

**Spätfolgen des Morbus Wilson
und ihre Auswirkungen auf das Handlungsgedächtnis**

Dissertation
zur Erlangung des akademischen Grades eines
Doktors der Philosophie
der Philosophischen Fakultäten
der Universität des Saarlandes

vorgelegt von

Anja Dellmann

Der Dekan: Univ. Prof. Dr. Jürgen Kubiniok

Berichterstatter: Prof. Dr. H. Zimmer

Univ.-Prof. Dr. D. Wentura

Tag der Disputation: 14.06.2011

Diese Arbeit widme ich

Frau Emilie Linnemann,

deren Persönlichkeit und beeindruckender Lebensmut mich

wesentlich

geprägt haben

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	1
2	Zum Krankheitsbild des Morbus Wilson	4
2.1	Diagnostik.....	6
2.1.1	Die Symptome.....	9
2.2	Behandlung und Prognose.....	11
2.3	Residualsymptome.....	13
3	Befunde zur Erforschung kognitiver Funktionen bei Patienten mit Morbus Wilson.....	14
3.1	Die empirische Datenlage.....	15
3.2	Kritische Würdigung dieser Befunde.....	29
4	Allgemeinpsychologische Ansätze zum Erinnern von Handlungen...	32
4.1	Handlungsausführung als strategiefreies Enkodieren.....	33
4.2	Handlungsausführung als multimodales, reiches Enkodieren.....	36
4.3	Handlungsausführung als motorisches Enkodieren.....	38
4.4	Handlungsausführung als itemspezifisches Enkodieren.....	40
4.5	Die Erklärung des Handlungseffektes durch die Multimodale Gedächtnistheorie.....	42
4.6	Aktueller Stand der Ansätze um die Erklärung des Handlungseffektes.....	49
5	Die Rolle des Planens beim Ausführen von Handlungen.....	51
5.1	Zur Beteiligung verschiedener Hirnstrukturen an der Planung und Ausführung von Handlungen.....	54
6	Spezifische Darstellung der Zielsetzung der vorliegenden Arbeit.....	57
6.1	Entwicklung meines Modells zur Handlungsausführung bei Patienten mit Morbus Wilson.....	60
6.2	Formulierung meiner Hypothesen.....	69
6.3	Vorausschau auf die Experimente.....	76
7	Untersuchung zum Erinnern eigener Handlungen.....	78
7.1	Fragestellung.....	78
7.2	Methode.....	79
7.2.1	Anmerkungen zur Patientenstichprobe.....	79
7.2.1.1	Design.....	80
7.2.1.2	Material.....	80
7.2.1.3	Vorgehen.....	81
7.2.1.4	Kriterien für die Auswertung.....	82
7.3	Ergebnisse.....	83
7.3.1	Leistungen im Free Recall.....	83
7.3.2	Serielle Positionskurven.....	85
7.3.3	Leistungen in der Rekognition.....	88
7.4	Diskussion der Ergebnisse und Schlussfolgerungen.....	90
8	Untersuchung zum Erinnern eigener Handlungen unter Lernen mit realen Objekten bei der Handlungsausführung.....	93
8.1	Fragestellung.....	93
8.2	Methode.....	94
8.2.1	Versuchsteilnehmer.....	94
8.2.1.1	Design.....	95
8.2.1.2	Material.....	95
8.2.1.3	Vorgehen.....	95

8.3	Ergebnisse des Lernexperimentes.....	96
8.3.1	Leistungen im Free Recall.....	96
8.3.2	Serielle Positionskurven.....	98
8.3.3	Leistungen in der Rekognition.....	99
8.4	Ergebnisse der Motorikaufgaben.....	100
8.5	Diskussion der Ergebnisse und Schlussfolgerungen.....	101
9	Untersuchung zum erinnern eigener Handlungen unter Lernen mit Orientierungsaufgaben.....	104
9.1.	Fragestellung.....	104
9.1.1	Der Einfluss von Orientierungsaufgaben auf das Erinnern.....	107
9.1.2	Der Einfluss der Aufmerksamkeit auf das Erinnern.....	111
9.1.3	Formulierung meiner Hypothesen.....	113
9.2	Experiment.....	116
9.2.1	Methode.....	116
9.2.1.1	Versuchsteilnehmer.....	116
9.2.1.2	Design.....	116
9.2.1.3	Material.....	116
9.2.1.4	Vorgehen.....	117
9.2.2	Ergebnisse und Diskussion des Lernexperimentes.....	118
9.2.2.1	Ergebnisse im Free Recall.....	121
9.2.2.2	Serielle Positionskurven.....	121
9.2.3	Diskussion.....	126
9.3	Ergebnisse der Aufmerksamkeitstestung.....	128
9.3.1	Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse.....	134
10	Diskussion und abschließende Überlegungen.....	135
10.1	Zusammenschau der Befunde und kritische Bewertung.....	135
10.1.1.	Interpretation der Befunde unter VT.....	136
10.1.1.1	Neuropsychologischer Erklärungsansatz	140
10.1.2	Das Erinnern an selbst ausgeführte Handlungen bei Morbus-Wilson-Patienten und Gesunden.....	151
10.2	Abschließende Bemerkungen	153
11	Zusammenfassung.....	155
	Literaturverzeichnis.....	160
	Anhang: Versuchsmaterial.....	181
	Danksagungen.....	185

Wichtig ist, dass man nicht aufhört zu fragen.

(Albert Einstein)

1 Einleitung

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit Untersuchungen zum Gedächtnis für selbst ausgeführte Handlungen an einer Patientengruppe, die an einer sehr seltenen Krankheit leidet: Morbus Wilson. Im Mittelpunkt steht dabei das Erinnern eigener Handlungen, denn die Wilson-Erkrankung beeinträchtigt häufig die Handlungsausführung. Wegen des engen Zusammenhanges zwischen Handeln und Erinnern (Engelkamp, 1997a) werden Veränderungen des Handlungsgedächtnisses für möglich gehalten. Ziel ist es zu prüfen, welche Auswirkungen diese Erkrankung auf die Erinnerungsleistung hat. Zu diesem Zweck wird die Gedächtnisleistung dieser Patientengruppe mit jener einer gesunden Kontrollgruppe verglichen.

Bei der Wilson-Krankheit handelt es sich um eine Störung des Kupferstoffwechsels. Einen „Defekt der Bindung von Kupfer an Transportproteine, so dass bei insgesamt vermindertem Serumkupfer der Serumkupferspiegel des freien, nicht gebundenen Kupfers erhöht ist.“ (Freitag, 2003, S.3). Als Folge kommt es zu Kupferablagerungen im gesamten Körper. Die Erkrankung gilt bislang als nicht heilbar aber gut behandelbar, sofern sie rechtzeitig diagnostiziert und konsequent behandelt wird. Unbehandelt endet die Erkrankung tödlich, weil sich das Kupfer im Körper einlagert und es zu Vergiftungen des gesamten Organismus kommt. Besonders betroffen sind Leber, Nieren und Gehirn. Da die Krankheit sehr selten ist, die Prävalenzrate liegt bei 1/30000 Lebendgeburten, die Inzidenzrate bei etwa 15-30/Million, ist die Kenntnis über diese Erkrankung und deren adäquater Behandlung gering. Deshalb sterben viele betroffene Menschen meistens in der Kindheit oder in der Adoleszenz.

Wirksame Medikamente gibt es erst seit Mitte der 60er Jahre, deshalb kann sie auch erst seit diesem Zeitpunkt erfolgreich behandelt werden. Die Betroffenen werden medikamentös entgiftet, befinden sich also auch nicht mehr in lebensbedrohlichem Zustand, aber sie werden nicht geheilt, da die Stoffwechselstörung weiterhin besteht.

Wesentliche Symptome des Morbus Wilson, die ich später noch genauer darstellen und auch differenzieren werde, sind Leberzirrhose, Intention- und Ruhetremor der Extremitäten, Schreibstörung, Sprechstörung, Koordinationsstörungen, Gangstörungen, Dystonien, Bauch- und Rückenschmerzen, Affektlabilität, Störung der Impulskontrolle und Distanzlosigkeit.

Die bisherige Forschung stützt sich hauptsächlich auf diese pathologischen neurologischen und internistischen Phänomene (Ala & Schilsky, 2004; Brewer, 1992, 2000, 2005; Freitag, 2003; Hefter, Arendt, Stremmel, Freund, 1993a, 1993b; Scheinberg & Sternlieb, 1984; Schilsky, 2005; Willeit et al., 1992), da diese Symptome sehr hervorstechend und dominant sind.

Zunächst weniger auffällig sind dagegen Konzentrations- und Merkfähigkeitsstörungen, von denen aber in Einzelfallstudien berichtet wird (Willeit et al., 1992). Es stellt sich deshalb die Frage, ob solche mnestischen Ausfälle mit dem Morbus Wilson in Zusammenhang stehen oder ob es sich hierbei um Einzelfälle handelt. Die bislang vorliegenden wissenschaftlichen Studien zu Gedächtnisleistungen bei Morbus Wilson-Patienten (z.B. Medalia, Isaacs-Glabermann & Scheinberg, 1988, 1989; Hefter 1997; Lang, Müller, Claus & Duschky, 1990; Portala, Levander, Westermark, Ekselius & von Knorring, 2001; Seniów, Bak, Gajda, Poniatowska und Czlonkowska, 2002; Szutkowska-Hoser, Seniow, Czlonkowska & Laudanski, 2005) sind, wie ich noch zeigen werde, in ihrer Aussagefähigkeit eher mäßig und bedürfen der weiteren systematischen Erforschung.

Ich habe mir deshalb zur Aufgabe gemacht, die Gedächtnisleistungen bei Patienten mit einem Morbus Wilson systematisch zu untersuchen und zwar in einem Bereich in dem aufgrund der motorischen Beeinträchtigung der Wilson-Patienten auch eine Auswirkung auf die Erinnerungsleistung zu erwarten ist: Dem Gedächtnis für selbst ausgeführte Handlungen.

Wir wissen aus gedächtnispsychologischen Untersuchungen mit körperlich nicht eingeschränkten Personen, dass motorische Komponenten zum Erinnern beitragen. Die Saarbrücker Forschergruppe um Engelkamp und Zimmer kann seit Mitte der 80er Jahre

nachweisen, dass in Experimenten, in denen Handlungsphrasen gelernt und erinnert werden müssen, ein deutlicher Gedächtnisvorteil besteht, wenn man beim Lernen von Handlungsphrasen die Handlungen auch gleichzeitig (symbolisch) ausführt (Engelkamp & Zimmer, 1983). Nach Überzeugung der Autoren geht dieser Gedächtniseffekt auf das offene Handeln zurück, d. h. die Planung und Ausführung der einzelnen Handlungen.

Wenn dies zutrifft und wenn Wilson-Patienten in der Handlungsplanung und deren Ausführung Beeinträchtigungen aufweisen, dann sollte sich die motorische Problematik nicht nur auf das Ausführen von Handlungen, sondern auch auf das Erinnern derselben auswirken. Diese Annahme kann man innerhalb des Forschungsfeldes im Rahmen des Handlungsgedächtnisses experimentell untersuchen. Morbus Wilson-Patienten und eine gesunde Vergleichsgruppe führen symbolisch Alltagshandlungen aus wie z.B. „das Fenster schließen“ oder „die Kerze auspusten“, „die Jacke zuknöpfen“ etc. und sollen diese später erinnern.

Ich werde im Folgenden zunächst einmal das Krankheitsbild beschreiben, die Symptomatik darstellen, sowie auf die Behandlung eingehen. Danach werde ich einige Studien darstellen, die sich mit kognitiven Defiziten bei Patienten mit Morbus Wilson befassen. Im Anschluss daran stelle ich gedächtnispsychologische Erklärungsansätze zum Handlungsgedächtnis vor. Darauf aufbauend folgen meine Überlegungen in Form eines Modells zum Handlungsgedächtnis bei Patienten mit Morbus Wilson. Daran anschließend berichte ich meine Untersuchungen dazu und werde sie diskutieren.

Wichtig ist mir, gleich zu Beginn zu erwähnen, dass ich mich in meinen Untersuchungen auf einen späten Zeitpunkt nach der Diagnosestellung und der Therapie beschränke. Die Patienten befinden sich in einem fortgeschrittenen Stadium ihrer Erkrankung und sind medikamentös eingestellt. Die akute Symptomatik zeigt sich also nicht mehr in ihrem ganzen Ausmaß. Es ist ausgesprochen schwierig, Patienten im akuten Krankheitsstadium, also kurz nach der Diagnosestellung, mit einem entsprechend auffallenden Krankheitsbild, zu untersuchen. Die meisten Patienten befinden sich direkt nach der Diagnosestellung in einer psychischen Krise, ziehen sich aus dem sozialen Leben ganz zurück. Dies macht einen Vergleich der Leistungen nahezu unmöglich, da zu viele andere Störfaktoren mit in die Untersuchung einfließen. Mein Patientenkollektiv besteht somit ausschließlich aus Patienten mit einer so genannten Residualsymptomatik. Das bedeutet, dass ich mich mit den Spätfolgen dieser Erkrankung auf das Gedächtnis auseinandersetze.

Zudem ist es mir ein Anliegen zu betonen, dass ich - vorwiegend aus Gründen der sprachlichen Ästhetik und der besseren Lesbarkeit des vorliegenden Text - trotz der Verwendung der männlichen Form von Patienten bzw. Teilnehmern oder Probanden selbstverständlich immer auch Frauen mit einschlieÙe.

2 Zum Krankheitsbild des Morbus Wilson

Kurzer historischer Abriss: Die Entdeckung der Krankheit Morbus Wilson begann durch den englischen Arzt Samuel Alexander Kinnier Wilson (1877-1937). Bereits zu Beginn des 20. Jahrhunderts fanden Kayser und Fleischer ein für die Krankheit typisches Phänomen von grünlich-brauner Verfärbung (Kupferablagerungen) in der Hornhaut des Auges, der Cornea, das seither als Kayser-Fleischer-Kornealringe bezeichnet und zur Diagnostik genutzt wird. Westphal machte 1883 erste klinische Beobachtungen an Patienten, die an einer „der cerebrospinalen grauen Degeneration ähnlichen Erkrankung des zentralen Nervensystems ohne anatomischen Befund“ erkrankt waren. Er berichtete über deren auffallend motorische Symptomatik.

Samuel Wilson schließlich stellte bei Patienten einen Zusammenhang zwischen neurologischer Symptomatik und auftretender Leberzirrhose fest und benannte die Erkrankung 1912 „progressive hepatolenticuläre Degeneration“. Aufgrund der Erforschungen von Westphal wird die Erkrankung auch als „Westphal-Strümpellsche Pseudosklerose“ bezeichnet. Hall (1921) und Bearn (1960) fanden schließlich heraus, dass es sich bei dieser Erkrankung um ein autosomal rezessives Vererbungsmuster handelt. Die erhöhte Kupferansammlung als deren Ätiologie wurde im Jahre 1948 durch Cumings gefunden. Erst in den späten 80er bzw. frühen 90er Jahren wurde das Wilson-Gen auf dem Chromosom 13 lokalisiert (Frydman, 1985; Bull et al., 1993).

Die Forschung in Deutschland und die Behandlung der Krankheit begann erst zu Beginn der 60er Jahre mit der Gruppe um Przuntek (Przuntek et al., 1987). Im anglo-amerikanischen Raum wurde jedoch schon früher darüber geforscht. Walshe (1956) fand ein wichtiges Medikament, das den Wirkstoff D-Penicillamin enthält. Medikamente mit diesem Wirkstoff werden heute noch als das Mittel der Wahl eingesetzt.

Aktueller Stand der Wissenschaft bezüglich des Krankheitsbildes:

M. Wilson ist die Folge einer akuten Kupfervergiftung im Organismus. Die Vergiftung entsteht dadurch, dass das mit der täglichen Nahrung aufgenommene Kupfer an das notwendige Transportprotein „Coeruloplasmin“ nicht gebunden und regulär ausgeschieden werden kann wie bei Gesunden. Der Mensch benötigt täglich 1-2 mg Kupfer, nimmt aber durchschnittlich 3-4 mg mit der Nahrung auf. Der Rest muss ausgeschieden werden. Die Ausscheidung des Kupfers erfolgt über den Urin, das meiste jedoch über den Stuhl und den Schweiß. Der einfacheren Messbarkeit halber erfolgt die Kupferbestimmung über den Kupferwert im 24-Stunden-Urin. Die normale Kupferausscheidung im Urin liegt bei Gesunden $< 40\mu\text{g/d}$. Beim Wilson-Patienten beträgt die Urinausscheidung in der Regel $> 100\mu\text{g/d}$ und kann im fortgeschrittenen Krankheitsstadium auf mehr als $1000\mu\text{g/d}$ ansteigen. Der pathologisch erhöhte Anstieg des Kupfers im Urin erklärt sich so, dass das in der Leber gespeicherte Kupfer dann in die allgemeine Zirkulation gelangt (vgl. Freitag, 2003).

Coeruloplasmin ist bei Wilson-Patienten nur ganz spärlich vorhanden, bei manchen ist es gar nicht vorhanden, bei 95% aller Wilson-Patienten lässt sich ein verminderter Coeruloplasminspiegel nachweisen (Cumings, 1948). Der Organismus kann über viele Jahre hinweg die Vergiftung kompensieren, bis die ersten Symptome auftauchen. Das Kupfer kann sich an Metallothionin im Körper binden; es wirkt sozusagen wie ein „Puffer“. Dadurch wird das Kupfer in seiner toxischen Wirkung herabgesetzt. Der Kompensationsmechanismus funktioniert solange bis diese „Pufferkapazität“ erschöpft ist. Wenn das Kupfer sich in die Zelle eingelagert hat, schädigt es die Zellmembranen und intrazelluläre Strukturen.

Funktionsstörungen werden wegen der erhöhten Cytotoxizität vor allem in Leber und im Gehirn beobachtet (Scheinberg & Sternlieb, 1984); weniger dramatische Funktionsstörungen zeigen sich auch in der Haut, deren Alterungsprozess verzögert ist. Deshalb ist auch der Begriff des „Engelsgesichtes“ bei Patienten mit Morbus Wilson geläufig.

2.1 Diagnostik

Das Alter der Patienten bei der Diagnosestellung variiert sehr stark und ist abhängig von der vorhandenen Symptomatik. In der Regel werden Patienten aber in den ersten drei Lebensjahrzehnten klinisch auffällig. Die Forscher fanden, dass die Zeitdauer zwischen dem Auftreten der ersten Symptome und der Diagnosestellung oft sehr hoch ist, meistens mindestens $\frac{1}{2}$ Jahr dauert; häufig erfolgt sie bei der abdominalen Form erst post mortem.

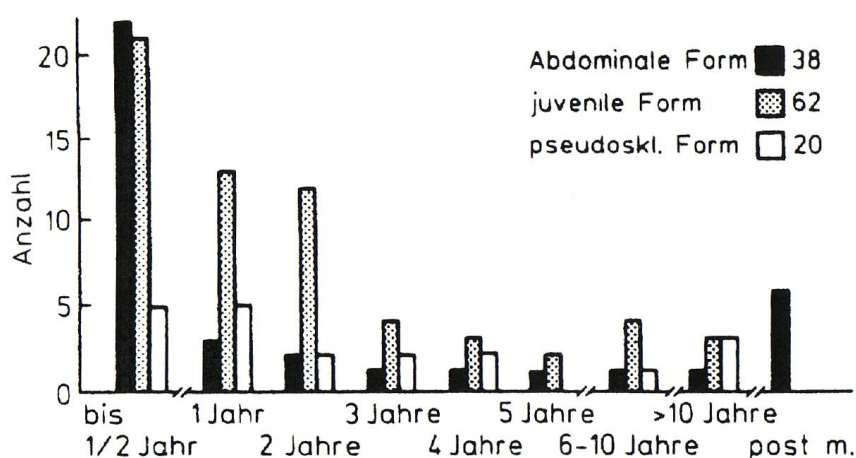


Abbildung 1: aus Przuntek & Hoffmann (1987).

Eine Schwierigkeit bei der Diagnosestellung ist die Tatsache, dass sich unter den wenigen Wilson-Patienten ein derart heterogenes Symptommuster abbildet, so dass sich die Wilson-Patienten in der Kombination ihrer Symptome sehr unterscheiden. Man findet also niemals **den** typischen Wilson-Patienten (M. Wilson-Kongress Leipzig, 2004).

Abzugrenzen ist der M. Wilson von dem Menkes Syndrom (kinky-hair syndrome), das auch auf einer Kupferstoffwechselstörung basiert und denselben ICD-Schlüssel hat wie der M. Wilson (E 83.0). Bei dieser Erkrankung liegt im Gegensatz zum Morbus Wilson ein Kupfermangel vor. Hierbei kommt es aufgrund einer X-chromosomal rezessiv erblichen Krankheit zu einer Degeneration des ZNS. Diese Patienten fallen u.a. klinisch auf durch pigmentarme Spindelhaare, Minderwuchs sowie psychomotorische Entwicklungsstörung. Die Krankheit hat einen letalen Verlauf; nur selten werden die Patienten 15 Jahre alt (Roche-Lexikon, 1998; Freitag, 2003).

Die Heidelberger Schule um Stremmel (Smolarek & Stremmel, 1999) unterscheidet zwei verschiedene Formen des M. Wilson:

1. Den juvenilen Typ (hepatischen) mit rascher Progredienz (unbehandelt). Beginn: 7.-15. Lebensjahr. Diese Patienten weisen hauptsächlich hepatische Symptome (Lebersymptome) auf. Bei vielen bestehen unklare Bauchbeschwerden; daher wird diese Form auch als abdominale Form bezeichnet.
2. Den erwachsenen Typ mit chronischer Progredienz. Hierbei ist der Beginn zwischen dem 20. und dem 30. Lebensjahr. Patienten dieses Typs haben neurologisch-psychiatrische Auffälligkeiten wie extrapyramidal-motorische Störungen, Sprechstörungen, Schluckstörungen, Affektlabilität sowie Konzentrationsstörungen. Bei beiden Formen ist oftmals als Spätsymptom der „Kayser-Fleischer-Kornealring“ zu sehen, ein bräunlicher Ring in der Linse des Auges.

Eine andere Einteilung in drei verschiedenen Formen schlagen Przuntek & Hoffmann (1987) vor: Hiernach wird unterteilt in die abdominelle oder kindliche Form, die juvenile oder parkinsonoide Form sowie die pseudosklerotische Form.

Bei der abdominellen Form, die im Kindesalter auftritt, stehen Appetitlosigkeit, Ekel vor Fett, Diarrhoe, Ikterus sowie abdominale Schmerzattacken im Vordergrund. Bei Nichtbehandlung tritt bereits nach wenigen Wochen bis Monaten der Tod ein.

Die juvenile Form, die bei Patienten zwischen dem 6. und dem 30. Lebensjahr eintritt, ist gekennzeichnet durch unspezifische hepatische und neurologische Symptome. Neurologische Symptome sind Verschlechterung der Handschrift, Intensions- und Hal-tetremor, Gangunsicherheit, verwaschene Sprache, psychische Veränderungen (Ent-hemmung, Distanzlosigkeit, kriminelles Verhalten). Hepatische Symptome sind Leber-zirrhose und/oder Anämien.

Die pseudosklerotische Form manifestiert sich zwischen dem 20. und 40. Lebensjahr. Symptome sind ein leichter Halte- und Intentionstremor, eine skandierende Sprache, Nystagmus, Wesensveränderungen mit Verhaltensstörungen, erhöhter Reizbarkeit, Ak-tivitätsverlust und Merkschwäche.

Nach den Kriterien von Schoen und Sternlieb (1990) müssen mindestens zwei der folgenden Phänomene erfüllt sein, um die Diagnose eines Morbus Wilson rechtfertigen zu können.

- Eine veränderte Histologie der Leber
- Eine erhöhte Kupferkonzentration in der Leber
- Eine exzessive Kupferausscheidung im 24-Stunden-Urin
- Ein verminderter Coeruloplasminspiegel
- Das Vorhandensein eines Kayser-Fleischer-Kornealringes
- Eine niedrige Bindung von radioaktiv markiertem Kupfer an Coeruloplasmin (Radio-Kupfer-Test)

Die Histologie der Leber wird durch eine Sonografie der Leber festgestellt. Eine typische „Wilson-Leber“ ist pathologisch vergrößert und sieht kraterförmig aus. Mit Hilfe einer Leberbiopsie wird die Kupferkonzentration in der Leber festgestellt. Hierzu wird an zwei Stellen Gewebe der Leber entnommen und auf den Kupfergehalt untersucht. Üblicherweise wird hier beim Wilson-Patienten eine pathologisch hohe Konzentration festgestellt. Laboruntersuchungen des Urins und des Blutes dienen zum Nachweis der Höhe der Kupferkonzentration und des Coeruloplasminspiegels.

Zur Überprüfung, ob schon ein Kayser-Fleischer-Kornealring vorliegt, muss eine spezielle augenärztliche Untersuchung mit einer „Spaltlampe“ vorgenommen werden, da der Kupfering mit bloßem Auge oft nicht zu sehen ist. Bei 20% aller Wilson-Patienten findet man den Kayser-Fleischer-Kornealring nicht. Allerdings ist das Vorhandensein dieses Kornealringes immer als zuverlässiger Nachweis für die Diagnose eines Morbus Wilson anzusehen.

Mit Hilfe von Kernspinaufnahmen (MRT) des Schädels bei Wilson-Patienten kann man nachweisen, inwieweit Basalganglien, Kleinhirn, Hirnstamm, Kortex und weiße Substanz strukturelle Veränderungen aufweisen. Funktionelle Veränderungen können anhand der MRT jedoch nicht aufgezeigt werden; hierzu ist der Einsatz von PET erforderlich, die einen reduzierten Glukoseumsatz im ganzen Gehirn nachweisen können (vgl. Brewer, 2006; Hermann et al., 2002).

Zusätzlich ist bei betroffenen Wilson-Patienten eine Untersuchung von deren Familienmitgliedern erforderlich, da die Familien von Wilson-Patienten eine Hochrisikogruppe darstellen. Dieses so genannte „Familienscreening“ dient dazu, eventuell betroffene Familienmitglieder, die noch keine Symptome aufweisen, diagnostizieren zu können. Die Geschwister von Betroffenen tragen ein Risiko von 25% an einem Morbus Wilson zu erkranken. Bei Kindern ist das Risiko 1:200, bei Enkeln 1:800, Nichten und Neffen

1:600 und Cousins und Cousinen 1:800. Eine genetische Diagnostik wird nicht routinemäßig angewendet und hat bisher auch nur wissenschaftlichen Charakter. Zudem ist eine solche Untersuchung sehr kostenintensiv. Der Vollständigkeit halber soll dies jedoch erwähnt werden. Schließlich handelt es sich beim M. Wilson um eine Erbkrankheit. Man vermutet eine Mutation auf dem Gen 13q14. Bei der Routinediagnostik ist die Genetik nicht hilfreich, da das Wilson-Gen sehr groß ist und der genetische Defekt über das ganze Gen verteilt ist. Der labortechnische Aufwand ist daher enorm groß (vgl. Maier-Dobersberger, 1999).

2.1.1 Die Symptome

Obwohl die Symptome vielfältig sind und nicht bei allen Patienten vorkommen, sie aber dennoch sehr typisch sind, möchte ich sie kurz darstellen. Nach Smolarek (Informationsbroschüre für Patienten und Angehörige von Smolarek, Heidelberg, ohne Datum) lassen sich die Symptome den drei Gruppen der allgemeinen, psychiatrischen und neurologischen Erscheinungsformen einteilen: Allgemeine und abdominale Symptome zeichnen sich aus durch laborchemische Veränderungen, Müdigkeit, Appetitlosigkeit, Übelkeit, Erbrechen, akute Oberbauchschmerzen, Lebervergrößerung, Leberverhärtung, Leberzirrhose, Nasenbluten, HNO-Infekte, Amenorrhoe und Herzprobleme (Bradykardie). Da der Appetitmangel bei Wilson-Patienten während der Akutphase der Erkrankung ein weit verbreitetes Phänomen darstellt, viele nehmen bis zu 20 kg ab, wird die Krankheit oft auch als „innere Auszehrung“ beschrieben. Müdigkeit und Appetitmangel sind eng mit der Lebersymptomatik verbunden. Die Leberphänomene wie Zirrhose, Vergrößerung der Leber, Leberverhärtung, ikterische Schübe sind ebenfalls Leitsymptome der Erkrankung. Amenorrhoe oder Dysmenorrhoe sind äußerst häufig und persistieren oft noch lange nach Behandlungsbeginn. Die Bradykardie und eine pathologische Atmung können auftreten. Auch HNO-Infekte und Nasenbluten können, wenn auch eher selten, vorkommen.

Das am häufigsten anzutreffende psychiatrische Symptom ist die Störung der Impulskontrolle. Neuropsychologische (psychiatrische) Symptome wie Distanzlosigkeit, Aggressivität, Affektverflachung, Euphorie, Depression, Verlangsamung, Mangel an

Konzentrationsfähigkeit und Kritiklosigkeit treten in 90% der Fälle auf (Freitag, 2003). Zudem wird auch über Persönlichkeitsveränderungen berichtet und über ein hohes Maß an Irritabilität, enthemmtes sowie bizarres Verhalten (Brewer, 2005a; Dennig & Berrios, 1989; Hefter, 1997; Lauterbach, Cummings & Duffy, 1998).

Da die psychiatrischen Symptome ausschließlich in der Literatur mit den neurologischen Symptomen auftreten und mit Intoxikationen im Cerebellum, Basalganglien, Cortex und Hirnstamm korrespondieren, behandle ich im Folgenden diese als neuropsychiatrische Symptome.

Zu den neurologischen Symptomen, die sich im allgemein durch eine Beeinträchtigung der Motorik ausdrücken, zählen hauptsächlich die Akinese, Hypomimie, vermehrter Speichelfluss, Schluckstörungen, Sprechstörungen (Dysarthrie), Ruhe- und Haltetremor der Extremitäten und/oder des Rumpfes, des Kopfes, Schreibstörungen, Nystagmus, Hyperkinesen, Hypokinesen (Bradykinesie), Gangstörungen und Dystonien. Die neurologischen Hauptsymptome sind Bradykinesie, Dysarthrie und Tremor (Hefter, Arendt, Stremmel und Freund, 1993a). Bei der Bradykinesie oder Hypokinesie bestehen Bewegungsverminderung und Bewegungsverlangsamung sowie verzögerter Bewegungsbeginn. Sie geht oft mit Steifheit einher. Die Beeinträchtigungen liegen meistens im Großhirn oder in den Basalganglien. Die Dysarthrie bezeichnet eine Sprechstörung, eine Störung der Lautbildung (Artikulation), eine Störung der Stimmbildung (Phonation) und eine Störung der Sprechatmung. Es bestehen hierbei Beeinträchtigungen im Großhirn, wobei es eher verantwortlich ist für Spastiken beim Sprechen. Des Weiteren gibt es Beeinträchtigungen in den Basalganglien sowie im Hirnstamm, der die Funktionen der Zungenmotorik, der Stimmlippen, des Schluckvorganges und des Autonomen Zentrums reguliert sowie im Kleinhirn. Beim Tremor wird zwischen dem Ruhetremor, dem Aktionstremor, dem Intentionstremor und dem Haltetremor unterschieden. Die Beeinträchtigungen bestehen auf den Ebenen der Basalganglien, des Hirnstammes und des Kleinhirns. Diese Symptome werden aber im Wesentlichen durch eine Störung der Basalganglien erklärt. Eine Dystonie, sie bezeichnet eine unwillkürlich anhaltende Kontraktion der Muskulatur aufgrund einer Störung in den Basalganglien, die unterschiedliche Körperteile betrifft wie den Hals, den Arm, Hand oder Füße, tritt in ca. 50% der Fälle auf und kann sich zum dominanten Symptom entwickeln (Hefter, Arendt, Stremmel und Freund, 1993b). Neurologische Symptome treten bei ca. 45-60% aller Wilson-Patienten auf (vgl. Freitag, 2003). Viele der Patienten mit neurologischen

Symptomen weisen auch Dysfunktionen des Autonomen Nervensystems auf wie Verlust der Kontrolle über Blase und Darm oder auch Hypotonie (Brewer, 2005b).

Die Basalganglien scheinen am meisten vulnerabel zu sein in Bezug auf die toxische Wirkung des Kupfers im ZNS. Die Beeinträchtigungen der Patienten sind oftmals dramatisch: Veränderungen bzw. Beeinträchtigungen automatisierter, rhythmischer Bewegungsabläufe, Reduktion des motorischen Antriebs, der Willkürmotorik und des emotionalen Ausdrucks.

Wie oben beschrieben, besteht keine Einigkeit der Forscher über die Differenzierung der Gruppierung der verschiedenen Symptome; es bleibt jedoch die Tatsache bestehen, dass sich zumindest die beiden großen Gruppen der internistischen (hepatischen) Symptomatik und der neurologischen Symptomatik voneinander abgrenzen lassen. Mischformen treten zwar auf, sind jedoch wegen ihrer Seltenheit nur zu erwähnen. Einzelne Forscher beginnen inzwischen damit, den Morbus Wilson als eine systemische Erkrankung anzusehen womit nicht der Kranke einer bestimmten Gruppe von Wilson-Patienten zugeordnet wird, sondern mehr darauf geschaut wird, welche Funktionseinschränkungen beim Patienten zu verzeichnen sind (Schäfer, 2007). Dies ist aber eher eine gesellschaftliche Problematik und betrifft auch die Würdigung der Beschwerden des Patienten, was sicherlich auch die Betrachtung psychosozialer Konsequenzen mit einschließt. Wegen der großen und weit reichenden Bedeutung dieser Sichtweise soll dieser Aspekt Erwähnung finden, jedoch nicht näher betrachtet werden, da damit der Rahmen meiner Arbeit gesprengt würde.

2.2 Behandlung und Prognose

Bei der lebensnotwendigen medikamentösen Behandlung ist zunächst einmal das Ziel, das Kupfer, das sich über die Jahre im Körper, genauer in den einzelnen Zellen (Nervenzellen) abgelagert hat und in den hohen Mengen toxisch ist, auszuschwemmen. Dies ist mit so genannten „Chelatbildnern“ (Metalcaptase, Inhaltsstoff D-Penicillamin; Trientine, enthält kein D-Penicillamin) möglich, die bewirken, dass alle zweiwertigen Schwermetalle über die Niere durch den Urin ausgeschwemmt werden. Eine andere

Möglichkeit der Kupferausscheidung erfolgt über den Stuhl durch die Einnahme von Zink.

Zu Beginn der Behandlung werden hohe Dosen gegeben, die Tagesdosis D-Penicillamin liegt bei 900-2400mg, um das überschüssige Kupfer auszuscheiden. Je nach dem Ausmaß der Vergiftung und der Compliance der Patienten dauert dies mehrere Jahre. Ungefähr 2-6 Monate nach Beginn der medikamentösen Behandlung kommt es zu einer zunehmenden Entleerung der Kupferspeicher. Im Durchschnitt ist erst nach zwei Jahren konsequent durchgeführter und ausreichend dosierter Medikation mit einer Rückbildung der klinischen Symptome zu rechnen.

Nachdem ein normaler Kupferspiegel erreicht ist, wird die Medikation auf eine sogenannte „Erhaltungsdosis“ reduziert. Wichtig während der notwendigen lebenslangen Behandlung ist eine regelmäßige Kontrolle der Kupferwerte und auch eine internistische (Ultraschall der Leber) sowie neurologische Untersuchung.

Eine kupferarme Diät ist nach Ansicht der Wissenschaft nicht erforderlich (Smolarek, ohne Datum; Brewer, 2006), da bis auf Olivenöl jedes Lebensmittel Kupfer enthält. Die Patienten sollten sich jedoch nicht einseitig kupferreich ernähren, das heißt mit Lebensmitteln, die besonders viel Kupfer enthalten, sparsam umgehen. Auch der Alkoholkonsum muss reduziert und kontrolliert werden, auch, wenn keine Zirrhose vorhanden ist, da Morbus Wilson eine Lebererkrankung ist und die Leber somit in ihrer Funktion eingeschränkt ist.

Eine Lebertransplantation wird in aller Regel nur dann vorgenommen, wenn die Symptomatik sehr schwer ausgeprägt ist und die konservative medikamentöse Therapie nicht mehr ausreicht (vgl. Brewer, 2005b), z.B. wenn ein Patient unter einem rasch verlaufendem Leberversagen leidet oder nicht mehr behandelbare Komplikationen auftreten (Ösophagusvarizenblutung). Eine Transplantation bei einer rein neurologischen Symptomatik wird kontrovers diskutiert, da die Erfahrung zeigt, dass die Symptomatik hierdurch nur bei einem Teil der Patienten Besserung zeigt.

Die Rolle der psychotherapeutischen Behandlung ist bisher noch nicht wissenschaftlich untersucht worden, ebenso wenig ist die Anzahl der Wilson-Patienten erfasst worden, die sich einer psychotherapeutischen Behandlung unterzogen haben bzw. unterziehen. Wissenschaftler raten aber zu einer begleitenden psychotherapeutischen Behandlung. „Alle Wilson-Patienten brauchen eine Psychotherapie“ (Stremmel, 2002). Zu klären, inwieweit prämorbid Persönlichkeitsfaktoren sowie sozioökonomischer Status der

Patienten bei der Bewältigung der Krankheit und der Compliance eine Rolle spielen, bleibt der zukünftigen Forschung überlassen.

Im Verlaufe der Behandlung treten häufig Probleme auf, die vor allem in der Medikamentenunverträglichkeit liegen. Bei manchen Medikamenten (es gibt meines Wissens nur drei verschiedenen Präparate) sind häufig zum Teil schwerwiegende Nebenwirkungen zu beobachten. So treten bei den meisten Patienten unter D-Penicillamin (Metalcaptase, Trisorcin) Übelkeit und Magenschmerzen auf. Bei vielen Patienten kommt es auch zu Verschlechterungen der neurologischen Symptomatik (Spastiken, Gangstörungen). Trintene, das kein D-Penicillamin enthält, ist im Allgemeinen besser verträglich (Brewer, 2005b; 2006).

Da die Einnahme der Medikamente lebensnotwendig ist, ist eine gute Compliance unabdingbar. Die Compliance ist jedoch ein großes Problem bei Morbus Wilson-Patienten. Bei guter medikamentöser Einstellung oder einer Lebertransplantation hat der Patient eine normale Lebenserwartung (vgl. Gleixner et al., 1999; Stremmel et al., 1991). Nach den neuesten amerikanischen Untersuchungen (Schäfer, 2003) können die Patienten bei guter Compliance ein völlig normales Leben führen.

Kontroversen bestehen bezüglich des Zeitraumes, in dem die Symptomatik sich zurückbildet. Der Zeitraum variiert zwischen 5 und 7 Jahren. Verbesserungen der neurologischen Symptomatik beginnen 5-6 Monate nach Beginn der Behandlung und dauern bis zu 2 Jahre an. Danach sind Verbesserungen der körperlichen Einschränkungen kaum zu erwarten und nur noch durch gezielte therapeutische Methoden z.B. Krankengymnastik zu erreichen (Brewer, 2005b, 2006). Wahrscheinlich liegt auch hier der Grund für diese ungenauen Prognosen in der geringen Anzahl der Patienten. Im Hinblick auf die Rückbildung der Symptome stellen Willeit et al. (1992) fest, dass „Nicht die Ausdehnung und die Zahl der pathologischen Veränderungen, sondern die Art der Läsion und die damit verbundene Reversibilität dürfte ein wesentliches prognostisches Kriterium darstellen.“ (S.242). Nach erfolgter Entgiftung ist deshalb nicht zwingend eine Verbesserung der Symptomatik festzustellen.

2.3 Residualsymptome

Bisher wurden die möglichen Symptome dargestellt, die durch die akute Intoxikation mit Kupfer in Gehirn und Leber hervorgerufen werden können. Die meisten dieser

Symptome verschwinden wieder im Laufe der Behandlung, einige von ihnen bleiben aber bestehen, sind also nicht mehr reversibel. Diese Symptomatik wird als „Residualsymptomatik“ oder „Restsymptomatik“ bezeichnet. Residualsymptome können im gesamten Verhaltensspektrum bei Wilson-Patienten auftreten. Bleibende Beeinträchtigungen sind sowohl im Bewegungsapparat zu finden als auch im emotionalen Ausdruck, im Sozialverhalten sowie in den kognitiven Funktionen. Leider liegen keine systematischen wissenschaftlichen Studien vor, die sich mit den Spätfolgen des M. Wilson auf das Sozialverhalten bzw. auf das affektive Verhalten beschäftigen. Zu Einschränkungen der kognitiven Funktionen als Restsymptomatik liegen einige Studien vor, auf die ich im nächsten Kapitel ausführlicher eingehen werde.

Zu den Hirnbereichen, die am meisten von der Intoxikation betroffen sind, gibt es verschiedene Veröffentlichungen (Freitag, 2003, 1999; Hefter, 1993a, 1993b, 1997). Diejenigen Beeinträchtigungen, die auf die Intoxikation der Basalganglien zurückgehen, persistieren bei Wilson-Patienten am längsten (Hefter, 2003) und sind über viele Jahre hinweg, trotz vollständig erfolgter Entkupferung, wenn überhaupt, nur teilweise reversibel. Residualsymptome sind daher in diesem Bereich häufig zu finden. Im konkreten Verhalten der Patienten äußert sich das in Koordinationsschwierigkeiten, Gangstörungen (ataktischer Gang), gestörten Bewegungsrhythmen, Erschwernis beim Abbremsen von Bewegungen sowie in Dystonien und Schwierigkeiten beim Sprechen. Besonders erschwert beim Sprechen ist die Koordination von Atmung, Sprechrhythmus sowie der Zungenbeweglichkeit.

Aus der Tatsache, dass es in dem Bereich der Bewegungsstörungen und den damit verbundenen Schwierigkeiten der Handlungskontrolle und Handlungssteuerung zu bleibenden Beeinträchtigungen bei Wilson-Patienten kommen kann, ergibt sich meine konkrete Forschungsfrage: Beeinträchtigt die unvollständige Handlungssteuerung die Merkfähigkeit für selbst ausgeführte Handlungen? Hierüber ist mir bislang keine Studie bekannt.

3. Befunde zur Erforschung kognitiver Funktionen bei Patienten mit Morbus Wilson

Der Erforschung kognitiver Funktionen und möglicher Einschränkungen bei Patienten mit M. Wilson haben sich bislang hauptsächlich vier Forscherteams gewidmet. Dabei

legten die Autoren die jeweiligen Schwerpunkte in ihren Studien unterschiedlich hinsichtlich der Erfassung grundlegender Fähigkeiten bezüglich des Gedächtnisses, der Intelligenz, der Wahrnehmungsgeschwindigkeit, der Genauigkeit des Arbeitsstiles, der motorischen Kontrolle, sowie der Aufmerksamkeitsleistung. Ich werde im Folgenden die wesentlichsten Untersuchungen und Befunde vorstellen.

3.1 Die empirische Datenlage

Die Gruppe um Lang untersuchte 17 Wilson-Patienten, 11 davon hatten neurologische Symptome, hinsichtlich ihrer neuropsychologischer Leistungen (Lang, Müller, Claus & Druschky, 1990). Die Tests umfassten perzeptuelle Fähigkeiten, Gedächtnis, visuell-räumliches Denken, sowie Argumentationstests. Dazu setzten die Autoren die folgenden Testverfahren ein: den Hamburg-Wechsler-Intelligenztest (Hawie), Multiple choice vocabulary test, Standard Progressive Matrices (SPM), SKT (Messung des Gedächtnisses, der Aufmerksamkeit und der Wahrnehmungsgeschwindigkeit), Benton-Test, Leistungs-Prüf-System (LPS), den Intelligenz-Struktur-Test (IST), und ein Instrument zur Erfassung psychiatrischer Auffälligkeiten (AMDP). Die Testergebnisse wurden jeweils mit einer Kontrollgruppe, die parallelisiert war bezüglich Alter, Ausbildung und Geschlecht verglichen (s. Tabelle 1). Bei der statistischen Auswertung wurde wegen der multiplen Vergleiche das α -Niveau adjustiert und das Signifikanzlevel auf $p \leq 0.00263$ festgelegt.

Es zeigten sich hierbei signifikante Unterschiede zwischen der Gesamtgruppe der Wilson-Patienten und der Kontrollgruppe lediglich in der Wahrnehmungsgeschwindigkeits-Aufgabe (siehe Tabelle 1). Bei den Aufgaben zur Testung der Gedächtnisfunktion ergaben sich keine signifikanten Unterschiede zwischen der Gesamtpatientengruppe und der Kontrollgruppe. Die neurologischen Wilson-Patienten unterschieden sich signifikant von der Kontrollgruppe bezüglich der Unterskala des Leistungsprüfsystems (LPS), „argumentieren“. Die Ergebnisse der Patientengruppe mit der internistischen Form unterschieden sich nicht signifikant von jenen der Kontrollgruppe.

Tabelle 1: Tabelle der Untersuchungsergebnisse der Wilson-Patienten (Gesamtgruppe) im Vergleich mit einer Kontrollgruppe aus Lang, Müller, Claus und Druschky (1990).

	WD N = 17 SD	Controls N = 17 SD	Wilcoxon matched- pers signed- rank-test	
Multiple Choice				
Vocabulary test (MWT-8)	28.29	4.77	29. 4.68	0.370 (n.s.)
Multiple Choice				
Vocabulary test (IQ)	106.5	11.71	112 15.48	
Progressive Matrices	42.06 ¹	12.03 ¹	49. 7.60 ¹	0.014 (n.s.)
Wechsler Adult Intelligence Scale (WAIS)				
digit span	10.65	3.33	10. 2.76	0.413 (n.s.)
Picture arrangement	9.94	2.54	12. 2.57	0.016 (n.s.)
arithmetic	9.62 ¹	2.39 ¹	11. 1.71 ¹	0.010 (n.s.)
Benton Test (BT)	13.18	1.63	13. 1.74	0.438 (n.s.)
Achievement Assessment				
reasoning	21.71	7.73	27. 4.70	0.009 (n.s.)
word fluency	32.41	9.56	40. 7.44	0.014 (n.s.)
spatial imagination	8.94	6.39	22. 5.89	0.030 (n.s.)
figure/ ground discrimi-	22.77	8.16	25. 8.00	0.285 (n.s.)
Intelligence Structure Test				
mental figure assembly	10.76	3.54	10. 3.02	0.049 (n.s.)
mental rotation	8.59	2.74	10. 2.87	0.028 (n.s.)
SKT memory/ attention/ perceptual speed test				
object naming	15.00	4.42	14. 4.96	0.359 (n.s.)
immediate reproduction	4.65	1.80	3.8 1.67	0.068 (n.s.)
delayed reproduction of	3.53	2.65	2.7 1.79	0.228 (n.s.)
delayed recognition of	0.29	0.59	0.1 0.53	0.300 (n.s.)
digit arrangement	17.47	4.98	13. 2.11	0.009 (n.s.)
perceptual speed	23.76	8.12	17. 3.52	0.0025
interference	25.23	9.44	18. 4.54	0.005 (n.s.)

¹N = 16, s.= significant;

Betrachtet man die Wilson-Gruppe als Ganze, zeigte sich ein signifikanter Unterschied zur Kontrollgruppe lediglich in der Wahrnehmungsgeschwindigkeit (siehe Tabelle 1). Der Vergleich der Testergebnisse derjenigen Wilson-Patienten mit ausschließlich hepatischer Symptomatik mit der Kontrollgruppe erbrachte hingegen nirgendwo signifikante Unterschiede. Beim Vergleich der neurologisch beeinträchtigten Patienten der Wilson-Gruppe mit der Kontrollgruppe ergaben sich numerisch gesehen schlechtere Leistungen der Wilson-Gruppe in den Tests Zahlenarrangement, Wahrnehmungsgeschwindigkeit sowie in den Interferenz-Aufgaben. Bei den Interferenzaufgaben sollten Buchstaben in umgekehrter Reihenfolge ihrer Präsentation gelesen werden. Die schlechteren Leistungen erreichten allerdings nicht das Signifikanzniveau. Diese Unterschiedlichkeit zur Kontrollgruppe ist nach Ansicht der Autoren auf die Zeitbegrenzung der Verfahren zurückzuführen. Ebenso wird der folgende Befund interpretiert, der in einem Untertest des Leistungsprüfsystems (LPS) einen signifikant schlechteren Wert der neurologischen Patientengruppe im Vergleich mit der Kontrollgruppe ergab. Dieser Test erforderte das Erkennen einer logischen Folge von Symbolen, die dem Teilnehmer dargeboten wurden und das Markieren jener Zeichen, die nicht in diese Reihenfolge hineinpassen. Auch bei diesem Test hier lag eine Begrenzung in der Bearbeitungszeit vor.

Aus diesen Befunden folgern die Autoren, dass Wilson-Patienten, die hinreichend therapiert sind, keine Gedächtnisbeeinträchtigungen aufweisen und auch ansonsten prinzipiell normale kognitive Leistungen zeigen. Wilson-Patienten mit der neurologischen Form weisen lediglich in Tests, die unter Zeitbegrenzung durchgeführt werden, bedeutsame Unterschiede zur Norm auf. Dies wird auf eine Störung bilateraler Systeme zurückgeführt, die mit Funktionen wie u.a. der motorischen Kontrolle zusammen hängen.

Die Gruppe um Medalia (Isaacs-Glaberman, Medalia und Scheinberg, 1989; Medalia, Isaacs-Glaberman & Scheinberg, 1988; Medalia, Galynker und Scheinberg, 1992; Medalia & Scheinberg, 1991) befasste sich ebenfalls mit der Erfassung der Gedächtnisleistungen sowie Intelligenzleistungen bei Patienten mit der Wilsonkrankheit. Auch sie differenzierten in ihren Untersuchungen zwischen einer Patientengruppe mit der interistischen Form und einer Gruppe mit der neurologischen Symptomausprägung von Morbus Wilson.

In einer klinischen Studie (Medalia, Isaacs-Glaberman & Scheinberg, 1988), bei der die Ergebnisse neuropsychologischer Tests von Wilson-Patienten mit neurologischen Beeinträchtigungen mit jenen Wilson-Patienten verglichen wurde, die keine neurologische Symptomatik aufwiesen, fanden die Autoren Gedächtniseinbußen bei der neurologischen Wilson-Patientengruppe. Dabei konnte jedoch keine Korrelation gefunden werden zwischen der Schwere der Gedächtnisbeeinträchtigung und jener der neurologischen. Nur diejenigen Tests, die motorische Koordination (der Handlungsteil im Hamburg-Wechsler-Intelligenz sowie Unterskalen der Dementia Rating Scale) erfordern, korrelierten hoch mit der Schwere der neurologischen Beeinträchtigungen bei Wilson-Patienten. Der verbale IQ war davon unabhängig und nicht niedriger als bei der anderen Wilson-Patientengruppe.

Auch später durchgeführte Studien von Mitgliedern derselben Gruppe (Isaacs-Glaberman, Medalia & Scheinberg, 1989; Medalia, Galynker & Scheinberg, 1992) erbrachten mehr kognitive Beeinträchtigungen der neurologischen Wilson-Patienten im Vergleich zu einer asymptomatischen Wilson-Gruppe. Dabei fanden sich ebenfalls keine signifikanten Korrelationen zwischen der Schwere der neurologischen Störung und den neuropsychologischen Defiziten (Medalia, Galynker & Scheinberg, 1992). In dieser Studie wurde zudem untersucht, ob ein Zusammenhang besteht zwischen dem Ausmaß von Gedächtnisdefiziten, Beeinträchtigungen der motorischen Funktionen und psychiatrischen Auffälligkeiten bei Wilson-Patienten der neurologischen Form und asymptomatischen Patienten. Dazu untersuchten sie 24 Wilson-Patienten und teilten diese in eine neurologische Gruppe ein und in eine neurologisch- asymptomatische. Die durchschnittliche Behandlungszeit der Patienten lag bei der neurologischen Gruppe bei 8,7 Jahren, bei der neurologisch- asymptomatischen bei 17,3 Jahren. Ansonsten waren sie parallelisiert bezüglich des Alters, des Geschlechtes und der Ausbildung. Sie führten 4 Tests durch: den Wechsler Gedächtnistest (WMS), der in 7 Unterskalen kognitive Funktionen wie die Orientierung, mentale Kontrolle, logisches Gedächtnis, Zahlen-spanne, visuelle Reproduktion sowie das Assoziationslernen, erfasst. Daraus berechneten die Autoren einen Memory Quotient (MQ). Außerdem wurde ein Test eingesetzt, der neurologische Defizite misst, sowie einer, der psychiatrische Auffälligkeiten misst (MMPI) und ein weiterer, der die globale Gesundheit erfasst.

Die neurologische Gruppe zeigte signifikant mehr Beeinträchtigungen hinsichtlich des Gedächtnisses, $t = -2.92$, $p < .003$, der Psychopathologie, $t = 2.43$, $p < .01$, und der

allgemeinen Gesundheit, $t = 2.86$, $p < .005$, als die asymptomatische*¹. Die anschließende Messung von Zusammenhängen zwischen der Gedächtnisleistung und motorischen Funktionen, $r = -.35$, $p < .09$, sowie der Gedächtnisleistung und dem emotionalen Funktionieren, $r = -.24$, $p < .37$, bei der neurologischen Gruppe waren nicht signifikant. Ebenso wenig korrelierten die motorischen und die emotionalen Funktionen miteinander, $r = .40$, $p < .12$. Die motorischen Beeinträchtigungen korrelierten lediglich mit der Erfassung der körperlichen Befindlichkeit bei der neurologischen Gruppe. Die Autoren schließen daraus, dass die motorischen und emotionalen Beeinträchtigungen bei der neurologischen Gruppe auf ihre körperlichen und psychosozialen Beschwerden zurückzuführen sind. Gedächtnisdefizite, die vorhanden sind, korrelierten aber nicht mit der motorischen Beeinträchtigung, sind also unabhängig davon.

In der Gedächtnisstudie von Isaacs-Glaberman, Medalia und Scheinberg (1989) wurden ebenfalls die Gedächtnisdefizite bei Wilson-Patienten erfasst. Die Ergebnisse sollten dann zeigen, ob sie vergleichbar sind mit jenen bei Huntington-Patienten. Das Gemeinsame bei M. Wilson und bei M. Huntington ist die Beeinträchtigung bzw. Atrophie der Basalganglien. Dazu teilten die Autoren Wilson-Patienten wieder in 2 Gruppen ein, eine neurologische Gruppe und eine asymptomatische Gruppe. Außerdem wurde eine gesunde Kontrollgruppe erstellt. Die Behandlungsdauer der Patienten wurde nicht erfasst. Die Gruppen wurden zu Beginn der Untersuchung einem Intelligenztest, dem HAWIE unterzogen und einem Gedächtnistest WMS (Wechsler Memory Scale). Es fanden sich signifikante Gruppenunterschiede zwischen den Gruppen bezüglich des Handlungsteils des HAWIE, $F(2,43) = 5.33$, $p < .01$, und des WMS, $F(2,43) = 5.12$, $p < .05$, wobei die neurologische Wilson-Gruppe jeweils sowohl im HAWIE signifikant schlechter war, $q(2,43) = 3.62$, $p < .05$, als auch im WMS, $q(2,43) = 3.77$, $p < .05$ als die Kontrollgruppe. Die Ergebnisse des WMS bei der neurologischen Patientengruppe waren signifikant schlechter als jene der asymptomatischen Patientengruppe, $q(2,43) = 3.85$, $p < .05$. Danach wurden folgende neuropsychologische Tests durchgeführt: Der FAS, ein kontrollierter Wortassoziationstest, der die Wortflüssigkeit überprüft. Hierbei müssen die Teilnehmer in einer vorgegebenen Zeit so viele Wörter mit den Anfangsbuchstaben F, A und S generieren wie möglich. Dabei werden die Anzahl der produzierten Wörter sowie Perseverationen erfasst. Diese Untersuchung soll Aufschluss darüber geben, ob möglicherweise ein Problem besteht, Wörter abzurufen. Außerdem führten

¹*Die Freiheitsgrade bei den t-Werten wurden von den Autoren nicht angegeben.

die Autoren den Rey auditory verbal learning test (RVLT) durch. Hierbei sollten die Teilnehmer in 5 Durchgängen 15 Wörter lernen. Nach jeder Vergabe erfolgte ein Recall und ein verzögerter Recall nach 20 Minuten. Bei der Messung der Rekognition wurden ebenfalls in 5 Durchgängen 15 Wörter gelernt, die anschließend direkt wiedererkannt werden sollten. In der Rekognitionsliste befanden sich neben den 15 gelernten Wörtern auch 15 Distraktorwörter, die nicht in der Lernliste vorhanden waren. Nach dem 5. Durchgang erfolgte nach 20 Minuten eine verzögerte Rekognition.

Insgesamt zeigte sich im unmittelbaren Recall-Test, dass die Kontrollgruppe mehr Wörter erinnerte als die Patientengruppe. Es zeigte sich sowohl ein signifikanter Overall-Effekt der Gruppe, $F(2, 43) = 4.10, p < .02$, als auch ein signifikanter Effekt bezüglich der Durchgänge. $F(2, 43) = 69.95, p < .001$. Die Gruppenvergleiche im Einzelnen erbrachten keine signifikanten Unterschiede, wobei die neurologische Gruppe aber rein numerisch gesehen weniger erinnerte als die asymptotische- und die Kontrollgruppe. Beim verzögerten Recall ergab sich ebenfalls, dass die neurologische Wilson-Gruppe weniger erinnerte als die Kontrollgruppe. Hier war der Unterschied zur Kontrollgruppe signifikant, $q(2, 43) = 3.03, p < .05$. Die Auswertung der Rekognition erbrachte keine signifikanten Gruppeneffekte, $F(2, 43) = 1.32, p < .28$. Auch bei den falsch positiven Antworten erreichten die Vergleiche zwischen den Gruppen keine Signifikanz, $F(2, 43) = .82, p > .45$. Im FAS hingegen gab es signifikante Gruppeneffekte. Das heißt, die Kontrollgruppe war besser als die Patientengruppe, $F(2, 42) = 5.32, p < .008$ wobei sich die Unterschiede beim Vergleich der Kontrollgruppe mit den beiden Wilsongruppen nur auf die neurologische Gruppe bezieht, $q(2, 43) = 4.61, p < .01$. Das Ergebnis beschreibt ausschließlich die Anzahl der reproduzierten Wörter. Bei den Perseverationen ergeben sich keine signifikanten Unterschiede zur Kontrollgruppe, $F(2, 43) = .43, p < .65$.

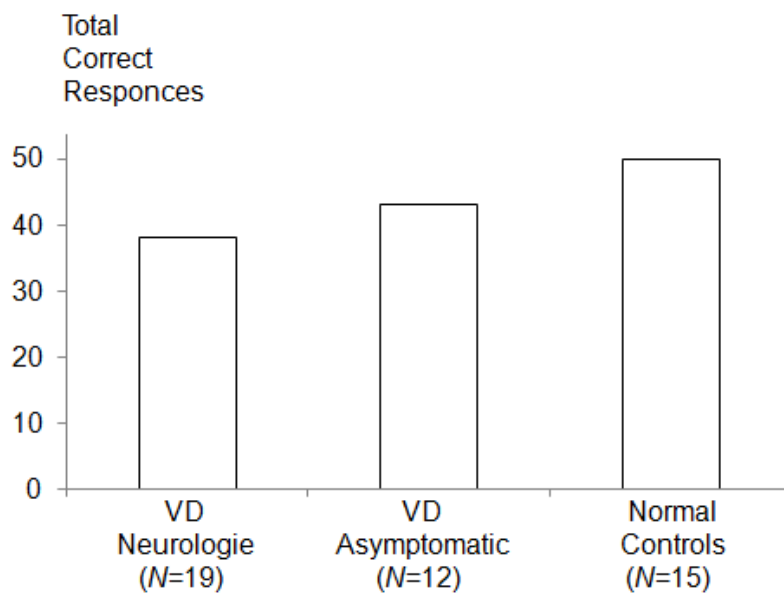


Abbildung 2: Ergebnisse FAS aus Isaacs-Glaberman, Medalia, Scheinberg (1989)

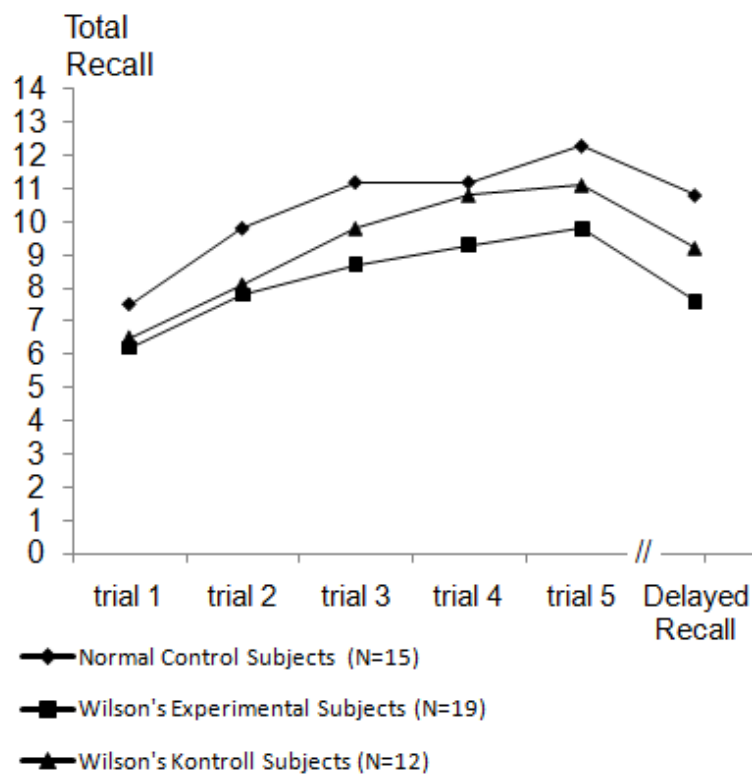


Abbildung 3: Ergebnisse des RVLТ aus Isaacs-Glaberman, Medalia und Scheinberg (1989).

Nach Auffassung der Autoren deuten die Befunde der beeinträchtigten Leistungen im Recall bei intakter Rekognition der neurologischen Wilson-Gruppe darauf hin, dass

die neurologischen Wilson-Patienten ein retrieval- Problem haben. Sie können demnach Informationen encodieren und behalten, haben aber ein Problem, die Informationen zu finden.

