der Leistungserfassung bei Epilepsie hat sich über die Jahre ein gewisser Standard herauskristallisiert (Helmstaedter 1999; Billard et al, 2002a; Billard et al, 2002b; Letz, 2003). Hierzu zählen neben einer Intelligenzdiagnostik Tests zu materialspezifischen Gedächtnisfunktionen, Aufmerksamkeitstests, Tests zu Exekutivfunktionen und Tests zu Visuokonstruktion, Sprachfunktionen etc. (Grote et al,

2001; Helmstaedter, 1999). Da die neuropsychologische Diagnostik üblicherweise anhand von sehr ausführlicher Paper & Pencil-Tests durchgeführt wird, sind im Rahmen der neuropsychologischen Diagnostik bei Patienten mit Epilepsie in den vergangenen Jahren auch computerisierte Testbatterien entwickelt worden, um mehrere Aspekte der kognitiven Leistungsfähigkeit im Rahmen einer Testung zu prüfen. Beispiele für solche Batterien sind die FePsy (Batterie zur neuropsychologischen Testung), ANAM (Automated neuropsychological assessment metrics) und BREV bei Kindern (Batterie Rapide d'Evaluation de Fonctions Cognitives) (Aldencamp et al, 2005a; Billard et al, 2002a; Billard et al, 2002b; Helmstaedter, 1999).

Gegenstand der vorliegenden Arbeit ist die Normierung einer computerisierten Testbatterie zur Erfassung kognitiver Leistungen, genannt NeurocogFX. Sie wurde für Verlaufsuntersuchungen bei Epilepsiepatienten entwickelt. Die Frage der Wiederholungstestung ist allerdings nicht Thema dieser Arbeit. NeurocogFX soll theoretisch Leistungen auf dem Gebiet des Kurzzeitgedächtnisses, Arbeitsgedächtnisses, der psychomotorischen Geschwindigkeit, selektiven Aufmerksamkeit, des verbalen und figuralen Gedächtnisses sowie der Wortflüssigkeit erfassen. Die Testbatterie ist innerhalb einer halben Stunde bei geringem personellem Aufwand und objektiv durchführbar und sie soll in der seriellen Testung Anwendung finden. Somit kann sie zur Abschätzung von erkrankungs- oder therapiebedingten Leistungsveränderungen eingesetzt werden. Um die von den Patienten erbrachten Leistungen korrekt einschätzen und erkrankungs- oder therapiebedingte Leistungsveränderungen abschätzen zu können, ist das Vorliegen von Normwerten für Einzel und Wiederholungstestungen unverzichtbar.

Im Rahmen dieser Arbeit wurden die Leistungen von 134 gesunden Probanden im Alter zwischen 16 und 45 Jahren gemessen. Das Ziel dieser Arbeit ist die Berechnung von Normwerten für die entsprechenden Altersgruppen. Anhand dieser Normwerte soll es möglich sein, die von einem Patienten erbrachten Leistungen zu einem Leistungsprofil zusammenzufügen. Auf diesem Wege soll der Untersucher einen Überblick über den aktuellen Leistungsstand des Patienten erhalten. Um zu überprüfen, ob mit dem Verfahren bei Patienten mit Epilepsie neuropsychologische Defizite mittels dieser Normwerte erfasst werden können, wurden die Testleistungen von 18 Patienten mit fokalen Epilepsien anhand der berechneten Normwerte bewertet.

II. Methoden

Alle Patienten wurden ausführlich über Art und Zweck der Untersuchung aufgeklärt und willigten freiwillig in die Teilnahme ein.

1. Normstichprobe

Bei der Probandenauswahl wurde auf eine möglichst ausgeglichene Geschlechtsverteilung geachtet. Um eine möglichst repräsentative Normstichprobe zu erhalten, wurden Probanden ohne neurologisches Krankheitsbild von verschiedenen Krankenhausstationen ausgewählt. Das Kollektiv wurde in Probanden zwischen 16 und 30 Jahren (Gruppe 1) sowie 31 und 45 Jahren (Gruppe 2) geteilt.

Als Ausschlusskriterien galten neurologische oder psychiatrische Vorerkrankungen oder Schädel-Hirn-Traumata. Ein kindlicher Hirnschaden war auszuschließen. Die Einnahme psychotroper Substanzen in Form von z.B. Antidepressiva, Tranquillantien oder Neuroleptika sowie der Konsum von illegalen Drogen war Ausschlusskriterium.

Die Erfahrung im Umgang mit Computern von 66 Probanden wurde jeweils auf einer Vierpunktskala (keine, wenig, mäßig, viel Erfahrung) protokolliert.

82 Probanden wurden von dem Verfasser persönlich getestet. Die restlichen 52 Probanden wurden im Kontext anderer Fragestellungen erfasst, entsprachen aber den gleichen Kriterien.

2. Klinisches Kollektiv

Um die Anwendbarkeit der an der Normstichprobe erhobenen Normen zu prüfen, wurden Testprofile von Patienten mit symptomatischen, fokalen Epilepsien temporalen oder frontalen Ursprungs untersucht. Primär generalisierte Epilepsien sowie kryptogene Epilepsien waren Ausschlusskriterien. Die Lokalisationen der fokalen Anfälle wurden zu je einer rechtstemporalen (5 Patienten), linkstemporalen (8 Patienten) und frontalen (5 Patienten) Gruppe zusammengefasst. Das Alter der Patienten lag wie in der Normstichprobe zwischen 16 und 45 Jahren.

3. Neuropsychologische Computertestbatterie

Der NeuroCogFX ist eine computergesteuerte, neuropsychologische Testbatterie zur Messung kognitiver Funktionen. Der Test ist in sechs Untertests gegliedert (Zahlenspanne, 2-back-Test, einfache Reaktionszeit, Wahlreaktion, Gedächtnis und Wortflüssigkeit). Zum Abschätzen des prämorbidem Intelligenzniveaus wird der Mehrfachwahl-Wortschatztest Form B (MWTB) verwendet. Wortflüssigkeitstest und MWTB werden nicht am Computer sondern auf Papier durchgeführt und deren Werte von Hand eingegeben.

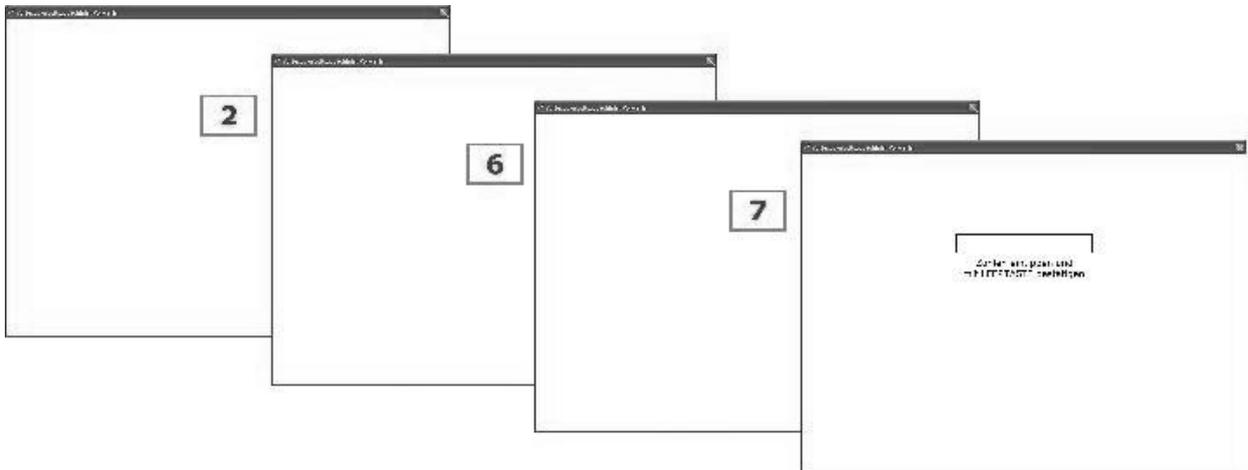
Die Ergebnisse der Untertests werden in einer Textdatei sowie in Form eines Testprotokolls (Windows-Bitmap, s. Abb.5) gespeichert.

3.1 Zahlenspanne

Es werden erst drei Ziffern in einem Zweisekundenabstand präsentiert, die anschließend von dem Probanden mittels der Zahlentasten der Tastatur korrekt eingegeben werden müssen (s. Abb. 1). Bei korrekter Eingabe werden vier Ziffern nacheinander präsentiert. Dies wiederholt sich bis zu einer Spanne von acht Ziffern. Sollte der Proband eine Zahlenreihe falsch eingeben präsentiert das Programm eine alternative Zahlenreihe von identischer Länge. Versagt der Proband zum zweiten Mal, ist dieser Untertest beendet. Erfolgt eine korrekte Eingabe, geht der Test weiter bis die letzte Spanne korrekt wiedergegeben wird oder der Proband zweimal hintereinander versagt. Dieser Untertest ist der einzige, in dem der Proband neben der Leertaste auch die Zifferntasten sowie im Falle einer Falscheingabe die „Löschen“ -Taste nutzen kann.

Zu Beginn des Testes erscheint ein blau unterlegtes Fenster mit den Testinstruktionen für den Probanden. Nach dem aufmerksamen Durchlesen kann der Proband über die Leertaste den Test starten.

Abbildung 1: Beispielhafte Bildschirmbilder für den Untertest „Zahlenspanne“

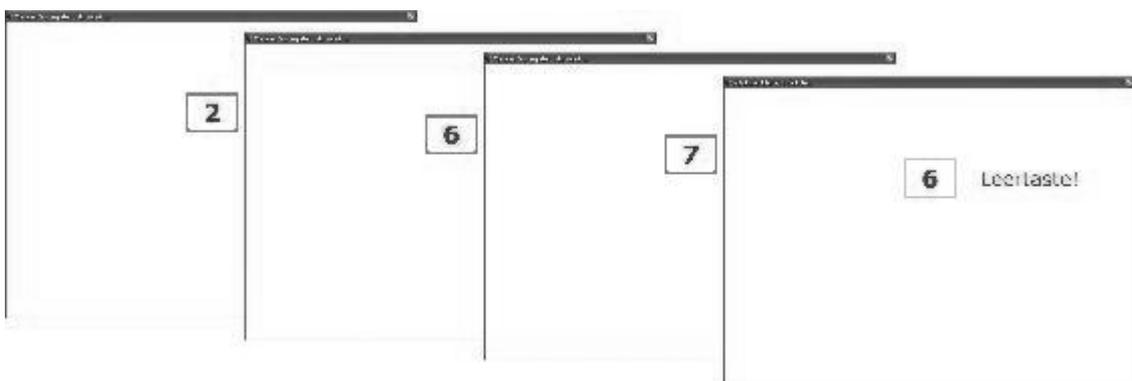


3.2 2-back-Test

In diesem Untertest sieht der Proband für circa 100 Sekunden im Zweisekudentakt je eine Zahl. Wenn die gerade auf dem Bildschirm gezeigte Zahl mit der jeweils Vorletzten übereinstimmt, soll der Proband mittels Leertaste alarmieren (s. Abb. 2). Bei falschem Drücken erfolgt eine kurze Meldung.

In dem sich zu Beginn öffnenden Instruktionsfenster kann der Proband das Verständnis des Untertestes noch mit einer Demonstration festigen. Der Test kann nicht gestartet werden, bevor die Demonstration gesehen wurde.

Abbildung 2: Beispielhafte Bildschirmbilder für den Untertest „2-back-Test“



3.3 Reaktionszeit

Der Proband startet den Untertest nach dem Lesen der Instruktionen. In ungleichmäßigen Abständen erscheint ein blauer Kreis auf dem Bildschirm. Bei Erscheinen muss der Proband schnellstmöglich die Leertaste drücken.

3.4 Wahlreaktion

Nach dem Lesen der Instruktionen und starten des Untertestes erscheint ein blauer oder gelber Kreis in unregelmäßigen Abständen auf dem Bildschirm. Der Proband soll nur bei dem blauen Kreis die Leertaste drücken. In der Mitte des Testes erscheint nochmals ein Instruktionsfenster. Nun muss der Proband bei gleichem Testprinzip nur bei Erscheinen des gelben Kreises alarmieren.

3.5 Gedächtnis

Auch dieser Test wird nach der Instruktion vom Probanden gestartet. Dieser Untertest ist in drei Untereinheiten gegliedert. Im ersten Abschnitt werden dem Probanden 12 Wörter in gleich schnellem Tempo dargeboten. Diese soll er sich einprägen. Im Anschluss werden ihm eine Vielzahl von Wörtern hintereinander gezeigt, wobei er jeweils dann die Leertaste betätigen soll, wenn er eines der zwölf Wörter, die es zu erlernen galt, wieder erkannt hat (s. Abb. 3). Dieser Abschnitt wird mit denselben zwölf Wörtern insgesamt dreimal durchlaufen.

Im zweiten Abschnitt werden dem Probanden hintereinander sieben Muster gezeigt, die er sich einprägen soll. Die Muster bestehen aus einem Quadrat, welches in neun kleine Quadrate unterteilt ist. Die Variationen der Muster entstehen durch die unterschiedliche Färbung der kleinen Quadrate in blau oder gelb. Nachdem sich der Proband die Muster eingeprägt hat, werden ihm hintereinander mehrere Muster gezeigt, wobei er jedes Mal alarmieren soll, wenn er ein Muster der sieben zu erlernenden wieder erkannt hat (s. Abb. 4).

Im letzten Abschnitt muss der Proband noch einmal die zwölf Wörter des ersten Abschnittes aus einer Abfolge verschiedener Wörter wiedererkennen, ohne diese nochmals lesen zu dürfen. Gleiches passiert im Anschluss mit den sieben Mustern des zweiten Abschnittes.

Abbildung 3: Beispielhafte Bildschirmbilder für den Untertest „Verbales Gedächtnis“

Beispielhafte Darstellung für den Einprägedurchlauf mit zwei der zwölf zu merkenden Wörter:



Beispielhafte Darstellung für den Abfragedurchlauf mit den o.g. zwei der zwölf zu merkenden Wörter:

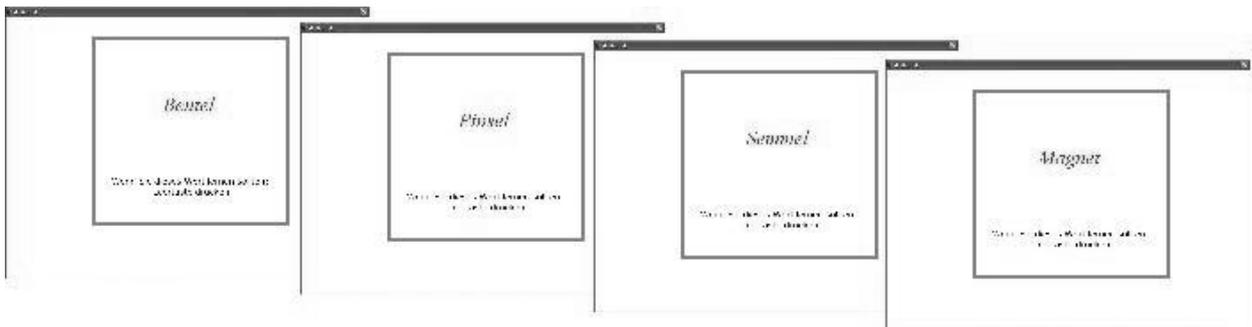
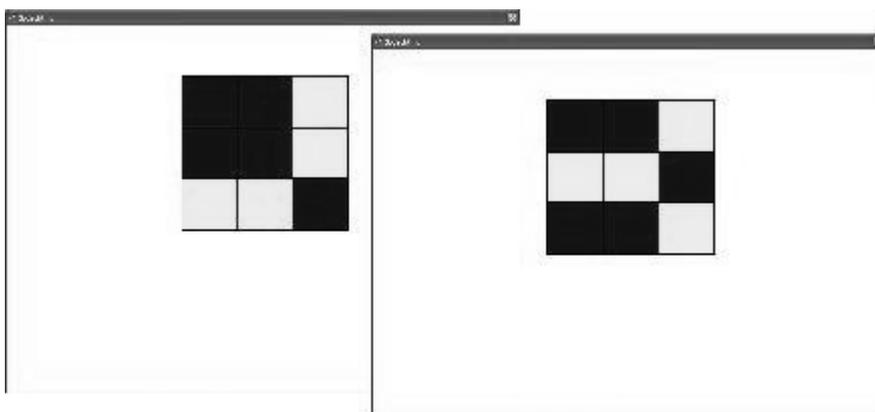
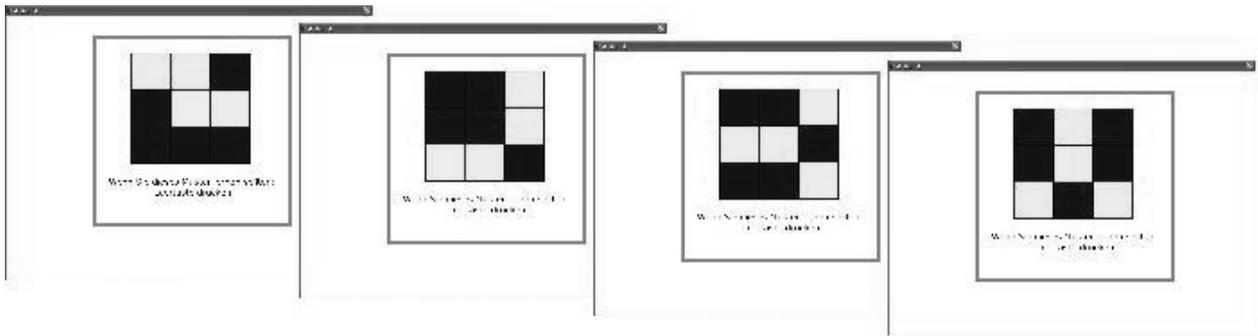


Abbildung 4: Beispielhafte Bildschirmbilder für den Untertest „Figurales Gedächtnis“

Beispielhafte Darstellung für den Einprägedurchlauf mit zwei der sieben zu merkenden Muster:



Beispielhafte Darstellung für den Abfragedurchlauf mit den o.g. zwei der sieben zu merkenden Muster:



3.6 Wortflüssigkeit

Dem Probanden wird ein Buchstabe präsentiert. Der Repräsentativität wegen ist dies immer der Buchstabe 'P'. In 60 Sekunden soll der Proband nun alle mit 'P' beginnenden Wörter, die ihm einfallen, aufschreiben. Die in dem Untertest als gültig geltenden Wörter werden im Rahmen der Instruktion kurz erläutert. Es werden alle Wörter gezählt, die der deutschen Sprache entstammen; einzige Ausnahme sind Deklinationen bzw. Konjugationen sowie Neologismen.

3.7 MWTB

Dieser Test wird nicht am Laptop sondern auf Papier absolviert. Der Proband muss 37 Zeilen mit je fünf Wörtern bearbeiten. Eines der fünf Wörter existiert, die anderen vier sind Neologismen. Es gilt das jeweils als richtig Erachtete durchzustreichen. Der Test ist so konzipiert, dass man nicht bis zur letzten Zeile vorstoßen soll. In diesem Falle soll der Proband raten. Es müssen alle Zeilen bearbeitet werden.

4. Funktionen des Programms

Das Programm misst während des Testablaufes verschiedene Parameter, die in den Archivdateien abgelegt sowie in einem Ergebnisdokument (Bmp-Format, s.Abb.5) gespeichert werden. Es werden die Probandeneckdaten codiert gespeichert (s.Tab.1), die Gesamtdauer des am Computer geleisteten Testabschnittes und verschiedene Werte der verschiedenen Untertests gemessen. Ist ein Untertest nicht durchführbar oder ein Mittelwert nicht berechenbar, so speichert das Programm dies als '-1' bzw. '-9999' in den Ergebnisdateien.

