

Kognitive Prozesse bei der Lösung einfacher und komplexer T-Labyrinthe bei schizophrenen Patienten

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin
des Fachbereiches Humanmedizin
Universitätsklinikum Gießen und Marburg GmbH
Standort Gießen

vorgelegt von Ann-Catrin Coring

aus Leer

Gießen 2009

Aus dem Medizinischen Zentrum für Psychiatrie

Leiter: Prof. Dr. med. Bernd Gallhofer
Universitätsklinikum Gießen und Marburg GmbH
Standort Gießen

Gutachter: Prof. Dr. P. Kirsch

Gutachter: Prof. Dr. W. Milch

Tag der Disputation: 12.11.2009

Zusammenfassung

Labyrinthaufgaben haben in der Kognitionsforschung im Bereich schizophrener Erkrankungen eine lange Tradition. Ihre Bearbeitung verlangt den Einsatz und die Koordinierung verschiedener kognitiver Teilfunktionen, was sie zur Untersuchung schizophrener Erkrankungen als besonders geeignet erscheinen lässt, da hier eine kognitive Dysmetrie, also eine Störung bei der Koordinierung verschiedener Funktionen, diskutiert wird. Ein Nachteil der traditionell eingesetzten, auf Porteus zurückgehenden Labyrinthaufgaben ist, dass eine schlechte Leistung beim Labyrinthlösen nicht direkt auf Störungen bestimmter Funktionen zurückgeführt werden kann. Ziel der vorliegenden Arbeit ist daher, mit Hilfe eines neu entwickelten Labyrinth-Untersuchungsansatzes (Hanisch 2006) zu untersuchen, ob sich Defizite bei der Bearbeitung von Labyrinthaufgaben bei schizophrenen Personen auf Störungen exekutiver Funktionen oder auf Beeinträchtigungen in eher elementaren kognitiven Prozessen wie der Response-Selektion eingrenzen lassen.

Es wurden 18 an einer Schizophrenie erkrankte Personen untersucht, für die jeweils ein gesunder Kontrollproband rekrutiert wurde, der die Match- Kriterien Alter, Geschlecht und Schulbildung erfüllte. Dabei wurde die Präsentationsweise, das Vorhandensein von Entscheidungssituationen, die verfügbare Informationsmenge und die Elementposition variiert. Defizite schizophrener Patienten ließen sich bereits bei der Darbietung einzeln präsentierter Entscheidungssituationen nachweisen. Während gesunde Kontrollprobanden eine Richtungsentscheidung parallel zur Exekution und Kontrolle einer Bewegung durchführen, benötigen schizophrene Patienten schon in einer einzelnen Entscheidungssituation mehr Zeit. Werden dagegen mehrere Entscheidungssituationen in Form eines Labyrinthes dargeboten, verschwinden die Unterschiede zwischen den beiden Gruppen unabhängig von den experimentellen Manipulationen der Labyrintheneigenschaften: D. h. die Patienten benötigen eine vergleichbare Zeit für eine vergleichbar präzise Bewegung wie die gesunden Kontrollprobanden. Die Ergebnisse legen nahe, dass die Patienten bereits bei einer relativ einfachen Aufgabe Verarbeitungsprozesse einsetzen, wie sie von den gesunden Personen erst in einer komplexeren Aufgabe eingesetzt werden. Dies legt die Existenz von Defiziten der Patienten bei relativ niedriger Aufgabenschwierigkeit nahe, die sich dann bei höherer Aufgabenschwierigkeit nivellieren. In der vorliegenden Untersuchung sind keine Störungen exekutiver Funktionen beobachtbar, sondern eher Defizite in eher elementaren Prozessen wie der Response-Selektion, die sich schon in einfachen Aufgaben, die Entscheidungen verlangen, auswirken.

Abstract

Maze tests have a long tradition in the cognition research in the field of schizophrenic diseases. Their handling requires the usage and coordination of various cognitive partial functions, which makes them especially suitable for the examination of schizophrenic diseases, since the cognitive dysmetria, that is a disorder in the coordination of different functions, is discussed. A disadvantage of the traditional Porteus maze test is that a poor performance in solving the maze test cannot directly be attributed to disorders of specific functions. Objective of this paper is therefore to examine with the help of a recently developed maze test approach (Hanisch 2006), if deficits in the handling of maze tests by schizophrenic persons can be limited to disorders of executive functions or to impairments of rather elementary cognitive processes like the response-selection.

18 persons with contracted schizophrenia were examined, for each of them a healthy control test person was recruited, who met the match criteria age, sex and education. The presentation method, the presence of decision situations, the available amount of information as well as the element position varied.

Deficits of schizophrenic patients were already proven with the performance of individually presented decision situations. Whereas healthy control test persons made direction decisions parallel to the execution and control of a movement, schizophrenic patients required more time for the individual decision situation. When, however, several decision situations in the form of a maze were offered, the differences of the two groups disappeared independent of the experimental manipulations of the maze characteristics, that is the patients required a comparable time for a comparable movement as the healthy control test persons.