Eine weitere Studie von Medalia & Scheinberg (1991), einer Langzeitstudie, sollte Aufschluss darüber geben, ob die gefundenen kognitiven Beeinträchtigungen auch die Folge der Behandlung mit D-Penicillamin sein können und von daher nicht ursächlich auf die Wilsonerkrankung zurückzuführen sind. Dazu erfassten sie bei 7 Patienten, darunter 6 neurologische und 1 asymptomatischer, die Intelligenz zu drei Testzeitpunkten. Einmal kurz nach Beginn der Behandlung, dann 21 Jahre danach und nochmals 34 Jahre danach. Die Intelligenz wurde gemessen mit dem HAWI (Hamburg Wechsler Intelligenztest) bzw. HAWIK (Hamburg Wechsler Intelligenztest für Kinder). Im Ergebnis zeigte sich, dass es keine signifikanten Veränderungen im IQ gab. Bei dem asymptomatischen Patienten verschlechterte sich die Intelligenzleistung, was die Autoren aber auf dessen mangelnde Compliance zurückführen. Die neurologische Symptomatik verbesserte sich bei allen 6 neurologischen Patienten, 4 Patienten wurden symptomfrei. Aus den Untersuchungsergebnissen schließen die Autoren, dass die Therapie mit D-Penicillamin bei Wilson-Patienten nicht zur Verschlechterung der intellektuellen Leistungen führt, aber auch nicht die Intelligenzleistung verbessert.

Die Befunde dieser Gruppe sind insgesamt mit Untersuchungsergebnissen einer später durchgeführten Studie von Littman, Medalia, Senior und Scheinberg (1995) vereinbar, bei der Informationsverarbeitungsprozesse mit Aufgaben zur Wahrnehmungsgeschwindigkeit unabhängig von der Schnelligkeit der Bewegung beim Antworten durch Tastendruck bei Wilson-Patienten mit neurologischer Symptomausprägung erhoben wurde. Das Ergebnis zeigte keine Defizite in der Rate der Informationsverarbeitung im Vergleich mit einer gesunden Kontrollgruppe. Allerdings war eine größere Zeitverzögerung bei den Antworten in der Patientengruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe zu verzeichnen. Dieser Befund wurde auf die motorische Beeinträchtigung der Wilson-Patienten zurückgeführt.

In der Studie einer Gruppe um Portala (Portala, Levander, Westermark, Ekselius & von Knorring, 2001), wurden Wilson-Patienten einer umfangreichen neuropsychologischen Untersuchung unterzogen. In die Studie aus Schweden wurden 19 symptomatische und 2 asymptomatische Wilson-Patienten einbezogen und auf ihre neuropsychologischen Leistungen hin untersucht. Unter den symptomatischen Patienten befanden sich

8 mit überwiegend internistischer Symptomatik und 7 mit hauptsächlich neurologischer Symptomatik. Die übrigen 4 Patienten hatten sowohl neurologische als auch internistische Symptome. Alle Patienten waren entkupfert. Die symptomatischen Wilson-Patienten litten bereits im Durchschnitt seit 18,5 Jahren unter der Krankheit. Eine vergleichbare spezifische Kontrollgruppe wurde nicht getestet; die Testergebnisse der Patienten wurden mit den üblichen Normwerten gesunder Personen verglichen.

Die Autoren maßen innerhalb des Automated Psychological Test Systems, APT, (Levander, 1988) motorische Funktionen, neuropsychologische Funktionen, spezifische kognitive Funktionen, Gedächtnisleistung und exekutive Funktionen. Tests der motorischen und neuropsychologischen Funktionen beinhalteten Fingertapping-Tests, Reaktionszeitmessung auf auditive und visuelle Reize, selektive Aufmerksamkeit und eine dual task, welche die Fähigkeit zur simultanen Bearbeitung von Aufgaben misst. Die Erfassung des Kurzzeitgedächtnisses erfolgte über die Messung der Zahlenspanne (digit-span), das Langzeitgedächtnis wurde gemessen, indem zuvor gelernte Assoziationen erinnert werden sollten; ein Wort-Erkennenstest wurde ebenfalls durchgeführt. Damit sollte der Wortschatz sowie die Schnelligkeit der Worterkennung erfasst werden. Außerdem wurde ein grammatikalischer Entscheidungstest durchgeführt, bei dem die Schnelligkeit und Korrektheit der Entscheidung gemessen wurde. Ein Wahrnehmungstest, der die räumlich-visuellen Fähigkeiten, die allgemeine Intelligenz sowie die visuelle Suche misst, wurde ebenfalls angewandt. Die Messung der exekutiven Funktionen erfolgte über einen Labyrinthtest. Dieser Test wurde unter Zeitbegrenzung durchgeführt. Dabei sollten die Teilnehmer durch Versuch-Irrtum einen versteckten Weg durch ein Labyrinth finden. Es wurde ein Index erhoben, der den Zusammenhang zwischen Schnelligkeit und Leistung angibt. Aus einigen Aufgaben aus dem APT-Test kann zudem ein Index errechnet werden, der bevorzugte Arbeitsstile der Teilnehmer angibt. Hierunter zu finden sind Schnelligkeit vs. Akkuratheit; Impulsivität vs. Reflexivität, eine globale vs. eine sequentielle Informationsverarbeitung und die kognitive Flexibilität im Test zur selektiven Aufmerksamkeit und im Wahrnehmungstest. Das gesamte Testverfahren betrug 2,5 bis 3 Stunden.

Bezüglich der motorischen Funktionen und grundlegender neuropsychologischer Funktionen fanden die Autoren im Vergleich zur Kontrollgruppe bei den symptomatischen Patienten Einbußen in der Reaktionszeit, in den Tapping-Aufgaben sowie bei den Aufgaben zur geteilten Aufmerksamkeit. Hinsichtlich der Leistungen der Reaktions-

zeitmessung bezüglich einfacher und komplexer Aufgaben zeigte die gesamte Patientengruppe, inklusive der beiden asymptomatischen Patienten einen auffälligen Befund im Vergleich zu Normwerten. Normalerweise besteht eine Korrelation zwischen der Komplexität der Aufgabe und der Reaktionszeit. Diese Korrelation ist bei der Patientengruppe nicht zu finden.

Insgesamt zeigten die Ergebnisse hier leichte aber statistisch signifikante Beeinträchtigungen der neuropsychologischen Funktionen. Die Leistungen der Wilson-Patienten die über das Automatisierten Test Systems erfasst wurden, fassten die Autoren mit 3 verschiedene Meta-Indizes als IQ- Werte (APT IQ1-3) mit einem Mittelwert von 100 und einer Standardabweichung von 15 zusammen. Der erste Index IQ 1 repräsentiert grundlegende Leistungen der Faktoren Motorik und Schnelligkeit. Der zweite Index bezeichnet Aufmerksamkeitsfaktoren und Schnelligkeit in komplexen Aufgabengebieten. Der dritte Index ist äquivalent zu dem konventionellen IQ-Index, wie er in klassischen Intelligenztests (z.B. HAWIE) erhoben wird. Die ersten Indices unterschieden sich in der Patientengruppe signifikant von der Norm.: APT IQ1: $M = 76.9$, $SD = 35.1$, Range $-40-104$, $p < .01$. APT IQ2: $M = 93.2$, $SD = 14.4$, Range $65-117$, $p < .05$. Bei dem dritten Index ergaben sich keine bedeutsamen Unterschiede zur Kontrollgruppe. Im Detail zeigten die Ergebnisse zur Testung der Gedächtnisleistung und den kognitiven Fähigkeiten Einbußen in der Gedächtnisleistung im Kurzzeitgedächtnis (Zahlenspanne) nicht aber im Langzeitgedächtnis. Ebenso waren Einbußen bei dem grammatikalischen Entscheidungstest und in visuell-räumlichen Fähigkeiten zu finden. Im Bereich der exekutiven Funktionen zeigte sich, dass die Wilson-Patienten enorme Probleme hatten, wenn sie mehrere Aufgaben simultan ausführen mussten. Dies wurde durch eine beeinträchtigte Leistung im dual-task-Test deutlich. Überdies benutzten sie eher einen globalen und impulsiven Informationsverarbeitungsstil an Stelle eines reflexiven Stils. Bezüglich der Differenzierung zwischen den Patienten mit hepatischer und jenen mit neurologischer Ausprägung der Erkrankung fanden sich lediglich signifikante Unterschiede in den Labyrinthaufgaben, $z = 3.000$, $p < .003$, und in den alternierenden Fingertapping-Aufgaben, $z = 2.142$, $p < .03$. Ansonsten gab es keine Unterschiede in den Leistungen der beiden Patienten-gruppen.

Die Autoren sehen in den gemessenen leichten Einbußen im kognitiven Bereich, das offensichtlich ist, dass bei Wilson-Patienten leichte neuropsychologische Einbußen zu verzeichnen sind sowohl, was die motorischen Funktionen betrifft als auch die Ge-

dächtnisfunktionen (Kurzzeitgedächtnis). Dabei liegt ihrer Meinung nach die Ursache für die neuropsychologischen Testergebnisse in den neurologischen Symptomen aufgrund beeinträchtigter Funktionen im frontal-subkortikalen Bereich.

Kritisch anzumerken ist bei dieser Studie sicherlich, dass die Testung von insgesamt 2,5-3 Stunden außerordentlich lang war. Dass Wilson-Patienten schnell ermüden, ist bekannt. Von daher ist es auch möglich, dass die gefundenen signifikanten Unterschiede im Vergleich zur Norm durchaus auch auf Ermüdungserscheinungen der Probanden zurückzuführen sind.

Zu den jüngeren Studien zur Erforschung kognitiver Defizite bei Patienten mit Morbus Wilson zählt schließlich jene der Gruppe um Czlonkowska. Seniów, Bak, Gajda, Poniatowska und Czlonkowska (2002) führten eine umfangreiche Studie mit 67 Wilson-Patienten durch, die in unterschiedliche Gruppen aufgrund der vorhandenen neurologischen Symptomatik eingeteilt wurden und untersuchten diese bezüglich ihrer kognitiven Leistungen. Die Autoren wollten damit testen, ob es einen Zusammenhang gibt zwischen der Art der neurologischen Beeinträchtigungen und dem Ausmaß kognitiver Defizite. Die Forscher teilten die Patienten aufgrund von MRT-Befunden ein in 2 neurologische Gruppen und eine neurologisch-asymptomatische Gruppe und verglichen die Testergebnisse mit einer gesunden Kontrollgruppe. Die neurologisch-asymptomatische Gruppe hatte auch nahezu keinerlei internistische Symptome, war also in jeder Hinsicht, wenn auch am Morbus Wilson erkrankt, so doch weitestgehend symptomfrei. Eine der neurologischen Gruppen umfasste Patienten mit Verletzungen (Läsionen) aufgrund von Kupferablagerungen ausschließlich der Basalganglien (BG-Gruppe), in der anderen Gruppe waren Patienten mit multifokalen Läsionen. Die durchgeführten Tests umfassten eine Intelligenz-Diagnostik, gemessen mit dem Wechsler-Bellevue-Intelligenztest und den Standard Progressive Matrices (SPM) von Raven. Die Gedächtnisleistung im Free Recall wurde gemessen mit dem Rey Auditory- Verbal Learning Test (RVLT), jene bezüglich der Rekognitionsleistung für visuelle Stimuli mit dem Benton Visual Memory Test, Multiple Choice Version. Die Ergebnisse zeigten im Vergleich zur asymptomatischen Gruppe und zur Kontrollgruppe klare, wenn auch keine dramatischen Beeinträchtigungen der beiden neurologischen Gruppen in den meisten Bereichen der gemessenen kognitiven Funktionen: Der verbale IQ war signifikant niedriger als in der Kontrollgruppe, $F(1,97) = 15.05$, $p = 0.00001$, ebenso der Handlungs-IQ, $F(1,90) = 29.15$, $p = 0.00001$. Auch in allen anderen Untertests des Wechsler-Bellevue-Tests

wies die neurologische Patientengruppe signifikant schlechtere Leistungen auf (siehe Tab.2), wobei die größten Einbrüche in der Aufmerksamkeitsleistung, erfasst über die Zahlenspanne, und in der visuell-motorischen Schnelligkeit, bestanden. Die gemessene Intelligenzleistung war zwar in der neurologischen Gruppe niedriger als in der Kontrollgruppe, bewegte sich aber dennoch im Normalbereich. Signifikante Gedächtniseinbußen waren in allen Durchgängen des RVLT zu verzeichnen, $F(1,94) = 25.98$, $p = 0.006$, (siehe Abb.4). Auch die Rekognitionsleistung war signifikant schlechter, $F(1,98) = 17.71$, $p = 0.00001$. Zudem wurden dreimal mehr Fehler gemacht als in der Kontrollgruppe.

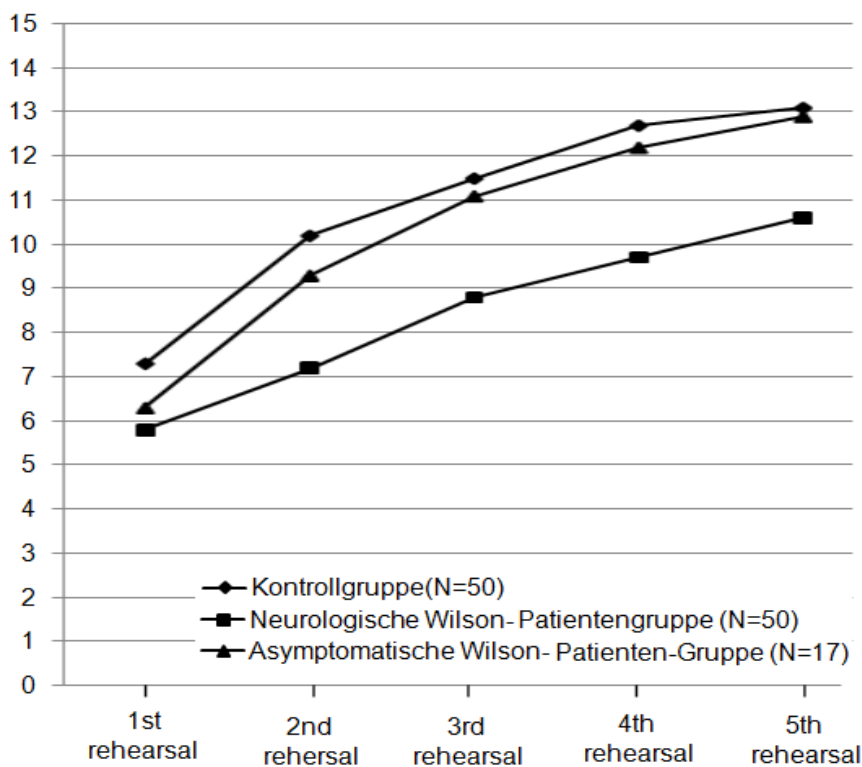


Abbildung 4: Ergebnisse des RVLT aus Seniów, Bak, Gajda, Poniatowska und Czlonkowska (2002).

Tabelle 2: Ergebnisse der Untertests Tests des Wechsler-Bellevue Intelligenztests bei beiden neurologischen Wilson-Gruppen, sowie der asymptomatischen Wilson-Gruppe und einer gesunden Kontrollgruppe aus Seniów, Bak, Gajda, Poniatowska und Czlonkowska (2002).

Test	WD-neuro		WD-BG		WD-diffuse		WD asymptomatic		Control		p < 0.05
	X	SD	X	SD	X	SD	X	SD	X	SD	
Verbal Score	97.90	14.81	100.06	14.97	96.65	14.82	104.71	12.68	112.76	12.82	a,b,c
Performance score	98.52	15.27	104.07	11.66	95.44	16.33	107.41	9.84	115.22	10.04	a,b,c
Full score	98.83	15.40	104.07	11.80	95.93	14.82	106.88	9.88	115.12	10.98	a,b,c
Information	10.10	3.39	10.06	3.37	10.13	3.45	10.12	3.20	12.68	2.33	a,b,c
Comprehension	9.27	2.74	10.33	2.50	8.65	2.71	9.94	2.82	11.06	2.59	a,d
Arithmetics	8.22	3.72	7.67	3.50	8.55	3.86	10.88	3.48	11.64	3.72	a,b,c
Digit span	5.43	2.57	6.61	2.70	4.74	2.25	7.00	2.06	7.60	3.28	a,b,d
Familiarities	10.27	3.41	10.67	3.87	10.03	3.16	11.88	2.29	13.34	3.05	a,b
Picture arrangement	7.18	3.45	7.94	3.40	6.76	3.47	8.76	2.05	9.68	2.70	a,b
Picture completion	10.04	2.88	9.75	2.32	10.21	3.18	10.76	1.92	11.92	2.19	a,b,c
Object assembly	8.48	3.38	10.00	2.67	7.63	3.48	10.82	3.13	10.66	2.71	a,b,d
Block design	9.17	2.85	10.53	2.07	8.41	2.98	13.35	2.87	13.00	2.70	a-d
Digit-symbol	6.30	2.84	7.57	2.93	5.52	2.54	10.24	3.09	11.50	3.35	a-d

* WD-neuro, Wilson's disease and neurological symptoms; WD-BG, Wilson's disease with a lesion of the basal ganglia; X, mean. a, between WD-neuro and control; b, between WD-neuro and WD-asymptomatic; c, between WD-BG and control; d, between WD-BG and WD-diffuse.

Die Vergleiche der Testergebnisse der beiden neurologischen Patientengruppen mit der asymptotischen Patientengruppe ergab signifikante schlechtere Ergebnisse der neurologischen Gruppe in den Tests zur verbalen, $F(1,64) = 18.90$, $p = 0.00001$, und nonverbalen Intelligenz, $F(1,57) = 11.77$, $p = 0.001$, sowie in allen Untertests des Wechsler- Bellevue- Tests (siehe Tab.3). Auch die Recall- Leistungen, $F(1,61) = 9.90$, $p = 0.003$, und die Regkognitionsleistungen, $F(1,64) = 12.67$, $p = 0.001$, waren signifikant schlechter in der neurologischen Gruppe. Die asymptotische Gruppe zeigte ebenfalls signifikant bessere Leistungen im RAVEN, $F(1,63) = 35.55$, $p = 0.0001$. Die Autoren verglichen zudem die Testergebnisse der neurologischen Patientengruppe mit Verletzungen der Basalganglien mit der Kontrollgruppe. Hier ergaben sich signifikant schlechtere Leistungen in der verbalen, $F(1,66) = 4.02$, $p = 0.049$ und der nonverbalen Intelligenz, $F(1,63) = 9.99$, $p = 0.002$. Signifikant schlechtere Leistungen wies die Patientengruppe auch in 5 Untertests des Wechsler- Bellevue- Tests, (siehe Tab.2, Kennzeichen c) sowie im Recall $F(1,66) = 8.28$, $p = 0.005$. und in der Rekognition auf, $F(1,67) = 10.78$, $p = 0.002$. Im RAVEN- Test waren die Patienten ebenfalls signifikant schlechter, $F(1,67) = 20.29$, $p = 0.0001$.

Der Vergleich der Ergebnisse zwischen den beiden neurologischen Patientengruppen, also jener mit Verletzungen ausschließlich der Basalganglien und jener mit komplexeren Hirnbeteiligung aufgrund der Kupferintoxikation zeigte lediglich signifikante Unterschiede in 5 Untertests des Wechsler-Bellevue-Tests (siehe Tab.2, Kennzeichen d). Die neurologisch asymptotischen Wilson-Patienten hatten im Vergleich zur gesunden Kontrollgruppe keinerlei kognitive Beeinträchtigungen.

Aufgrund der Befundlage schließen die Autoren, dass die neurologische Form der Wilson-Krankheit einhergeht mit Einbußen in allen Bereichen kognitiver Leistungen. Dabei scheint es davon unabhängig zu sein, ob eine diffuse neurologische Symptomatik vorliegt oder ob die Symptomatik lediglich die Folge von Läsionen der Basalganglien ist. Die Autoren betonen aufgrund der Befunde die Relevanz der Beteiligung der Basalganglienläsionen in beiden neurologischen Gruppen und machen diese verantwortlich für die im Vergleich zur asymptotischen Gruppe schlechteren Testergebnisse. Damit werden auch die Untersuchungsbefunde von Medalia, Galynker und Scheinberg, (1992) bestätigt, die auch fanden, dass die Schwere der neurologischen Beeinträchtigung nicht mit dem Ausmaß neuropsychologischer Defizite zusammenhängt. Ebenso sind die Befunde vereinbar mit jenen von Portala et al.(2001).

Mitglieder der oben genannten Autorengruppe untersuchten in einer späteren Studie gesondert 17 Wilson-Patienten hier explizit mit ausschließlich hepatischer Symptomatik bezüglich ihrer kognitiven Fähigkeiten (Szutkowska-Hoser, Seniów, Czlonkowska & Laudanski, 2005). Ziel war es zu untersuchen, ob Defizite bestehen hinsichtlich der Aufmerksamkeitsleistung, der Problemlöse- sowie der Lernfähigkeit, rechnerischer Fähigkeiten, visuell-motorischer Koordination, visuell-räumlicher Fähigkeiten und exekutiver Funktionen (Planen, Kontrolle, Flexibilität). Die Befunde wurden dann bezüglich eines Zusammenhanges mit der Alltagsbewältigung der Patienten überprüft. Die Testergebnisse unterschieden sich nicht signifikant von denen einer alters- und ausbildungsparellisierten Kontrollgruppe. Bemerkenswert waren allerdings die großen Ergebnisdifferenzen zwischen Patientengruppe und der Kontrollgruppe bei der Testung der rechnerischen Fähigkeiten, wobei die Patientengruppe numerisch gesehen, schlechtere Ergebnisse lieferte. Das gibt nach Ansicht der Autoren einen Hinweis auf die unterschiedliche Ausprägung der Symptome in dieser Gruppe.

3.2 Kritische Würdigung dieser Befunde

Zusammenfassend kann aus den Untersuchungsbefunden der referierten Studien zu kognitiven Funktionen bei Patienten mit Morbus Wilson festgehalten werden, dass meistens leichte Beeinträchtigungen gefunden werden konnten. Diese äußerten sich vornehmlich in Gedächtniseinbußen und in einer beeinträchtigten Aufmerksamkeitsleistung (siehe Tab.3). Die Intelligenz bleibt unbeeinträchtigt. Hinzu kamen bei Wilson-Patienten mit der neurologischen Form Schwierigkeiten bei Tests, die motorische Funktionen beinhalten. Ein eher globaler, impulsiver Arbeitsstil, der dazu führt, dass im Vergleich zu einer gesunden Kontrollgruppe, insgesamt mehr Fehler beim Bearbeiten einer Aufgabe gemacht wurden, ist ebenfalls charakteristisch für Wilson-Patienten.

Was aus den Studien (Tabelle 3) nicht deutlich hervorgeht und m.E. nach nicht hinreichend abgeklärt ist, bezieht sich auf die Frage, ob die gefundenen Testergebnisse ausschließlich der neurologischen Patientengruppe zuzuschreiben sind oder in welchem Ausmaß kognitive Einbußen auch bei Patienten mit der internistischen

Tabelle 3: Schematische Darstellung der Befunde zu kognitiven Einbußen bei Patienten mit Morbus Wilson. Die < - Zeichen stellen signifikante Unterschiede dar.

	Gedächtnisleistung (Free Recall)	Aufmerksamkeitsleistung Geteilte Aufrechterhaltung der A. Wahrnehmungsgeschwindigkeit	exekutive Funktionen Planen, Kontrolle, Flexibilität
Isaacs- Glaberman et al., 1989	MW(neuro) <KG	Nicht untersucht	Nicht untersucht
Portala et al., 2001	MW < KG	MW < KG	MW < KG
Seniow et al., 2002	MW(neuro) <KG	Nicht untersucht	Nicht untersucht
Lang et al. 1990	Nicht gefunden	MW (neuro) < KG	Nicht untersucht

Symptomausprägung zu finden sind. Allerdings weisen die vorliegenden Befunde hier auf eine Tendenz von kognitiven Einbußen hin, wenn auch nicht in dem Ausmaß wie bei der neurologischen Form. In diesem Zusammenhang erweist sich eine deutliche Schwierigkeit in der Tatsache, dass die Wilson-Patientengruppe, die in den Untersuchungen von Isaacs-Glaberman, Medalia und Scheinberg (1989) Medalia, Galynker und Scheinberg (1992) als Vergleichsgruppe zur neurologischen Patientengruppe dienen sollte, lediglich aus Patienten bestand, die keine neurologische Symptomatik hatten. Ansonsten war diese Vergleichsgruppe hinsichtlich vollkommener Symptommfreiheit und dem Aufweisen internistischer Symptome gemischt. Um aber eine genaue Aussage zu den kognitiven Leistungen bei der Wilson-Patientengruppe mit einer rein internistischen Ausprägung machen zu können, darf diese Untersuchungsgruppe keine symptomfreien Patienten mit erfassen.

Kritisch anzumerken ist zudem, dass die Forscher bei der Gedächtnistestung recht unsystematisch vorgehen. Der Grund sowie die genaue Art für gefundene Gedächtnisdefizite wird nicht zufrieden stellend beantwortet. So führen Isaacs-Glaberman, Medalia und Scheinberg (1989) Beeinträchtigungen in der Erinnerungsleistung aufgrund defizitärer Recall-Leistungen bei intakter Rekognition auf ein Defizit beim Abruf zurück, während die polnische Autorengruppe Seniów, Bak, Gajda, Poniowska und Czlonkowska (2002) bei Einsatz desselben Verfahrens (RVLT) wie erstgenannte Forschergruppe diese Defizite beim Enkodieren für Gedächtnisprobleme verantwortlich

machen. Die Befunde mit einem defizitären Abruf bei intaktem Lernen zu erklären, halte ich gedächtnispsychologisch für sehr bedenklich. Die Messung der Gedächtnisleistung durch den Free Recall ist immer schwieriger als über die Rekognition. Eine unbeeinträchtigte Recall-Leistung erfordert immer auch ein intaktes Enkodieren relationaler Information und itemspezifischer Information, während das Wiedererkennen selbst bei defizitärer relationaler Enkodierung möglich ist; hierfür genügt die gelernte itemspezifische Information. Die Interpretation der Untersuchungsbefunde von Isaacs-Glaberman, Medalia und Scheinberg (1989) ist deshalb nicht haltbar.

In der gesamten Erhebung und Diskussion von Gedächtnisleistungen bei Patienten mit der Wilsonerkrankung hat bisher niemand systematisch den Einfluss der motorischen Beeinträchtigungen bei Personen mit der neurologischen Ausprägung dieser Erkrankung auf die Gedächtnisleistung erfasst. Angesichts der Tatsache, dass seit Beginn der 80er Jahre in der Gedächtnisforschung bekannt ist, dass die Motorik einen wichtigen Einfluss auf die Erinnerungsleistung hat, erscheint mir die Frage, welchen Einfluss dann eine beeinträchtigte Motorik auf das Erinnern hat, recht nahe liegend und sinnvoll. So fand die Gruppe um Engelkamp und Zimmer (Engelkamp & Krumnacker, 1980) und später auch weitere Forscher (Bäckman & Nilsson 1984, 1985, Cohen, 1983, 1985; Zimmer, Cohen, Guynn, Engelkamp, Kormi-Nouri & Foley, 2001), dass das Lernen von Handlungsphrasen unter gleichzeitiger Ausführung durch den Lernenden dem bloßen Anhören einen Erinnerungsvorteil erbrachte. Dieser Vorteil wird auch im deutschen Raum als „Tu-Vorteil“ oder „Tu-Effekt“ bezeichnet, international wird er „SPT (subject-performed task)-Effekt“ genannt. Engelkamp und Zimmer begründen den Vorteil damit, dass die motorische Beteiligung des Lernenden ein besonders effektives Lernen und Speichern der Information zur Folge hat (Engelkamp & Zimmer, 1983a, 1994b; Zimmer & Engelkamp, 1985).

Die Frage, die sich vor diesem Wissenshintergrund quasi aufdrängt im Zusammenhang mit der Erhebung von Gedächtnisbeeinträchtigungen bei Patienten mit einem Morbus Wilson besteht nun darin, ob und in welchem Ausmaß eine beeinträchtigte Motorik sich auf den Handlungsvorteil auswirkt.

Deshalb denke ich, dass bezüglich der Spezifizierung der gefundenen Gedächtnisbeeinträchtigungen sowie der Erklärungen derselben sicherlich weiterer Forschungsbedarf besteht.

4 Allgemeinpsychologische Ansätze zum Erinnern von Handlungen

Das Erinnern an zuvor selbst ausgeführte Handlungen ist seit Beginn der 80er Jahre ein zentrales Forschungsthema in der Gedächtnispsychologie geworden. Die Forschergruppe um Engelkamp (Engelkamp & Krumnacker, 1980; Engelkamp & Zimmer, 1983) fand heraus, dass das Ausführen von Handlungen beim Lernen derselben im Unterschied zum reinen Lernen ohne Handlungsausführung einen signifikanten Vorteil beim Erinnern liefert. Etwa gleichzeitig hat die Forschergruppe um Cohen (Cohen, 1983, 1985) ebenfalls diesen Effekt gefunden.

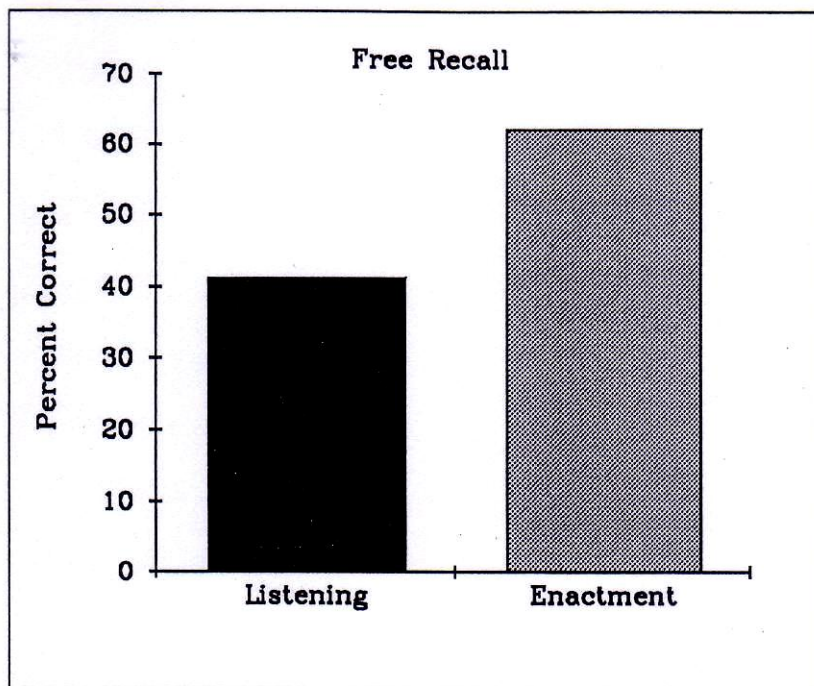


Abbildung 5: Prozentrate der erinnerten Handlungsphrasen im Free Recall unter den Bedingungen VT und SPT (Engelkamp & Krumnacker, 1980) Figure 4.1 aus Engelkamp und Zimmer, 1994.

In einem der ersten Experimente zum Handlungsgedächtnis präsentierten Engelkamp und Krumnacker (1980) ihren Teilnehmern 48 Handlungsphrasen wie „den Draht umbiegen“, „die Zigarette anzünden“ und „das Papier zerreißen“. Die Phrasen wurden laut vorgelesen im Abstand von 5 Sekunden. Eine Teilnehmergruppe sollte diese Handlungsphrasen einfach nur durch Zuhören lernen („Hör-Gruppe“), die andere Gruppe

sollte diese Handlungsphrasen während des Hörens auch gleichzeitig symbolisch ausführen („Tu-Gruppe“). Die „Hör-Gruppe“ erinnerte im Free Recall 41,6% der Phrasen, die „Tu-Gruppe“ erinnerte dagegen 62,5% (Engelkamp & Krumnacker, 1980; Engelkamp & Zimmer, 1983).

Zahlreiche Forscher haben sich seither mit dem Gedächtnis für Handlungen beschäftigt. Für einen Überblick siehe z.B. Bäckman und Nilsson 1984, 1985; Cohen, 1983, 1985; Zimmer, Cohen, Guynn, Engelkamp, Kormi-Nouri & Foley, 2001). Der „Tu-Effekt“ kann als ein außerordentlich robuster Effekt gelten. Er wurde ebenfalls bei Intelligenz geminderten Personen gefunden (Cohen & Bean, 1983), bei Kindern (Cohen & Stewart, 1982), bei älteren Menschen (vgl. Bäckman & Nilsson, 1984, 1985). Alle diese Personengruppen zeigten in der Tu-Bedingung höhere Gedächtnisleistungen als in der Kontrollbedingung, wie man dies auch in der ursprünglichen Experimentalgruppe mit Probanden mittleren Alters gefunden hat. Auch in die klinische Psychologie hat das Gedächtnis für Handlungen inzwischen schon Einzug genommen (vgl. Ecker, 1995).

Es gibt unterschiedliche Ansätze zur Erklärung dieses Handlungsvorteils beim Erinnern. Ich werde sie im Folgenden skizzieren. Zunächst werde ich die prominentesten, zum Teil recht konträren Ansätze darlegen, danach werde ich eine Annäherung dieser Theorien vorstellen, die den aktuellen Stand widerspiegelt.

4.1 Handlungsausführung als strategiefreies Enkodieren

Cohen (1981, 1983, 1985) vertrat die Ansicht, dass der Handlungseffekt durch besonders effektives, strategiefreies, d.h. automatisches, Enkodieren zustande kommt. Zudem sollte das Handlungsgedächtnis nach spezifischen Gesetzen funktionieren. Als zentrales Argument für seine These der Strategiefreiheit führte er das Ausbleiben des Primacy-Effektes sowie des Effektes der Verarbeitungstiefe beim Erinnern von zuvor unter einer Handlungsbedingung gelernten Materials an. In den so genannten serialen Positionskurven, mittels derer man die Behaltenshäufigkeit für Gelerntes in Abhängigkeit der Position der Lernitems in der Lernliste in Form von Kurven abbilden kann, zeigt sich der Primacy-Effekt in einer im Vergleich zur Listenmitte erhöhten Behaltenshäufigkeit der ersten Items. Der Primacy-Effekt wird damit erklärt, dass die zuerst gelernten Items einer Liste häufiger wiederholt werden und somit besser enkodiert werden können als

die nachfolgenden Items einer Lernliste. Der Effekt der Verarbeitungstiefe, der auf Craik und Lockhart (1972) zurückgeht, beschreibt die Annahme, dass Items, die semantisch, das heißt, deren Bedeutung verarbeitet werden, besser erinnert werden, als jene, bei denen ausschließlich die physischen Merkmale verarbeitet werden. Die semantische Verarbeitung nennen die Autoren eine „tiefe“ Verarbeitung, die nicht-semantische eine „flache“. Dieser Effekt konnte in entsprechenden Untersuchungen zum verbalen Lernen nachgewiesen werden (z.B. Craik & Tulving, 1975). Sowohl der Primacy-Effekt als auch jener der Verarbeitungstiefe werden mit einer besseren Enkodierung erklärt, die dadurch zustande kommt, dass die Probanden sich besser und intensiver mit den zu lernenden Items beschäftigen, z.B. durch Wiederholung. Diese intensivere Beschäftigung erfolgt kontrolliert.

In Untersuchungen zum Lernen von Handlungsphrasen, in denen die Phrasen zum einen rein verbal gelernt wurden und zum anderen mit Handlungsausführung, zeigte sich lediglich in der verbalen Bedingung bei der Erstellung von serialen Positionskurven ein Primacy-Effekt, nicht jedoch unter der Handlungsbedingung (Cohen, 1981). Zudem konnte Cohen in seinen Untersuchungen auch keinen Effekt der Verarbeitungstiefe unter der Bedingung „Tun“ finden im Unterschied zur rein verbalen Lernbedingung, in der ein solcher Effekt beobachtet werden konnte. In jüngeren Studien konnte Ähnliches gezeigt werden. Hier fanden die Forscher, dass der SPT-Effekt nicht bzw. nur unwesentlich verbessert werden kann durch entsprechende Instruktionen zur elaborierten Verarbeitung (Engelkamp, Mohr, Zimmer, 1991; Helstrup, 1987; Nilsson, Nyberg, Kormi-Nouri & Rönnlund, 1994). Die Untersuchungsergebnisse von Cohen (1981) des Ausbleibens des Primacy-Effektes sowie des Effektes der Verarbeitungstiefe unter der Handlungsbedingung stützen seiner Meinung nach die Annahme, dass das Lernen unter „Tun“ nicht strategisch, sondern automatisch erfolgt. Die Erklärung wird zudem durch die Beobachtung gestützt, dass das verbale Behalten von Variablen wie Lebensalter und der Höhe der Intelligenz der Lernenden abhängt, jenes von Handlungen hingegen nicht. Je intelligenter eine Person ist, desto besser kann sie aktiv, kontrolliert enkodieren und somit Gelerntes auch besser erinnern. Im höheren Erwachsenenalter nimmt die Fähigkeit des kontrollierten Enkodierens ab, was sich auch negativ auf die Erinnerungsleistung auswirkt (Craik & Jennings, 1992). Solche Intelligenz- und Alterseffekte konnten zunächst unter Lernen mit Handlungsausführung, im Unterschied zum rein verbalen Lernen nicht gefunden werden. Ebenso konnten keine Generierungseffekte unter der

Handlungsbedingung gefunden werden. Auch wenn Probanden explizit zur Elaboration und zum Generieren aufgefordert werden, wird die Behaltensleistung in der Handlungsbedingung nicht gesteigert (Nilsson & Cohen, 1988). Das bedeutet, dass offenbar die Enkodierung unter der Handlungsbedingung automatisch zu einer sehr guten, optimalen Enkodierung führt.

Das Problem bei Cohens Interpretation des „Tu-Effektes“ als strategiefreies Enkodieren besteht darin, dass er nicht erklären kann, warum die Enkodierung unter „Tun“ so gut ist. Eigentlich wäre nämlich zu erwarten, dass strategische Enkodierprozesse einen im Vergleich zum nicht strategischen Enkodieren positiveren Effekt in Bezug auf die Behaltensleistung haben. Zudem erscheinen die Begriffe „strategisch“ bzw. „nicht-strategisch“ nicht hinreichend definiert bzw. unscharf. Untersuchungsbefunde widersprechen außerdem der Annahme der Strategiefreiheit bei Handlungsausführung wie z.B. jener, dass der SPT-Effekt durch aufmerksamkeits-fordernde Nebenaufgaben beim Lernen beeinträchtigt wird (Engelkamp, 1997). Das bedeutet hier, dass strategische Prozesse beim Handeln durch andere strategische Prozesse bei Ausführung der Nebenaufgabe gestört werden. Des Weiteren kann das Ausbleiben des Primacy-Effektes beim Recall nach Handlungsausführung, wie ich unten (Kapitel 4.5 bzw. Kapitel 5) ausführlicher darstellen werde, auch noch anders erklärt werden als durch Mangel an strategischem Enkodieren (z.B. Engelkamp, 1995). Schließlich widerlegten Zimmer und Engelkamp (1999) das Argument des fehlenden Effektes der Verarbeitungstiefe beim Lernen unter Handlungsausführung. In ihren Studien fanden sie sehr wohl einen Effekt der Verarbeitungstiefe beim Lernen unter einer Handlungsbedingung. Zwar war er kleiner im Vergleich zu jenem beim verbalen Enkodieren, dennoch war er nachzuweisen. Ebenso konnten ihn Nilsson und Craik (1990) in ihren Studien aufzeigen. Auch das Ausbleiben von Alterseffekten beim Erinnern nach Lernen unter Handlungsausführung als Argument des strategiefreien Enkodierens unter Handlungsausführung konnte widerlegt werden. Zwischenzeitlich wurden Alterseffekte beim Erinnern eigener Handlungen gefunden (Knopf, 1995; Nilsson et al., 1997).

4.2 Handlungsausführung als multimodales, reiches Enkodieren

Einen weiteren Ansatz zur Erklärung des Handlungsvorteils beim Lernen bieten Bäckman und Nilsson (1984, 1985). Sie erklären den „Tu-Effekt“ durch multimodales, reiches Enkodieren. Im Unterschied zum rein verbalen Lernen sind demnach bei der Handlungsausführung verschiedene Sinnessysteme beteiligt. Handlungsphrasen werden gehört und beim Ausführen gefühlt und gesehen. Beim Lernen unter Handlungsbedingungen findet also eine doppelte Enkodierung statt: es wird verbale und non-verbale Information enkodiert. Das ermöglicht die gleichzeitige Verarbeitung mehrerer Aspekte, die die Handlung betreffen wie Form, Struktur etc. Diese Merkmale werden automatisch eingespeichert, während die verbalen Anteile strategisch enkodiert werden. Dies ist kennzeichnend für den multimodalen Charakter des Lernens unter einer Handlungsbedingung. Damit erklären sie auch den ausbleibenden Alterseffekt unter „Tun“. Belege für ihre Annahmen sehen sie in Befunden einiger Studien.

Die Autoren fanden beim Vergleich zwischen Items, die rein verbal gelernt wurden mit jenen, die unter einer Handlungsbedingung gelernt wurden, beim Auswerten neben dem „Tu-Effekt“ auch einen Cluster-Effekt (Bäckman & Nilsson, 1984). Die Lernlisten waren so konzipiert, dass sie zum Teil ein Objekt enthielten und zum Teil eine Handlung ohne ein externes Objekt beinhalteten. Auffällig war, dass die Teilnehmer in der Handlungsbedingung ihren Free Recall nach diesen Aspekten mit/ohne Objekt organisiert hatten.

Man kann das Ausmaß des Clustering errechnen, indem man den so genannten ARC (Adjusted Ratio of Clustering)-Score (Roenker, Thompson & Brown, 1971) ermittelt. Beim Vergleich der beiden ARC-Scores zwischen der VT-Bedingung und der SPT-Bedingung fand sich ein signifikanter Unterschied im Clustering. In einem weiteren Experiment (Bäckman, Nilsson & Chalom, 1986), in dem die Teilnehmer nach 5 Kategorien organisierte Listen unter den Bedingungen SPT und VT jeweils mit und ohne Störbedingung zu lernen bekamen, zeigte sich neben dem SPT-Effekt, dass die Störung stärker in der verbalen Lernbedingung war als in der Handlungsbedingung. Die ARC-Score-Auswertung zeigte zudem ein größeres Clustering unter der SPT-Bedingung als unter der VT-Bedingung. Darüber hinaus wirkte sich die Störung unter der VT-Bedin-

gung negativ auf den ARC-Score aus; in allen anderen Bedingungen zeigten sich Clustereffekte; wobei die Störung unter der Tu-Bedingung sich nicht signifikant auf den Clustereffekt auswirkte. In einer weiteren Studie präsentierte diese Forschergruppe (Bäckman et al., 1986) ihren Teilnehmern organisierte und nicht organisierte Lernlisten unter den Bedingungen VT und SPT. Die Ergebnisse zeigten einen Handlungsvorteil sowohl bei dem Lernen organisierter als auch nichtorganisierter Listen. Sie fanden allerdings einen stärkeren Behaltensrückgang von der organisierten zur nicht organisierten Liste unter der Tu-Bedingung als unter der verbalen Lernbedingung.

Die Erklärung für den Behaltensvorteil unter Tun sehen die Autoren in der Tatsache, dass unter der Handlungsbedingung die ausgeführten Handlungen multimodale Ereignisse darstellen. Diese reiche Enkodierung beim Ausführen der Handlungen ist immer gegeben. Den Befund der besseren Gedächtnisleistung beim Lernen organisierter Listen im Vergleich zu nicht organisierten Listen unter Handlungsausführung erklären die Autoren damit, dass die Teilnehmer von der doppelten Enkodierung profitieren, denn hier wird sowohl verbale als auch nonverbale Information eingespeichert. Durch die Möglichkeit der verbalen Enkodierung, die den Autoren zu Folge strategisch erfolgt, wird die Information über die Struktur der Liste mit eingespeichert, während die Enkodierung der multimodalen Aspekte automatisch erfolgt.

Die Erklärung des Handlungsvorteils durch die Annahme der multimodalen, reichen Enkodierung in der Handlungsbedingung erscheint zunächst einmal gut nachvollziehbar. Damit erklären die Autoren auch die gute Erinnerungsleistung älterer Menschen in der Handlungsbedingung im Unterschied zum rein verbalen Lernen. Sie profitieren von der reichhaltigen Enkodierung unter „Tun“. Bäckman und Nilsson sind der Auffassung, dass Lernen unter „Tun“ zu einer doppelten Enkodierung führt, nämlich zu der Enkodierung verbaler wie nonverbaler Information, wobei die nonverbale Information automatisch enkodiert wird und die verbale Enkodierung strategisch, also kontrolliert erfolgt. Sie gehen davon aus, dass beide Prozesse gleichzeitig ablaufen können, ohne sich gegenseitig zu stören. Dass ihr Befund der Beeinträchtigung der Behaltensleistung unter einer Lernbedingung mit Störung sowohl unter Lernen mit Handlungsausführung als auch unter einer reinen verbalen Lernbedingung führt, kann mit dem Auftreten zentraler Interferenz erklärt werden. Der aufmerksamkeitsfordernde Aspekt der Störbedingung, hier Rückwärtszählen, stört die kontrollierten Prozesse beim Lernen sowohl bei der Tu-Bedingung als auch unter der verbalen Bedingung. Offen bleibt jedoch die Erklärung

für den Befund, dass das Ausmaß der Störung unter der Tu-Bedingung geringer ausfällt als unter der verbalen Bedingung. Was ebenfalls kritisch zu sehen ist betrifft den Punkt, dass die Autoren in ihren Annahmen zum Handlungseffekt den Fokus auf die Wahrnehmung zum einen auf das für die Handlungsausführung benötigte Objekt legen und zum anderen auf die Wahrnehmung der eigenen Handlungsausführung selbst. Damit können sie den auftretenden „Tu-Effekt“ bei symbolischer Handlungsausführung, bei der die Probanden kein reales Objekt zur Verfügung haben, nicht erklären. Dieses Verfahren, wählten Engelkamp und Zimmer (1983a) in ihren Studien zur Untersuchung des Handlungseffektes. Hier greift das Argument der Multimodalität im Sinne Bäckmanns und Nilssons nicht, da Dinge wie Farbe, Form etc. bei der symbolischen Ausführung nicht gegeben sind und somit auch nicht enkodiert werden können. Da auch ein „Tu-Effekt“ bei Probanden gefunden werden konnte, die die Handlungsausführung mit geschlossenen Augen vornahmen (Engelkamp, Zimmer & Biegelmann, 1993) sowie bei blinden Probanden (Kormi-Nouri, 2000), kann die Erklärung hier auch nicht greifen. Gleichwohl ist zu sagen, dass reale Objekte beim Ausführen von Handlungen einen positiven Effekt auf das Behalten derselben haben (Engelkamp & Zimmer, 1983a, 1997).

Was aber genau vor sich geht bei der Handlungsausführung und zwar unabhängig davon, ob ein sichtbares Objekt vorhanden ist oder ob die Handlung nur symbolisch ausgeführt wird, wird nicht deutlich gemacht. Diesem Aspekt wird im nächsten Abschnitt Rechnung getragen.

4.3 Handlungsausführung als motorisches Enkodieren

Einen weiteren Ansatz zur Erklärung des „Tu-Effektes“ liefern Engelkamp und Zimmer (1983a, 1994b). Sie nehmen an, dass beim Enkodieren unter Handlungsausführung neben der konzeptuellen Information noch motorische Information zur Verfügung gestellt wird. Zentral ist im Rahmen der motorischen Enkodierung, dass die jeweilige Handlung geplant, initiiert und ausgeführt werden muss. Dadurch wird spezifische motorische Information zur Verfügung gestellt, die das Behalten positiv beeinflusst. Experimente zur selektiven Interferenz (z.B. Zimmer, Engelkamp & Sieloff, 1984) belegen, dass motorische Information entscheidend für den „Tu-Effekt“ ist. In Experimenten zur Unter-

suchung der selektiven strukturellen Interferenz wird die Annahme vertreten, dass Informationsverarbeitungsprozesse, die innerhalb eines Systems stattfinden, sich gegenseitig mehr stören, als wenn die Prozesse in verschiedenen Systemen stattfinden. In der Studie von Zimmer, et al., 1984, zur selektiven Interferenz konnte gezeigt werden, dass Handlungen, die ausgeführt werden sollten im Kontext von gesehenen besser erinnert wurden als im Kontext von ausgeführten Handlungen. Ein weiteres Experiment zeigt, dass motorische Programme sowohl unter offenem motorischem Verhalten als auch durch die interne Simulation von Handlungen aktiviert werden (Engelkamp & Zimmer, 1984).

Die Autoren gehen zudem davon aus, dass die Ausführung von Handlungen spezifische motorische Information verfügbar macht, die das Behalten positiv beeinflusst. Diese Information wird auch bei der Beurteilung von Bewegungsabläufen zur Verfügung gestellt. Dass es sich bei der Information, die zur Verfügung gestellt wird, nicht lediglich um Bewegungsinformation allgemein handelt, sondern um motorische Information, die durch eigene Körperbewegung durch Handlungsausführung zur Verfügung gestellt wird, zeigten Zimmer und Engelkamp (1985) in einer weiteren Studie. Hierzu ließen die Autoren ihre Teilnehmer Handlungsphrasen lernen, einmal durch Handlungsausführung und einmal rein verbal. Bei der verbalen Bedingung wurden den Teilnehmern kinematische Ereignisse präsentiert in Form von Sätzen. Beide Lernarten wurden gestört entweder durch eine motorische Störaufgabe oder durch eine kinematische Störaufgabe während der Lernphase. Es zeigte sich im anschließenden Recall, dass die motorische Störaufgabe die Behaltensleistung der im SPT gelernten Bedingung mehr beeinträchtigte als die kinematische Störaufgabe. Für die These der Wichtigkeit der Motorik beim Zustandekommen des Handlungsvorteils durch die eigene Bewegung spricht auch, dass die Autoren Zimmer und Engelkamp (1985) zeigen konnten, dass der Recall nach dem Lernen von Handlungsphrasen mit selbst ausgeführten Handlungen höher war im Vergleich zum Lernen beim Zuschauen, wie der Versuchsleiter die vom Probanden zu lernenden Handlungsphrasen ausführt (experimenter performed task, EPT).

Auch der Nachweis eines motorischen Kongruenzeffektes bei der Rekognition, (Engelkamp, Zimmer, Mohr & Sellen, 1994) zeigt, dass motorische Information wesentlich am SPT-Effekt beteiligt ist. Die Forscher ließen ihre Teilnehmer Handlungen sowohl unter VT lernen als auch unter SPT und ließen sie bei der Rekognition die Handlungen wieder ausführen. Die zusätzliche Handlungsausführung führte zu einer besseren Wie-

dererkenntnisleistung durch Überlappung der enkodierten Information in Lern- und Testbedingung bei SPT als in der Bedingung VT. In der Bedingung VT kann es zu keiner Überlappung kommen, da hier die motorische Information durch Fehlen der Handlungsausführung nicht enkodiert werden konnte.

In weiteren Rekognitionsstudien konnten Engelkamp und Zimmer (1994a, 1995) zeigen, dass bezüglich Distraktoraufgaben, die konzeptuell und/oder motorisch ähnlich waren zu Lernitems die Rekognitionsleistung bei konzeptuell ähnlichen Distraktoren sowohl unter der Lernbedingung VT als auch unter SPT beeinträchtigt war. Wenn zugleich noch motorisch ähnliche Distraktoren zugefügt waren, nahm die Rekognitionsleistung in SPT stärker ab als in VT. Hier war bei der Rekognition die Diskriminationsleistung stärker beeinträchtigt.

Schließlich belegt eine PET-Studie von Nilsson et al. (2000), die die Aktivierung motorischer Gehirnareale beim Abruf nach Lernen unter VT und unter SPT erfasste, direkt die Beteiligung motorischer Information der Handlungsausführung am Erinnern. Hier zeigte sich, dass die motorischen Areale stärker beim Abruf nach dem Lernen unter Handlungsausführung aktiviert waren als beim Lernen unter der Bedingung VT. Kritik an diesem Ansatz äußern hauptsächlich die Autoren Kormi-Nouri (1995), und Kormi-Nouri und Nilsson (2001), die den motorischen Aspekt als nicht wesentlich für den Handlungsvorteil ansehen.

4.4 Handlungsausführung als itemspezifisches Enkodieren

Die Unterscheidung zwischen itemspezifischer und relationaler Enkodierung geht auf die Autoren Einstein und Hunt (1980) und Hunt und Einstein (1981) zurück. Bei der relationalen Enkodierung von Items steht die Beziehung zwischen dem Item und seinem Kontext im Vordergrund. Es können aufgrund möglicher Organisationsprozesse zu lernende Items eingeordnet bzw. bestimmten Kategorien zugeordnet werden. Die Behaltensleistung nach dem Lernen vorher unverbundener Items kann durch das Schaffen von Beziehungen des Lernmaterials zum Kontext oder von Organisationsmaßnahmen verbessert werden. Eine zusätzliche Differenzierung bezüglich der relationalen Information nehmen Zimmer und Engelkamp (Engelkamp, 1995, 1997; Engelkamp & Zimmer, 1997) vor. Sie unterscheiden zwischen der so genannten kategorial-relationalen Infor-

mation und der episodisch-relationalen Information. Bei der kategorial-relationalen Information handelt es sich um jenen Typ von Information, der auf prä-experimentell existierendem semantischen Wissen basiert. Episodisch-relationale Information wird dagegen erst während einer Lernepisode durch Bildung von Assoziationen zwischen Items individuell vom Probanden erstellt.

Im Unterschied dazu liegt der Fokus bei der itemspezifischen Enkodierung auf der Bedeutung bzw. Beschaffenheit des einzelnen zu lernenden Items, unabhängig von seiner Beziehung zu anderen Items oder zum Kontext. Die itemspezifische Information enthält jenes Wissen über ein Item, das ganz spezifisch für dieses ist und es in seiner Spezifität von anderen Items unterscheidbar macht. Je mehr Merkmale über ein solches Item zur Verfügung stehen, umso besser ist es von anderen Items unterscheidbar. In Bezug auf die Handlungsausführung wird nun angenommen, dass die Enkodierung itemspezifischer Information durch das Ausführen einer Handlung beim Lernen verbessert wird. Diese Ansicht teilen zahlreiche Forscher (Bäckman & Nilsson, 1985; Cohen, 1981; Helstrup, 1986; Knopf, 1991; Kormi-Nouri, 1994; Mohr, Engelkamp & Zimmer, 1989; Nyberg, 1993). Hierfür gibt es einige Belege: In den Studien von Bäckman, Nilsson und Chalom (1986) war selbst dann ein „Tu-Effekt“ zu finden, wenn die relationale Enkodierung durch eine Störaufgabe beeinträchtigt war. Zimmer und Engelkamp (1989b) fanden, dass der „Tu-Effekt“ bei einer Lernliste mit unverbundenen Items nicht kleiner war als mit verbundenen Items. In Rekognitionsstudien hat sich zudem gezeigt, dass immer ein „Tu-Effekt“ zu beobachten war und niemals ausblieb. Bekanntlich ist für das Wiedererkennen itemspezifische Information kritisch. Die größere Robustheit des „Tu-Effekts“ beim Wiedererkennen als beim Recall ist auch ein Hinweis darauf, dass unter der Handlungsbedingung mehr itemspezifische Information zur Verfügung gestellt wird.

Schließlich ist auch mit Hilfe der Erstellung der serialen Positionskurven die sehr gute itemspezifische Verarbeitung bei Handlungsausführung darstellbar. Es ist inzwischen bekannt, dass sich die serialen Positionskurven beim Abruf nach VT und SPT voneinander unterscheiden. So zeigt sich nach dem Lernen in VT eine Kurve, die u-förmig ist. Es zeigt sich ein Primacy-Effekt und ein kurzer Recency-Effekt. Beim Lernen unter Handlungsausführung hingegen, zeigt sich kein Primacy-Effekt, dafür jedoch ein ausgeprägter Recency-Effekt (Cohen, 1983, 1989). Zur Begründung dieses ausgeprägten Recency-Effektes gibt es unterschiedliche Erklärungsansätze. Einer davon ist der von

Zimmer, Helstrup und Engelkamp (2000). Demnach basiert der Abruf im Free Recall auf den beiden Prozessen der gezielten Suche und des automatischen Abrufes. Durch den automatischen Abruf, den die Autoren „Pop-out-Mechanismus“ nennen, ist der direkte Zugang zu den Items möglich. Der Abruf basiert nicht auf einer gezielten Suche nach den Items, ist also passiv und kann nicht durch Anstrengung verbessert werden. Um den Abrufprozess in Gang setzen zu können, reicht es aus, die Aufmerksamkeit auf die zuletzt gelernten Items zu richten. Es sollte auch keine aktive Suche stattfinden, da eine gezielte bewusste Suche etwa durch Cues den ungerichteten Prozess stören könnte. Bei guter Qualität des Gedächtnispfades, d.h. bei hoher Distinktivität der Items erhöht sich die Effektivität des Pop-out-Mechanismus. Je weiter ein Item vom Ende der Lernliste entfernt ist, desto mehr sinkt dessen Distinktivität. Gleichzeitig wird postuliert, dass die Distinktivität eines Items erhöht wird, je mehr itemspezifische Information enkodiert wird.

4.5 Die Erklärung des Handlungseffektes durch die Multimodale Gedächtnistheorie

Die oben dargestellten Ansätze zur Erklärung des Handlungsvorteils beim Lernen lassen sich in das Modell von Engelkamp (1990) zum menschlichen Gedächtnis integrieren. Die Theorie Engelkamps basiert auf der Architektur des Gedächtnisses, den Annahmen zur Struktur sowie auch zu den darin ablaufenden Prozessen. Zunächst werden die Strukturannahmen erläutert, dann die Annahmen darin ablaufender Prozesse.

Engelkamp unterscheidet zwischen einem sensorischen Eingangssystem, einem Konzeptuellen System und motorischen Ausgangssystemen. Die Ein- und Ausgangssysteme werden auch „modalitätsspezifische Systeme“ genannt. Dabei nennt Engelkamp die Einheiten der Eingangssysteme Marken, jene der Ausgangssysteme nennt er Programme. Des Weiteren wird auf der Eingangs- und Ausgangsseite zwischen sprachlichen und nicht-sprachlichen Systemen unterschieden und darin wiederum zwischen sensorischer und motorischer Information. Die Besonderheit an dem Modell und auch im Unterschied zu anderen Gedächtnismodellen ist, dass hier unterschieden wird zwischen Konzepten, d.h. konzeptueller Information und zwischen einzelnen Modalitäten.

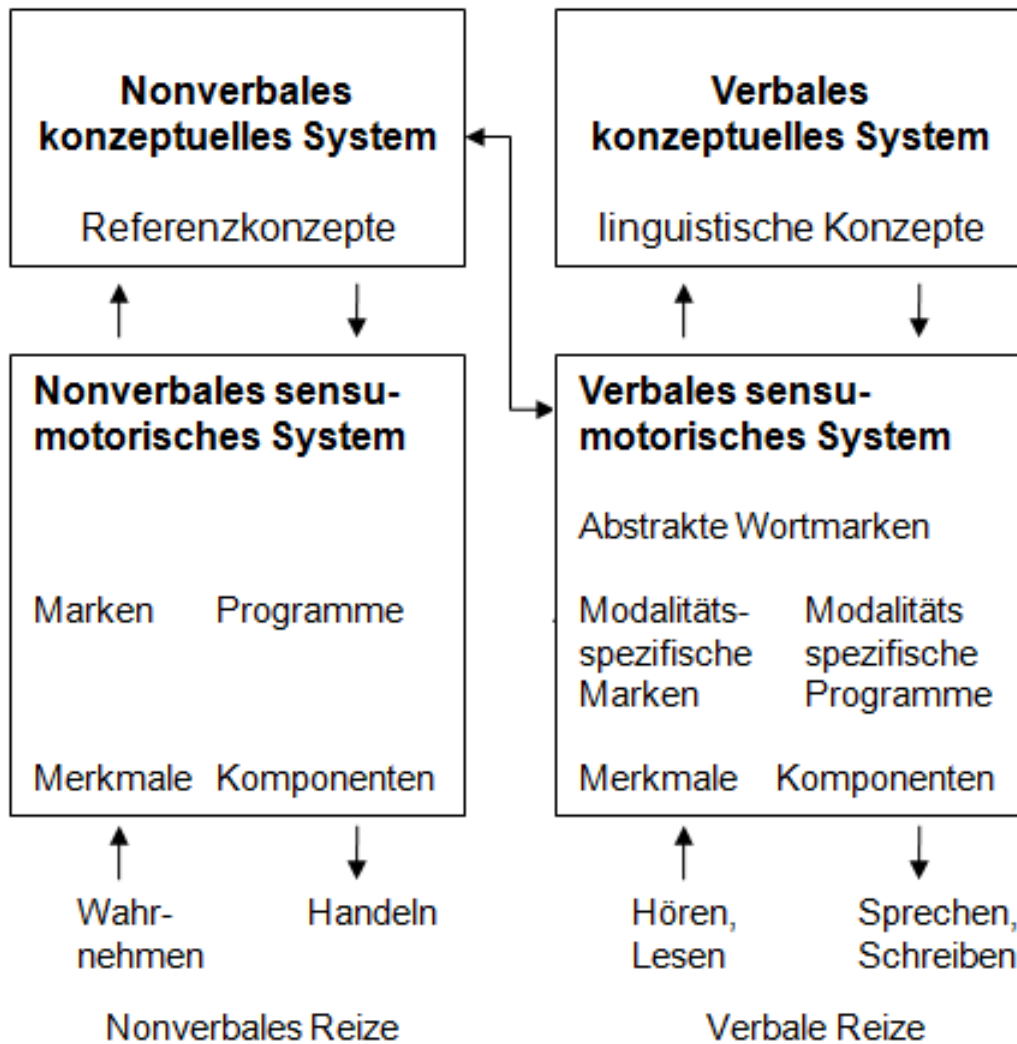


Abbildung 6: Grundstruktur des multimodalen Modells (aus Engelkamp, 1990).

Zum sensumotorischen System und zum konzeptuellen System werden einige Annahmen formuliert. Die modalitätsspezifischen Teilsysteme sind dem konzeptuellen System untergeordnet und werden von diesen angesteuert. Die Teilsysteme (Programme) können allerdings auch direkt durch die Aktivierung von Marken, nicht über das Konzept, angesteuert werden. Sie können auch unabhängig voneinander arbeiten. Die Aktivierung von Marken erfolgt durch Merkmale, wobei Merkmale unterschiedlicher Marken überlappen können. Dabei gilt, dass Marken und ihre Merkmale innerhalb eines Sinnessystems sich ähnlicher sind als zwischen den Systemen. Ähnliches wird für die motorischen Programme angenommen; auch sie bilden ein eigenes System. Zu den Konzepten ist zu sagen, dass sie aus kleinsten Einheiten bestehen, die zusammen das konzeptuelle System bilden. Zwischen den Konzepten bestehen Verbindungen, die sich wechselseitig aktivieren können. Durch diese Aktivierung kann die konzeptuelle Verar-

beitung erleichtert werden. Störungen auf dieser Ebene nennt Engelkamp (1990) „zentrale Interferenz“, Störungen durch Überlappungsprozesse innerhalb eines Systems auf der Ebene der Modalitäten werden als „strukturelle Interferenz“ bezeichnet.