Bei der Zahlenspanne wurden die Punkte, die Fehler und die maximal erreichte Spanne gemessen. Bei dem 2-back-Test wurden die Punkte, die Fehler sowie die mittlere Reaktionszeit ermittelt. Bei der einfachen Reaktion wurde der Median der Reaktionszeit gemessen. Bei der Wahlreaktion wurden der Reaktionszeitmittelwert sowie die richtigen und falschen Leertastenbetätigungen gemessen. Die gleichen Parameter wurden auch in der Interferenz ermittelt. Im Bereich des Gedächtnisuntertestes wurden im verbalen sowie figuralen Abschnitt die richtigen und falschen Hits für alle drei Durchgänge sowie die Spätwiederholung im dritten Abschnitt des Gedächtnistestes erfasst. Es wurden für die richtigen und falschen Anschläge im figuralen sowie verbalen Bereich die Summe und die mittlere Reaktionszeit erfasst. Allen während der Testreihe gemessenen Werten sowie den im Rahmen der Normierung berechneten Werten wurden Variablen zugeordnet. Die bei der Normierung verwendeten Variablen sind in Tabelle 35 erörtert. Die Werte der "Paper and Pencil-Tests" (Wortflüssigkeit und MWTB) wurden von dem Testleiter eingegeben.

5. Untersuchungsablauf

Die Testung erfolgte an verschiedenen Orten am Laptop (Hewlett-Packard Omnibook XE3, Windows XP Professional). Es wurde auf ruhige Atmosphäre geachtet. Bei einem Vorgespräch wurden die Probanden über die Einhaltung des Datenschutzes und die Schweigepflicht des Testleiters informiert. Die Ausschlusskriterien wurden zusammen mit der Computererfahrung des Probanden anhand eines Fragebogens überprüft und protokolliert. Der Test wurde durch den Testleiter gestartet. In der sich öffnenden

Eingabemaske wurden die Probandenstammdaten (Name, Vorname, Geburtsdatum, Geschlecht, Händigkeit, Schulbildung sowie Beruf) eingegeben oder für eine Wiederholungstestung die entsprechenden Daten aus dem programmeigenen Archiv aufgerufen. Im Anschluss startete der Testleiter die Testreihe. Vor Beginn eines jeden Untertests erhielt der Proband von dem Programm die Instruktionen zur Durchführung, welche gegebenenfalls von dem Testleiter ergänzt werden konnten. Nach Absolvieren eines Untertests musste der Testleiter den jeweils nächsten starten. Die Reihenfolge wurde von dem Programm vorgegeben, dennoch konnte der Testleiter bei offensichtlichem Instruktionsmissverständnis von der Reihenfolge abweichen um einen Untertest neu zu starten.

Der kalkulierte Zeitraum für das Absolvieren der Testbatterie lag bei ca. 30 Minuten. Nach Durchlaufen der Testbatterie inklusive MWTB wurden die Ergebnisse gespeichert und der Proband entlassen.

6. Statistische Auswertung

Die statistischen Berechnungen wurden mit dem Programm SPSS für Windows, Version 11.1 durchgeführt.

6.1. Berechnung der Normwerte

Die Normwerte wurden anhand eines einheitlichen Schemas erstellt.

6.1.1 Überprüfung der a priori gewählten Altersgrenzen:

Um zu prüfen, ob innerhalb der zuvor gewählten Altersgruppen Unterschiede im Leistungsniveau vorhanden waren, wurde ein Mittelwertsvergleich (T-Test) durchgeführt. Hierfür wurden die Altersgruppen weiter aufgeteilt in die Alterssubgruppen 1a (16-23 Jahre), 1b (23-31 Jahre), 2a (31-38 Jahre) und 2b (38-45 Jahre).

6.1.2. Beschreibung der Messwertverteilung und Prüfung auf Normalverteilung:

Die Verteilungen der Variablen wurden anhand von Mittelwert, Median, Standardabweichung, Minimum, Maximum, Schiefe, Kurtosis und Prozenträngen beschrieben. Die Werte wurden in Tabellen dargestellt. Um die Verteilung der Messwerte auf Normalität zu prüfen, wurde ein Kolmogoroff-Smirnoff-Test (KS-Test) durchgeführt. In den Fällen, in denen keine Normalverteilung vorliegt, empfiehlt sich die Normierung der Variablen anhand von Prozenträngen anstelle von Standardwertnormen; letztere erlaubten hier keine Aussage über den prozentualen Anteil von Probanden, die einen bestimmten Normwert über- oder unterschritten.

6.1.3. Ermittlung von Prozentrangnormen

Um ein einheitliches Vorgehen auch für nicht normalverteilte Variablen zu ermöglichen, wurden für alle Variablen Perzentile angegeben. Diesen wurden entsprechend der Normalverteilung Standardwerte zugeordnet (Flächentransformation). Es wurden Werte unter dem Perzentil 0,03 als weit unterdurchschnittlich, bis zu dem Perzentil 0,16 als unterdurchschnittlich und zwischen den Perzentilen 0,16 und 0,84 als durchschnittlich klassifiziert. Werte über dem Perzentil 0,84 wurden als überdurchschnittlich und Werte über dem Perzentil 0,97 als weit überdurchschnittlich klassifiziert.

6.1.4. Untersuchung von Interkorrelationen

Interkorrelationen zwischen einzelnen Untertests wurden anhand des Korrelationskoeffizienten nach Pearson überprüft. Die Werte sind in Tabellen dargestellt, in denen die signifikanten Korrelationen durch Fettdruck hervorgehoben sind. Es wurden auch Korrelationen in den Variablen mit Alter sowie Intelligenz berechnet und auf Signifikanz geprüft.

6.1.5. Prüfung auf Geschlechtsunterschiede

Mit dem T-Test für unverbundene Stichproben wurde überprüft, ob es zwischen den Geschlechtern einen Leistungsunterschied in den Untertests gab.

6.1.6 Einfluss der Computerexpertise

Um zu prüfen, ob die Erfahrung im Umgang mit Computern Einfluss auf einzelne Testergebnisse hatte, wurde die partielle Korrelation zwischen der Computerexpertise und den einzelnen Untertestleistungen berechnet.

6.1.7 Faktorenanalyse

Zur Klärung der Faktorenstruktur von NeuroCogFX wurde eine Hauptkomponentenanalyse (Principal Component Analysis, PCA) mit anschließender Varimax-Rotation zur Erzielung einer Einfachstruktur durchgeführt. Nur Faktoren mit einem Eigenwert > 1 wurden extrahiert.

Die Analyse wurde über die Haupt-Ergebnisparameter der Untertests Ziffernspanne, Reaktionszeit, Wahlreaktionszeit I und II, 2-back-Test, Verbalgedächtnis, Figuralgedächtnis und Wortflüssigkeit gerechnet.

6.2 Anwendung der Normwerte bei den klinischen Gruppen

Die im Folgenden aufgeführten Untersuchungen sollten zeigen, inwieweit in den verschiedenen Untertests Leistungsunterschiede zwischen den klinischen Gruppen vorlagen. Das Alpha-Fehler-Niveau wurde durchgehend auf $p=0,05$ festgelegt.

1. Deskriptive Analyse: Den Rohwerten wurden anhand der Normwerte Perzentile, Standardwerte und Kategorien (weit unterdurchschnittlich, unterdurchschnittlich, durchschnittlich, überdurchschnittlich, weit überdurchschnittlich) zugeordnet, um die Häufigkeit unterdurchschnittlicher Untertestleistungen der einzelnen klinischen Gruppen darzustellen.
2. Gruppenvergleich: Der Vergleich der mittleren Standardwerte unter den klinischen Gruppen wurde mittels ANOVA und anschließender Einzelgruppenvergleiche mit Bonferoni-Korrektur durchgeführt. Aufgrund der geringen Stichprobengröße wurde zusätzlich ein Kruskal-Wallis-Test als nicht parametrischer Test durchgeführt. Hierbei erfolgte der Gruppenvergleich in den einzelnen Untertests anhand der mittleren Ränge innerhalb der Gruppen.
3. Vergleich mit dem Erwartungswert: Ein Einstichprobentest gegen 100 wurde durchgeführt, um das Abweichen der Standardwerte der klinischen Gruppen vom Durchschnitt des Normkollektivs zu prüfen

Abbildung 5: Beispiel für den Ergebnisdokumentationsbogen „NeuroCog FX“

NeuroCog FX

(C) 2003 by C. Hoppe

Name: N	Vorname: N		
Geb.Dat.: 26.07.67	W/M: 1	R/L/M: 1	Bildung: 6
Pat-ID:	Beruf: X		
Studie:	Test:	Dauer/min.: 26	
Testdatum: 25.08.03	Test-Nr.: 2	Gruppe: 1	

	Punkte / Fehler	Spanne	RZ
AG verb: vorwärts:	8	6	
2-back-Test:	10 / 0		596 ms
Einfache Reaktion:	RZ-Median (ms):	301	
Wahlreaktion:	RZ-Median (ms):	440	9 / 1 R / F
Interferenz:	RZ-Median (ms):	440	9 / 0 R / F

A	Wörter (N= 12)		Figuren (N= 7)	
	Hits / False Alarms		Hits / False Alarms	
Dg. 1	11	0	6	4
Dg. 2	12	0	5	4
Dg. 3	12	1	6	3
Delayed	12	0	7	3
Σ	47	1	24	14
RZ/ms	661	561	1001	1282

Wortflüssigkeit ("P"/1 min.):**Wortschatz (MWT-B):** RW: IQ:

Tabelle 1: Codierung der Probandeneckdaten durch „NeuroCog FX“ bei der Datenerhebung

Geschlecht:	0 = weiblich 1 = männlich	4 = Schüler: Realschule 5 = Schüler: Gymnasium 6 = Student 7 = kein Schulabschluss, keine Ausbildung 8 = Hauptschule ohne Ausbildung 9 = Hauptschule mit Ausbildung 10 = Mittlere Reife ohne Ausbildung 11 = Mittlere Reife mit Ausbildung 12 = Abitur ohne Ausbildung 13 = Abitur mit Ausbildung 14 = Abitur mit Studium 15 = Sonstige
Händigkeit:	0 = rechtshändig 1 = linkshändig 2 = beidhändig	
Gruppe:	0 = Patient 1 = Kontrolle	
Bildung:	1 = Schüler: Sonderschule 2 = Schüler: Grundschule 3 = Schüler: Hauptschule	

III. Ergebnisse

1. Testdurchführung

Die Testdauer der 16 bis 30-Jährigen lag zwischen 19 und 31 Minuten (Median: 23 Min.), die der 31 bis 45-Jährigen zwischen 21 und 33 Minuten (Median: 25 Min.). Vereinzelt traten bei den Probanden Instruktionsverständnisschwierigkeiten auf, welche durch einmaliges Erklären geklärt werden konnten. Schwerwiegende Verständnisprobleme, die einen Neustart eines Untertestes oder des gesamten Testes erfordert hätten, lagen nicht vor. Testabbrucher gab es nicht.

2. Stichprobencharakteristika

Die Normstichprobe umfasst 134 Probanden. Das Kollektiv wurde in Probanden zwischen 16 und 30 Jahren (Gruppe 1) sowie 31 und 45 Jahren (Gruppe 2) geteilt. Die Eigenschaften sind Tabelle 2 zu entnehmen.

Tabelle 2: Eigenschaften der Normstichprobe

	16-31 Jahre n=87	31-45 Jahre n=47		16-31 Jahre n=87	31-45 Jahre n=47
<u>Geschlecht:</u>					
Frauen	49 (56,3%)	23 (48,9%)	Mittlere Reife		
Männer	38 (43,7%)	24 (51,1%)	ohne Ausbildung	4 (4,6%)	- -
<u>Händigkeit:</u>			Mittlere Reife		
rechtshändig	77 (88,5%)	40 (85,1%)	mit Ausbildung	11 (12,6%)	11 (23,4%)
linkshändig	7 (8%)	3 (6,4%)	Abitur		
ambidexter	3 (3,4%)	4 (8,5%)	ohne Ausbildung	2 (2,3%)	- -
<u>Bildung:</u>			Abitur		
Schüler: Gymnasium	20 (23%)	- -	mit Ausbildung	6 (6,9%)	11 (23,4%)
Student	25 (28,7%)	- -	Abitur		
kein Schulabschluss, keine Ausbildung	- -	1 (2,1%)	mit Studium	12 (13,8%)	11 (23,4%)
Hauptschule			<u>IQ:</u>		
ohne Ausbildung	- -	4 (8,5%)	85-99	18 (20,7%)	8 (17%)
Hauptschule			100-115	48 (55,2%)	24 (51,1%)
mit Ausbildung	7 (8%)	9 (19,1%)	116-130	15 (17,2%)	9 (19,1%)
			131-145	6 (6,8%)	6 (12,7%)

3. Faktorenanalyse (PCA)

Die PCA ergab drei Faktoren, die insgesamt 63,8 der Gesamtvarianz erklären. Dargestellt werden die Ergebnisse nach erfolgter Varimax-Rotation. Faktor 1 enthält hohe Ladungen der Variablen Reaktionszeit und Wahlreaktionszeit I und II. Dieser Faktor klärt 23,8 % der Varianz auf und kann als „Reaktionszeit“-Faktor interpretiert werden. Der zweite Faktor (19,4 % Varianzaufklärung) enthält hohe Ladungen der Variablen Wortflüssigkeit, 2-back-Test diff und Zahlenspanne P sowie MWTB. Beschreibend kann er zunächst als „Arbeitsgedächtnis-/Wortflüssigkeitsfaktor“ interpretiert werden und ist offenbar vom bildungsabhängigen Intelligenzniveau abhängig. Faktor 3 (17,4 %) umfasst die Variablen Gedächtnis/v sum und Gedächtnis/f sum und wird als Faktor „Lernen und episodisches Gedächtnis“ interpretiert (s. Abb. 17).

4. Untertestergebnisse

Die Darstellung der Ergebnisse der Normierung für die einzelnen Untertests erfolgt nach dem in Kapitel II.6.1 beschriebenen einheitlichen Schema. Es ergab sich für keinen Untertest eine signifikante Abweichung vom Mittelwert unter den Alterssubgruppen. Eine weitere Altersgruppendifferenzierung zur Normierung erschien somit nicht notwendig.

Um eine schnelle Klassifikation der Testergebnisse und eine Zuordnung der Standardwerte und Prozentränge zu der entsprechenden Testleistung zu erhalten, dient die tabellarische Übersicht in Abbildung 18.

Die Bedeutung der einzelnen Variablen der verschiedenen Untertests ist in Tabelle 35 im Anhang erklärt.

4.1 Zahlenspanne

Die Verteilungen für die Variablen Zahlenspanne (Zahlenspanne) und Zahlenspannenpunktzahl (Zahlenspanne P) sind in Abbildung 6 für beide Gruppen dargestellt. Die Variablenverteilungen sind in beiden Gruppen, mit Ausnahme von Zahlenspanne P in Gruppe 2, nicht mit der Normalverteilungsannahme vereinbar (KS-

*Test: Gruppe1:*Zahlenspanne: $p=0,002$; Zahlenspanne P: $p=0,008$ bzw. *Gruppe2:* Zahlenspanne: $p=0,045$; Zahlenspanne P: $p=0,296$). Mittelwerte und Perzentile für die beiden Variablen sind in Tabelle 4 dargestellt. Die Cut-off-Werte für die Variablen sind in Tabelle 3 dargestellt.

Tabelle 3: Cut-off-Werte der Variablen Zahlenspanne und Zahlenspanne P

	16-30 Jahre:		31-45 Jahre:	
	Zahlen- spanne	Zahlen- spanne P	Zahlen- spanne	Zahlen- spanne P
Durchschnittlich	5-7	6-10	5-7	5-9
Unterdurchschnittlich	<5	<6	<5	<5
Weit unterdurchschnittlich	<4	<4	<3	<2

Die Art und Stärke der Untertestinterkorrelationen zeigt Tabelle 24. Signifikante Korrelationen zwischen den untersuchten Variablen und dem Alter zeigten sich nicht. Beide Variablen korrelieren signifikant mit dem Intelligenzquotienten (Zahlenspanne: $r=0,228$; $p=0,008$; Zahlenspanne P: $r=0,224$; $p=0,009$). Die Variablen „Zahlenspanne“ und „Zahlenspanne P“ korrelieren sehr hoch positiv (**Gruppe1:** $r=0,958$; $p=0,000$; **Gruppe2:** $r=0,954$; $p=0,000$). Aufgrund des hohen Zusammenhangs ist ein weiterer Informationsgewinn durch das Auswerten beider Variablen unwahrscheinlich. Der T-Test für unverbundene Stichproben zeigt bei den untersuchten Variablen keine signifikanten Unterschiede zwischen Männern und Frauen.

Abbildung 6: Übersicht über die Verteilung der Probandenleistungen im Untertest
Zahlenspanne.

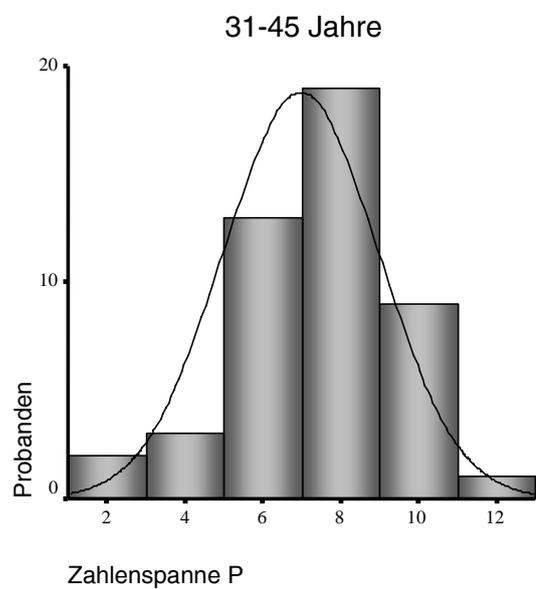
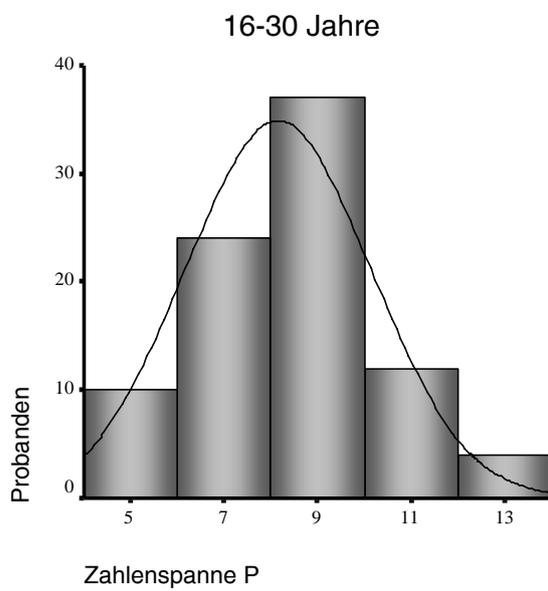
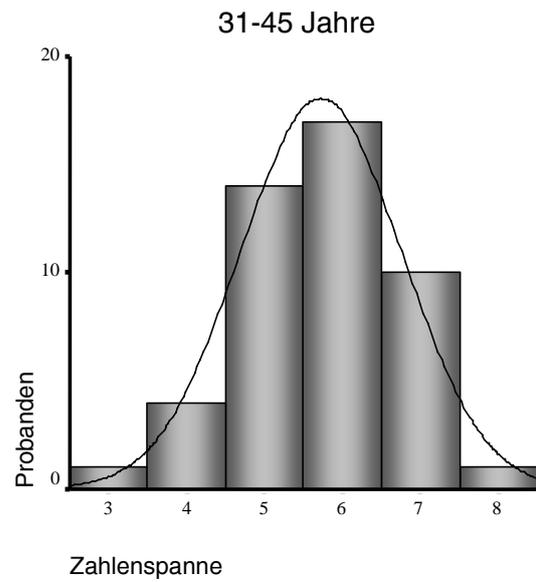
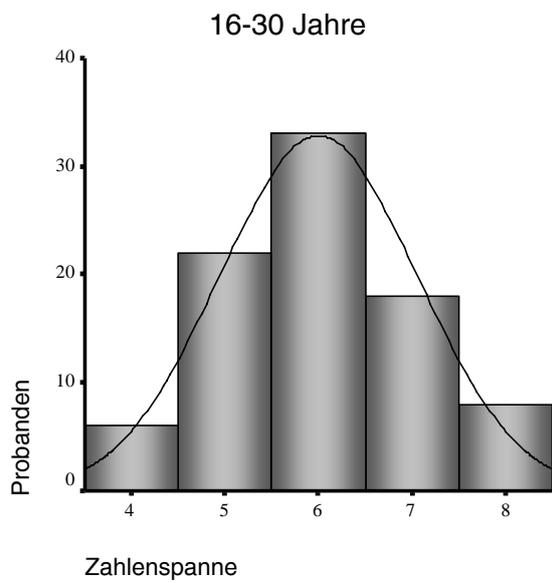