The results suggest that for a relatively simple task patients already use processes that healthy persons only use for more complex tasks. This suggests the existence of patients' deficits in solving relatively easy tasks, which level when the difficulty of the tasks increases. In the present examination no disorders of executive functions were observed, but rather deficits of rather elementary processes like response selection, which already show when solving easy tasks that require decisions.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung

Abstract

1 Einleitung und Stand der Forschung

1.1	Schizophrenie	1
1.1.1	Historische Grundlagen und Diagnostik	2
1.1.2	Ätiologie	5
1.2	Kognition und Schizophrenie	7
1.2.1	Kognition	7
1.2.2	Kognitive Störungen in der Schizophrenie	9
1.2.3	Dyskonnektionssyndrom	12
1.2.4	Exekutivfunktionen	14
1.3	Labyrinthaufgaben	16
1.3.1	Kognitive Störungen bei schizophrenen Erkrankungen in Labyrinthaufgaben	18

2 Fragestellung 20

3 Methode 27

3.1	Stichprobe	27
3.2	Allgemeiner Versuchsablauf	30
3.2.1	Instruktionen	32
3.2.2	Untersuchungsbedingungen und Messapparatur	32
3.2.3	Struktur der verwendeten Labyrinth	33
3.3	Experimentelle, unabhängige Variablen	35
3.3.1	Unabhängige Variable 1: Präsentationsweise	35
3.3.2	Unabhängige Variable 2: Entscheidungssituationen	36
3.3.3	Unabhängige Variable 3: Verfügbare Informationsmenge	37
3.3.4	Unabhängige Variable 4: Elementposition	38
3.4	Versuchspläne und Auswertung	39
3.5	Abhängige Variablen	41
3.5.1	Qualität der Labyrinthlösung	42
3.5.2	Präzision der Bewegung	42
3.5.3	Zeitbedarf der Labyrinthlösung	43
3.5.4	Gesamtleistung der Labyrinthlösung	43
3.5.5	Zusammenfassung der abhängigen Variablen	44

4	Ergebnisse	44
4.1	Vergleich der Bearbeitung von einzeln und simultan präsentierten T-Elementen	44
4.1.1	Qualität der Aufgabenbearbeitung	44
4.1.2	Präzision der Bewegung bei der Aufgabenbearbeitung	46
4.1.3	Zeitbedarf der Aufgabenbearbeitung	48
4.1.4	Gesamtleistung der Aufgabenbearbeitung	50
4.2	Informationsmenge und Elementposition bei der Bearbeitung von 6-Element Stimuli	52
4.2.1	Qualität der Aufgabenbearbeitung	52
4.2.2	Präzision der Bewegung bei der Bearbeitung von 6-Element-Stimuli	53
4.2.3	Zeitbedarf der Bearbeitung von 6-Element-Stimuli	57
4.2.4	Gesamtleistung der Bearbeitung von 6-Element-Stimuli	61
4.3	Zusammenhang zwischen Bewegungspräzision und Zeitbedarf der Verarbeitung	63
5	Diskussion	63
6	Literaturverzeichnis	75

1 Einleitung

1.1 Schizophrenie

Die Schizophrenie ist eine Form der endogenen Psychose, die durch ein Nebeneinander von gesunden und veränderten Erlebnis- und Verhaltensweisen gekennzeichnet ist.

Das Krankheitsbild umfasst eine Gruppe von psychischen Erkrankungen, die sich maßgeblich auf das Eigenbewusstsein auswirken, so dass die Grenze zwischen Ich und Außenwelt aufgehoben wird oder dass eigene Körperteile, Gedanken und Gefühle als fremd bzw. als von außen gesteuert erlebt werden (Kaplan & Sadock 1995; Peters 1984).

Der betroffene Patient weist Verhaltensdefizite in der affektiven Beziehung zur Umwelt auf, die als reduzierte oder unangemessene Reaktionen auf äußere Reize in Erscheinung treten. Hierzu zählt die Bewertung der eigenen Wahrnehmung, in der Nebensächliches oft überge- wichtig erscheint und Zufälliges von besonderer, meist bedrohlicher Bedeutung.

Je nach Vorherrschen bestimmter Symptome der Störung wurden nach dem DSM-IV (APA 1994) fünf klassische Schizophrenie-Typen unterschieden:

1. Die bereits im Jugendalter beginnende, von Gefühls- und Willensstörungen gekenn- zeichnete Hebephrenie, die dem desorganisierten Typus entspricht.
2. Der besonders durch Störungen der Willkürmotorik (Stupor oder Erregung) gekenn- zeichnete katatone Typus.
3. Der paranoide Typus, der durch Verfolgungs- oder Größenwahn und manchmal durch Halluzinationen oder übermäßige Religiosität gekennzeichnet ist.
4. Der undifferenzierte Typus, der ein desorganisiertes Verhalten mit ausgeprägten Wahnphänomenen und Halluzinationen aufweist, und
5. der residuale Typus, bei dem Patienten nach dem Abklingen einer akuten schizophre- nen Episode fortbestehende Zeichen der Schizophrenie aufweisen. Dies sind vor allem postpsychotische depressive Störungen.

Die psychotischen Symptome, die die Schizophrenie charakterisieren und bei allen unter- schiedlichen Typen vorzufinden sind, führen zu signifikanten Leistungseinbußen und gehen mit Störungen des Fühlens, Denkens und Verhaltens einher. Die Krankheit verläuft in häufi- gen Fällen chronisch. Es kann jedoch auch zu einem phasenhaften Krankheitsverlauf kom- men, beginnend mit einer Prodromalphase, einer akuten (floriden) Phase mit wahnhaftem Denken und/oder Halluzinationen und anschließend einer Residualphase, in der die Krankheit remittieren kann (Kaplan & Sadock 1995).

1.1.1 Historische Grundlagen und Diagnostik

Beschreibungen schizophrener Verhaltensweisen liegen bereits aus dem Altertum vor (Aretaeus von Kappadozien, Soranus In: Mann 1858). Das Mittelalter liefert keine derartigen Beschreibungen, erst im 18. Jahrhundert werden wieder Darstellungen bekannt (T. Arnold). Im 19. Jahrhundert führte K. G. Neumann aufgrund seiner Beobachtungen am Patienten den Begriff einer „Heilung mit Defekt“ ein (In: Peters 1999) und auch Pinel (1801, 1809) und Esquirol (1838) beschrieben unter jeweils verschiedenen Bezeichnungen typisch schizophrene Krankheitsbilder.