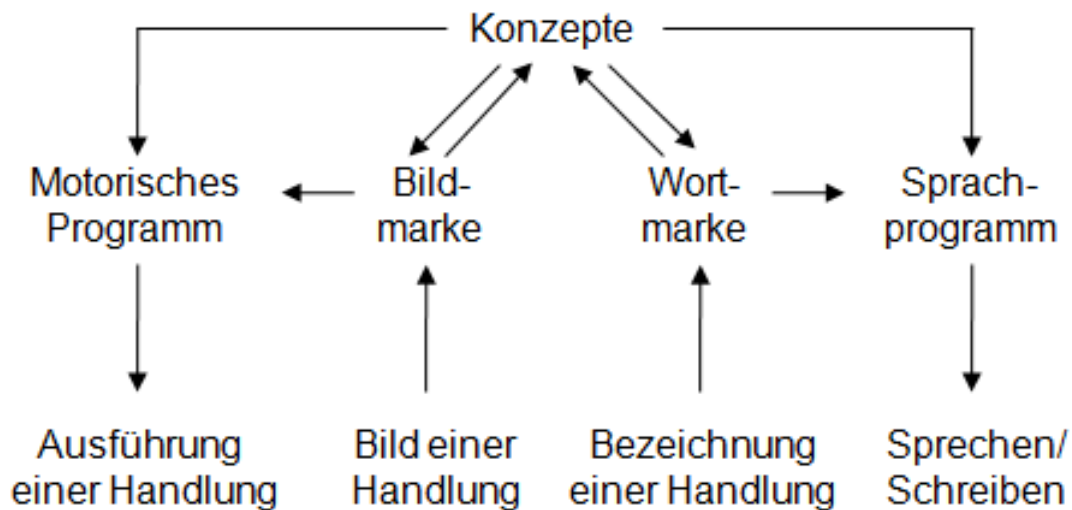


Abbildung 7: Mögliche Wege von der Bezeichnung einer Handlung bzw. dem Bild einer Handlung zum Aussprechen der Handlungsbezeichnung oder zur Handlungsausführung, aus Engelkamp & Zimmer (2006).

Die Konzeption der Multimodalen Gedächtnistheorie mit der Annahme der Multimodalität beim Enkodieren impliziert wichtige Prozesse bezüglich des Erinnerns an selbst ausgeführte Handlungen. Das erinnern hängt dabei stets ab von konzeptuellen und motorischen Enkodierprozessen. Für den Handlungseffekt kritisch sind jedoch nur die motorischen Anteile, das heißt, hier ist die Aktivierung des motorischen Programms entscheidend.

Das Postulat Engelkamps zum Handlungseffekt als Effekt multimodaler Enkodierung ist anders zu verstehen als jenes vorher schon dargestellte von Bäckman & Nilsson (1984, 1985). Ein wesentlicher Unterschied zu den Annahmen Bäckman und Nilssons (1984, 1985) besteht in der Trennung der Ebene des konzeptuellen Systems von den modalitätsspezifischen (motorischen, verbalen, visuellen) Systemen. Dass der Systemansatz sinnvoll ist, wird anhand von Befunden verschiedener Experimente deutlich, in denen man eine strukturelle Interferenz erzeugt und dann den Effekt auf den Free Recall testet. Dabei sollte beispielsweise eine motorische Nebenaufgabe in einer Bedingung unter Handlungsausführung mehr stören als eine visuelle. Diesen Effekt konnten

Saltz und Donnenwerth-Nolan (1981) sowie Zimmer, Engelkamp und Sieloff (1984) nachweisen.

Auch in Experimenten zur Wiedererkennenstestung konnte der Systemansatz bestätigt werden. Dazu wurde Marken- oder Programminformation in Test und Lernphase entweder konstant gehalten (Kongruenz-Bedingung) oder variiert (Inkongruenz-Bedingung). Die Inkongruenzbedingung sollte die Rekognition im Vergleich zur Kongruenzbedingung beeinträchtigen. Bezüglich einer Untersuchung zum Gedächtnis für selbst ausgeführte Handlungen bedeutet dies, dass sich im Wiedererkennenstest die Gedächtnisleistung unter der SPT-Bedingung verbessert, wenn beim Wiedererkennen die Handlungsphrase erneut ausgeführt wird im Unterschied zur rein verbalen Wiedererkennenstestung. Diese Annahme konnten Engelkamp, Zimmer, Mohr und Sellen (1994) in ihren Studien bestätigen. Es trat ein motorischer Kongruenzeffekt auf. Als ebenso bedeutsam und mit den Annahmen der multimodalen Gedächtnistheorie vereinbar erwiesen sich Befunde, die zeigten, dass in einer Handlungsbedingung die Ähnlichkeit der Distraktoren zur auszuführenden Handlung für die Erinnerung an diese Handlung abhängt. So zeigte sich die störende Wirkung zur Handlung unähnlicher Distraktoren als weniger gravierend als zu dieser ähnlicher (Zimmer, 1984; Mohr, Engelkamp & Zimmer, 1989).

Befunde zur konzeptuellen Ähnlichkeit im Kontext von Handlungsausführung ergaben in Wiedererkennensexperimenten, dass die Rate der falschen Alarme deutlich anstieg, wenn im Test zur Lernbedingung konzeptuell wie motorisch ähnliche Items benutzt wurden (Engelkamp & Zimmer, 1994a). Dabei war die Störung (Rate der falschen Alarme) in einer „Hörbedingung“ nicht so stark wie unter der Handlungsbedingung. Waren die Items jedoch nur konzeptuell gleich und motorisch verschieden, so zeigte sich eine bessere Diskriminationsleistung unter „Tun“ als unter „Hören“; das Ausmaß der Störung war also hier geringer. Eine weitere wichtige Prozessannahme innerhalb der Multimodalen Gedächtnistheorie ist jene, dass der SPT-Effekt aufgrund exzellenter itemspezifischer Enkodierung zustande kommt. Dass die Enkodierung und Verarbeitung relationaler Information unter Handlungsausführung sehr schlecht ist, bestätigen Experimentalbefunde, die anschließend dargestellt werden. Doch zunächst sollen die Annahmen zur Rolle der relationalen Information und deren Nutzung bei Handlungsausführung durch die Multimodale Gedächtnistheorie näher spezifiziert werden.

- Bei der Verarbeitung kategorial-relationaler Information, die sich auf Verbindungen im semantischen Gedächtnis beziehen und somit auf prä-experimentellem Wissen im konzeptuellen System beruhen, sollten die Organisationsscores (ARC) sich nicht unterscheiden zwischen einer VT-Bedingung und einer SPT-Bedingung.
- Das Schaffen neuer Verbindungen, Knüpfen von neuen Beziehungen zwischen Items, die Organisation von Lernmaterial, ganz allgemein elaboriertes Verarbeiten sollte beim Lernen unter Handlungsausführung nach der Multimodalen Gedächtnistheorie schlechter sein als unter einer rein verbalen Bedingung. Diese Formen der Verarbeitung werden auch als elaborativ-relationale oder episodisch-relationale Prozesse bezeichnet.
- Auch Abfolge-relationalen Prozesse sind schlechter zu verarbeiten beim Lernen unter einer Handlungsbedingung als unter einer rein verbalen Lernbedingung.

Letztere beiden Annahmen zur Verarbeitung relationaler Information gehen auf die Annahme zurück, dass unter einer Handlungsbedingung der Fokus auf die handlungsrelevante Information gelenkt ist und die Enkodierung relationaler Information grundsätzlich erschwert ist (Engelkamp, 1997; Zimmer, 2001). Jegliche Kontextinformation, die nicht unmittelbar zur Ausführung der Handlung notwendig ist, wird eher schlecht enkodiert.

Die folgenden Experimentalbefunde stehen im Einklang mit den eben genannten Postulaten.

Die Annahme, dass in Experimenten, in denen kategorisierte Listen von Handlungsphrasen gelernt werden, sich im Free Recall ein Handlungsvorteil zeigt bei gleichen Organisationsscores unter Hören wie unter Tun konnte bestätigt werden (Engelkamp, Zimmer, Mohr, 1990; Engelkamp & Zimmer, 2001). Allerdings konnte auch gezeigt werden, dass die Vorinformation über bestimmte Kategorien beim Lernen die Organisationsscores unter Hören verbessert, nicht aber unter Tun (Engelkamp, Seiler & Zimmer, 2005). Dazu sollten randomisiert dargebotene Items gelernt und in bestimmte Kategorien eingeordnet werden. Dies geschah einmal unter einer VT-Bedingung und einmal unter einer Handlungsbedingung. Das Ergebnis der besseren Listenorganisation unter Hören kann so erklärt werden, dass unter Hören die Aufmerksamkeit eher der Listenstruktur zugewendet werden kann als unter Tun.

Dass unter Hören besser organisiert wird als unter Tun konnten Engelkamp und Seiler (2003) im multiplen Recall Test zeigen. Dazu ließen die Autoren Listen mit unverbundenen Items unter einer Hörbedingung und unter einer Handlungsbedingung lernen. Sie testeten dann die Behaltensleistung mehrfach hintereinander in einem Free Recall (multipler Recall Test). Durch dieses Verfahren ist es möglich, Gewinne und Verluste von Items zwischen den Recall-Durchgängen zu überprüfen. Verluste sind ein Indikator dafür, dass elaborativ-relationale Information, deren Enkodierung eine gute Integration von Items ermöglicht, nur schlecht genutzt wird. Gewinne hingegen zeigen, dass item-spezifische Information verbessert wird. Das Ergebnis ergab, dass unter Tun mehr Gewinne auftraten, aber auch mehr Verluste als unter der Hörbedingung. Dieser Befund zeigt an, dass das Ausmaß an elaborativ-relationaler Information unter „Tun“ im Vergleich zur Hörbedingung reduziert ist.

Befunde zum Paarassoziationslernen von Engelkamp, Mohr und Zimmer (1991) und zum serialen Recall (Engelkamp, 1986; Engelkamp, Jahn & Seiler, 2002; Oloffsen, 1996) belegen, dass das Behalten von Abfolgeinformation unter Tun sehr schwierig ist. In einer Studie von Engelkamp, Jahn und Seiler (2002) sollten die Teilnehmer Listen mit Handlungen lernen, die sie entweder selbst ausführen sollten (SPT) oder beobachten sollten, wie sie vom Experimentalleiter ausgeführt wurden (EPT). Anschließend wurden sie aufgefordert nach dem Abruf die Items nach der Reihenfolge der Lernliste zu ordnen. Es zeigte sich im anschließenden Recall, bei dem die Teilnehmer die Reihenfolge der gelernten Items rekonstruieren sollten, dass die Rekonstruktionsleistung besser war nach EPT's als nach SPT's. Der Befund wird damit erklärt, dass bei der Handlungsbedingung der Fokus auf der Ausführung der Handlung liegt. Somit wird die Speicherung der Reihenfolge der Lernitems behindert. In EPT's ist dies nicht der Fall, da die Handlungen lediglich beobachtet werden. Es können also Assoziationen zwischen Items gebildet werden, was zu einer besseren Rekonstruktionsleistung führt.

In einer Studie von Engelkamp (1986) wurde überprüft, ob bei der Handlungsausführung eine Paarintegration stattfindet. Er überprüfte dies im Paarassoziationslernen. In einer Kontrollbedingung ließ er Teilnehmer Paare im VT lernen. Ein anschließender Free Recall zeigte den üblichen Handlungsvorteil gegenüber der Erinnerungsleistung nach VT. In einem Cued Recall-Test allerdings drehte sich das Ergebnis um. Die Gruppe, die im VT gelernt hatte, schnitt hier besser ab als die Handlungsgruppe. Engelkamp (1986) interpretiert diesen Befund, indem er konstatiert, dass eine Integration zweier

Handlungsitems zu einer Gedächtniseinheit in der SPT-Bedingung nicht vorgenommen werden kann. Deshalb war die Erinnerungsleistung im Cued Recall hier auch schlechter als bei der VT-Bedingung. Ein vergleichbares Ergebnis konnten auch Engelkamp, Mohr und Zimmer (1991) finden.

Einen weiteren wichtigen Aspekt zur Bedeutung der Trennung von itemspezifischer und relationaler Information mit den damit verbundenen unterschiedlich ablaufenden Prozessen beim Lernen unter Handlungsausführung im Vergleich zum rein verbalen Enkodieren liefern die beim Abruf im Free Recall unterschiedlichen Formen der seriellen Positionskurven. Wie in Kapitel 4.4 bereits ausführlich dargestellt, tritt der ausgeprägte Recency-Effekt immer dann auf, wenn eine itemspezifische Enkodierung erfolgt. Diese ist bei der Ausführung von Handlungen im Unterschied zur rein verbalen Enkodierung gegeben. Auch dieser Befund ist mit dem multimodalen Gedächtnismodell von Engelkamp vereinbar.

Die Unterscheidung zwischen automatischen und kontrollierten Prozessen im Rahmen der multimodalen Gedächtnistheorie ist nicht so strikt wie z.B. bei Cohen (1985). Er setzt die kontrollierte Verarbeitung gleich mit strategischer Verarbeitung und schreibt diese der verbalen Enkodierung zu im Unterschied zur automatischen, strategiefreien Enkodierung unter einer Handlungsbedingung. Engelkamp dagegen betrachtet die Enkodierung unter „Tun“ nicht per se als strategiefrei; vielmehr sieht er die Handlungsausführung als aufmerksamkeitsfordernd an. Unter der Handlungsausführung können sowohl automatische wie kontrollierte Enkodierprozesse stattfinden. Demnach ist das Vorhandensein beider Prozesse beim Handeln möglich, insofern als beim Handeln automatisch die Aufmerksamkeit gelenkt wird auf handlungsrelevante Aspekte. Diese Art der Enkodierung ist naturgemäß gegeben und wenig flexibel; dennoch erfordert sie ein gewisses Maß an Kontrolle. Demgegenüber ist beim verbalen Enkodieren der kontrollierte flexible Einsatz von Enkodierstrategien möglich und auch erforderlich, um gedächtniswirksam zu sein.

4.6 Aktueller Stand der Ansätze um die Erklärung des Handlungseffektes

Bislang wurden die konträren Ansätze zur Begründung des Handlungsvorteils dargestellt. Inzwischen haben sich die Forscher teilweise in ihren Erklärungen einander angenähert. Die Resultate werden im Folgenden aufgezeigt.

Bezüglich der Rolle der motorischen Komponente bei Handlungsausführung, wie in Kapitel 4.3 ausführlich dargestellt, näherten sich die verschiedenen Ansätze dahingehend einander an, dass Cohen (1989) inzwischen auch von der Wichtigkeit der Bewegung als Erklärung für den Handlungsvorteil überzeugt ist. Ebenso modifizierten Nilsson und Bäckman (1989, 1991) ihre Ansätze entsprechend. Sie nehmen nun auch an, dass der motorischen Komponente eine spezifische Rolle zukommt. Konträr zu diesen theoretischen Annäherungen steht die Ansicht, dass der motorische Aspekt nicht ausschlaggebend ist für das Zustandekommen des Tu-Effektes. Das Wesentliche am Handlungseffekt ist demnach die Tatsache, dass das Ausführen der Handlung zu einem größeren Beteiligt sein der Person und damit zu einer episodischen Integration führt (Kormi-Nouri, 1995; Kormi-Nouri & Nilsson, 2001). Die Handlungsausführung trägt somit zum episodischen Gedächtnis bei. Beim Lernen einer Handlungsphrase unter Ausführung werden Objekt und Verb auf konzeptueller Ebene integriert. Die itemspezifische Information wird der relationalen Information zugefügt und erhöht so die Distinktivität der Gedächtnisspur. Die Autoren sind zudem der Ansicht, dass das Enkodieren von Informationen unter Handlungsausführung sehr wohl strategisch erfolgt. Ähnlicher Auffassung ist auch Helstrup (1986, 1987). Er sieht die Notwendigkeit im Nutzen von Strategien gegeben bei schwierigen Aufgaben, quasi als eine Form der Problemlösung. Eine diesem Ansatz ganz ähnliche Argumentation ist bei Knopf (2005) und bei Neidhardt (1995) zu finden. Diese Forscher bestreiten die Existenz eines separaten motorischen Systems und siedeln den „Tu-Effekt“ ebenfalls auf der Konzeptebene an. Den Handlungsvorteil erklären sie mit einer größeren motivationalen und kognitiven Beteiligung bei Handlungsausführung. Insgesamt sind sie der Ansicht, dass die Erinnerung nach verbaler Enkodierung und jene nach Enkodierung unter Tun im Prinzip denselben Informationsverarbeitungsprozessen unterliegt. Insofern ist für sie der SPT-Effekt innerhalb traditioneller Gedächtnistheorien erklärbar und das Postulat eines separaten motorischen Systems nicht notwendig.

Nilsson (2000) hält es ebenfalls für nicht erforderlich, ein eigenes Handlungs-
gedächtnis zu postulieren. Er schlägt vor, anstatt eine qualitative Differenzierung zwi-
schen der Enkodierung verbaler Information und jener mit zusätzlicher Handlungsaus-
führung vorzunehmen, die unterschiedliche Enkodierung eher quantitativ zu betrachten.
Er sieht die Enkodierung an im Sinne eines Kontinuum, wobei der Lernende entspre-
chend der Aufgabenanforderung Strategien einsetzen kann. Am einen Ende steht dabei
ein strategiefreies Enkodieren, am anderen Ende steht eine Enkodierung, die den Ein-
satz vieler Strategien erfordert, um optimal verarbeitet werden zu können. Nilsson
(2000) siedelt dabei den SPT-Effekt in der Mitte des Kontinuums an. Damit sieht er in
der Enkodierung unter Handeln eine optimale Verarbeitung, die wenig zusätzliche Stra-
tegien erfordert. Damit steht eine kontroverse Diskussion über die Notwendigkeit der
Postulierung eines eigenen motorischen Systems in Abgrenzung zum konzeptuellen
System, wie Engelkamp (1990) es innerhalb seiner Konzeption der Multimodalen Ge-
dächtnistheorie, vornimmt, im Raum. Nahezu unbestritten hingegen bleibt, dass der
SPT-Effekt auf einer optimalen (itemspezifischen) Enkodierung beruht; auch, dass der
motorische Aspekt einen wichtigen Beitrag zum Handlungsvorteil leistet, wird von den
meisten Forschern geteilt. Abschließend schlägt Zimmer (2001) eine Integration der
Ansätze um die Erklärung des Handlungsvorteils und zur Diskussion um die Existenz
eines separaten Handlungsgedächtnisses vor. Dabei sieht er das Gedächtnis für selbst
ausgeführte Handlungen als Resultat einer spezifischen Form der Enkodierung. Bei dem
Ausführen einer Handlung werden spezifische Informationsverarbeitungsprozesse in
Gang gesetzt, die zusätzliche Gedächtnisspuren bilden und über handlungsspezifische
Module aktiviert werden, die wiederum das Gedächtnis beeinflussen. Diese Prozesse
unterscheiden sich von jenen bei der Verarbeitung verbaler Information, sind einzigartig
und insofern auch nicht als Modifikation der semantischen Verarbeitung anzusehen.
Dennoch basiert das Gedächtnis für diese Handlungen nicht auf einem völlig unabhän-
gigen episodischen Handlungsgedächtnis. Vielmehr gehört es zu einer Art Subsystem
innerhalb des episodischen Gedächtnisses.

Das Gedächtnis ist eine Funktion der Enkodieroperationen. Handeln erfordert spezi-
fische Operationen, die die Gedächtnisspur modifizieren. Diese Gedächtnisspuren sind
aber Teil eines allgemeinen episodischen Gedächtnisses. Das Gedächtnis für selbst aus-
geführte Handlungen ist deshalb zwar Teil des episodischen Gedächtnisses, wie verbale
Erinnerungen, aber es ist in dieser Form, weil diese Gedächtnisspuren nur nach Aus-

führen existieren. Will man den Gedächtnisvorteil abschätzen, ist es deshalb wichtig, sich die jeweiligen Enkodieroperationen anzuschauen.

5 Die Rolle des Planens beim Ausführen von Handlungen

Das Ausführen einer Handlung bezieht die vorherige Planung zur Ausführung mit ein. Es sei gleich zu Beginn des Kapitels betont, dass das Ausführen einer Handlung im Unterschied zur reinen Bewegung einen komplexen Vorgang bezeichnet. Wenn nun das Ausführen einer Handlung einen positiven Effekt auf das Erinnern derselben hat, wie im vorigen Kapitel beschrieben und dabei angenommen wird, dass dieser Effekt hauptsächlich auf die motorische Komponente zurückzuführen ist, so muss man sich einmal genauer anschauen, welche Komponenten an der Ausführung beteiligt sind. Dazu zählen Faktoren wie z.B. die Bildung einer Intention zum Handeln, das Erstellen eines Handlungsentwurfs, einer Handlungsplanung, die Kontrolle der Motorik beim Ausführen und die anschließende Bewertung der ausgeführten Handlung. Obwohl es offensichtlich erscheint, dass der Planungsaspekt vor der Ausführung von Bedeutung ist, gibt es hierzu nur wenige Studien. Innerhalb der multimodalen Gedächtnistheorie kommt der Handlungsplanung die Rolle als wichtiger Teilkomponente im Rahmen der Handlungsausführung zu (Engelkamp, 1990, 1997a; Engelkamp & Zimmer, 1994; Zimmer, 2001). Es konnte in Untersuchungen gezeigt werden, dass das eigene Planen von Handlungen sich im Vergleich zum Imitieren von Handlungen positiv auf das Behalten dieser Handlungen auswirkt. Beim Imitieren ist keine Planung erforderlich (Zimmer & Engelkamp, 1984, 1996). Daraus lässt sich die Vermutung ableiten, dass die Handlungsplanung sich ähnlich vorteilhaft auf die Gedächtnisleistung auswirkt wie die Ausführung derselben, weil hier möglicherweise dieselben Mechanismen wirksam werden. Dann könnte man folgern, dass sich beim Lernen von Handlungsphrasen im Vergleich zur VT-Bedingung die Planungsbedingung zu besseren Behaltensleistungen führt. Hierzu wurden Studien durchgeführt, die eine widersprüchliche Befundlage erbrachten. So konnten Koriat, Ben-Zur und Nussbaum (1990) einen Gedächtnisvorteil der Planungsbedingung im Vergleich zur verbalen Bedingung finden. Brooks & Gardiner (1994) fanden in ihren Untersuchungen diesen Befund nicht. Engelkamp (1997b) stellte in seinen Untersuchungen fest, dass es abhängig vom Designtyp ist, ob ein solcher Behaltensvorteil ge-

funden wird oder nicht. Jahn (2004) konnte schließlich die Hypothese des Gedächtnisvorteils in der Planungsbedingung gegenüber der verbalen Bedingung stützen und zwar designunabhängig. Der Stand der Forschung zur Rolle der Planung ist also, dass die Behaltensleistung für Handlungsphrasen besser ist, wenn man die zu lernende Handlung selbst plant (Planungsbedingung, PT) als wenn man sie nur hört oder liest (verbale Bedingung, VT).

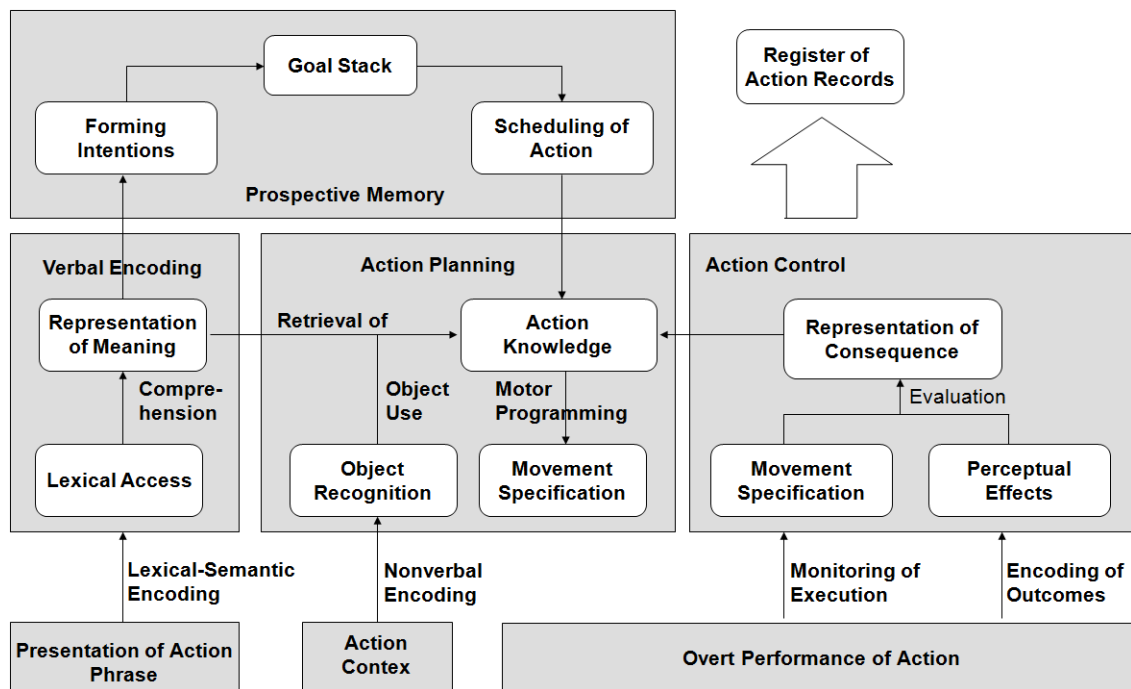


Abbildung 8: Illustration der Teilprozesse, die beim Enkodieren und der Handlungskontrolle in Subject-performed-tasks beteiligt sind, nach Zimmer (2001).

Zimmer (2001) erläutert den komplexen Ablauf der Handlungsausführung, die er in fünf Stufen einteilt: 1. lexikalisch-semantische Verarbeitung, 2. Intentionsbildung, 3. Programmierung des Bewegungsapparates, 4. Ausführung und Betrachtung (Wahrnehmung) der Ausführung, 5. Evaluation der Handlungsausführung in einem Modell.

Die erste Stufe der lexikalisch-semantischen Verarbeitung des Satzes „das Papier zerreißen“ erfordert das Verstehen der beschriebenen Handlung. Dazu ist der Zugriff auf das verbale Lexikon erforderlich sowie die Analyse des Satzes. Dies hat für die Aufgabe der Handlungsausführung (SPT) beim Probanden zwei Konsequenzen: 1. Andere Komponenten, die im Zusammenhang mit der Handlung stehen, wie z.B. die

Folgen des Papierzerreißen, Motive, warum das Papier zerrissen wird, werden nicht aktiviert; möglicherweise werden sie sogar aktiv unterdrückt. 2. Die motorische Repräsentation, die die assoziierte Bewegungsausführung ermöglicht, ist zugleich aktiviert. Diese Aktivierung ermöglicht den Zugang zu weiterer Information über die auszuführende Bewegung. Die zweite Stufe beschreibt die Intentionsbildung des Probanden. Bevor die Handlung „das Papier zerreißen“ ausgeführt werden kann, muss der Proband die Intention zur Ausführung haben. Wenn die Intention zur Ausführung besteht, bekommt die Handlung einen besonderen Status als „Handlung, die ausgeführt werden soll“. Nach deren Ausführung bekommt sie entsprechend den Status als „bereits ausgeführte Handlung.“ In der dritten Stufe geht es um die Programmierung des motorischen Programms. Dabei greift der Proband auf Wissen zurück, das er im Laufe seiner Lerngeschichte erworben hat. Er weiß „wie man Papier zerreißt“. Dieses Wissen ist notwendig, um die entsprechende Handlung ausführen zu können. Während des Planungsprozesses wird die auszuführende Bewegung vorbereitet und diejenigen Elemente, die zu deren Ausführung notwendig sind, werden zusammengefügt und zur Verfügung gestellt. Dabei erhalten bestimmte Merkmale der Bewegung eine Bedeutung, die konkrete für die auszuführende Bewegung wichtigen Parameter bestimmen (z.B. Kraftaufwand, räumliche Information, Geschwindigkeit, in der die Bewegung auszuführen ist). Die Stufe vier befasst sich mit der Phase der Betrachtung nach der Handlungsausführung. Ist die gewünschte Handlung nicht erfolgreich ausgeführt worden, wird sie wiederholt. Schließlich wird in der fünften Stufe die Handlungsausführung bewertet. Die Bewertung ist immer abhängig von der affektiven Prädisposition des Handelnden. Misslingt die Handlung, können eventuell Unterziele der Handlungsausführung definiert werden. Soweit Zimmer's Modell zur Ausführung einer Handlung, nachdem ein Proband zu dieser aufgefordert wurde.

Nun ist zu vermuten, dass beim Planen und Ausführen von Handlungen der Faktor der Aufmerksamkeit eine wichtige, wenn nicht sogar entscheidende Rolle spielt - zumal es für diesen gesamten Prozess der Handlungsausführung einer gewissen Kontrolle bedarf und intakter Hirnstrukturen, die dafür verantwortlich sind, dass es überhaupt zur Handlungsausführung kommt. „Die Planung von Handlungen umfasst nicht nur die Auswahl eines Handlungsziels, sondern wegen der zeitlichen Erstreckung und der oft festen Abfolge von Teilhandlungen eine Kontrolle über das korrekte Arbeiten von Teilhandlungen“ (Engelkamp & Zimmer, 2006, S. 390). In den meisten Fällen wird dies

automatisch erfolgen und nur bei komplexeren Handlungen oder im Falle von Handlungsfehlern wird eine bewusste Handlungskontrolle gefordert. „One important consequence of this is that we consciously process only small part of the information related to actions“ (Zimmer, Helstrup, Nilsson, 2007, S.62). Das Ausmaß an benötigter Kontrolle hängt dabei von der Hierarchieebene der Teilhandlungen des Ausführungsprozesses ab (siehe Abb. 8). Dabei wird die meiste bewusste Kontrolle bei der Intensions- und Zielformulierung, also auf der obersten Hierarchieebene, benötigt. „The final control of action is often accomplished by automatic processes, and these are, to a surprisingly large extent, independent of conscious decisions.“ (Zimmer et al., 2007, S.62).

Eine hervorstechende Symptomatik der Wilson-Erkrankung ist in vielen Fällen eine Beeinträchtigung der Motorik. Es ist deshalb wahrscheinlich, dass sich Gesunde und Wilson-Patienten in dieser Hinsicht bei der Handlungsausführung unterscheiden. Wilson-Patienten haben oftmals erhebliche Koordinationsprobleme, die durch bewusste Kontrolle kompensiert werden müssen. Die motorische Problematik erfordert also einen im Vergleich zu Gesunden weit größeren Kontrollaufwand. „Given that the level of control determines the content of conscious processing, the level that becomes activated might result in different memories.“ (Zimmer et al., 2007, S.62). Das impliziert, dass für diesen Fall eine Modifikation von Zimmers Modell vorgenommen werden muss. Ebenso ist naheliegend, dass sich aufgrund der unterschiedlichen Erfordernis der Aufmerksamkeitsbindung bei Handlungsausführung die Qualität der Erinnerung an selbst ausgeführte Handlungen zwischen Wilson-Patienten und gesunden Personen unterscheiden sollte. „Because we know that attention strongly influences memory, these differences between conscious and unconscious control of actions are of course also important for remembering“ (Zimmer et al., 2007, S.62).

5.1 Zur Beteiligung verschiedener Hirnstrukturen an der Planung und Ausführung von Handlungen

Für die Planung von Handlungen ist die Funktion des präfrontalen Kortex von entscheidender Bedeutung. Für das Ausführen derselben sind kortikale Zentren wie die Basalganglien, das Kleinhirn sowie der Motorkortex mit dem primär motorischen Kortex dem prämotorischen Kortex, dem supplementär motorischen Kortex, die zusammen mit

dem Rückenmark und dem Hirnstamm das motorische System bilden, zuständig. Zunächst sollen die Aufgaben des präfrontalen Kortex näher spezifiziert werden. Die Planung einer Handlung impliziert die Aufgliederung in Teilhandlungen, das Unterdrücken von Reizen, welche die Zielhandlung behindern sowie das Behalten bereits ausgeführter Teilhandlungen. Somit steht die zeitliche Organisation der verschiedenen Teilschritte im Vordergrund. Es gibt zahlreiche Belege durch Untersuchungen an Affen, bei denen der präfrontale Kortex verletzt war, dass diese nicht in der Lage waren, Strategien zu entwickeln, bei denen das Behalten zeitlicher Abfolgen zu berücksichtigen war, um eine Zielhandlung auszuführen, für die sie belohnt wurden (Passingham, 1985b). Eine andere Studie an Patienten mit Schädigungen des Frontallappens belegt ebenfalls die Schwierigkeit, eine komplexe Aufgabe, bei der die zeitliche Organisation im Vordergrund stand, korrekt auszuführen (Shallice & Burgess, 1991). Dass die Aufgabe des präfrontalen Kortex auch darin besteht, für das Ausführen von Zielhandlungen nicht relevante Reize auszublenden bzw. zu ignorieren sowie entsprechende Verhaltens-tendenzen zu hemmen und damit ein hohes Maß an Verhaltenskontrolle sicherzustellen, zeigen ebenfalls Untersuchungsbefunde von Patienten mit Verletzungen des Frontal-lappens (Lhermitte, 1983).

Eine wesentliche Funktion für die Kontrolle und Organisation komplexer Bewegungen sowie die dafür notwendige Erzeugung von Kraft kommt den Basal-ganglien zu. Aufgaben des motorischen Kortex liegen in der Auslösung von Bewegung. Der motori-sche Kortex wird in drei Teile untergliedert, den primär-motorischen Kortex, den prä-motorischen Kortex sowie den supplementär motorischen Kortex. Er ist zudem für die Modulation der Erregbarkeit der Neuronen verantwortlich; er beeinflusst auch die Kraft und die Richtung von Bewegungen. Dabei steuert der primär-motorische die distale Muskulatur, der prämotorische die proximale Muskulatur. Im Unterschied zum eben beschriebenen primär-motorischen Kortex, der für die Ausführung von Bewegungen zuständig ist, liegt die Aufgabe des supplementär motorischen Kortex haupt-sächlich in der Planung und Ausführung von komplexen Bewegungsfolgen. Das Klein-hirn schließlich hat die wichtige Funktion als Zeitgeber. Es kontrolliert und koordiniert die zeitliche Abfolge von Bewegungen und stellt somit sicher, dass die Ausführung rhythmischer Bewegungen möglich ist. An der Beschreibung der Aufgaben der jeweiligen Hirnzen-tren für das letztliche Ausführen von Handlungen wird deutlich erkennbar, dass sie pa-rallel zueinander, also gleichzeitig arbeiten und eng miteinander verknüpft sind und sich

in ihren Funktionen ergänzen. Die unten stehende Abbildung macht dies noch mal deutlich.

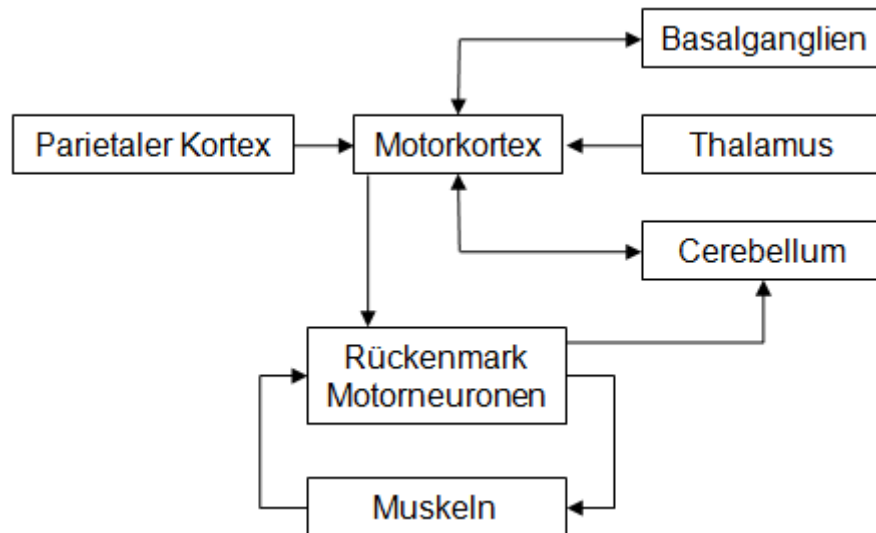


Abbildung 9: Veranschaulichung einiger wichtiger neuronaler Komponenten, die an der Steuerung von Bewegungen beteiligt sind. Aus Engelkamp und Zimmer, 2006.

Im Folgenden werden nun die für das Planen und Handeln notwendigen Voraussetzungen der intakten Funktionen, dafür zuständiger Hirnzentren sowie der Aufmerksamkeit als weiterer Voraussetzung, in das Modell von Zimmer (2001) eingefügt.

Als Voraussetzung zur Erfüllung der Aufgabe der lexikalisch-semantischen Verarbeitung sowie zur Intentionsbildung muss die Aufforderung verstanden werden und zwar nur bezüglich der reinen Handlungsausführung. Das bedeutet, dass die Person z.B. die Bedeutung der Konsequenzen seiner Handlung für den Zustand des Papiers sowie weiterer Spekulationen darüber vernachlässigen muss. Die Person muss also eine Selektion vornehmen und alles Unwichtige ausblenden und ignorieren - gegebenenfalls unterdrücken. An dieser Stelle muss bereits eine Zieldefinition vorgenommen werden. Die Rolle der Aufmerksamkeit, wie sie oben aus verhaltensorientierter Sicht beschrieben ist, wird nur allzu deutlich. Dem präfrontalen Kortex als beteiligtem Hirnzentrum kommt hier eine saliente Aufgabe zu. Die Rolle der Aufmerksamkeit bei der Programmierung des Bewegungsapparates sowie bei der Ausführung und Betrachtung (Wahrnehmung) der Ausführung liegt hier darin, sicherzustellen, dass das Verhaltensziel erreicht wird, um ein Verhaltenschaos zu vermeiden, da Interferenzen gerade auf dieser Stufe der Informationsverarbeitung auftreten können. Als zuständige Hirnzentren sind hier vor-

nehmlich zu nennen die Basalganglien, die die Organisation der komplexen Bewegung kontrollieren sowie den dafür nötigen Kraftaufwand für die auszuführende Bewegung und das Kleinhirn, das die Bewegungsabfolge mit deren zeitlicher Organisation kontrolliert. Der motorische Kortex schließlich sichert die Ausführung der Handlung. Dabei kommt ihm auch die wichtige Rolle der Modulation der Erregbarkeit der Neuronen zu. Mit dieser Modulation werden auch der Kraftaufwand und die Richtung von Bewegungen mitbestimmt. Die Aufmerksamkeit auf der letzten Stufe von Zimmers Modell (2001), der Evaluation der Handlungsausführung reguliert die Verhaltenskontrolle. Dabei müssen unangenehme affektive Zustände möglichst bei der Bewertung herausgehalten werden, um dem eigentlichen Verhaltensziel nicht entgegenzustehen und dieses auf angemessene Erledigung im Hinblick auf das zuvor gesetzte Verhaltensziel beurteilen zu können.

Aufgrund der in Kapitel 2 beschriebenen Funktionseinschränkungen bei Patienten mit Morbus Wilson in für die Ausführung von Handlungen notwendigen Gehirnzentren (Basalganglien, Kleinhirn) können die oben dargestellten Zuständigkeiten der Hirnzentren nicht einwandfrei arbeiten. Deshalb gehe ich davon aus, dass sich das Modell von Zimmer (2001) nicht ohne Modifikationen auf diese Patienten anwenden lässt. Ich werde also im folgenden Kapitel meine Vorstellungen von der Handlungsausführung bei Wilson-Patienten in das Modell von Zimmer (2001) einbauen und es entsprechend modifizieren. Die Konsequenzen aus meinen Überlegungen stelle ich in meinem Modell zur Handlungsausführung bei Morbus Wilson-Patienten vor, aus dem ich dann Hypothesen ableiten werde zur Behaltensleistung von Handlungen bei diesen Patienten sowie die zur Überprüfung dieser Hypothesen konzipierten Experimentaldesigns.

6 Spezifische Darstellung der Zielsetzung der vorliegenden Arbeit

Meine folgenden Überlegungen beziehen sich hauptsächlich auf die Wilson-Patienten mit der neurologischen Form, schließen jedoch grundsätzlich die internistische Form nicht aus, da sich auch bei diesen Patienten Kupferablagerungen in den kritischen Hirn-

bereichen finden, obschon diese meistens nicht so gravierend sind, als dass sie sich im offen sichtbaren Verhalten zeigen (vgl. Herrmann, 2004).

Ich gehe davon aus, dass bei Wilson-Patienten die Handlungsausführung gar nicht so ablaufen kann, wie Zimmer (2001) es in seinem Modell aufgezeigt hat und von mir im vorherigen Kapitel ausführlich dargestellt wurde. Vielmehr müssen aufgrund der motorischen Einschränkungen beim Ausführen von Handlungen durch die Kupferintoxikation der für die motorischen Bereiche zentralen Stellen im Gehirn zumindest Schwierigkeiten auftreten, wenn nicht gar ganz andere Abläufe stattfinden. „Krankhafte Veränderungen in den Basalganglien führen in aller Regel zu einer schweren und dramatischen Beeinträchtigung der Motorik des Betroffenen“ (Freitag, 2003, S.7). Diese Beeinträchtigung sollte durch vermehrte Anstrengung bei der Handlungsausführung zu einem qualitativ anderen Handlungseffekt führen als bei Gesunden. In einer fMRI-Studie konnten Krings et al. (2000) zeigen, dass das Ausführen komplexerer Bewegungen eine vermehrte Aktivität motorischer Areale bei ungeübten Personen im Vergleich zu geübten Pianisten bewirkt. Die Pianisten sind durch Übung in der Lage, komplexe Handlungen zu automatisieren. Ungeübte Personen, sowie in ihrer Motorik eingeschränkte können dies nicht. Demnach ist anzunehmen, dass in ihrer Motorik behinderte Menschen eine vermehrte Aktivität der motorischen Areale aufweisen. Auf der Basis der Annahme der motorischen Komponente als Grundlage für das Zustandekommen des SPT-Effektes ist also plausibel anzunehmen, dass eine verstärkte Aktivität motorischer Areale im Unterschied zu einer moderaten Aktivität zur Bildung stärkerer oder vermehrter motorischer Gedächtnisspuren führt. Dies hätte einen größeren Handlungseffekt zur Folge.

Ziel meiner Arbeit ist es, diese Vermutung anhand eines von mir entwickelten Modells bezüglich des Zustandekommens des Handlungseffektes bei Patienten mit Morbus Wilson zu präzisieren und daraus abgeleiteter Hypothesen zu überprüfen.

Im Folgenden werden daher jene Stellen in Zimmers Modell (2001) markiert, bei denen zu vermuten ist, dass beim Ausführen von Handlungen bei den Patienten andere Abläufe stattfinden.

Ich behaupte, dass Stufe 3 und Stufe 4 deshalb für meine Annahmen der Handlungsausführung bei Wilson-Patienten modifiziert werden müssen.

Durch die Intoxikation des Cerebellums und der Basalganglien fällt die Programmierung des Motorischen Programms, dazu zählt auch die Planung und Koordination von Bewegungsprogrammen, äußerst schwer (vgl. Freitag, 2003; Hefter et al., 1993a; Hefter 1997, 2003). Der Patient kann zwar auf das Wissen zurückgreifen, wie ein Gesunder auch, das er im Laufe seiner Lerngeschichte erworben hat. Er weiß "wie man ein Papier zerreißt". Dieses Wissen ist sicherlich auch notwendig, um die entsprechende Handlung ausführen zu können, dennoch ist die Intoxikation bzw. die Folgen der Intoxikation der o.g. zentralen Stellen ein wesentlicher Hemmschuh beim Planungs- und Programmierprozess. Das Zusammenführen der wichtigen Elemente (Koordination), die zur Ausführung der Handlung notwendig sind, stehen dem Patienten nicht in intakter Art und Weise zur Verfügung, da die Regulation der Parameter wie z.B. Kraftaufwand, räumliche Information, Geschwindigkeit, in der die Bewegung auszuführen ist, bei Wilson-Patienten gestört ist (Hefter et al., 1993a; Hefter, 1997, 2003).

Auch in der 4. Stufe muss beim Wilson-Patienten von anderen Voraussetzungen ausgegangen werden als beim Gesunden. Bei der Betrachtung der Handlungsausführung wird er garantiert gezwungen sein, sie, um sie korrekt auszuführen, mehrmals zu wiederholen. Ich möchte hier gerne differenzieren zwischen Hyperkinesen und Hypokinesen. Beides sind Pathologien, die bei Wilson-Patienten eher die Regel als die Ausnahme sind. Diese Pathologien im Bewegungsablauf gehen auf eine Intoxikation des Hirnstamms und der Basalganglien zurück. Bei Hyperkinesen ist die Handlungsausführung der Patienten eher fahrig, überschießend und misslingt in den meisten Fllen. Hier müssen also mehrere Versuche gestartet werden, um zum Ziel zu gelangen. Die Hypokinese beschreibt eine pathologische Verlangsamung bei der Handlungsausführung. Hier ist es eher wahrscheinlich, dass der Patient weniger Versuche zu deren korrekter Ausführung benötigt; dennoch ist er stark verlangsamt. „Langsamkeit im Beginn und in der Ausführung der Bewegung wird bei allen Verbungen des täglichen Lebens beobachtet...“ (Wilson, 1936, S.65). Dennoch gibt Wilson zu bedenken,“ ... dass wir eine Einteilung nach (1) extrapyramidalen Akinesen und (2) extrapyramidalen Hyperkinesen vornehmen; doch ist diese Trennung mehr theoretisch als in Wirklichkeit vorhanden, da wir bei striären Erkrankungen (= Basalganglienerkrankungen, Anmerkung von mir) mit ziemlicher Häufigkeit auf Kombinationen dieser beiden Arten treffen“ (Wilson, 1936, S. 63). Wenn eine Akinese vorliegt, ist die Handlungsausführung gar nicht möglich. Die Muskeln der Patienten sind dann derart steif, dass selbst bei ge-

nügender Motivation und korrekter Planung die Motorik so gestört ist, dass eine Bewegung nicht erfolgen kann.

Neuere Untersuchungsergebnisse, die von Hefter (2003) vorgetragen wurden, weisen auf, dass es den Wilson-Patienten auch schwer fällt, eine einmal initiierte Bewegung wieder zu stoppen. Diesen Befund führt er auf die Intoxikation des Cerebellum und der Basalganglien zurück.

Dadurch wird m. E. die Stufe 4 in Zimmers Modell beeinflusst. Bei Stufe 4, der Betrachtung der ausgeführten Handlung, wird der Wilson-Patient häufig erleben, dass diese nicht erfolgreich ausgeführt wurde und sie öfter wiederholen müssen. Diese Wiederholungen sind mit erhöhten Kontrollanforderungen verbunden.

Die hier aufgeführten Störungen im Bewegungsablauf treffen in ihrem starken Ausmaß eher auf das Akutstadium der Erkrankung als auf die Situation nach jahrelanger medikamentöser Behandlung zu. Es ist aber zu vermuten, dass ein– wenn auch moderateres– Maß dieser Schwierigkeiten beim Ausführen von Bewegungen als Restsymptom (Spätfolge) bestehen bleibt. Auf dieser Grundlage basiert die vorliegende Arbeit, wie in der Einleitung bereits erwähnt und im Besonderen die Entwicklung des folgenden Modells.

6.1 Entwicklung meines Modells zur Handlungsausführung bei Patienten mit Morbus Wilson

Ich schlage nun folgende Modifikation von Zimmers Modell (2001) vor, das bei der Ausführung einer Handlung beim Wilson-Patienten anzuwenden ist:

Die 1. Stufe der lexikalisch-semantischen Verarbeitung des Satzes „das Papier zerreißen“ erfordert das Verstehen der beschriebenen Handlung. Als Konsequenzen sehe ich hier beim Wilson-Patienten die vielen negativen, meistens schon häufig gemachten Erfahrungen durch vergebliche Versuche, die Feinmotorik zu kontrollieren, an. Diese Komponenten, die im Zusammenhang mit der Handlung stehen, werden umso stärker aktiviert, je häufiger der Patient vergebliche Versuche zum Ausführen dieser Handlung unternommen hat. Dies gilt zwar auch, wenn der Patient diesen Handlungssatz nur hört; im verstärkten Maße jedoch beim darauf folgenden Ausführen und die Art der

Kontrolle. Die von Zimmer (2001) angenommene Nicht-Aktivierung bzw. aktive Unterdrückung dürfte daher äußerst schwierig sein und würde eines vermehrten Aufwandes bedürfen als dies bei Gesunden der Fall ist.

Dieser vermehrte Aufwand entspricht einer erhöhten Inanspruchnahme von Ressourcen im Vergleich zum Gesunden. Die motorische Repräsentation, die die assoziierte Bewegungskörperausführung ermöglicht, ist zugleich aktiviert. Diese Aktivierung ermöglicht den Zugang zu weiterer Information über die auszuführende Bewegung. Die 2. Stufe beschreibt die Intentionsbildung des Probanden. Bevor die Handlung „das Papier zerreißen“ ausgeführt werden kann, muss der Proband die Intention zur Ausführung haben. Wenn die Intention zur Ausführung besteht, bekommt die Handlung einen besonderen Status als „Handlung, die ausgeführt werden soll“. Nach deren Ausführung bekommt sie entsprechend den Status als „bereits ausgeführte Handlung.“ In der 3. Stufe geht es um die Programmierung des motorischen Programms. Dabei greift der Proband auf Wissen zurück, das er im Laufe seiner Lerngeschichte erworben hat. Er weiß „wie man Papier zerreißt“. Dieses Wissen ist notwendig, um die entsprechende Handlung ausführen zu können. Während des Planungsprozesses wird die auszuführende Bewegung vorbereitet. Hierbei kommt es zu erheblichen Problemen beim Patienten: er muss nämlich die verschiedenen Komponenten, die zur Ausführung der Handlung vonnöten sind (z.B. Kraftaufwand, räumliche Information, Geschwindigkeit, in der die Bewegung auszuführen ist), koordinieren. Dazu ist gerade beim Zerreißen eines Stückes Papier sehr viel Geschicklichkeit (Feinmotorik) erforderlich. Hinzu kommt, dass das Zerreißen mit den Fingern beider Hände geschieht. Die Hände müssen dazu eine gegenläufige Bewegung machen. Dies ist für den Patienten äußerst schwierig. In Stufe 4 muss die Handlung sicherlich mehrmals wiederholt werden.

Ich behaupte nun, dass gerade diese unterschiedliche Art und Weise der Handlungsausführung bei Wilson-Patienten die Informationsverarbeitung nachhaltig beeinflusst durch vermehrte Fokussierung der Aufmerksamkeit (focal attention) auf handlungsrelevante Aspekte und so zwangsläufig zu einer intensiveren Enkodierung itemspezifischer Information führt und diese wiederum einen besonderen Einfluss auf die Erinnerung für die ausgeführte Handlung hat. Der Status, den Zimmer in seinem Modell in seiner 2. Stufe beschreibt, den eine Handlung nach deren Ausführung bekommt, als „bereits ausgeführte Handlung“, möchte ich durch den von mir ausführlich beschriebenen Aufwand, den die Wilson-Patienten haben, ausdrücklich betonen. Meines Erachtens

steht dieser Marker als Folge der Notwendigkeit erhöhter Aufmerksamkeit als Gedächtnisspur dem Patienten viel deutlicher zur Verfügung als dem motorisch nicht eingeschränkten bzw. gesunden Probanden. Demnach müsste sich dies auch auf das Gedächtnis für Handlungen in besonderer Weise auswirken und sich somit vom Handlungsgedächtnis bei körperlich Gesunden unterscheiden. Diese Überlegungen werde ich im Folgenden durch das Aufzeigen der verschiedenen Schritte der Handlungsausführung bei Wilson-Patienten und bei Gesunden schematisch darstellen. Dazu benutze ich wiederum die Handlung „das Papier zerreißen“, um anschließend in abstrakterer Form die gedächtnispsychologischen Konsequenzen meiner Überlegungen in einem von mir entwickelten Modell auf das Erinnern eigener Handlungen bei Gesunden im Kontrast zu M. Wilson-Patienten erläuternd zu veranschaulichen.

Gesunder:

Intention: Papier zerreißen

Die Intentionsbildung erfolgt auf hoher Steuerungsebene; während das Ausführen der Handlung - Greifen nach Papier, Halten mit den Daumen und den Zeigefingern beider Hände, Zerreißen - mehr oder weniger **automatisch** erfolgt, **die motorische Kontrolle** erfolgt **auf niedriger Steuerungsebene**. Motorisches Programm wird aktiviert → Zerreißen des Papiers

Wilson-Patient:

Intention: Papier zerreißen (feinmotorische Handlung, erhöhter bewusster Kontrollbedarf) →

Bilden von Teilzielen und kontrollierte Ausführung.

Ausführen der Handlung mit etlichen Zwischenschritten (Kontrollen), Aufmerksamkeit wird fokussiert auf die Handlungsausführung → Motorisches Programm wird aktiviert → Greifen des Papiers mit einer Hand → bewusst kontrollierte Stellung des Daumens und des Zeigefingers beider Hände, so dass eine gegenläufige Bewegung der einen zur anderen Hand erfolgen kann → Bereitstellen von Kraft und Koordination der Hände und Finger → eventuell wiederholen des Greifvorganges (Korrektur), bis das Papier fest in den Fingern jeder Hand Halt hat → Reißversuch → eventuell Korrektur → Papier wird erfolgreich zerrissen.

Die gedächtnispsychologischen Konsequenzen dieser Handlungsbeschreibung stelle ich nun abstrakter in einem Modell dar, das den Effekt fokaler Aufmerksamkeit bei SPT bei Patienten mit Morbus Wilson im Unterschied zu motorisch nicht eingeschränkten Personen aufzeigt. Dieses Modell ist eng an die Architektur des Multimodalen Gedächtnismodells von Engelkamp (1990) angelehnt, wobei hier jedoch ausschließlich der non-verbale Bereich von Interesse ist; die verbale Informationsverarbeitung lasse ich ganz außer Acht.

Gesunder:

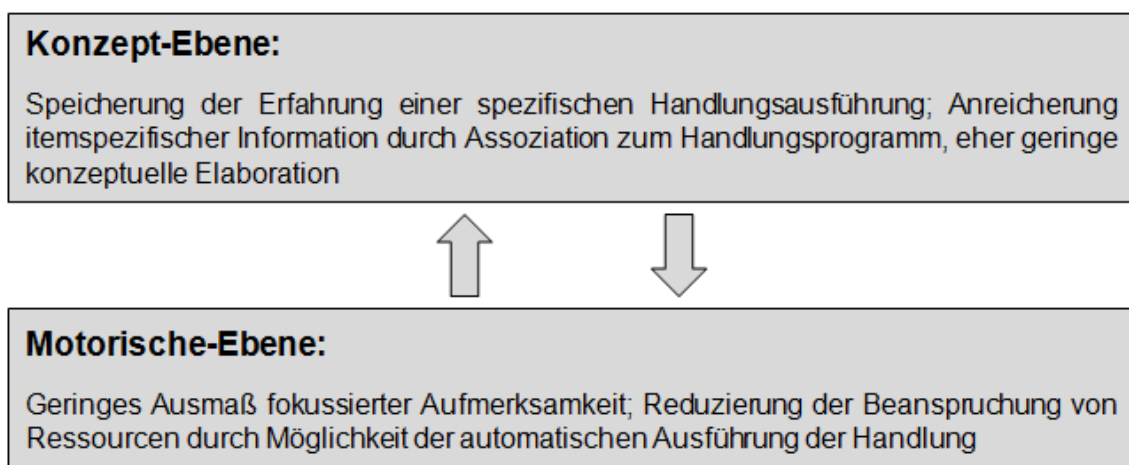


Abbildung 10: Veranschaulichung der maßgeblichen Komponenten bezüglich der Gedächtniswirksamkeit der Handlungsausführung bei Gesunden

Wilson-Patient:

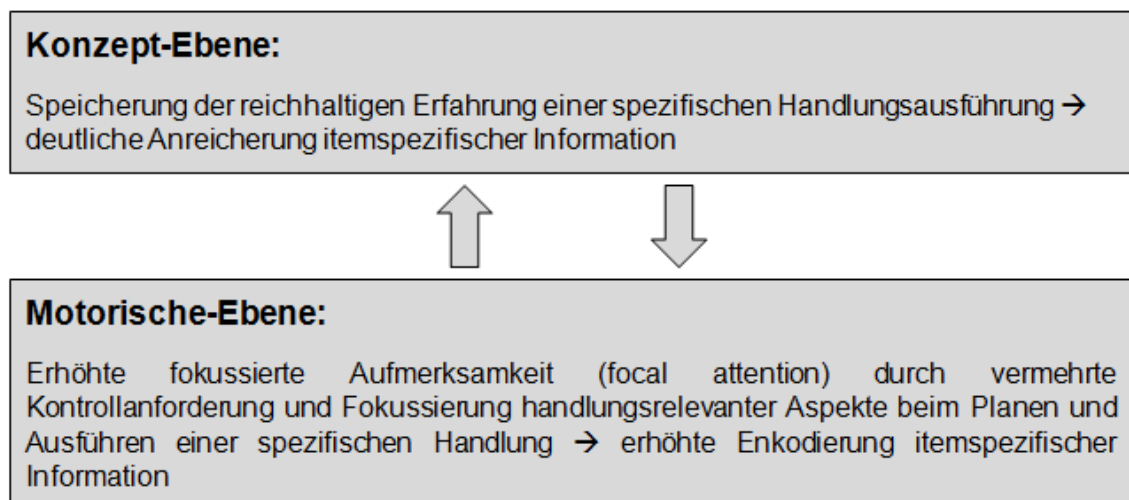


Abbildung 11: Veranschaulichung der maßgeblichen Komponenten bezüglich der Gedächtniswirksamkeit der Handlungsausführung bei Patienten mit Morbus Wilson.

Das Modell ist in sich als immer wieder verstärkender Faktor zu sehen, weil der Vorgang der Handlungsausführung mit seiner spezifischen Erfahrung wieder auf der Konzeptebene abgespeichert wird. Somit entsteht eine Art Kreislauf, der es immer wieder ermöglicht, gemachte Handlungserfahrungen bei Bedarf abzurufen.

Diese Erfahrungen sind, wie ich es eben aufgeführt und erläutert habe, stärker manifestiert bei Wilson-Patienten als bei Gesunden und bilden ihrerseits wieder die Grundlage für das bessere Enkodieren.

Dabei profitieren die Wilson-Patienten von einem „doppelten Handlungsvorteil“, nämlich dem Vorteil der intensiveren itemspezifischen Enkodierung durch Fokussierung der Aufmerksamkeit (focal attention) bei Handlungsausführung und dem Vorteil der dadurch entstehenden besseren itemspezifischen Repräsentation dieser Handlung auf Konzeptebene. Die Aufmerksamkeit bei Handlungsausführung wird dabei bei Wilson-Patienten relativ mehr auf handlungsrelevante Aspekte gelenkt als bei Gesunden, die ja durch ihre ungehinderte Handlungsausführung die Möglichkeit zur Automatisierung nutzen können und noch Ressourcen frei haben, um über den Mechanismus der geteilten Aufmerksamkeit diese anderen Reizen zuwenden zu können. Im Grunde genommen ist m.E. der SPT-Effekt auch zu verstehen als Effekt fokussierter Aufmerksamkeit (effect of focal attention), die eine hervorragende itemspezifische Enkodierung bei Handlungsausführung ermöglicht.

Durch diese intensivere Fokussierung bei den Patienten wird auch relativ zu Gesunden mehr itemspezifische Information enkodiert. Da aber bei jedem Menschen nur eine begrenzte Menge an Ressourcen vorhanden ist und diese entsprechend beim Prozess der Informationsverarbeitung benötigt und genutzt wird, gehe ich davon aus, dass durch das Fokussieren der Aufmerksamkeit auf die Handlungsausführung durch deren Erschweren bei den Wilson-Patienten wesentlich mehr Ressourcen benötigt werden als bei Gesunden. Das hat zur Folge, dass weniger Ressourcen übrig bleiben für andere Aspekte der Informationsverarbeitung. Organisationsprozesse, Bildung von Relationen sind also bei diesen Probanden nur verringert möglich. In Kapitel 3 der vorliegenden Arbeit konnten Portala et al. (2001) zeigen, dass wichtige Bereiche der Aufmerksamkeitsleistung z.B. die kognitive Flexibilität, bei Patienten mit Morbus Wilson beeinträchtigt sind. Diese manifestierten sich durch schlechtere Leistungen in Aufgaben zur selektiven Aufmerksamkeit. Lang et al. (1990) fanden schlechtere Leistungen der neurologischen Wilson-Patienten in Interferenzaufgaben. Damit wird deutlich, dass sie die ihnen zur

Verfügung stehenden Ressourcen nicht flexibel einsetzen können und kaum in der Lage sind, sich nicht durch Interferenzen irritieren zu lassen. Dies sind aber Fähigkeiten, die für das relationale Lernen erforderlich sind.

Somit ist die Fähigkeit zur relationalen Enkodierung schon per se erschwert, die itemspezifische Enkodierung ist aber dafür umso besser. Da im 4. Kapitel der vorliegenden Arbeit bereits diskutiert wurde, dass der Handlungsvorteil durch eine sehr gute itemspezifische Enkodierung zustande kommt (Bäckman & Nilsson, 1985; Cohen, 1981, 1983; Engelkamp & Zimmer, 1989; Helstrup, 1986, 1987; Knopf, 1991; Kormi-Nouri, 1994; Mohr, Engelkamp & Zimmer, 1989; Nyberg, 1993), schließe ich daraus, dass sich die optimale itemspezifische Enkodierung positiv auf die Erinnerung für ausgeführte Handlungen auswirkt, bei M. Wilson-Patienten eben relativ mehr als bei Gesunden. Wie oben dargestellt, besteht nach meinen Überlegungen ein doppelter Handlungsvorteil, dem ich im Folgenden näher nachgehen und experimentell überprüfen möchte.

Dabei möchte ich explizit betonen, dass ich in meinen Ausführungen und Annahmen zur Nutzung und Ressourcenbeanspruchung bei relationaler und itemspezifischer Enkodierung zwar von einer trade-off Hypothese ausgehe, diese jedoch etwas anders definieren möchte als Hunt und Seta (1984) es tun. Diese Autoren postulieren, dass die Verarbeitung von itemspezifischer und relationaler Information als additiver Prozess abläuft: mit Zunahme der Verarbeitung relationaler Information nimmt zugleich die Einspeicherungsmöglichkeit itemspezifischer Information ab. Die in diesem Zusammenhang zusätzlich postulierte Redundanzhypothese besagt, dass es ein Limit der Verarbeitungsmöglichkeit von relationaler sowie itemspezifischer Information gibt. Ist demnach ein Sättigungsgrad erreicht, ist selbst durch Lenkung der Enkodierung durch entsprechende Orientierungsaufgaben eine zusätzliche Verarbeitung der jeweiligen Informationsart nicht mehr möglich. In späteren Untersuchungen dazu von Biegelmann (1994), Engelkamp, Biegelman und McDaniel (1998) konnten weder das Postulat des trade-off noch jenes des Redundanzprinzips bestätigt werden.