Tabelle 4: Standardwertnormen und Prozentränge der Variablen Zahlenspanne und Zahlenspanne P

	16-30 Jahre		31-45 Jahre	
	Zahlen- spanne	Zahlen- spanne P	Zahlen- spanne	Zahlen- spanne P
Mittelwert	6	7,7	5,7	7
Median	6	8	6	7
Standardabweichung	1,057	1,987	1,036	1,994
Schiefe	0,121	0,101	-0,265	-0,467
Kurtosis	-0,466	-0,273	-0,035	0,194
Perzentile				
	3	4	3	2
	10	5	4	4
Cut-off	16	5	5	5
	20	5	5	5
	30	5	5	6
	40	6	5	7
	50	6	6	7
	60	6	6	8
	70	7	6	8
	80	7	7	9
Cut-off	84	7	7	9
	90	7	7	9
	97	8	8	11

4.2 2-back-Test

In diesem Untertest werden die Reaktionszeit (2-back-Test T) sowie die richtigen und falschen Alarmierungen gemessen. Aus letzteren wird die Variable „2-back-Test Diff.“ errechnet, indem von den richtigen die falschen subtrahiert werden. Diese Variable sollte eine genauere Erfassung der Arbeitsgedächtnisleitung ermöglichen. Denn durch ein Alarmieren bei jeder Zahl kann sich fälschlicherweise ein zu hohes Ergebnis ergeben, das sich auf diese Weise relativieren lässt. Inwieweit die Reaktionszeit eine valide Leistungsaussage zulässt, ist fraglich, da in der Testinstruktion nicht ausdrücklich eine schnelle Reaktion gefordert wird. Die Verteilungen der Variable sind Abbildung 7 zu entnehmen. Nur die Verteilung der Variable „2-back-Test Diff.“ ist in keiner der Altersgruppen mit der Normalverteilungsannahme vereinbar (KS-Test: *Gruppe1: 2-back-Test Diff.:* $p=0,000$; *2-back-Test T:* $p=0,783$; *Gruppe2: 2-back-Test Diff.:* $p=0,023$; *2-back-Test T:* $p=0,44$). Die statistischen Maßzahlen sind in Tabelle 6 dargestellt. Die Cut-off Werte sind Tabelle 5 zu entnehmen.

Tabelle 5: Cut-off-Werte für die Variablen 2-back-Test T und 2-back-Test Diff.

	16-30 Jahre:		31-45 Jahre:	
	2-back-Test T(ms)	2-back-Test Diff.	2-back-Test T(ms)	2-back-Test Diff.
Durchschnittlich	386-659	7-10	459-831	6-10
Unterdurchschnittlich	>659	<7	>831	<6
Weit unterdurchschnittlich	>861	<3	>1033	<1

Die Art und Stärke der Untertestinterkorrelation zeigt Tabelle 25. Signifikante Korrelationen mit dem Alter zeigten sich nur für die Reaktionszeit ($r=0,367$; $p=0,000$). Eine signifikante Korrelation mit dem Intelligenzquotienten zeigte sich nicht. Wird die Reaktionszeit zur Normierung verwendet, ist das Alter zu berücksichtigen. Der T-Test für unverbundene Stichproben zeigt bei keiner der untersuchten Variablen einen signifikanten Leistungsunterschied zwischen Männern und Frauen.

Abbildung 7: Übersicht über die Verteilung der Probandenleistungen im 2-back-Test

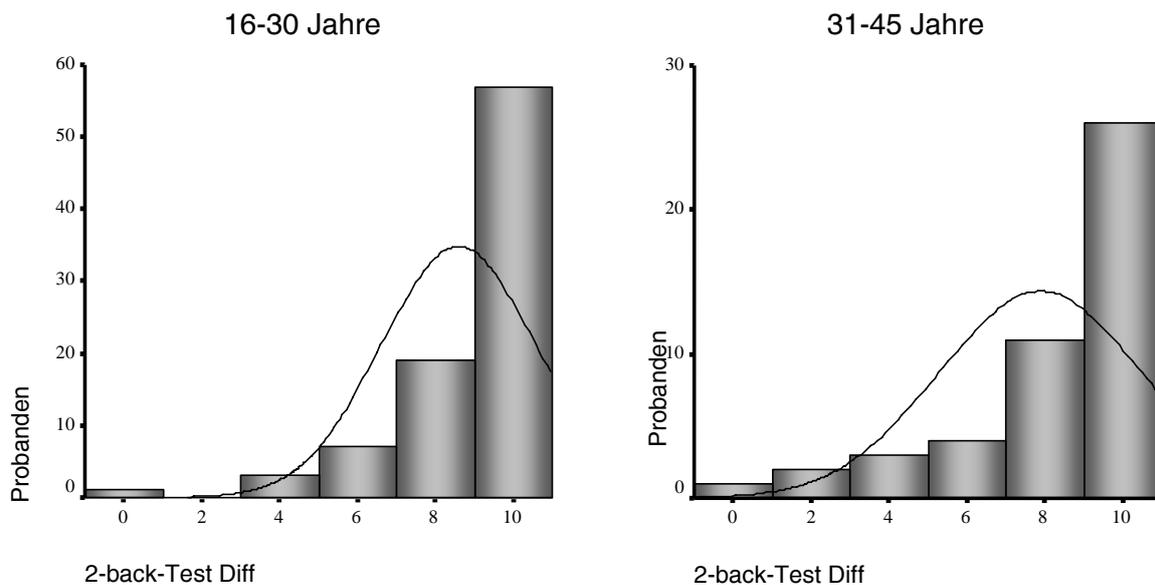


Tabelle 6: Standardwertnormen und Prozentränge der Variablen 2-back-Test T und 2-back-Test Diff.

		16-30 Jahre:		31-45 Jahre:	
		2-back-Test T	2-back-Test Diff.	2-back-Test T	2-back-Test Diff.
Mittelwert		530,78	8,59	642,04	7,89
Median		521	9	626	9
Standardabweichung		129,48	1,99	184,41	2,61
Schiefe		0,615	-1,902	0,431	-1,356
Kurtosis		0,439	4,038	-0,807	1,18
Minimum		312	0	366	0
Maximum		921	10	1062	10
Perzentile	3	861	3	1033	1
	10	719	5	914	3
Cut-off	16	659	7	831	6
	20	622	8	805	6
	30	577	8	774	7
	40	553	9	689	8
	50	521	9	626	9
	60	493	10	544	10
	70	469	10	500	10
	80	418	10	468	10
Cut-off	84	386	10	459	10
	90	351	10	428	10
	97	331	10	368	10

4.3 Reaktionszeit

Hier wird die einfache Reaktionszeit gemessen. Die Verteilungen der Variablen sind Abbildung 8 zu entnehmen. Die Verteilung von „Reaktionszeit“ ist nicht mit der Normalverteilungsannahme vereinbar (KS-Test: *Gruppe1*: $p=0,009$; *Gruppe2*: $p=0,013$). Die statistischen Maßzahlen sind in Tabelle 8 zu sehen. Die Cut-off Werte sind in Tabelle 7 aufgeführt.

Tabelle 7: Cut-off-Werte der Variablen Reaktionszeit

	16-30 Jahre:	31-45 Jahre:
	Reaktionszeit (ms)	Reaktionszeit (ms)
Durchschnittlich	219-296	231-354
Unterdurchschnittlich	>296	>354
Weit unterdurchschnittlich	>372	>510

Die Untertestinterkorrelationen sind Tabelle 26 zu entnehmen. Die einfache Reaktionszeit korreliert signifikant mit dem Alter ($r=0,201$; $p=0,02$). Es gibt keine signifikante Korrelation zwischen der Reaktionszeit und dem Intelligenzquotienten. Im T-Test für unverbundene Stichproben stellte sich für keine der untersuchten Variablen ein signifikanter Leistungsunterschied zwischen Männern und Frauen dar.

Abbildung 8: Übersicht über die Verteilung der Probandenleistungen im Untertest

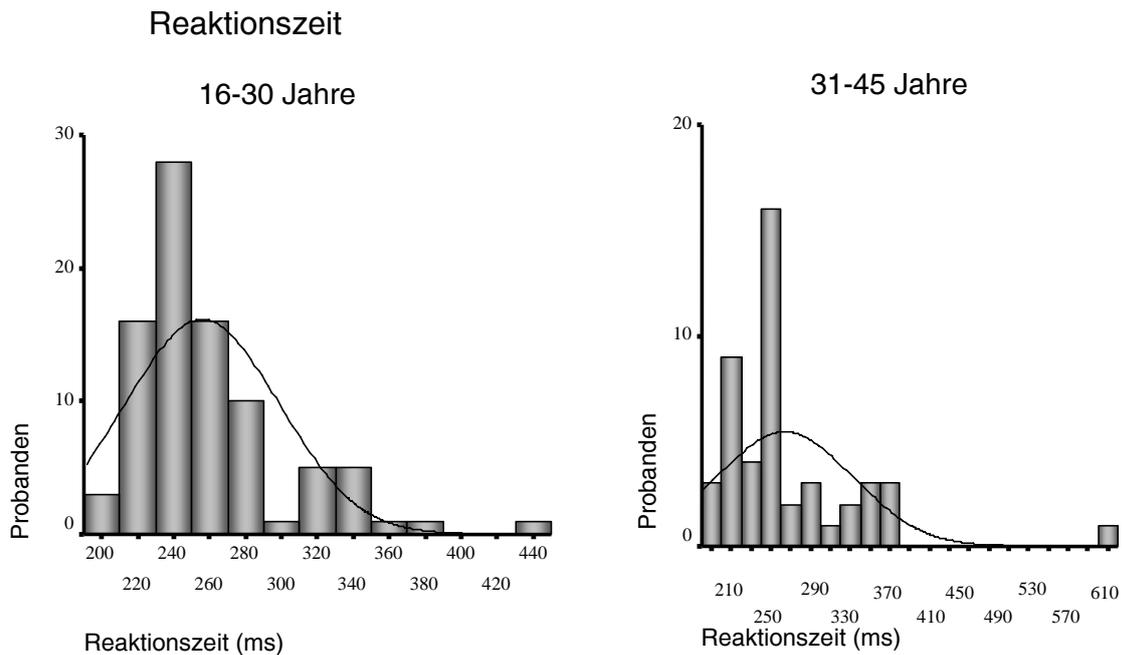


Tabelle 8: Standardwertnormen und Prozentränge der Variablen Reaktionszeit

	16-30 Jahre:	31-45 Jahre:		16-30 Jahre:	31-45 Jahre:
Mittelwert	255,82	283,68	Perzentile	3	372
Median	242	270		10	322
Standardabweichung	42,92	68,82	Cut-off	16	296
Schiefe	1,598	2,427		20	280
Kurtosis	2,985	8,794		30	265
Minimum	200	210		40	250
Maximum	430	601		50	242
				60	235
				70	231
				80	223
			Cut-off	84	219
				90	211
				97	204
					210

4.4 Wahlreaktion

In diesem Test werden die Reaktionszeit („Wahlreaktion1“) sowie die richtigen und falschen Anschläge gemessen. Die errechnete Differenz aus Richtigen und Falschen bildet die Variable „Wahlreaktion1 Diff.“. Sie sollte eine genauere Erfassung der erbrachten Leistung ermöglichen, da falsche Ergebnisse (z.B. durch permanentes Betätigen der Leertaste) relativiert werden können. Die Verteilungen für „Wahlreaktion1“ und „Wahlreaktion1 Diff.“ sind Abbildung 9 zu entnehmen. Im Gegensatz zu den Werten der Variablen „Wahlreaktion1 Diff.“ sind die Werte der Reaktionszeit mit der Normalverteilungsannahme vereinbar (KS_Test: *Gruppe1*: Wahlreaktion1: $p=0,094$; Wahlreaktion1 Diff.: $p=0,000$; *Gruppe2*: Wahlreaktion1: $p=0,921$; Wahlreaktion1 Diff.: $p=0,003$). Die statistischen Maßzahlen sind in Tabelle 10 aufgeführt. Die Cut-offs sind Tabelle 9 zu entnehmen.

Tabelle 9: Cut-off-Werte der Variablen Wahlreaktion1 und Wahlreaktion1 Diff.

	16-30 Jahre:		31-45 Jahre:	
	Wahlreaktion1 (ms)	Wahlreaktion1 Diff.	Wahlreaktion1 (ms)	Wahlreaktion1 Diff.
Durchschnittlich	305-391	8-10	321-427	8-10
Unterdurchschnittlich	>391	<8	>427	<8
Weit unterdurchschnittlich	>504	<7	>496	<6

Die Untertestinterkorrelationen sind in Tabelle 27 aufgeführt. Signifikante Korrelationen mit dem Alter zeigten sich in „Wahlreaktion1 Diff.“ ($r=-0,199$; $p=0,021$). Signifikante Korrelationen mit dem Intelligenzquotienten zeigten sich in „Wahlreaktion1“ ($r=-0,174$; $p=0,044$).

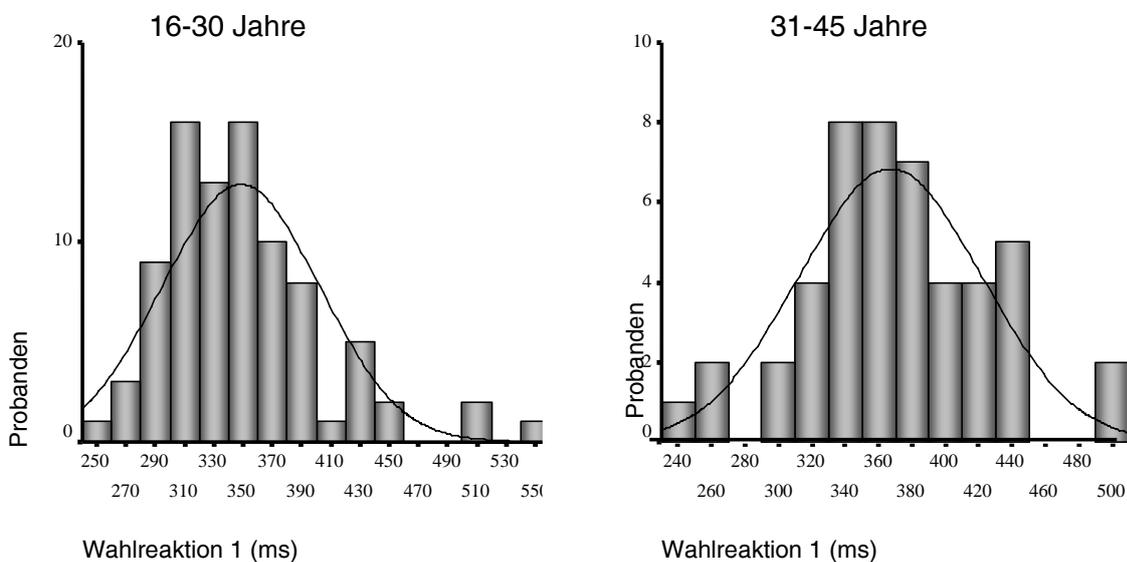
Der T-Test für unverbundene Stichproben zeigt bei keiner der untersuchten Variablen einen signifikanten Leistungsunterschied zwischen Männern und Frauen.

Tabelle 10: Standardwertnormen und Prozentränge der Variablen Wahlreaktion1 und Wahlreaktion1 Diff.

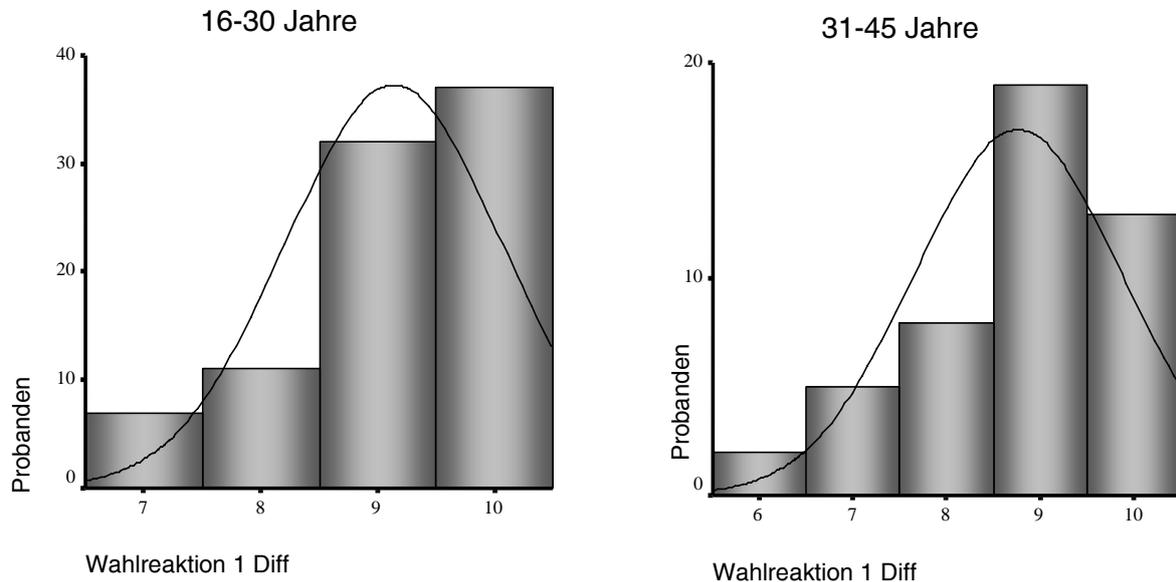
	16-30 Jahre:		31-45 Jahre::	
	Wahl- reaktion1	Wahl- reaktion1Diff.	Wahl- reaktion1	Wahl- reaktion1 Diff.
Mittelwert	348,51	9,13	367,09	8,77
Median	340	9	361	9
Standardabweichung	53,72	0,93	54,74	1,11
Schiefe	1,272	-0,903	0,118	-0,815
Kurtosis	2,4	-0,019	0,242	0,064
Minimum	250	7	245	6
Maximum	551	10	500	10
Perzentile	3	504	7	496
	10	423	8	438
Cut-off	16	391	8	427
	20	390	8	416
	30	366	9	391
	40	350	9	379
	50	340	9	361
	60	330	10	352
	70	315	10	342
Cut-off	84	305	10	321
	90	297	10	293
	97	269	10	252

Abbildung 9: Übersicht über die Verteilung der Probandenleistungen im Untertest

Wahlreaktion



Forts. Abbildung 9: Übersicht über die Verteilung der Probandenleistungen im Untertest
Wahlreaktion



4.4.1 Wahlreaktionsinterferenz

Auch hier wurden Reaktionszeit („Wahlreaktion2“) und die richtigen und falschen Anschläge gemessen. Die Differenz („Wahlreaktion2 Diff.“) aus diesen wurde mit der gleichen Intention wie im Wahlreaktionsabschnitt berechnet. Bei den Reaktionszeitwerten zeigt der Test auf Normalverteilung im Gegensatz zu den Werten der Variable „Wahlreaktion2 Diff.“ eine Vereinbarkeit mit der Normalverteilungsannahme (KS_Test: *Gruppe1*: Wahlreaktion2: $p=0,169$; Wahlreaktion2 Diff.: $p=0,000$; *Gruppe2*: Wahlreaktion2: $p=0,46$; Wahlreaktion2 Diff.: $p=0,002$). Die statistischen Maßzahlen sind Tabelle 12 zu entnehmen. Die Cut-offs sind in Tabelle 11 zu sehen.