1852 lieferte der belgische Psychiater B. Morel eine ausführliche formale Beschreibung der für die Schizophrenie typischen Symptome und prägte damit den Begriff der „Dementia praecox“. Es folgten einzelne Beschreibungen verschiedener Subtypen. So beschrieb Kahlbaum erstmals im Jahre 1868 die Katatonie und nur wenige Jahre später folgte Hecker (1871) mit der Darstellung der Hebephrenie.

Kraepelin (1899b) fasste in einer historischen Arbeit über „Die Diagnose und Prognose der Dementia praecox“ wesentliche gemeinsame Symptome der Erkrankung und den späteren Verfall und Defekt zu einem einheitlichen Krankheitsbild zusammen. Dieses zeichnete sich vor allem durch das Auftreten bei meist noch jugendlichen, bis dahin gesunden Personen aus, scheinbar ohne Einwirkung einer äußeren Ursache. Trotz aller Unterschiede der Symptome und Individualität der jeweiligen Krankheitsbilder ging er von einer „Einheit in der Vielfalt“ aus.

Die Kraepelinsche Systematik hat größtenteils bis in die heutige Zeit Bestand. Durch die Tatsache aber, dass zum einen nicht zwangsläufig nach Auftreten einer schizophrenen Störung eine Demenz folgt und zum anderen diese dann auch nicht immer frühzeitig (praecox) auftritt, schlug E. Bleuler 1911 in der Monografie „Dementia praecox oder die Gruppe der Schizophrenien“ den Begriff Schizophrenie („Spaltungsirresein“) vor. Er ging von einem gewissen Prozentsatz an Heilung der Fälle aus und sah statt der Demenz vielmehr einen Zerfallsprozess, bei dem einzelne Komponenten der Persönlichkeit nicht mehr adäquat zusammenarbeiten. Für ihn stand „... eine Zersplitterung des Denkens, Fühlens und Wollens ... des subjektiven Gefühls der Persönlichkeit ...“ im Vordergrund (Bleuler 1969, S. 391). Im Gegensatz zu Kraepelin, der die Komponenten der Persönlichkeit bei Schizophrenen als verloren glaubte, ging Bleuler von einer Verschüttung aus. Er sprach sich ebenfalls für eine zuvor noch nicht beachtete hierarchische Gliederung in der diagnostischen Bewertung der Symptome aus und

bewertete die Beobachtungen durch Einteilung in fundamentale und akzessorische Symptome. Als fundamental gelten die Symptome, die bei nahezu jedem Patienten vorzufinden und als spezifisch für die Schizophrenie anzusehen sind. Hierzu zählen z. B. die Störungen des Gedankenganges: Assoziation, Affekt, Ambivalenz und Autismus (die Bleulerschen 4 A's) mit den dazugehörigen Unterpunkten. Beispielhaft seien hier die Assoziationsstörungen genannt, die sich in Gedankenabbrechen, paralogischen Verknüpfungen oder Ideenarmut äußern oder die Affektstörungen, die durch emotionale Verflachung oder autistische Züge gekennzeichnet sind. Die akzessorischen Symptome beinhalten u.a. Halluzinationen, Wahnideen, funktionelle Gedächtnisstörungen und das Entgleiten von Sprache und Schrift. Sie kommen recht häufig, aber nicht regelhaft vor und variieren ausgesprochen stark in ihren Ausprägungsgraden. Nach Bleuler bleiben die Wahrnehmung und Orientierung sowie das Gedächtnis weitgehend erhalten.

Kurt Schneider (1992) suchte einen Weg zur möglichst eindeutigen praktisch-klinischen Diagnostik und formulierte eine Einteilung der Symptomatik in einen ersten und einen zweiten Rang. Schon ein Symptom des ersten Ranges stellte ein sicheres Zeichen für das Vorliegen einer Schizophrenie dar, z. B. Gedankenlautwerden oder das Hören argumentierender oder kommentierender Stimmen. Dieses Konzept der Entscheidungshilfe war ein Grundstein für die Entwicklung der operationalisierten Diagnostik (Andreasen & Carpenter 1993) und führte schließlich über einige Zwischenstufen zum „Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders (DSM)“ der amerikanischen Gesellschaft für Psychiatrie, das derzeit in der vierten Auflage vorliegt. Das DSM-IV entspricht einer Sammlung und Analyse beobachteter Häufigkeiten gemeinsamen Auftretens bestimmter Merkmale (Kaplan, Sadock & Grebb 1994).

Für die Diagnose einer Schizophrenie gibt es keine pathognomischen Zeichen oder Symptome. Die Diagnose ergibt sich vielmehr aus einem charakteristischen Symptombild. Hierfür werden gegenwärtig die Kriterien des DSM-IV und der ICD-10 herangezogen. Das DSM-IV (APA 1994) hält sich an die klinischen Kriterien, die „sowohl eine Mindestdauer als auch ein charakteristisches Symptombild umfassen“. Das Krankheitsbild wird definiert als Vorhandensein typischer Symptome über einen Zeitraum von mindestens sechs Monaten, in denen mindestens einen Monat lang zwei Symptome in der floriden Phase nachzuweisen sind. Zu diesen typischen Symptomen zählen: Wahn, Halluzinationen, desorganisierte Sprechweise, katatonisches Verhalten oder negative Symptome (s. u.), wie z. B. flacher Affekt, Alogie oder Willensschwäche.