Meine Annahmen lassen, im Unterschied zu den eben dargestellten und widerlegten Postulaten, auch die parallele bzw. unabhängige Verarbeitung beider Enkodierarten zu; demnach liegt m. E. hier auch keine wechselseitige Abhängigkeit vor.

Ich vertrete hier vielmehr die Ansicht, dass die relationale Verarbeitung ein absichtlicher Prozess der Umstrukturierung ist, der mehr Ressourcen beansprucht als eine itemspezifische Enkodierung. Die itemspezifische Enkodierung sehe ich prinzipiell als

einen reizgetriebenen Prozess an, der durchaus auch parallel zur relationalen Enkodierung stattfinden kann und nur wenig Verarbeitungskapazität erfordert.

Eine Besonderheit bezüglich der Inanspruchnahme kognitiver Ressourcen bei item-spezifischer Enkodierung sehe ich bei der Lernbedingung unter Handlungsausführung. Diese wird von mir im Verlauf noch ausführlicher begründet werden. Mit der Annahme der reizgesteuerten Enkodierung von itemspezifischer Information ist zugleich die Annahme einer inzidentellen bzw. automatischen Verarbeitung verbunden. Die Annahme der inzidentellen itemspezifischen Enkodierung wird durch Untersuchungsbefunde gestützt, die zeigten, dass Probanden einen Behaltensvorteil bei der Präsentation von Handlungslisten mit Handlungsausführung (SPT-Effekt) gegenüber einer rein verbalen Präsentation (VT) aufwiesen, ohne vorherige Aufforderung, die Listen zu lernen. Die Teilnehmer wussten also nicht, dass sie die präsentierten Items behalten sollten (Zimmer, 1996a). Gleiches ist aus dem Befund zu folgern, dass sich unter SPT nur relativ geringe Levels-of-processing- Effekte zeigen (Zimmer & Engelkamp, 1999).

Das episodisch relationale Lernen dagegen findet intentional statt. Es ist ein aktiver Prozess und benötigt den Einsatz eines großen Verarbeitungspotentials. Bestätigung dieser Annahmen des geringen Ressourcenverbrauches der itemspezifischen und des großen Ressourcenbedarfes der relationalen Enkodierung sind mit den Befunden zur kritischen Überprüfung und Widerlegung des Postulates der trade-off-Hypothese im Sinne Hunt und Setas (1984) von Biegelmann (1994), Engelkamp, Biegelmann und McDaniel (1998) sowie von Sharps, Price und Bence (1996) vereinbar. Hier konnte gezeigt werden, dass mit zunehmender Größe der zu lernenden Itemkategorien und der Nutzung von relationaler Information die Nutzung itemspezifischer Information beim Lernen nicht geringer wurde.

Nun gehe ich davon aus, dass es eine Art Enkodierhierarchie gibt, wonach die item-spezifische Enkodierung immer vorrangig vor der relationalen Enkodierung stattfindet. Dies deshalb, weil die Analyse des Items bzw. dessen Beschaffenheit die Voraussetzung zur Einordnung bzw. Bildung von Integrationsprozessen darstellt. Diese wiederum beanspruchen ein hohes Maß an strategischem Lernen und zugleich ein größeres Ausmaß an kognitiver Verarbeitungskapazität. Diese Annahme bestätigen indirekt auch Untersuchungsbefunde von DeLosh und McDaniel (1996) und McDaniel, DeLosh und Merrit (2000). Die Forscher konnten mit ihren Ergebnissen zeigen, dass durch Anreicherung itemspezifischer Information die Enkodierung serial relationaler Information behindert

wird. Auch Sharps, Price und Bence (1996) wiesen nach, dass eine zusätzliche itemspezifische Orientierungsaufgabe die strategischen Enkodierprozesse behindert. Dies wird deutlich sichtbar im ausbleibenden bzw. verringerten Primacy-Effekt in einer entsprechenden serialen Positionskurve. Bei einer relationalen Enkodieraufgabe wird demgegenüber aber niemals die Enkodierung von itemspezifischer Information behindert. „Zusammenfassend kann geschlossen werden, dass grundsätzlich die Fokussierung itemspezifischer Information zu einer Vernachlässigung relationaler Aspekte führt.“ (Seiler, 2003, S. 214). und „Zusammengefasst ist die Hypothese, nach der die Verarbeitung relationaler Information itemspezifische Information verringert, abzulehnen.“ (Seiler, 2003, S. 215).

Mit diesem Befund ebenfalls vereinbar sind die Untersuchungsergebnisse von Biegelmann (1994) und Engelkamp, Biegelmann und McDaniel (1998). Die Befunde sprechen dafür, dass itemspezifische Information vorrangig vor dem Lernen relationaler Information behandelt wird, also für die von mir postulierte Hierarchie beim Enkodieren und ebenfalls für die Annahmen der unterschiedlichen Ressourcenbeanspruchung.

Zur Beanspruchung speziell der Aufmerksamkeitskapazitäten der beiden Lernarten nehme ich an, dass die itemspezifische Enkodierung spontan vonstatten geht und die Aufmerksamkeit auf bestimmte Merkmale lenkt. Hierzu ist also lediglich eine fokussierte Aufmerksamkeit vonnöten. Im Unterschied dazu erfordert die relationale, strategische Enkodierung die Inanspruchnahme von zusätzlicher geteilter Aufmerksamkeit.

Im Falle des Enkodierens unter Handlungsausführung, in deren Wesen es liegt, neben der gezielten Handlungsplanung ebenfalls den motorischen Apparat in Anspruch zu nehmen, wie anhand des Modells von Zimmer (2001) bereits ausführlich erläutert wurde, wird durch die Aufforderung zum Handeln bereits das Ziel, nämlich jenes der Ausführung, nahegelegt, wobei damit schon das Anwenden einer bestimmten Strategie festgelegt ist. Der Fokus der Aufmerksamkeit liegt also ganz auf der Enkodierung der Handlung. Die Anwendung einer anderen Strategie ist somit nicht notwendig.

Befunde zahlreicher Untersuchungen z.B. der mangelhaften Enkodierung kontextueller- sowie Reihenfolgeinformation unter Handlungsausführung stützen diese Annahmen (Engelkamp, 1986; Engelkamp, Mohr & Zimmer, 1991; Engelkamp, Jahn & Seiler, 2002; Engelkamp und Seiler, 2003; Engelkamp, Seiler & Zimmer, 2005; Oloffsen, 1996). Die sehr gute und hinreichende itemspezifische Enkodierung unter Handlungsausführung wird in Untersuchungsbefunden bestätigt, die zeigten, dass eine itemspezifische

sche bzw. relationale Orientierungsaufgabe unter SPT weder Einfluss hatte auf den anschließenden Free Recall noch auf den Recency-Effekt in der serialen Positionskurve (Seiler, 2003).

In Einklang mit meinen Überlegungen steht ebenfalls der robuste Befund des fehlenden Primacy-Effektes im SPT (Seiler, 2003). Die Autorin konnte zudem zeigen, dass bei Verlängerung der Darbietungszeiten in der Lernphase unter SPT ein Primacy-Effekt auftauchte. Wenn also die Probanden genügend Zeit haben, stehen ihnen auch mehr Ressourcen zur Verarbeitung zur Verfügung, die sie nutzen können, um ansatzweise strategisch zu enkodieren. Bei kurzen Darbietungszeiten unter SPT hingegen ist kein Primacy-Effekt in den serialen Positionskurven vorhanden. Auch dieses Forschungsergebnis untermauert meine Hypothese der Ressourcenlimitierung und der unterschiedlichen Beanspruchung derselben bezüglich der beiden Lernformen sowie der Hierarchie des Enkodierens.

Bevor ich zu der Formulierung meiner Hypothesen komme, fasse ich noch einmal kurz zusammen, worin ich die unterschiedliche Art der Enkodierung unter der Bedingung der Handlungsausführung bei Wilson-Patienten im Vergleich zu gesunden Personen sehe. Dabei sind meines Erachtens hauptsächlich die entscheidenden Punkte in der motorischen Beeinträchtigung und daraus folgenden vermehrten Erfordernis der fokussierten Aufmerksamkeit sowie in der allgemeinen Ressourcenbegrenzung zu sehen. Die nachgewiesene – wenngleich auch nur leichte – Beeinträchtigung kognitiver Fähigkeiten mit einem gewissen Ausmaß an Beeinträchtigung geteilter Aufmerksamkeit bei Patienten mit der Wilsonerkrankung, wie in Kapitel 3 der vorliegenden Arbeit bereits ausführlich dargestellt und diskutiert, führt neben den Hypothesen zum Lernen und Behalten von Informationen unter Handlungsausführung auch zu einer Hypothesenformulierung bei einer rein verbalen Lernaufgabe.

Aufgrund der leichten kognitiven Einschränkungen, die sich u.a. in mangelnder Konzentrationsfähigkeit sowie in einer Beeinträchtigung der Kompetenzen bezüglich der geteilten Aufmerksamkeit und in einem eher impulsiven statt reflexiven Arbeitsstil äußern, ist zu vermuten, dass die Behaltensleistung bei einer rein verbalen Lernaufgabe gegenüber einer gesunden Person gemindert ist.

Bei dieser Form des Enkodierens stehen Informationsverarbeitungsprozesse im Vordergrund, die den Einsatz einer reflektierten strategischen Vorgehensweise erfordern-

wie bereits mehrfach erörtert. Eben diese kognitiven Fähigkeiten sind bei den Wilson-Patienten eingeschränkt bzw. beeinträchtigt.

Ich möchte mit meinen Überlegungen jedoch keinesfalls behaupten, dass das Lernen unter Handlungsausführung per se ein strategiefreies Lernen ist, wie es z. B. Cohen (1981, 1983, 1985) sah. Vielmehr möchte ich aufzeigen, dass zum Lernen unter Handlungsausführung eine andere Qualität von Strategien angewandt wird als beim relationalen (verbalen) Enkodieren. Wie oben mehrfach erörtert, legt der Aufforderungscharakter zum Handeln bereits eine Strategie nahe, während beim relationalen Enkodieren der Lernende aktiv ist und Strategien individuell selbst wählen muss. Das wiederum beansprucht den flexiblen Einsatz von Aufmerksamkeitsressourcen.

6.2 Formulierung meiner Hypothesen

Entsprechend den zuvor dargelegten Überlegungen leite ich folgende Hypothesen zur Behaltensleistung von Informationen bei Patienten mit Morbus Wilson im Vergleich zu einer gesunden Kontrollgruppe beim Lernen unter einer Handlungsbedingung sowie einer rein verbalen Bedingung ab.

Es besteht bei Patienten mit Morbus Wilson ein deutlicher Handlungseffekt. Dieser ist relativ zu einer körperlich gesunden Kontrollgruppe größer, da M. Wilson-Patienten mehr fokale Aufmerksamkeit zur Handlungsausführung benötigen als Gesunde.

Da die Wilson-Patienten mit der internistischen Form nicht dasselbe Ausmaß an Beeinträchtigungen in ihrer Motorik haben wie Wilson-Patienten mit der neurologischen Form und zu vermuten ist, dass sie zur Handlungsausführung ein vergleichbares Ausmaß an Kontrolle benötigen, wie Gesunde, sollten diese nach meinem Modell auch nicht in demselben Maß von dem Handlungsvorteil profitieren wie die Erstgenannten. Sie sollten deshalb ein ähnliches Niveau des SPT-Effektes aufweisen wie Gesunde.

Schwieriger auszuführende Handlungen müssten sich, den obigen Überlegungen zu Folge auf das Ausmaß des SPT-Effektes auswirken. Bei der Ausführung schwieriger

Handlungen wird mehr Aufmerksamkeit auf die ausfahrungsrelevanten Aspekte gerichtet. Somit wird auch relativ mehr itemspezifische Information enkodiert. Demnach gehe ich davon aus, dass die Ausführung feinmotorischer Handlungen, die in der Regel schwieriger ist im Vergleich zu grobmotorischen Handlungen, zu einem stärkeren SPT-Effekt führt.

Mein Modell mit den daraus abgeleiteten Hypothesen zum größeren Handlungsvorteil der Patientengruppe durch bessere itemspezifische Enkodierung bei Handlungsausführung im Vergleich mit einer gesunden Kontrollgruppe passt nicht ohne Weiteres zu den Annahmen der Forschergruppen Engelkamp, Mohr und Zimmer (1991), Helstrup (1987) sowie Zimmer (1984), da sie der Ansicht sind, dass die Handlungsausführung als solche schon eine derart gute itemspezifische Enkodierung zur Verfügung stellt, dass diese kaum verstärkt werden kann. Ich behaupte allerdings, dass das Optimum itemspezifischer Enkodierung noch nicht erreicht ist. Durch vermehrte Fokussierung auf handlungsrelevante Aspekte und damit einhergehende Fokussierung der Aufmerksamkeit bei Handlungsausführung (effect of focal attention) sollte das Erinnern im Vergleich zum Lernen ohne Handlungsausführung bei den Wilson-Patienten verbessert werden.

Eine alternative Sichtweise, die meiner diametral entgegengesetzt ist, wäre folgende:

Durch die beeinträchtigte Motorik bei Patienten mit Morbus Wilson ist die Handlungssteuerung und damit die Kontrolle über die Handlungsausführung ebenfalls beeinträchtigt. Dies sollte, im Vergleich zu motorisch nicht beeinträchtigten (gesunden) Personen zu einem Ausbleiben oder zu einer Reduzierung des SPT-Effektes führen.

Die Begründung für diese alternative Sichtweise könnte darin bestehen, anzunehmen, dass durch die Beeinträchtigung bei Handlungsausführung und dem wiederholten Ausprobieren der Handlung nach immer wieder stattfindender Reinstanzierung des motorischen Programms die Gedächtnisspuren nicht distinkt voneinander gebildet werden können und durcheinander geraten, verwischen. Somit ist die itemspezifische Enkodierung als wesentliche Voraussetzung für den SPT-Effekt defizitär. Das hat zur Folge, dass ein Erinnern der Handlung kaum möglich ist. Dieses Verwischen der Gedächtnisspuren oder „Durcheinander“ werde ich im Folgenden als „fuzzy“ bzw. „un-

scharf“ bezeichnen und entsprechend diese alternativ formulierte Hypothese „Unschärfe-Hypothese“ nennen.

Im Prinzip unterscheiden sich die eine Annahme von der alternativen Sichtweise im Wesentlichen dadurch voneinander, als ich bei der Formulierung der ersten Hypothese von einer intakten Handlungsplanung –diese ist nach Engelkamp (1997a), Jahn (2004) und Zimmer (2001) als notwendige Voraussetzung für das Zustandekommen des Handlungsvorteils anzusehen –und einer zwar schwierig zu steuernden aber dennoch funktionierenden Handlungssteuerung ausgehe. Die alternative Annahme (Unschärfe-Hypothese) dagegen nimmt bei intakter Handlungsplanung eine eingeschränkte, diffuse Handlungskontrolle bzw.- steuerung an und als Konsequenz daraus auch einen fehlenden oder zumindest reduzierten SPT-Effekt.

Im Anschluss an diese zu meiner Hypothese formulierte alternative Sichtweise werden zwei der jüngeren Studien von Kriz (2000) und Knopf, Mack, Lenel und Ferrante (2005) zum Handlungseffekt bei Personen mit neurologischen Erkrankungen bzw. motorischer Beeinträchtigung referiert. Diese Personengruppe ist meinem Patienten-klientel von der Symptomatik her recht ähnlich. Die in diesen Untersuchungen formulierten Hypothesen einschließlich der Interpretationen der gefundenen Ergebnisse sind insgesamt mit der „Unschärfe-Hypothese“ vereinbar.

In der Studie von Kriz (2000) wurde das Gedächtnis für selbst ausgeführte Handlungen im Vergleich zu einer verbalen Bedingung und einer Imaginationsbedingung getestet. Untersucht wurden neben einer Gruppe von Patienten mit Gedächtnisstörungen, Patienten mit motorisch leichten und extremen Beeinträchtigungen und eine gesunde Kontrollgruppe. Die motorischen Beeinträchtigungen sowie die Gedächtnisstörungen bei der jeweiligen Patientengruppe bestanden aufgrund einer zerebralen Störung nach Schädel-Hirn-Trauma oder Cerebro- vaskulärer Erkrankung, waren also hirnorganisch bedingt.

Ziel dieser Arbeit war es herauszufinden, inwieweit der Handlungseffekt als gedächtniswirksame Strategie in der Therapie mit hirnorganisch beeinträchtigten Patienten eingesetzt werden kann. Der Autor nahm an, dass die Beeinträchtigungen beim Ausführen von Handlungen sich auch auf die Erinnerungsleistung für diese Handlungen auswirken, speziell auf den Handlungseffekt. Er wollte somit überprüfen, ob der Handlungseffekt (SPT) sich auch bei dieser Patientengruppe zeigt. Die Behaltensleistung der Lernitems wurde sowohl im Free Recall, als auch im Cued Recall und im Delayed Recall erfasst.

In einem im Vergleich zur gesunden Kontrollgruppe veränderten Handlungseffekt sähe Kriz (2000) auch die Ansicht, wie sie z.B. Engelkamp (1990), Engelkamp und Zimmer (1994b) sowie Engelkamp (1997) vertreten, bestätigt, dass die Ursache für den Handlungseffekt vornehmlich zurückzuführen ist auf motorische Prozesse. Er nimmt an „da bei diesen Patienten die Bewegungsausführung aufgrund von zerebral gestörten motorischen Verarbeitungsprozessen beeinträchtigt ist, kann davon ausgegangen werden, dass die beim Einprägen und Erinnern von ausgeführten Handlungen auftretenden motorischen Prozesse ebenfalls beeinträchtigt sind bzw. je nach Störungsgrad, gar nicht erst auftreten.“(S. 76).

Die wesentlichen Ergebnisse seiner Untersuchung im Free Recall - jene im Cued Recall und im Delayed Recall lasse ich außer Acht - zeigten im Vergleich zu gesunden Teilnehmern nur einen moderaten SPT-Effekt bei den motorisch leicht eingeschränkten Personen; die Patientengruppe mit schweren motorischen Beeinträchtigungen zeigte gar keinen Handlungsvorteil. Die Patientengruppe mit den Gedächtnisstörungen zeigte dagegen einen klaren SPT-Effekt. Somit konnte die von Kriz (2000) aufgestellte Hypothese, dass eine beeinträchtigte Motorik zu einem ebenfalls beeinträchtigten SPT-Effekt führt, bestätigt werden. Die bei der Auswertung der Experimente erstellten serialen Positionskurven erbrachten beim Free Recall sowohl bei der gesunden Kontrollgruppe sowie auch bei den Patienten mit Gedächtnisstörungen den typischen Kurvenverlauf. Bei den anderen motorisch beeinträchtigten Teilnehmergruppen, zeigte sich hier unüblicherweise auch ein Primacy-Effekt. Kriz (2000) sieht diesen Befund als Beleg dafür an, dass die non-strategische motorische Verarbeitung in beiden Motorik-Gruppen beeinträchtigt war.

Dieser Befund stellt genau das Gegenteil dessen dar, was ich behaupte und aus meinen Überlegungen aus Kapitel 6.1 abgeleitet habe, nämlich dass bei einer motorischen Störung und damit einer beeinträchtigten Handlungssteuerung mehr Aufmerksamkeit auf handlungsrelevante Aspekte bei Handlungsausführung gelenkt wird. Die Folge davon sollte eine äußerst effiziente itemspezifische Enkodierung sein und zu einem gegenüber einer motorisch nicht eingeschränkten Kontrollgruppe größeren SPT-Effekt führen. Die Untersuchungsergebnisse des Autoren Kriz (2000) sind daher mit meinem Modell nicht vereinbar. Sie untermauern eher die zu meiner alternativ formulierte Vermutung, dass durch die beeinträchtigte Motorik neben der Handlungssteuerung auch die Hand-

lungskontrolle beeinträchtigt ist. Diese könnte dann absolut nicht von den Betroffenen kompensiert werden.

Die Untersuchung und ihre Befunde sind im Sinne dieser alternativ formulierten Hypothese insgesamt recht beeindruckend, insbesondere insofern als der Autor bei den motorisch eingeschränkten Patienten nochmals unterscheidet zwischen leichten und schweren Beeinträchtigungen. Der sehr robuste SPT-Effekt war bei fast allen Teilnehmergruppen zu finden. Ebenso der typische Kurvenverlauf der serialen Positionskurven unter VT und SPT. Bemerkenswert ist hierbei, dass im Unterschied zu der Gruppe mit leichten motorischen Einschränkungen in der Gruppe mit den schweren Beeinträchtigungen kein SPT-Effekt zu finden war. Leider hat der Autor keine Wiedererkennungslleistung überprüft. Die Befunde der Rekognitionsleistung wären sicherlich auch interessant gewesen, vor allem bezüglich der Patientengruppe mit den schweren motorischen Beeinträchtigungen, die im Free Recall keinen SPT-Effekt zeigte.

Eine weitere Untersuchung zum Gedächtnis für selbst ausgeführte Handlungen mit neurologischen Patienten im Vergleich zu Gesunden führten Knopf, Mack, Lenel und Ferrante (2005) durch. Dabei untersuchten sie Parkinsonpatienten und Patienten mit Frontallappensyndrom. Parkinsonpatienten zeichnen sich aus durch eine beeinträchtigte Motorik, während bei Patienten mit Frontallappensyndrom Störungen in der Handlungsplanung bestehen. Ziel dieser Studie war es, den Einfluss der Bewegungs-Komponente (motorischen Komponente) selbst ausgeführter Handlungen auf den SPT-Effekt zu untersuchen.

Der zu Grunde liegende Gedanke der Autoren war, dass die Planung einer Handlung allein ursächlich ist für den Handlungsvorteil (SPT-Effekt). Sie gehen damit nicht davon aus, dass der SPT-Effekt auf dem motorischen Aspekt der Handlungsausführung basiert wie Engelkamp und Zimmer (1983a, 1984, 1994b) und Zimmer und Engelkamp (1985) es postulieren und mehrfach belegen konnten. Deshalb führten sie neben der klassischen VT/SPT-Bedingung noch eine DT (Director's-Task)-Bedingung durch. In der DT-Bedingung sollten die Teilnehmer den Versuchsleiter anleiten, eine Handlung durchzuführen. Die Autoren sahen durch das Anleiten einer Handlung die Planungskomponente dieser Handlung bei den Teilnehmern realisiert. Die Ausführung dieser Handlung selbst sollte jedoch nicht vorgenommen werden. Durch dieses Vorgehen war die Planungs- von der motorischen Komponente getrennt.

Falls die Parkinson-Patienten, die in ihrer Motorik beeinträchtigt sind, einen Handlungseffekt zeigten, so wäre das für die Autoren eine Bestätigung ihrer These, dass der Motorik-Aspekt nicht ausschlaggebend ist für den Handlungseffekt. Sollten die Patienten mit Frontallappensyndrom, die ein Defizit im Planen von Handlungen haben, keinen SPT-Effekt zeigen, so wäre auch hier ihre These bestätigt, dass die Planung, nicht aber die motorische Komponente, wesentlich für das Zustandekommen des SPT-Effektes ist.

Des Weiteren vermuteten die Autoren, dass die Erinnerungsleistungen in der Bedingung DT bei der Patientengruppe sich nicht von der im SPT unterscheiden. Weiterhin benutzten sie kategorisierte Lernlisten und unverbundene Listen, um zu überprüfen, ob die Teilnehmer in der SPT-Bedingung genau wie in der VT-Bedingung auch von der Kategorisierung profitierten. Damit wollten sie ihre Ansicht überprüfen, dass das Handlungsgedächtnis im selben Gedächtnissystem angesiedelt werden kann wie das verbale Gedächtnis und somit die Existenz eines eigenen unabhängigen Handlungsgedächtnisses in Frage stellen.

Die Ergebnisse ihrer zwei Experimente erbrachten einen klaren Handlungsvorteil, sowohl bei der Gruppe der Parkinsonpatienten als auch bei der gesunden Kontrollgruppe. Die Patientengruppe mit Frontallappen-Syndrom zeigte keinen Handlungsvorteil. Weiterhin fanden sie keinen signifikanten Unterschied zwischen den Bedingungen DT und SPT bei der gesunden Kontrollgruppe und den Parkinson-Patienten. Die DT-Bedingung konnte bei der Patientengruppe mit Frontallappensyndrom nicht realisiert werden. In der Tatsache, dass es keinen signifikanten Unterschied gab zwischen der Planungsbedingung (DT) und der Handlungsbedingung (SPT) und im Ausbleiben des SPT-Effektes bei der Patientengruppe mit Frontallappensyndrom sah die Forschergruppe ihre Vermutung bestätigt, dass zum einen die motorische Komponente der Handlungsausführung nicht das ausschlaggebende Kriterium für den Handlungsvorteil ist, zum anderen dass die Planungskomponente ausreicht, um einen Vorteil beim Erinnern gegenüber einer rein verbalen Bedingung zu erzielen.

Dass die Teilnehmer sowohl in der SPT-Bedingung als auch in der VT-Bedingung von den kategorisierten Listen profitierten, bestätigt für die Autoren die Vermutung, dass der SPT-Effekt und die verbale Enkodierung in einem Gedächtnissystem verarbeitet werden und im Prinzip auf denselben Informationsverarbeitungsprozessen beruhen.

Die Interpretation der Untersuchungsbefunde sehe ich sehr kritisch. Die Behauptung der Autoren, dass die Handlungsplanung alleine ausreicht, um einen SPT-Effekt hervor-

zurufen, kann durch Untersuchungsbefunde der Forschergruppe um Engelkamp (Engelkamp & Zimmer, 1984) eindeutig widerlegt werden.

Knopf et al. (2005) siedeln die Handlungsplanung ausschließlich auf der Konzeptebene an und koppeln diese somit von der motorischen Ebene ab. Im Unterschied zu diesen Forschern sind Engelkamp und Zimmer (1984) der Ansicht, dass die Planung einer Handlung wesentlich zum Handlungseffekt beiträgt, aber alleine nicht ausreicht, um einen SPT-Vorteil zu erzielen. Die Handlungsplanung wird hierbei vielmehr als Teilkomponente der Handlungsausführung angesehen, in unmittelbarem Zusammenhang mit der Motorik und wird in das Motorische Programm miteinbezogen (Engelkamp, 1997a; Zimmer, 2001).

Die Befunde, dass die Patienten mit Frontallappensyndrom keinen SPT-Effekt zeigen, wären genauso gut mit dem Postulat der Autoren Engelkamp und Zimmer vereinbar, dass, wenn es Schwierigkeiten bei der Handlungsplanung gibt, die unabdingbare Voraussetzung für das Zustandekommen des SPT-Effektes ist, ein Handlungseffekt gar nicht auftauchen kann. Bei den Parkinsonpatienten gibt es einen SPT-Effekt, weil sie zur Ausführung von Handlungen imstande sind. Die Handlungsplanung kann zudem von ihnen ungehindert vorgenommen werden.

Auch der Schluss der Autoren Knopf et al. (2005), dass der SPT-Effekt und die verbale Enkodierung im selben Gedächtnissystem verarbeitet werden, aufgrund der Tatsache, dass sowohl in der VT-Bedingung als auch in der SPT-Bedingung die Teilnehmer von kategorisierten Listen profitierten, kann nicht unwidersprochen bleiben.

Im krassen Gegensatz zu diesen Untersuchungsergebnissen steht ein früher Befund von Zimmer und Engelkamp (1989b) der belegt, dass der SPT-Effekt nach dem Lernen unverbundener Items nicht kleiner war als nach Lernen verbundener Items. Weitere Befunde von Engelkamp und Zimmer (2001), Engelkamp, Seiler und Zimmer (2005) belegen, dass die Nutzung kategorisierter Listen, die sich in den ARC-Scores manifestiert, sich unter einer verbalen Bedingung und unter einer SPT-Bedingung sehr wohl voneinander unterscheiden. Zudem kann die Vorinformation über Kategorien in Lernlisten unter einer verbalen Bedingung von den Teilnehmern flexibler eingesetzt werden als unter einer Handlungsbedingung.

Die Informationsverarbeitung unter Handlungsausführung unterscheidet sich somit gänzlich von einer rein verbalen. Das im vorigen Kapitel (Kapitel 5) dargestellte Modell von Zimmer (2001) zur Handlungsausführung zeigt, dass hier viele Prozesse ablaufen,

die in der Form bei einer rein verbalen Informationsverarbeitung ohne Handlungsausführung nicht vorhanden sind. „We have to expect that the results of some or even nearly all of these additional processes become a member of the memory record of the item in a subject-performed task. All of these additional components can therefore, in principle, contribute to the memory performances of performed actions because all aspects belong to SPT processing.

From this point of view, it is not surprising that SPT memory is different from VT memory (Zimmer, 2001, S. 160 f.).

Das hervorstechendste Gemeinsame an beiden oben genannten Studien ist, dass die Autoren immer explizit bei Kriz (2000) bzw. implizit bei Knopf et al. (2005) davon ausgehen, dass, falls die motorische Komponente für den SPT-Effekt ausschlaggebend ist, eine beeinträchtigte Motorik und damit Behinderung bei der Handlungsausführung unweigerlich zu einer Beeinträchtigung der Erinnerung an selbst ausgeführte Handlungen führen muss und damit im Vergleich zu körperlich nicht eingeschränkten Personen zu einem reduzierten SPT-Effekt. Findet sich dennoch ein SPT-Effekt bei motorisch beeinträchtigten Personen, so sehen Knopf et al. (2005) dies als Beweis an, dass die motorische Komponente für den Handlungsvorteil nicht ausschlaggebend sein kann.

Kriz (2000) hingegen sieht in dem Befund, dass motorisch leicht beeinträchtigte Personen einen SPT-Effekt zeigen, motorisch sehr stark beeinträchtigte jedoch keinen solchen Handlungsvorteil aufweisen, die Annahme bestätigt, dass für den Erinnerungsvorteil durch Handlungsausführung die motorische Komponente grundlegend ist.

6.3 Vorausschau auf die Experimente

Um meine Hypothesen zu testen, führte ich drei Experimente durch. Dazu verwendete ich im Prinzip eine Standard-Lern- und Testbedingung in den beiden ersten Experimenten, die jeweils nur noch leicht modifiziert wurden. Es waren Handlungslisten mit Alltagshandlungen zu lernen unter den Enkodierbedingungen, VT (die Items wurden auditiv präsentiert) und SPT, wobei hier während der auditiven Präsentation die korrespondierende Handlung vom Lernenden selbst ausgeführt werden musste. Die jeweilige Enkodierbedingung stellt die unabhängige Variable dar. Die Behaltensleistung der

Handlungsitems, die abhängige Variable, wurde sowohl im Free Recall als auch in der Rekognition getestet. In meinem ersten Experiment wollte ich zum einen überprüfen, ob sich der Handlungseffekt bei allen Teilnehmern zeigt und ob er gemäß meiner Vermutung bei der Patientengruppe stärker ausgeprägt ist. Zum anderen war zu testen, ob sich die beiden großen Gruppen der Wilson-Patienten, die neurologische und die internistische in ihren Behaltensleistungen für selbst ausgeführte Handlungen wesentlich voneinander unterscheiden. Des Weiteren überprüfte ich, ob sich das Lernen von in der Ausführung komplexerer (feinmotorischer) und weniger komplexer (grobmotorischer) Handlungsitems unterschiedlich auf die Erinnerungsleistung unter SPT auswirkt.

Das 2. Experiment unterschied sich in der Konstruktion der Listen dahingehend, dass ich bezüglich des Komplexitätsgrades der Handlungsitems gemischte Listen präsentierte. Zudem unterteilte ich die Patientengruppe nicht in die neurologische und die internistische Form. In der SPT-Bedingung verwendete ich reale Objekte. Für das Auftreten des SPT-Effektes ist die Verwendung von realen Objekten zwar nicht erforderlich (Engelkamp, 1997; Engelkamp & Zimmer, 1983a; Saathoff, 1999), dennoch ist anzunehmen, dass die Handlungsausführung den motorisch beeinträchtigten Personen mit realen Objekten durch eine exakter geforderte Handlungssteuerung schwerer fällt als die symbolische Ausführung. Deshalb könnte es sein, dass hier ein zusätzlicher Einfluss auf das Behalten in der SPT-Bedingung bei den Patienten entsteht. Darüber hinaus erfasste ich die Motorikleistung bei den Teilnehmern im Anschluss an das Lernexperiment.

Da die Aufmerksamkeit eine wesentliche Komponente beim Lernen allgemein und speziell zusammen mit der Motorik beim Lernen unter Handlungsausführung darstellt (wie im vorigen Kapitel 5 bereits ausgeführt), habe ich in meinem 3. Experiment die Aufmerksamkeitsleistung aller Teilnehmer getestet, um zu schauen, ob sich die Patientengruppe in ihren Leistungen von der Kontrollgruppe unterscheidet.

Die Konzeption im 3. Experiment war in mehreren Aspekten anders als die beiden ersten. Die hier präsentierten Handlungslisten als Lernitems waren jetzt kategorisiert. Weiterhin manipulierte ich das Lernen durch itemspezifische und relationale Orientierungsaufgaben.

Da in jedem der 3 konzipierten Experimente neben der Handlungsbedingung (SPT) auch eine verbale Lernbedingung (VT) realisiert wurde, konnte ich zugleich auch meine Annahme überprüfen, nach der die Behaltensleistung bei den Patienten unter einer rein verbalen Lernaufgabe im Vergleich zur Kontrollgruppe gemindert sein sollte.

In den folgenden Kapiteln (Kapitel 7, 8 und 9), werden die Experimente zur Überprüfung meiner Hypothesen, das jeweilige Design sowie die Untersuchungsergebnisse ausführlich dargestellt und diskutiert.

7 Untersuchung zum Erinnern eigener Handlungen

7.1 Fragestellung

Das folgende Experiment sollte testen, ob sich der Handlungseffekt (SPT-Effekt) bei allen Teilnehmern zeigt und ob er darüber hinaus bei der Gruppe der Wilson-Patienten stärker ausgeprägt ist als in der gesunden Kontrollgruppe. Weiterhin sollte geprüft werden, ob sich die Erinnerungsleistungen unter der Bedingung der Handlungsausführung zwischen der Gruppe der Patienten mit der neurologischen und derjenigen mit der internistischen Ausprägung voneinander unterscheiden. Da die Patienten mit der neurologischen Form motorische Beeinträchtigungen aufweisen im Unterschied zur internistischen Wilson-Patienten-Gruppe, sollte sich dies auch entsprechend in der Erinnerungsleistung nach dem Lernen unter einer Handlungsbedingung (SPT) niederschlagen.

Danach ist zu erwarten, dass der SPT-Effekt bei der neurologischen Wilson-Patienten-Gruppe größer ist als jener bei der Gruppe mit der internistisch ausgeprägten Form der Krankheit. Darüber hinaus besteht die Vermutung, dass sich die Ausführung feinmotorischer (die Nadel einfädeln) von jener grobmotorischer Handlungen (mit dem Fuß aufstampfen) bezüglich der Güte der Erinnerungsleistung unter SPT und damit in der Ausprägung des SPT-Effektes unterscheidet. Ich nehme an, dass bei schwieriger auszuführenden Handlungen mehr fokale Aufmerksamkeit erforderlich ist, was zu einer intensiveren itemspezifischen Enkodierung führt. Dies sollte deshalb dazu führen, dass der SPT-Effekt nach dem Lernen und Ausführen feinmotorischer Handlungen ausgeprägter ist.

Zur Testung dieser Hypothesen stellte ich Lernlisten mit Handlungsitems zusammen, die aufgeteilt wurden in Listen mit ausschließlich grobmotorischen Handlungen und

solche, die komplexe (feinmotorische) Handlungen beschreiben. Die Teilnehmer sollten die Handlungsitems einmal mit gleichzeitiger symbolischer Handlungsausführung lernen (SPT-Bedingung) und zum anderen nur durch reines Zuhören ohne Handeln (VT-Bedingung). Als abhängige Variable wurde die Erinnerungsleistung sowohl über den Free Recall als auch über die Rekognition gemessen. Das Lernen unter VT diene als Kontrollbedingung. Da in früheren Forschungen bei Patienten mit Morbus Wilson (siehe Kapitel 3 der vorliegenden Arbeit), leichte kognitive Einbußen berichtet wurden, erwarte ich unter der Bedingung VT eine schlechtere Gedächtnisleistung der Wilson-Patienten als in der Kontrollgruppe.

7.2 Methode

7.2.1 Anmerkungen zur Patientenstichprobe

Die Patienten wurden hauptsächlich in der Morbus Wilson-Ambulanz der Universitätsklinik Heidelberg untersucht. Einige Patienten wurden auch in ihrem häuslichen Umfeld getestet. Eine kurze Anamnese sollte einen Überblick über das Alter, den Bildungsstand der Patienten, die Ausprägung der Krankheit und das Vorhandensein von Symptomen geben. Da die Höhe des Kupferspiegels nicht mit dem Vorliegen möglicher kognitiver Defizite korreliert (Rathbun, 1996), wurde der Kupferspiegel bei keinem der beteiligten Patienten erfasst. MRT-Befunde, die Aufschluss über den Schädigungsgrad motorisch relevanter Hirnbereiche geben können, waren leider nicht zugänglich. Die Patienten, die sich bereit erklärten, an meiner Untersuchung teil zu nehmen, wurden im Schnitt 12,16 Jahre behandelt und wiesen kaum noch eine sichtbare neurologische Symptomatik auf oder waren motorisch nicht mehr eingeschränkt. Somit waren sie in der Lage, ungehindert einzelne Handlungen, wenn auch vermutlich über - im Vergleich zu Gesunden - andere Steuerungsmechanismen auszuführen. Somit wurden vornehmlich Patienten im Residualstadium ihrer Erkrankung getestet.

Die Anzahl der untersuchten Patienten betrug 24, das durchschnittliche Alter lag bei 33 Jahren. Die Patientengruppe setzte sich aus 13 Frauen und 11 Männern zu-

sammen. Darunter befanden sich Patienten aus dem neurologischen (n=11) wie aus dem internistischen Symptompool (n=13). Zu der internistischen Gruppe zählten auch diejenigen Patienten, die nach eigenen Angaben nie irgendwelche Symptome aufwiesen. Zwei Männer (eineiige Zwillinge) waren türkischer Abstammung, sprachen jedoch perfekt deutsch. Bei den übrigen Teilnehmern war die Muttersprache deutsch.

Die gesunde Kontrollgruppe bestand aus 17 Frauen und 7 Männern mit einem Altersdurchschnitt von 35 Jahren. In dieser Gruppe war bei allen Teilnehmern die Muttersprache deutsch. Sie wies einen der Patientengruppe vergleichbaren Bildungsstand auf.

Sowohl in der Patientengruppe als auch in der Kontrollgruppe führte ich Einzeltestungen und Gruppentestungen durch. Bei Gruppentestungen bestand die Gruppengröße aus maximal 3 Teilnehmern. Diese saßen in ausreichendem Abstand zueinander; es bestand kein Sichtkontakt untereinander; eine verbale oder nonverbale Kommunikation der Teilnehmer miteinander war also ausgeschlossen. Die Teilnehmer wurden für die Teilnahme am Experiment nicht entlohnt.

7.2.1.1 Design

Der Faktor Versuchspersonen bzw. Krankenstatus setzte sich aus der Kontrollgruppe, der Patientengruppe mit der internistischen Form und der Patientengruppe mit neurologischer Form zusammen. Somit war er 3-fach gestuft. Der 2-fach gestufte Faktor Motorikkomplexität umfasste die feinmotorischen und die grobmotorischen Handlungen als unabhängige Variable. Schließlich bestand der Faktor Lernbedingung als weitere unabhängige Variable aus den beiden Bedingungen SPT (Handlungsbedingung) und VT (verbale Bedingung), war also ebenfalls 2-fach gestuft. Das diesem Experiment zugrundeliegende Design entspricht damit einem 3 x 2 x 2- mixed- Design.

7.2.1.2 Material

Es wurden Listen mit Handlungen erstellt, die sich nach grobmotorischen und feinmotorischen Handlungen unterschieden. Die Listen enthielten jeweils 24 Items. Eine Liste enthielt nur 24 grobmotorische Handlungen wie z.B. „die Tür schließen“, „Badewasser einlassen“, „das Fenster öffnen“, „in die Hände klatschen“, „den Schnee schippen“, „mit dem Fuß aufstampfen“ und die andere Liste enthielt ausschließlich 24 feinmotori-

sche Handlungen, wie z.B. „die Nadel einfädeln“, „Zwiebeln schälen“, „den Brief in den Umschlag stecken“, „Klavier spielen“, „das Etikett ablösen“, „das Blatt falten“, „das Streichholz anzünden“. Die vollständige Liste findet sich im Anhang. Daneben wurden aus den präsentierten Items, sowohl grob- wie auch feinmotorisch, eine Rekognitionsliste zusammengestellt und um diese Liste nicht zu lang werden zu lassen, in Rekognition A und Rekognition B, geteilt wobei diese Listen dann jeweils die Hälfte der zuvor gelernten Items enthielt. Die Hälfte der Teilnehmer bekam die Liste A und die andere Hälfte die Liste B. Die präsentierten Items wurden dazu mit der gleichen Anzahl neuer (zuvor nicht präsentierter Items) randomisiert. Die neuen Items bestanden auch in gleicher Anzahl aus grob- wie aus feinmotorischen Handlungen.

7.2.1.3 Vorgehen

Bei jedem Teilnehmer, der zur Wilson-Gruppe gehörte, wurde eine kurze Anamnese, wie bereits beschrieben, durchgeführt. Nach der Exploration bekam jeder Teilnehmer eine schriftliche Instruktion mit den Aufgaben, die er in dem Experiment erfüllen sollte. Er wurde darüber informiert, dass er insgesamt vier Listen mit Handlungsphrasen zu lernen hatte, nach denen jeweils ein Gedächtnistest folgen würde. Bei zwei dieser Listen sollte der Teilnehmer sich die Phrasen nur anhören und sich gut einprägen. Bei den anderen beiden Listen wurde er aufgefordert, die gehörten Handlungsphrasen auch symbolisch im Sitzen auszuführen. Um systematische Effekte aufgrund der Abfolge der Enkodierbedingung ausschließen zu können, war die Abfolge hinsichtlich der SPT/VT-Präsentation ausbalanciert. Allerdings bearbeiteten die Teilnehmer immer zuerst die feinmotorische Bedingung. Ich habe mich für diese feste Abfolge entschieden, weil ich befürchtet habe, dass die Ausführung der feinmotorischen Handlungen den Patienten am Ende des Experimentes aufgrund von Ermüdungseffekten zu große Probleme bereitet. Außerdem sind eventuell verbleibende Abfolgeeffekte vernachlässigbar, da mich besonders die Leistungsgewinne relativ zu VT-Bedingung interessierten. Da sie beide Bedingungen gleichermaßen betreffen würden, sollten sie in den relativen Zugewinnen nicht mehr sichtbar sein.

Die Lernlisten wurden auditiv präsentiert durch eine weibliche Stimme. Dabei wurden die Handlungen jeweils im Abstand von 6 Sekunden dargeboten. Nach jeder Listenpräsentation erfolgte ein 4-minütiger Free Recall. Dazu wurden die Teilnehmer aufgefordert, die erinnerten Items der präsentierten Liste aufzuschreiben. Nachdem alle Listen

auf diese Weise gelernt wurden und das Gelernte niedergeschrieben wurde, bekamen die Teilnehmer eine Rekognitionsliste vorgelegt. Die Aufgabe bestand darin, aus den dargebotenen Items diejenigen Handlungen zu markieren, die während der Lernphase präsentiert wurden. Bei der Kontrollgruppe wiederholte ich o.g. Procedere.

Vtfein → Free Recall → Vtgrob → Free Recall → SPTfein → Free Recall → SPTgrob → Free Recall

Abbildung 12: Beispiel des Schemas des Ablaufes der Lern- und Testphase des Experimentes

7.2.1.4 Kriterien für die Auswertung

Die Gedächtnisleistung als abhängige Variable wurde im Free Recall als relative Häufigkeit richtig erinnerter Phrasen gemessen und in der Rekognition als ratekorrigierte Wiedererkennensleistung (Pr). Die Teilnehmer sollten für die Testung der Behaltensleistung im Free Recall aufschreiben, was sie behalten haben. Als korrekt gewertet wurden nur diejenigen Handlungsphrasen, die von den Teilnehmern voll-ständig wiedergegeben wurden. Für den Rekognitionsteil wurde Pr berechnet als relative Häufigkeit der richtig erkannten items minus relative Häufigkeit der fälschlich erkannten neuen Items.

$Pr = f_{hit} - f_{false\ alarm}$.

7.3 Ergebnisse

7.3.1 Leistungen im Free Recall

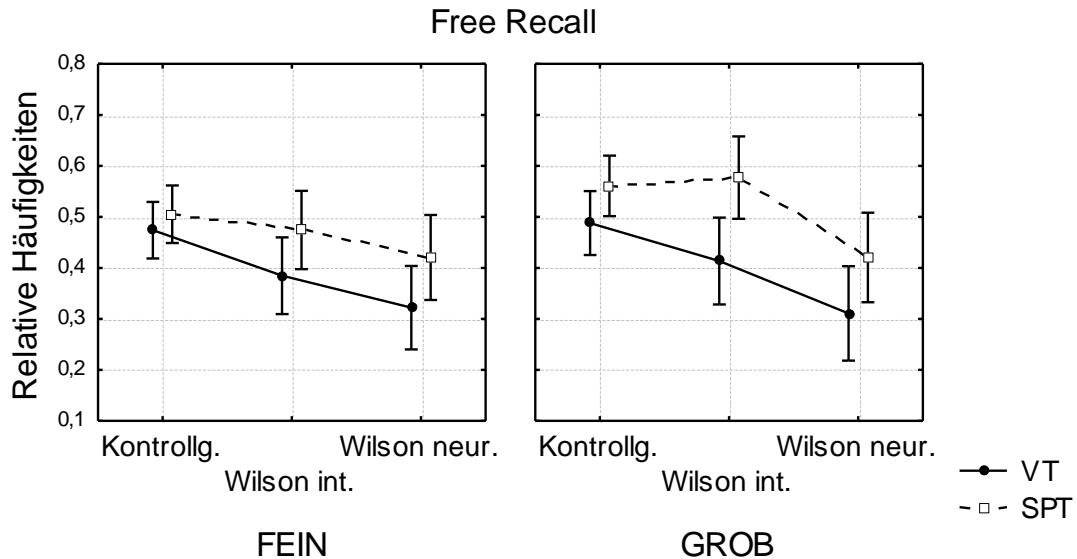


Abbildung 13: Graphische Darstellung der Auswertung der mittleren Leistungen im Free Recall des Experimentes 1 der Patientengruppe Wilson internistisch und Wilson.neurologisch sowie der Kontrollgruppe. Whiskers stehen für Konfidenzintervalle basierend auf der zwischen-Versuchspersonen-Varianz.

Die Auswertung der Varianzanalyse ergab einen signifikanten Haupteffekt für den Faktor Krankenstatus, $F(2,45) = 4.98$, $MSE = .29$, $p < .05$, sowie einen hochsignifikanten Haupteffekt für den Faktor Lernbedingung, $F(1,45) = 37.39$, $MSE = .38$, $p < .001$, und einen signifikanten Haupteffekt für den Faktor Motorikkomplexität, $F(1,45) = 6.04$, $MSE = .04$, $p < .05$. Wechselwirkungen wurden nicht signifikant: Lernbedingung \times Motorikkomplexität, $F(2,45) = 2.57$, $MSE = .03$, $p = .087$; Krankenstatus \times Lernbedingung, $F(2,45) = 2.14$, $MSE = .02$, $p = .129$; Lernbedingung \times Motorikkomplexität, $F(1,45) = 3.32$, $MSE = .02$, $p = .075$; Lernbedingung \times Motorikkomplexität \times Krankenstatus, $F(2,45) = .50$, $MSE = .002$, $p = .607$.

Da der Faktor Motorikkomplexität zwar für alle untersuchten Gruppen signifikant wurde, sich aber weder den angenommenen differentiellen Einfluss auf die beiden Lernbedingungen VT und SPT noch auf die Teilnehmergruppen zeigte, wurde er aus den weiteren statistischen Analysen ausgeschlossen. Die Befunde aus diesem ersten Experiment weisen demnach unabhängig von der Motorikkomplexität deutliche Gedächtniseinbußen bei der Patientengruppe im Free Recall auf, wobei sie den üblichen

Handlungsvorteil zeigte. Die weitere differenzierte Ergebnisanalyse des signifikanten Faktors Krankenstatus mit der Durchführung geplanter Vergleiche zeigt, dass die Gedächtnisleistungen innerhalb der Patientengruppe keine signifikanten Unterschiede ergab, weder unter der verbalen Lernbedingung, $F(1,45) = 2.35$, $MSE = .04$, $p = .13$, noch unter der Handlungsbedingung, $F(1,45) = 3.92$, $MSE = .07$, $p = .53$. Der Vergleich der Erinnerungsleistung der internistischen Patientengruppe mit der Kontrollgruppe zeigte ebenfalls keine signifikanten Unterschiede unter SPT, $F(1,45) = .027$, $MSE = .0004$, $p = .87$, und unter VT, $F(1,45) = 3.25$, $MSE = .06$, $p = .78$. Dagegen unterschieden sich die Kontrollgruppe und die neurologische Patientengruppe signifikant unter VT, $F(1,45) = 11,78$, $MSE = .20$, $p < .01$, und unter SPT, $F(1,45) = 5.69$, $MSE = .10$, $p < .05$, voneinander.

In Abbildung 14 sind die Ergebnisse des Free Recall zur besseren Übersicht differenziert zwischen der neurologischen und der internistischen Teilnehmergruppe unabhängig von der Motorikkomplexität graphisch dargestellt und in Tabelle 4 die mittleren Abrufleistungen der Teilnehmer.

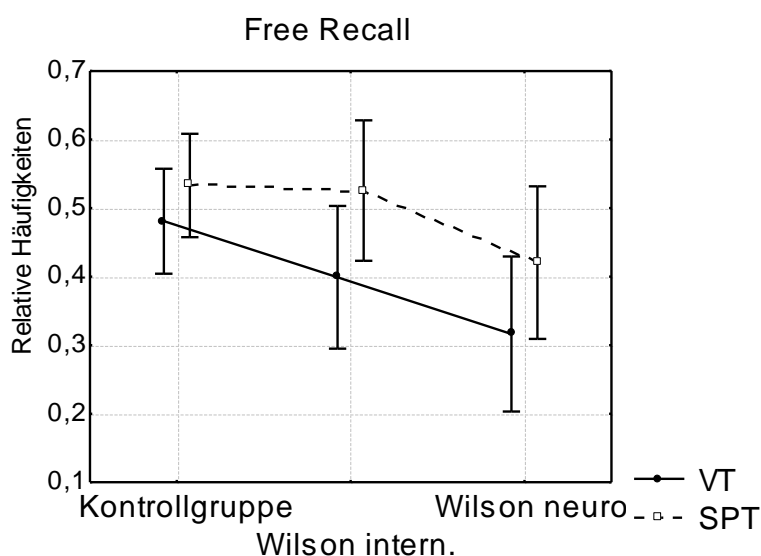


Abbildung 14: Graphische Darstellung der mittleren Leistungen im Free Recall unter VT und unter SPT des Experimentes 1 der Patientengruppe Wilson internistisch und Wilson neurologisch sowie der Kontrollgruppe. Die Whiskers zeigen Konfidenzintervalle basierend auf der zwischen-Versuchspersonen-Varianz an.

Tabelle 4: Mittlere Reproduktionsleistungen der Kontrollgruppe und der Patientengruppen I und N in Abhängigkeit von der Enkodierbedingung VT und SPT. Die untere Zeile zeigt die mittleren Leistungen der Gesamt-Patientengruppe (Standardabweichungen in Klammern)

	VT	SPT
Kontrollgruppe	.48 (.17)	.54 (.16)
Wilson intern.	.40 (.13)	.53 (.11)
Wilson neurol.	.32 (.11)	.42 (.14)
Wilson gesamt	.36 (.12)	.48 (.14)

Beim Betrachten der Mittelwerte fällt auf, dass die Patientengruppe mehr von der Handlungsbedingung profitieren als die Kontrollgruppe. Der Zugewinn unter der SPT-Bedingung gegenüber VT ist bei ihnen mit 12% größer als in der Kontrollgruppe (+6%).

Um die Qualität der erbrachten Erinnerungsleistung analysieren und interpretieren zu können, gibt die Darstellung der Häufigkeit der erinnerten Items bei beiden Teilnehmergruppen in Abhängigkeit von ihrer Position in der Lernliste Aufschluss.

7.3.2 Seriale Positionskurven

Wie bereits in Kapitel 4 erwähnt, zeigen seriale Positionskurven in Abhängigkeit von der Enkodierungsbedingung und der Lernposition beim Abruf der Items typische Effekte auf. Dabei entsteht der Primacy-Effekt in Folge einer guten relationalen Enkodierung, während der Recency-Effekt die Effektivität der itemspezifischen Enkodierung widerspiegelt. Aus meinen Überlegungen und meiner Konzeption des Modells zur Gedächtniswirksamkeit der Handlungsausführung und der entsprechenden Theorie des doppelten Handlungsvorteils bei Wilson-Patienten wäre zu erwarten, dass bei Wilson-Patienten aufgrund der optimalen itemspezifischen Enkodierung bei Handlungsausführung die seriale Positionskurve im Vergleich zur Kontrollgruppe einen deutlicheren, steileren Recency-Effekt zeigt.

Die Erstellung der serialen Positionskurven war zunächst von mir bei der Konzeption des Experimentes nicht vorgesehen gewesen. Daher wurde nur die Abfolge der Listen ausbalanciert, nicht jedoch jene der Itemabfolge über die Positionen. Somit sind Itemeffekte nicht auszuschließen. Die folgende Analyse ist deshalb nur unter diesem Vorbehalt zu betrachten. Dennoch gibt sie einen gewissen Hinweis auf die unterschiedliche Qualität des Abrufes unter den beiden Lernbedingungen VT und SPT und damit auch auf die unterschiedlichen Formen des Lernens. Das Vorgehen der Erstellung der Kurven gilt für dieses sowie auch für die folgenden beiden Experimente. Es wurden immer vier Items zu einer Position zusammengefasst. Somit werden itemspezifische Einflüsse auf den Kurvenverlauf gemildert, und zufällige itemabhängige Schwankungen innerhalb der Kurven können damit ausgeglichen werden.

Da die Auswertung der Varianzanalyse keine signifikanten Leistungsunterschiede zwischen der Gruppe der Wilson-Patienten mit internistischer Symptomatik und jener mit neurologischer Symptomatik erbrachte, sind bei der Darstellung der serialen Positionskurven im Folgenden beide Ausprägungsformen der Wilson-Patientengruppe zu einer Gruppe zusammengefasst. Ebenso wurde auf die Differenzierung zwischen fein- und grobmotorischen Lernitems verzichtet.

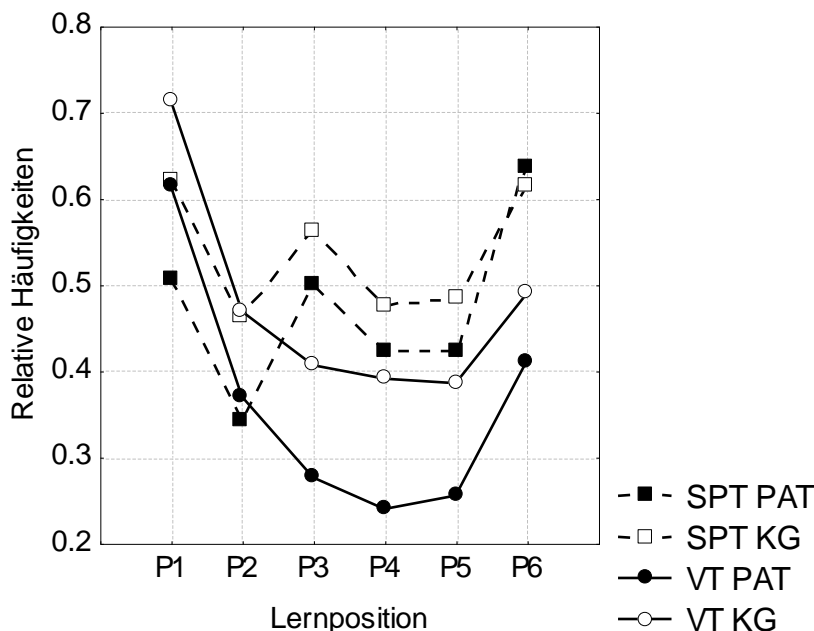


Abbildung 15: Seriale Positionskurven in Abhängigkeit vom Krankenstatus und der Lernbedingung.

Die Durchführung einer 2 (Kontrollgruppe vs Patienten) x 2 (SPT vs VT) x 6 (Position der Quartetts 1-6) Varianzanalyse ergab einen hochsignifikanten Haupteffekt des Faktors Lernbedingung $F(1,46) = 39.3$, $MSE = 1.05$, $p < .001$ und einen hochsignifikanten Effekt für den Faktor Position, $F(5,230) = 25,7$, $MSE = .84$, $p < .001$. Der Faktor Krankenstatus wurde mit $F(1,46) = 6.41$, $MSE = 1.16$, $p < .05$ signifikant. Außerdem ergab sich ein hochsignifikanter Interaktionseffekt zwischen dem Faktor Lernbedingung und Position, $F(5,230) = 10.9$, $MSE = .03$, $p < .001$. Andere Wechselwirkungen wurden nicht signifikant: Lernbedingung x Status, $F(1,46) = 3.29$, $MSE = 1.19$, $p = .08$, Position x Status, $F(1,46) = .68$, $MSE = .02$, $p = .64$, Lernbedingung x Position x Status, $F(1,46) = .59$, $MSE = .02$, $p = .71$.

Die hochsignifikante Wechselwirkung zwischen dem Faktor Position und der Lernbedingung führte zu einer detaillierteren Analyse der Primacy- bzw. Recency-Effekte unter den jeweiligen Enkodierbedingungen. Die Ermittlung der Primacy- und Recency-Effekte erfolgte durch einen Vergleich der mittleren Positionen 3 und 4 Position (Lernitem 9-16) mit der Position 1 (Lernitem 1-4) beim Primacy-Effekt und durch jenen mit der Position 6 (Lernitem 20-24) beim Recency-Effekt

Es zeigte sich unter VT ein Primacy-Effekt, $F(1,46) = 107.05$, $MSE = 3.61$, $p < .001$. Zudem war ein Recency-Effekt zu finden, $F(1,46) = 13.06$, $MSE = .48$, $p < .001$. Unter der Handlungsbedingung (SPT) gab es keinen Primacy-Effekt $F(1,46) = 3.13$, $MSE = .017$, $p = .08$. Der Recency-Effekt dagegen war hochsignifikant, $F(1,46) = 17.05$, $MSE = .59$, $p < .001$.

Zur Überprüfung der Annahme, dass die Patienten einen ausgeprägteren Recency-Effekt zeigen als die Kontrollgruppe, der sich dann durch eine Ausdehnung auf Position 5 bei den Patienten zeigen sollte, wurde noch ein Vergleich der Positionen 3 und 4 mit der Position 5 bei beiden Teilnehmergruppen vorgenommen. Der Unterschied war nicht signifikant, $F(1,46) = 1.20$, $MSE = .02$, $p = .28$. Der Recency-Effekt der Patientengruppe war also nicht ausgeprägter als jener der Kontrollgruppe und beschränkte sich, wie bei den Kontrollpersonen auch, auf die letzten 4 Items (Position 6) der Lernliste.

Obwohl es keine bedeutsame Wechselwirkung zwischen der Teilnehmergruppe und der Position gab, lässt die Betrachtung der Positionskurve (siehe Abbildung 15) die auffällig niedrigen Werte der Patientengruppe unter VT in der Listenmitte signifikante Unterschiede zur Kontrollgruppe auf den entsprechenden Positionen vermuten. Die Annahme wurde bestätigt: Der Vergleich der Leistungen auf den Positionen P3-P5 der

Wilson-Patienten mit jenen der Kontrollgruppe unter der verbalen Lernbedingung ergab bedeutsame Unterschiede, $F(1,46) = 9.18$, $MSE = .68$, $p < .01$.

Insgesamt bleibt festzuhalten, dass die serialen Positionskurven beider Teilnehmergruppen prinzipiell einen parallelen Verlauf aufwiesen. Unter VT, im Unterschied zum Verlauf unter SPT, fällt die Kurve der Patienten jedoch im mittleren Bereich wesentlich stärker ab als jene der Kontrollgruppe. Die jeweiligen Effekte der Randpositionen, Primacy- bzw. Recency-Effekt, traten in beiden Gruppen auf. Einen ausgedehnteren Recency-Effekt unter SPT bei der Patientengruppe im Vergleich zu Kontrollgruppe gab es nicht. In beiden Gruppen beschränkte er sich auf die letzten 4 Itempositionen.

7.3.3 Leistungen in der Rekognition

Tabelle 5: Mittlere Rekognitionsleistungen der Kontrollgruppe und der Patientengruppen I und N in Abhängigkeit von der Enkodierbedingung VT und SPT. Die untere Zeile zeigt die mittleren Leistungen der Gesamt-Patientengruppe (Standardabweichungen in Klammern)

	VT		SPT	
	Fein	Grob	Fein	Grob
Kontrollgruppe	.69 (.19)	.79 (.19)	.88 (.11)	.92 (.07)
Wilson intern.	.66 (.21)	.76 (.24)	.90 (.09)	.90 (.11)
Wilson neurol.	.74 (.12)	.62 (.23)	.90 (.04)	.90 (.13)
Wilson gesamt	.70 (.18)	.70 (.24)	.90 (.07)	.90 (.12)

Die Auswertung der Varianzanalyse ergab einen signifikanten Haupteffekt für den Faktor Lernbedingung, $F(1,45) = 60,19$, $MSE = 1.42$, $p < .001$, sowie einen signifikanten Interaktionseffekt für die Faktoren Motorik x Krankenstatus, $F(2,45) = 4,23$, $MSE = .07$, $p < .05$. Die Dreifachinteraktion Motorik, Lernbedingung und Krankenstatus wurde ebenfalls signifikant, $F(2,45) = 3,90$, $MSE = .05$, $p < .05$. Das bedeutet, dass die Wilson-Patienten mit der neurologischen Ausprägung der Krankheit nur unter der Bedingung VT bedeutsam mehr feinmotorische Handlungsitems wiedererkannten als grobmotorische. Die Anzahl der False alarms war wegen ihrer Geringfügigkeit (<1%), sowohl unter VT als auch unter SPT, nicht relevant.