Tabelle 11: Cut-off-Werte der Variablen Wahlreaktion2 und Wahlreaktion2 Diff.

	16-30 Jahre:		31-45 Jahre:	
	Wahl- reaktion2 (ms)	Wahl- reaktion2 Diff.	Wahl- reaktion2 (ms)	Wahl- reaktion2 Diff.
Durchschnittlich	306-411	9-10	329-440	9-10
Unterdurchschnittlich	>411	<9	>440	<9
Weit unterdurchschnittlich	>465	<7	>528	<6

Die Untertestinterkorrelationen sind Tabelle 28 zu entnehmen. Nur für die Variable „Wahlreaktion2“ zeigen sich signifikante Korrelationen zu Alter ($r=-0,186$; $p=0,031$) und Intelligenzquotient ($r=0,174$; $p=0,044$).

Der T-Test für unverbundene Stichproben zeigt bei keiner der untersuchten Variablen einen signifikanten Leistungsunterschied zwischen den Geschlechtern.

Auch hier könnte die Variable „Wahlreaktion2“ unter Berücksichtigung von Wahlreaktion2 Diff. ein geeignetes Maß zur Normierung darstellen. Es ist aber fraglich, ob das Durchführen beider Testabschnitte (Wahlreaktion bzw. Wahlreaktionsinterferenz) für eine Beurteilung der Wahlreaktionsleistung notwendig ist, da in beiden Altersgruppen „Wahlreaktion1“ und „Wahlreaktion2“ signifikant hoch miteinander korrelieren (KS-Test: *Gruppe1*: $r=0,64$; $p=0,000$; *Gruppe2*: $r=0,667$; $p=0,000$).

Tabelle 12: Standardwertnormen und Prozentränge der Variablen Wahlreaktion2 und Wahlreaktion2 Diff.

	16-30 Jahre:		31-45 Jahre:	
	Wahl- reaktion2	Wahl- reaktion2 Diff.	Wahl- reaktion2	Wahl- reaktion2 Diff.
Mittelwert	356,92	9,38	379,94	9,34
Median	344	10	371	10
Standardabweichung	50,05	0,96	56,50	0,92
Schiefe	0,795	-2,636	0,797	-1,457
Kurtosis	-0,021	10,941	0,948	3,127
Minimum	285	4	265	6
Maximum	501	10	541	11
Perzentile				
	3	465	7	528
	10	438	8	473
Cut-off	16	411	9	440
	20	400	9	421
	30	375	9	393
	40	360	9	380
	50	344	10	371
	60	335	10	360
	70	326	10	353
	80	312	10	338
Cut-off	84	306	10	329
	90	297	10	324
	97	290	10	272

4.5 Gedächtnis

4.5.1 Verbaler Abschnitt

Die Rohwerte dieses Untertestes sind für jeden der vier Durchgänge die Summe der Treffer und falschen Alarme sowie der Mittelwert der Reaktionszeit. Als Maß zur Beurteilung der Gedächtnisleistung in jedem Durchgang wurden die Differenzen aus richtigen und falschen Alarmierungen pro Durchgang berechnet (Gedächtnis/v Dg.1-4), da die Zahl der richtigen stark von der individuellen Bearbeitungsart des Probanden (willkürliche Alarme, Fehlervermeidungstendenz etc.) abzuhängen scheint. Von Interesse ist der Unterschied zwischen dem vierten, verzögerten und dem dritten Durchgang. Dieser Unterschied könnte ein Maß für das „Vergessen“ sein. Ein weiterer Rohwert ist die Summe der richtigen sowie falschen Alarmierungen aller Durchgänge. Auch hier wurde die fehlerkorrigierte Differenz (Gedächtnis/v sum) gebildet. Sie könnte ein geeignetes Maß zur Beurteilung der gesamten verbalen Gedächtnisleistung sein. Die Verteilung dieser Variablen ist in Abbildung 10 zu sehen. Die Verteilungen von „Gedächtnis/v Dg.1“ und „Gedächtnis/v sum“ sind in beiden Altersgruppen mit der Normalverteilungsannahme vereinbar (KS-Test: *Gruppe1*: Gedächtnis/v Dg.1: $p=0,163$; Gedächtnis/v sum: $p=0,238$; *Gruppe2*: Gedächtnis/v Dg.1: $p=0,289$; Gedächtnis/v sum: $p=0,357$). Die Verteilung von „Gedächtnis/v Dg.2“ ist nur für *Gruppe2* mit der Normalverteilungsannahme vereinbar (KS-Test: $p=0,105$). Alle anderen Verteilungen sind nicht mit der Normalverteilungsannahme vereinbar (KS-Test: *Gruppe1*: Gedächtnis/v Dg.2: $p=0,008$; Gedächtnis/v Dg.3: $p=0,000$; Gedächtnis/v Dg.4: $p=0,000$; *Gruppe2*: Gedächtnis/v Dg.3: $p=0,011$; Gedächtnis/v Dg.4: $p=0,049$). Die statistischen Maßzahlen gehen aus Tabelle 14 hervor. Die Cut-offs sind Tabelle 13 zu entnehmen.

Tabelle 13: Cut-off-Werte der Variablen Gedächtnis/v Dg. 1-4 und Gedächtnis/v sum

	16-30 Jahre: Gedächtnis/v				
	Dg.1	Dg.2	Dg.3	Dg.4	Gedächtnis/v sum
Durchschnittlich	7-11	9-12	10-12	10-12	37-45
Unterdurchschnittlich	<7	<9	<10	<10	<37
Weit unterdurchschnittlich	<5	<8	<7	<3	<28

Forts.Tabelle 13: Cut-off-Werte der Variablen Gedächtnis/v Dg. 1-4 und Gedächtnis/v sum

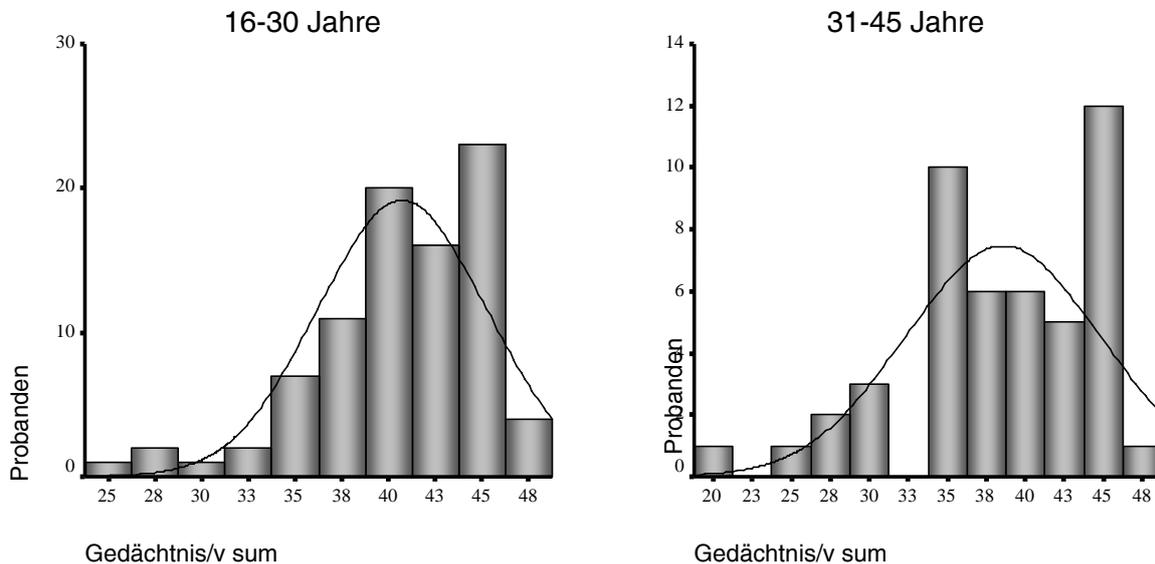
	31-45 Jahre: Gedächtnis/v				
	Dg.1	Dg.2	Dg.3	Dg.4	Gedächtnis/v sum
Durchschnittlich	6-11	8-12	10-12	8-12	34-45
Unterdurchschnittlich	<6	<8	<10	<8	<34
Weit unterdurchschnittlich	<3	<6	<5	0	<22

Die Untertestinterkorrelationen sind in Tabelle 29 zusammen mit denen für den figuralen Abschnitt aufgeführt. Signifikante Korrelationen mit dem Alter ergaben sich für die Werte des zweiten ($r=-0,188$; $p=0,03$) und vierten ($r=-0,178$; $p=0,04$) Durchganges sowie der Variablen „Gedächtnis/v sum“ ($r=-0,181$; $p=0,037$). Signifikante Korrelationen mit dem Intelligenzquotienten ergaben sich für die Werte des ersten ($r=0,323$; $p=0,000$) und zweiten ($r=0,209$; $p=0,015$) Durchganges sowie der Variablen „Gedächtnis/v sum“ ($r=0,254$; $p=0,003$). Der T-Test für unverbundene Stichproben zeigte bei keiner der untersuchten Variablen Leistungsunterschiede zwischen Männern und Frauen.

Tabelle 14: Standardwertnormen und Prozentränge der Variablen Gedächtnis/v Dg. 1-4 und Gedächtnis/v sum

	16-30 Jahre: Gedächtnis/v					31-45 Jahre: Gedächtnis/v					
	Dg.1	Dg.2	Dg.3	Dg.4	sum	Dg.1	Dg.2	Dg.3	Dg.4	sum	
Mittelwert	8,55	10,57	10,97	10,63	40,72	8,13	10,02	10,68	9,74	38,57	
Median	9	11	11	11	41	8	10	11	11	39	
Standardabw.	1,95	1,31	1,26	2,22	4,52	2,2	1,59	1,68	2,61	6,26	
Schiefe	-0,017	-0,725	-1,783	-3,249	-1,01	-0,309	-0,641	-3,16	-2,126	-0,914	
Kurtosis	-0,859	-0,062	4,089	12,27	1,267	-0,732	-0,332	14,787	5,372	0,782	
Minimum	5	7	6	0	26	3	6	2	0	19	
Maximum	12	12	12	12	48	12	12	12	12	47	
Perzentile	3	5	8	7	3	28	3	6	5	0	22
	10	6	9	9	9	35	5	8	9	7	29
Cut-off	16	7	9	10	10	37	6	8	10	8	34
	20	7	10	10	10	38	6	9	10	9	35
	30	7	10	11	10	39	7	9	10	9	36
	40	8	10	11	11	40	8	10	11	10	37
	50	9	11	11	11	41	8	10	11	11	39
	60	9	11	12	12	42	9	11	11	11	41
	70	10	12	12	12	44	10	11	12	11	43
	80	10	12	12	12	44	10	11	12	12	45
Cut-off	84	11	12	12	12	45	11	12	12	12	45
	90	11	12	12	12	46	11	12	12	12	46
	97	12	12	12	12	47	12	12	12	12	47

Abbildung 10: Übersicht über die Verteilung der Probandenleistungen im Untertest
Gedächtnis, verbaler Abschnitt



4.5.2 Figuraler Abschnitt

Die Struktur dieses Untertestabschnittes ist der des verbalen Abschnittes gleich. Dementsprechend sind die Art der Rohwerte sowie der Grund für die Berechnung weiterer Variablen identisch. Die Differenzen aus Richtigen und Falschen jedes Durchganges werden „Gedächtnis/f Dg.1-4“ und die Differenz aus der Summe der Richtigen und Falschen insgesamt „Gedächtnis/f sum“ genannt. Auch hier sollte der Vergleich zwischen dem vierten, verzögerten und dem dritten Durchgang ein Maß für das „Vergessen“ sein, so wie die Differenz aus den insgesamt richtigen und falschen Alarmierungen ein Maß zur Beurteilung der figuralen Gedächtnisleistung sein sollte. Die Verteilungen der Variable „Gedächtnis/f sum“ ist Abbildung 11 zu entnehmen. Für Gruppe1 sind die Verteilungen der ersten drei Durchgänge nicht mit der Normalverteilungsannahme vereinbar (KS-Test: Gedächtnis/f Dg.1: $p=0,012$; Gedächtnis/f Dg.2: $p=0,011$; Gedächtnis/f Dg.3: $p=0,009$). Die Verteilungen des vierten Durchganges sowie der Gesamtsumme sind für Gruppe1 mit der Normalverteilungsannahme vereinbar (KS-Test: Gedächtnis/f Dg.4: $p=0,139$; Gedächtnis/f sum: $p=0,967$). Für Gruppe 2 sind alle untersuchten Variablen mit der

Normalverteilungsannahme vereinbar (KS-Test: Gedächtnis/f Dg.1: $p=0,153$; Gedächtnis/f Dg.2: $p=0,274$; Gedächtnis/f Dg.3: $p=0,492$; Gedächtnis/f Dg.4: $p=0,259$; Gedächtnis/f sum: $p=0,332$). Die statistischen Maßzahlen sind Tabelle 16 zu entnehmen. Die Cut-offs sind in Tabelle 15 dargestellt.

Tabelle 15: Cut-off-Werte der Variablen Gedächtnis/f Dg. 1-4 und Gedächtnis/f sum

	16-30 Jahre: Gedächtnis/f				
	Dg.1	Dg.2	Dg.3	Dg.4	sum
Durchschnittlich	1-5	2-6	2-6	1-6	8-21
Unterdurchschnittlich	<1	<2	<2	<1	<8
Weit unterdurchschnittlich	0	0	0	0	<3
	31-45 Jahre: Gedächtnis/f				
	Dg.1	Dg.2	Dg.3	Dg.4	sum
Durchschnittlich	0-3	1-4	1-5	0-5	2-15
Unterdurchschnittlich	0	<1	<1	0	<2
Weit unterdurchschnittlich	0	0	0	0	0

Die Untertestinterkorrelationen sind in Tabelle 29 zusammen mit denen für den verbalen Abschnitt abgebildet. Signifikante Korrelationen mit dem Alter ergaben sich für die Werte aller untersuchten Variablen außer für die des ersten Durchganges (Gedächtnis/f Dg.2: $r=-0,243$; $p=0,005$; Gedächtnis/f Dg.3: $r=-0,243$; $p=0,005$; Gedächtnis/f Dg.4: $r=-0,372$; $p=0,000$; Gedächtnis/f sum: $r=-0,399$; $p=0,000$). Signifikante Korrelationen mit dem Intelligenzquotienten zeigten sich für keine der untersuchten Variablen. Der T-Test für unverbundene Stichproben zeigt keinen signifikanten Leistungsunterschied zwischen den Geschlechtern.

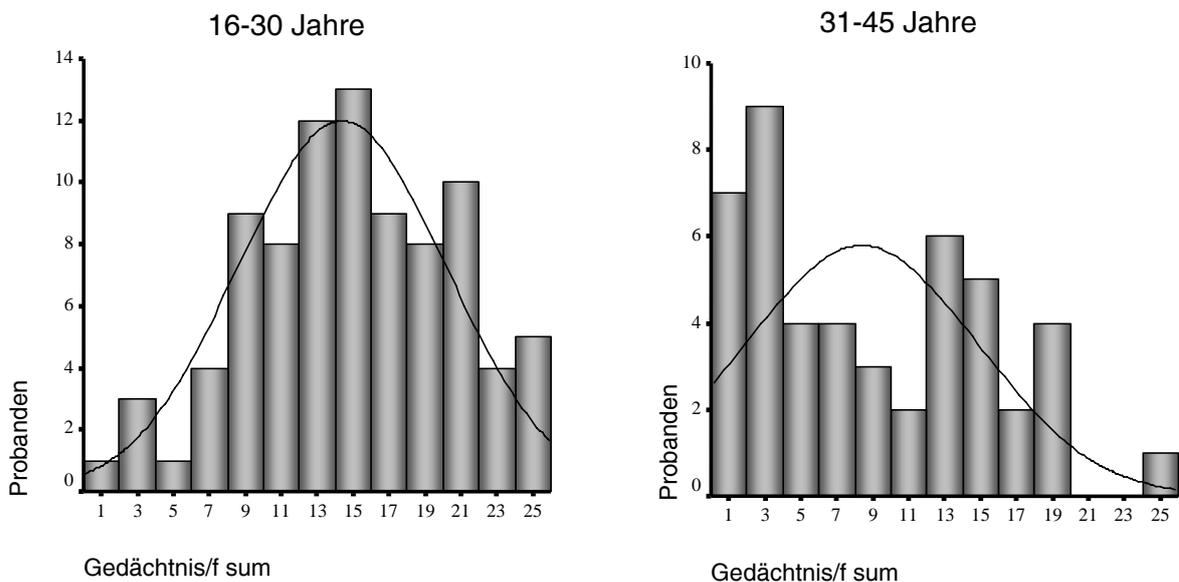
Tabelle 16: Standardwertnormen und Prozentränge der Variablen

Gedächtnis/f Dg.1-4 und Gedächtnis/f sum

	16-30 Jahre: Gedächtnis/f					31-45-Jahre: Gedächtnis/f				
	Dg.1	Dg.2	Dg.3	Dg.4	sum	Dg.1	Dg.2	Dg.3	Dg.4	sum
Mittelwert	2,57	3,87	4,26	3,97	14,38	1,94	2,7	3,3	2,45	8,38
Median	2	4	5	4	14	2	3	3	2	7
Standardabw.	1,72	1,89	1,94	2,08	5,78	1,63	1,67	1,78	1,87	6,46
Schiefe	0,227	-0,314	-0,58	-0,24	-0,129	0,856	0,262	0,106	0,283	0,546
Kurtosis	-0,865	-0,825	-0,525	-0,931	-0,454	0,443	-0,334	-0,622	-1,118	-0,519
Minimum	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Maximum	6	7	7	7	26	6	7	7	6	26
Perzentile	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0
	10	0	1	1	7	0	1	1	0	1
Cut-off	16	1	2	2	8	0	1	1	0	2
	20	1	2	2	9	0	1	2	1	2
	30	2	3	4	11	1	1	2	1	3
	40	2	4	4	13	1	2	3	2	5
	50	2	4	5	14	2	3	3	2	7
	60	3	5	5	16	2	3	4	3	11
	70	4	5	6	18	3	4	4	4	12
	80	4	5	6	20	3	4	5	5	14
Cut-off	84	5	6	6	21	3	4	5	5	15
	90	5	6	7	22	4	5	6	5	18
	97	6	7	7	25	6	7	7	6	23

Abbildung 11: Übersicht über die Verteilung der Probandenleistungen im Untertest

Gedächtnis, figuraler Abschnitt



4.5.3 Reaktionszeiten im verbalen und figuralen Abschnitt

Die Rohwerte sind die mittleren Reaktionszeiten der richtigen und falschen Anschläge. Es scheint sinnvoll zu sein, hier die Reaktionszeiten der richtigen Anschläge für den verbalen (Gedächtnis/v RT) und figuralen (Gedächtnis/f RT) Abschnitt zu verwenden. Die Verteilungen der Variablen sind in Abbildung 12 zu sehen. Für keine der beiden Altersgruppen sind die Verteilungen der untersuchten Variablen mit der Normalverteilungsannahme vereinbar (**KSTest**: *Gruppe1*: Gedächtnis/v RT: $p=0,82$; Gedächtnis/f RT: $p=0,905$; *Gruppe2*: Gedächtnis/v RT: $p=0,204$; Gedächtnis/f RT: $p=0,811$). Die statistischen Maßzahlen sind Tabelle 18 und die Cut-offs Tabelle 17 zu entnehmen.