Die klinisch-diagnostischen Leitlinien der Internationalen Klassifikation psychischer Störungen (ICD-10, WHO 2000) verlangen zur Diagnose einer Schizophrenie mindestens ein eindeutiges Symptom, z. B. Wahnwahrnehmungen, akustische Halluzinationen oder Gedankenlautwerden, das über einen Zeitraum von mehr als einem Monat deutlich vorhanden ist. Ebenfalls ist es zulässig eine Diagnose zu stellen, wenn mindestens zwei weniger charakteristische Symptome, wie übrige Sinnestäuschungen (andere akustische, optische, olfaktorische Halluzinationen), erlebte Gefühlsverarmung oder typische negative Symptome, auftreten und ebenfalls einen Monat lang deutlich zum Ausdruck kommen. Zu beachten ist hierbei, dass die Symptomatik nicht durch eine bestehende oder neu aufgetretene Depression, andere psychische Erkrankung oder Nebenwirkungen neuroleptischer Medikation erklärbar ist. Für die Diagnose einer schizophrenen Erkrankung nach DSM-IV ist auch das Vorliegen kognitiver Störungen ein wesentliches Kriterium. So sind Leistungsminderungen in Arbeit, Sozialbeziehungen und Selbstständigkeit als ein Merkmal der Erkrankung gefordert.

Zwischenzeitlich fokussierte sich das Interesse der Schizophrenie-Forschung auf die Einteilung in positive und negative Symptome. Es fiel auf, dass einige Merkmale im Vergleich zu einem gesunden Organismus zusätzlich auftraten und andere durch den Abbau oder das Fehlen von Verhaltensweisen bemerkbar wurden. Dieses führte Andreasen und Olsen (1982) zur Einteilung in eine positive und negative Symptomatik.

Um eine bessere quantitative Erfassung zu gewährleisten, entwickelte Andreasen 1984 (a,b) die „Scale of the Assessment of Positive Symptoms“ (SAPS) und die „Scale of Assessment of Negative Symptoms“ (SANS). Zu den positiven Symptomen zählen u. a. Wahnideen, formale Denkstörungen, Erregungszustände und Verfolgungsideen und zu den negativen Affektverflachung, emotionaler Rückzug, soziale Passivität und Apathie. Beide basierten auf zuvor gesammelten Merkmalsausprägungen in Bezug auf ihre Häufigkeit und ihre Krankheitsrelevanz.

Faktorenanalytische Analysen (Andreasen, Roy & Flaum 1995) ergaben, dass die beiden vorhandenen Dimensionen durch mindestens einen dritten unspezifischen Faktor zu ergänzen sind. Aufgrund dieser Überlegung entstand die „Positive and Negative Syndrome Scale for Schizophrenia“ (PANSS; Kay, Opler, Fiszbein & Kay 1987).

Ebenfalls zu berücksichtigen ist, dass in verschiedenen Studien ein Faktor identifiziert werden konnte, der als „kognitiver Faktor“ mit Defiziten in kognitiven Funktionen als ein Merkmal der schizophrenen Erkrankung in Verbindung gesetzt wurde (Ehmann et al. 2004).

Häufig treten positive und negative Symptome jedoch in Mischformen auf (Andreasen & Olsen 1982) und sind dadurch nicht unbedingt für die diagnostische Subtypisierung geeignet. Sowohl die Möglichkeit einer eindeutigen Diagnostik als auch die Subtypisierung der Schizophrenie dient der Übertragbarkeit der Ergebnisse auf andere Patienten und führt dadurch auch zu einem besseren Verständnis der Erkrankung.

Im Zuge der Analyse schizophrener Störungen ist die Entwicklung einer naturwissenschaftlichen Psychopathologie maßgeblich um prüfbare, fundamentale Mechanismen und Konstrukte zu erlangen (Andreasen 1997 a,b). Hierzu müssen Verbindungen zwischen experimentalpsychologischen, neurophysiologischen und neuropsychologischen Forschungsansätzen hergeleitet werden.

1.1.2 Ätiologie

Die Ursachen der Schizophrenie sind bislang ungeklärt. Aufgrund der unterschiedlichen Symptombilder und deren uneinheitlichen Prognosen kann kein einzelner ätiologischer Faktor als ursächlich angesehen werden. Zur Erklärung werden persönliche, prädisponierende Faktoren einbezogen (Nuechterlein 1987), wie z. B. im Vulnerabilitäts- bzw. Diathese-Stress-Modell (Spring & Zubin 1977).

Personen, die an einer Schizophrenie erkranken, weisen oftmals eine spezifische biologische Vulnerabilität oder Diathese auf, die durch Belastungsfaktoren aktiviert wird und schließlich zu schizophrenen Symptomen führt bzw. die Wahrscheinlichkeit des Auftretens erhöht.

Derartige Modelle versuchen integrativ zu erklären, wie kognitive Defizite zur Manifestation unterschiedlicher klinischer Symptomatik führen können. Laut Nuechterlein (1987) kann bei entsprechend ausgeprägten kognitiven Defiziten eine initiale psychotisch schizophrene Episode auch ohne erhöhte Belastung durch Stressoren auftreten.

Entsprechende Belastungsfaktoren oder auch Stressoren können genetisch, biologisch, psychosozial oder umweltbedingt sein.

Die genetische Disposition wird polygenetisch vererbt (Risch 2000) und es wurden auch schon Gen-Loci als assoziiert diskutiert (Pulver 2000).

Erkrankte Personen mit schwerwiegender Symptomatik weisen eine vermehrte Häufung erkrankter Angehöriger auf und es findet sowohl eine Vererbung bei mütterlichen als auch bei väterlichen Vorfahren statt. Auch groß angelegte Adoptionsstudien belegen, dass das Risiko

zu erkranken von den biologischen Eltern vorgegeben wird (Kendler, Sham & MacLean 1997; Kety et al. 1994). Da jedoch auch bei eineiigen Zwillingen nur in 50% beide Zwillinge erkrankten (Gottesmann 1991), ist die genetische Prädisposition allein noch keine ausreichende Erklärung für die klinische Manifestation.