Die Einführung des Faktors Motorikkomplexität war angedacht worden, um mögliche differentielle Effekte auf das Erinnern unter der Handlungsbedingung zu bekommen. Da es diese aber offensichtlich nicht gab und sich geringfügig abweichende Werte nur unter VT zeigten, einer Bedingung, in der die variierte Eigenschaft streng genommen nicht definiert ist, handelt es sich eher um Zufallseffekte der spezifischen Items. Es wurde in der folgenden Analyse dieser Faktor deshalb nicht mehr berücksichtigt. In Tabelle 6 sind die mittleren Wiedererkennensleistungen ohne den Einfluss der Motorikkomplexität angegeben. Abbildung 16 stellt diese graphisch dar.

Tabelle 6: Mittlere Rekognitionsleistungen der Kontrollgruppe und der Patientengruppen I und N und mittlere Leistungen der Gesamt-Patientengruppe (Standardabweichungen in Klammern).

	VT	SPT
Kontrollgruppe	.74 (.19)	.90 (.09)
Wilson intern.	.71 (.23)	.90 (.10)
Wilson neurol.	.68 (.18)	.90 (.09)
Wilson gesamt	.70 (.21)	.90 (.10)

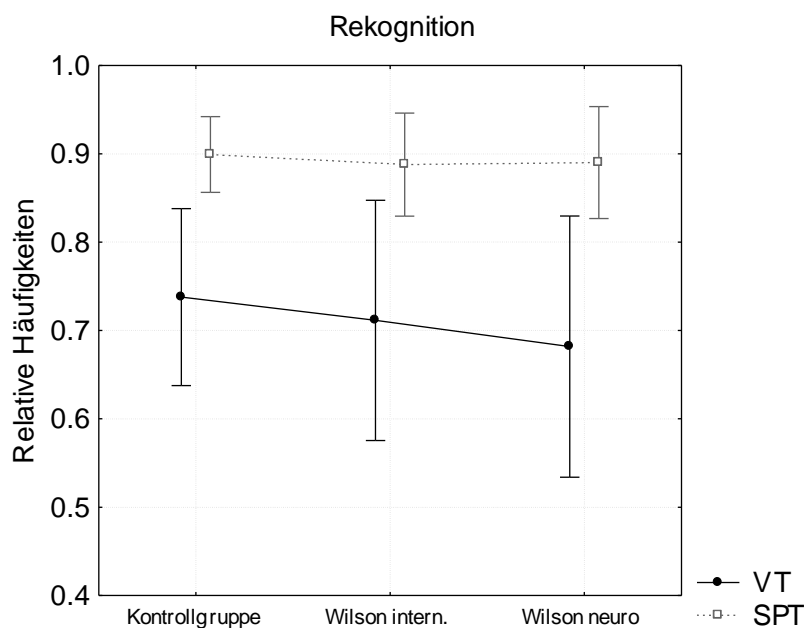


Abbildung 16 Graphische Darstellung der Leistungen der Teilnehmergruppen in der Rekognition unter den Lernbedingungen VT und SPT. Die Whiskers zeigen Konfidenzintervalle basierend auf der zwischen-Versuchspersonen-Varianz an.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse der Datenanalyse, dass die Patienten eine mit der gesunden Kontrollgruppe vergleichbare Gedächtnisleistung aufweisen.

7.4 Diskussion der Ergebnisse und Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse dieses Lernexperimentes entsprechen in einigen Punkten den Erwartungen. Die Patienten zeigten insgesamt signifikant schlechtere Reproduktionsleistungen als die Kontrollgruppe. Der Handlungsvorteil war bei den Wilson-Patienten gegeben; er war sogar, numerisch gesehen, größer als bei den Kontrollpersonen. Die Unschärfe-Hypothese, die einen beeinträchtigten Handlungseffekt annahm, kann daher verworfen werden. Der Motorikaspekt wirkte sich tatsächlich auf die Behaltensleistung aus. Allerdings nicht so, wie angenommen wurde, dass dieser hauptsächlich in der Handlungsbedingung wirkt, indem feinmotorische Handlungssitems besser erinnert werden wegen der höheren Kontrollanforderungen bei der Ausführung und damit einhergehend erhöhten Aufmerksamkeit bzw. Konzentration. Der umgekehrte Umstand ist eingetreten: Feinmotorische Handlungssitems wurden generell schlechter erinnert –und zwar von beiden Teilnehmergruppen unter beiden Lernbedingungen gleichermaßen. Die Vermutung, dass die Wilson-Patientengruppe mit der neurologischen Ausprägung der Krankheit sich unter der Handlungsbedingung von der Patientengruppe mit internistischer Form unterscheiden sollte wegen der vermuteten Notwendigkeit des Einsatzes größerer Handlungskontrolle und damit einer höheren Konzentration beim Enkodieren konnte nicht bestätigt werden: die Wilson-Patienten unterschieden sich nicht voneinander in ihren Leistungen. Über die Rekognitionsleistung war keine Annahme gemacht worden. Diese unterschied sich in der Patientengruppe nicht bedeutsam von der Kontrollgruppe. Die Wilson-Patienten waren hier also gleichgut wie die Kontrollpersonen.

Auch über Erwartungen bezüglich der Qualität der serialen Positionskurven war keine Annahme gemacht worden, da deren Erstellung zunächst nicht angedacht worden war. Da diese aber differenzierte Einblicke in die Qualität der erbrachten Erinnerungsleistung gestattet, indem die Häufigkeit der erinnerten Items bei beiden Teilnehmergruppen in Abhängigkeit von ihrer Position in der Lernliste analysiert und dargestellt wird, wurden solche Positionskurven angefertigt. Beim Vergleich der Kurven der Teilnehmergruppen unter den beiden Lernbedingungen zeigten sich zunächst die üblichen

Verläufe: Der U-förmige Verlauf unter der verbalen Bedingung mit einem Primacy- und einem Recency-Effekt und der eher flach beginnende Verlauf der Kurve unter SPT bei ausbleibendem Primacy-Effekt und einem deutlichen Recency-Effekt. Die Kurven der beiden Teilnehmergruppen verliefen weitestgehend parallel zu einander; wobei die Kurve der Wilson-Patienten wegen der geringeren Reproduktionsleistungen unterhalb jener der Kontrollgruppe lag. In der Mitte der Lernliste (Items 9–20) fielen die Wilson-Patienten in ihren Reproduktionsleistungen unter VT auffallend stark ab und es ergaben sich hier signifikante Unterschiede zur Kontrollgruppe. Unter SPT dagegen fanden sich diese starken Differenzen hier nicht.

Die Befunde einer normalen Rekognitionsleistung und das Auftreten des Handlungsvorteils sprechen für eine intakte itemspezifische Verarbeitung der Wilson-Patienten. Da sowohl für die Rekognition als auch für das Lernen unter Handeln das Enkodieren itemspezifische Information kritisch ist (Bäckman & Nilsson, 1985; Cohen, 1981; Engelkamp, 1997; Helstrup, 1986; Knopf, 1991; Kormi-Nouri, 1994; Mohr, Engelkamp & Zimmer, 1989; Nyberg, 1993), lässt diese Befundlage den Schluss zu, dass die gefundenen Beeinträchtigungen bei der Patientengruppe beim Lernen und Verarbeiten hauptsächlich relationaler Information bestehen. Diese ist für den Free Recall, gerade unter VT von großer Bedeutung und beinhaltet das aktive Anwenden von Enkodierstrategien.

Nun muss das vermutete Enkodierdefizit der Patientengruppe unter VT differenzierter beschrieben werden. Eine Form des strategischen Lernens zeigt sich im Auftreten des Primacy-Effektes. Dabei wies der Primacy-Effekt bei der Patientengruppe darauf hin, dass auch die Patienten eine aktive Enkodierstrategie nutzte. Deutlich wurde jedoch ein Defizit in der Behaltensleistung der mittleren Items der Lernliste. Um diese Items lernen zu können bedarf es des Einsatzes komplexerer Enkodierstrategien und integrativer Prozesse wie z.B. beim Einordnen der Items in spezifische Kategorien oder der Verarbeitung episodisch-relationaler Information. Der rasche Leistungsabfall bei der Erinnerung der mittleren Itempositionen spricht dafür, dass hier die zum Behalten notwendigen komplexeren Lernstrategien von den Patienten nicht hinreichend oder nur unvollständig vorgenommen werden konnten.

Für das Auftreten des Recency-Effektes, den die Patientengruppe auch zeigt, spricht wiederum eine intakte itemspezifische Verarbeitung und das Funktionieren des automatischen Abrufs, des Pop-out-Mechanismus (Zimmer 1991, 2001; Zimmer, Helstrup & Engelkamp, 2000). Hierbei wird kein aktiver Suchprozess benötigt. Indirekt wird damit

die Vermutung bestätigt, dass nur solche Prozesse bei den Patienten beeinträchtigt sind, die das Einsetzen komplexerer Lernstrategien und aktiver Suchprozesse erfordern.

Um die Interpretation der vorliegenden Befunde stützen zu können, müssen diese in einem weiteren Experiment hinsichtlich einiger Kriterien überprüft werden:

Die unterschiedlichen Leistungen der Patienten im Vergleich zur Kontrollgruppe zwischen den Bedingungen „Free Recall“ und „Rekognition“ könnten auch auf andere Unterschiede zwischen den beiden Tests zurückgehen. Der Free Recall war schriftlich. Schreiben erfordert feinmotorische Bewegungen und kostet Wilson-Patienten viel Mühe. Hätte die Patientengruppe in dieser Hinsicht noch Probleme, dann könnten die schlechteren Leistungen im Free Recall auch durch die erhöhte Anforderung des Aufschreibens bedingt sein. Das hätte zur Folge, dass die Testbedingung, so, wie sie konzipiert wurde, für die Messung der Gedächtnisleistung nicht optimal war. Möglicherweise hätten die Patienten in der Testphase im Free Recall mehr leisten können, wenn sie nicht durch die Ressourcen fordernde Aufgabe des Aufschreibens behindert worden wären.

Nicht belegen konnte ich, dass Wilson-Patienten aufgrund einer erhöhten Kontrolle einen größeren Handlungseffekt zeigten als die Kontrollgruppe. Es trat zwar ein Handlungseffekt auf, aber dieser war gleich groß wie bei den Gesunden und er wurde auch nicht durch die Komplexität der Motorik beeinflusst. Daraus könnte man den Schluss ziehen, dass die Handlungskontrolle nicht verschieden ist oder diese Größe keine Auswirkungen auf das Behalten hat. Ein anderer Grund könnte aber sein, dass die Unterschiede im Kontrollaufwand gar nicht zum Tragen kamen. Die Handlungen waren lediglich symbolisch auszuführen. Ungenaue oder misslingende Ausführungen waren praktisch nicht möglich, denn der Kontrollaufwand entsteht meist erst in der direkten Koordination der Bewegung mit dem Objekt. Beispielsweise „eine Nadel einfädeln“ ist symbolisch nicht wirklich kompliziert. Der Kontrollaufwand entsteht erst, wenn der Faden über dem kleinen Nadelöhr zentriert werden muss. Es könnte deshalb durchaus sein, dass erst unter Verwendung realer Objekte in der Handlungsbedingung eine tatsächlich stärkere Kontrolle bei der Patientengruppe notwendig ist. Diese hätte dann möglicherweise einen Einfluss auf die Größe des SPT-Effektes und könnte diesen noch erhöhen.

Um diese kritischen Faktoren kontrollieren zu können und zu prüfen, ob die vorliegenden Befunde repliziert werden können, wurde deshalb eine weitere Studie konzi-

piert, die prinzipiell der vorliegenden ähnelte, aber unter Berücksichtigung der gemachten Einschränkungen einige Änderungen aufwies, um die skizzierten alternativen Erklärungsmöglichkeiten auszuschließen.

Die Erfassung der Free Recall- Leistung erfolgte anstatt schriftlich nun mündlich. Darüber hinaus wurde die Handlungsausführung anstatt symbolisch mit realen Objekten ausgeführt. Des Weiteren wurde die Abfolge der Lernitems variiert, um so Itemeffekte auf die Positionen ausschließen zu können und seriale Positionskurven eindeutig interpretieren zu können.

8 Untersuchung zum Erinnern eigener Handlungen unter Lernen mit realen Objekten bei Handlungsausführung

8.1 Fragestellung

Obwohl der Handlungseffekt mit realen Objekten offenbar nicht größer ist als jener unter symbolischer Handlungsausführung (Engelkamp 1997; Engelkamp & Zimmer, 1983, Saathoff, 1999), wurden in der zweiten Studie dieses Mal reale Objekte bei der Lernbedingung unter Handlungsausführung verwendet.

Die Konzeption dieses Experimentes basiert hauptsächlich auf der Vermutung, dass in der Patientengruppe durch Verwendung realer Objekte Probleme in der Handlungskontrolle eher sichtbar gemacht werden können als beim symbolischen Ausführen. Probleme in der feinmotorischen Koordination müssen beim Handeln mit realen Objekten kompensiert werden, da nur dann die Handlung erfolgreich ausgeführt werden kann. Ist dieser erhöhte Kontrollbedarf wie ich vermutet habe gedächtniswirksam, dann sollte sich dieses in der Patientengruppe in einem vergrößerten SPT-Effekt niederschlagen.

Nach der alternativen „Unschärfehypothese“, sollte sich hingegen ein verminderter bzw. ausbleibender SPT-Effekt bei der Patientengruppe ergeben.

Schließlich habe ich in Experiment 2 noch zusätzlich einen Test der motorischen Fertigkeiten durchgeführt. Keiner der Wilson-Patienten war im Akutstadium, d.h. keiner wies sichtbare grobe Beeinträchtigungen im Handeln auf. Lediglich beim Betrachten des Bewegungsablaufs fällt auf, dass dieser nicht so "flüssig" erscheint wie man erwar-

ten würde. Dies sollte Ausdruck der angenommenen motorischen Einschränkung der Patientengruppe sein, auf der hauptsächlich meine Hypothese beruht. Um eine solche motorische Beeinträchtigung messen zu können, habe ich an das Lernexperiment eine Motorik-Testung angeschlossen. Alle Probanden bearbeiteten den Steckbrett-Test. Es handelt sich dabei um eine Testung der feinmotorischen Fertigkeit. Aus einem Vorratsbehälter ist ein kleiner Stift zu entnehmen, dieser ist in eine Lochmaske zu stecken, aus einem zweiten Vorratsbehälter ist dann eine Unterlegscheibe zu entnehmen und über den Stift zu stülpen. Gemessen wird, wie viele Stifte innerhalb einer bestimmten Zeit positioniert werden konnten. Sollten die Patienten, wie vermutet, Probleme in der feinmotorischen Kontrolle haben, so sollte sich dies durch eine schlechtere Leistung im Vergleich mit der gesunden Kontrollgruppe zeigen.

8.2 Methode

8.2.1 Versuchsteilnehmer

Die Rekrutierung der Morbus- Wilson- Patienten erfolgte wie beim ersten Experiment in den Universitätskliniken Heidelberg und Düsseldorf in den jeweiligen M. Wilson-Ambulanzen bzw. in der Privatwohnung der Patienten. Auch das Anamnese-procedere war mit jenem aus der ersten Studie vergleichbar. Die Patienten, die sich bereit erklärten, an meiner Untersuchung teil zu nehmen, wurden im Mittel 16,6 Jahre behandelt und wiesen kaum noch eine sichtbare neurologische Symptomatik auf oder waren motorisch gar nicht mehr eingeschränkt. Sie waren also alle inzwischen weitestgehend symptomfrei. Die Anzahl der untersuchten Patienten betrug 17, das durchschnittliche Alter lag bei 37,1 Jahren. Die Patientengruppe setzte sich aus 12 Frauen und 5 Männern zusammen. Von den insgesamt 17 Patienten waren 14 mit neurologischer Symptomatik und 3 mit internistischer. Unter ihnen war eine Patientin mit abgeschlossenem Hochschulstudium, drei hatten nach drei Jahren ihr Studium abgebrochen, ein Student im 2. Hochschulsesemester, ein Gymnasiast, eine examinierte Krankenschwester; die übrigen Teilnehmer hatten die mittlere Reife bzw. einen Hauptschulabschluss.

Eine gesunde Kontrollgruppe mit 17 Teilnehmern und dem Altersdurchschnitt von 35 Jahren wurde ebenfalls untersucht. Die Kontrollgruppe bestand aus 11 Frauen und 6

Männern. Der Bildungsstand entsprach dem der Patientengruppe. In beiden Gruppen war bei allen Teilnehmern die Muttersprache deutsch. In der Patientengruppe war ein Patient türkischer Abstammung, der aber in Deutschland aufgewachsen ist. Sowohl in der Patientengruppe als auch in der Kontrollgruppe fanden Einzeltestungen statt. Die Teilnehmer wurden für die Teilnahme am Experiment nicht entlohnt.

8.2.1.1 Design

Die Gesamtstichprobe bestand aus der Wilson-Patientengruppe sowie aus einer gesunden Kontrollgruppe (2-fach gestufter Faktor Krankenstatus). Der Faktor Lernbedingung setzte sich zusammen aus einer verbalen Bedingung (VT) sowie, unter Verwendung realer Objekte, einer Handlungsbedingung (SPT). Dieser Faktor Lernbedingung ist damit ebenfalls 2-fach gestuft. Daraus ergibt sich ein 2x2- mixed- Design.

8.2.1.2 Material

Wie in der vorhergehenden ersten Studie wurden Listen mit kurzen Handlungsphrasen erstellt. Es gab insgesamt 2 Listen. Jede enthielt 30 Phrasen. Die Handlungen in den Listen waren hinsichtlich grob - als auch feinmotorische Items gemischt. Des Weiteren wurde aus allen präsentierten Items eine Rekognitionsliste zusammengestellt. Die präsentierten Items wurden dazu mit der gleichen Anzahl neuer (zuvor nicht dargebotener Items) randomisiert. Für die Motoriktestung wurde das bereits erwähnte Steckbrett verwendet.

8.2.1.3 Vorgehen

Das Vorgehen entsprach im Wesentlichen jenem aus der ersten Studie. Vorab wurde bei jedem Teilnehmer, der zur Wilson-Gruppe gehörte, eine kurze Anamnese erhoben, die aus einer Exploration des Krankheitsbildes (neurologisch oder internistisch), der Berufsausbildung sowie des Alters bestand.

Nach der Exploration bekamen die Teilnehmer eine schriftliche Instruktion mit den Aufgaben, die sie in dem Experiment erfüllen sollten. Sie wurden darüber informiert, dass sie insgesamt zwei Listen mit Handlungsphrasen zu lernen hatten, nach denen jeweils ein Gedächtnistest folgen würde. Bei einer dieser Listen sollten diese Phrasen nur angehört und gut eingepägt werden (VT-Bedingung). Bei der anderen Lernbedingung

wurden die Teilnehmer aufgefordert, die gehörten Handlungsphrasen mit den von der Versuchsleiterin jeweils dargebotenen realen Objekten im Sitzen auszuführen. In der VT-Bedingung wurden keine realen Objekte bei der Präsentation der zu lernenden Handlungen gezeigt. Die Handlungsphrasen wurden über Kassettenrekorder, also auditiv präsentiert. Dabei wurden die Handlungen jeweils im Abstand von 9 Sekunden dargeboten. Die Reihenfolge der Listenpräsentation war ausbalanciert. Danach erfolgte ein 4-minütiger Free Recall. Dazu sollten die Teilnehmer die erinnerten Items der präsentierten Liste mündlich wiedergeben.

Zum Schluss bekamen die Teilnehmer eine Rekognitionsliste. Um die Listen nicht zu lang werden zu lassen, wurden diese in Rekognition A und Rekognition B aufgeteilt. Diese beiden Listen enthielten jeweils die Hälfte der zuvor gelernten Items sowie dieselbe Anzahl neuer Items. Die Aufgabe bestand darin, aus den 60 dargebotenen Items diejenigen Handlungen zu markieren, die während der Lernphase präsentiert wurden.

Nach dem Lernexperiment folgte die Testung der Motorikleistung. Dabei wurde ein Geschicklichkeitstest durchgeführt. Er bestand aus einem Test der hauptsächlich feinmotorische Fertigkeiten überprüfen sollte. Hierzu wurden die Teilnehmer aufgefordert, innerhalb von 3 Minuten Stifte in ein Steckbrett zu stecken und auf diese Stifte Unterscheiben zu legen. Gemessen wurde dabei die Anzahl der erzielten gesteckten Reihen auf dem Steckbrett in einem begrenzten Zeitraum von drei Minuten.

8.3 Ergebnisse des Lernexperimentes

8.3.1 Leistungen im Free Recall

Die Kriterien für die Auswertung bei diesem Experiment entsprachen jenen aus der ersten Studie. Auch hier wurden bei der Reproduktionsleistung der Teilnehmer nur diejenigen Handlungsphrasen als korrekt gewertet, die von den Teilnehmern vollständig wiedergegeben wurden.

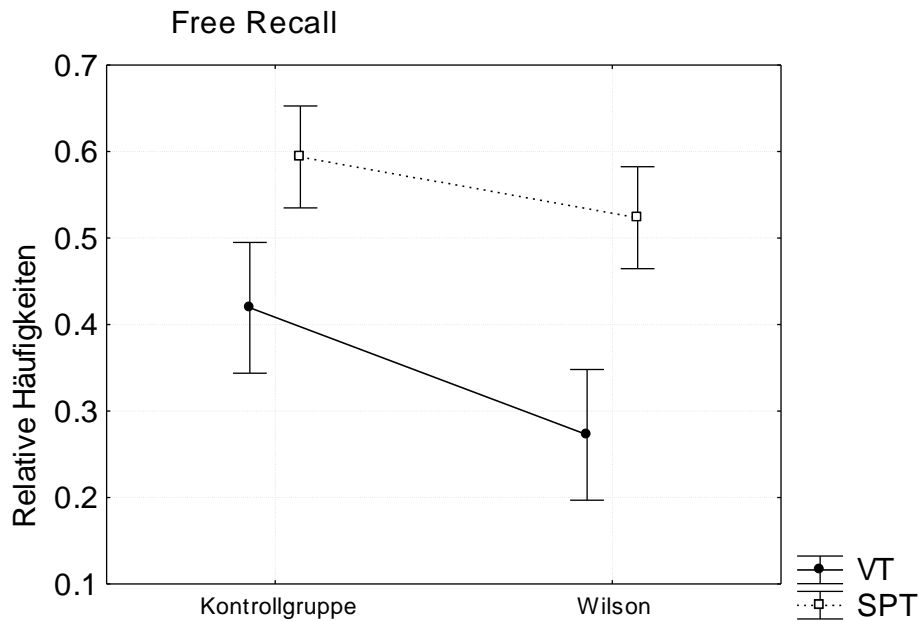


Abbildung 17: graphische Darstellung der mittleren Leistungen der Kontrollgruppe und der Patientengruppe im Free Recall unter VT und SPT der zweiten Studie. Die Whiskers geben Konfidenzintervalle an basierend auf der zwischen-Versuchspersonen-Varianz.

Die Ergebnisse im Free Recall wiesen zwei signifikante Haupteffekte Krankenstatus, $F(1,32) = 6.28$, $MSE = .19$, $p < 0.05$, und Lernbedingung, $F(1,32) = 89.72$, $MSE = .67$, $p < 0.01$, auf. Bei der Wechselwirkung, Lernbedingung x Krankenstatus zeigte sich kein signifikanter Befund, $F(1,32) = 1.83$, $MSE = .014$, $p = .19$.

Die folgende Tabelle zeigt die durchschnittlichen Werte der Erinnerungsleistung der Kontrollgruppe sowie der Patientengruppe unter der verbalen Lernbedingung (VT) sowie unter der Handlungsbedingung (SPT) auf.

Tabelle 7: Mittlere Reproduktionsleistung der beiden Teilnehmergruppen in Abhängigkeit von der Enkodierbedingung VT und SPT (Standardabweichungen in Klammern).

	VT	SPT
Patienten	.28 (.15)	.51 (.10)
Kontrollgruppe	.42 (.16)	.59 (.13)

Die Ergebnisse weisen auf, dass sich bei insgesamt schlechterer Behaltensleistung ein normaler Handlungseffekt bei den Patienten zeigte. Patienten profitierten auch wie

erwartet relativ mehr (23%) von der Handlungsbedingung als die Kontrollpersonen (17%), aber dieser Unterschied war nicht so deutlich, dass es zu einer signifikanten Interaktion geführt hätte.

8.3.2 Seriale Positionscurven

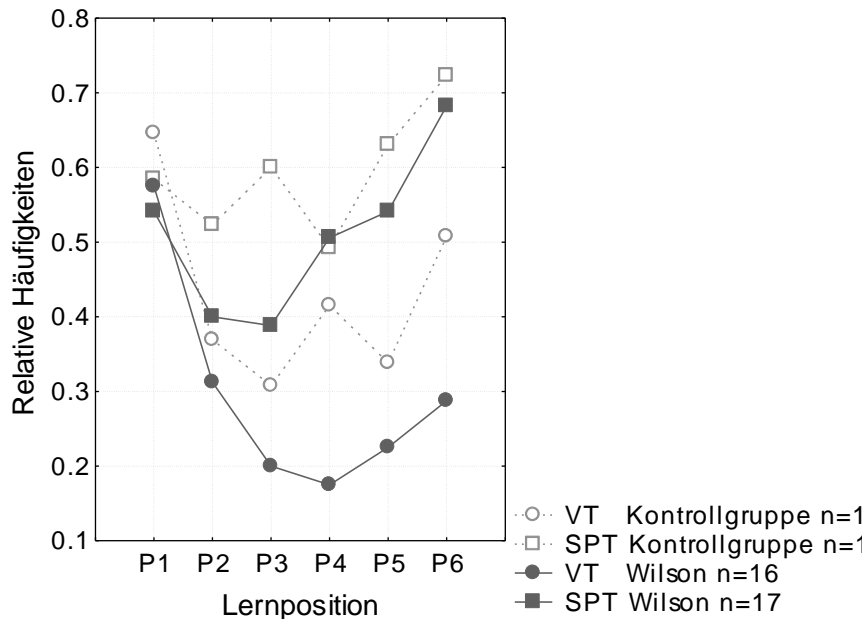


Abbildung 18: Seriale Positionscurven in Abhängigkeit vom Krankenstatus und der Lernbedingung.

Die Berechnung einer 2 (Lernbedingung) x 2 (Krankenstatus) x 6 (Position) Varianzanalyse² ergab einen signifikanten Haupteffekt für den Faktor Krankenstatus, $F(1,27) = 12.36$, $MSE = 1.01$, $p < .01$ und einen hochsignifikanten Haupteffekt für den Faktor Lernbedingung, $F(1,27) = 38.43$, $MSE = 3.04$, $p < .001$. Weiterhin wurde der Faktor Position hochsignifikant, $F(5,135) = 9.16$, $MSE = .44$, $p < .001$. Die Interaktion Lernbedingung x Position wurde ebenfalls hochsignifikant, $F(5,135) = 6.24$, $MSE = .26$, $p < .001$. Die dreifache Wechselwirkung zwischen Lernbedingung, Lernposition und Krankenstatus wurde nicht signifikant, $F(5,135) = 1.63$, $MSE = .07$, $p = .16$. Über das Muster der Wechselwirkung zwischen der Lernbedingung und der Position gaben die Vergleiche zwischen den jeweiligen Randpositionen P1 und P6 mit den mittleren Positionen P3 und P4 Aufschluss. Unter VT zeigte sich sowohl ein Primacy-Effekt, $F(1,27)$

² Es konnten nicht von allen Teilnehmern die serialen Positionen im Free Recall ermittelt werden.

= 43.42, $MSE = 2.40$, $p < .001$, als auch ein Recency-Effekt, $F(1,27) = 5.61$, $MSE = .31$, $p < .05$. In der Grafik (Abbildung 18) sind diese Effekte durch den typischen U-förmigen Verlauf der Kurve zu sehen. Unter dem Handlungslernen (SPT) war kein Primacy-Effekt zu finden, $F(1,27) = .61$, $MSE = .024$, $p = .44$; es zeigte sich aber ein Recency-Effekt. $F(1,27) = 15.11$, $MSE = .62$, $p < .001$.

Zwar wurde die dreifache Wechselwirkung zwischen Lernbedingung, Lernposition und Krankenstatus nicht signifikant; dennoch lässt das Betrachten der auffällig niedrigen Leistungen der Patientengruppe in der Listenmitte (P3-P5) unter VT im Vergleich zu jenen der Kontrollgruppe, wie bereits im vorhergehenden 1. Experiment, die Vermutung entstehen, dass sich diese Gruppen hier signifikant voneinander unterscheiden. Deshalb wurden die Leistungen der Wilson-Patienten auf diesen Positionen mit jenen der Kontrollgruppe im VT noch einmal gesondert analysiert, und es fand sich hier ein bedeutsamer Unterschied, $F(1,27) = 8.40$, $MSE = .51$, $p < .01$. Dieser bedeutsame Unterschied war unter der Bedingung SPT bei diesen Positionen nicht zu finden, $F(1,27) = 4.01$, $MSE = .18$, $p = .055$. Unter SPT verschoben sich quasi die geringen Leistungen der Patientengruppe von der Mitte aus etwas nach links. Hier unterschieden sie sich ausschließlich auf den Positionen P2 und P3 bedeutsam von der Kontrollgruppe, $F(1,27) = 7.11$, $MSE = .37$, $p < .05$.

8.3.3 Leistungen in der Rekognition

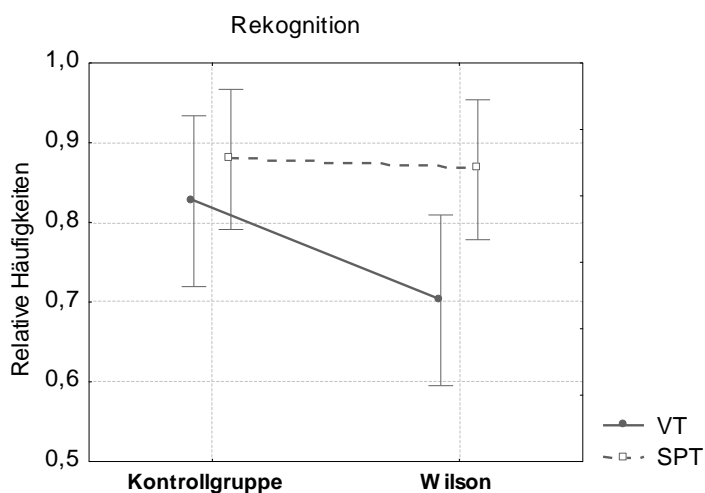


Abbildung 19: graphische Darstellung der mittleren Leistungen der Kontrollgruppe und der Patientengruppe in der Rekognition unter VT und SPT des Experimentes 2. Die Whiskers geben Konfidenzintervalle an basierend auf der zwischen-Versuchspersonen-Varianz.

Die Ergebnisse in der Rekognition weisen nur einen signifikanten Haupteffekt für den Faktor Lernbedingung, $F(1,32) = 8.64$, $MSE = .12$, $p < .01$, auf. Der Faktor Krankenstatus wurde nicht signifikant, $F(1,32) = 1,22$, $MSE = .08$, $p = .28$. Auch die Interaktion Krankenstatus x Lernbedingung wurde nicht signifikant, $F(1,32) = 1,15$, $MSE = .02$, $p = .29$.

Tabelle 8: Mittlere Rekognitionsleistung der beiden Teilnehmergruppen in Abhängigkeit von der Enkodierbedingung VT und SPT. Standardabweichungen in Klammern

	VT	SPT
Patienten	.72 (.20)	.83 (.21)
Kontrollgruppe	.82 (.17)	.87 (.21)

In der Rekognitionsleistung zeigte sich lediglich ein signifikanter Haupteffekt für den Faktor Lernbedingung. Items, die unter SPT gelernt wurden, konnten signifikant besser wieder erkannt werden als unter der verbalen Lernbedingung VT. Hier zeigten die Wilson-Patienten also keine schlechtere Leistung als die Kontrollgruppe. Der Handlungsvorteil bestand für beide Gruppen gleichermaßen.

8.4 Ergebnisse der Motorikaufgaben

Die Leistungen in der Steckbrett- Aufgabe erbrachten keine signifikanten Leistungsunterschiede zwischen der Patientengruppe und der gesunden Kontrollgruppe. Bei einer mittleren Durchführungszeit von 2,55 Minuten, verglichen mit jener der Kontrollgruppe von 2,59 Minuten, ergaben sich keine signifikanten Unterschiede, $t(32) = -0,309$, $p = .760$ bei zweiseitiger Testung. Das bedeutet, dass sich hier auch keine Hinweise auf eine motorische Verlangsamung der Wilson-Patienten ergaben.

8.5 Diskussion der Ergebnisse und Schlussfolgerung

Insgesamt ähnelten die Ergebnisse jenen aus der vorhergehenden Untersuchung: Die Wilson-Patienten wiesen eine Gedächtnisbeeinträchtigung im Free Recall unter VT bei normaler Wiedererkennensleistung und normalem Handlungsvorteil auf. Dabei war dieser auch hier wieder numerisch gesehen bei ihnen größer als bei der Kontrollgruppe.

Die Motoriktestung, die aufgrund der Vermutung, motorische Einschränkungen in der Wilson-Patientengruppe aufdecken zu können, durchgeführt wurde, erbrachte keinen Unterschied zur Kontrollgruppe. Die Wilson-Patienten wiesen hier keine Einschränkungen in der Ausführung feinmotorischer Aufgaben im Vergleich zu Kontrollpersonen auf. Sie erledigten die geforderten Aufgaben in vergleichbarer Zeit und vergleichbarem Umfang. Aufgrund dieses Befundes kann nun nicht mehr ohne weiteres die Annahme aufrechterhalten werden, dass die zur Ausführung feinmotorischer Handlungen im Vergleich zu grobmotorischen Handlungen besonders benötigte Kontrolle der Handlungssteuerung bei Wilson-Patienten größer ist als bei motorisch nicht eingeschränkten Kontrollpersonen. Der vergleichsweise größere Handlungsvorteil kann also aufgrund der vorliegenden Ergebnisse vermutlich nicht mit einer größeren Handlungskontrolle begründet werden. Auch die Verwendung realer Objekte mit der angenommenen viel größeren Erfordernis zur Handlungskontrolle gegenüber den Kontrollpersonen bestätigt die Annahme nicht: Der numerisch größere SPT- Effekt von 6 % im Vergleich zur Kontrollgruppe entsprach jenem mit ebenfalls 6% der vorigen Studie unter Verwendung symbolischer Handlungsausführung.

Auch die serialen Positionskurven ähnelten denen aus der ersten Studie. Die Kurven der beiden Teilnehmergruppen verliefen weitestgehend parallel, wobei der Kurvenverlauf in der Patientengruppe im Vergleich zur Kontrollgruppe auf niedrigerem Niveau angesiedelt war. Der Recency-Effekt zeigte sich unter SPT, wie erwartet, bei beiden Teilnehmergruppen. Dass sich in beiden Gruppen unter VT auch der übliche Primacy-Effekt zeigte, spricht dafür, dass beide Gruppen in der Lernphase initial gleichermaßen aktiv strategisch enkodiert haben. Dieser Befund zeigte sich auch bereits im vorigen Experiment. Die vergleichende differenzierte statistische Analyse der Recall-Leistungen auf den verschiedenen Lernpositionen beider Teilnehmergruppen im VT macht deutlich, dass sich die beiden Teilnehmergruppen vornehmlich im Bereich der mittleren Items

der Lernliste (Positionen 3-5) in ihren Behaltensleistungen signifikant unterschieden. Auch dieser Befund konnte im vorigen Experiment festgestellt werden.

Konkret nähren die vorliegenden Befunde die Vermutung aus den Ergebnissen der vorigen Untersuchung, dass bei den Wilson-Patienten Defizite im relationalen Enkodieren vorhanden waren.

Zusammenfassend sei die Vermutung noch einmal begründet: Diejenigen Mechanismen, für die hauptsächlich eine itemspezifische Enkodierung verantwortlich ist, schienen bei den Wilson-Patienten zu funktionieren. Der Handlungseffekt trat auf, die Wiedererkennungleistung war normal, der Recency-Effekt trat auf. Ebenso funktionierte der automatische Abruf, der Pop-out-Mechanismus, der sich auch im Erscheinen des verlängerten Recency-Effektes unter Tun manifestiert. Weiterhin war die Anwendung einfacher aktiver Strategien ebenso möglich. Dies zeigte das Auftreten des Primacy-Effektes.

Solche Leistungen, die den aktiven Einsatz komplexerer Enkodierstrategien erfordern, um Informationen effektiv suchen und finden zu können, nämlich das eigentliche relationale Enkodieren, waren dagegen bei den Wilson-Patienten vermutlich eher problematisch. Der robuste Befund über die beiden durchgeführten Experimente hinweg der allgemeinen schlechteren Leistungen im Free Recall sowie speziell dem großen Leistungsabfall in der Mitte der Lernliste stützen diese Vermutung. Für den Abruf in der Listenmitte genügt nicht der Einsatz einfacher Lernstrategien, ebenso wenig ist hier die itemspezifische Information ausreichend, der automatische Abruf funktioniert auch nur am Listenende. Da der Recall in diesem Experiment nicht schriftlich, sondern mündlich erfolgte, kann die Vermutung einer möglichen interferierenden Wirkung durch die Anstrengung des Aufschreibens auf den Recall der Patienten ausgeschlossen werden.

Also bleibt die plausible Vermutung bestehen, dass der Einsatz komplexer Enkodierstrategien den Wilson-Patienten Probleme bereitet hatte. Dafür könnte es verschiedene Gründe geben:

Zum einen ist denkbar, dass die Patienten keine absichtliche relationale Enkodierung vornahmen. Das könnte man als Strategieproblem bezeichnen. Patienten wären dann weniger geneigt gewesen, eine eigene Strategie zu entwickeln und aktiv zu enkodieren. Zum anderen ist denkbar, dass die Absicht zwar vorhanden war, aber nicht erfolgreich umgesetzt werden konnte. Dies wäre eher ein Ressourcenproblem, das sich in einer nachlassenden Fähigkeit zur aktiven Enkodierung äußert. Zur effektiven Anwendung

von Enkodierstrategien braucht man ein ausreichendes Maß an kognitiven Ressourcen. Unterstellt man gleiches Metagedächtnis, verlangt die Entwicklung einer aktiven Strategie eine Menge zusätzlicher Operationen. Man muss neben dem Bearbeiten der aktuellen Items noch über die Struktur der Liste nachdenken, die Beziehung zu Nachbaritems evaluieren, Items umgruppieren etc. Dies verlangt eine hinreichende Kapazität des Arbeitsgedächtnisses und/oder eine intakte Aufmerksamkeit. Hier könnte das Problem der Wilson-Patienten liegen.

Zur Exploration der geäußerten Vermutungen könnte man bezüglich des Strategieproblems in einem weiteren Lernexperiment explizit zur Anwendung einer relationalen und itemspezifischen Enkodierstrategie auffordern. Handelt es sich nur um ein Strategieproblem, dann sollte die Free Recall Leistung der Patienten besser werden und ein vergleichbares Niveau der Kontrollgruppe erreichen. Handelt es sich um ein Ressourcenproblem, dann sollte der Unterschied bleiben oder sogar noch vergrößert werden, falls Gesunde nicht aber Patienten von einer optimierten Strategie profitieren. Im letztgenannten Fall wäre es zusätzlich interessant zu wissen, worin die Beeinträchtigung der Patienten besteht. Handelt es sich um ein Aufmerksamkeitsproblem, ließe sich das leicht messen.

Auf der Basis dieser Annahmen wurde eine weitere Studie konzipiert, die durch eine Exploration des Abrufmusters nach dem Lernen mit einer Hilfestellung in Form von spezifischen Enkodierinstruktionen bzw. Enkodierstrategien Aufschluss über die vermuteten Defizite der Wilson-Patienten im Vergleich zu Kontrollpersonen beim Enkodieren geben sollte. Weiterhin wurde die Aufmerksamkeitsleistung der Teilnehmer gemessen, indem nach dem Lernexperiment einige Aufmerksamkeitstests bearbeitet werden sollten in Anlehnung an die Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP) nach Zimmermann und Fimm (1993).

9 Untersuchung zum Erinnern eigener Handlungen unter Lernen mit Orientierungsaufgaben

9.1 Fragestellung

Da die Untersuchungsbefunde der beiden vorhergehenden Experimente bezüglich der Rekognitionsleistung keine Leistungsunterschiede zwischen der gesunden Kontrollgruppe und den Wilson-Patienten zeigten, wohl aber bezüglich des Free Recall unter VT und SPT bei normalem SPT- Effekt, war es das Ziel des folgenden Experimentes, die Art der vermuteten Defizite beim relationalen Lernen genauer zu explorieren.

Für diese beiden Formen des Erinnerns unter einer Handlungsbedingung und generell für das Wiedererkennen ist die Verarbeitung itemspezifischer Information kritisch; für das Erinnern unter VT und einem anschließenden Free Recall hingegen ist eine gute Verarbeitung relationaler Information notwendig. Deshalb ist zu vermuten, dass bei intaktem itemspezifischen Lernen die relationale Enkodierung bei den Patienten beeinträchtigt ist.

Andererseits ist aufgrund der Analyse der serialen Positionskurven sowohl im 1. als auch im 2. Experiment unter der verbalen Lernbedingung (VT) bei der Wilson-Gruppe ein Primacy-Effekt zu verzeichnen. Obschon das Zustandekommen des Primacy-Effektes bezüglich des Einsatzes von Lernstrategien in der Literatur kontrovers diskutiert wird (vgl. Seiler, 2003), deutet dieser Effekt darauf hin, dass Lernende eine gewisse Form strategischen Enkodierens, das kognitive Rehaersal, einsetzen (Atkinson & Shiffrin, 1968; Brodie & Murdock, 1977; Glanzer & Cunitz, 1966, Tan & Ward, 2000). Daraus könnte man folgern, dass das strategische Enkodieren, per se, allgemein betrachtet, bei der Patientengruppe nicht fehlt, sondern möglicherweise nur spezifische Strategien, die komplexere Anforderungen an den Lernenden stellen wie z.B. eine Integration der Lernitems fehlen, nicht initiiert werden oder defizitär sind.

Die detaillierte Analyse der serialen Positionskurven weist eine deutliche Leistungsminderung beim Abruf der Items in der Listenmitte ab dem 5. Item (Positionsblock 2) der Lernliste auf. Ab hier zeigt sich üblicher Weise der Effekt einer guten, erfolgreichen relationalen Enkodierstrategie durch Integration der Lernitems. Der Leistungseinbruch der Wilson-Patienten deutet darauf hin, dass eine Integration der Lernitems in eine ge-

wisse Struktur offenbar nicht erfolgreich stattgefunden hat. Dies kann wiederum zwei Gründe haben. Zum einen könnte es durchaus sein, dass eine von ihnen angewandte Enkodierstrategie effizient gewesen wäre, wenn sie konsequent hätte angewendet werden können. Diese möglicherweise effiziente Strategie konnte aber nicht benutzt werden, weil die dazu benötigten kognitiven Ressourcen nicht ausgereicht haben. Das würde bedeuten, dass die Wilson-Patienten ein Ressourcenproblem haben. Der andere Grund für den mangelhaften Abruf könnte darin liegen, dass die Patientengruppe gar keine Enkodierstrategie benutzt hat. Das heißt, die Patienten haben ein Strategieproblem.

Beruhend die Beeinträchtigungen aber lediglich auf einer nicht oder nicht effizient angewendeten Enkodierstrategie, so sollte es möglich sein, diese mit einer entsprechenden Enkodierhilfe durch Manipulation bzw. Vorgabe der Initiierung einer spezifischen Strategie mit Orientierungsaufgaben zu kompensieren. Die Funktion von Orientierungsaufgaben besteht darin, das Enkodieren entweder von itemspezifischer oder von relationaler Information entsprechend zu manipulieren bzw. zu lenken. Damit kann bei mangelhafter eigener, vom Probanden eingesetzter Enkodierstrategie, letztlich eine Leistungssteigerung im Free Recall bewirkt werden, wenn eine adäquate Enkodierung angeleitet wird.

Falls die beeinträchtigte Erinnerungsleistung im Free Recall auf einem Ressourcenproblem beruht, so könnte sich dies unter anderem in einer verminderten Aufmerksamkeitsleistung bemerkbar machen. Eine intakte Aufmerksamkeitsfunktion bildet die Voraussetzung für die allgemeine Leistungsfähigkeit des kognitiven Systems.

Der Bereich der Aufmerksamkeit umfasst ein sehr komplexes Gebiet und es bedarf deshalb einer kurzen Erläuterung der Funktion dieses Konstruktes.

Exkurs „Aufmerksamkeit“

Es ist äußerst schwierig, eine einheitliche Definition dieses Konstruktes zu finden. In der Forschung im Bereich der Allgemeinen Psychologie gibt es zwei Herangehensweisen an die begriffliche Fassung der „Aufmerksamkeit“: einen erkenntnisorientierten und einen verhaltensorientierten. Im Prinzip umfasst die Definition der Aufmerksamkeit beim verhaltensorientierten Ansatz inhaltlich nichts anderes als bei dem erkenntnistheoretischen; ein wesentlicher Unterschied liegt jedoch darin, dass bei Er-

sterem das Individuum während der Informationsverarbeitung eher passiv gesehen wird, während bei den verhaltensorientierten Forschern, wie der Name schon impliziert, der Mensch als aktiv Handelnder gesehen wird.

Innerhalb des erkenntnisorientierten Ansatzes wird der Aufmerksamkeit die wichtige Funktion der Selektion zugeschrieben sowie der Verteilung von Ressourcen und schließlich werden die Aspekte der kontrollierten im Unterschied zur automatischen Verarbeitung als Determinante der Aufmerksamkeit in die Diskussion eingebracht. Demnach laufen automatische Prozesse ohne Bewusstsein ab, während die Verarbeitung kontrollierter Prozesse die bewusste Beschäftigung mit Reizen erfordert und damit aufmerksamkeitsabhängig ist. Automatische Prozesse sind wenig störbar; kontrollierte Prozesse können sich dagegen wechselseitig stören. Vertreter dieser Position sind z.B. Posner und Snyder (1975) oder Shiffrin und Schneider (1977). Letztere Autoren sind zudem der Ansicht, dass kontrollierte Prozesse durch viel Übung automatisiert werden können.

Ein Vertreter der These, dass die Aufmerksamkeit als Verteilung von Ressourcen verstanden werden kann ist Kahnemann (1973). Demnach ist die Fähigkeit zur Aufmerksamkeitsleistung als Ressource des Individuums anzusehen, die variabel eingesetzt und auf verschiedene Aufgaben verteilt werden kann. Dabei wird die Verfügbarkeit dieser Ressource abhängig gemacht von der Aufgabenschwierigkeit und dem erzeugten Arousal.

Nach Neumann (1992) stehen hinter dem Begriff der „Aufmerksamkeit“ unterschiedliche Mechanismen, deren Funktion es ist, ein Verhaltenschaos zu vermeiden. Dazu müssen Selektionsprozesse genutzt werden, d.h. aus einer Fülle von Reizen muss derjenige herausgefiltert werden, der für die Erreichung des Verhaltenszieles von Bedeutung ist. Dazu ist es wichtig, dass konkurrierende Verhaltenstendenzen sich wechselseitig hemmen. Dieser Selektionsprozess muss aktiv gesteuert werden. Interferenzen können dabei zu jedem Zeitpunkt während der Reizverarbeitung auftreten, etwa durch die Komplexität der Aufgabe oder im Rahmen von motorischen Prozessen, wenn bei Doppelaufgaben zwei miteinander unvereinbare Abläufe gefordert sind. Eine willkürliche Zielsetzung lässt sowohl bewusste wie unbewusste Verarbeitungsprozesse zu. In diesem Zusammenhang kommt dem Begriff der „zentralen Exekutive“ eine bedeutende Rolle zu. Verhaltensorientierte Forscher verwenden ihn anstelle von kontrollierter Informationsverarbeitung (Kluwe, 1997; Mayr, Kliegl & Krampe, 1996; Roberts, Robbins

& Weiskrantz, 1998). Hierbei geht es um die Planung und Kontrolle zielgerichteter Handlungen.

Aufmerksamkeitsprozesse lassen sich nicht einer Region im Gehirn zuordnen. An ihrer Steuerung sind mehrere Hirnsysteme beteiligt, die multisensorische und motorische Prozesse miteinbeziehen. Birbaumer beschreibt ein Medio-thalamo-fronto-corticales System der Aufmerksamkeitssteuerung, das auf der grundlegenden Annahme eines limitierten Aufmerksamkeitskontrollsystems basiert. Dieses System besteht aus dem präfrontalen Kortex, der „Entscheidungsinstanz“, dem rechten inferior-parietalen Assoziationskortex, der mesencephalen reticulären Formation und dem Nucleus reticularis thalamus. Dem Nucleus reticularis thalamus kommt eine Art Schleuser-Funktion zu, auch als „Gating“ bezeichnet. Hier wird eine Auswahl ankommender Information getroffen, die dann weitergeleitet und verarbeitet wird (Birbaumer und Schmidt 1995, 1996). Daher spielt diese Funktion auch eine entscheidende Rolle bei der selektiven Aufmerksamkeit, die weitestgehend synonym mit dem Begriff der „Konzentrationsfähigkeit“ ist und der geteilten Aufmerksamkeit.

9.1.1 Der Einfluss von Orientierungsaufgaben auf das Erinnern

Die Form der Manipulation durch Orientierungsaufgaben, kann auf zwei Arten erfolgen. Die Forcierung der Verarbeitung itemspezifischer Information wird durch itemspezifische Orientierungsaufgaben realisiert, wie z.B. die Beschreibung der Beliebtheit eines Lernitems. Entsprechend soll eine relationale Orientierungsaufgabe verstärkte relationale Enkodierung bewirken. Dies kann in Form von Integrationsvorgaben bei kategorisierten Lernlisten durch Einordnung der Lernitems in geeignete vorgegebene episodische Kategorien erfolgen.

Bei der kategorial-relationalen Enkodierung die Inter-Item-Struktur bereits prä-experimentell auf der Konzeptebene vorhanden. Die Lernitems sind kategorial oder episodisch verbunden (relatiert), so dass das Lernen hier ungleich einfacher ist. Bei der Verarbeitung der Information findet eine Art automatischer Aktivationsausbreitung entlang der übergeordneten Kategorie statt und Mitglieder dieser Kategorie werden gleichsam automatisch mitaktiviert (Mandler, 1979). Diese Form des relationalen Lernens ist somit weniger aufmerksamkeits- bzw. ressourcenfordernd als bei der Präsentation von

unverbundenen Items. Dies wirkt sich positiv auf den Retrieval aus, ähnlich wie beim semantischen Priming (z.B. Anderson, 1983; Perea & Rosa, 2002).

Eine andere Form des relationalen Lernens ist die episodisch-relationale Enkodierung. Wie in Kapitel 4 der vorliegenden Arbeit bereits erläutert, unterscheiden Engelkamp und Zimmer zwischen episodisch und kategorial relationaler Enkodierung (Engelkamp, 1995, 1997; Engelkamp & Zimmer 1997). Bei der episodisch-relationalen Enkodierung müssen Beziehungen zwischen den Lernitems vom Lernenden beim Enkodieren selbstständig gebildet werden, um einen guten Free Recall zu erzielen z.B. durch die Konstruktion einer Geschichte um diese Items. Hier werden dem Teilnehmer sogenannte unverbundene (unrelatierte) Lernitems präsentiert. Die explizite Instruktion zur Konstruktion einer solchen Geschichte wäre ein Beispiel einer relationalen Orientierungsaufgabe.

Welchen Effekt die Orientierungsaufgaben auf das Erinnern haben, kann man überprüfen, indem man schaut, ob sich die Free Recall- Leistung im Vergleich zu einer Lernaufgabe ohne Orientierung ändert. Daneben können seriale Positionskurven Aufschluss über den Effekt von relationalen und itemspezifischen Orientierungsaufgaben geben. Man schaut dann darauf, ob sich die Form der Kurve im Vergleich zur serialen Positionskurve nach dem Lernen ohne Orientierungsaufgabe verändert.

Eine itemspezifische Orientierungsaufgabe bewirkt die stärkere Verarbeitung von Aspekten eines einzelnen Items und erhöht damit die Diskriminierbarkeit von anderen Items. Das Zustandekommen des Recency-Effektes wird auf die Effektivität der itemspezifischen Verarbeitung zurückgeführt. Die bessere Distinktivität der einzelnen Items ist mit einem positiven Effekt des direkten (automatischen) Zugriffs verbunden. Zimmer, Helstrup und Engelkamp (2000) nennen diesen automatischen Zugriff, wie bereits in Kapitel 4 der vorliegenden Arbeit erläutert, „Pop-out-Mechanismus“. Somit wird der Recency-Effekt durch eine gute itemspezifische Enkodierung erklärt, und entsprechend sollte eine itemspezifische Orientierungsaufgabe zu einem verstärkten Recency-Effekt führen.

Die relationale Orientierungsaufgabe forciert die Verarbeitung von Beziehungen zwischen Items und den zugehörigen Kategorien. Dies betrifft hauptsächlich die Lernstrategie, die beim Enkodieren der Items der Listenmitte angewendet wird.

Wie im Folgenden anhand von Studien zum Effekt der Orientierungsaufgaben dargestellt wird, unterscheidet sich dieser beim rein verbalen Lernen gänzlich von jenem unter Handlungsausführung.

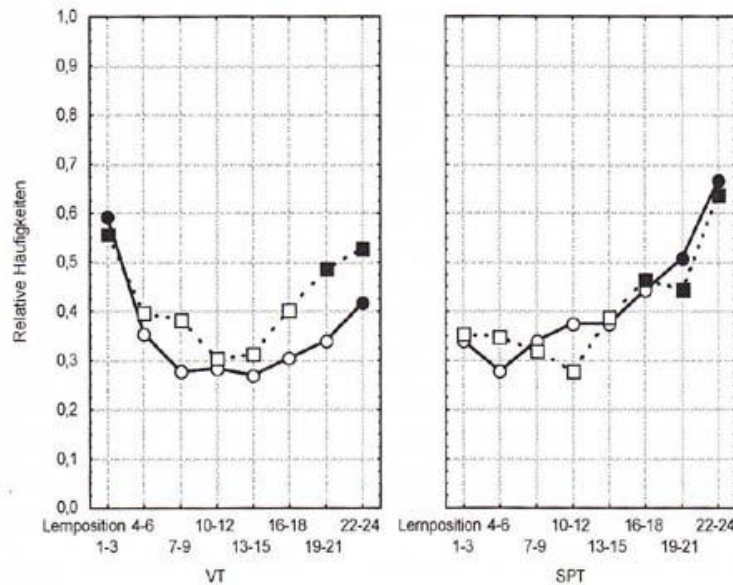


Abbildung 20 (Abbildung aus Seiler, 2003): Seriale Positionscurven nach dem Lernen unter einer relationalen Orientierungsaufgabe dargestellt durch Linien mit Quadraten. Die Linie mit Punkten zeigt die Leistung ohne Orientierungsaufgabe

Zum Effekt des Lernens unter Orientierungsaufgaben auf die Form der serialen Positionscurven fand Seiler (2003), dass diese eher einen Effekt haben beim Lernen unter VT als unter einer Handlungsausführung. Der Recency-Effekt bleibt unter „Tun“ unbeeinflusst. Dagegen hängt die Form der serialen Positionskurve von der Art der Orientierungsaufgabe unter VT ab. So wurde hier bei einer relationalen Orientierungsaufgabe der Abruf derjenigen Items verstärkt, die unmittelbar nach den ersten Items präsentiert wurden (s. Abb. 20). Bei einer itemspezifischen Orientierungsaufgabe unter VT verschwand der Primacy-Effekt hingegen, wobei der Recency-Effekte ausgedehnt wurde (s. Abb. 21). Ähnliches fanden auch Zimmer et al. (2000).

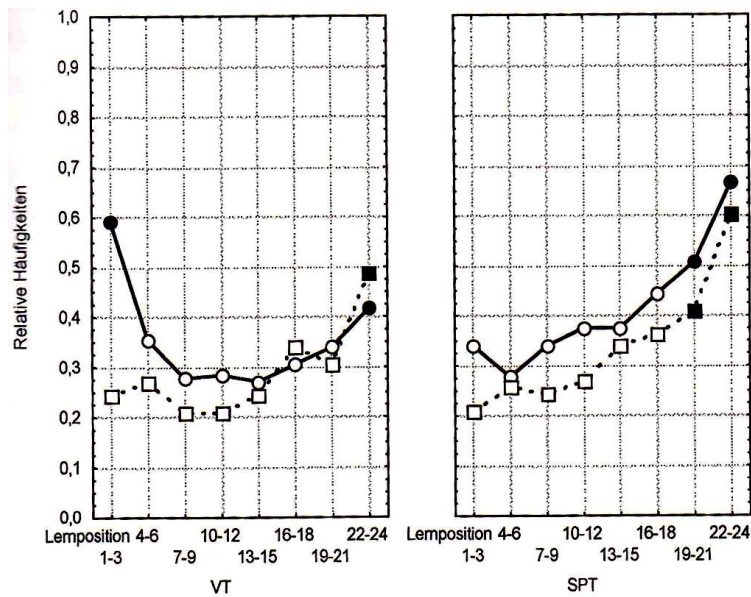


Abbildung 21 (Abbildung aus Seiler, 2003): Seriale Positionskurven nach dem Lernen unter einer itemspezifischen Orientierungsaufgabe, dargestellt durch Linien mit Quadraten. Die Linie mit Punkten zeigt die Leistung ohne Orientierungsaufgabe.

Zusammenfassend kann hierbei festgehalten werden, dass eine Forcierung von relationaler und itemspezifischer Information sich auf die Art bzw. Form des Abrufes und daher auf die Qualität unter einer verbalen Lernbedingung auswirkt, nicht jedoch unter einer Lernbedingung mit Handlungsausführung.

Befunde jüngerer Studien bei Präsentation verbundener Lernitems mit Orientierungsaufgaben zur Behaltensleistung von selbst-ausgeführten Handlungen im Vergleich zum rein verbalen Lernen bei Gesunden (z.B. Engelkamp, Seiler, Zimmer, 2005) ergaben keine verbesserte Free Recall-Leistung nach dem Lernen unter einer relationalen Orientierungsaufgabe im VT. Demgegenüber erhöhte eine itemspezifische Orientierungsaufgabe den Recall von Items nach dem Lernen unter VT im Vergleich zu einer Lernaufgabe ohne Orientierung.

Allerdings zeigen die Befunde auch, dass weder eine Erhöhung der itemspezifischen noch der relationalen Information unter SPT die Leistungen im Free Recall verbessert (Engelkamp, Seiler, Zimmer, 2005; Engelkamp, Mohr & Zimmer, 1991). Mit diesem Befund konform gehen Untersuchungsergebnisse von Seiler (2003), die auch keine höhere Free Recall-Leistung unter SPT beim Lernen mit einer itemspezifischen Orientierungsaufgabe fand.

Als Fazit aus den vielen Befunden zur Wirkung von Orientierungsaufgaben auf Qualität und Quantität der Behaltensleistung bleibt festzuhalten, dass sich diese Enkodier-

hilfe und die Art der Präsentation der Lernliste prinzipiell eher auf das Lernen unter VT auswirkt als unter einer Handlungsbedingung.

Schließlich ist bezüglich des Einflusses der Orientierungsaufgaben auf das Erinnern noch zu betonen, dass diese dem Lernenden nur dann als Enkodierhilfe dienen, wenn er selbst keine oder eine mangelhafte Lernstrategie hat. Bei eigener effizienter Lernstrategie wirken Orientierungsaufgaben hingegen interferierend.

9.1.2 Der Einfluss der Aufmerksamkeit auf das Erinnern

Die Aufmerksamkeitsleistung ist ein wichtiger Aspekt im Rahmen der Gedächtnisforschung im Allgemeinen und bei der Planung einer Handlung und deren Ausführung im Besonderen.

Bezogen auf das Erinnern zielgerichteter Handlungsgedächtnis fanden Engelkamp und Zimmer, dass während der Lernphase die Erinnerungsleistung beim Lernen unter Handlungsausführung (SPT) beeinträchtigt ist, wenn die Aufmerksamkeit geteilt werden muss im Unterschied zum störungsfreien Lernen (Engelkamp und Zimmer, 1996). Allerdings ist zu betonen, dass die Erinnerungsleistung nach dem Lernen unter SPT weniger stark beeinträchtigt ist als bei einer rein verbalen Lernaufgabe mit den Anforderungen geteilter Aufmerksamkeit. Die Autoren erklären das Auftreten von Interferenz in beiden Lernbedingungen damit, dass sowohl das Enkodieren unter VT als auch unter SPT aufmerksamkeitsfordernd ist. Dass die Störung unter VT stärker ausfällt als unter SPT ist damit zu erklären, dass das Lernen unter VT den vermehrten Einsatz von aktivem (strategischem) Enkodieren erfordert, was mit einem größeren Bedarf an Ressourcen einhergeht.

Wenn zu einer aufmerksamkeitsfordernden und damit ressourcenfordernden Lernaufgabe noch zusätzlich eine aufmerksamkeitsfordernde Zweitaufgabe hinzukommt, wirkt sich dies also inhibierend auf das Ausführen der ersten sowie der Zweitaufgabe aus. Bei einer beeinträchtigten Aufmerksamkeitsleistung ist anzunehmen, dass es zu größeren Störungen kommt.

Um die Intaktheit der Aufmerksamkeitsleistung zu überprüfen, können verschiedene Tests eingesetzt werden. In Anlehnung an die Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP) nach Zimmermann & Fimm (1993) und übliche Verfahren in der neuropsychologischen

logischen Diagnostik werden nun einige typische davon vorgestellt. Dies sind Verfahren, die hauptsächlich die zwei Bereiche der fokalen (selektiven) Aufmerksamkeit und der geteilten Aufmerksamkeit erfassen, also die Funktion der Aufmerksamkeitssteuerung mit der Fähigkeit zur Inhibition von Reaktionen messen. Da diese beiden Leistungen bei Wilson-Patienten beeinträchtigt sein könnten, werden diese Verfahren hier ausführlicher vorgestellt.