Tabelle 17: Cut-off-Werte der Variablen Gedächtnis/v RT und Gedächtnis/f RT

	16-30 Jahre:			31-45 Jahre:		
	Gedächtnis/v RT (ms)		Gedächtnis/f RT (ms)	Gedächtnis/v RT (ms)		Gedächtnis/f RT (ms)
	weibl.	männl.		weibl.	männl.	
Durchschnittlich	576-707	615-770	752-967	568-862	624-785	791-1049
Unterdurchschnittlich	>707	>770	>967	>862	>785	>1049
Weit unterdurchschnittlich	>846	>876	>1049	>1054	>861	>1180

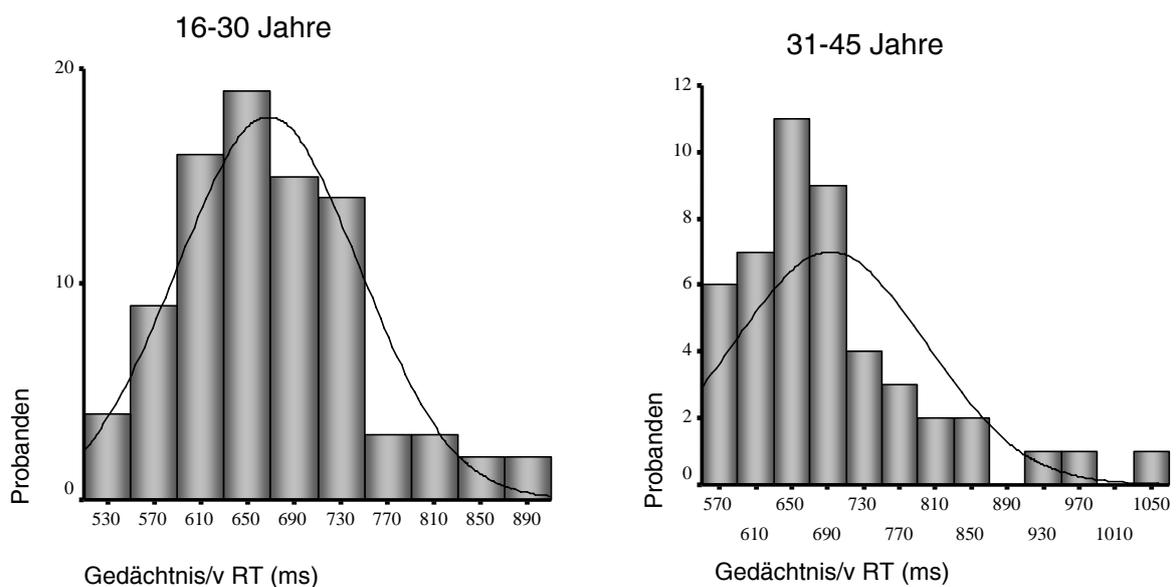
Die Untertestinterkorrelationen sind in Tabelle 30 abgebildet. Signifikante Korrelationen mit dem Alter ergaben sich in „Gedächtnis/f RT“ ($r=0,253$; $p=0,003$). Signifikante Korrelationen mit dem Intelligenzquotienten ergaben sich in „Gedächtnis/v RT“ ($r=-0,184$; $p=0,034$). Der T-Test für unverbundene Stichproben zeigt einen signifikanten Leistungsunterschied zwischen Männern und Frauen ($T=-2,637$ und $p=0,009$) in „Gedächtnis/v RT“. Eine geschlechtsgetrennte Normierung dieser Variablen erscheint sinnvoll (s. Tab. 17 und 18).

Um zu klären, ob zwischen der Reaktionszeit und der Leistung in den Durchgängen ein Zusammenhang besteht, sind in Tabelle 31 die Korrelationen zwischen „Gedächtnis/v RT“ sowie „Gedächtnis/f RT“ mit den Werten der einzelnen verbalen und figuralen Durchgänge aufgeführt. Hier sind alle signifikanten Korrelationen Negativkorrelationen.

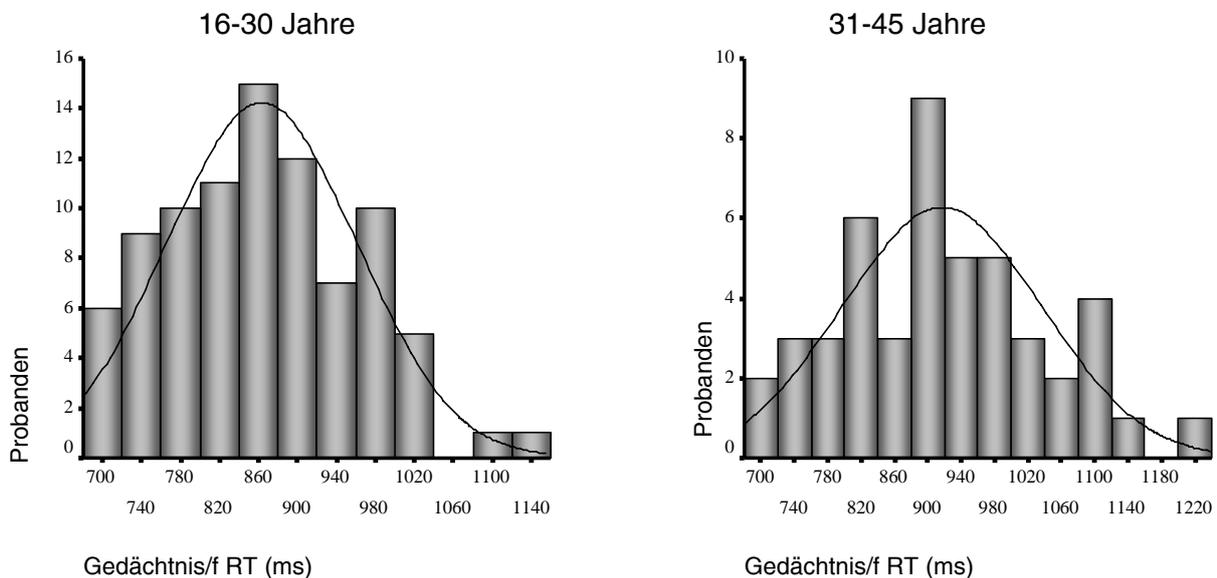
Tabelle 18: Standardwertnormen und Prozentränge der Variablen Gedächtnis/v RT und Gedächtnis/f RT

	<u>Gedächtnis/v RT</u>				<u>Gedächtnis/f RT</u>	
	16-30 Jahre:		31-45 Jahre:		16-30 Jahre:	31-45 Jahre:
	weibl.	männl.	weibl.	männl.		
Mittelwert	644,82	698,18	686,52	698,29	863,34	917
Median	639	690,5	644	691	863	911
Standardabw.	70,66	77,62	138,19	67,88	97,42	119,31
Schiefe	0,838	0,462	1,503	0,410	0,283	0,26
Kurtosis	1,712	-0,279	1,438	0,370	-0,26	-0,138
Minimum	517	573	553	560	683	681
Maximum	884	881	1054	861	1145	1220
Perzentile						
	3	846	876	1054	861	1180
	10	728	825	950	795	1098
Cut-off	16	707	770	862	967	1049
	20	702	755	811	753	1015
	30	674	731	676	726	977
	40	655	721	656	705	932
	50	639	691	644	691	911
	60	623	670	631	674	888
	70	603	653	615	662	848
	80	589	625	577	642	822
Cut-off	84	576	615	568	752	791
	90	568	591	559	623	747
	97	522	575	553	560	696

Abbildung 12: Übersicht über die Verteilung der Probandenreaktionszeiten im verbalen und figuralen Abschnitt des Untertests Gedächtnis



Forts. Abbildung 12: Übersicht über die Verteilung der Probandenreaktionszeiten im verbalen und figuralen Abschnitt des Untertests Gedächtnis



4.6 Wortflüssigkeit

Die von den Probanden in diesem Untertest aufgeschriebenen Wörter werden unter der Variable „Wortflüssigkeit“ gespeichert. Die Verteilung der Variablen ist in Abbildung 13 zu sehen. Die Verteilung der Variablen ist in beiden Altersgruppen mit der Normalverteilungsannahme vereinbar (**KS-Test:** Gruppe1: $p=0,296$; Gruppe2: $p=0,745$). Die statistischen Maßzahlen sind Tabelle 20 zu entnehmen, die Cut-offs Tabelle 19.

Tabelle 19: Cut-off-Werte der Variablen Wortflüssigkeit

	16-30 Jahre		31-45 Jahre	
	weibl.	männl.	weibl.	männl.
Durchschnittlich	10-18	8-17	8-17	6-15
Unterdurchschnittlich	10	8	8	6
Weit unterdurchschnittlich	6	4	6	5

Die Untertestinterkorrelationen sind Tabelle 32 zu entnehmen. Eine signifikante Korrelation mit dem Alter besteht nicht. Es besteht eine signifikante Korrelation zum Intelligenzquotienten ($r=0,445$; $p=0,000$). Der T-Test für unverbundene Stichproben zeigt

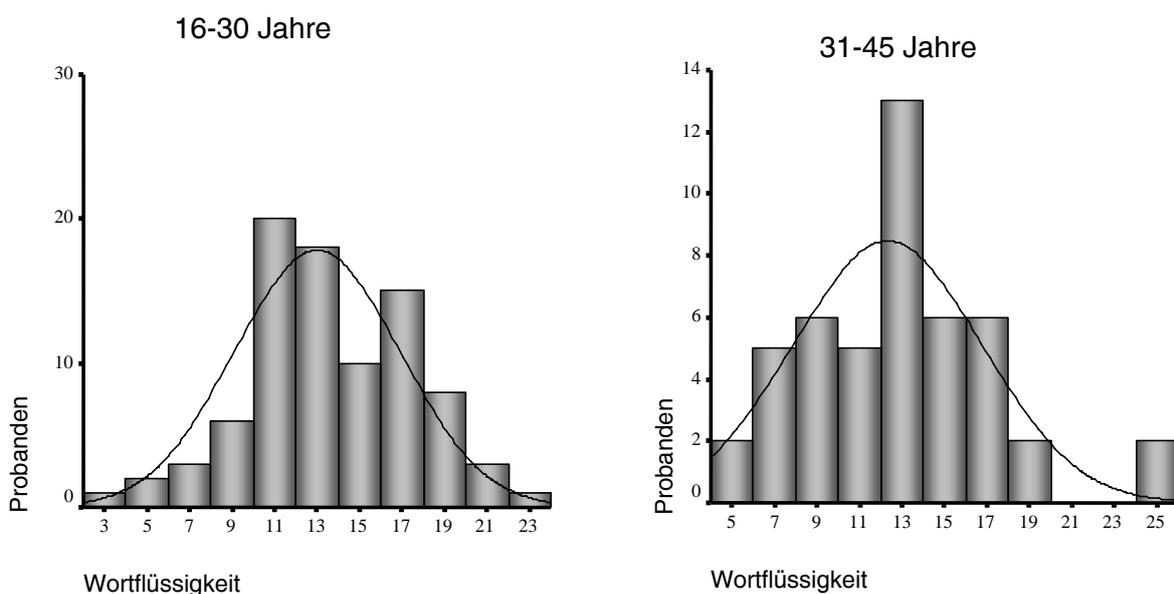
einen signifikanten Unterschied zwischen den Geschlechtern ($T=2,659$; $p=0,003$). Eine geschlechtsgetrennte Normierung scheint sinnvoll zu sein (s.Tab. 27 und 28).

Tabelle 20: Standardwertnormen und Prozentränge der Variablen Wortflüssigkeit

	16-30 Jahre		31-45 Jahre	
	weibl.	männl.	weibl.	männl.
Mittelwert	13,57	12,26	13,70	11
Median	12	12,5	13	11,5
Standardabweichung	3,82	3,90	4,68	3,80
Schiefe	0,145	-0,322	0,608	0,042
Kurtosis	0,236	-0,543	0,496	-0,926
Minimum	3	4	6	5
Maximum	22	18	24	18
Perzentile				
	3	6	6	5
	10	10	7	6
Cut-off	16	8	8	6
	20	11	10	7
	30	11	12	9
	40	12	13	10
	50	12	13	12
	60	14	14	12
	70	16	16	13
	80	17	17	15
Cut-off	84	17	17	15
	90	19	22	17
	97	22	24	18

Abbildung 13: Übersicht über die Verteilung der Probandenleistungen im Untertest

Wortflüssigkeit



4.7 MWT-B

Die Funktion des MWTB im Rahmen des NeuroCogFX liegt in der teilweisen Beschreibung der Stichprobe. Eine Normierung scheint nicht zweckmäßig zu sein, da der MWTB ein bereits normiertes Testverfahren darstellt. Die Verteilung der Intelligenzquotienten (MWTB-IQ) der Stichprobe ist in Tabelle 2 zu sehen. Der T-Test für unverbundene Stichproben zeigt für den Intelligenzquotienten keinen signifikanten Leistungsunterschied zwischen den Geschlechtern. Somit ist es fraglich, ob der Intelligenzquotient für den signifikanten Geschlechtsunterschied in den Variablen „Gedächtnis/v RT“ und „Wortflüssigkeit“ verantwortlich ist.

4.8 Einfluss der Computererfahrung

Die Erfahrung der Probanden im Umgang mit Computern wurde mit den jeweiligen Leistungen in den verschiedenen Untertests korreliert. Es zeigte sich für keinen der Untertests eine signifikante Korrelation.

5. Normwertprüfung an einer epileptologischen Patientenstichprobe

5.1 Stichprobencharakteristika

Die Eigenschaften der Stichprobe sowie die Verteilung der vorliegenden Diagnosen sind Tabelle 30 zu entnehmen.

Tabelle 21: Stichprobencharakteristika der Patientenstichprobe

Geschlecht:

Frauen	5/18	Abitur	-
Männer	13/18	mit Studium	

Händigkeit:

rechtshändig	14/18	<u>IQ:</u>	
linkshändig	1/18	85-99	6/18
ambidexter	3/18	100-115	3/18

Bildung:

Schüler: Realschule	1/18	116-130	3/18
Schüler: Gymnasium	1/18	131-145	-
Student	-	Missing value	6/18
Kein Schulabschluss, keine Ausbildung	-		
Hauptschule	4/18	<u>Lokalisation:</u>	
ohne Ausbildung		Temporal, rechts	5/18
Hauptschule	6/18	Temporal, links	8/18
mit Ausbildung		Frontal	5/18
Mittlere Reife	1/18	<u>Diagnose:</u>	
ohne Ausbildung		AHS	8/18
Mittlere Reife	4/18	Differenzierungsstörung	1/18
mit Ausbildung		Dysplasie	2/18
Abitur	-	FCD	3/18
ohne Ausbildung		Gangliogliom	1/18
Abitur	1/18	Kavernom	1/18
mit Ausbildung		Kontusion	1/18
		TS-Hamartom	1/18

5.2 Qualitative Analyse anhand der Kategorienwerte

Die Verteilung der Leistungen für jede der drei Gruppen ist Tabelle 31 zu entnehmen. Die Gruppe der rechtstemporal Erkrankten zeigt am häufigsten unterdurchschnittliche bis weit unterdurchschnittliche Leistungen im Bereich des figuralen Gedächtnisses (5 von 6 Patienten), die Gruppe der linkstemporal Erkrankten in der verbalen Gedächtnisleistung (5 von 7 Patienten). Die Gruppe der frontal Erkrankten zeigt in den

5.3 Quantitative Analyse anhand der Standardwerte

4.3.1 Einfaktorielle Varianzanalyse (ANOVA)

Die Tabelle 33 im Anhang zeigt Stichprobenumfang, Mittelwert, Standardabweichung sowie Standardfehler für jede der drei klinischen Untergruppen in jedem der aufgeführten Untertests. Zusätzlich werden die Ergebnisse der einfaktoriellen Varianzanalyse (F , Signifikanz) zwischen den Gruppen dargestellt. Signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen zeigten sich bei der ANOVA in den Leistungen des figuralen Gedächtnisses ($F=5,64$; $p=0,01$) sowie denen des Wortflüssigkeitstests ($F=4,35$; $p=0,03$). Die signifikanten Ergebnisse sind in der Tabelle hervorgehoben.

Der Post-hoc-Einzelgruppenvergleich zeigt, dass die Unterschiede in den Leistungen des figuralen Gedächtnisses auf eine signifikant schlechtere Leistung der rechtstemporal Erkrankten im Vergleich zu den linkstemporal Erkrankten zurückgeht ($p=0,018$), während die frontale Gruppe sich hier nicht signifikant von der links- oder rechtstemporalen Gruppe unterscheidet. Im Wortflüssigkeitstest geht der Unterschied auf eine signifikant schlechtere Leistung der frontalen Gruppe im Vergleich zur linkstemporalen Gruppe zurück ($p=0,038$), während die rechtstemporale Gruppe sich hier nicht signifikant von den anderen Gruppen unterscheidet. Die zu Grunde liegenden Daten sind der Tabelle (Nr. 34) im Anhang zu entnehmen.

5.3.2 Kruskal-Wallis-Test

Nach dem Kruskal-Wallis-Test zeigten sich signifikante Unterschiede zwischen den Gruppen nur im Wortflüssigkeitstest mit einer Signifikanz von $p=0,046$. Tabelle 32 zeigt die mittleren Ränge der drei klinischen Gruppen bezogen auf die in jedem der aufgeführten Untertests erreichten Standardwerte (Sw).

Tabelle 23: Mittlere Ränge der Standardwerte der klinischen Gruppen (Kruskal-Wallis)

	Lokalisation	Mittlerer Rang		Lokalisation	Mittlerer Rang
Zahlen- spanne P	temp. re.	9,42	Wahl- reaktion2	temp. re.	11,00
	temp. li.	11,71		temp. li.	10,93
	front	6,50		front	5,70
2-back- Test Diff	temp. re.	7,20	Gedächt- nis/v sum	temp. re.	9,67
	temp. li.	10,17		temp. li.	8,29
	front	7,80		front	11,00
Reaktionszeit	temp. re.	7,92	Gedächt- nis/f sum	temp. re.	6,33
	temp. li.	12,93		temp. li.	13,00
	front	6,60		front	8,40
Wahl- reaktion 1	temp. re.	8,92	Wortflüssigkeit	temp. re.	7,90
	temp. li.	10,14		temp. li.	12,43
	front	9,30		front	5,30

5.3.3 Vergleich mit dem Erwartungswert

Nach dem T-Test gegen 100 zeigen sich signifikante Leistungsabweichungen jeder der drei Gruppen in verschiedenen Untertests. Die mittleren Abweichungen der drei Gruppen in den aufgeführten Untertests sind den Abbildungen 14 bis 16 zu entnehmen. Die Gruppe der rechtstemporal Erkrankten zeigt signifikante Abweichungen im verbalen Gedächtnis ($T=-5,096$; $p=0,004$) sowie im figuralen Gedächtnis ($T=-4,139$; $p=0,009$). Die Gruppe der linkstemporal Erkrankten zeigt signifikante Abweichungen in der verbalen Gedächtnisleistung ($T=-2,594$; $p=0,041$). Die Gruppe der frontal Erkrankten zeigt signifikante Abweichungen in der einfachen Reaktionszeit ($T=-5,047$; $p=0,007$), der Wahlreaktionsinterferenz ($T=-3,736$; $p=0,02$) und der Wortflüssigkeit ($T=-3,313$; $p=0,03$).

Abbildung 14: Darstellung der mittleren Abweichung sowie des Standardfehlers der Probandenleistung in der rechtstemporalen Gruppe von dem zu erwartenden Standardwert (100). Die Schraffierungen stellen die signifikanten Abweichungen dar.