Zu den biologischen Faktoren zählen die Störungen im Neurotransmitterstoffwechsel. Aktuelle Ergebnisse der Schizophrenieforschung lassen vermuten, dass mindestens drei Transmittersysteme an der Entstehung psychotischer Symptome beteiligt sein dürften (Gray & Roth 2007; Stone, Morrison & Pilowsky 2007; Vollenweiler & Hell 1998). Die Dopamin-Hypothese basiert auf der Beobachtung, dass Dopamin-Agonisten, wie Amphetamin, bei Gesunden schizophrenieähnliche Psychosen verursachen können und dass klassische Antipsychotika als Dopamin-Antagonisten (Dopamin-Rezeptorblocker) bei Schizophreniekranken therapeutisch wirksam sind. Diese Antagonisten beeinflussen jedoch fast ausschließlich die Positivsymptome und kaum die Negativsymptome wirkungsvoll. Verschiedene Studien legen nahe, dass Negativsymptomatik und kognitive Defizite auf einem Dopaminmangel beruhen, wie neuere Forschungen mittels Positronen-Emissions-Tomographie (PET) zeigen (Vollenweiler & Hell 1998). Somit können bei Schizophrenen sowohl Zustände des Dopaminmangels als auch der gesteigerten Aktivität vorliegen.

Für Alternativhypothesen dienen Befunde von Veränderungen in der Dichte von Serotonin- und Glutamat-Rezeptoren bei Patienten. Ob diese Veränderungen verschiedenen Subtypen von Schizophrenien zugrunde liegen oder ob diese Störungen sich letztlich gegenseitig bedingen, ist Gegenstand intensiver Forschung.

Ein weiteres Feld der Ursachenforschung beschäftigt sich mit der Infektionstheorie und ist bemüht, abgelaufene Infektionen mit neuropathologischen Befunden und späteren Krankheitsfällen in Verbindung zu bringen (Brown 2006).

Eine Influenza-A-Exposition im zweiten Trimester der Schwangerschaft könnte ursächlich für das Entstehen einer pränatalen neuronalen Entwicklungsstörung sein (Mednick et al. 1988), ebenso wie eine Unterernährung im ersten Trimester (Susser & Lin 1992) oder andere Stressoren (Green 1998). Green (1998) sieht diese pränatalen Faktoren als ursächlich für eine Unterbrechung der neuronalen Zelleinwanderung in der Embryonalzeit. Wie neurohistologische Autopsie-Studien belegen, liegen bei schizophrenen Patienten eine geringere Zelldichte der Großhirnoberfläche und eine höhere Dichte in tiefen Schichten des Cortex vor (Arnold et al. 1991).

Die Schwierigkeit in der Ursachenforschung der schizophrener Störungen liegt in der Tatsache, dass Schizophrenien die unterschiedlichsten psychopathologischen Erscheinungsbilder und Verlaufsformen zeigen. Auch die Vielfalt funktioneller und struktureller Hirnveränderungen weist darauf hin, dass das Syndrom durch unterschiedliche Prozesse verursacht wird (Gottesmann & Shields 1982; Kovelmann & Scheibel 1981; Shenton et al. 2001).

Der Schizophrenieforschung kommt die Aufgabe zu, neben den Ursachen auch pathophysiologische Vorgänge bei Erkrankten aufzuklären, letzteres mit dem Ziel einer verbesserten Therapie und erleichterten Rehabilitation zur Verhinderung von Chronifizierung und Folgeschäden. Neuere bildgebende Verfahren (Positronen-Emissions-Tomographie (PET), single photon emissions tomography (SPECT), functional magnetic resonance imaging (fMRI)) sowie psychophysiologische und molekularbiologische Methoden erlauben zunehmend Einblicke in die höheren Hirnfunktionen (Vollenweiler & Hell 1998).

1.2 Kognition und Schizophrenie

Neben den klassischen klinischen Symptomen der Schizophrenie rückten in den letzten Jahren verstärkt die Störungen der Kognition als ein wichtiges Symptom in den Vordergrund des Interesses.

1.2.1 Kognition

In der Literatur finden sich eine Vielzahl unterschiedlicher Definitionen von Kognition.

Kaplan und Saddock (1995) verwenden den Begriff der Kognition als umfassende Bezeichnung aller Prozesse und Strukturen, durch die ein Individuum etwas wahrnimmt und weiß, also alle Prozesse des Wahrnehmens, Schlussfolgerns, Erinnerns, Denkens, Problemlösens und Entscheidens und die Strukturen des Gedächtnisses, der Begriffe und Einstellungen. Der Begriff wird uneinheitlich verwendet um Bezug auf die Informationsverarbeitung von Menschen und anderen Systemen zu nehmen. In der kognitionspsychologischen Forschung bezeichnet Kognition die Gesamtheit der informationsverarbeitenden Prozesse und Strukturen eines intelligenten Systems, unabhängig vom materiellen Substrat dieses Systems.

Nach Hayes (1995) kann die Kognition in verschiedene Bereiche untergliedert werden: Wahrnehmung der Umwelt, Aufmerksamkeit auf spezielle Geschehen, Nachdenken, Speicherung der Information und Zuweisung von Bedeutung.

Es werden vielfältige Arten der kognitiven Fähigkeiten unterschieden, die voneinander abhängig sind und sich daher überschneiden.

Von einem intelligenten System, das über kognitive Funktionen verfügt, wird angenommen, dass es zu flexiblem, adaptiven Verhalten in einer vielfältigen, sich verändernden Umgebung in der Lage ist. Es besitzt die Möglichkeit, durch die aktive Auseinandersetzung mit seiner Umgebung zu lernen, d. h. Wissen über seine Umgebung, über die Effekte seines Handelns sowie über sich selbst zu erwerben (Kluwe 2002).