Im Bereich der Erfassung der selektiven Aufmerksamkeit können zwei Verfahren angewandt werden, die sehr ähnlich sind: Die „Feature“- Aufgabe und die „Flanker“- Aufgabe. Dabei wird die Fähigkeit gemessen irrelevante Reize zu ignorieren. Bei der erstgenannten Aufgabe werden dem Teilnehmer Reize dargeboten (z.B. + und x in roter oder grüner Farbe), die in genau einer Bedingung aus Konjunktion von Farbe und Form (bspw. Farbe grün und Form x) klassifiziert werden müssen, während alle anderen Kombinationen in eine alternative Kategorie fallen (Farbe rot, Form +). Die Reize sind durch eine entsprechende Reaktion (Tastendruck) einzuordnen. Die „Flanker“- Aufgabe funktioniert nach ähnlichem Prinzip, zum Beispiel durch Präsentation der Zeichen + und x wobei hier noch zusätzlich Störreize (ebenfalls aus der Menge x und +) links und rechts neben den Zielreizen in der Mitte eingeblendet werden, die vom Teilnehmer zu ignorieren sind. Die Aufmerksamkeit soll lediglich auf den Zielreiz in der Mitte gerichtet werden und eine entsprechende Reaktion darauf durch Tastendruck erfolgen. Damit wird das Ausmaß der Ablenkbarkeit gemessen. Probanden, die irrelevante Information schlecht ausblenden können, sollten in beiden Aufgaben schlecht abschneiden

Als Beispiel zur Erfassung der geteilten Aufmerksamkeit werden drei Verfahren vorgestellt:

Mit der „Go-no-Go“- Aufgabe, einem Verfahren zur Handlungssteuerung bzw. Handlungskontrolle, wird die Fähigkeit zur Inhibition unerwünschter Verhaltens-tendenzen überprüft. Konkurrierende Reaktionstendenzen sollen unterdrückt werden. Dabei soll ein Verhalten (Tastendruck) nur unter ganz spezifischen Bedingungen z.B. nach Präsentation eines grünen Quadrates ausgeführt werden. Nach der Präsentation eines roten Quadrates darf die eigentlich geplante Reaktion nicht erfolgen.

Die „Simon“-Aufgabe testet die Fähigkeit zur Handlungssteuerung bei Reaktionswechsel und damit der Interferenzneigung bei Reiz-Reaktions-Inkompatibilität. Hiermit wird zugleich das Ausmaß der kognitiven Flexibilität mit der Fähigkeit schnell zwischen 2 verschiedenen Informationsquellen wechseln zu können, gemessen. Es soll ein

ganz bestimmter Tastendruck bei der Darbietung eines Reizes, z. B. ein Pfeil mit Richtung nach rechts, vorgenommen werden. Dabei kann der Reiz an verschiedenen Orten (links oder rechts von der Mitte) auf dem Bildschirm erscheinen. Bei leicht verändertem Aussehen des Reizes (z.B. Pfeil mit Richtung nach links) unter ignorieren an welchem Ort des Bildschirms er erscheint, muss ein anderer Tastendruck vorgenommen werden. Damit wird zugleich eine mögliche Kapazitätsbegrenzung der Aufmerksamkeit erfasst. Der „Simon-Effekt“ bedeutet, dass die Reaktionszeit höher ist bei einer Inkongruenzbedingung (z.B. ein Pfeil, der nach links zeigt und auf der rechten Seite des Bildschirms präsentiert wird) als bei einer Kongruenzbedingung, bei der ein nach links zeigender Pfeil auf der linken Seite des Bildschirms erscheint. Auch ein Beispiel für die nächste Aufgabe erfasst die Interferenzneigung und das Ausmaß der kognitiven Flexibilität.

Bei der „dual task“ ist eine ganz bestimmte Regel zu befolgen, nachdem zwei Reizdarbietungen gleichzeitig beachtet werden müssen. Wird eine ganz bestimmte Konstellation dieser Reizdarbietungen nicht mehr präsentiert, muss eine Invertierung der ursprünglichen Regel vom Teilnehmer vorgenommen werden. Auf die Präsentation ein-es Pfeils mit Richtung nach rechts in der Mitte des Bildschirms soll durch einen Tastendruck reagiert werden, auf die Präsentation eines Pfeils mit Richtung nach links durch einen anderen Tastendruck. Daneben erscheinen Störreize. Bei einer bestimmten Konstellation dieser Störreize muss die ursprüngliche Regel (Taste rechts) der Bedienung der Tasten invertiert werden. Hier wird die Interferenzneigung und das Ausmaß der kognitiven Flexibilität festgestellt. Damit verbunden ist zugleich die Erfassung der Begrenzung der Aufmerksamkeitskapazität.

Nachdem nun zwei Möglichkeiten zur Feststellung einer defizitären Erinnerungsleistung im Free Recall vorgestellt wurden, werden darauf basierende Hypothesen formuliert, die zur Konzeption des anschließenden Experimentes führten.

9.1.3 Formulierung meiner Hypothesen

Falls die Wilson-Patienten ein Defizit beim Initiieren einer relationalen Enkodierstrategie haben, wie aufgrund der bisherigen Untersuchungsbefunde zu vermuten ist, so sollte dieses Defizit bei der Gabe von relationalen Orientierungsaufgaben unter VT in kategorisierten Listen kompensiert werden können. Konkret wäre dann kein signifikan-

ter Unterschied in der Reproduktionsleistung zwischen der gesunden Kontrollgruppe und der Patientengruppe zu erwarten. Die Reproduktionsleistung nach der verbalen Lernbedingung ohne Orientierungsaufgabe dagegen sollte eine signifikant schlechtere Erinnerungsleistung gegenüber der Kontrollgruppe ergeben, korrespondierend zu den Ergebnissen der vorherigen Experimente.

Da aufgrund der Interpretation der Gedächtnisleistungen der vorangegangenen Experimente anzunehmen ist, dass kein Defizit im itemspezifischen Lernen bei der Patientengruppe besteht und die Unterschiede in den Free Recall-Leistungen unter SPT vermutlich auf ein Enkodierdefizit des geringen relationalen Anteils unter SPT zurückgehen, sollte eine relationale Orientierungsaufgabe dieses Strategiedefizit kompensieren können und es ist kein Gruppenunterschied zu erwarten. Nach wie vor sollte aber der Gruppenunterschied im SPT unter einer itemspezifischen Orientierungsaufgabe bestehen bleiben.

Kritisch bleibt schließlich die Vorhersage der Recall-Leistungen im VT unter einer itemspezifischen Orientierungsaufgabe. Engelkamp, Seiler und Zimmer (2005) berichten von einem Anstieg der Recall-Leistung unter einer itemspezifischen Orientierungsaufgabe im Vergleich zur Leistung ohne Orientierungsaufgabe. Also ist zu erwarten, dass die Kontrollgruppe hier sehr gute Recallwerte erzielt bei nach wie vor vorhandener relationaler Enkodierstrategie. Nun sollten unter Zugrundelegung dieser Forschungsergebnisse die Wilson-Patienten ebenso von der itemspezifischen Orientierungsaufgabe profitieren, dies aber auf der Annahme einer fehlenden relationalen Enkodierstrategie. Deshalb sollte die Wilsongruppe nach wie vor schlechtere Recall-Ergebnisse erbringen als die Kontrollgruppe.

Zur Auswirkung der Orientierungsaufgaben auf die Qualität des Abrufes, die über die serialen Positionskurven erfasst wird, ist zu vermuten, dass sich die mangelnde relationale Enkodierung unter VT ohne und VT itemspezifisch wieder in einem starken Leistungseinbruch der Wilson-Patienten beim Recall der Items ab dem 5. Item bis hin zur Listenmitte bemerkbar machen sollte. Ansonsten ist ein prinzipiell ähnlicher Verlauf der serialen Positionskurven bei beiden Teilnehmergruppen zu erwarten.

Tabelle 9: Schematische Darstellung meiner Hypothesen zur Gedächtnisleistung im Free Recall im Falle eines Strategiedefizites:

Orientierung	ohne	itemspezifisch	relational
VT	Wilson < KG	Wilson < KG	Wilson = KG
SPT	Wilson < KG	Wilson < KG	Wilson = KG

Falls der Grund für die defizitäre Behaltensleistung der Patienten in einer beeinträchtigten relationalen Enkodierung aufgrund eines Ressourcenproblems liegt, so sollte sich dies in einer beeinträchtigten Aufmerksamkeitsleistung bemerkbar machen. Im TAP Zimmermann & Fimm (1993) wird die Aufmerksamkeitsleistung durch die beiden Parameter der Reaktionszeit und der Akkuratheit bzw. Sorgfalt der zu bearbeitenden Aufgaben bestimmt. Es sollten sich also bedeutsame Unterschiede in den Bereichen „Reaktionszeit“ und „Sorgfalt“ im Vergleich zu einer Kontrollgruppe in entsprechenden Aufmerksamkeitstestungen ergeben.

Zusammenfassend bestehen also grundsätzlich zwei Erklärungsansätze für die in den vorhergehenden Experimenten gefundenen defizitären Leistungen im Free Recall bei den Wilson-Patienten. Der erste Ansatz besteht in der Vermutung, dass die Patienten Schwierigkeiten beim Initiieren einer relationalen Enkodierstrategie haben. Falls diese Vermutung zutreffen sollte, so sollte dieses Defizit durch eine Hilfestellung in Form von Orientierungsaufgaben kompensiert werden können.

Falls die Patienten aber ein Ressourcenproblem haben, dann sollten die Orientierungsaufgaben nicht hilfreich sein und die defizitäre Free Recall-Leistung nicht kompensieren können. In dem Fall sollten dann die Testungen zur Aufmerksamkeitsleistung auffällige Befunde ergeben.

9.2 Experiment

9.2.1. Methode

9.2.1.1 Versuchsteilnehmer

Die Rekrutierung der Morbus Wilson- Patienten sowie das Anamnese-Prozedere entsprach dem der beiden vorigen Experimente. Die Anzahl der Patienten sowie der gesunden Vergleichsgruppe betrug hier jeweils 18. Der Altersdurchschnitt der Patientengruppe lag bei 39,6 Jahren, jener der Kontrollgruppe bei 40,1 Jahren. Die Patientengruppe setzte sich zusammen aus 13 Frauen und 5 Männern, darunter 3 Akademiker, 7 mit allgemeiner Hochschulreife, 4 mit Realschulabschluss, drei mit Hauptschulabschluss und einer Gymnasiastin. Die Kontrollgruppe bestand aus 12 Frauen und 6 Männern. Darunter waren 3 Akademiker, 8 Teilnehmer mit Abitur und 7 mit Realschul- bzw. Hauptschulabschluss. Die durchschnittliche Behandlungszeit der Patientengruppe betrug 13,9 Jahre. In dieser Gruppe waren 8 Patienten mit der neurologischen Form der Erkrankung und 10 mit der hepatischen Form.

9.2.1.2 Design

Dem Experiment lag ein 2x2x3- mixed- Design zugrunde mit der Teilnehmergruppe als 2-fach gestuftem Faktor (Wilson-Patienten und gesunde Kontrollgruppe), der Lernbedingung, ebenfalls 2-fach gestuft (VT und SPT) sowie der Art der Orientierungsaufgabe (ohne, relational, itemspezifisch). Dieser Faktor war 3-fach gestuft.

9.2.1.3 Material

Als Lernmaterial wurden Listen mit Handlungen zusammengestellt, die 4 Kategorien zugeordnet werden konnten. Diese Handlungen waren jeweils typisch für eine dieser Kategorien. Insgesamt enthielt jede Lernliste 24 Handlungssitems, wobei jeweils 6 dieser Items typisch waren für eine Kategorie (z.B. „den Rasen mähen“ als zugehöriges Handlungssitem zur Kategorie „Garten“). Die Teilnehmer bekamen 6 dieser Listen, davon 3 unter einer verbalen Lernaufgabe (VT) und 3 unter einer Lernaufgabe mit Handlungsbedingung (SPT). Innerhalb jeder Lernbedingung gab es 2 Listen, die mit einer Orientierungsaufgabe verbunden waren, eine Liste enthielt eine itemspezifische Orientie-

rungsaufgabe, die andere eine relationale Orientierungsaufgabe. Bei der itemspezifischen Orientierungsaufgabe sollten die Teilnehmer jede ihnen präsentierte Handlung auf einer 4-stufigen Skala zuordnen hinsichtlich der Häufigkeit mit der diese Handlung ausgeführt wird (nie- selten- oft- sehr häufig). Die relationale Orientierung bestand darin, die Handlungen in eine von 4 Kategorien (Bad, Küche, Garten, Büro bzw. Wohnzimmer) zuzuordnen. Die Vermutung, dass die Aufmerksamkeitsleistung bei den Patienten beeinträchtigt ist, wurde nach dem Lernexperiment gesondert überprüft.

9.2.1.4 Vorgehen

Die Teilnehmer wurden darüber informiert, dass sie die Aufgabe hatten, 6 Listen mit kurzen Handlungssätzen, die aus 24 alltäglichen Handlungen bestanden, zu lesen und zu behalten. Die Handlungssätze wurden auf dem Computer präsentiert. Dabei wurde jeder einzelne Handlungssatz 8 Sekunden lang dargeboten. Jeweils 1 Sekunde später erschien für 500 msec. ein visueller Signalreiz, der die nächste zu lernende Handlung ankündigte.

Dabei unterlag jede Liste unterschiedlichen Lernbedingungen: 3 dieser Listen bestanden aus einer rein verbalen Lernaufgabe, d.h. die Teilnehmer sollten sich die Handlungssätze durchlesen und merken. Innerhalb dieser verbalen Lernbedingung gab es wiederum eine Lernliste, bei der die Teilnehmer die dargebotenen Sätze in 4 Kategorien Bad- Küche- Büro bzw. Wohnzimmer- Garten einordnen sollten. Diese Kategorien wurden auf dem Bildschirm unter dem zu lernenden Satz dargeboten. Die Einordnung erfolgte durch einen der gewählten Kategorie entsprechenden Tastendruck auf dem Computer. Dabei war die Einordnung der Kategorie „Bad“ mit der Taste 1 zuzuordnen, jene der Kategorie „Küche“ mit der Taste 2 usw. Dies war die sogenannte „relationale Orientierungsaufgabe“. Bei einer anderen Lernliste sollten die Teilnehmer wiederum eine unter jeder präsentierten Handlung stehende Einteilung vornehmen und dazu erneut, je nach ihrer Einschätzung der Häufigkeit mit der die dargebotene Handlung in der Regel allgemein ausgeführt wird, die Tasten 1, 2, 3 oder 4 drücken. Dies entsprach der „itemspezifischen Orientierungsaufgabe“.

Die dritte Lernliste war ohne jegliche weitere Aufgabe außer des reinen Lesens und Behaltens zu bearbeiten. Das selbe Vorgehen wie unter der verbalen Bedingung (VT) sollte unter einer Handlungsbedingung (SPT) durchgeführt werden. Dabei waren alle drei zu lernenden Handlungslisten jeweils beim Lernen mit einer symbolischen Durch-

führung der dargebotenen Handlung durch den Teilnehmer verbunden. Die Reihenfolge der Bedingungen war ausbalanciert. Nach jeder Lernliste sollten die Teilnehmer innerhalb von 3 Minuten sagen, welche Handlungssätze sie behalten hatten (Free Recall). Danach erfolgte die Aufmerksamkeitstestung.

Die Vermutung, dass die Aufmerksamkeitsleistung bei den Patienten beeinträchtigt ist, wurde nach dem Lernexperiment gesondert überprüft. Um die Güte der Aufmerksamkeitsleistung zu messen wurden 5 Aufgaben konzipiert, die am Computer zusammen mit der jeweiligen Instruktion dargeboten wurden. Die Teilnehmer wurden allgemein instruiert, die zu erledigenden Aufgaben so schnell und akkurat wie möglich am Computer zu bearbeiten.

Bei der „Feature- Aufgabe“ bekamen die Teilnehmer in zufälliger Abfolge die Zeichen x und + für 300 msec präsentiert. Diese konnten in roter oder grüner Farbe erscheinen. Alle x sollten mit der Taste „D“ beantwortet werden, unabhängig von deren Farbe. Auf das + sollte mit der Taste „L“ geantwortet werden, aber nur dann, wenn es grün war (Konjunktion), war es rot sollte die Taste „D“ gedrückt werden. Dazu hatten sie 1000 msec Zeit. Die Zeit zwischen den Präsentationen der einzelnen Stimuli nach der Reaktion betrug 1500 msec. Insgesamt wurden 48 Aufgaben präsentiert. 24 Zeichen waren ein grünes +. Sie mussten mit dem Tastendruck „L“ beantwortet werden. Dies ist die dominante Antwort. 16 Mal kam das Zeichen x (je 8 rote und 8 grüne), die alle mit „D“ zu beantworten waren. Zusätzlich gab es 8 + Zeichen in rot, auf die ebenfalls mit „D“ reagiert werden sollte. Dies sind quasi Response inkongruente Reize, da sie nicht mit der dominanten Reaktion beantwortet werden sollten.

Für die Bearbeitung der „Flanker- Aufgabe“ bekamen die Teilnehmer in der Mitte des Bildschirms die Zeichen + und x 3000msec lang präsentiert. Bei einem + sollte der Buchstabe „L“ gedrückt werden, bei einem x der Buchstabe „D“. Gleichzeitig erschienen rechts und links neben dem Zielreiz ebenfalls + oder x. Diese Zeichen sollten ignoriert werden. Es war also einzig und allein auf das Zeichen in der Mitte zu reagieren. Das Reaktionsfenster betrug 750 msec. Die Zeit zwischen den Präsentationen der einzelnen Stimuli nach der Reaktion betrug 700 msec. Insgesamt sollten 48 Durchgänge bearbeitet werden, davon 24 ohne Stimuli neben den Zielreizen, 12 mit den zu den Zielreizen gleichen (kongruenten) Zeichen und 12 mit zum Zielreiz ungleichen (inkongruenten) Reizen.

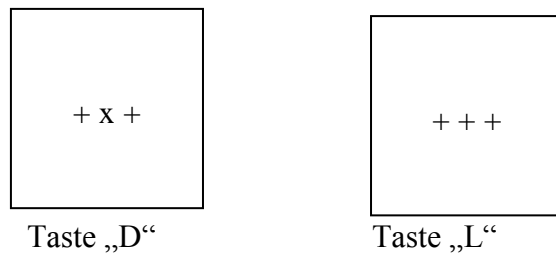


Abbildung 22: Schematische Darstellung der „Flanker- Aufgabe.“

Bei der „Go-no-Go“- Aufgabe waren Vergleichsaufgaben von Form (Quadrat oder Raute) und Farbe (rot oder grün) eines dargebotenen Items und eine Reaktion darauf durch Tastendruck vorzunehmen. Bei einem Quadrat sollte die Taste „L“, bei einer Raute die Taste „D“ gedrückt werden. Die Figuren wurden in rot oder grün dargeboten. Bei allen grünen Figuren sollte reagiert werden, bei einer roten Figur durfte nicht reagiert werden. Es gab 40 Durchgänge, davon 30, auf die mit „Go“ zu reagieren war, darunter jeweils 15 mit einem grünen Quadrat und einer grünen Raute.

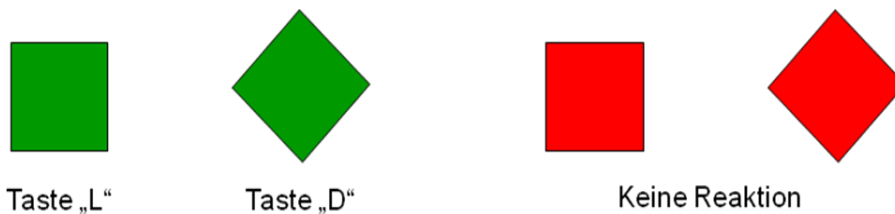


Abbildung 23: Schematische Darstellung der „Go-no-Go“- Aufgabe. Links ist die Zuordnung der Go-Bedingung dargestellt, rechts die beiden no-go-Bedingungen.

Zur Durchführung der „Simon“- Aufgabe wurden auf dem Bildschirm links oder rechts von der Mitte Pfeile präsentiert, die nach links oder rechts zeigten. Bei einem Pfeil, der nach links zeigte, sollte die Taste „D“, bei einem Pfeil nach rechts die Taste „L“ gedrückt werden. Dabei war zu ignorieren, wo der Pfeil auf dem Bildschirm erschien. Hier wurden 72 Durchgänge präsentiert davon insgesamt 48 mit Pfeilpräsentationen links und rechts auf dem Bildschirm zu gleichen Anteilen jeweils kongruent und kongruent zur Pfeilrichtung und 24 Durchgänge, in denen der Pfeil in der Mitte des

Bildschirms erschien mit Richtung nach links und nach rechts, ebenfalls in gleichen Anteilen.

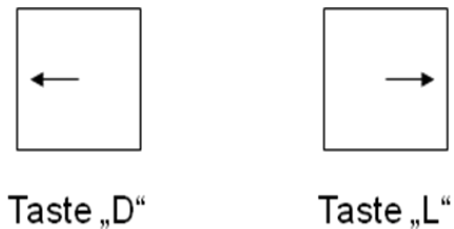


Abbildung 24: Schematische Darstellung der „Simon“- Aufgabe. Links ist eine kongruente Bedingung dargestellt, rechts eine inkongruente Bedingung.

Bei der „Dual-Task“ war gleichzeitig die Aufgabe des Erkennens und Durchführens einer Invertierung vorgegebener Regeln zu erfüllen. In der Mitte des Schirms wurden 500 msec lang graue Pfeile präsentiert, die nach links oder rechts zeigten. Gleichzeitig waren rechts und links davon Quadrate oder Rauten in grün oder rot zu sehen. Die Teilnehmer sollten die Taste „L“ für einen Pfeil nach rechts und die Taste „D“ für einen Pfeil nach links drücken. Diese Zuordnung war nur vorzunehmen, wenn nur Pfeile zu sehen waren oder wenn die zusätzlich eingeblendeten Symbole gleich waren. Bei ungleichen Symbolen mussten bei einem Pfeil nach rechts die linke Taste „D“ und für einen Pfeil nach links die rechte Taste „L“ gedrückt werden. Das bedeutete, dass in diesem Fall die Regel invertiert werden sollte. Die Reaktionsmöglichkeit betrug 1500 msec, die Zeit zwischen den Präsentationen der einzelnen Stimuli nach der Reaktion 1500 msec. Die Teilnehmer bekamen insgesamt 72 Durchgänge präsentiert davon je 12 ohne zusätzlich eingeblendete Symbole rechts und links, 24 eingeblendete Symbole, die gleich waren und 24 ungleiche Symbole.

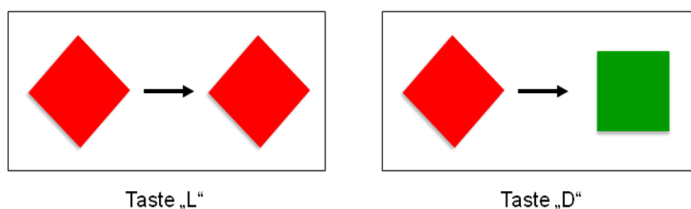


Abbildung 25: Schematische Darstellung zweier Bedingungen der „Dual Task“. In beiden Fällen sind Zusatzreize zu sehen. Links ist keine Antwortänderung notwendig, rechts sind die Antworten zu spiegeln.

9.2.2 Ergebnisse und Diskussion des Lernexperimentes

9.2.2.1 Ergebnisse im Free Recall

Wie in den beiden Experimenten zuvor, wurden diejenigen Handlungsphrasen als korrekt gewertet, die von den Teilnehmern vollständig wiedergegeben wurden. Die Abbildung 26 zeigt die graphische Darstellung der Leistungen unter den Bedingungen VT und SPT und den einzelnen Orientierungsaufgaben.

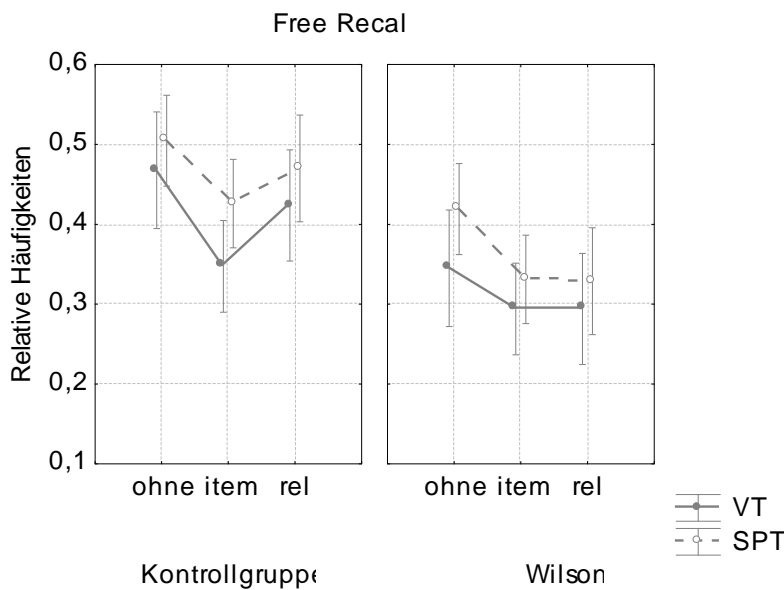


Abbildung 26: Graphische Darstellung der Auswertung der Ergebnisse der Varianzanalyse im Free Recall des Experimentes Wilson 3. Die Whiskers geben die Konfidenzintervalle an

Die Ergebnisse der Erinnerungsleistung der Teilnehmer zeigten einen hochsignifikanten Haupteffekt bezüglich des Faktors Status, $F(1,34) = 13,22$, $MSE = .59$, $p < .001$, einen signifikanten Effekt des Faktors Lernbedingung, $F(1,34) = 8,63$, $MSE = .14$, $p < .01$, und einen hochsignifikanten Haupteffekt des Faktors Orientierungsaufgabe, $F(2, 68) = 10,84$, $MSE = .14$, $p < .001$. Die Wechselwirkung zwischen den Faktoren Orientierungsaufgabe und Status wurde nicht signifikant, $F(2, 68) = 1,39$, $MSE = .02$, $p = .27$, ebenso wenig die Interaktion zwischen Status und Lernbedingung, $F(1, 34) = .16$, $MSE = .007$, $p = .50$. Die mittleren Erinnerungsleistungen sind in Tabelle 10 aufgeführt.

Tabelle 10: Mittlere Reproduktionsleistungen der Wilson-Patientengruppe und der Kontrollgruppe in der verbalen Enkodierbedingung (VT) und der Handlungsbedingung (SPT) unter den einzelnen Orientierungsaufgaben (Standardabweichungen in Klammern).

Orientierung	Wilson-Patienten		Kontrollgruppe	
	VT	SPT	VT	SPT
ohne	.34 (.14)	.42 (.11)	.47 (.17)	.50 (.13)
itemspezifisch	.29 (.12)	.33 (.12)	.35 (.12)	.43(.13)
relational	.29 (.12)	.33 (.14)	.42 (.17)	.47 (.14)

Bei Betrachtung der Ergebnisse des Lernexperimentes allgemein ist zunächst einmal festzustellen, dass die Wilson-Patientengruppe im Vergleich zur gesunden Kontrollgruppe eine schlechtere Gedächtnisleistung aufwies, und auch der Handlungsvorteil war bei beiden Teilnehmergruppen gegeben. Dieser Befund entspricht jenem der vorhergehenden Lernexperimente (vgl. Kapitel 7 und Kapitel 8). Die beiden Orientierungsaufgaben führten in beiden Teilnehmergruppen gleichermaßen zu einer Verschlechterung der Erinnerungsleistung, sowohl unter SPT wie unter VT. Die detailliertere Datenanalyse über eine Kontrastierung der drei Stufen des Faktors Orientierungsaufgabe ergab, dass die Erinnerungsleistungen unter den beiden aktiven Orientierungsbedingungen (der relationalen und der itemspezifischen Manipulation) sich nicht signifikant voneinander unterschieden, $F(1,34) = 3.15$, $MSE = .03$, $p = .085$. Demgegenüber gab es bedeutsame Unterschiede im Vergleich zur Bedingung ohne Orientierungsaufgabe sowohl für die itemspezifische Orientierungsaufgabe, $F(1,34) = 16,5$, $MSE = .03$, $p < .001$, als für die relationale Orientierungsaufgabe, $F(1,34) = 9,8$, $MSE = .01$, $p < .01$.

9.2.2.2 Seriale Positionskurven

Die serialen Positionskurven sind in den Abbildungen 27 und 28 unter den Lernbedingungen VT und SPT und den jeweiligen Orientierungsbedingungen (ohne, itemspezifisch, relational) graphisch dargestellt.

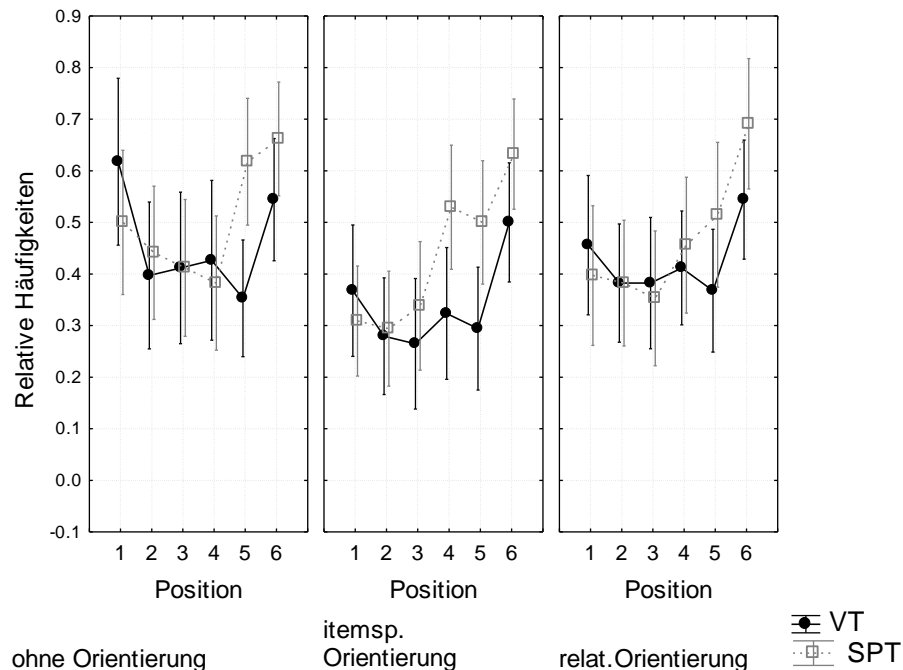


Abbildung 27: Seriale Positionskurven der Kontrollgruppe in Abhängigkeit von der Lernbedingung und der Orientierungsbedingung. Die Whiskers geben Konfidenzintervalle an.

Bei der Analyse und der Darstellung der serialen Position wurden wegen der besseren Übersichtlichkeit die 24 Lernitems in 6 Positionen zu je 4 Items zusammengefasst. Das Ergebnis der varianzanalytischen Auswertung der serialen Positionen mittels einer 2x2x3x6 Varianzanalyse, die aus den jeweils 2-fach gestuften Faktoren Krankenstatus (Patienten/ Kontrollgruppe) und Lernbedingung (VT/SPT), aus dem 3-fach gestuften Faktor Orientierungsaufgabe (ohne/ itemspezifisch/ relational) sowie dem 6-fach gestuften Faktor Lernposition bestand, ergab neben den bereits berichteten signifikanten Haupteffekten Krankenstatus, Lernbedingung, und Orientierungsaufgabe, den signifikanten Faktor Position, $F(5,165) = 30.72$, $MSE = 1.72$, $p < .001$. Die Interaktion zwischen der Lernbedingung und der Position, $F(5,165) = 5.74$, $MSE = .33$, $p < .001$ wurde signifikant sowie jene zwischen Orientierungsaufgabe und Position, $F(10,330) = 2.73$, $MSE = .14$, $p < .01$. Alle anderen Interaktionen wurden nicht signifikant.

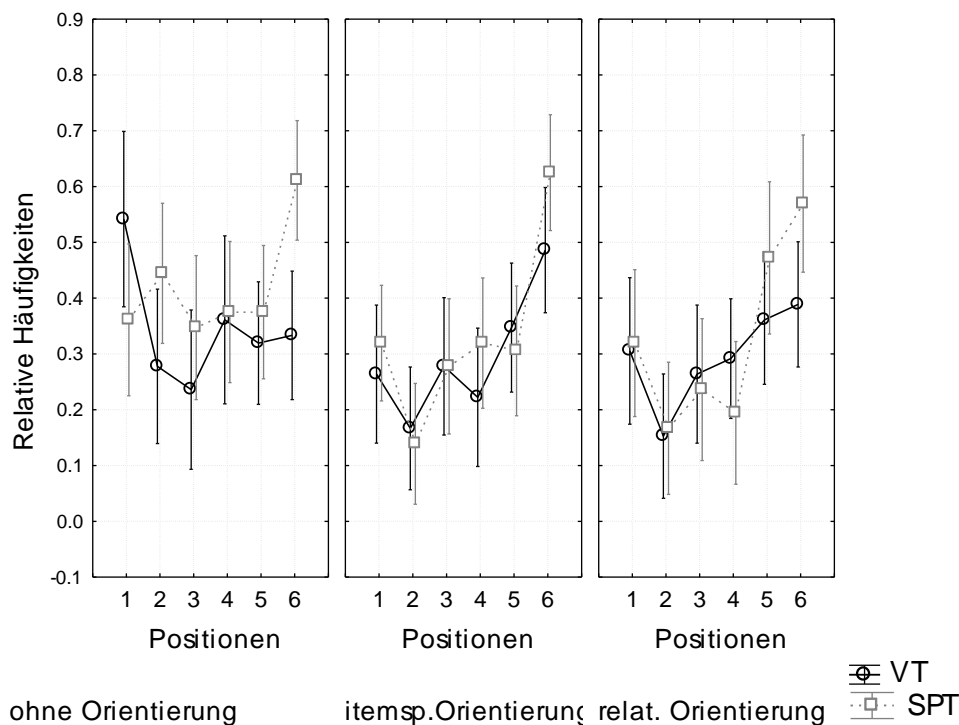


Abbildung 28: Seriale Positionskurven der Wilson-Patienten in Abhängigkeit von der Lernbedingung und der Orientierungsbedingung. Die Whiskers geben Konfidenzintervalle an.

Bei Betrachtung der Grafiken fällt auf, dass die Orientierungsaufgaben hauptsächlich zu Beginn der Lernliste ihre (interferierende) Wirkung zeigen, während der Abruf der Items der Listenmitte eher weitestgehend unbeeinflusst bleibt. Um diesen Effekt deutlicher zu machen und darzustellen, wurden die Daten erneut jeweils einer Varianzanalyse unterzogen. Dabei gingen in die eine Analyse nur die Lernpositionen 1 und 2, die Lernbedingung und die Orientierungsaufgaben mit ein, in die nachfolgende Analyse nur die Lernpositionen ab Listenmitte sowie die Orientierungsaufgaben und die Lernbedingung. Da zudem die beiden Faktoren Position und Orientierungsaufgabe keine differentiellen Effekte auf die Teilnehmergruppen hatten, wurden diese auch nicht differentiell in der Analyse berücksichtigt.

Die Datenanalyse mittels einer 2 (Lernbedingung VT vs SPT) x 2 (Lernpositionen) x 3 (Orientierungsaufgaben)- ANOVA ergab die signifikanten Faktoren Orientierungsaufgabe, $F(2,68) = 15.85$, $MSE = 1.21$, $p < .001$ und Position, $F(1,34) = 17.01$, $MSE = 1.13$, $p < .001$. Der Faktor Lernbedingung wurde nicht signifikant,

$F(1,34) = .18$, $MSE = .01$, $p = .67$. Auch die Wechselwirkungen zwischen Position und Orientierungsaufgabe wurden nicht signifikant, $F(2,68) = .08$, $MSE = .003$, $p = .92$. Ebenso wenig die Wechselwirkungen zwischen der Lernbedingung und der Orientierungsaufgabe, $F(2,68) = .051$, $MSE = .003$, $p = .95$, und der Lernbedingung und der Position, $F(2,34) = 4.1$, $MSE = .23$, $p = .051$. Die Dreifachwechselwirkung zwischen Lernbedingung, Orientierungsaufgabe und Position erreichte auch nicht das Signifikanzniveau, $F(2,68) = 2.99$, $MSE = .18$, $p = .062$.

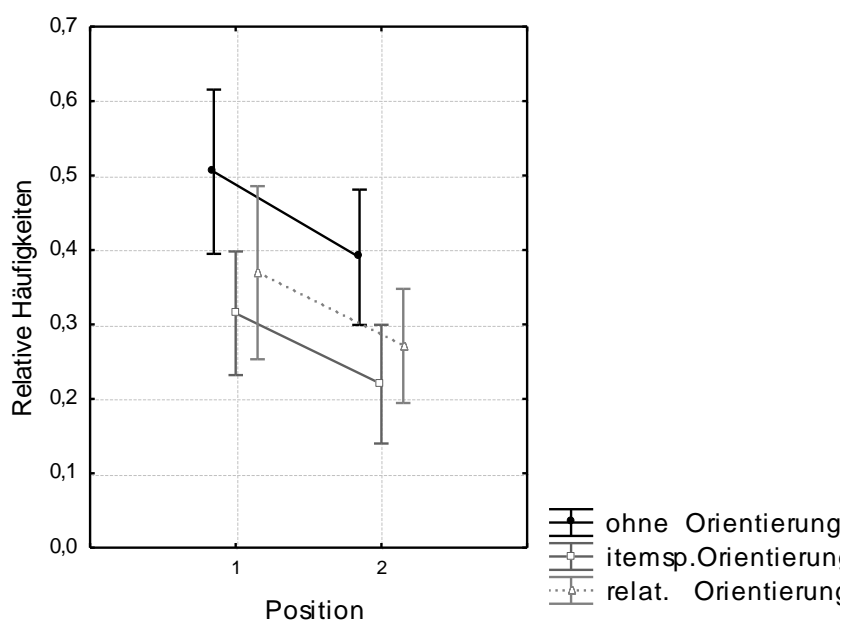


Abbildung 29: Seriale Positionskurven in Abhängigkeit von der Orientierungsaufgabe und der Position. Die Whiskers geben Konfidenzintervalle an.

Die Abbildung 29 zeigt den typischen Primacy-Effekt unter allen Enkodierbedingungen und einen raschen Abfall der Recall-Leistungen ab dem 5. Lernitem (Position 2). Dabei ist der Leistungsabfall unter den Orientierungsaufgaben stärker als bei der Lernbedingung ohne Enkodiermanipulation. Der Faktor Lernbedingung wurde wegen der besseren Übersichtlichkeit nicht dargestellt. Eine ANOVA, die nur die Positionen 3-6 und die Orientierungsaufgaben sowie die Lernbedingung mit einbezieht, 2 (Lernbedingung VT vs SPT) x 3 (Orientierungsaufgaben) x 4 (Lernpositionen), ergab nur den signifikanten Faktor Position, $F(3,102) = 38.11$, $MSE = 2.15$, $p < .001$ und Lernbedingung, $F(1,34) = 17.04$, $MSE = 1.56$, $p < .001$. Der Faktor Orientierungsaufgabe wurde nicht signifikant, $F(2,68) = 1.04$, $MSE = .07$, $p = .36$. Zudem gab es eine signifikante Wechselwirkung

zwischen dem Faktor Lernbedingung und Position, $F(3,102) = 4.47$, $MSE = 2.53$, $p < .01$.

Die Ergebnisse dieser Datenanalyse sind in Abbildung 30 veranschaulicht. Auf die Darstellung des Faktors Lernbedingung wurde auch der besseren Übersichtlichkeit halber verzichtet. Dass die Erinnerungsleistung unter der Handlungsbedingung signifikant besser ist als unter der verbalen Bedingung, dass weiterhin der SPT- Effekt sich hauptsächlich ab der Listenmitte zeigt ist als zentraler Gegenstand der vorliegenden Arbeit bereits mehrfach diskutiert worden. Deshalb soll an dieser Stelle auch nicht näher darauf eingegangen werden. Primäres Ziel dieser Datenanalyse und der grafischen Darstellung war es, deutlich zu machen, wo genau die Orientierungsaufgaben Lernprozesse beeinflussen. Hier zeigt sich sehr deutlich, dass die Lernmanipulation offenbar keine bedeutsame Wirkung auf die Lernitems ab der Listenmitte hat.

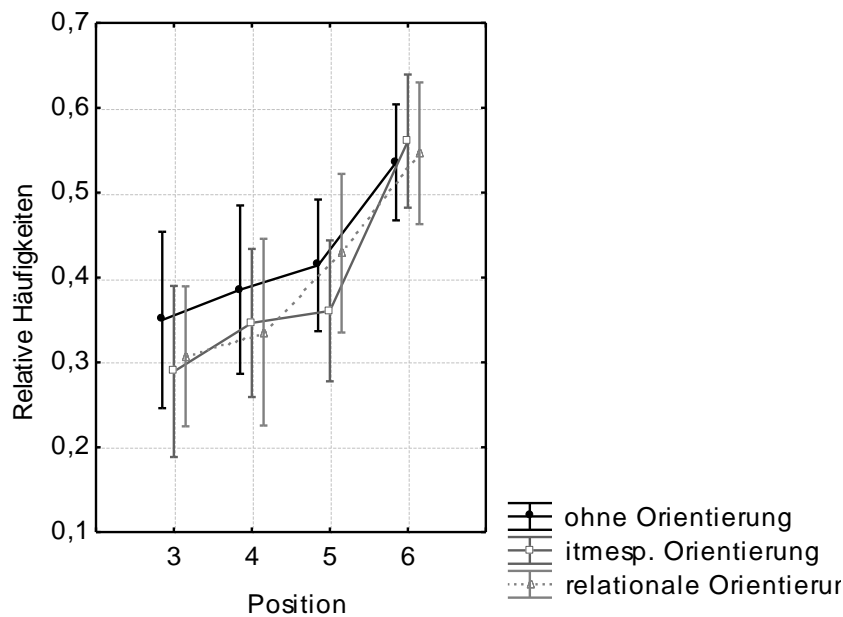


Abbildung 30: Seriale Positionskurven in Abhängigkeit von der Position. Die Whiskers geben Konfidenzintervalle an.

9.2.3 Diskussion

Die Ergebnisse aus dem Lernexperiment, betrachtet man nur die Recall- Leistungen unter der Bedingung ohne Orientierung, entsprechen weitestgehend jenen der voran-

gegangenen Studien der vorliegenden Arbeit. Sie lassen wieder plausibel vermuten, dass bei gegebenem Handlungseffekt, die Verarbeitung relationaler Information bei den Wilson-Patienten beeinträchtigt ist. Die Überlegungen, mit den Orientierungsaufgaben eine Hilfestellung zu geben und den Erwartungen damit das Defizit im Vergleich zur Kontrollgruppe kompensieren zu können, konnten nicht erfüllt werden. Das Gegenteil war der Fall: Die Orientierungsaufgaben hatten interferierende Wirkung. Zudem konnten die aufgestellten Hypothesen, dass die Abrufleistung der Wilson-Patienten unter der relationalen Orientierungsaufgabe sowohl im VT als auch im SPT gleich jenen der Kontrollgruppe sein sollten, nicht bestätigt werden. Dass die Orientierungsaufgaben nicht nur in der Patientengruppe interferierend wirkten, sondern auch den Abruf der Kontrollgruppe störten, überrascht sehr und widerspricht früheren Befunden aus der Literatur (Engelkamp et al., 2005, Zimmer et al., 2000). Hier wird berichtet, dass es zu keinen Verschlechterungen der Behaltensleistung kommt und die Orientierungsaufgaben sich insgesamt eher auf die Abrufleistung unter VT auswirken. Die Leistungen unter Handlungsausführung bleiben demnach unberührt. Dagegen geht der Befund der vorliegenden Untersuchung des Ausbleibens des Primacy-Effektes im VT unter dem Orientierungslernen konform mit jenen aus der Literatur. Dass sich aber insgesamt Interferenzen im vorliegenden 3. Experiment ergaben, muss unter Einbeziehung differenzierter Betrachtung der Positionen, in der diese Interferenzen auftreten, erklärt werden. Bei Betrachtung der Abbildung 29 wird deutlich, dass die Orientierungsaufgaben vornehmlich zu Beginn der Lernliste störend wirken. Das lässt den Schluß zu, dass die Einführung dieser Zusatzaufgabe beim Lernen zunächst irritierend auf die Teilnehmer wirkte. Die gesamte Lernaufgabe kam jetzt einer Art „dual task“ gleich. Das Item der Liste musste jetzt nämlich gelernt und zugleich beurteilt werden. Im Laufe der Liste, gegen Ende hin, trat eine gewisse Vertrautheit mit dieser Aufgabe ein, so dass diese Irritationen verschwanden. Dies zeigte sich, zumindest in der Kontrollgruppe, in einem Anstieg der Erinnerungsleistung. Der Recency-Effekt war bei allen Teilnehmergruppen sowohl unter VT als auch unter SPT unter dem Orientierungslernen zu finden.

Da die Orientierungsaufgaben nicht die erhoffte Verbesserung der Gedächtnisleistung erbracht haben, bleibt weiterhin die Frage offen, was die Erinnerungsleistungen der Wilson-Patienten beeinträchtigt hat. Ein ausgesprochenes Strategiedefizit scheint eher nicht zu bestehen, da die Orientierungsaufgaben in beiden Gruppen ähnlich wirkten. Es bleibt zu fragen, ob es Unterschiede in den Aufmerksamkeitsleistungen zwi-

schen den Patienten und den gesunden Probanden gibt, die diese Unterschiede erklären könnten. Dazu sollen im folgenden Abschnitt die Ergebnisse der Aufmerksamkeitstests analysiert werden.

9.3 Ergebnisse der Aufmerksamkeitstestung

Bei der Auswertung der Tests wurden die Daten einiger Teilnehmer, sowohl aus der Gruppe der Patienten als auch aus der Kontrollgruppe, nicht berücksichtigt, da die Testergebnisse wegen zahlreicher Time-outs nicht interpretierbar waren. Insbesondere lassen bei der „Dual-Task“ die Ergebnisse vermuten, dass die Instruktion dieses Tests von einigen Patienten nicht verstanden wurde. Deshalb wurden auch deren Daten nicht berücksichtigt.

Bei der Durchführung einer 2x3- ANOVA mit der abhängigen Variablen „Akkuratheit“ zeigten sich bei der Feature-Aufgabe weder signifikante Unterschiede zwischen den Teilnehmergruppen, $F(1,31) = .38$, $MSE = .075$, $p = .54$, noch hinsichtlich der unterschiedlichen Stimulistufen, $F(2,62) = .68$, $MSE = .03$, $p = .51$. Zudem gab es keine Wechselwirkung zwischen dem Statusfaktor und dem Stimulusfaktor $F(2,62) = .026$, $MSE = .001$, $p = .97$.

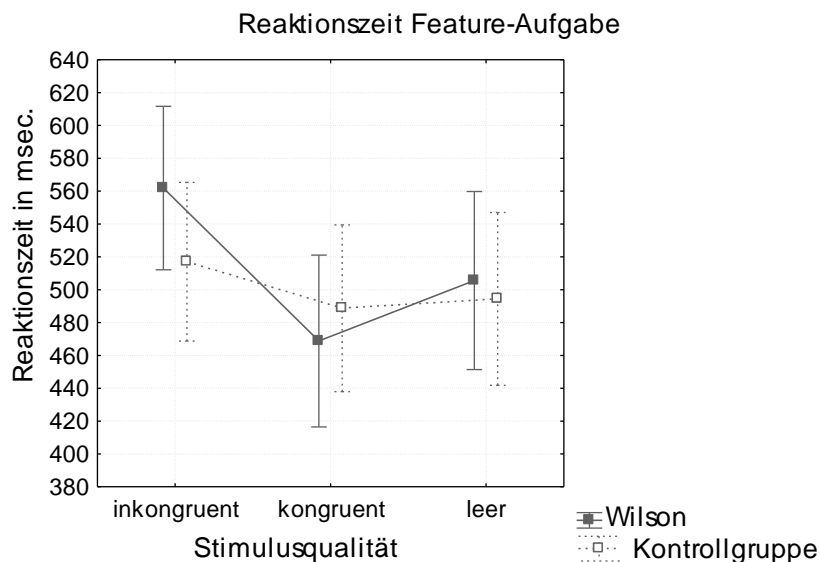


Abbildung 31: Graphische Darstellung der Daten nach erfolgter Varianzanalyse der Variablen „Reaktionszeit“ der „Feature“ Aufmerksamkeitsaufgabe in Abhängigkeit der Stimulusqualität. Die Whiskers geben Konfidenzintervalle an.

Die 2x3- ANOVA für die abhängige Variable „Reaktionszeit“ wies signifikante Unterschiede in den verschiedenen Stufen der Stimuli auf, $F(2,62) = 7.99$, $MSE = 31278$, $p < .001$. Die Teilnehmergruppen unterschieden sich nicht, $F(1,31) = .152$, $MSE = 3584$, $p = .67$.

Dabei unterschieden sich die Reaktionszeiten der Stimulustufen inkongruent und kongruent $F(1,31) = 14.20$, $MSE = 60726$, $p < .001$, sowie inkongruent und neu $F(1,31) = 10.64$, $MSE = 25679.06$, $p < .01$ signifikant voneinander.

Die Reaktionszeiten der Stufen kongruenter Stimulus und neutral unterschieden sich nicht signifikant, $F(1,31) = 1.47$, $MSE = 7427.16$, $p = .23$.

Die Durchführung je einer 2x3-ANOVA der „Flanker-Aufgabe“ mit dem Faktor „Status“ (Patienten, Kontrollgruppe) und dem dreifach gestuften Faktor „Stimulusqualität“ (kongruent, inkongruent, leer) für die abhängigen Variablen „Reaktionszeit“ und „Akkuratheit“ ergaben für die Variable „Akkuratheit“ keine signifikanten Leistungsunterschiede weder hinsichtlich des Status-Faktors $F(1,31) = 2.02$ $MSE = .37$, $p = .17$ noch der unterschiedlichen Stimulusqualität., $F(2,62) = .04$, $MSE = .000014$, $p = .96$. Ebenso wenig gab es signifikante Ergebnisse in bezug auf die Reaktionszeit weder für den Status-Faktor, $F(1,31) = .034$, $MSE = 1685$, $p = .85$, noch für die Stimulusqualität, $F(2,62) = .86$, $MSE = 2584$, $p = .43$.

Bei Durchführung einer 2x2-ANOVA der „Go-No-Go“-Aufgabe mit der abhängigen Variablen „Akkuratheit“ ergaben sich keine signifikanten Unterschiede, weder bezüglich der Teilnehmergruppen, $F(1,28) = 1.29$, $MSE = .10$, $p > .27$, noch der Stimulusqualität, $F(1,28) = 2.80$, $MSE = .15$, $p > .11$, noch einer mögliche Wechselwirkung zwischen der Art des Stimulus und der Teilnehmergruppe, $F(1,28) = .03$ $MSE = .002$, $p = .87$.

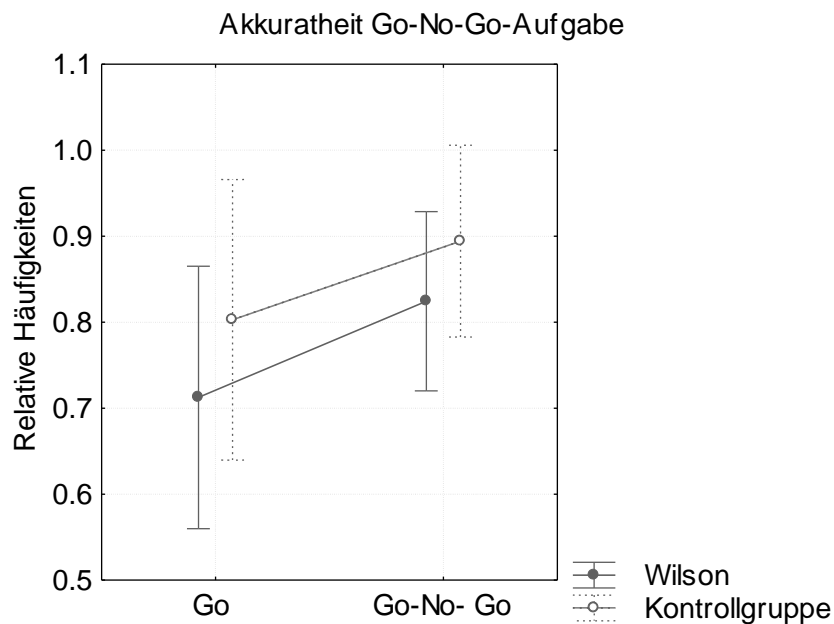


Abbildung 32: Graphische Darstellung der Daten nach erfolgter Varianzanalyse der Variablen „Akkuratheit“ der Aufmerksamkeitsaufgabe „Go-No-Go“ in Abhängigkeit der Stimulusqualität. Die Whiskers geben Konfidenzintervalle an.

Die 2 (Kontrollgruppe vs Patienten) x 2 (Stimulusqualität, inkongruent vs kongruent)- Varianzanalyse bezüglich des Faktors „Akkuratheit“ in der Simon- Aufgabe ergab keine signifikanten Unterschiede zwischen den Teilnehmergruppen $F(1,31) = 1.05$, $MSE = .08$, $p = .31$. Signifikant dagegen wurde der Faktor „Stimulusqualität“ $F(1,31) = 24.72$, $MSE = .57$, $p < .001$ sowie die Interaktion „Stimulusqualität“ x „Status“ $F(1,31) = 6.39$, $MSE = .01$, $p < .05$. Dabei ist nur bei der Wilsongruppe der Unterschied zwischen kongruenten und inkongruenten Stimuli von Bedeutung.

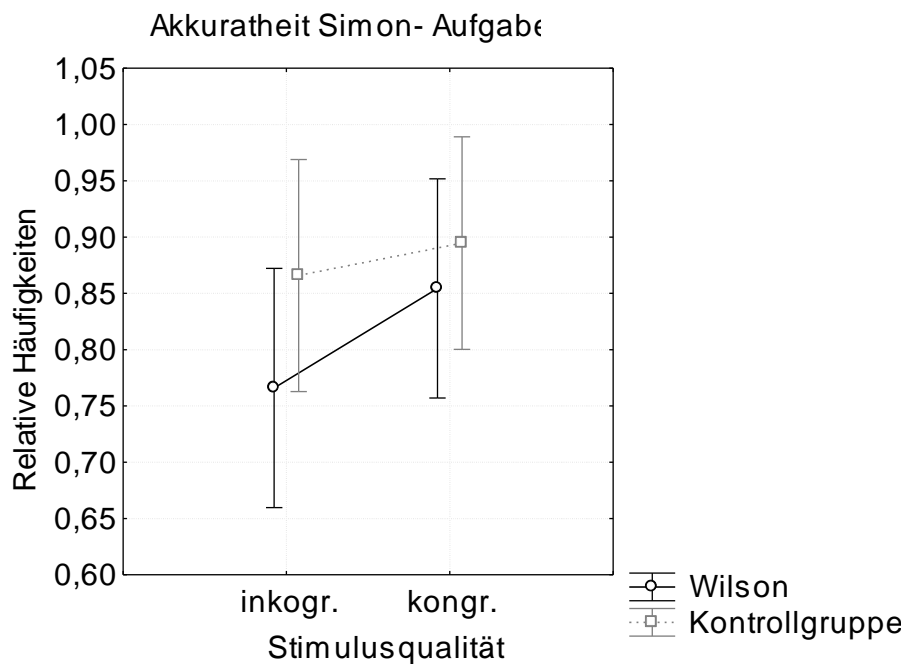


Abbildung 33: Graphische Darstellung der Daten nach erfolgter Varianzanalyse der Variablen „Akkuratheit“ der „Simon“ Aufmerksamkeitsaufgabe in Abhängigkeit der Stimulusqualität. Die Whiskers geben Konfidenzintervalle an.

Das Ergebnis einer 2 (Kontrollgruppe vs Patienten) x 2 (Stimulusqualität, inkongruent vs kongruent)- Varianzanalyse des Faktors „Reaktionszeit“ ergab keine bedeutsamen Unterschiede zwischen den Teilnehmergruppen , $F(1,27) = .30$, $MSE = 3683$, $p = .59$. Dagegen war der Unterschied in den Reaktionszeiten zwischen inkongruenten und kongruenten Stimuli hochsignifikant, $F(1,31) = 97.07$, $MSE = 5946$, $p < .001$. Wechselwirkungen zwischen der Teilnehmergruppe und der Stimulusqualität wurden nicht signifikant $F(1,27) = .25$, $MSE = 154$, $p = .62$.

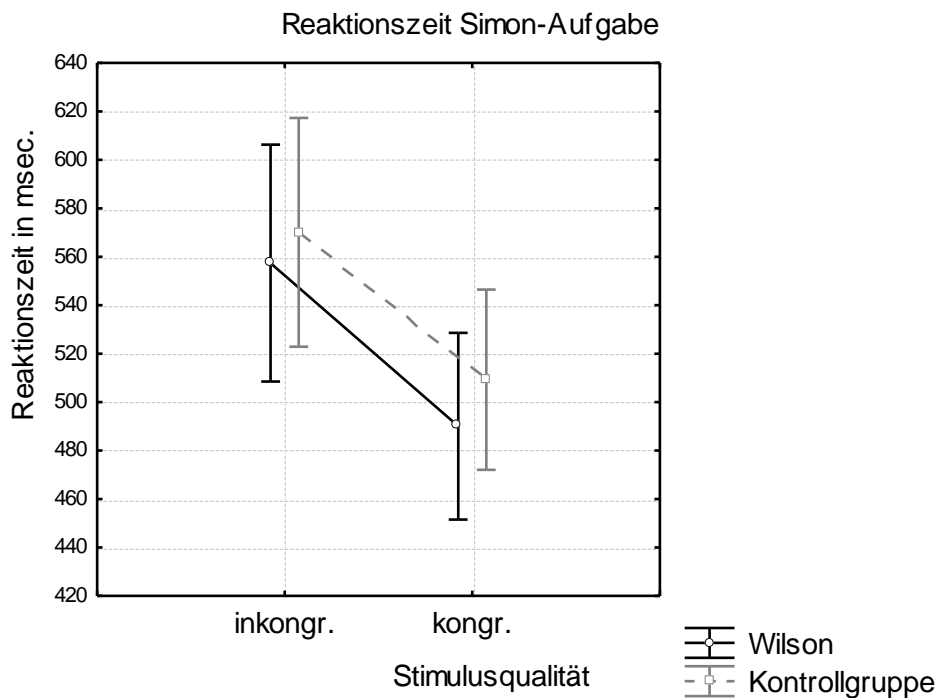


Abbildung 34: Graphische Darstellung der Daten nach erfolgter Varianzanalyse der Variablen „Reaktionszeit“ der „Simon“- Aufmerksamkeitsaufgabe in Abhängigkeit der Stimulusqualität. Die Whiskers geben Konfidenzintervalle an.

Die Durchführung je einer 2x3-ANOVA der „dual-task“-Aufgabe mit dem Faktor „Status“ (Patienten, Kontrollgruppe) und dem dreifach gestuften Faktor „Stimulusqualität“ (kongruent, inkongruent, leer) für die abhängigen Variablen „Reaktionszeit“ und „Akkuratheit“ ergaben für die Variable „Akkuratheit“ keine signifikanten Leistungsunterschiede hinsichtlich des Status-Faktors $F(1,31) = 1.12$, $MSE = .12$, $p > .05$. Es ergab sich aber für den Faktor Stimulusqualität ein signifikanter Einfluss, $F(2,62) = 12.5$, $MSE = .58$, $p < .01$. Dabei unterschieden sich die Bedingungen „kongruent“ und „inkongruent“ voneinander, $F(1,31) = 13.19$, $MSE = .81$, $p < .01$ sowie „inkongruent“ und „leer“, $F(1,31) = 15.53$, $MSE = .93$, $p < .01$. Die Bedingungen „kongruent“ und „leer“ unterschieden sich nicht, $F(1,31) = .24$, $MSE = .004$, $p > .05$.

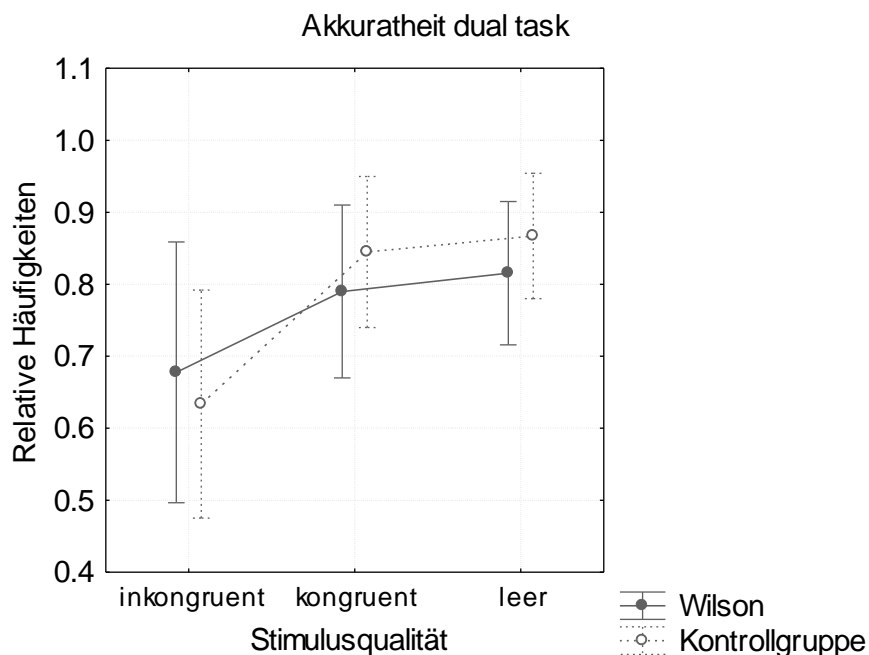


Abbildung 35: Graphische Darstellung der Daten nach erfolgter Varianzanalyse der Variablen „Akkuratheit“ der Aufmerksamkeitsaufgabe „Dual task“ in Abhängigkeit der Stimulusqualität. Die Whiskers stehen für Konfidenzintervalle.

Ebenso wenig gab es signifikante Ergebnisse in Bezug auf die Reaktionszeit für den „Status“- Faktor, $F(1,17) = 2.65$, $MSE = 53082$, $p = .12$. Der Faktor „ Stimulusqualität“ wurde signifikant, $F(2,34) = 50.48$, $MSE = 264595$, $p < .001$. Eine Wechselwirkung zwischen der Stimulusqualität und dem Statusfaktor gab es nicht, $F(2,34) = .59$, $MSE = 3109$, $p = 56$. Die Bedingungen des Faktors Stimulusqualität unterschieden sich alle signifikant voneinander: kongruent und inkongruent, $F(1,17) = 5.34$, $MSE = 26102.5$, $p < .05$, inkongruent und leer, $F(1,17) = 60.32$, $MSE = 483083.6$, $p < .001$, und kongruent und leer, $F(1,17) = 100.35$, $MSE = 284600.36$, $p < .001$.