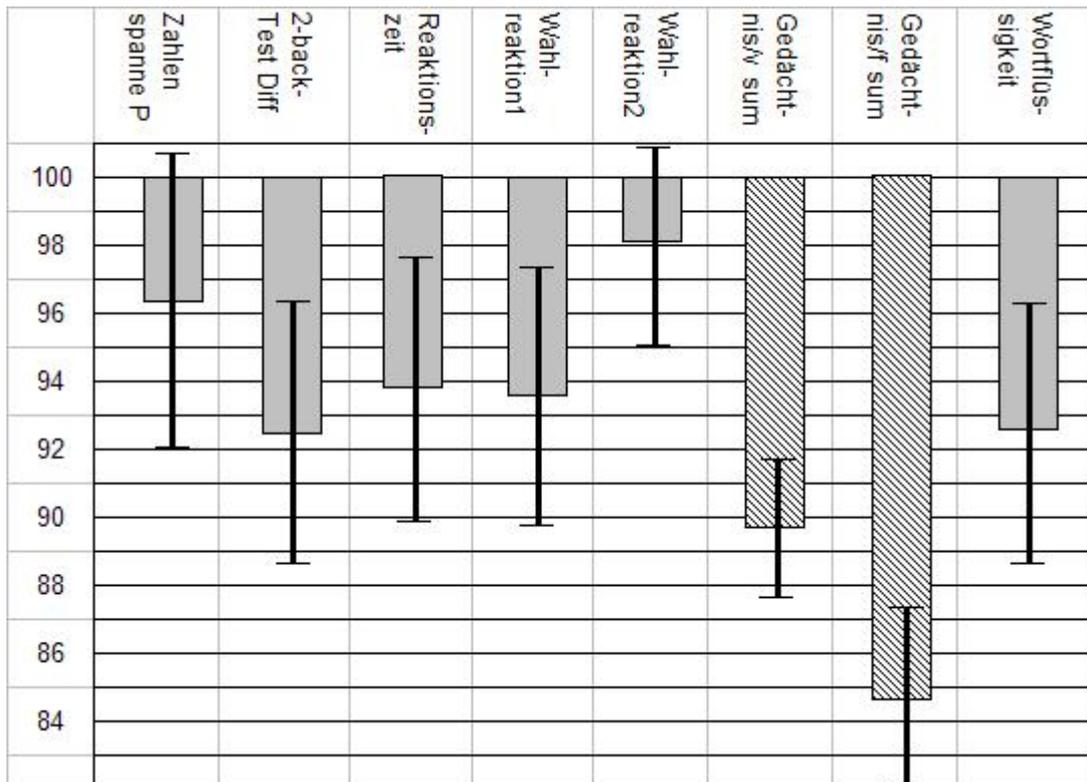


Abbildung 15: Darstellung der mittleren Abweichung sowie des Standardfehlers der Probandenleistung in der linkstemporalen Gruppe von dem zu erwartenden Standardwert (100). Die Schraffierungen stellen die signifikanten Abweichungen dar.

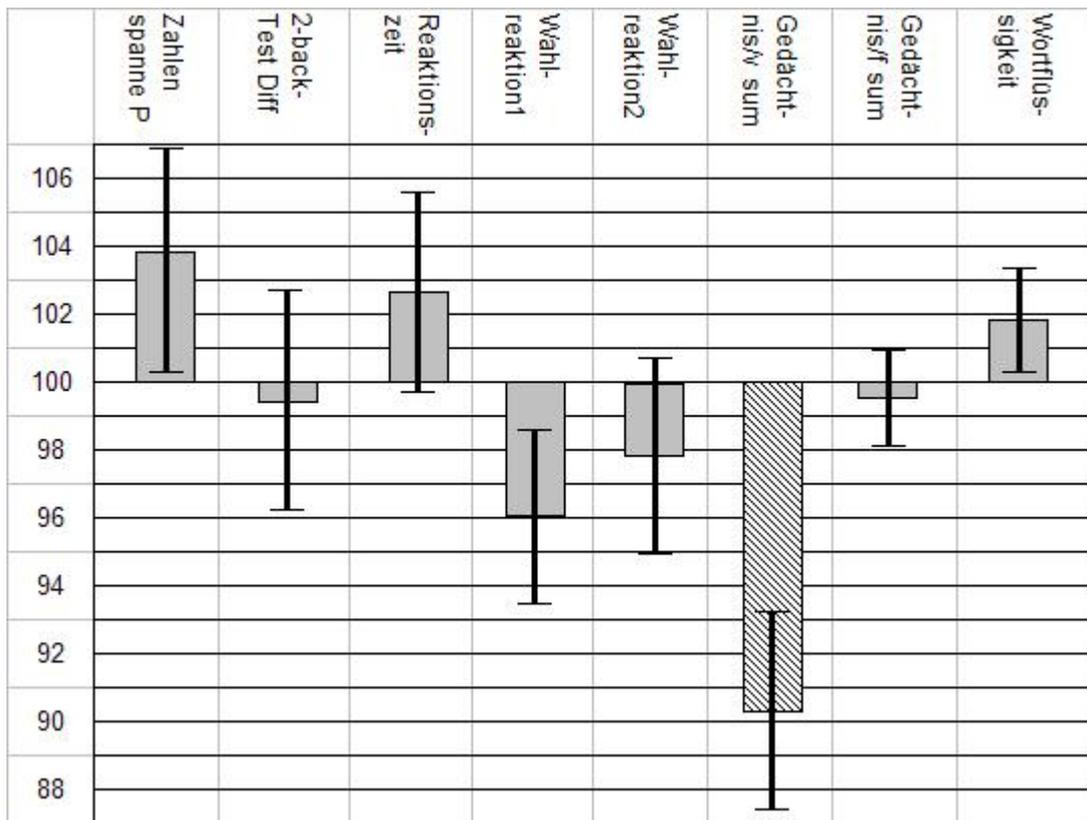
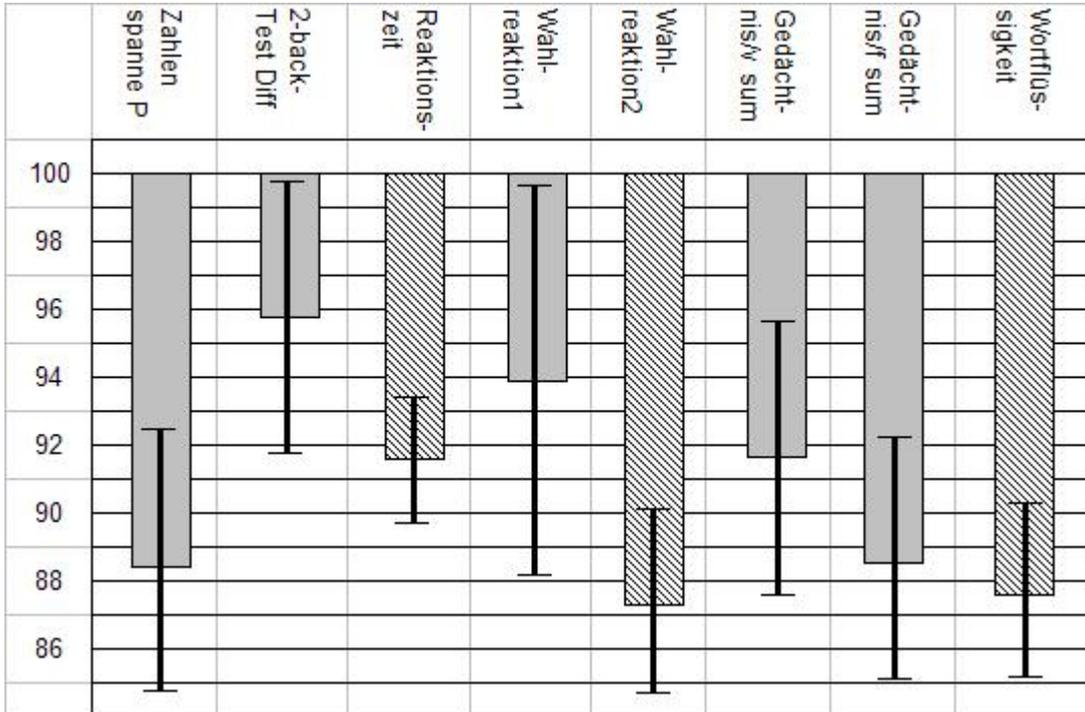


Abbildung 16: Darstellung der mittleren Abweichung sowie des Standardfehlers der Probandenleistung in der frontalen Gruppe von dem zu erwartenden Standardwert (100). Die Schraffierungen stellen die signifikanten Abweichungen dar.



IV. Diskussion

NeurocogFX soll als computergestützte Testbatterie zur seriellen Testung neuropsychologischer Funktionen Anwendung finden. Im Rahmen dieser Arbeit wurden die zur Beurteilung der erbrachten Leistung notwendigen Normwerte bei einmaliger Testung für die jeweiligen Untertests berechnet, auf Alters-, Geschlechts- und Intelligenzeinflüsse geprüft sowie auf Interkorrelationen untersucht. Im Anschluss wurde die Validität der Normwerte an einem Patientenkollektiv getestet. Dieses klinische Kollektiv besteht aus Patienten mit fokalen Epilepsien.

Bei der Normierung ergaben sich folgende für die Testanwendung relevanten Aspekte:

Die zusätzlich erhobene Variable „Computererfahrung“ zeigte keinen signifikanten Einfluss auf die Testleistung. Ein solcher Einfluss könnte die Validität des Testes reduzieren.

Ein Einfluss des Alters auf die Testleistung ließ sich selbst zwischen den in Kapitel II.6.1.1 erwähnten Alterssubgruppen nicht signifikant nachweisen. Somit kann davon ausgegangen werden, dass die a priori gewählte Altersgruppeneinteilung ausreichend differenziert ist.

Die Prüfung auf Geschlechtsunterschiede in der neuropsychologischen Leistungsfähigkeit zeigte lediglich in dem Untertest „Wortflüssigkeit“ einen signifikanten Unterschied. Generell erzielen Frauen in sprachlichen Tests bessere Leistungen als Männer (Frias et al, 2006), was die Verwendung von geschlechtsspezifischen Normwerten oder einem Korrekturfaktor notwendig macht.

In einzelnen Untertests fielen Korrelationen zwischen dem Intelligenzquotienten und der Testleistung, insbesondere im Untertest „Wortflüssigkeit“ auf. Dieser Zusammenhang ist bekannt (Helmstaedter, 1999; Randall et al, 1988; Stella und Maciel, 2004) und wird daher in anderen neuropsychologischen Tests sowie z.B. der Alzheimerdiagnostik (Thomas-Anterion C und Laurent B, 2006) neben der Altersnormierung und dem Bildungsniveau zusätzlich berücksichtigt (Randall et al, 1988). Um differenzierte Normwerte für Intelligenz- und Altersgruppen zu erheben, müsste man allerdings eine Normstichprobe größeren Umfangs fordern.

Im Rahmen der Untersuchung auf Interkorrelationen fielen signifikant hohe Korrelationen einerseits zwischen den Variablen eines Untertests und andererseits auch zwischen Variablen unterschiedlicher Untertests auf. Im Untertest „Zahlenspanne“ stellten sich die beiden extrahierten Leistungsparameter als redundant heraus. Zur Beurteilung der Leistung genügt somit eine Variable. Da die Variable „Zahlenspanne P“ einen differenzierteren Wertebereich beschreibt, gewährleistet sie möglicherweise bei bestimmten Fragestellungen auch eine differenziertere Erfassung der Kurzzeitgedächtnisleistung und sollte somit zur Beurteilung der Leistung verwendet werden. Die positive Interkorrelation der Variablen unterschiedlicher Untertests führte nicht zu einer Streichung einer der beiden miteinander korrelierenden Variablen. Dies erklärt sich anhand der Annahme, dass die verschiedenen Untertests unterschiedliche Gedächtnisfunktionen prüfen. Analog dazu sollen die Variablen der unterschiedlichen Untertests zur Quantifizierung der Leistung in den entsprechenden Gedächtnisfunktionen dienen. Somit sind die Variablen trotz signifikanter Korrelation nicht redundant und eine Streichung würde einen Informationsverlust bedeuten.

Die zwei im „2-back-Test“ berechneten Variablen ergänzen sich bei der Beurteilung der Testleistung. Da die Testinstruktion für diesen Untertest allerdings keine möglichst rasche Reaktion fordert, ist die Verwendung der Reaktionszeit („2-back-Test T“) trotz der Möglichkeit der weiteren Differenzierung der Testleistung nicht zu empfehlen. Das Entfallen dieser möglicherweise wertvollen Variable könnte mittels einer Modifikation der Testinstruktion verhindert werden.

Bei der Auswertung der Ergebnisse des Untertests „Verbales Gedächtnis“ fiel vermutlich aufgrund des zu geringen Schwierigkeitsgrades ein Deckeneffekt auf. Dieser reduziert die Varianz dieses Untertests und möglicherweise auch sein Differenzierungspotential. Das Vorhandensein dieses Potentials zeigt der analog aufgebaute Untertest „Figurales Gedächtnis“. Das Problem des Deckeneffektes ließe sich möglicherweise schon durch eine komplexere Gestaltung des Untertests lösen, indem man z.B. die Wortmenge erhöht. Andererseits stellt sich die Frage, ob es notwendig ist, bei einem neuropsychologischen Testverfahren zur Erfassung *pathologischer* kognitiver Leistungsfähigkeit eine feinere Differenzierung im weit überdurchschnittlichen Leistungsbereich zu erreichen. Unter Berücksichtigung dieses Aspekts wäre ein Deckeneffekt zu vernachlässigen.

Die Faktorenanalyse hat gezeigt, dass NeurocogFX im Wesentlichen drei kognitive Funktionsbereiche (Reaktionszeit bzw. psychomotorische Geschwindigkeit, Arbeitsgedächtnis sowie Wortflüssigkeit und episodisches Gedächtnis) erfasst. Für den Bereich Arbeitsgedächtnis und Wortflüssigkeit stellt sich die Frage, ob man diese als Indikator für exekutive Funktionen zusammenfassen kann. Auffällig ist, dass die Frontalhirnepileptiker in diesen Untertests deutlich unterdurchschnittlich abgeschnitten haben. Es wäre interessant zu prüfen, ob diese auch in anderen Tests, die die exekutiven Funktionen prüfen (Trail-Making-Test, Labyrinth-Test), ebenfalls unterdurchschnittliche Leistungen zeigen. Dies ist allerdings nicht Gegenstand dieser Arbeit.

Vor dem Hintergrund dieser Faktorenstruktur stellt sich die Frage, ob man die einzelnen Untertestleistungen in Teilbereichsleistungen gruppieren kann. Hierzu wäre allerdings eine Verifizierung der Faktorenstruktur für andere Altersgruppen wünschenswert.

Wie zuvor erwähnt soll NeurocogFX zur seriellen Testung im klinischen Alltag verwendet werden. Neben der einfachen Bedienbarkeit durch nicht speziell zu schulendes Personal ist somit die Akzeptanz seitens des Patienten unabdingbar, die durch möglichst kurze Testdauer, gute Verständlichkeit und Handhabung gewährleistet sein soll. Die mittlere Testdauer von 25 Min. versteht sich exklusive der für den MWT-B benötigten Zeit. Zum Verständnis dienen die Testinstruktionen zu Beginn jedes Untertests. Sie stellten sich während der Datenerhebung bis auf einen Untertest als ausreichend dar. Im „2-back-Test“ traten jedoch trotz der in die Testinstruktion integrierten Demonstration teils größere Verständnisschwierigkeiten auf. Durch weitere Erläuterungen seitens des Testleiters gemäß des Testmanuals ließ sich der Untertest dann durchführen, sodass bei keinem Probanden ein Neustart des Untertests erforderlich wurde. Ob sich die Verständnisschwierigkeiten auch bei kognitiv eingeschränkten Patienten entsprechend einfach beseitigen lassen, ist jedoch fraglich. Ist das nicht der Fall, würde die Validität des Untertests reduziert.

Ein weiterer zentraler Punkt in der Entwicklung des NeurocogFX ist die einfache Bedienbarkeit, speziell in Rücksicht auf Patienten mit neurologischen Defiziten wie z.B. Paresen. Da zur Bedienung des Computers fast ausschließlich die Leertaste benötigt wird, waren auch Probanden mit nur einer zur Verfügung stehenden Hand, z.B. durch einen Gipsverband an der nicht führenden Hand, fähig den Test durchzuführen. Der

Untertest „Wortflüssigkeit“ stellt hier allerdings als „Paper&Pencil“-Test eine Ausnahme dar. Zwar traten bei den neurologisch gesunden Probanden keine Schwierigkeiten auf, doch ist es fraglich, ob ein Patient mit motorischen Defiziten in der Lage ist, diesen Untertest adäquat zu bearbeiten. Ein alternativ in das Programm integrierter Untertest würde mittels Spracherkennung dieses Problem lösen (Letz, 2003).

Die im Rahmen dieser Arbeit berechneten Normwerte der verschiedenen Untertests wurden zusätzlich an einer Patientenstichprobe untersucht, bei der fokale neuropsychologische Defizite zu erwarten waren. Das Ziel dieser Untersuchung war die Überprüfung der Validität und Trennschärfe der Normwerte, d.h. die Möglichkeit, mittels der Normwerte kognitiv leistungsgeminderte Patienten zu erkennen.

Die Patientenstichprobe setzt sich aus Patienten mit fokalen Epilepsien zusammen. Die Begründung hierfür liegt in der Assoziation zwischen klinischem Erscheinungsbild bzw. kognitivem Defizit und struktureller Schädigung bei fokalen Epilepsien (Grote et al, 2001; Matthes und Schneble 1999). Diese Assoziation basiert auf der funktionellen Anatomie des Gehirns (Stefan, 1995), welche die Grundlage der Neuropsychologie ist. Die funktionelle Anatomie versucht die Zuordnung von Funktionen des Gehirns zu den entsprechenden Kortexregionen. Sie ist somit auch ein Wegweiser für das Verständnis des komplexen sowie heterogenen Bildes an Symptomen bei fokalen Epilepsien. Die Charakteristik eines Anfalls bzw. die auftretenden Defizite hängen also primär von der Lateralisation, Lokalisation und Größe des epileptogenen Fokus ab (Jokeit und Schacher, 2004). Auf diesem anatomisch-klinischen Zusammenhang basiert die Annahme, dass die in einer neuropsychologischen Testbatterie auffallenden Defizite neben anderen Faktoren einen Schluss auf die Lateralisation und Lokalisation eines Fokus zulassen (Grote et al, 2001). Der Untersucher sollte somit anhand solch einer Testbatterie in der Lage sein, kognitiv leistungsgeminderte Patienten zu identifizieren. Zusätzlich sollte er die kognitive Leistung klassifizieren und ein Leistungsprofil des Patienten erstellen können, welches die Zuordnung von Defizit zu Fokus erlaubt (Grote et al, 2001; Matthes und Schneble, 1999; Stefan, 1995).

Die Diskriminierung und Klassifizierung von Patienten mit fokalen Epilepsien ist allerdings nur möglich, wenn die Testbatterie sensitive Untertests für die zu prüfenden Gedächtnisfunktionen beinhaltet und aufgrund von soliden Normwerten die nötige

Trennschärfe besitzt. Um der Frage der Trennschärfe in Bezug auf den NeurocogFX nachzugehen, wurden die Testleistungen von 18 epileptischen Patienten klassifiziert. Die Einteilung der klinischen Subgruppen orientierte sich an den am häufigsten auftretenden fokalen Epilepsien. Auf die fokalen Epilepsien entfallen 50-70% aller Epilepsien (Bauer, 2002; Matthes und Schneble, 1999). Der größte Anteil der fokalen Epilepsien entfällt wiederum auf die Temporallappenepilepsien (Matthes und Schneble, 1999). Die häufigsten extratemporal-fokalen Epilepsien sind die Frontallappenepilepsien (Stefan, 1995). Es gilt als bekannt, dass der rechte Temporallappen für das figurale Gedächtnis (Giovagnoli und Avanzini, 1999; Grote et al, 2001; Helmstaedter, 1999), der linke Temporallappen für das verbale Gedächtnis (Grote et al, 2001; Helmstaedter, 1999) und die Frontallappen für Funktionen wie z.B. das Arbeitsgedächtnis, die Interferenzkontrolle, die Aufmerksamkeit, die Fluidität sowie das Kurzzeitgedächtnis verantwortlich sind (Grote et al, 2001; Helmstaedter et al, 1996; Helmstaedter, 2001). Extrapoliert man dies nun auf den NeurocogFX und bleibt zugleich bei der Annahme, dass die Normwerte ausreichendes Differenzierungspotential besitzen, wären die Defizite in den verschiedenen Untertests wie folgt zu erwarten. Die Gruppe der linkstemporal Erkrankten müsste in dem Untertest „Verbales Gedächtnis“, die Gruppe der rechtstemporal Erkrankten in dem Untertest „Figurales Gedächtnis“ unterdurchschnittlich abschneiden. Die Gruppe der frontal Erkrankten müsste sich durch unterdurchschnittliche Leistungen in den Untertests „Zahlenspanne“, „2-back-Test“, „Wahlreaktionsinterferenz“ sowie „Wortflüssigkeit“ profilieren.