In der kognitionspsychologischen Grundlagenforschung sind die Prozesse und die Strukturen, die spezifischen intelligenten Leistungen zugrunde liegen, von besonderem Interesse. Hierzu zählen die Analyse der Strukturkomponenten, die Analyse der Operationen, deren Organisationsprinzipien sowie das Zusammenwirken dieser Prozesse.

Schon frühzeitig beschäftigte sich die Psychologie mit Teilaspekten der Kognition. In den 1960er Jahren wurde die Kognition vermehrt in den Mittelpunkt des Interesses gestellt (Miller, Galanter & Pribram 1960; Neisser 1967). In erster Linie galt das Interesse gesetzmäßigen Zusammenhängen zwischen beobachtbaren Stimuli und Reaktionen des Organismus. Neuere kognitionspsychologische Ansätze gehen von der Annahme einer internen Repräsentation der Umgebung des Organismus aus, d. h. die Aufmerksamkeit wird auf interne, konstruktive Prozesse bei der Verarbeitung von Stimuli und der Selektion von Verhaltensantworten gelenkt (Kluwe 2002). Für die Kognition und für die Verarbeitung von Informationen werden sowohl interne Strukturen (entsprechend den Gedächtnisstrukturen) als auch Prozesse des Erkennens und/oder Erinnerns benötigt. Die gespeicherte interne Repräsentation der Umgebung umfasst auch die wahrgenommenen Effekte eigenen Handelns und dient der Bewertung und der Abschätzung eigener Handlungsmöglichkeiten in Bezug auf spezifische Ziele. Um mit der Umgebung zu interagieren, werden Strukturen und Prozesse für die Wahrnehmung sowie zur Selektion und Steuerung motorischer Antworten benötigt.

Kognition verläuft nicht unbedingt bewusst und kontrolliert ab. Umfangreiche Teile kognitiver Aktivität verlaufen automatisch, ohne willentliche Beeinflussung und ohne Wahrnehmung darüber. Einige der Prozesse verlaufen hingegen kontrolliert ab, da sie gezielt eingesetzt und gesteuert werden (Anderson 1983). Diese kontrollierten Prozesse verlaufen langsamer und beanspruchen in erster Linie das Arbeitsgedächtnis. Bei zunehmender Übung können kontrollierte Prozesse zunehmend automatisiert werden und im Verlauf des Lernprozesses rascher und weniger fehlerhaft ablaufen. Bei automatisierter kognitiver Aktivität besteht die Möglichkeit, gleichzeitig mehrere Aktivitäten zu bewältigen (Schneider & Shiffrin 1977).

1.2.2 Kognitive Störungen in der Schizophrenie

Schon in den ersten Beschreibungen des Krankheitsbildes der Schizophrenie (Kraepelin 1896) nehmen die Störungen der kognitiven Prozesse eine zentrale Rolle ein. Die Schizophrenie wurde hier als Kognitionsstörung betrachtet, bei der die unterschiedlich auftretenden und ausgeprägten Symptome mehr oder weniger in direktem Zusammenhang mit der Grunderkrankung standen.

In verschiedenen Untersuchungsansätzen werden die kognitiven Defizite, die schizophrene Patienten aufweisen, nicht als Folgeerscheinung der Erkrankung betrachtet, sondern als deren mögliche Ursache.

Heutzutage herrscht eine weitgehend einheitliche Meinung darüber, dass die Aufmerksamkeit, das explizite Gedächtnis, die Exekutivfunktionen und die Wortflüssigkeit bei der Schizophrenie als kognitive Funktionen am stärksten betroffen sind, dem gegenüber scheinen die Wahrnehmung und die Sprachfunktion eher unauffällig (Lautenbacher 1999; Rund & Borg 1999; Snitz & Daum 2001; Volz 2000).

Die prognostische Relevanz der neuropsychologischen Defizite ist hoch, da sich dadurch die Krankheitsmanifestation und der Krankheitsverlauf sowie die psychosoziale Entwicklung gut vorhersagen lassen (Lautenbacher & Gauggel 2003).

Da die einzelnen Funktionsbereiche insgesamt gleichmäßig betroffen scheinen, gehen einige Autoren von einem generellen neuropsychologischen Defizit aus mit Betonungen in bestimmten Bereichen, anstatt mehrere isolierte Probleme anzunehmen (Lautenbacher & Gauggel 2003). Diese Einschätzung leitet sich von Studienergebnissen ab, in denen schizophrene Patienten in einer Vielzahl von unterschiedlichen neuropsychologischen Aufgaben schlechtere Leistungen zeigten als gesunde Kontrollprobanden. Defizite konnten in fast allen Bereichen kognitiver Funktionen gezeigt werden, man findet jedoch immer wieder auch Arbeiten, die diese Unterschiede nicht bestätigen (Zakzanis & Heinrichs 1999).

Viele unterschiedliche Studien mit großer Variabilität des experimentellen Aufbaus haben gezeigt, dass die schizophrenen Patienten typischerweise in Reaktionszeituntersuchungen mehr Zeit benötigen als die gesunden Kontrollprobanden (Nuechterlein 1977; Schatz 1998). Außerdem benötigen sie mehr Zeit in Reaktionszeituntersuchungen als andere psychiatrische Patienten, wie z. B. Patienten mit bipolaren Störungen (Fleck, Sax & Strakowski 2001) oder Depressionen (Hemsley 1976). Neben diesen Effekten zeigte sich, dass die intraindividuelle

Variabilität der Reaktionszeiten für schizophrene Patienten größer ist als in den gesunden Vergleichsgruppen (Schwartz et al. 1989, Vinogradov et al. 1998).

Je nach Grad der schizophrenen Störung können erhebliche intraindividuelle oder interindividuelle Unterschiede vorliegen. Bei einem Teil der Patienten finden sich schwere neuropsychologische Defizite, ein anderer Teil hingegen kann weitgehend unauffällig bleiben (Kuperberg & Heckers 2000; Snitz & Daum 2001). Je nach zu untersuchender kognitiver Funktion scheinen 60-80% aller Patienten von Leistungseinbußen betroffen zu sein (Heinrichs & Zakzanis 1998; Rund & Borg 1999).