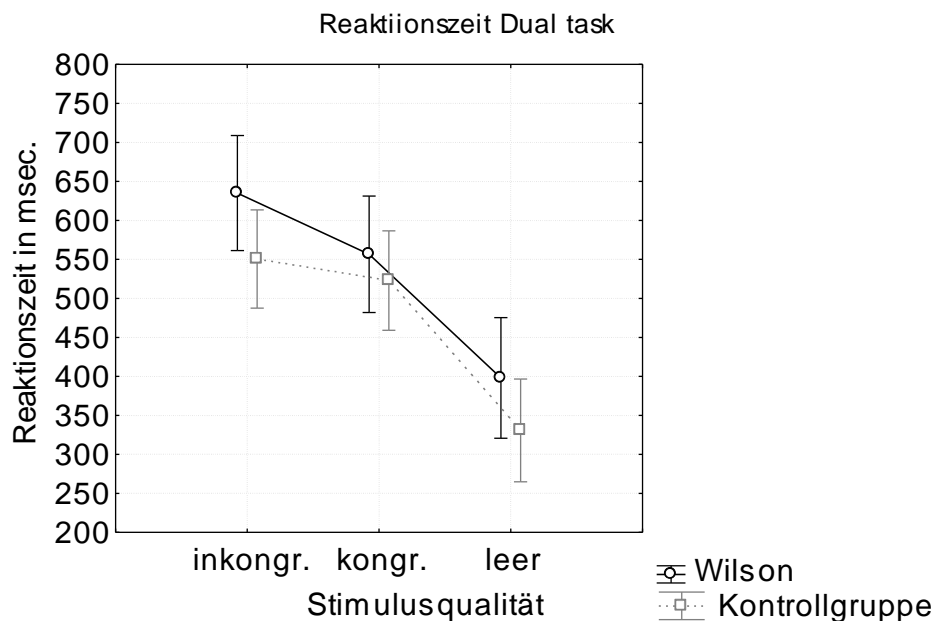


Abbildung 36: Graphische Darstellung der Daten nach erfolgter Varianzanalyse der Variablen “Reaktionszeit“ der Aufmerksamkeitsaufgabe „Dual task“ in Abhängigkeit der Stimulusqualität. Die Whiskers geben Konfidenzintervalle an.

9.3.1 Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse

Insgesamt wird deutlich, dass die Wilson-Patienten in der Bearbeitung der Aufmerksamkeitstests prinzipiell ähnlich zur Kontrollgruppe reagieren. Signifikante Leistungsunterschiede existieren nicht, weder in der Sorgfalt (Akkuratheit) der zu bearbeitenden Aufgaben, noch in der Höhe der Bearbeitungszeit. Aus den vorliegenden Ergebnissen kann also zunächst einmal nicht davon ausgegangen werden, dass die Wilson-Patientengruppe in den getesteten Bereichen der selektiven und der geteilten Aufmerksamkeitsleistung beeinträchtigt ist. Bezogen auf die gemessenen Gedächtniseinbußen der drei durchgeführten Studien der vorliegenden Arbeit bedeutet dies, dass es eher unwahrscheinlich ist, dass diese auf eine gestörte Aufmerksamkeitssteuerung im Sinne von einer Funktionsbeeinträchtigung der Inhibition von Reaktionen zurückzuführen ist.

10 Diskussion und abschließende Überlegungen

Die durchgeführten Experimente hatten das Ziel zu klären, ob bzw. in welcher Form sich der Handlungseffekt bei Menschen, die sich in einem fortgeschrittenen Behandlungsstadium der Erkrankung Morbus Wilson befinden, zeigt. Die Befunde wurden jeweils mit jenen einer gesunden Kontrollgruppe verglichen. Dazu werden im folgenden Abschnitt zunächst die Ergebnisse der Studien dargestellt bevor sie anschließend erläutert, interpretiert und diskutiert werden.

10.1 Zusammenschau der Befunde und kritische Bewertung

Die Befunde, die durch eine Erfassung der Erinnerungsleistung im Free Recall aus allen drei Studien erhoben wurden, wiesen eine beeinträchtigte Gedächtnisleistung bei der Wilson-Patientengruppe auf im Vergleich mit einer gesunden Kontrollgruppe. Dieses Defizit war in der Rekognitionsleistung nicht zu verzeichnen. Der Handlungsvorteil (SPT-Effekt) trat bei beiden Teilnehmergruppen in allen Studien auf. Die internistische und die neurologische Patientengruppe unterschieden sich in ihren Gedächtnisleistungen nicht bedeutsam voneinander. Die Komplexität der Handlung hatte keinen Einfluss auf die Größe des Handlungseffekts. Die Verwendung realer Objekte bei der SPT-Bedingung verbesserte den Free Recall. Aber dieser Effekt trat in beiden Gruppen auf und führte nicht dazu, dass sich der Handlungsvorteil bei den Wilson-Patienten veränderte. Das Lernen unter Orientierungsaufgaben hatte bei beiden Teilnehmergruppen Einbußen in der Gedächtnisleistung zur Folge.

Die Analyse der serialen Positionskurven ergab im wesentlichen keine Unterschiede zwischen den Teilnehmergruppen hinsichtlich des Auftretens der Positionseffekte unter beiden Lernbedingungen. Numerisch auffallend war, dass die Leistungseinbußen der Wilson-Patienten in allen drei Experimenten besonders in der Mitte der Lernliste auftraten und hier insbesondere in den Positionskurven unter VT (hier gab es signifikante Leistungseinbrüche im Vergleich zur Kontrollgruppe beim Erinnern), obgleich die Dreifachinteraktion in der Varianzanalyse der Daten der serialen Positionen zwischen der Lernposition, des Patientenstatus und der Lernbedingung nicht signifikant wurde.

Sowohl die Testung der Motorik in der zweiten Studie als auch die Testung der Aufmerksamkeitsleistung in der dritten Studie erbrachten bei den Patienten keine Unterschiede zur Kontrollgruppe.

Das Ergebnis der Varianzanalyse der serialen Positionen mit den Daten aller drei Experimente zusammen gab ein sehr konsistentes Bild. Die Positioneffekte traten bei beiden Teilnehmergruppen gleichermaßen auf.

Weiterhin traten auch hier bei fehlenden Wechselwirkungen zwischen Teilnehmergruppe und Position sowie Teilnehmergruppe, Position und Lernbedingung bedeutsame Unterschiede zwischen den Teilnehmergruppen in der Listenmitte auf den Positionen 3-5 auf. Hier sowohl unter VT als auch unter SPT.

Bevor im Abschnitt 10.1.2 die Ergebnisse unter der Lernbedingung SPT erläutert werden, folgt nun zunächst die Interpretation unter VT.

10.1.1 Interpretation der Befunde unter VT

Wie in der vorliegenden Arbeit mehrfach erläutert wurde, beruht eine gute Erinnerungsleistung, die über den Test des Freien Abrufs gemessen wird, auf den zwei Prozessen des Suchens der gelernten Information und der Rekonstruktion des zuvor Gelernten. Um die Leistung des Suchens erbringen zu können, ist die Fähigkeit zum selbständigen, strategischen Lernen (z.B. Einordnen und Integrieren in Kategorien, Bilden von Relationen) von großer Bedeutung. Dazu ist es auch gegebenenfalls notwendig, einen Wechsel der Lernstrategien vorzunehmen. Dies wiederum erfordert ein hohes Maß an kognitiver Flexibilität. Diese Form des Lernens und Abrufens unter einer rein verbalen Enkodierbedingung erfordert also den Einsatz komplexer kognitiver Informationsverarbeitungsprozesse.

Die vorliegenden robusten Befunde der Wilsonpatientengruppe einer geringen Leistung im Free Recall unter VT legen nun die Vermutung nahe, dass die Gedächtnisbeeinträchtigung auf einem nicht hinreichenden Einsatz dieser Fähigkeiten basiert. Dafür wiederum könnte vermutlich ein Strategieproblem verantwortlich sein, das heißt, dass die Patienten keine Enkodierstrategien zur Verfügung hatten. Ebenso könnte der Grund in einem Ressourcenproblem liegen, das sie daran gehindert hat, den Einsatz von Strategien fortzuführen und auch gegebenenfalls einen erforderlichen Strategiewechsel

vorzunehmen. Es wäre aber auch denkbar, dass sowohl ein Strategieproblem als auch ein Ressourcenproblem vorlag. Die Überlegungen, ob möglicherweise ein Strategieproblem vorlag, führten zur Konzeption des 3. Lernexperimentes, in dem explizit Enkodierhilfen (Strategien) in Form von Orientierungsaufgaben, sowohl itemspezifisch als auch relational, gegeben wurden. Hätte diese Lerninstruktion den Wilsonpatienten dazu verholfen, ein vergleichbares Leistungsniveau im Free Recall zu erreichen wie die Kontrollgruppe, wäre dies ein Beleg dafür gewesen, dass ein grundsätzliches Strategieproblem besteht, das behoben werden kann, wenn man entsprechende Enkodierhilfen gibt.

Die vorliegenden Ergebnisse belegen aber, dass durch die Gabe von Enkodierhilfen die schwachen Recall-Leistungen nicht kompensiert werden konnten. Deshalb kann das Problem der Wilson-Patienten grundsätzlich nicht in einem Mangel an zur Verfügung stehender Enkodierstrategien liegen. Somit kommt der Erklärung eines Ressourcenproblems zunehmend Bedeutung zu.

Dieser Erklärungsansatz wird gestützt durch die robusten, in allen drei Experimenten vorliegenden, Befunde, hauptsächlich durch das Muster der serialen Positionskurven, das Vorhandensein des Primacy-Effektes sowie des Recency-Effektes mit der Fähigkeit des spontanen Abrufens (Pop-out) und schließlich der Leistungseinbruch in der Listemitte, der unter VT zu finden war.

Dass die Patienten einen Primacy-Effekt zeigten, weist auf, dass sie zwar ein gewisses Ausmaß an Lernstrategien angewandt haben, sodass die Anwendung von Enkodierstrategien per se demnach nicht das Problem zu sein scheint, wie bereits oben diskutiert, sondern wohl eher der Einsatz bzw. die Aufrechterhaltung jener Strategien, die komplexere Enkodiermechanismen erfordern. Diese Vermutung wird auch durch das Faktum gestützt, dass die Patienten einen Recency-Effekt produzierten. Dieser kommt durch den spontanen Abruf zustande, erfordert also auch keine komplexen ressourcenfordernden Enkodiervorgänge. Dagegen wird beim Erinnern der Items in der Mitte der Lernliste der Einsatz komplexerer Enkodiermechanismen benötigt. Und genau hier war ein starker Leistungseinbruch der Patientengruppe zu verzeichnen.

Im dritten Experiment gab es diesen signifikanten Einbruch nur unter VT mit relationaler Orientierung. Das Lernen dieser Items basiert sehr stark auf komplexen Enkodiervorgängen. Die Strategien als solche waren durch die relationale Orientierungsaufgabe zwar bereits explizit vorgegeben, mussten aber aktiv vom Lernenden eingesetzt werden.

Um den Unterschied zwischen dem Einsatz von Lernstrategien beim Zustandekommen des Primacy-Effektes und jenem des Abrufes der Listenmitte erklären bzw. interpretieren zu können, ist es m. E. notwendig, die unterschiedlichen Arten des strategischen Lernens differenzierend zu erläutern: Es gibt Hinweise darauf, dass der Primacy-Effekt auf strategischem Lernen beruht (Glenberg et al., 1980), hauptsächlich auf einem Rehearsal der ersten Items einer Lernliste (Brodie & Murdock, 1977; Glanzer & Cunitz, 1966; Tan & Ward, 2000). Hier ist die Anbindung an den Listenkontext noch weitestgehend direkt und ohne Interferenz gegeben. Mit der Präsentation nachfolgender Lernitems, also jener der Listenmitte, baut sich zunehmend Interferenz auf und ein Rehearsal ist nur schwer möglich, so dass andere Enkodierstrategien bedeutsamer werden.

Zusammenfassend wird aus den genannten Überlegungen deutlich, dass das Problem der Wilson-Patienten keinesfalls auf einen Mangel an vorhanden Strategien zurückgeführt werden kann; es scheint sich vielmehr um Probleme beim aktiven Einsatz derselben zu handeln. Plausibler erscheint daher ein Erklärungsansatz, der ein Ressourcenproblem für die niedrigen Leistungen im Free Recall verantwortlich macht. Eine mögliche Problematik hinsichtlich der Verfügbarkeit und Nutzbarkeit kognitiver Ressourcen wurde über eine Testung der Aufmerksamkeit überprüft. Die theoretische Grundlage hierfür wurde eingehend in Kapitel 9 der vorliegenden Arbeit diskutiert. Die Annahme einer beeinträchtigten Aufmerksamkeitsleistung der Wilsonpatienten ist naheliegend, zumal sich in der Literatur Hinweise auf eine gestörte Aufmerksamkeitsleistung bei Wilsonpatienten finden (Portala, 2001; Lang, 1990). Diese wurden in Kapitel 3 der vorliegenden Arbeit dargestellt.

Zur Überprüfung dieser Annahme wurden Aufgaben zur Testung verschiedener Komponenten der Aufmerksamkeit konzipiert und allen Teilnehmern dargeboten. Die Konzeption der Aufmerksamkeitstestung basierte auf der Vermutung eines beeinträchtigten Filtermechanismus der Basalganglien. Aufgrund des Vorliegens des robusten Befundes einer reduzierten Free Recall-Leistung könnte man nun annehmen, da die Wilsonkrankheit durch die Kupferintoxikation im Gehirn eine Funktionseinschränkung bei der Informationsverarbeitung, vornehmlich in den Basalganglien, bewirkt, dass der Filtermechanismus bei Wilson-Patienten beeinträchtigt ist und die Patienten bei der Lernbedingung unter VT deshalb gar nicht konsequent und effektiv eine Lernstrategie zu verfolgen imstande sind; viel weniger noch einen Wechsel von Strategien vornehmen

können. Ähnliches konstatierte der Mediziner Freitag (2003) in seiner Dissertation über den Morbus Wilson: „Die korrelierenden pathologischen Befunde deuten auf die Existenz einer gemeinsamen, übergeordneten, wahrscheinlich durch den Stoffwechsel geschädigten Kontrollinstanz hin, wie sie die Basalganglien darstellen könnten“ (Freitag, 2003, S. 55).

Beim Enkodieren von Informationen mit dem Ziel, diese zu behalten und später abrufen zu können, ist es erforderlich, diese vorher zu filtern und von irrelevanter einkommender Information zu trennen, so dass nur für das Lernen relevante Information verarbeitet wird. Dadurch wird eine Art „Informationsüberflutung“ verhindert und ein konzentriertes aufgabenorientiertes Arbeiten ermöglicht. Dieser Selektions (Filter)- Mechanismus, auch „Bouncer-Mechanismus“ genannt (Awh & Vogel, 2008), hat somit eine sehr wichtige Funktion beim Lernen, bewirkt er doch quasi eine Reduktion der Inanspruchnahme benötigter Ressourcen zur Informationsaufnahme und sorgt dafür, dass dem Lernenden genügend Ressourcen zur weiteren komplexen, strategischen Verarbeitung und zum behaviour-switching bzw. Strategiewechsel übrig bleiben (Redgrave, Prescott & Gurney, 1999 a).

Falls dieser Bouncer-Mechanismus bei der Wilson-Teilnehmergruppe tatsächlich beeinträchtigt sein sollte, so könnte die eingehende Information dann gar nicht richtig geordnet werden, da der fehlende Filter gleichsam zu einem „heillosen Durcheinander“ führt, das ich als „fuzzy processing“ bezeichnen möchte. Somit wäre dies eine plausible Erklärung für eine nur schwache Enkodierung, gerade bei den aufgabenbedingten Anforderungen einer komplexen Informationsverarbeitung, wie sie unter VT gegeben ist. Der Suchprozess beim Free Recall könnte damit gar nicht effektiv sein und daraus folgt eine niedrige Erinnerungsleistung.

Um diese Hypothese zu testen, wurden solche Aufmerksamkeitsaufgaben konzipiert, in enger Anlehnung an die Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP) von Zimmermann und Fimm (1993), die speziell die Verhaltens(Handlungs-)kontrolle überprüfen. Solches sind Aufgaben zur fokalen und zur geteilten Aufmerksamkeit.

Mit der Durchführung von Tests zur fokalen und zur geteilten Aufmerksamkeit im Anschluss an das 3. Lernexperiment konnte somit neben der Überprüfung des Vorhandenseins hinreichender Ressourcen zur Handlungskontrolle gleichzeitig überprüft werden, ob der Filtermechanismus der Basalganglien bei den Wilsonpatienten beeinträch-

tigt ist. Wäre dies der Fall gewesen, hätten sich vor allem deutliche Abweichungen von der Norm hinsichtlich des gemessenen Parameters der Reaktionszeit finden müssen.

Die Testung der geteilten Aufmerksamkeit zeigte jedoch, wider Erwarten, im Vergleich zur Kontrollgruppe, bei den Patienten keine bedeutsamen Einbußen- weder hinsichtlich der Akkuratheit noch der Reaktionszeit. Ebenso wenig ergaben sich pathologische Befunde in den Bereichen der fokalen, selektiven Aufmerksamkeit. Somit sprechen die Ergebnisse zunächst einmal nicht für das Vorliegen einer beeinträchtigten Filterfunktion der Basalganglien. Eine Erklärung für die geminderte Free-Recall- Leistung bietet dieser Ansatz also nicht.

10.1.1.1 Neuropsychologischer Erklärungsansatz

Einer der grundlegenden Befunde beim Vorliegen eines Morbus Wilson ist eine beeinträchtigte Basalganglienfunktion als Folge der Kupferintoxikation. Diese Beeinträchtigung persistiert noch lange nach erfolgter Entkupferung. Bisher ist noch nicht hinreichend geklärt, ob diese Störung vollständig reversibel ist. In Kapitel 2 der vorliegenden Arbeit wurde die Symptomatik ausführlich dargestellt und erläutert.

Obschon bislang noch kein befriedigendes einheitliches Gesamtkonzept um die Funktion der Basalganglien verfügbar ist und eine Konzeption aufgrund der komplexen Vernetzung der Basalganglien mit anderen Bereichen des Gehirns recht schwierig ist - Brown und Marsden (1998) bezeichneten sie als „Untergeschoss des Geistes“- besteht weitestgehend Einigkeit darüber, dass ihre Aufgabe weit über die bisherige Annahme rein motorischer Modulation hinaus geht (vgl. Giertler, 2003). So berichten Hochstenbach, van Spaendonck, Cools, Horstink und Mulder (1998) über eine Studie mit Patienten, die einen Schlaganfall in den Basalganglien erlitten. Neuropsychologische Untersuchungen ergaben Einbußen in allen getesteten kognitiven Bereichen (Aufmerksamkeit und Konzentration, Gedächtnis, Sprachverständnis, Wortflüssigkeit, rechnerische Fähigkeiten, visuell-räumliches Denken).

Aufgrund zahlreicher weiterer vorliegender Befunde zum Einfluss der Basalganglien auf kognitive Prozesse, die in Untersuchungen bei Patienten mit Schädigungen der Basalganglien erhoben wurden, formte sich ein zunehmend detaillierteres Bild der funktionellen Bedeutung dieser Hirnregion und so sind vermehrt Modelle der Basalganglien

im Sinne interaktiver Prozesse einzelner Bereiche mit dem Cortex entstanden. Bevor einige dieser Studien differenzierter referiert und diskutiert werden, sollen zunächst einmal wesentliche anatomische und funktionelle Eigenschaften der Basalganglien vorgestellt werden.

Exkurs „Basalganglien“

Im engeren Sinne bestehen die Basalganglien, auch Stammganglien genannt, aus einer Gruppe von subcortical gelegenen Kernen (Nuclei): dem Nucleus caudatus und dem Nucleus lentiformis, der aus dem Putamen und dem Pallidum (Globus Pallidus internus, GPI, und Globus Pallidus externus, GPE) besteht. Nucleus caudatus und das Putamen werden auch zusammen als Striatum bezeichnet. Sie sind an einer Stelle verbunden, die Nucleus accumbens genannt wird. Im weiteren Sinne, funktionell betrachtet, zählt die substantia nigra, ein Kerngebiet, das aus der Pars compacta (SNc) und der pars reticularis (SNr) besteht, ebenfalls zu den Basalganglien. Ebenso der Nucleus subthalamicus (STN).

Die Basalganglien sind in eine komplexe Regelschleife (*loop*) eingebunden, die von der Großhirnrinde ausgeht und über die Basalganglien und den Thalamus zurück zum Großhirn verläuft. Dabei erhält die Eingangsstruktur der Basalganglien, das Striatum, von fast allen Bereichen des cerebralen Cortex Informationen, die innerhalb der Basalganglien verarbeitet werden und dann wieder zurück zum Cortex gelangen. Konkrete funktionelle Verbindungen bestehen auch zum Hippocampus und zum Präfrontalen Cortex.

In der Abbildung 37 sind die Funktionsschleifen schematisch dargestellt.

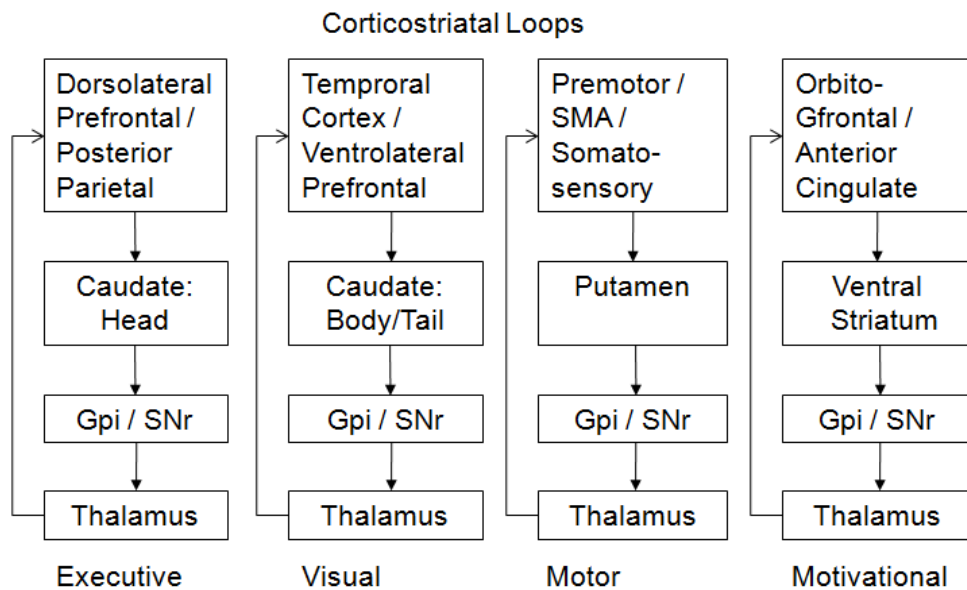


Abbildung 37: Schematische Darstellung der Funktionsschleifen, die corticale Bereiche mit striatalen und den Ausgangsbereichen der Basalganglien verbinden. SMA= supplementär motorisches Areal, GPI= Globus Pallidus pars interna, SNr= substantia nigra pars reticulata aus Seger (2006).

Aufgrund der anatomischen und funktionellen Bedeutung der Basalganglien und den komplexen corticalen Verbindungen liegt deren Beteiligung an Lernvorgängen und Aufmerksamkeitsprozessen sehr nahe. Hinzu kommt, dass sowohl für Aufmerksamkeitsprozesse als auch für Lernprozesse der Neurotransmitter Dopamin von entscheidender Bedeutung ist. Dieser wird in den Basalganglien, in der Substantia nigra gebildet. Somit ist plausibel anzunehmen, dass auch über diese biochemischen Prozesse die Güte von Aufmerksamkeits- und Lernprozessen moduliert wird.

In Abbildung 38 wird die Interaktion der Schleifensysteme mit ihren funktionellen und behavioralen Interrelationen veranschaulicht. Die Abbildungen 37 und 38 basieren hauptsächlich auf Studien mit Parkinsonpatienten.

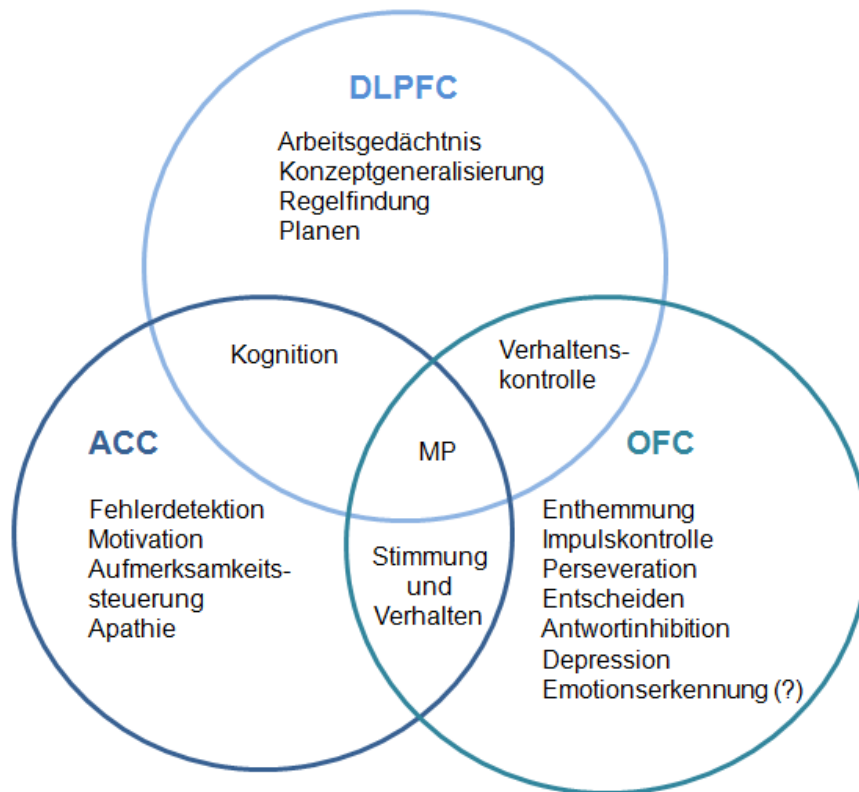


Abbildung 38: Kognitive und behaviorale funktionelle Interrelationen zwischen frontostriatalen Schaltkreisen (nach Zgaljardic et al., 2003) (ACC: anteriorer cingulärer Cortex);DLPFC: dorsolateral-präfrontaler Cortex; OFC: orbitofrontaler Cortex).

Zum Einfluss der Basalganglien auf Lernprozesse:

Hinweise auf die Relevanz der Beteiligung der Basalganglienläsionen für kognitive Beeinträchtigungen (z.B. Lernprozesse) speziell bei Wilson-Patienten geben Seniów et al. (2002). Diese Untersuchung wurde in Kapitel 3 der vorliegenden Arbeit dargestellt und diskutiert. Die Autoren fanden, dass nicht die Schwere der neurologischen Beeinträchtigungen der Wilsonpatienten ausschlaggebend ist, sondern allein das Vorliegen einer Basalgangliendysfunktion.

Von beeindruckender Ähnlichkeit sind die in der vorliegenden Arbeit erhobenen Befunde mit jenen von Flowers, Pearce und Pearce (1984) sowie der Forschergruppe Goldenberg, Schuri, Grömminger und Arnold (1999). Flowers et al. (1984) fanden bei Parkinsonpatienten schlechtere Wiedergabeleistungen bei normaler Wiedererkennungslleistung: „In contrast to recall and learning tests, recognition is a „passive“ memory situation. Subjects do not have to manipulate the material nor mentally “scan” it...Nor do they have to organise actively a response. A simple decision between fixed alterna-

tives is all that is required.“ (S. 1180). Goldenberg et al. (1999) berichten von einem Patienten, der Einblutungen in den Basalganglien aufwies. Die neuropsychologische Testung ergab defizitäre Gedächtnisleistungen im Free Recall und in der Rekognition nach dem Lernen von Listen mit unverbundenen Wörtern. Auch Linden (1992) berichtet über kognitive Störungen infolge einer Basalgangliendysfunktion bei Patienten mit Morbus Parkinson. Sie untersuchte „frühe“ Parkinsonpatienten, also solche, die im Durchschnitt erst seit drei Jahren Symptome aufwiesen. Dabei ließen sich Defizite beim konditionalen Assoziationslernen (Erlernen von Wort-Farbassoziationen) finden bei ansonsten normalen Befunden im kognitiven Bereich.

Die Erforschung der Rolle der Basalganglien an Lernvorgängen hat gerade in den letzten Jahren eine rasante Entwicklung erfahren. Dabei basieren die Studien primär auf Untersuchungen mit Parkinson-Patienten, da ein hervorstechendes Merkmal des Morbus Parkinson die Degeneration der Basalganglien ist. Lange Zeit herrschte die Überzeugung vor, die Basalganglien seien nur an einfachen Lernprozessen wie dem Stimulus-Response-Lernen, dem Feed-Back-Lernen beteiligt. Das entspricht eher unbewussten, impliziten Lernvorgängen. Hier wird gleichsam eine kompetitive Funktion der Basalganglien und des Hippocampus beim Lernen postuliert. Führende Vertreter dieser Ansicht sind zum Beispiel Poldrack et al. (2001) und Packard und Knowlton (2002). Demnach sind die Basalganglien am deklarativen, bewussten Lernen nicht beteiligt, sondern nur der Hippocampus. Belege dafür fanden Poldrack et al. (2001) in FMRI-Studien. Sie gaben Teilnehmern Aufgaben, die einmal Stimulus-Response-Lernen erforderten und zum anderen ein Paarassoziationslernen. Die erstgenannte Aufgabe entspricht einem impliziten Lernen, letztere dem deklarativen Lernen. Dabei stellten sie im FMRI fest, dass beim Stimulus-Response-Lernen das Striatum (Nucleus Caudatus) Aktivität zeigte, während der Hippocampus, der Mediale Temporallappen (MTL) inaktiv war. Beim Paarassoziationslernen war dagegen der MTL aktiv und das Striatum inaktiv. In einer detaillierten FMRI-Analyse zeigte sich, dass sobald das Striatum aktiv war, der Mediale Temporallappens inaktiv wurde und umgekehrt bei Aktivität des MTL das Striatum inaktiv wurde. Zudem wurde deutlich, dass in einer frühen Lernphase des Stimulus-Response-Lernen, der MTL aktiv war, wenn neue Stimulus Repräsentationen gelernt werden mussten. Diese Aktivität ließ während der Trainingsphase des Stimulus-Response-Lernens nach, wobei dann das Striatum Aktivität zeigte. Dieses Lernen neuer

Repräsentationen ermöglicht dem Striatum, nach Ansicht der Autoren, komplexe Stimulus-Response-Verbindungen zu lernen.

Eine weitere Studie, die weitestgehend dieses Postulat stützt, führten Myers et al., (2003) durch. Sie favorisieren die Annahme eines eher indirekten Einflusses des Systems der Basalganglien (striäres System) auf kognitive Prozesse. Differenzierte Untersuchungsergebnisse bezüglich des Einflusses der Basalganglienfunktion einerseits und des Hippocampus andererseits auf das Lernverhalten ergaben unterschiedliche Rollen. Sie fanden Belege dafür, dass eine gestörte Basalganglienfunktion eine Verlangsamung des Lernens erbringt bei normaler Generalisierbarkeit des Gelernten, eine gestörte Hippocampusfunktion hingegen eine Beeinträchtigung des Lerntransfers, die Schwierigkeiten beim Generalisieren des Gelernten zur Folge hat. In ihrer Studie untersuchten sie neben einer gesunden Kontrollgruppe eine Teilnehmergruppe mit einer Atrophie des Hippocampus und eine weitere mit Parkinsonpatienten, also Menschen mit einer Störung der Basalganglienfunktion. Diese ließen sie Assoziationen zwischen 2 Stimuli lernen. Dann wurden die gelernten Assoziationen in einer nächsten Lernstufe ergänzt durch neue Assoziationen zwischen diesen 2 Stimuli. Die Konzeption dieser neuen Assoziationen folgte einer logischen Regel, die den Teilnehmern aber nicht zur Kenntnis gebracht wurde. Danach erfolgte die Testphase, in der ein neuer Stimulus vorgegeben wurde und vom Teilnehmer entsprechend dieser Regel mit einem passenden Stimulus ergänzt werden sollte. Um diese Aufgabe richtig ausführen zu können, war die Anwendung dieser Regel auf die Aufgabe in der Testphase als eine Transferleistung vom Teilnehmer gefordert. Das Ergebnis dieser Studie wies auf, dass die Parkinsonpatienten bedeutsam langsamer lernten und mehr Fehler in der Lernphase machten als die beiden anderen Teilnehmergruppen. Die Transferaufgabe konnten sie problemlos leisten. Demgegenüber machten die Teilnehmer mit der Atrophie des Hippocampus mehr Fehler in der Transferaufgabe bei normalem Lernen zu Beginn der Studie.

Seit Mitte dieses Jahrzehnts finden sich immer mehr Hinweise in Studien, die belegen, dass das Postulat der kompetitiven Funktionen von Hippocampus und Basalganglienfunktion nicht mehr aufrechterhalten werden kann. So konnten Belege gefunden werden, die Hinweise darauf geben, dass die Basalganglien, oder zumindest Teile davon sehr wohl an bewussten Lernvorgängen beteiligt sind und z. B. relationales, assoziatives Lernen beeinflussen. In einem Aufsatz, der die Befunde bildgebender Verfahren, sowie solche biochemischer detaillierter Analysen der Beteiligung des Neurotransmitters Do-

pamin an kognitiven Vorgängen bei Kontrollpersonen berücksichtigt und mit jenen von Parkinsonpatienten vergleicht, fand Saint-Cyr (2003), dass es genügend Hinweise gibt, um die bisher erstellten Modelle von der Basalganglienfunktion zu differenzieren und entsprechende Interrelationen zwischen den Informationskanälen zu berücksichtigen: „Nevertheless, functional imaging studies in both normal subjects and PD (Parkinson) patients confirm a central role for basal ganglia in attentional and preparatory functions, implicit learning, the establishment of response habits, procedural learning, skill learning, rule learning and associative learning...“ (S. 118). Atallah et al. (2004) nehmen an, dass die Basalganglien insgesamt Informationen, die sie sowohl vom Präfrontalen Cortex als auch vom Hippocampus erhalten, modulieren und lehnen damit auch die Sichtweise einer kompetitiven Funktion von Basalganglien und Hippocampus ab. Demnach steht der ventrale Bereich der Basalganglien in direkter Verbindung zum Hippocampus, während der dorsale Bereich in funktionaler Relation zum Präfrontalen Cortex steht. Die Autoren stützen ihre Annahmen auf Befunde, in denen die Effekte von Läsionen entweder des dorsalen Striatums oder des Hippocampus bei Ratten auf die Ausführung von Lernaufgaben in einem Labyrinth getestet wurden. Dabei wurden sie direkt trainiert, einen bestimmten Weg zu gehen (Response-Lernen), zum anderen sich räumlich zu orientieren um ein bestimmtes Ziel zu erreichen. Diejenigen Versuchstiere mit Läsionen des dorsalen Striatums zeigten Beeinträchtigungen im Response-Lernen, während die Tiere mit Läsionen des Hippocampus Beeinträchtigungen des räumlichen Lernen aufwiesen. Befunde, die bei Teilnehmern mit Läsionen des ventralen Striatums bei Aufgaben zum räumlichen Lernen erhoben wurden, zeigten ähnliche Beeinträchtigungen wie die Versuchstiere mit Läsionen des Hippocampus (z.B. Sargolini, Florian, Oliverio, Mele & Rouillet, 2003). Einen weiteren Beleg für die Beteiligung der Basalganglien am räumlichen Lernen sehen die Autoren im Untersuchungsbefund einer Studie von Sutherland und Rodriguez (1989). Hier wiesen Ratten mit Läsionen des Nucleus Accumbens, also des ventralen Striatums, Beeinträchtigungen auf beim Auffinden unter der Gabe räumlicher Hinweisreize einer versteckten Plattform in einem Labyrinth.

In jüngster Zeit wurde die Beteiligung der Basalganglien am expliziten, bewussten Lernen über Tests zum Kategorisierungslernen (Cincotta & Seger, 2007) sowie zum sequentiellen Lernen (Wilkinson, Khan & Jahanshahi, 2009) überprüft. Die Forscher Cincotta und Seger (2007) ließen Teilnehmer eine Kategorisierungsaufgaben durchführen. Dabei lernten sie einmal die richtige Zuordnung über ein entsprechendes Feed-

Back. Zum anderen durch das selbständige Erfassen von Assoziationen ohne Feed-Back. Während des Lernens wurden die Aktivität der drei Bereiche des Striatums (oberer Teil des Nucleus Caudate), Kernbereich und hinterer Bereich und das Putamen unter dem Einsatz von fMRI untersucht. Dabei war der obere Bereich des Caudate während des Feed-Back-Lernens aktiv, während der Kernbereich, der untere Bereich und das Putamen sowohl bei der Feed Back-Aufgabe als auch bei der expliziten Lernaufgabe Aktivität zeigte. Daneben war der Hippocampus während beider Lernaufgaben, also sowohl während des Feed-Backs als auch während des expliziten Lernens aktiv. Die Autorinnen sehen darin einen möglichen Beleg für eine parallele Beteiligung des Striatums und des Hippocampus beim Lernen und Integrieren von Informationen in Kategorien.

Wilkinson, Khan & Jahanshahi (2009) untersuchten Parkinsonpatienten und eine Kontrollgruppe und ließen sie Zahlensequenzen lernen. In der impliziten Lernaufgabe bekamen sie Zahlenreihen präsentiert. Dabei wurden die Teilnehmer aufgefordert, auf bestimmte Zahlenkonstellationen mit Knopfdruck zu reagieren. Bei wiederholt präsentierten Konstellationen benötigten die Teilnehmer eine kürzere Reaktionszeit als bei neuen Konstellationen, was anzeigt, dass sie Konstellationen gelernt haben. Die explizite Lernaufgabe bestand darin, dass die Teilnehmer instruiert wurden, Zahlenkonstellationen zu lernen. In dieser Untersuchung zeigten die Parkinsonpatienten in beiden Lernaufgaben schlechtere Leistungen als die Kontrollgruppe. Dies gibt nach Ansicht der Autoren einen Hinweis darauf, dass die Basalganglien auch an expliziten Lernvorgängen beteiligt sind.

Die eben dargestellten Untersuchungen geben begründeten Anlass zur Vermutung, dass die Basalganglien, oder zumindest Bereiche dieser Hirnregion, an bewussten Lernvorgängen beteiligt sind. Damit wird die traditionelle Sicht der Funktion der Basalganglien als zuständige Instanz für implizites Lernen deutlich in Frage gestellt. Somit erscheint die Erklärung eines Enkodierproblems als mögliche Ursache für die schwachen Recall-Leistungen bei den Wilson-Patienten in einer beeinträchtigten Basalganglienfunktion zu sehen, plausibel. Wie in der vorliegenden Arbeit bereits mehrfach dargelegt, kommt Aufmerksamkeitsprozessen eine sehr wichtige Rolle beim Lernen zu. Deshalb ist es m. E. nach unverzichtbar, die Basalganglienfunktion bei Lernvorgängen auch im Kontext der Qualität der Aufmerksamkeitsleistung zu sehen. Im nächsten Abschnitt

wird daher eine empirische Herangehensweise an den die funktionale Verbindung zwischen den Basalganglien und Aufmerksamkeitsprozessen dargelegt.

Zum Einfluss der Basalganglien auf Aufmerksamkeitsprozesse:

Betrachtet man Studien, die sich mit den verantwortlichen Hirnregionen für eine Domäne der Aufmerksamkeitsleistung, der Fähigkeit zur dauerhaften Aufrechterhaltung der Aufmerksamkeit, sowie der Fähigkeit zum flexiblen Richten der Aufmerksamkeit beschäftigen, so ist die Vermutung eines Zusammenhanges zwischen einer Dysfunktion der Basalganglien und einer defizitären Aufmerksamkeitsleistung plausibel. Diese Tests sind auch Bestandteil einer neueren Version (TAP 2.2) der Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP) von Zimmermann und Fimm (2002), die in der vorliegenden Arbeit bereits erwähnt wurde (Kap 9). Nach Sturm (2004) regeln Netzwerke zur kognitiven Kontrolle der Aufmerksamkeit sowohl kurzfristig das Aktivierungsniveau, das auch als „Alertness“ bezeichnet wird, als auch die längerfristige Aufrechterhaltung dieses Aktivierungszustandes. Dabei haben funktionelle PET- oder Bildgebungsstudien ein überwiegend rechtshemisphärisches kortiko-subkortikales Netzwerk zur Regulation der Aufmerksamkeitsintensität ergeben. Dieses kontrolliert sowohl die „intrinsische“ Alertness als auch die längerfristige Aufrechterhaltung der Aufmerksamkeit. Daran beteiligt sind sowohl der anteriore cinguläre als auch der dorsolaterale präfrontale und der inferiore parietale Kortex, welche über thalamische Kerne die vom Hirnstamm kommende Aktivierung regeln und „kanalisieren“.

Zu beiden Formen der Aufrechterhaltung der Aufmerksamkeit, sowohl der kurzfristigen (alertness) als auch der Daueraufmerksamkeit und den dafür zuständigen kortikalen Regionen werden nun Studien vorgestellt, zunächst Untersuchungen zur kurzfristigen Aufrechterhaltung, danach wird ein Modell zur Daueraufmerksamkeit mit entsprechenden Untersuchungsbelegen diskutiert.

Das Forschungsinteresse der Autorengruppen Mottaghy et al. (2006) und Fimm et al. (2009) galt der alertness. Dabei wird die Alertness unterteilt in eine intrinsische, tonische, endogene und in eine extrinsische, phasische. Die intrinsische Aufrechterhaltung der Aufmerksamkeit ist definiert als internale Kontrolle von arousal ohne äußeren Cue. Dagegen basiert die extrinsische Alertness auf der Gabe eines externalen Hinweisreizes, z. B. einem Warnton (Sturm et al., 1999).

Fimm et al. (2009) setzten in ihrer Studie die Tiefenhirnstimulation des Nucleus subthalamicus (STN) bei Parkinsonpatienten ein und unterzogen sie dann neuropsychologischen Tests, die u.a. der Erfassung der Intelligenz, durch das Leistungsprüfsystem, des Gedächtnisses durch die Wechsler Memory Scale und der Aufmerksamkeitsleistung dienten. Zur Aufmerksamkeitstestung wurde der TAP (Zimmermann & Fimm, 2002) eingesetzt. Der TAP beinhaltet innerhalb des Bereiches der Alertness sowohl Aufgaben zur Überprüfung der intrinsischen als auch der extrinsischen Alertness. Als Kontrollbedingung dienten dieselben Tests an denselben Patienten ohne den Einsatz der Tiefenhirnstimulation. Die Autoren fanden durch die Stimulation nur Leistungsverbesserungen in der intrinsischen Alertness. Diese waren hochsignifikant. In allen anderen neuropsychologischen Tests konnten keine bedeutsamen Verbesserungen gemessen werden. Dabei waren die Verbesserungen in der intrinsischen Alertness unabhängig von motorischen Veränderungen durch die Stimulation. Die Autoren vermuten, dass die Stimulation eine Modulation des fronto-parietalen Netzwerkes initiiert hat, die wiederum zu einer Verbesserung der intrinsischen Alertness geführt hat. Sie kommen insgesamt zu dem Schluss, dass die funktionale Neuroanatomie des STN und seine zentrale Rolle innerhalb der cortico-basalganglien-thalamocorticalen Schleife gut in das Konzept der Zugehörigkeit zum Alertness-Netzwerk passt (zur Veranschaulichung siehe Abbildungen 37 und 38 der vorliegenden Arbeit).

Zur Untersuchung der Daueraufmerksamkeit stellen Braver et al. (2009) in ihrem Modell der Dual Mechanisms of Control (DMC) einen interessanten theoretischen Ansatz vor, der die Daueraufmerksamkeit bzw. die aktive Aufrechterhaltung im Hinblick auf gelernte Kontextinformation eines Probanden und die Aufmerksamkeitskontrolle etwa als Folge einer Interferenz unterscheidet. Die aktive Aufrechterhaltung und die damit verbundene zielorientierte Kontrolle der Aufmerksamkeit bezeichnen die Autoren als „proaktive Kontrolle“. Die Aufmerksamkeitskontrolle als Folge einer Interferenz nennen sie „reaktive Kontrolle“. Letztere bezeichnet quasi einen späten Korrekturmechanismus. Ergebnisse ihrer Studien, die Teilnehmer eine kognitive Kontrollaufgabe unter Einsatz von funktioneller Magnetresonanztomographie ausführen ließen, untermauern die Annahmen des dualen Mechanismus. Demnach unterliegen diese Kontrollmechanismen der Funktion des lateralen präfrontalen Cortex (PFC). Der PFC zeigt, je nachdem welcher Kontrollmechanismus angewandt wird, in unterschiedlichen Regionen Aktivität an. Darüber hinaus können diese Mechanismen flexibel über neuronale

modulatorische Mechanismen innerhalb des PFC von der einen zur anderen Kontrollfunktion wechseln, je nach dem, welche Anforderung eine bevorstehende Aufgabe stellt. Dabei kommt dem Dopamin eine entscheidende Bedeutung zu. Für die proaktive Kontrolle wird im Unterschied zur reaktiven Kontrolle viel Dopamin benötigt; In ihrer Studie ließen sie eine jüngere Teilnehmergruppe (Durchschnittsalter 23 Jahre) und eine ältere Teilnehmergruppe (Durchschnittsalter 73 Jahre) die AX-Version des CPT durchführen. Das ist ein Verfahren, das eine Diskriminationsaufgabe beinhaltet und dient als sensibler und spezifischer Indikator für die Art der Anwendung kognitiver Kontrollfunktionen. Die Teilnehmer bekamen Stimuli in Form von Buchstaben präsentiert und sollten nur bei der Präsentation des Stimulus X, dem der Stimulus A vorausging, durch Drücken der rechten Maustaste einer Computermaus reagieren. Bei allen anderen Buchstabenpräsentationen sollten sie die linke Maustaste drücken. Dabei zeigten sich im fMRT signifikante Gruppenunterschiede im Sinne einer Verschiebung der Aktivierung in den relevanten PFC-Regionen bei vermehrter hinweisreizbezogener Aktivierung in der jüngeren Teilnehmergruppe hin zu vermehrter reaktionsbezogener Aktivierung der älteren Teilnehmergruppe. Die hinweisreizbezogene Aktivierung bedeutet, dass ein proaktiver Kontrollmechanismus eingesetzt wird. Hier besteht eine tonische Aktivierung, die eine Verwendung von kontextrelevanter Information langanhaltend nutzt und zielrelevant einsetzen kann. Im Unterschied dazu sind bei der reaktionsbezogenen Aktivierung, die für die Anwendung reaktiver Kontrollmechanismen steht, Probanden weniger in der Lage, aufgabenrelevante Informationen in Form von Hinweisreizen lange anzuhalten. Die Aufmerksamkeitskontrollaktivität wird eher kurzfristig erhöht, vornehmlich, wenn Interferenzen auftreten.

Betrachtet man nun die Diskussion der von mir erhobenen Befunde unter dem Gesichtspunkt dieses Abschnittes, könnte die Erklärung einer beeinträchtigten Aufmerksamkeitsleistung im Sinne ihrer Aufrechterhaltung durchaus fundiert sein und ein hohes Erklärungspotential für die niedrigen Recall-Leistungen bieten, denn das relationale Enkodieren per se erfordert ein hohes Maß an dauerhafter Aufmerksamkeit.

Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass die oben genannten Studien genügend Anlass geben anzunehmen, dass die in dieser Arbeit erhobenen Befunde der beeinträchtigten Erinnerungsleistung aller drei Lernexperimente bei der Wilsonpatienten-

Gruppe auf eine Funktionsstörung der Basalganglien zurückzuführen ist, die sowohl grundlegende elabourierte Lernvorgänge als auch Aufmerksamkeitsprozesse betreffen.

10.1.2 Das Erinnern an selbst ausgeführte Handlungen bei Morbus Wilson-Patienten und Gesunden

Alle Teilnehmergruppen zeigten einen deutlichen Handlungsvorteil. Die Patientengruppe und die Kontrollgruppe unterschieden sich nicht signifikant in der Größe des SPT-Effektes voneinander. Die Verwendung realer Objekte hatte keinen größeren Einfluss auf den SPT-Effekt in der Patientengruppe als in der Kontrollgruppe.

Wie oben bereits erwähnt, ist damit ein Teil der Annahmen zum Handlungsvorteil, der einen deutlichen Handlungsvorteil konstatiert bei Patienten mit Morbus Wilson, bestätigt. Dagegen konnte die Zusatzannahme, dass dieser in der Patientengruppe relativ zu einer körperlich gesunden Kontrollgruppe größer ist, nicht uneingeschränkt untermauert werden. Zwar bestand ein numerisch größerer Gewinn bei den Wilson Patienten im SPT in allen Experimenten, wobei sich dieser im 3. Experiment nur unter der Bedingung ohne Orientierung zeigte; dieser ist aber nicht auf die von mir angenommene Steuerungsproblematik zurückzuführen, sondern bestand aufgrund der niedrigen Leistung der Patienten unter VT. Die als Grundlage für diese Vermutung angenommene Steuerungsproblematik bei der Wilson- Patientengruppe, auf der auch das von mir erstellte Modell zur Erinnerungsleistung unter SPT beruht, konnte letztlich nicht zufriedenstellend überprüft werden, da die untersuchte Patientengruppe keine auffälligen motorischen Probleme (mehr) aufwies. Bei der Motoriktestung (Steuerungsfähigkeit) im zweiten Experiment ergab sich zudem kein auffälliger Befund.

Aus dem gleichen Grund trifft die zu der oben überprüften Annahme alternative Vermutung (Unschärfe-Hypothese), die besagt, dass die Handlungssteuerung und damit die Kontrolle über die Handlungsausführung bei Patienten mit Morbus Wilson ebenfalls beeinträchtigt ist und zu einem Ausbleiben oder zu einer Reduzierung des SPT- Effektes führen soll, nicht zu.

Bevor nun eine Interpretation der Befunde vorgenommen wird, die darlegt, worauf der Handlungseffekt bei der Patientengruppe vermutlich beruht, soll zunächst einmal beurteilt werden, welche Gründe dafür explizit auszuschließen sind.

Wegen des Fehlens einer Steuerungsproblematik beim Ausführen von Handlungen, kann der Handlungseffekt nicht auf einer (über)kompensierten motorischen Problematik beruhen.

Wie in Kapitel 6 bereits postuliert, bietet die Handlungsausführung eine exzellente Möglichkeit, die Aufmerksamkeit auf das zu lernende Handlungsitem zu richten. Deshalb war angenommen worden, dass durch eine vermutete Steuerungsproblematik der Wilson-Patienten bei Handlungsausführung mehr Aufmerksamkeit für die Ausführung gebraucht würde, die Enkodierung deshalb intensiver sein sollte und woraus auch ein größerer SPT-Effekt resultieren sollte. Ein größeres Ausmaß an benötigter Aufmerksamkeit wäre aber mit einer höheren Konzentration verbunden, die vermutlich eine größere Inanspruchnahme an Reaktionszeit zu Folge hat. Für eine erhöhte Reaktionszeit bei Handlungsausführung fanden sich aber keine Belege: Weder in der Motoriktestung noch in der Aufmerksamkeitstestung sind bezüglich der Reaktionszeit bedeutsame Unterschiede zur Kontrollgruppe gemessen worden. Somit konnten keine Hinweise dafür gefunden werden, den SPT-Effekt der Wilson-Patienten mit einem im Vergleich zur gesunden Kontrollgruppe größeren Ausmaß an benötigter Aufmerksamkeit durch Handlungsausführung als beim Lernen unter VT zu erklären.

Nun bietet sich die Erklärung über die unterschiedliche qualitative Lernanforderung des relationalen Lernens beim verbalen Lernen auf der einen Seite gegenüber der itemspezifischen Form beim Handlungslernen auf der anderen Seite als ursächlich für die unterschiedlich auffälligen Erinnerungsleistungen der Patientengruppe zu betrachten an.

Der auftretende Handlungseffekt legt die Vermutung nahe, dass die Patientengruppe eher keine Probleme beim Enkodieren itemspezifischer Information hatte.

Diese Schlussfolgerung wird gestützt zum einen durch den deutlichen Recency-Effekt unter SPT in allen drei Studien und zum anderen durch den Befund der normalen Rekognitionsleistung der Patientengruppe, die sowohl in der ersten wie in der zweiten Untersuchung zu verzeichnen war.

Beide Gedächtnistests- die Rekognition im Allgemeinen sowie der Free Recall nach Handlungsausführung- ebenso der Recency-Effekt gelten als Maßstab für die Güte itemspezifischer Enkodierung (Bäckman & Nilsson, 1985; Cohen, 1981; Helstrup, 1986; Knopf, 1991; Kormi-Nouri, 1994; Mohr, Engelkamp & Zimmer, 1989; Nyberg, 1993).

Darüber hinaus basiert der Recency-Effekt, der auf dem sehr guten Abruf der zuletzt gelernten Items einer Liste beruht, auf einem automatischen Mechanismus, dem Pop-

out-Mechanismus (Zimmer, Helstrup & Engelkamp, 2000). Der Einsatz dieses Mechanismus setzt eine gute itemspezifische Enkodierung der Items voraus, die die Distinktivität jedes Lernitems erhöht und so den direkten automatischen Zugriff ermöglicht. Um einen Recency-Effekt zu erzeugen, reicht also ein automatischer Abrufprozess aus im Unterschied zur aktiven Suche beim Erinnern der ersten und mittleren Items einer Lernliste.

Beim Lernen in einer SPT Bedingung muss nicht erst, wie beim VT aktiv nach einer Enkodierstrategie gesucht werden, denn durch die Handlungsausführung wird dem Lernenden gewissermaßen buchstäblich eine Struktur „an die Hand gegeben“ (Zimmer & Engelkamp, 1985). Die Lerninstruktion gibt gleichsam eine exakte Enkodieranweisung vor, die dadurch bereits eine Lernstrategie festlegt und das Lernen itemspezifischer Information forciert, sodass zielgerichtet gelernt wird. Somit konnten die Patienten eine klare motorische Gedächtnisspur bilden, genau wie die Kontrollgruppe auch.

Das Anforderungsniveau ist dabei mit den angenommenen Beeinträchtigungen der Basalganglienfunktion, die bei Wilson-Patienten vorhanden ist und wie bereits erwähnt, beim itemspezifischen Enkodieren weniger zum Tragen kommt, vereinbar. Die, wenngleich geringen Anforderungen relationaler Enkodierung unter SPT, die primär in der Listenmitte entstehen, erfordern wieder ein explizit höheres Ausmaß an Aufmerksamkeitskontrolle und somit einen vermehrten Einsatz der Basalganglienfunktion. Dieser Anteil relationaler Enkodierung könnte für die Leistungseinbußen der Patientengruppe unter der Handlungsbedingung im Vergleich zur gesunden Kontrollgruppe verantwortlich sein. Nur dort, wo die Funktion der Basalganglien keine wesentliche Rolle spielt, wie beim Lernen itemspezifischer Information, die zur Erfassung der Erinnerungsleistung über die Rekognition hinreichend ist, zeigt sich eine normale Leistung (vgl. Flowers, Pearce & Pearce, 1984; Linden, 1992). Dies stimmt komplett überein mit den Untersuchungsbefunden der vorliegenden Arbeit.

10.2 Abschließende Bemerkungen

Das eigentliche Ziel der vorliegenden Arbeit, zu klären, inwieweit sich die Spätfolgen der Wilson-Erkrankung auf das Gedächtnis für selbst ausgeführte Handlungen auswirken, wurde erreicht.

Im Laufe der experimentellen Studien ergaben sich aber noch Befunde, für deren Entstehen keine hinreichend zufriedenstellende Antwort gefunden werden konnte: Die niedrige Behaltensleistung im Free Recall unter VT. Zur Erklärung wurden einige nahe- liegende Vermutungen angestellt, die zum einen eine gedächtnispsychologische Grund- lage haben: Eine ungenügende relationale Enkodierung und zum anderen eine mögliche neuropsychologische bzw. hirnorganische: Eine defizitäre Basalganglienfunktion.

Die gedächtnispsychologische Erklärung alleine konnte mit den durchgeführten Ex- perimenten nicht bestätigt werden. Ebenso wenig eine neuropsychologische bzw. hirn- organische Erklärung der Befunde.

Nun könnte man vermuten- da die durchgeführten Experimente nicht das ganze Spektrum möglicher gedächtnispsychologischer oder hirnorganisch- neuropsychologi- scher Erklärungsansätze überprüfen konnten, dass durch weitere differenzierte Unters- uchungen eine zufriedenstellende Antwort gefunden werden könnte. Die Erklärung einer hirnorganisch-neuropsychologischen Grundlage für eine defizitäre relationale Enkodie- rung, die zu einer geminderten Free Recall-Leistung führt, liegt aufgrund der Sympto- matik der Wilson-Erkrankung, sehr nahe. Bezüglich der hirnorganisch- neuropsychologischen Symptomatik, die bisher nur auf eine Basalgangliendysfunktion bei den Wilsonpatienten zurückgeführt werden konnte, wäre es sinnvoll, zu schauen, ob nicht noch andere Hirnbereiche aufgrund der Kupferintoxikation Dysfunktionen aufwei- sen, die maßgeblich an kognitive Funktionen beteiligt sind. Der Einsatz von bildgeben- den Verfahren zusätzlich zu neuropsychologischen Testungen erscheint hier angebracht und hilfreich. Dementsprechend sollten künftige Untersuchungen gezielt auf die Über- prüfung der Funktion dieser Hirnbereiche ausgerichtet werden.

Unter Berücksichtigung der eben dargestellten differentiellen Sichtweise der Ergeb- nisse der vorliegenden Arbeit komme ich zu folgendem Fazit:

Mit Ausnahme der Gedächtnisbeeinträchtigungen, fanden sich keine weiteren kogni- tiven Beeinträchtigungen. Dies rechtfertigt die Annahme, dass leichte kognitive Einbu- ßen als Spätfolge des Morbus Wilson bestehen bleiben. Diese wirken sich definitiv nicht auf das Handlungsgedächtnis aus.

Bezogen auf die Konzeption der Multimodalen Gedächtnistheorie (Engelkamp, 1990) unterstützen die vorliegenden Befunde das Postulat eines autonomen motorischen Speichersystems, das sich qualitativ von dem Speicher rein verbaler Information unter- scheidet. Weiterhin untermauern die vorliegenden Untersuchungsergebnisse die Not-

wendigkeit der Trennung der Verarbeitung relationaler und itemspezifischer Information und die Annahme, mit der in der Literatur die meisten Gedächtnisforscher konform gehen, dass der Handlungsvorteil auf einer hervorragenden itemspezifischen Enkodierung beruht (Bäckman & Nilsson, 1985; Cohen, 1981; Helstrup, 1986; Knopf, 1991; Kormi-Nouri, 1994; Mohr, Engelkamp & Zimmer, 1989; Nyberg, 1993).

Darüber hinaus wird auch offensichtlich, dass durch das Ausführen von Handlungen eine motorische Gedächtnisspur gebildet wird, die die sehr gute itemspezifische Enkodierung bestimmt und sich damit qualitativ wesentlich von der Enkodierung rein verbaler Information unterscheidet.

Inwieweit es individuelle Differenzen bei der Bildung der Stärke der Gedächtnisspur gibt und ob diese sich wiederum auf die Größe des SPT-Effektes auswirkt, etwa hinsichtlich der Fähigkeit zur Automatisierung von Handlungen bzw. umgekehrt durch die Behinderung der Automatisierung etwa durch Mangel an Übung oder körperliche Beeinträchtigungen, konnte in der vorliegenden Arbeit nicht geklärt werden. Befunde aus früheren Studien sprechen aber für die Notwendigkeit einer solchen Differenzierung (Krings et al., 2000).

Die Überprüfung des Ausmaßes der Stärke der individuellen motorischen Gedächtnisspur auf die Auswirkung der Ausprägung des SPT-Effektes bleibt somit der zukünftigen Forschung überlassen, ebenso die Klärung des Einflusses von Aufmerksamkeitsfaktoren im Hinblick auf Alertness und Handlungskontrolle.

11 Zusammenfassung

Ziel der vorliegenden Dissertation war, die Spätfolgen bei Patienten mit der Wilson-Erkrankung zu untersuchen im Hinblick auf ihr Gedächtnis für selbst ausgeführte Handlungen und mit dem einer gesunden Kontrollgruppe zu vergleichen.

In der Gedächtnisforschung ist seit Mitte der 80er Jahre bekannt, dass ein Erinnerungsvorteil besteht, wenn Phrasen mit Alltagshandlungen beim Lernen durch verbale Präsentation auch gleichzeitig symbolisch ausgeführt werden. Dieser Handlungsvorteil, auch als Tu- oder SPT-Effekt bezeichnet, bildet damit einen großen Unterschied zum rein verbalen Lernen ohne Handlungsausführung (Engelkamp & Krumnacker, 1980; Engelkamp & Zimmer, 1983, 1994b). Engelkamp und Zimmer vertreten die Ansicht,

dass für das Zustandekommen des Handlungsvorteiles die motorische Komponente wesentlich ist (Engelkamp & Zimmer, 1985; Engelkamp & Zimmer 1994a, 1995; Engelkamp, Zimmer, Mohr & Sellen, 1994). Sie ermöglicht ein besonders gutes und effizientes Lernen, die so genannte itemspezifische Enkodierung.

Zu dem Postulat der verantwortlichen motorischen Komponente beim Ausführen von Handlungen für den Handlungsvorteil entwickelte Engelkamp (1990) ein Modell, die „multimodale Gedächtnistheorie“. Sie wurde in dieser Arbeit vorgestellt. Kernstück des Modells ist die Annahme eines autonomen motorischen Systems (Programms), in dem ausschließlich motorische Information verarbeitet wird. Zum motorischen Aspekt bei der Handlungsausführung wurde zudem ein Modell von Zimmer (2001) erläutert, aus dem ersichtlich wird, dass bei der Handlungsplanung und -ausführung neben dem motorischen Aspekt jener der Aufmerksamkeit von großer Bedeutung ist.

Auf Basis der Annahme der motorischen Komponente als wesentlicher Grundlage für das Zustandekommen des SPT-Effektes wurde unter Zugrundelegung eines der Gruppe um Engelkamp und Zimmer sehr ähnlichen Untersuchungsdesigns das Handlungsgedächtnis bei einer Personengruppe überprüft, die unter einer sehr seltenen Stoffwechselerkrankung, Morbus Wilson, leidet. Diese Krankheit bewirkt durch einen Gen-Defekt, dass das täglich mit der Nahrung aufgenommene Schwermetall Kupfer vom Körper nicht verstoffwechselt wird, sich deshalb besonders in Leber und im Gehirn (Basalganglien, Kleinhirn, Hirnstamm) ansammelt und dort die Funktion von Nervenzellen beeinträchtigt. Die Folge dieser Intoxizität sind u.a. Bewegungsstörungen. Bei der hepatischen Form dieser Erkrankung lagert sich das Kupfer hauptsächlich in der Leber ab, bei der neurologischen Form vor allem in den für die Ausführung und Koordination von Bewegungen wesentlichen genannten Hirnbereichen.

Der Grund für diese Untersuchung war die Überlegung, dass Menschen mit Bewegungsstörungen eine andere Qualität des SPT-Effektes zeigen sollten als motorisch nicht eingeschränkte Personen.