Im Bereich der deskriptiven Datenanalyse lassen sich für die klinischen Gruppen Leistungsdefizite gemäß der oben genannten Erwartung nachweisen. Bei der einfaktoriellen Varianzanalyse (ANOVA) zeigten sich ebenfalls die zu erwartenden Defizite. Die rechtstemporale Gruppe zeigte eine signifikant schlechtere Leistung des figuralen Gedächtnisses, die frontale Gruppe schnitt signifikant schlechter im Bereich der Wortflüssigkeit ab. Die linkstemporale Gruppe zeigte wider Erwarten kein signifikantes Defizit. Eine Erklärung für dieses Abweichen von der Erwartung ist möglicherweise, dass anhand des Untertests das Wiedererkennen und nicht das freie Abrufen von Wörtern geprüft wird. Die Fähigkeit des freien Abrufens ist allerdings typischerweise bei Patienten mit linkstemporalen Epilepsien reduziert. Eine weitere Erklärung könnte die Lateralisation der Sprachdominanz sein. Es wird zwar von einem

starken Zusammenhang zwischen linkstemporalen Läsionen und Störungen des verbalen Gedächtnisses ausgegangen, aber es gibt Ausnahmen (Giovagnoli und Avanzini, 1999; Grote et al, 2001). Eine solche ist die vereinzelt beschriebene, kompensatorische, rechtstemporale Übernahme der Sprachfunktion (Helmstaedter et al, 2006) bei Patienten mit linkstemporaler Epilepsie. Die Verifizierung der Sprachdominanz vor jedem Testdurchlauf durch einen WADA-Test oder besser die nichtinvasive fMRI (Woermann et al, 2003; Adock et al, 2003) ist allerdings mit dem Konzept des NeurocogFX, unkomplizierte, zügige, serielle Testungen durchzuführen, nicht zu vereinbaren. Eine andere mögliche Erklärung für das Abweichen von der Erwartung ist die relativ kleine Stichprobengröße. Somit bleibt es fraglich, ob dieser Untertest für das verbale Gedächtnis ein tatsächlich präziser und zuverlässiger Test ist.

Um ein konservativer differenziertes Bild zu erhalten, wurde als nichtparametrischer Test eine Rangvarianzanalyse (Kruskal-Wallis-Test) durchgeführt. Bei Betrachtung der Werte stellte sich lediglich die Leistung der frontalen Gruppe im Untertest „Wortflüssigkeit“ als signifikant schlechter gegenüber den anderen klinischen Gruppen heraus. Diese geringe Übereinstimmung mit den zu erwartenden Defiziten erklärt sich vermutlich durch die geringe Stichprobengröße.

Abschließend wurden die Gruppenmittelwerte der klinischen Gruppen mit dem zu erwartenden Mittelwert 100 verglichen. Das Profil der signifikanten Abweichungen zeigte für die frontale und linkstemporale Gruppe die zu erwartende schon genannte Struktur. Die rechtstemporale Gruppe folgte allerdings nicht der Erwartung und zeigte eine signifikante Abweichung von den anderen Gruppen in den Bereichen des figuralen **und** verbalen Gedächtnisses. Dies wirft theoretisch wieder die Frage der Notwendigkeit der Verifizierung der sprachdominanten Hemisphäre auf. Andererseits ist der aus diesem Problem resultierende Informationsverlust auf die Frage der Lateralisation begrenzt. Das Problem der mindestens unterdurchschnittlichen Informationsverarbeitung in den für die Temporallappen typischen Funktionen wird dennoch durch den Untertest belegt.

Patienten mit fokalen Epilepsien haben einen sehr hohen physischen und psychosozialen Leidensdruck (Dodrill et al 1984; Helmstaedter et al, 2003) und eine reduzierte Lebensqualität (Buelow et al, 2001; Cramer et al, 2003; Rosche et al, 2004). Die Komplexität der Erkrankung, die Progredienz der Anfälle (Thompson und Duncan,

2005; Tromp et al, 2003) sowie die medikamentöse (Aldenkamp und Bodde, 2005; Ortinski und Kimford, 2004) und operative (Helmstaedter, 2004) Therapie reduzieren die kognitive Leistungsfähigkeit. Auf diesem Weg wird die Notwendigkeit von guten diagnostischen Optionen offensichtlich (Exner et al, 2002; Grote et al, 2001; Helmstaedter et al, 1994).

Zusammenfassend kann man sagen, dass aus Gründen wie z.B. der geringen Stichprobengröße zwar nicht in allen Untertests präzise die zu erwartenden Ergebnisverteilungen mit der notwendigen Signifikanz aufgetreten sind, aber das sich in toto ergebende Leistungsprofil eines Patienten dessen Identifizierung und Zuordnung zu einer der klinischen Gruppen zulässt. Außerdem gilt es zu beachten, dass dem Untersucher in der Praxis Anamnese sowie Klinik des Patienten bei der Interpretation des Testergebnisses zur Verfügung stehen. NeurocogFX kann und soll die ausführliche neuropsychologische Diagnostik nicht ersetzen. Die Ergebnisse dieser Arbeit sind aber ein erster Hinweis, dass NeurocogFX das Potential hat, neuropsychologische Defizite zuverlässig zu detektieren und sinnvoll in der Verlaufsmessung eingesetzt zu werden. Allerdings sind weitere Studien mit einem größeren Patientenkollektiv notwendig.

Die vorliegende Arbeit zeigt, dass der NeurocogFX über gute Normwerte verfügt und sich zusätzlich gut an Epilepsiepatienten durchführen lässt. Die Ergebnisse der kleinen, im Rahmen dieser Arbeit getesteten Patientenstichprobe entsprechen tendenziell dem zu erwartenden Profil. Somit kann NeurocogFX möglicherweise auch fokale Defizite differenzierter als übliche Screening-Tests erfassen, wobei hierzu eine Validierung anhand eines größeren Probandenkollektivs und einer bereits validierten, parallel laufenden Testbatterie nötig wäre.

V. Anhang

Tabelle 24: Interkorrelationen der Variablen Zahlenspanne und Zahlenspanne P zu denen der anderen Untertests

	16-30 Jahre				31-45 Jahre			
	Zahlen- Spanne P		Zahlen- spanne		Zahlen- spanne P		Zahlen- spanne	
	r=	p=	R=	p=	r=	p=	r=	p=
Zahlenspanne P	1		0,958	0	1		0,954	0
Zahlenspanne	0,958	0	1		0,954	0	1	
Wortflüssigkeit	0,226	0,035	0,204	0,058	0,186	0,211	0,233	0,114
Reaktionszeit	-0,298	0,005	-0,331	0,002	-0,304	0,038	-0,285	0,052
Wahlreaktion1	-0,159	0,141	-0,144	0,184	-0,291	0,047	-0,303	0,038
Wahlreaktion2	-0,178	0,099	-0,152	0,159	-0,074	0,62	-0,028	0,851
2-back-Test Diff.	0,223	0,038	0,238	0,027	0,204	0,168	0,238	0,107
Gedächtnis/v sum	0,084	0,441	0,051	0,638	0,013	0,93	0,072	0,631
Gedächtnis/f sum	0,151	0,162	0,145	0,181	0,088	0,555	0,104	0,487

Tabelle 25: Interkorrelationen der Variablen 2-back-Test T und 2-back-Test Diff. zu denen der anderen Untertests

	16-30 Jahre:				31-45 Jahre:			
	2-back-Test T		2-back-Test Diff.		2-back-Test T		2-back-Test Diff.	
	r=	p=	r=	p=	r=	p=	r=	p=
2-back-Test T	1		-0,159	0,141	1		-0,183	0,218
2-back-Test Diff.	-0,159	0,141	1		-0,183	0,218	1	
Zahlenspanne P	-0,091	0,4	0,223	0,038	-0,06	0,688	0,204	0,168
Wortflüssigkeit	-0,152	0,16	0,299	0,005	-0,18	0,226	0,222	0,134
Reaktionszeit	0,206	0,056	-0,049	0,655	0,297	0,043	-0,098	0,513
Wahlreaktion1	0,387	0,000	-0,063	0,559	0,201	0,176	-0,185	0,214
Wahlreaktion2	0,363	0,001	-0,04	0,71	0,041	0,786	0,007	0,965
Gedächtnis/v sum	-0,237	0,027	-0,072	0,508	-0,108	0,469	0,27	0,066
Gedächtnis/f sum	-0,197	0,068	-0,009	0,935	-0,171	0,249	0,223	0,132

Tabelle 26: Interkorrelationen der Variablen Reaktionszeit zu denen der anderen

Untertests

	16-30 Jahre: Reaktionszeit		31-45 Jahre: Reaktionszeit	
	r=	p=	r=	p=
Reaktionszeit	1		1	
Zahlenspanne P	-0,298	0,005	-0,304	0,038
Wortflüssigkeit	-0,216	0,044	-0,378	0,009
Wahlreaktion1	0,582	0	0,49	0
Wahlreaktion2	0,489	0	0,372	0,01
2-back-Test Diff.	-0,049	0,655	-0,098	0,513
2-back-Test T	0,206	0,056	0,297	0,043
Gedächtnis/v sum	-0,151	0,164	-0,292	0,046
Gedächtnis/f sum	-0,174	0,107	-0,403	0,005

Tabelle 27: Interkorrelationen der Variablen Wahlreaktion 1 und Wahlreaktion1 Diff. zu denen der anderen Untertests

	16-30 Jahre:				31-45 Jahre:			
	Wahlreaktion1		Wahlreaktion1 Diff.		Wahlreaktion1		Wahlreaktion1 Diff.	
	r=	p=	r=	p=	r=	p=	r=	p=
Wahlreaktion1	1		-0,026	0,814	1		-0,099	0,508
Wahlreaktion1 Diff.	-0,026	0,814	1		-0,099	0,508	1	
Zahlenspanne P	-0,159	0,141	-0,037	0,734	-0,291	0,047	0,195	0,19
Wortflüssigkeit	-0,146	0,178	-0,016	0,882	-0,228	0,123	0,082	0,583
Reaktionszeit	0,582	0	0,094	0,386	0,49	0	0,08	0,592
Wahlreaktion2	0,64	0	-0,04	0,713	0,667	0	0,019	0,9
2-back-Test Diff.	-0,063	0,559	-0,07	0,518	-0,185	0,214	0,066	0,657
Gedächtnis/v sum	-0,283	0,008	0,139	0,199	-0,148	0,322	-0,09	0,548
Gedächtnis/f sum	-0,217	0,044	0,012	0,914	-0,145	0,332	-0,103	0,492

Tabelle 28: Interkorrelationen der Variablen Wahlreaktion2 und Wahlreaktion2 Diff. zu denen der anderen Untertests

	16-30 Jahre:				31-45 Jahre:			
	Wahlreaktion2		Wahlreaktion2 Diff.		Wahlreaktion2		Wahlreaktion2 Diff.	
	r=	p=	r=	p=	r=	p=	r=	P=
Wahlreaktion2	1		-0,211	0,05	1		-0,504	0
Wahlreaktion2 Diff.	-0,211	0,05	1		-0,504	0	1	
Zahlenspanne P	-0,178	0,099	-0,059	0,588	-0,074	0,62	0,159	0,286
Wortflüssigkeit	-0,292	0,006	0,119	0,272	-0,094	0,528	0,198	0,182
Reaktionszeit	0,489	0	-0,112	0,3	0,372	0,01	-0,248	0,092
Wahlreaktion1	0,64	0	-0,002	0,985	0,667	0	-0,381	0,008
2-back-Test Diff.	-0,04	0,71	-0,029	0,791	0,007	0,965	0,18	0,227
Gedächtnis/v sum	-0,305	0,004	0,129	0,232	0,031	0,839	-0,088	0,557
Gedächtnis/f sum	-0,184	0,088	0,146	0,176	0,071	0,635	0,113	0,448
Wahlreaktion1 Diff.	-0,04	0,713	0,176	0,103	0,019	0,9	-0,048	0,747

Tabelle 29: Interkorrelationen der Variablen Gedächtnis/v sum und Gedächtnis/f sum zu denen anderen Untertests

	16-30 Jahre:				31-45 Jahre:			
	Gedächtnis/v sum		Gedächtnis/f sum		Gedächtnis/v sum		Gedächtnis/f sum	
	r=	p=	r=	p=	r=	p=	r=	p=
Gedächtnis/v sum	1		0,312	0,003	1		0,29	0,048
Gedächtnis/f sum	0,312	0,003	1		0,29	0,048	1	
Zahlenspanne P	0,084	0,441	0,151	0,162	0,013	0,93	0,088	0,555
Wortflüssigkeit	0,273	0,01	0,241	0,024	0,444	0,002	0,182	0,22
Reaktionszeit	-0,151	0,164	-0,174	0,107	-0,292	0,046	-0,403	0,005
Wahlreaktion1	-0,283	0,008	-0,217	0,044	-0,148	0,322	-0,145	0,332
Wahlreaktion2	-0,305	0,004	-0,184	0,088	0,031	0,839	0,071	0,635
2-back-Test Diff.	-0,072	0,508	-0,009	0,935	0,27	0,066	0,223	0,132
Gedächtnis/v Dg.1	0,684	0,000	0,253	0,018	0,68	0,000	0,07	0,641
Gedächtnis/v Dg.2	0,597	0,000	0,258	0,016	0,821	0,000	0,233	0,114
Gedächtnis/v Dg.3	0,632	0,000	0,273	0,011	0,764	0,000	0,293	0,045
Gedächtnis/v Dg.4	0,727	0,000	0,106	0,327	0,785	0,000	0,277	0,06
Gedächtnis/f Dg.1	0,068	0,529	0,556	0,000	0,167	0,261	0,422	0,003
Gedächtnis/f Dg.2	0,235	0,029	0,72	0,000	0,231	0,118	0,544	0,000
Gedächtnis/f Dg.3	0,404	0	0,731	0,000	0,251	0,088	0,751	0,000
Gedächtnis/f Dg.4	0,202	0,061	0,775	0,000	0,128	0,393	0,766	0,000

Tabelle 30: Interkorrelationen der Variablen Gedächtnis/v RT und Gedächtnis/f RT zu denen der anderen Untertests

	16-30 Jahre:				31-45 Jahre:			
	Gedächtnis/v RT		Gedächtnis/f RT		Gedächtnis/v RT		Gedächtnis/f RT	
	r=	p=	r=	p=	r=	p=	r=	p=
Gedächtnis/v RT	1		0,358	0,001	1		0,619	0
Gedächtnis/f RT	0,358	0,001	1		0,619	0	1	
Zahlenspanne P	-0,023	0,829	-0,077	0,478	0,032	0,831	0,154	0,3
Wortflüssigkeit	-0,164	0,13	-0,037	0,734	-0,344	0,018	-0,209	0,16
Reaktionszeit	0,124	0,253	0,05	0,645	0,498	0	0,376	0,009
Wahlreaktion1	0,433	0	0,304	0,004	0,357	0,014	0,369	0,011
Wahlreaktion2	0,393	0	0,19	0,078	0,394	0,006	0,357	0,014
2-back-Test Diff.	-0,037	0,731	-0,057	0,6	-0,038	0,801	-0,084	0,576

Tabelle 31: Interkorrelationen der Variablen Gedächtnis/v RT und Gedächtnis/f RT zu den Variablen des verbalen und figuralen Abschnitts des Untertests Gedächtnis

	<u>Gedächtnis/v RT</u>				<u>Gedächtnis/f RT</u>				
	16-30 Jahre:		31-45 Jahre:		16-30 Jahre:		31-45 Jahre:		
	r=	p=	r=	p=	r=	p=	R=	p=	
Gedächtnis/v Dg.1	-0,212	0,049	-0,292	0,046	Gedächtnis/f Dg.1	-0,042	0,696	-0,027	0,856
Gedächtnis/v Dg.2	-0,238	0,027	-0,408	0,004	Gedächtnis/f Dg.2	-0,014	0,9	-0,295	0,044
Gedächtnis/v Dg.3	-0,206	0,056	-0,518	0	Gedächtnis/f Dg.3	-0,019	0,86	-0,138	0,354
Gedächtnis/v Dg.4	-0,112	0,302	-0,338	0,02	Gedächtnis/f Dg.4	-0,02	0,857	-0,016	0,916
Gedächtnis/v sum	-0,273	0,011	-0,468	0,001	Gedächtnis/f sum	-0,018	0,865	-0,168	0,259

Tabelle 32: Interkorrelationen von Wortflüssigkeit

	16-30 Jahre:		31-45 Jahre:	
	r=	p=	r=	p=
Wortflüssigkeit	1		1	
Zahlenspanne P	0,226	0,035	0,186	0,211
Reaktionszeit	-0,216	0,044	-0,378	0,009
Wahlreaktion1	-0,146	0,178	-0,228	0,123
Wahlreaktion2	-0,292	0,006	-0,094	0,528
2-back-Test Diff.	0,299	0,005	0,222	0,134
Gedächtnis/v sum	0,273	0,010	0,444	0,002
Gedächtnis/f sum	0,241	0,024	0,182	0,220

Tabelle 33: Deskriptive Datendarstellung der Standardwerte der klinischen Gruppen sowie der einfaktoriellen Varianzanalyse

	Gruppe	Mittelwert	Standardabw.	Standardfehler	Oneway ANOVA	
					F	Signifikanz
Zahlen- spanne P	temp. re.	96,33	10,76	4,39	1,91	0,18
	temp. li.	103,57	16,86	6,37		
	front	88,20	10,45	4,67		
	Gesamt	96,89	14,17	3,34		
2-back- Test Diff	temp. re.	92,40	11,93	5,33	0,62	0,55
	temp. li.	99,67	10,37	4,23		
	front	95,60	10,21	4,57		
	Gesamt	96,13	10,55	2,64		
Reaktionszeit	temp. re.	92,83	11,60	4,74	2,77	0,09
	temp. li.	102,43	9,32	3,52		
	front	91,20	3,90	1,74		
	Gesamt	96,11	10,06	2,37		
Wahl- reaktion 1	temp. re.	93,33	12,58	5,14	0,15	0,86
	temp. li.	96,29	7,89	2,98		
	front	93,60	11,33	5,07		
	Gesamt	94,56	10,04	2,37		
Wahl- reaktion 2	temp. re.	97,33	15,55	6,35	1,56	0,24
	temp. li.	97,71	8,26	3,12		
	front	87,20	7,66	3,43		
	Gesamt	94,67	11,48	2,71		
Gedäch- nis/v sum	temp. re.	89,67	4,97	2,03	0,05	0,96
	temp. li.	90,43	9,76	3,69		
	front	91,20	9,55	4,27		
	Gesamt	90,39	7,92	1,87		
Gedäch- nis/f sum	temp. re.	84,83	8,98	3,66	5,64	0,01
	temp. li.	99,57	3,36	1,27		
	front	88,40	11,78	5,27		
	Gesamt	91,56	10,28	2,42		
Wortflüssigkeit	temp. re.	92,40	10,04	4,49	4,35	0,03
	temp. li.	101,71	7,45	2,82		
	front	87,40	8,50	3,80		
	Gesamt	94,76	10,20	2,47		

Tabelle 34: Einzelgruppenvergleich der mittleren Standardwerte der klinischen Gruppen