Aufmerksamkeitsstörungen in der Schizophrenie und in ähnlichen Krankheitsbildern haben bereits in der Zeit vor Kraepelin und Bleuler Beachtung gefunden (Lautenbacher 1999).

„Ganz allgemein geht ihnen (den schizophrenen Patienten) Neigung und Fähigkeit ab, ihre Aufmerksamkeit aus eigenem Antriebe stark und dauernd anzuspannen. Oft ist es schwierig, sie überhaupt zum Aufmerken zu bringen“ (Kraepelin 1913, S. 671-672).

Diese Störung betrachtet Kraepelin als zeitstabil, d. h. als sowohl in akuten als auch in remittierten Krankheitszuständen vorhanden. Daneben sei auch die Auffassung insofern beeinträchtigt, als „... der Umfang und namentlich die Zuverlässigkeit der Auffassung entschieden verringert sind, am stärksten in den akuten Krankheitszuständen und dann wieder in den letzten Abschnitten des Leidens“ (Kraepelin 1913, S. 670).

Aufmerksamkeitsstörungen sind sowohl ein klinisches Symptom schizophrener Patienten als auch ein Thema klinisch-psychologischer Forschung. Grundsätzlich wird zwischen Dauer- aufmerksamkeit bzw. Vigilanz und selektiver Aufmerksamkeit unterschieden (Parasuraman, Davis & Beatty 1984; Wickens 1992). Unter Vigilanz wird die Fähigkeit verstanden, sich für einen längeren Zeitraum mit hoher Reaktionsbereitschaft einer Reizquelle zuzuwenden. Mit selektiver Aufmerksamkeit beschreibt man das Vermögen auf ausgewählte Aspekte der Reizumwelt zu reagieren und anderes zu ignorieren (Krieger 1999).

Die Gedächtnisstörungen standen lange Zeit nicht im Mittelpunkt des Interesses, obwohl sie in der Schizophrenie eine prominente Stellung einnehmen. So erwiesen sich die schizophrenen im Vergleich zu den depressiven Patienten als deutlich stärker gedächtnisgestört (Aleman et al. 1999; Snitz & Daum 2001).

Es wird davon ausgegangen, dass hierbei häufiger das Wiedererinnern als das Wiedererkennen betroffen ist, was auf eine Abrufstörung hindeutet (Aleman et al. 1999; Perry, Light &

Davis 2000). Zudem scheint es so, dass das verbale Gedächtnis, und zwar die Wiedergabeleistung als Teil des expliziten verbalen Gedächtnisses (Calev 1984; Nachmani & Cohen 1969), sowie das Arbeitsgedächtnis (Park & Holzmann 1992) am deutlichsten gestört sind. Darüber hinaus gibt es Befunde, die Defizite des prozeduralen Lernens als Teil des impliziten Gedächtnisses belegen (Granholm, Asarnow & Marder 1993; Kern et al. 1996).

Zu anderen Bereichen der Gedächtnisbildung, z. B. dem Einprägen und Abspeichern, existieren unterschiedliche Theorien (Gold et al. 2000; Rund & Borg 1999). Weitgehend unverändert scheint bei schizophrenen Patienten hingegen die Merkspanne unmittelbar aufgenommener neuer Informationen zu sein (Rushe et al. 1999).

Bis heute gibt es noch keine Bestätigung dafür, dass unterschiedlich starke Ausprägungsgrade der Gedächtnisleistung einer Hirnhemisphäre zugeordnet werden können, obwohl es Tendenzen in Richtung einer größeren Beeinträchtigung der linken, verbalen Hemisphäre gibt (Aleman et al. 1999; Snitz & Daum 2001).

Einen großen Bereich der Gedächtnisleistung nimmt das Arbeitsgedächtnis ein, das zunehmend als Grundlage des Verständnisses aller kognitiven Störungen schizophrener Patienten diskutiert wird (Snitz & Daum 2001). Wesentliche Merkmale des Arbeitsgedächtnisses sind die aktive Verarbeitung, Manipulation und Wiederholung neuer Informationen sowie die Sicherstellung der Kontinuität zwischen Erfahrungen in der Vergangenheit und gegenwärtigen Prozessen bzw. Aktivitäten (Goldman-Rakic 1994). Es werden also Informationen gespeichert, die nur für einen begrenzten Zeitraum nützlich oder relevant sind.

Baddeley (1986) beschreibt das Arbeitsgedächtnis als ein System, das sich strukturell aus dem Zusammenwirken dreier Subkomponenten ergibt. Einer zentralen Exekutiven („central executive“) und zweier „Sklavensysteme“, die einerseits der Bereitstellung visuell-räumlicher Informationen („visuospatial sketch pad“) und andererseits der Bereitstellung verbalsprachbasierter Informationen („phonological loop“) dienen.

Schizophrene Patienten zeigen in Arbeitsgedächtnisaufgaben Einbußen unabhängig vom verwendeten Reizmaterial, wobei sich einige Störungen auch durch Aufmerksamkeitsdefizite erklären lassen (Brebion et al. 2000). Es ist Gegenstand der Forschung, ob das Arbeitsgedächtnis auch der exekutiven Steuerung der Aufmerksamkeit dient (De Fockert et al. 2001).