Die Qualität dieses Einfluss sollte sich positiv auf das Handlungsgedächtnis auswirken. Ich vermutete, dass durch vermehrte Anstrengung beim Handeln und - im Vergleich zu motorisch nicht eingeschränkten Personen - notwendige Modifikationen beim Planen und Initiieren der auszuführenden Handlung das Gedächtnis für diese noch besser ist. Dazu wurde ein entsprechendes Modell konzipiert und vorgestellt. In der Literatur finden sich Belege dafür, dass eine vermehrte Anstrengung bei Handlungsausfüh-

rung im Unterschied zur automatisierten Ausführung eine höhere Aktivierung motorischer Areale im Gehirn bewirkt (Krings et al., 2000). Die Folge der größeren Anstrengung, repräsentiert durch eine höhere Aktivierung im Gehirn, sollte meiner Ansicht nach in eine bessere motorische Gedächtnisspur münden.

Im Zusammenhang mit der Wilson-Erkrankung wurde diskutiert, dass diese leichte kognitive Einbußen wie z.B. eine gestörte Aufmerksamkeit und Gedächtnisbeeinträchtigungen zur Folge haben kann (z.B. Portala, Levander, Westermark, Ekselius & von Knorring, 2001, Seniów, Bak, Gajda, Poniatowska & Czlonkowska, 2002). Auch diese Einschränkungen wurden in den Überlegungen zum Gedächtnis für Handlungen berücksichtigt und entsprechend in die Annahmen mit einbezogen. Diesbezüglich wurde vermutet, dass eine Lernaufgabe ohne die Unterstützung der Handlungsausführung zu schlechteren Leistungen führen sollte, verglichen mit einer gesunden Kontrollgruppe.

Zur Überprüfung der Hypothesen und des konzipierten Modells wurden insgesamt drei Studien durchgeführt. Die Teilnehmer, die aus einer Patientengruppe, nur im ersten Experiment unterteilt in eine hepatische und in eine neurologische Gruppe und eine alters- und ausbildungs-parallelisierten Kontrollgruppe bestanden, sollten Listen mit Handlungssätzen lernen einmal unter einer reinen Hör-Bedingung (verbal task, VT) zum anderen unter einer Handlungsbedingung (subject-performed task, SPT). Die Patienten hatten eine durchschnittliche Behandlungszeit von 14,2 Jahren und wiesen kaum noch eine sichtbare neurologische Symptomatik auf oder waren motorisch gar nicht mehr sichtbar eingeschränkt. Ich untersuchte damit die Spätfolgen der Erkrankung.

Die allgemeinen Ergebnisse aller drei Experimente waren konsistent hinsichtlich der Tatsache, dass die Patientengruppe immer signifikant schlechtere Gedächtnisleistungen im Free Recall zeigte. Der Handlungsvorteil war bei allen Teilnehmergruppen gegeben. Er war hochsignifikant. Die Rekognitionsleistung, die in den ersten beiden Experimenten getestet wurde, zeigte ein normales Niveau. Zudem ergaben sich keine signifikanten Unterschiede bezüglich der Gedächtnisleistungen zwischen den Patienten mit hepatischer und jenen mit neurologischer Ausprägung der Wilson-Erkrankung. Eine vergleichende Testung der Motorik zwischen einer gesunden Kontrollgruppe und der Wilsonpatientengruppe blieb ohne bedeutsamen Befund.

Auf der Basis des aktuellen Forschungsstandes, dass sowohl der Handlungsvorteil als auch die Leistungen in der Rekognition vornehmlich auf einer itemspezifischen Enkodierung beruhen und der vorliegenden normalen Befunde der Testung der Wiedererken-

nensleistung bei der Patientengruppe, wurde angenommen, dass das itemspezifische Lernen nicht beeinträchtigt ist. Dagegen sollten Defizite bei der Verarbeitung relationaler Information bestehen, deren Intaktheit für einen unbeeinträchtigten Free Recall notwendig ist. Zudem ergab die Analyse der serialen Positionskurven, die in allen drei Experimenten erstellt wurden, dass sowohl die Kontrollgruppe als auch die Wilson-Patienten unter VT den üblicher Weise auftretenden Primacy-Effekt zeigten als auch unter SPT einen Recency-Effekt. Der Abruf der Items in der Listenmitte fiel unter VT bei der Patientengruppe in allen drei Experimenten stark ab und unterschied sich hierin von der gesunden Kontrollgruppe.

Da bei den Wilsonpatienten die Effekte der Randpositionen normal waren, aber jene der Listenmitte Leistungseinbußen aufwiesen, untermauern die referierten vorliegenden Befunde insgesamt die Annahme, dass die Verarbeitung von relationaler Information bei der Patientengruppe beeinträchtigt ist.

Die Konsequenz daraus führte bei der Konzeption des dritten Lernexperimentes dazu, eine Enkodierhilfe in Form von relationalen und itemspezifischen Orientierungsaufgaben zu präsentieren. Darüber hinaus bestanden hier die Lernlisten aus verbundenen (relatierten) Handlungsitems. Diese enthielten eine bestimmte kategoriale Struktur. Durch die Manipulation der Verarbeitung relationaler Information sollte das hier angenommene Strategiedefizit bei der Verarbeitung relationaler Information bei der Patientengruppe kompensiert werden können. Zudem wurde die Aufmerksamkeitsleistung im Sinne einer Verhaltenskontrolle der kurzfristigen Aufrechterhaltung der Aufmerksamkeit überprüft, um zu schauen, ob mögliche Defizite beim relationalen Lernen auf einer Beeinträchtigung dieser verschiedenen Aspekte der Aufmerksamkeitsressourcen beruhen.

Die Patientengruppe zeigte in diesem dritten Lernexperiment wiederum eine signifikant schlechtere Gedächtnisleistung als die Kontrollgruppe im Free Recall bei normaler Leistung in der Aufmerksamkeitsstestung. Keine der Orientierungsaufgaben hatte bei beiden Teilnehmergruppen einen positiven Effekt auf die Gedächtnisleistung. Im Gegenteil: Die Orientierungsaufgaben bewirkten Gedächtniseinbußen. Der Handlungsvorteil war dennoch in beiden Teilnehmergruppen gegeben. Somit konnten weder die Annahme eines isolierten Strategiedefizites noch die eines Ressourcendefizites im Sinne der kurzfristigen Aufmerksamkeitskontrolle bestätigt werden.

Da nun ein hervorstechendes Merkmal der Wilsonerkrankung eine Beeinträchtigung der Basalganglienfunktion ist, die auch als Spätfolge noch bestehen bleiben kann, ist eine neuropsychologische Erklärung für die Beeinträchtigungen bei der Verarbeitung relationaler Information plausibel. Denn die Basalganglien sind sowohl anatomisch als auch funktionell in bedeutsame corticale und subcorticale Netzwerke eingebunden, die für das Lernen und die dauerhafte Aufrechterhaltung der Aufmerksamkeit als elementare Voraussetzung für ein normales Lernen und späteres Abrufen von Informationen verantwortlich sind.

Es bleibt damit festzustellen, dass leichte Einbußen in der Reproduktionsleistung als Spätfolgen einer hinreichend therapierten Wilsonerkrankung bestehen bleiben, dagegen hat diese Erkrankung keine negativen Auswirkungen auf das Erinnern selbst ausgeführter Handlungen. Der Handlungseffekt ist normal ausgeprägt.

In jeder Schwierigkeit lebt die Möglichkeit.

(Albert Einstein)

Literaturverzeichnis

- Ala, A., Schilsky, M.L. (2004). Wilson disease: pathophysiology, diagnosis, treatment, and screening. *Clinics in liver disease*, 8, 787-805.
- Anderson, J.R. (1983). *The architecture of cognition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Atkinson, R.C. & Shiffrin, R.M. (1968). Human memory: A proposed system and its control processes. In K.W. Spence & J.T. Spence (Hrsg.), *The Psychology of Learning and Motivation: Advances in Research and Theory, Vol. II* (S. 89-195). New York: Academic Press.
- Attalah, H.E., Frank, M.J., O'R, R.C. (2004). Hippocampus, cortex, and basal ganglia: insights from computational models of complementary learning systems. *Neurobiology of Learning and Memory*, 82, 253-67.
- Auclair, L., Siéoff, E. & Kocer, S. (2008). A case of spatial neglect dysgraphia in Wilson's disease. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 23, 47-62.
- Awh, E., Vogel, E.K. (2008). The bouncer in the brain. *Nature Neuroscience*, 11, 5-6.
- Bäckman, L. & Nilsson, L.G. (1984). Aging effects in free recall. An exception to the rule. *Human Learning*, 3, 53-69.
- Bäckman, L. & Nilsson, L.G. (1985). Prerequisite for the lack of age differences in memory performance. *Experimental Aging Research*, 11, 67-73.
- Bäckman, L., Nilsson, L.G. & Chalom, D. (1986). New evidence on the nature of the encoding of action events. *Memory and Cognition*, 14 (4), 339-346.
- Bearn, A.G. (1960). A genetical analysis of thirty families with Wilson's disease (hepatolenticular degeneration). *Annals of Human Genetics*, 24, 33-43.
- Bevan, M. D. Smith, A. D. & Bolam, J.P. (1996). The substantia nigra as a site of synaptic integration of functionally diverse information arising from the ventral pallidum and the globus pallidus in the rat. *Neuroscience*, 75, 5-12.
- Biegelmann, U. (1994). *Relationale und itemspezifische Information. Untersuchungen zum Trade-off und zur Redundanz*. Frankfurt: Haag und Herchen.

- Birbaumer, N. & Schmidt R. (1996). *Biologische Psychologie*. Berlin, Heidelberg, New York :Springer.
- Birbaumer, N., Schmidt R. (1995). *Wachen, Aufmerksamkeit und Schlafen*. In R. Schmidt & G. Thews (Hrsg.), *Physiologie des Menschen*. Berlin, Heidelberg, New York :Springer.
- Braver, T.S., Paxton, J.L., Locke, H.S, Barch, D.M. (2009). Flexible neural mechanisms of cognitive control within human prefrontal cortex. *PNAS*, *106*, 7351-7356.
- Bremer, Y., Müller, V., von Oertzen, T. & Lindenberger, U. (2005). Episodic memory in childhood and old age: The role of cortical coherence. In A. Mecklinger, H.D. Zimmer & U. Lindenberger (Eds.) *Bound in memory: Insights from behavioural and neuropsychological studies*. Aachen: Shaker.
- Brewer, G.J. (2000). Recognition, diagnosis and management of Wilson's disease. *Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine*, *223*, 1, 39-49.
- Brewer, G.J. & Yzbasiyan, V. (1992). Wilson Disease. *Medicine*, *71*, 3, 139-164.
- Brewer, G.J. (2005a). Behavioral Abnormalities in Wilson's Disease. In *Behavioral Neurology of Movement Disorders*, 2nd edition. Weiner, W.J., Lang, A.E., Anderson, K.E. (Eds.). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins.
- Brewer, G.J. (2005b). Neurologically Presenting Wilson's Disease. Epidemiology, Pathophysiology and Treatment. *CNS Drugs*, *19*, 185-192.
- Brewer, G.J. (2006). *Morbus Wilson. Ein Ratgeber für Patienten und deren Angehörige zu Morbus Wilson und Kupferfragen*. Norderstedt: Books on Demand GmbH.
- Broadbent, D.E (1958). *Perception and communication*. Oxford: Pergamon Press.
- Brodie, D.A. & Murdock, B.B. (1977). Effect of presentation time on nominal and functional serial-position curves of free recall. *Journal of Verbal Learning and Behavior*, *16*, 185-200.
- Brooks, B.M. & Gardiner, J.M. (1994). Age differences in memory for prospective compared with retrospective subject-performed tasks. *Memory and Cognition*, *22*, 27-33.
- Brown, P. & Marsden, C. D. (1998). What do the basal ganglia do?. *Lancet* *351*, 1801–1804.

- Brown, LL, Schneider, JS, Lidsky, TI (1997). Sensory and cognitive functions of the basal ganglia. *Current opinion in neurobiology*, 7, 157-163.
- Bull, PC, Thomas GR, Rommens JM (1993). The Wilson disease gene is a putative Copper transporting P-type ATPase similar to the Menkes gene. *Nature Genetics*, 5, 327-337.
- Cincotta, CM. Seger, CA. (2007). Dissociation between striatal regions while learning to categorize via feedback and via observation. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19, 249-265.
- Cohen, R.L. (1981) On the generality of some memory laws. *Scandinavian journal of Psychology*, 22, 267-281.
- Cohen, R.L. (1983). The effect of encoding variables on the free recall of words and action events. *Memory & Cognition*, 11, 575-582.
- Cohen, R.L. (1985). On the generality of the laws of memory: In L.G. Nilsson & T. Archer (Eds.), *Animal learning and human memory*. Hillsdale: Erlbaum.
- Cohen, R.L. (1989). Memory for action events. The power of enactment. *Educational psychological Review*, 1, 57-80.
- Cohen, R.L. & Bean, G. (1983). Memory in educable mentally retarded adults: deficit in subject or experimenter? *Intelligence*, 7, 287-298.
- Cohen, R.L. & Stewart, M. (1982). How to avoid developmental effects in free recall. *Scandinavian Journal of Psychology*, 23, 9-16.
- Collie, A. (2005). Cognition in liver disease. *Liver International*, 25, 1-8.
- Córdoba J, Flavià M, Jacas C, Sauleda S, Esteban JI, Vargas V, Esteban, R., Guardian, J. (2003). Quality of life and cognitive function in hepatitis C at different stages of liver disease. *Journal of Hepatology*, 39, 231-238.
- Craik, F.I.M. & Jennings, J.M. (1992). Human Memory. In Craik, F.I.M. & Salthouse, T.A. (Eds), *The handbook of aging and cognition*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Craik, F.I.M. & Lockhart, R.S (1972). Levels of processing: A framework for memory research. *Journal of Learning and Verbal Behavior*, 11, 671-684.

- Craik, F.I.M. & Tulving, E. (1975). Depth of Processing and the retention of words in episodic memory. *Journal of Experimental Psychology: General*, 104 , 268-294.
- Cummings, J.N. (1948). The copper and iron content of brain and liver in the normal and in hepato-lenticular degeneration. *Brain*, 71, 410-415.
- Das, M., Misra, K.& Kalita, J. (2007). A study of clinical, MRI and multimodality evoked potentials in neurologic Wilson disease. *European Journal of Neurology*,14, 498-504.
- DeLosh, E.L & McDaniel, M.A. (1996). The role of order information in free recall: Application to the word-frequency effect. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 22, 1136-1146.
- Dening, T.R., Berrios, G.E. (1989). Wilson's disease: psychiatric symptoms in 195 cases. *Archives of General Psychiatry*, 46, 1126-1134.
- Dick, M.B., Kean, M.-L. & Sands, D. (1989). Memory for action events in Alzheimer-type dementia. Further evidence of an encoding failure. *Brain and Cognition*, 9, 71-87.
- Downes, J.J, Roberts, AC, Sahakian, BJ, Evenden, JL, Morris, RG & Robbins, TW. (1989). Impaired extra-dimensional shift performance in medicated and unmedicated Parkinson's disease: evidence for a specific attentional dysfunction *Neuropsychology*, 27, 1329-1343.
- Ecker, W. (1995). *Kontrollzwänge und Handlungsgedächtnis*. Regensburg: Roederer.
- Einstein, G.O. & Hunt, R.R. (1980). Levels-of processing and organization: Additive effects of individual-item and relational processing. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 6, 588-598.
- Engelkamp, J. (1986). Nouns and verbs in paired-associate learning: Instructional effects. *Psychological Research*, 48, 153-159.
- Engelkamp, J. (1990). *Das menschliche Gedächtnis*. Göttingen: Hogrefe.
- Engelkamp, J. (1995). Visual imagery and enactment of actions in memory. *British Journal of Psychology*, 86, 227-240.
- Engelkamp, J. (1997a). *Das Erinnern eigener Handlungen*. Göttingen: Hogrefe.

- Engelkamp, J. (1997b). Memory for to-be-performed tasks versus memory for performed tasks. *Memory and Cognition*, 25, 117-124.
- Engelkamp, J., Biegelmann, U. & McDaniel, M.A. (1998). Relational and item-specific information: trade-off and redundancy. *Memory*, 6, 307-333.
- Engelkamp, J. & Dehn, D. (2000). Item and -order information in subject-performed tasks and in experimenter-performed tasks. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 26, 671-682.
- Engelkamp, J., Jahn, P. & Seiler, K.H. (2003). The item-order hypothesis reconsidered. The role of order information in free recall. *Psychological Research*, 67, 280-290.
- Engelkamp, J. & Krumnacker, H. (1980). Imaginale und motorische Prozesse beim Behalten verbalen Materials. *Zeitschrift für Experimentelle und Angewandte Psychologie*, 27, 511-533.
- Engelkamp, J., Mohr, G. & Zimmer, H. (1991). Pair-relational encoding of performed nouns and verbs. *Psychological Research*, 53, 232-239.
- Engelkamp, J., Seiler, K.H. & Zimmer, H.D. (2004). Memory for actions: Item and relational information in categorized lists. *Psychological Research*, 69, 1-10.
- Engelkamp, J., Seiler, K.H. & Zimmer, H.D. (2005). Differential relational encoding of categorical information in memory for action events. *Memory & Cognition*, 33, 371-379.
- Engelkamp, J. & Zimmer, H.D. (1983). Zum Einfluss von Wahrnehmen und Tun auf das Behalten von Verb-Objekt-Phrasen. *Sprache & Kognition*, 2, 117-127.
- Engelkamp, J. & Zimmer, H.D. (1984). Motor program information as a separable memory unit. *Psychological Research*, 46, 283-299.
- Engelkamp, J. & Zimmer, H.D. (1985). Motor programs and their relation to semantic memory. *German Journal of Psychology*, 9, 239-254.
- Engelkamp, J. & Zimmer, H D. (1989). Memory for action events: A new field of research. *Psychological Research*, 51, 153-157.
- Engelkamp, J. & Zimmer, H.D. (1994a). Motor similarity in subject-performed tasks. *Psychological research*, 52, 47-53.

- Engelkamp, J. & Zimmer, H.D. (1994b). *The human memory: A multimodal approach*. Seattle: Hogrefe & Huber.
- Engelkamp, J. & Zimmer, H.D. (1995). Similarity of movement in recognition of self-performed tasks and of verbal tasks. *British Journal of Psychology*, 86, 241-252.
- Engelkamp, J. & Zimmer, H.D. (1996). Organization and Recall in Verbal Tasks and in Subject-performed Tasks. *European Journal of Cognitive Psychology*, 8, 257-273.
- Engelkamp, J. & Zimmer, H.D. (1997). Sensory factors in memory for subject-performed tasks and experimenter performed tasks. *Acta Psychologica*, 96, 43-60.
- Engelkamp, J. & Zimmer, H.D. (2001). Categorical and order information in free recall of action phrases. *Psicologica: International journal of methodology and experimental Psychology*, 22, 71-96.
- Engelkamp, J. & Zimmer, H.D. (2003). Signing enhances memory like performing actions. *Psychonomic Bulletin & Review*, 10, 450-454.
- Engelkamp, J. & Zimmer, H.D. (2006). *Lehrbuch der Kognitiven Psychologie*. Göttingen: Hogrefe.
- Engelkamp, J., Zimmer, H.D. & Biegelmann, U. (1993). Bizarreness effects in verbal tasks and subject-performed tasks. *European Journal of Cognitive Psychology*, 5, 393-415.
- Engelkamp, J., Zimmer, H.D., Mohr, G. & Sellen, O. (1994). Memory of self-performed tasks: Self-performing during recognition. *Memory and Cognition*, 22, 34-39.
- Fimm, B. Heber, I., Coenen, V. Fromm, Ch., Noth, J., Kronenberger, M. (2009). Deep brain stimulation of the Subthalamic Nucleus improves intrinsic alertness in Parkinson disease. *Movement Disorders*, 24, 1613-1620.
- Floreani A, Marchiori M, Bonato S, Zucchetto M, Naccarato R, Chiaramonte M. (1995). Cognitive assessment in primary biliary cirrhosis: a case- control study. *American Journal of Gastroenterology*, 90, 250-253.
- Flowers, K. A., Pearce, I. & Pearce, J.M. (1984). Recognition memory in Parkinson's disease. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 47, 1174-1181.

- Freitag, C. (2003). *Untersuchung zu orofacialen und Extremitätenbewegungen bei Morbus Wilson*. Dissertation, Universität Düsseldorf.
- Frydman, F., Bonn -Tamir, B., Farrer, A. (1985). Assignment of the gene for Wilson's disease to chromosome 13: linkage to the esterase D locus. *Proceedings of the National academy of sciences of the USA*, 82, 1819-1821.
- Giertler, C. (2003). *Die Rolle des nucleus accumbens bei der Expression und Akquisition von instrumentellem Verhalten der Ratte*. Dissertation, Universit t Stuttgart.
- Glanzer, M. & Cunitz, A.R. (1966). Two storage mechanisms in free recall. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 5, 351-360.
- Gleixner, C., M ller, M., Wirth, S. (1999). *Neurologie und Psychiatrie f r Studium und Praxis*. Breisach: Medizinische Verlags- und Informationsdienste.
- Glenberg, A.M., Bradley, M.M, Stevenson, J.A., Kraus, T.A., Tkatschuk, M.J., Gretz, A.L., Fish, J.H. & Turpin, B.M. (1980): A two-process account on long-term serial position effects. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 6, 355-369.
- Goldenberg, G. (2002). Neuropsychologie. M nchen: Urban & Fischer.
- Goldenberg, G., Schuri, U., Gr mminger, O. & Arnold, U. (1999). Basal forebrain amnesia: does the nucleus accumbens contribute to human memory?. *Journal of Neurology, Neurosurgery, and Psychiatry*, 67, 163-168.
- Gr nlund, J., N nt -Salonen, K., Venetoklis, J. Holmberg, R-L., Heinonen, A. & St hlberg, M.-R. (2006). Poor cognitive development and abdominal pain. Wilson's disease. *Scandinavian Journal of Gastroenterology*, 41, 361-364.
- Grosjean, F. & Deschamps, A. (1973). Analyse des variables temporelles du francais spontane II. Comparaison du francais oral dans la description avec l'anglais (description) et avec le francais (interview radiophonique). *Phonetica*, 829-833.
- Gr nberger, J., Sluga, W., Tschabitscher, H. (1967) Kriminelle Verhaltensst rung bei Morbus Wilson. *Wiener Zeitschrift f r Nervenheilkunde*, 24, 313-325.
- Hach, B & Hartung, M. L. (1979). The effect of penicillamine on the mental disorders associated with Wilson's disease. *Der Nervenarzt*, 50, 115-120.

- Hall, HC (1921). La dégénération hepato-lenticular. Maladie de Wilson-Pseudosklérose. Paris: *Masson et Cie*; 361.
- Hefter, H. (2003). Kongressvortrag, Heidelberg.
- Hefter, H. (1997). Neuropsychological characteristics in Wilson's disease. In M. Yasui et al. (Hrsg). *Mineral and Metal neurotoxicology*. Boca Raton, New York, London, Tokyo: CRC Press.
- Hefter, H., Arendt, G., Stremmel, W. & Freund, H.J. (1993a). Motor impairment in Wilson's disease, I. Slowness of voluntary limb movements. *Acta Neurologica Scandinavica*, 87, 133-147.
- Hefter, H., Arendt, G., Stremmel, W. & Freund, H.J. (1993b). Motor impairment in Wilson's disease, II. Slowness of speech. *Acta Neurologica Scandinavica*, 87, 148-160.
- Helstrup, T. (1987). One, two or three memories? A problem-solving approach to memory for performed acts. *Acta Psychologica*, 66, 37-68.
- Helstrup, T. (1986). Separate memory laws for recall of performed acts? *Scandinavian Journal of Psychology*, 27, 1-29.
- Herrmann, W. (2004). Kongressvortrag, Heidelberg.
- Herrmann, W., Tietze, F., Villmann, T., Grahmann, F., Wagner, A. (2000). Klinische und feinmotorische Therapiekontrolle bei Morbus Wilson. *Der Nervenarzt*, 12, 970-974.
- Herrmann, W., Günther, P., Hahn, S., Dietrich, J., Villmann, T., Eggers, B., Wagner, A. (2002). Cerebrale MRT und evozierte Potenziale bei Morbus Wilson. *Der Nervenarzt*, 73, 349-354.
- Heyder, K., Suchan, B., Daum, I. (2004). Cortico-subcortical contributions to executive control. *Acta Psychologica*, 115, 271-289.
- Hochstenbach, J., van Spaendonck, K., Cools, A.R., Horstink, M. & Mulder, T. (1998). Cognitive deficits following stroke in the basal ganglia. *Clinical Rehabilitation*, 12, 514-520.
- Hunt, R.R. & Einstein, G.O. (1981). Relational and item-specific information in memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 20, 497-514.
- ICD-10: *Internationale Klassifikation psychischer Störungen* (1993). Göttingen: Huber.

- Isaacs-Glabermann, K., Medalia, A., Scheinberg, I.H. (1989). Verbal recall and recognition abilities in patients with Wilson disease. *Cortex*, 25, 353-361.
- Jahn, P. (2004). *Die Gedächtniswirksamkeit der Handlungsplanung. Eine Untersuchung unter Berücksichtigung der Forschung zum Handlungsgedächtnis*. Hamburg: Dr. Kovac.
- Kahnemann, D. (1973). *Attention and effort*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall.
- Karlsson, T., Bäckman, L., Herlitz, A., Nilsson, L.-G., Winblad, B. & Österlind, P.-O. (1989). Memory improvement at different stages of Alzheimer's disease. *Neuropsychologia*, 27,737-742.
- Kayser, B. (1902). Über einen Fall von angeborener grünlicher Verfärbung der Kornea. *Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde*, 40, 22-25.
- Kliegl, R. & Lindenberger, U. (1993). Modeling intrusions and correct recall in episodic memory: Adult age differences in encoding of list context. *Journal of Experimental Psychology: Learning, memory and cognition*, 19, 617-637.
- Kluwe, R. (1997). Intentionale Steuerung kognitiver Prozesse. *Kognitionswissenschaft*, 6, 1-17.
- Knopf, M. (1991). Having shaved a Kiwi fruit: Memory of unfamiliar subject-performed actions. *Psychological research*, 53, 203-211.
- Knopf, M. (1995). Das Erinnern eigener Handlungen im Alter. *Zeitschrift für Psychologie*, 203, 335-349.
- Knopf, M., Mack, W., Lenel, A. Ferrante, S. (2005). Memory for action events. Findings in neurological patients. *Scandinavian Journal of Psychology*, 46, 11-19.
- Kolb, B., Wishaw, I.Q. (1996). *Neuropsychologie*. Heidelberg: Spektrum.
- Koriat, A., Ben-Zur, H. & Nussbaum, A. (1990). Encoding information for future action. Memory for to-be-performed tasks versus memory for to-be-recalled tasks. *Memory and Cognition*, 18, 568-578.
- Kormi-Nouri, R. (1994). *Memory for action events. An episodic integration view*. Doctoral dissertation. Umea University, Umea, Sweden.

- Kormi-Nouri, R. (1995). The nature of memory for action events: An episodic integration view. *European Journal of Cognitive Psychology*, 7, 337-363.
- Kormi-Nouri, R. (2000). The role of movement and object in action memory. A comparative study between blind, blindfolded and sighted subjects. *Scandinavian Journal of Psychology*, 41, 71-75.
- Kormi-Nouri, R. & Nilsson, L.-G. (2001). The motor component is not crucial. In H.D. Zimmer, R.L. Cohen, M.J. Gynn, J.Engelkamp, R.Kormi-Nouri & M.A. Foley (Hrsg.), *Memory for action. A distinct form of episodic memory?*. New York: Oxford University Press.
- Kormi-Nouri, R., Nilsson, L.-G. & Bäckman, L. (1994). The dual-conception view reexamined: attentional demands and the encoding of verbal and physical information in action events. *Psychological Research*, 57, 42-46.
- Krings, T., Töpper, R. Foltys, H., Erberich, S., Sparing, R., Willmes, K. Thron, A. (2000). Cortical activation patterns during complex motor tasks in piano players and control subjects. A functional magnetic resonance imaging study. *Neuroscience Letters*, 278, 189-193.
- Kriz, G. (2000). *Ausführen von Handlungen als Gedächtnisstrategie für Patienten mit Hirnschädigungen. Einflußgrößen und praktische Anwendung*. München: Herbert Utz.
- Lamer, B. (1999). *Neuropsychologische und klinische Diagnostik bei Morbus Wilson Patienten*. Unveröffentlichte Diplomarbeit, Universität Wuppertal.
- Lang, C. (1989). Is Wilson's disease a dementing condition? *Journal of Clinical Neuropsychology*, 14, 569-570.
- Lang, C., Müller, D., Claus, D. & Druschky, K.F. (1990) Neuropsychological findings in treated Wilson's disease. *Acta Neurological Scandinavica*, 81, 75-81.
- Lauterbach, E.C., Cummings, J.L., Duffy, J., Coffey, C.E., Kaufer, D., Lovell, M., Malloy, P, Reeve, A., Royall, D.R., Rummans, T.A. & Salloway, S.P. (1998). Neuropsychiatric Correlates and treatment of lenticulostratial diseases: a review of the literature and overview of research opportunities in Huntington's, Wilson's and Fahr's

- diseases. A report of the ANPA Committee on Research. *Journal of Neuropsychiatry*, 10, 249-266.
- Levander, S. (1988). An automated psychological test battery: IBM-PC version. Research report from Department of Psychiatry and Behav Medicine, University of Trondheim, Norway 11:65.
- Lhermitte, F.(1983). 'Utilization behaviour' and its relation to lesions of the frontal lobes. *Brain*;106, 237-55.
- Linden, A. (1992). *Der Beitrag der Basalganglien zum konditionalen Assoziationslernen*. Frankfurt am Main: Lang.
- Littman, E., Medalia, A., Senior, G., Scheinberg, I.H. (1995). Rate of Information Processing in Patients with Wilson's Disease. *The Journal of Neuropsychiatry and Clinical Neurosciences*, 7, 68-71.
- Lüken, U. (2007). *Basalganglien- was ist das eigentlich? Funktionelle Neuroanatomie der Basalganglien*. Seminarvortrag. TU Dresden,
- Maier-Dobersberger, T. (1999). Morbus Wilson. Diagnosestellung mit konventionellen und molekularbiologischen Methoden. *Deutsche Medizinische Wochenschrift*, 124, 493-496.
- Mandler, G. (1979). Organization and repetition: Organizational principles with special reference to rote learning. In L.Nilsson (Ed.), *Perspectives on memory research: Essay in honor of Uppsala University's 500th*. Hillsdale, N.J.: Erlbaum.
- Mayr, U., Kliegl, T. & Krampe, R.T. (1996). Sequential and coordinative processing dynamics in figural transformations across the life span. *Cognition*, 59, 61-90.
- Mc Crea, M Cordoba, J. Vessey, G., Blei, AT., Randolph; C. (1996). Neuropsychological characterization and detection of subclinical encephalopathy. *Archives of Neurology*, 53 , 758-763.
- McDaniel, M.A., DeLosh, E.L. & Merrit, P.S. (2000). Order information and retrieval distinctiveness: Recall of common versus bizarre material. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 26, 1045-1056.
- McVea, D.A., Pearson, K.G. (2006). Long-lasting memories of obstacles guide leg movements in the walking cat. *Journal of Neuroscience*, 26, 1175-1178.

- Medalia, A. (1991). Memory Deficits in Wilson's disease: A response to Lang. *Journal of clinical and experimental Neuropsychology*, 13, 359-360.
- Medalia, A., Galynker, I. Scheinberg, H. (1992). The interaction of motor, memory and emotional dysfunction in Wilson's disease. *Biol. Psychiatry*, 31, 823-826.
- Medalia, A., Scheinberg, H. (1991). Intellectual functioning in treated Wilson's disease. *Annals of Neurology*, 29, 573-574.
- Medalia, A., Isaacs-Glabermann, K., Scheinberg, H. (1988). Neuropsychological impairment in Wilson disease. *Acta Neurologica*, 45, 502-504.
- Middleton, F.A. & Strick, P. L. (2000). Basal Ganglia Output and Cognition: Evidence from Anatomical, Behavioral and Clinical Studies. *Brain and Cognition*, 42, 183-200.
- Mimura, M., Komatsu, S., Motoichiro, K. Yashimasu, H., Wakamatsu, N. & Kashima, H. (1998). Memory for subject performed tasks in patients with Korsakoff syndrome. *Cortex*, 34, 297-303.
- Mohr, G. Engelkamp, J. & Zimmer, H.D. (1989). Recall and recognition of self-performed acts. *Psychological Research*, 51, 181-187.
- Mottaghy, F.M., Willmes, K., Horwitz, B., Müller, H.-W., Krause, B.J., Sturm, W. (2006). Systems level modelling of a neuronal network subserving intrinsic alertness. *NeuroImage*, 29, 225-233.
- Myers, C. E., Shohamy, D., Gluck, M. A., Grossman, S. Kluger, A., Ferris, S., Golomb, J., Schnirman, G. & Schwartz, R. (2003). Dissociating hippocampal versus basal ganglia contributions to learning and transfer. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 15, 185-193.
- Neidhardt, E. (1995). *Entwicklung des Handlungsgedächtnisses im Alter: Konzeptuelle Aspekte (Development of action memory in aged: Conceptual aspects)*. Lengerich: Pabst Science Publishers.
- Neumann, O. (1992). Theorien der Aufmerksamkeit: von Metaphern zu Mechanismen. *Psychologische Rundschau*, 43, 69-82.
- Nilsson, L.-G. (2000). Remembering actions and words. In F.I.M. Clark & E. Tulving (Eds.), *Oxford Handbook of Memory*. Oxford: Oxford University Press.

- Nilsson, L.-G. & Bäckman, L. (1989). Implicit memory and the enactment of verbal instructions. In S. Lewandowsky, J. Dunn, & K. Kirsner (Eds.), *Implicit memory: Theoretical issues*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Nilsson, L.-G. & Bäckman, L. (1991). Encoding dimensions of subject-performed tasks. *Psychological Research*, 53, 212-218.
- Nilsson, L.-G., Bäckman, L., Erngrund, K., Nyberg, L., Adolfsson, R., Bucht, G., Karlsson, S., Widing, M. & Winblad, B. (1997). The Betula prospective cohort study: Memory, health, and aging. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 4, 1-32.
- Nilsson, L.-G. & Cohen, R.L. (1988). Enrichment and generation in the recall of enacted and non-enacted instructions. In M.M.Gruneberg, P.E. Morris & R.N. Sykes (Eds.) *Practical aspects of memory. Current research and issues*. Chichester: John Wiley & Sons.
- Nilsson, L.-G. & Craik, F.I.M. (1990). Additive and interactive effects in memory for subject-performed tasks. *European Journal of Cognitive Psychology*, 2, 305-324.
- Nilsson, L.-G., Nyberg, L., Kormi-Nouri, R. & Rönnlund, M. (1994). Dissociative effects of elaboration on memory of enacted and non-enacted events: A case of a negative effect. *Scandinavian Journal of Psychology*, 35, 225-231.
- Nilsson, L.-G., Nyberg, L., Klingberg, T., Åberg, C., Persson, J. & Roland, P.E. (2000). Activity in motor areas while remembering action events. *Neuroreport*, 11, 2199-2201.
- Norman, D.A. (1968). Towards a theory of memory and attention. *Psychological review*, 75, 522-536.
- Nyberg, L. (1993). *The enactment effect. Studies of memory phenomenon*. Unpublished doctoral dissertation, University of Umea.
- Nyberg, L., Petersson, K.M., Nilsson, L.-G., Sandblom J, Åberg C. & Ingvar, M. (2001). Reactivation of Motor Brain Areas during Explicit Memory for Actions. *NeuroImage*, 14, 521-528.
- O'Carol, RE, Hayes, PC, Ebmeier, KP, Dougall, N Murray,C. Best JK (1991). Regional cerebral blood flow and cognitive function in patients with chronic liver disease. *Journal of Gastroenterology*, 337, 1250-1253.

- Oesterreich, R. & Köddig, C. (1995). Das Generieren von Handlungsvorstellungen im Modell "Netz erinnerbaren Handelns" und der Tu-Effekt. *Zeitschrift für experimentelle und angewandte Psychologie*, 42, 280-301.
- Oloffsen, U. (1996). The effect of enactment on memory for order. *Psychological Research*, 59, 75-79.
- Packard, M.G. & Knowlton, B.J. (2002). Learning and memory functions of the basal ganglia. *Annual Review of Neuroscience*, 25, 563-593.
- Palfi, S., Ferrante, R.J., Brouillet, E., Beal, M.F., Dolan, R. Guyot, M.C., Peschanski, M. & Hantraye, P. (1996). Chronic 3-nitropropionic acid treatment in baboons replicates the cognitive and motor deficits of Huntington's disease. *Journal of Neuro-science*, 16, 3019-3025.
- Parent, A. & Hazrati, L. N. (1995). Functional anatomy of the basal ganglia I. The cortico-basal ganglia-thalamo-cortical loop. *Brain Research. Review*, 20, 91-127.
- Passingham, R. (1985 b). Prefrontal Cortex and the sequencing of movements in monkeys (Macaca mulatta). *Neuropsychologica*, 23, 453-462.
- Perea, N. & Rosa, E. (2002). The effects of associative and semantic priming in the lexical decision task. *Psychological Research*, 66, 180-194.
- Pinel, J.P.J. (2001). Biopsychologie. Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag GmbH.
- Poldrack, R. A., Clark, J., Paé-Blagoev, E.J., Shohamy, D., Creso Moyano, J. Myers, C. & Gluck, M.A. (2001). Interactive memory systems in the human brain. *Nature*, 414, 546-550.
- Portala, K., Levander, S., Westermark, K., Ekselius, L. & von Knorring, L. (2001). Pattern of neuropsychological deficits in patients with treated Wilson's disease. *European archive of psychiatry and clinical neuroscience*, 251, 262-268.
- Posner, M.I. & Snyder, C.R.R. (1975). Facilitation and inhibition in the processing of signals. In P.M.A. Rabbitt & S. Dornic (Eds.), *Attention and performance (Vol.V)*. New York. Academic Press.
- Przuntek, H., Hoffmann, E. (1987). Epidemiologische Untersuchung zum Morbus Wilson in der Bundesrepublik Deutschland. *Der Nervenarzt*, 58, 150-157.

- Rathbun, J.K. (1996). Neuropsychological Aspects of Wilson's disease. *International Journal of Neuroscience*, 85, 221-229.
- Redgrave, P., Prescott, T.J. & Gurney, K. (1999a). The basal ganglia: a vertebrate solution to the selection problem? *Neuroscience*, 89, 1009-1023.
- Roberts, A.C. Robbins, T.W. & Weiskrantz, L. (Eds.) (1998). *The prefrontal cortex. Executive and cognitive functions*. Oxford: Oxford University Press.
- Roche. (1998). *Lexikon der Medizin* (4. Auflage). München: Urban & Fischer.
- Roediger, H.L. & Blaxton, T.A. (1987). Effects of varying modality, surface features, and retention interval on priming in word-fragment completion. *Memory and Cognition*, 15, 379-388.
- Roeltgen, D. P. & Schneider, J.S. (1994). Task persistence and learning ability in normal and low dose MPTP-treated monkeys. *Behavioural Brain research*, 60, 115-124.
- Roenker, D.L., Thompson, C.P. & Brown, S.C. (1971). Comparison of measures for the estimation of clustering in free recall. *Psychological Bulletin*, 76, 45-48.
- Saathoff, J.E.(1999). *Visuelle und motorische Information beim Erinnern von Eigenen Handlungen*. Lengerich: Pabst.
- Saint-Cyr, J.A. (2003). Frontal-striatal circuit functions: Context, sequence, and consequence. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 9, 103-127.
- Saltz, E. (1988). The role of motoric enactment. (M-processing) in memory for words and sentences. In M.M. Gruneberg, P.E. Morris & R.N. Sykes (Eds). *Practical aspects of memory: Current research and issues. (Vol.1)*. Chichester: Wwiley.
- Saltz, E. & Donnenwerth-Nolan, S. (1981). Does motoric imagery facilitate memory for sentences? A selective interference test. *Journal of Verbal Learning and Behaviour*, 20, 322-332.
- Sargolini, F., Florian, C., Oliverio, A., Mele, A. & Rouillet, P. (2003). Differential involvement of nmda and ampa receptors within the nucleus accumbens in consolidation of information necessary for place navigation and guidance strategy of mice. *Learning and memory*, 10, 285-292.

- Saß, H. (2001). *DSM IV: Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (Diagnostisches und Statistisches Handbuch Psychischer Störungen)*. Göttingen: Hogrefe.
- Schäfer, M. (2007). Kongressvortrag, Regensburg.
- Schäfer, M. (2003). Kongressvortrag, Heidelberg.
- Scheinberg, I.H. Sternlieb, I. (1984). Wilson's disease. In Smith, L.H. Jr. (Ed). *Major Problems in Internal Medicine*. Philadelphia: W.B. Saunders Company.
- Schilsky, M.L. (2005). Wilson disease: new insights into pathogenesis, diagnosis, and future therapy. *Current Gastroenterology Reports*, 7, 26-31.
- Schneider, J.S & Pope-Coleman, A. (1995). Cognitive deficits precede motor deficits in a slowly progressing mo of parkinsonism in the monkey. *Neurodegeneration*, 4, 245-255.
- Schneider, J.S & Roeltgen, D. P.(1993). Delayed matching -to-sample, object retrieval and discrimination reveals deficits in chronic low dose MPTP-treated monkeys. *Brain Research*, 615, 351-354.
- Schoen, R.E & Sternlieb, I. (1990). Clinical aspects of Wilson's disease. *American Journal of Gastroenterology*, 85, 1453-1457.
- Seger, C.A. (2006). The basal ganglia in human learning. *The Neuroscientist*, 12, 285-290,
- Seiler, K.H. (2003). *Gedächtnis für Handlungen - Rolle relationaler und itemspezifischer Information*. Hamburg: Kovac.
- Seiler, K.H. & Engelkamp, J. (2003). The role of item-specific information for the serial position curve in free recall. *Journal of Experimental Psychology. Learning, Memory and Cognition*, 29, 954-964.
- Seniów, J. (1998). *Neuropsychological characteristics of the patients with Wilson's disease*. Unpublished doctoral dissertation. The Warsaw University, Warsaw, Poland.
- Seniów, J., Bak, T., Gajda, J., Pontiatowska, R., Czlonkowska, A. (2002). Cognitive Functioning in Neurologically Symptomatic and Asymptomatic Forms of Wilson's Disease. *Movement Disorders*, 17, 1077-1083.

- Sharpe, MH (1990). Distractibility in early Parkinson's disease. *Cortex*, 26, 239-246.
- Sharpe, MH (1992). Auditory attention in early Parkinson's disease: an impairment of focused attention. *Neuropsychologia*, 39, 101-106.
- Sharps, M.J., Price, J.L., & Bence, V.M. (1996). Visual and auditory information as determinants of primacy effects. *The Journal of General psychology*, 76, 504-513.
- Shallice, T. & Burgess, P.W. (1991). Deficits in strategy application following frontal lobe damage in man. *Brain*, 114, 727-741.
- Shiffrin, R.M. & Schneider, W. (1977). Controlled and automatic information processing: II. Perception, learning, automatic attending and a general theory. *Psychological Review*, 84, 127-190.
- Silbernagl, Despopoulos : *Taschenatlas der Physiologie*. 1988, Stuttgart: Thieme.
- Smolarek, C. (ohne Datum). *Informationsbroschüre für Patienten und Angehörige*. Dietzenbach: Orphan Europe.
- Smolarek, C. & Stremmel, W. (1999). Therapie des Morbus Wilson. *Zeitschrift für Gastroenterologie*, 37, 293-300.
- Sood, G., Sarin, S.K., Mahaptra, J., Broor, S.L. (1989). Comparative Efficacy of psychometric test in detection of subliminal encephalopathy in non-alcoholic cirrhosis: search for rational approach. *American Journal of Gastroenterology*, 84, 156-159.
- Stremmel, W. (1992). Pathogenese des Morbus Wilson. *Zeitschrift für Gastroenterologie*, 30, 199-201.
- Stremmel, W.(2002). Kongressvortrag, Heidelberg.
- Sturm, W. (2002). Diagnostik von Aufmerksamkeitsstörungen in der Neurologie. *Acta Neurologica*, 29, 25-29.
- Sturm, W. (2004). Kognitive Kontrolle der Aufmerksamkeitsintensität. Funktionelle Neuroanatomie. *Zeitschrift für Psychologie*, 212, 107-114.
- Sturm, W., de Simone, A., Kraus, B.J., Specht, K. Hesselmann, V., Rademacher, L. Herzog, H. Tellmann, L., Muller-Gartner, H.W. Willmes, K. (1999). Functionmal anat-

- omy of intrinsic alertness:evidence for a fronto-parietal-thalamic-brainstem network in the right hemisphere. *Neuropsychologia*, 37, 797-805.
- Suchan, B., Daum, I. (2006). Exekutive und mnestiche Funktionen. In H-O. Karnath & P. Thier (Hrsg.), *Neuropsychologie*. Heidelberg, Berlin: Springer.
- Sutherland, R. & Rodriguez, A. (1989). The role of the fornix/fimbria and some related subcortical structures in place learning and memory. *Behavioural Brain Research*, 32, 265-277.
- Sutkowska-Hoser, J., Seniów, J., Czlonkowska, A., Laudanski K. (2005). Cognitive functioning and life activity in patients with hepatic form of Wilson's disease. *Polish Psychological Bulletin*, 36 , 234-238.
- Tan, L., Ward, G. (2000). A recency-based account of the primacy effect in free recall. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 26, 1589-1625.
- Tarter, R.E., Edwards, K.L., Van Thiel, D.H. (1988). *Medical Neuropsychology. The Impact of disease on behaviour*. New York: Plenum Press.
- Tarter, R.E., Switala, J., Carra J., Edwards, N. & Van Thiel, D. (1987). Neuropsychological impairment associated with hepatolenticular degeneration (Wilson's disease) in the absence of overt encephalopathy. *International Journal of Neuroscience* 37, 67-71.
- Tulving, E. (1972). Episodic and semantic memory. In E. Tulving & W. Donaldson (Eds.), *Organization of memory* (pp. 381-403). New York: Plenum.
- Tulving, E. (2002). Episodic memory: from mind to brain. *Annual review of Psychology*, 53, 1-25.
- Varga-Khadem, F., Gadian, D.G, Watkins, K.E. (1997). Differential effect of early hippocampal pathology on episodic and semantic memory. *Science*, 277, 376-380.
- Von Essen, J.D. (2005). Enactment enhances integration between verb and noun, but not relational processing, in episodic memory. *Scandinavian Journal of Psychology*, 46, 315-321.
- Walshe, JM (1956). Penicillamine. A new oral therapy for Wilson's disease. *American Journal of Medicine*, 21, 487-495.

- Westphal, C. (1883). Über eine dem Bilde der cerebrospinalen grauen Degeneration ähnlichen Erkrankung des zentralen Nervensystems ohne anatomischen Befund nebst einiger Bemerkungen über paradoxe Kontraktionen. *Archiv für Psychiatrie und Nervenkrankheiten*, 14, 87-134.
- Wheeler, M.A, Stuss, D.T., Tulving, E. (1997). Toward a Theory of Episodic Memory: The Frontal Lobes and Autonoetic Consciousness. *Psychological Bulletin*, 121, 331-354.
- Wilkinson, L., Khan, Z., Jahanshahi, M. (2009). The role of the basal ganglia and its cortical connection in sequence learning: Evidence from implicit and explicit learning in Parkinson's disease. *Neuropsychologia*, 47, 2564-2573.
- Willeit, J., Kiechl, S.G. Birbaumer, G., Schmidbauer, Ch., Felber, St., Aichner, F., Saltvari, L., Metzler, R., Judmaier, G. (1992). Morbus Wilson mit primärer ZNS-Manifestation - aktueller Stand in Diagnostik und Therapie. In *Fortschr. Neurol. Psychiat.*, 60, 237-245.
- Wilson, S.K (1936). Die zentralen Bewegungsstörungen. *Abhandlungen aus der Neurologie, Psychiatrie, Psychologie und ihren Grenzgebieten. Beihefte zur Monatsschrift für Psychiatrie und Neurologie*, 75. Berlin.
- Zgaljardic, D.J., Borod, J.C., Foldi, N.S. & Mattis, P. (2003). A review of the cognitive and behavioral sequelae of Parkinson's disease: Relationship to frontostriatal circuitry. *Cognitive and Behavioral Neurology*, 16, 193-210.
- Zimmer, H.D. (1984). *Enkodierung, Rekodierung, Retrieval und die Aktivierung motorischer Programme* (Arbeiten aus der FR Psychologie Nr. 91).Saarbrücken: Universität des Saarlandes.
- Zimmer, H.D. (1996a). Performing actions during study enhances retrospective memory and facilitates future actions. *Paper presented at the International Conference on Memory*, Padova, Italy.
- Zimmer, H.D. (1996b.) Subject-performed tasks enhance item-specific information but not context integration. *Paper presented at the XXVI world Congress of Psychology*, Montreal, Canada.

- Zimmer, H.D. (2001). Why do actions speak louder than words: action memory as a variant of encoding manipulations or the result of a specific memory system? In H.D. Zimmer et al (Eds.), *Memory for action: A distinct form of episodic memory?* (pp. 151-198). New York: Oxford University Press.
- Zimmer, H.D., Cohen, R.L., Guynn, M., Engelkamp, J., Kormi-Nouri, R., Foley, M.A. (2001). *Memory for action: A distinct form of episodic memory?* New York: Oxford University Press.
- Zimmer, H.D. & Engelkamp, J. (1984). Planungs- und Ausführungsanteile Motorischer Gedächtniskomponenten und ihre Wirkung auf das Behalten ihrer verbalen Bezeichnungen. *Zeitschrift für Psychologie*, 192, 379-402.
- Zimmer, H.D. & Engelkamp, J.(1985). An attempt to distinguish between kinematic and motor memory components. *Acta Psychologica*, 58, 81-106.
- Zimmer, H.D.& Engelkamp, J. (1989). Does motor encoding enhance relational information? *Psychological Research*, 51, 158-167.
- Zimmer, H.D. & Engelkamp J. (1996). Routes to actions and their efficacy for remembering. *Memory*, 4, 59-78.
- Zimmer, H.D. & Engelkamp, J.(1999). Levels-of-process effects in subject-performed tasks. *Memory & Cognition*, 27, 907-914.
- Zimmer, H.D., Engelkamp, J. & Sieloff, U. (1984). Motorische Gedächtniskomponenten als partiell unabhängige Komponenten des Engramms verbaler Handlungsbeschreibungen. *Sprache & Kognition*, 3, 70-85.
- Zimmer, H.D, Helstrup, T. & Engelkamp, J.(2000). Pop-out into memory: A retrieval mechanism that is enhanced with the recall of subject-performed tasks. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning, Memory and Cognition*, 26, 658-670.
- Zimmer, H.D, Helstrup, T. & Nilsson, L.-G. (2007). Action events in every day life and their remembering. In S. Magnussen & T. Helstrup (Eds.), *Everyday Memory* (pp. 57-91). New York: Psychology Press.
- Zimmermann, P. & Fimm, B. (1993). *Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP)*. Freiburg: Psytest.

Zimmermann, P. & Fimm, B. (2002). *Testbatterie zur Aufmerksamkeitsprüfung (TAP)*.
Herzogenrath: Psytest.

Anhang: Versuchsmaterial

Lernitems der Experimente

das Bett neu beziehen
die Diskette einschieben
das Handtuch auswringen
die Lampe einschalten
die Tomate vierteln
den Wecker aufziehen
auf der Tastatur schreiben
das Butterbrot schmieren
die Schallplatte auflegen
die Pillendose zudrehen
die Dose öffnen
den Müllbeutel zu Knoten
den Pullover stricken
Papiere ordnen
die Briefmarke aufkleben
den Knopf annähen
das Tesafilm abreißen
die Suppe salzen
das Schnitzel in der Pfanne wenden
den Kühlschrank füllen
den Koffer packen
den Fingerhut aufstecken
den Handschuh anziehen
die Blume pflücken

mit dem Fuß aufstampfen
in die Hände klatschen
den Boden wischen
Staubsaugen
das Rollo herunterziehen
den Telefonhörer abnehmen
die Handbremse lösen
das Buch in Empfang nehmen
die Blumen gießen
den Schnee schippen
das Bett machen
die Luftmatratze aufblasen
die Kiste zuklappen
die Sauce abschmecken
die Suppe umrühren
das Beet umgraben
den Schirm aufspannen
die Kerze auspusten
das Fenster schließen
die Türklinke herunterdrücken
die Schublade öffnen
das Auto lenken
den Stein ins Wasser werfen
Badewasser einlassen

den Schlüssel ins Schloss stecken
die Nadel einfädeln
Zwiebeln schälen
Kartoffeln reiben
Klavier spielen
den Pullover zusammenlegen
die Schraube zudrehen
die Jacke zuknöpfen
den Reißverschluss zuziehen
den Brief in den Umschlag stecken
das Papier falten
Wäsche festklammern
die Nuss knacken
den Kreis zeichnen
die Stiefel zuschnüren
das Fleisch schneiden
den Knoten zuziehen
die Gläser abtrocknen
das Blatt lochen
das Etikett abtrennen
den Vertag unterzeichnen
ins Taschentuch schnäuzen
die Wolle aufwickeln
das Streichholz anzünden

die Haare fönen
das Klo putzen
den Sessel anheben
die Antenne ausziehen
mit den Augen blinzeln
die Stirn runzeln
jemandem zuwinken
den Kopfhörer aufsetzen
vom Stuhl aufstehen
sich hinsetzen
den Strumpf anziehen
den Mülleimer ausleeren
das Katzenstreu ins Katzenklo schütten
den Kopf schütteln
jemandem zunicken
die Zunge herausstrecken
den Teller spülen
Kaffeepulver in die Dose geben
den Körper eincremen
die Haare bürsten
den Ball kicken
den Hof fegen
den Stift hinlegen
die Einkaufstasche leeren

Blockflöte spielen
die Brille putzen
die Jacke zuknöpfen
das Messer abwischen
den Ast durchbrechen
den Luftballon aufblasen
den Pullover stricken
die Zuckerwürfel stapeln
die Schleife binden
die Krümel aufkehren
den Vertrag unterzeichnen
die Papiere ordnen
den Reis in die Box füllen
das Auto um das Hindernis schieben
die Einkaufstasche leeren
den Müllbeutel zuknoten
das Streichholz aus der Box nehmen
die Briefmarke aufkleben
den Ball wegschnippen
den Becher auslöffeln
die Blumenerde harken
den Schlüssel ins Schloss stecken
die Serviette zusammenlegen
die Kassette in den Behälter geben
den Handschuh anziehen
die Verschlusskappe auf den Stift setzen
die Nase rümpfen
die Klammer befestigen
die Luftschlange aufrollen
die Seite aufschlagen

den Knopf annähen
den Koffer packen
die Wolle aufwickeln
die Tüte verschließen
die Schraube zudrehen
das Etikett abtrennen
die Zahlen eintippen
die Geldstücke umdrehen
Den Faden abschneiden
die Hand eincremen
den Fingernagel feilen
das Kissen beziehen
die Haare fönen
das Bonbon einwickeln
die Dose öffnen
den Briefbogen falten
den Wecker aufziehen
den Telefonhörer abnehmen
den Kreis zeichnen
die Brotscheibe mit der Gabel wenden
den Kopfhörer aufsetzen
den Chip befestigen
den Brief in den Umschlag stecken
die Schublade herausziehen
das Diktiergerät einschalten
das Schuhband öffnen
das Handtuch auswringen
das Buch durchblättern
den Pfeffer mahlen
den Becher ausschütten

Die Wäsche in die Truhe werfen
Das Waschbecken putzen
Die Fußnägel schneiden
Die Duschwand zuklappen
Die Haare fönen
Die Zahnpastatube ausquetschen
Den Schreibtisch zusammenschrauben
Karteikarten ordnen
Das Blatt falten
Das Etikett abtrennen
Die Akten abheften
Die Post bearbeiten
Den Mixer einstecken
Den Tisch decken
Den Löffel ablecken
Die Nuss knacken
Die Sauce probieren
Das Ei pellen
Den Spielsand sieben
die Samen aussäen
Die Pflanzen düngen
Die Rosen gießen
Den Rasen mähen
Das Beet umgraben

Augenbrauen zupfen
Den Tablettenschrank öffnen
Das Handtuch auswringen
Das Baby wickeln
Die Arme trockenrubbeln
Badewasser einlassen
Die Fernsehzeitung durchblättern
Die Spielkarten mischen
Klavier spielen
Den Kopfhörer aufsetzen
Den Sessel anheben
Den Couchtisch reinigen
Den Kühlschrank befüllen
Mandeln raspeln
Die Tomate vierteln
Die Bratpfanne auskratzen
Mayonnaise schlagen
Das Geschirr abtrocknen
Die Fische im Teich füttern
Den Liegestuhl aufklappen
Die Jalousie herunterkurbeln
Holz hacken
Den Fußball kicken
Spargel stechen

Die Beine rasieren
Die Bürste reinigen
Das Badesalz ins Wasser geben
Das Gesicht massieren
Die Zahnseide benutzen
Die Hornhaut abhobeln
Die Bewerbung tippen
Den Drucker mit Papier füllen
Den Brief in den Umschlag stecken
Den Rollschrank aufziehen
Den Vertrag unterschreiben
Das Dokument lochen
Zwiebeln schälen
Das Backblech einfetten
Kartoffeln reiben
Die Suppe umrühren
Den Parmesan zerbröseln
Das Messer schärfen
Unkraut ausreißen
Die Wäsche von der Leine nehmen
Die Luftmatratze aufblasen
Die Gartenstühle abspritzen
Den Sonnenschirm aufspannen
Das Lagerfeuer austreten

Die Toilettenspülung betätigen
Die Pillendose verschließen
Den Schwamm ausdrücken
Den Körper eincremen
Die Nase pudern
Den Duschkopf abschrauben
Den Knopf annähen
Die Kassette einlegen
Die Gitarre stimmen
Den Radiosender suchen
Den Stuhl zurechtrücken
Den Kamin anzünden
Die Brotkrümel aufheben
den Knoblauch auspressen
Die Wurstpelle abziehen
Den Teig kneten
Die Serviette zusammenlegen
Die Kräuter hacken
Den Hof fegen
Mit der Fliegenklatsche zuschlagen
Die Schutzbrille aufsetzen
Den Ast absägen
Heu aufstapeln
Den Pfahl einschlagen

Denn Schminkkoffer packen
Die Wimpern tuschen
Den Rücken schrubben
Die Hände waschen
Die Frisur durchkämmen
Das Toilettenpapier abrollen
Die Fernsehlampe anknipsen
Das Buch aus dem Regal nehmen
Die Kerze auspusten
Die Ostereier bemalen
Die schallplatte auflegen
Die Schachfiguren aufstellen
Den Mülleimer ausleeren
Die Tassen ineinander stellen
Das Schnitzel wenden
Die Sahnehäubchen aufsprühen
Die Plätzchen ausstechen
Die Kaffeebohnen mahlen
Die Schubkarre schieben
Die Hecke stutzen
Den Körper in der in der Sonne räkeln
Das Laub zusammenkehren
Das Fleisch grillen
Die Partylampen anbringen

Die Beine abduschen
Die Maske auftragen
Den Seifenspender auffüllen
Die Fingernägel feilen
Das Badetuch aufrollen
Die Trockenhaube aufsetzen
Das Radio ausschalten
die Wohnzimmgardine zuziehen
den Weihnachtsbaum schmücken
Die Blumen in die Vase stellen
Die Tischdecke ausbreiten
Den Wein entkorken
Das Butterbrot schmieren
Die Kirschen entkernen
Das Tafelsilber polieren
Den Hefeteig abdecken
Die Nudeln durchseien
Den Braten zerteilen
Den Wasserschlauch anschließen
Die Pflaumen pflücken
Die Bocciakugel werfen
Die Blumen eintopfen
Die Würstchen auf dem Rost verteilen
Die Gartenstiefel anziehen

Danksagungen

...das Alte ist vergangen, siehe, Neues ist geworden.

2.Korinther 5,17

Ich danke Gott, dass er mich durch die vergangene krisengeschüttelte Zeit, in der auch diese Arbeit entstanden ist, liebevoll getragen hat.

Mein Dank gilt Prof. Hubert Zimmer, der mir die Chance gegeben hat, diese Arbeit zu erstellen. Neben seiner hohen Fachkompetenz schätze ich besonders seine Bereitschaft, ein solch schwierig zu erforschendes Thema der vorliegenden Arbeit wissenschaftlich beratend zu betreuen. Seine große Geduld und sein Sinn für Humor haben einerseits ihm ermöglicht, mit meiner Widerspenstigkeit zurecht zukommen und andererseits mir gestattet, meinen eigenen Weg zu finden und zu gehen. Diese Eigenschaften empfand ich als außerordentlich hilfreich, ermutigend und unterstützend.

Danken möchte ich auch jenen, deren Zuspruch mich sehr gestützt hat. Besonders zu nennen sind hier Herr Dr. Rambach, der mich auf die Idee gebracht hat zu promovieren und die Mitarbeiter aus dem Team von Prof. Hubert Zimmer und Prof. Dirk Wentura mit der Sekretärin Frau Grau, der „guten Seele des Instituts“, sowie meinem erweiterten Familienkreis; nicht zuletzt auch allen meinen Kollegen und Freunden.

Jan Spilski gilt mein Dank, der mich in der Schlussphase meiner Arbeit tatkräftig unterstützt hat und so die zügige Fertigstellung ermöglichte.

Sabine Bartschat danke ich für das Korrekturlesen.

Der Universität des Saarlandes danke ich für die Gewährung eines Stipendiums und ACHSE (Allianz Chronischer seltener Erkrankungen), die mir durch ihren Sachmittelkostenzuschuss u. a. die Reisen zu wichtigen Fachkongressen ermöglicht hat.

Danken möchte ich zudem den Morbus Wilson-Patienten, die sich bereit erklärt haben, an meinen Experimenten teilzunehmen sowie den Kontrollpersonen, deren Untersuchungsergebnisse die Grundlage für die Erstellung dieser Arbeit bieten.

Hierzu war die Zusammenarbeit mit den Mitarbeitern der M. Wilson Ambulanzen Düsseldorf, Heidelberg und Marburg entscheidend. Mein besonderer Dank in diesem Rahmen gilt Herrn Dr. med. Mark Schäfer, Herrn Dr. med. Karl Heinz Weiß, Herrn Prof. Dr. med. Carsten Möller und Frau Dr. med. Barbara Leinweber.

Mein musikalischer Dank gilt Johann Sebastian Bach, dessen wunderschöne Kantaten, die ich bei meinen fast täglichen Zugfahrten von meinem Wohnort Neustadt an der Weinstraße zur Universität nach Saarbrücken angehört habe, mich gestützt und beflügelt haben.