	Lokalisation a	Lokalisation b	Mittlere Differenz (a-b)	Standardfehler	Signifikanz
Zahlen- spanne P	temp. re.	temp. li.	-7,238	7,494	1,000
		front	8,133	8,157	1,000
	temp. li.	temp. re.	7,238	7,494	1,000
		front	15,371	7,888	0,211
	front	temp. re.	-8,133	8,157	1,000
		temp. li.	-15,371	7,888	0,211
2-back- Test Diff	temp. re.	temp. li.	-7,267	6,556	0,863
		front	-3,200	6,847	1,000
	temp. li.	temp. re.	7,267	6,556	0,863
		front	4,067	6,556	1,000
	front	temp. re.	3,200	6,847	1,000
		temp. li.	-4,067	6,556	1,000
Reaktionszeit	temp. re.	temp. li.	-9,595	5,090	0,237
		front	1,633	5,540	1,000
	temp. li.	temp. re.	9,595	5,090	0,237
		front	11,229	5,357	0,160
	front	temp. re.	-1,633	5,540	1,000
		temp. li.	-11,229	5,357	0,160
Wahl- reaktion 1	temp. re.	temp. li.	-2,952	5,884	1,000
		front	-0,267	6,404	1,000
	temp. li.	temp. re.	2,952	5,884	1,000
		front	2,686	6,193	1,000
	front	temp. re.	0,267	6,404	1,000
		temp. li.	-2,686	6,193	1,000
Wahl- reaktion 2	temp. re.	temp. li.	-0,381	6,185	1,000
		front	10,133	6,731	0,459
	temp. li.	temp. re.	0,381	6,185	1,000
		front	10,514	6,509	0,381
	front	temp. re.	-10,133	6,731	0,459
		temp. li.	-10,514	6,509	0,381
Gedäch- tis/v sum	temp. re.	temp. li.	-0,762	4,677	1,000
		front	-1,533	5,090	1,000
	temp. li.	temp. re.	0,762	4,677	1,000
		front	-0,771	4,922	1,000
	front	temp. re.	1,533	5,090	1,000
		temp. li.	0,771	4,922	1,000
Gedäch- tis/f sum	temp. re.	temp. li.	-14,738	4,601	0,018
		front	-3,567	5,007	1,000
	temp. li.	temp. re.	14,738	4,601	0,018
		front	11,171	4,842	0,107
	front	temp. re.	3,567	5,007	1,000
		temp. li.	-11,171	4,842	0,107
Wortflüssigkeit	temp. re.	temp. li.	-9,314	5,012	0,253
		front	5,000	5,414	1,000
	temp. li.	temp. re.	9,314	5,012	0,253
		front	14,314	5,012	0,038
	front	temp. re.	-5,000	5,414	1,000
		temp. li.	-14,314	5,012	0,038

Tabelle 35: Genaue Bedeutung der Untertestvariablen

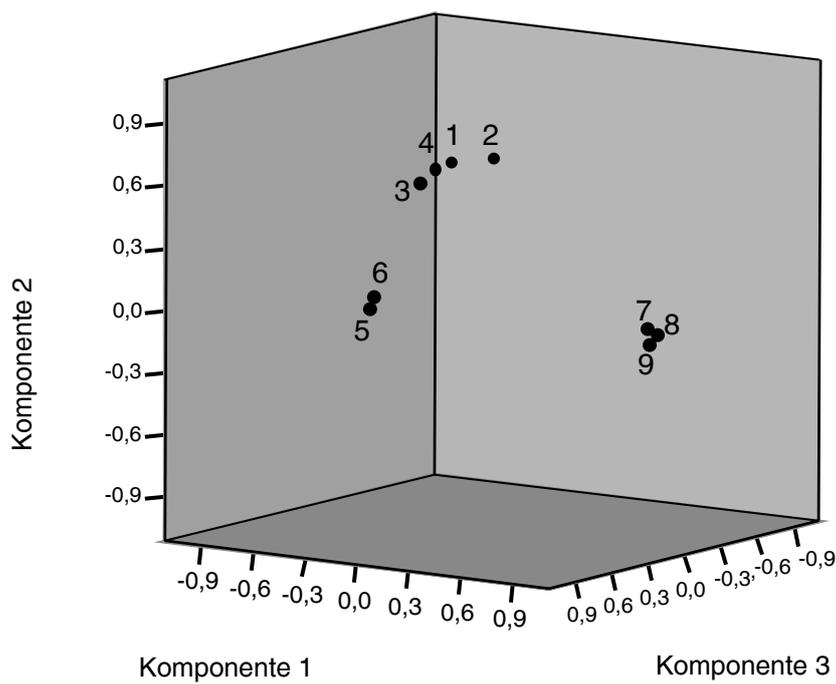
Variable:	Definition:
Zahlenspanne P Zahlenspanne	Erreichte Punktzahl im Untertest "Zahlenspanne" Max. erreichte Spanne im Untertest "Zahlenspanne"
2-back-Test T 2-back-Test Diff.	Im "2-back-test" benötigte Reaktionszeit Differenz aus richtigen und falschen Alarmierungen im "two-back-test"
Reaktionszeit	Reaktionszeit in Millisekunden im Untertest "einfache Reaktionszeit"
Wahlreaktion1 Wahlreaktion1 Diff. Wahlreaktion2 Wahlreaktion2 Diff.	Reaktionszeit im Untertest "Wahlreaktion" Differenz aus richtigen und falschen Alarmierungen im Untertest "Wahlreaktion" Reaktionszeit im Untertest "Wahlreaktionsinterferenz" Differenz aus richtigen und falschen Alarmierungen im Untertest "Wahlreaktionsinterferenz"
Gedächtnis/v Dg.1-4 Gedächtnis/v sum	Differenz aus richtigen und falschen Alarmierungen im Untertest "verbales Gedächtnis". Die Ziffern eins bis vier bezeichnen die Durchgänge. Summe der Variablen `Gedächtnis/v Dg.` eins bis vier des Untertests "verbales Gedächtnis"
Gedächtnis/f Dg.1-4 Gedächtnis/f sum	Differenz aus richtigen und falschen Alarmierungen im Untertest "figurales Gedächtnis". Die Ziffern eins bis vier bezeichnen die Durchgänge. Summe der Variablen `Gedächtnis/f Dg.` eins bis vier des Untertests "figurales Gedächtnis"
Gedächtnis/v RT Gedächtnis/f RT	Reaktionszeit bei richtigen Alarmierungen im Untertest "verbales Gedächtnis" Reaktionszeit bei richtigen Alarmierungen im Untertest "figurales Gedächtnis"
Wortflüssigkeit MWTB-Iq	Anzahl der genannten Wörter im Untertest "Wortflüssigkeit" Ermittelter Intelligenzquotient im MWTB

Tabelle 36: Rotierte Komponentenmatrix

	Komponente		
	1	2	3
Wahlreaktion 1	,863		
Wahlreaktion 2	,837		
Reaktionszeit	,713		
2-back-Test Diff		,690	
MWT-B		,660	
Wortflüssigkeit		,626	
Ziffernspanne P		,612	
Gedächtnis/v sum			,821
Gedächtnis/f sum			,680

Extraktionsmethode: Hauptkomponentenanalyse.
 Rotationsmethode: Varimax mit Kaiser-Normalisierung.
 a Die Rotation ist in 5 Iterationen konvergiert.

Abbildung 17: Komponentendiagramm im rotierten Raum



1= Zahlenspanne P	6= Gedächtnis/v sum
2= 2-back-Test Diff	7= Wahlreaktion 1
3= Wortflüssigkeit	8= Wahlreaktion 2
4= MWT-B	9= Reaktionszeit
5= Gedächtnis/f sum	

Abbildung 18: Tabellarische Auflistung der Untertestergebnisse mit entsprechenden Prozenträngen und Standardwerten

16-30 Jahre										
Zahlenspanne P	2-back-Test Diff	Reaktionszeit	Wahlreaktion 1	Wahlreaktion 2	Gedächtnis/v sum	Gedächtnis/f sum	Wortflüssigkeit		Prozentrang	Standardwert
							m	w		
1-3	1-2	>372	>504	>465	<28	<3	<4	<6	3	<70
4-5	3-6	372-297	504-392	465-410	28-36	3-7	4-7	6-10	10	70-85
6	7	296-281	391	411-401	37	8	8	10	16	
6	8	280-266	390	400-376	38	9-10	9	11	20	
6	8	265-251	389-366	375-361	39	11-12	10	11	30	
8	9	250-243	365-350	360-345	40	13	11-12	12	40	
8	9	242-236	349-340	344-336	41	14-15	13	12-13	50	
8	10	235-232	339-330	335-327	42-43	16-17	13	14-15	60	>85
8	10	231-224	329-315	326-313	44	18-19	14-15	16	70	
9	10	223-220	314-308	312-307	44	20	16	17	80	
10	10	219-212	307-305	306-297	45	21	17	18	84	
10	10	211-205	304-297	296-290	46	22-24	18	19-21	90	
12	10	<204	296-269	<290	47	25	18	>21	97	
31-45 Jahre										
1	0	>510	>496	>528	<22	0	<5	<6	3	<70
2-4	1-5	510-377	496-438	528-473	22-29	1	6	7	10	70-85
5	6	376-355	437-427	472-440	30-34	2	6	8-9	16	
5	6	354-334	426-416	439-421	35	2	7-8	10-11	20	
6	7	333-287	415-391	420-393	35	3-4	9	12	30	
7	8	286-272	390-379	392-380	37-38	5-6	10-11	13	40	
7	9	270-261	378-361	379-371	39-40	7-10	12	13	50	
8	10	260-250	360-352	370-360	41-42	11	12	14-15	60	>85
8	10	249-234	351-342	359-353	43-44	12-13	13-14	16	70	
9	10	233-232	341-326	352-338	45	14	15	17	80	
9	10	231-221	325-321	337-329	45	15-17	15-16	17-21	84	
9	10	220-211	320-293	328-324	46	18-22	17	22-23	90	
11	10	<210	<293	<324	47	>23	>17	>23	97	

Stark unterdurchschnittliche Testleistung

Unterdurchschnittliche Testleistung

VI. Zusammenfassung

Epilepsien sind neurologische Erkrankungen, die sich auf pathologisch gesteigerter, neuronaler Aktivität begründen. Durch verschiedene Mechanismen wie die zugrunde liegende cerebrale Pathologie, Anfallsfolgen und medikamentöse oder operative Therapien kann es im Rahmen von Epilepsien zu Beeinträchtigungen der kognitiven Leistungsfähigkeit kommen. Daher sind neuropsychologische Testverfahren in der Diagnostik als auch der Verlaufskontrolle von großer Bedeutung (Grote et al, 2001).

NeurocogFX ist ein solches Testverfahren in Form einer neu entwickelten, computergestützten Testbatterie, anhand derer die Bereiche Kurzzeitgedächtnis, Arbeitsgedächtnis, psychomotorische Geschwindigkeit, selektive Aufmerksamkeit, verbales und figurales Gedächtnis sowie Wortflüssigkeit getestet werden sollen. Im Rahmen dieser Arbeit wurden 134 neurologisch nicht erkrankte Probanden zwischen 16 und 45 Jahren nach festgelegten Ausschlusskriterien ausgesucht und mittels NeurocogFX getestet. Um einen Alterseinfluss zu prüfen, wurde die Normstichprobe in zwei Kollektive (16-30 Jahre und 31-45 Jahre) geteilt. Die erhobenen Rohdaten wurden nach einem festen Schema analysiert und Normdaten für die verschiedenen Untertests berechnet. Anschließend wurde die Validität bzw. Trennschärfe der berechneten Normwerte an einer epileptologischen Patientenstichprobe überprüft. Es zeigte sich, dass NeurocogFX über gute Normwerte verfügt. Die Ergebnisse der verhältnismäßig kleinen, im Rahmen dieser Arbeit getesteten Patientenstichprobe entsprechen tendenziell dem zu erwartenden Profil. Somit kann man mittels NeurocogFX möglicherweise auch spezielle Defizite differenzierter und zügiger erfassen, als es bereits etablierte Screening-Tests können. Hierzu wäre allerdings eine Validierung anhand eines größeren Probandenkollektivs und einer bereits validierten, parallel laufenden Testbatterie nötig.

VII. Literaturverzeichnis

Adcock JE, Wise RG, Oxbury JM, Oxbury SM, Matthews PM. Quantitative fMRI assessment of the differences in lateralization of language-related brain activation in patients with temporal lobe epilepsy. *Neuroimage* 2003; 18: 423-438.

Aldenkamp AP, Arends J. Effects of epileptiform discharges on cognitive function: Is the concept of "transient cognitive impairment" still valid. *Epilepsy Behav.* 2004; 5: 25-34.

Aldenkamp AP, Beitler j, Arends J, van der Linden I, Diepman L. Acute effects of subclinical epileptiform EEG discharges on cognitive activation. *Funct Neurol.* 2005a; 20: 23-28.

Aldenkamp AP, Bodde N. Behaviour, cognition and epilepsy. *Acta Neurol Scand Suppl.* 2005b; 182: 19-25.

Bauer J. Epilepsie: Nützliches zu Behandlung und Beratung. Darmstadt: Steinkopff Verlag, 2002.

Billard C, Livet MO, Motte J, Vallee L, Gillet P. The BREV neuropsychological test: Part I. Results from 500 normally developing children. *Dev Med Child Neurol.* 2002a; 44: 391-397.

Billard C, Motte J, Farmer M, Livet MO, Vallee L, Gillet P. Vol S, The BREV neuropsychological test: Part II. Results of validation in children with epilepsy. *Dev Med Child Neurol.* 2002b; 44: 398-404.

Buelow JM, Ferrans CE. Quality of Life in Epilepsy. In: Ettinger AB, Kanner AM, eds. *Psychiatric issues in epilepsy: A practical guide to diagnosis and treatment.* Philadelphia - Baltimore - New York - London - London - Buenos Aires - Hong Kong - Sydney - Tokyo: Lippincott Williams & Wilkins, 2001: 307-317.

Cramer JA, Blum D, Reed M, Fanning K; Epilepsy Impact Project Group. The influence of comorbid depression on quality of life for people with epilepsy. *Epilepsy Behav.* 2003; 4: 515-521.

Dikmen S, Matthews CG. Effect of major motor seizure frequency upon cognitive-intellectual functions in adults. *Epilepsia* 1977; 18: 21-29.

Dodrill C, Beier R, Kasparich M, et al. Psychosocial problems in adults with epilepsy: comparison of findings from four countries. *Epilepsia* 1984; 25: 176-183.

Elger CE, Helmstaedter C, Kurthen M. Chronic epilepsy and cognition. *Lancet Neurol.* 2004; 3: 663-672.

Exner C, Boucsein K, Lange C, Winter H, Weniger G, Steinhoff BJ, Irle E. Neuropsychological performance in frontal lobe epilepsy. *Seizure* 2002; 11: 20-32.

Frias CM, Nilsson LG, Herlitz A. Sex differences in cognition are stable over a 10-year period in adulthood and old age. *Neuropsychol Dev Cogn B Aging Neuropsychol Cogn.* 2006; 13: 574-587.

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

Grote CL, Smith CA, Amity R. Neuropsychological evaluation of the Patient with Seizures. In: Ettinger AB, Kanner AM, eds. *Psychiatric issues in epilepsy: A practical guide to diagnosis and treatment.* Philadelphia - Baltimore - New York - London - London - Buenos Aires - Hong Kong - Sydney - Tokyo: Lippincott Williams & Wilkins, 2001: 31-43.

Helmstaedter C. Behavioral aspects of frontal lobe epilepsy. *Epilepsy Behav.* 2001; 2: 384-395.

Helmstaedter C. Neuropsychological aspect of epilepsy surgery. *Epilepsy behav.* 2004; 5: 45-55.

Helmstaedter C. Neuropsychologie bei Epilepsien. In: Sturm W, Herrmann M, Wallesch C, Hrsg., *Lehrbuch der klinischen Neuropsychologie*. Lisse: Swets & Zeitlinger, 1999: 571-580.

Helmstaedter C, Elger CE, Lendt M. Postictal courses of cognitive deficits in focal epilepsies. *Epilepsia* 1994; 35: 1073-1078.

Helmstaedter C, Elger CE. The phantom of progressive dementia in epilepsy. *Lancet* 1999; 18-25: 354-2133.

Helmstaedter C, Fritz NE, Gonzales Perez PA, Elger CE, Weber B. Shift-back of right into left hemisphere language dominance after control of epileptic seizures: evidence for epilepsy driven functional cerebral organization. *Epilepsy Res.* 2006; 70: 257-262.

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

Helmstaedter C, Kurthen M, Lux S, Reuber M, Elger CE. Chronic epilepsy and cognition: a longitudinal study in temporal lobe epilepsy. *Ann Neurol.* 2003; 54: 425-432.

Jokeit H, Schacher M. Neuropsychological aspects of type of epilepsy and etiological factors in adults. *Epilepsy behav.* 2004; 5: 14-20.

Kanner AM, Weisbrot D. Psychiatric Evaluation of the Patient with Epilepsy. In: Ettinger AB, Kanner AM, eds. *Psychiatric issues in epilepsy: A practical guide to diagnosis and treatment*. Philadelphia - Baltimore - New York - London - London - Buenos Aires - Hong Kong - Sydney - Tokyo: Lippincott Williams & Wilkins, 2001: 19-30.

Lee HW, Jung DK, Suh CK, Kwon SH, Park SP. Cognitive effects of low-dose topiramate monotherapy in epilepsy patients: A 1-year follow-up. *Epilepsy Behav.* 2006; 8: 736-741.

Letz R. Continuing challenges for computer-based neuropsychological tests. *Neurotoxicology* 2003; 24: 479-489.

Matthes A, Schneble H. *Epilepsien: Diagnostik und Therapie für Klinik und Praxis.* Stuttgart - New York: Thieme, 1999.

McConnel H, Duncan D. Treatment of psychiatric comorbidity in epilepsy. In: McConnel H, Snyder P, eds. *Psychiatric comorbidity in epilepsy.* Washington, DC: American Psychiatric Press, 1998: 245.

Ortinski P, Meador KJ. Cognitive side effects of antiepileptic drugs. *Epilepsy Behav.* 2004; 5: 60-65.

Randall CM, Dickson AL, Plasay MT. The relationship between intellectual function and adult performance on the Benton Visual Retention Test. *Cortex* 1988; 24: 277-289.

Rosche J, Uhlmann C, Froscher W. On the value of neuropsychological short tests in epileptology. *Nervenarzt* 2004; 75: 1204-1208.

Stefan H. *Epilepsien: Diagnose und Behandlung.* London - Glasgow - Weinheim - New York - Tokyo - Melbourne - Madras: Chapman and Hall, 1995.

Stella F, Maciel JA. Intelligence functions disorders in patients with complex partial epilepsy. *Arq Neuropsiquiatr.* 2004; 62: 983-987.

Thomas-Anterion C, Laurent B. Neuropsychological markers for the diagnosis of Alzheimer's disease. *Rev Neurol.* 2006; 162: 913-920.

Thompson PJ, Duncan JS. Cognitive decline in severe intractable epilepsy. *Epilepsia* 2005; 46: 1780-1787.

Tromp S, Aldenkamp AP, Arends J, Weber JW, Linden I VD, Diepmann L. Relative influence of epileptic seizures and of epilepsy syndrome on cognitive function. *J Child Neurol* 2003; 18: 407-413.

Woermann FG, Jokeit H, Luerding R, Freitag H, Schulz R, Guertler S, Okujava M, Wolf P, Tuxhorn I, Ebner A. Language lateralization by Wada test and fMRI in 100 patients with epilepsy. *Neurology* 2003; 61: 699-701.

VIII. Danksagung

Ich bedanke mich bei Dr. med. Klaus Fließbach für seine umfangreiche Unterstützung, Beratung sowie seine konstruktive Kritik, bei Prof. Dr. Helmstaedter für die Betreuung dieser Arbeit, sowie Dr. med. Pickl-Gilberg für sein Engagement im Rahmen der Probandenrekrutierung.

Großer Dank gebührt meinen Eltern für die großzügige Unterstützung in jeder Hinsicht während des Studiums und der Promotionszeit als auch Familie Wiewelhove für die moralische Unterstützung.

Besonders bedanken möchte ich mich bei Dr. med. Erlei für die angeregten fachlichen Dialoge sowie die Hilfe bei richtungsweisenden Entscheidungen.