1.2.3 Dyskonnektionssyndrom

Die Schizophrenie weist verschiedene Symptome auf. Einige lassen vermuten, dass die Erkrankung heterogenen Charakter hat und nicht von einer einzelnen Einschränkung bzw. einem Syndrom auszugehen ist. Alternativ hierzu gibt es auch Forschungsansätze, die die Schizophrenie als einzelnes Krankheitsbild mit einer ausgeprägten Pathophysiologie ansehen, das zu einem Fehlverschaltungs- („misconnection“) Syndrom der neuronalen Schaltkreise (Andreasen 1999) oder auch dem sogenannten „Dyskonnektionssyndrom“ (Schlösser et al. 2002) führt.

Besondere Bedeutung wird dem cortico-cerebellar-thalamic-cortical circuit (CCTCC) zugesprochen. Es wird vermutet, dass eine fehlerhafte Verschaltung in diesem Schaltkreis zu Störungen in der Synchronisation bzw. zu fehlerhafter Feinabstimmung in Planung und Ausführung von motorischen und kognitiven Aktivitäten führt.

Fehlende Kontrolle und Koordination der mentalen Aktivität könnte zur kognitiven Dysmetrie führen, die sich wiederum klinisch in den Symptomen der Schizophrenie äußern könnte.

Im motorischen System beruht die Synchronisation der Bewegung auf einer schnellen Datenverarbeitung und einem funktionierenden Feedback-Mechanismus insbesondere zwischen dem sensomotorischen Cortex und dem Cerebellum, modifiziert durch den Thalamus. Dieser interagiert mit anderen Hirnregionen und erfüllt die Rolle eines „Filters“ oder „Tores“ (Carlsson & Carlsson 1990).

Innerhalb des Regelkreislaufes werden permanent In- und Output überprüft und aktualisiert, so dass schnelle und zugleich fließende Bewegungen ermöglicht werden.

Andreasen et al. stellten 1999 die Hypothese auf, dass der CCTCC eine ähnliche Funktion in Kontrolle und Koordination in der Flüssigkeit der mentalen Aktivität übernimmt und Fehler innerhalb des Regelkreises zur kognitiven Dysmetrie führen. Durch die gestörte Kognition kommt es wiederum zu den klinischen Symptomen der Schizophrenie (Andreasen et al 1999).

Eine Vielzahl von Studien stützt den Stellenwert des CCTCC in der menschlichen Kognition, wobei einige demonstrierten, dass die Verbindungen zwischen Cortex und Cerebellum nicht nur auf sensomotorische Regionen beschränkt sind, sondern auch andere Rindenregionen umfassen (Brodal 1981; Glickstein, May & Mercier 1985; Middleton & Strick 1994; Schmahmann & Pandya 1995).

Es wurden theoretische und empirische Darstellungen vorgelegt, die die Bedeutung dieses Kreislaufes als ein neurales Substrat für komplexe psychische Aktivitäten ansahen, so wie Sprache oder episodisches Gedächtnis (Allen et al. 1997; Fiez, Becker & MacAndrew 1999; Kim, Ugurbil & Strick 1994; Leiner, Leiner & Dow 1989, 1991, 1995).

Auch substantielle Daten aus PET und fMRI-Studien unterstützen die Rolle dieser Regionen in der Kognition (Allen et al. 1997; Andreasen 1994, 1995; Andreasen et al. 1995d, 1995e, 1995f; Buckner, Raichle & Peterson 1995; Kim et al. 1994; Raichle et al. 1994).

Für Entscheidungsprozesse, wie sie beispielsweise in Reaktionszeit-Untersuchungen benötigt werden, zeigten Studien, dass verschiedene parietale und frontale Rindengebiete hierfür aktiviert werden (Cavina-Pratesi et al. 2006, Schumacher, Elston & Dèposito 2003).

Obwohl die Schizophrenie keine grundlegend motorische Störung ist, sind einige Indikatoren dafür vorhanden, dass Motorik eine Rolle spielt. So finden sich die Abweichungen vom Gesunden in einem Hirnbereich, der sowohl kognitive als auch motorische Funktionen beinhaltet.

Schon Kraepelin beschreibt 1919 die Variationen motorischer Abnormalitäten. Die verlangsamte Reaktionszeit z. B. ist einer der ältesten und robustesten Tests bei der Diagnostik der Schizophrenie (Shakow & Huston 1936).

Andere Studien mit prä-morbiden Indikatoren und neurologischen soft-signs implizieren häufig eine Beteiligung des motorischen Systems (Flashman et al. 1996; Walker & Green 1982).

Die soft-signs, zu denen man u. a. die Reduktion der Koordinationsfähigkeit zählt, geben Hinweise auf Störungen in einem basalen Prozess, der Gedanken und Aktionen synchronisiert. Verläuft dieser Transfer fehlerhaft, kommt es zu Fehlverknüpfungen von Perzeptionen und Assoziationen und damit zur Fehlinterpretationen interner und externer Prozesse. Als Folge davon könnten Positiv- oder Negativsymptomatik resultieren, wenn z. B. neutrale Gefühle eine Verknüpfung mit Ängsten bekommen oder eigene Gedanken anderen zugeschrieben werden, da der Patient ihren Ursprung nicht zurückverfolgen kann.

Eine Dysmetrie des Cortex-Thalamus-Cerebellar-Cortical Kreislaufs führt demnach zu fehlerhafter Abstimmung bei der Planung und Ausführung von kognitiven und motorischen Aktionen. Es liegt also keine Störung einzelner Funktionen vor, vielmehr besteht eine fehlerhafte Koordination unterschiedlicher psychologischer Domänen (Andreasen 1999).

Auch Kanaan et al. (2005) fanden Abnormalitäten der Konnektivität verschiedener Hirnbereiche bei Patienten mit einer Schizophrenie (Kubicki et al 2007).

Um die Komplexität der Störung zu erfassen, benötigt man entsprechend geeignete Untersuchungsinstrumente. Diese sollten die Koordination verschiedener kognitiver Teilfunktionen erfordern und die Möglichkeit zur Untersuchung adaptiver Prozesse bieten.

1.2.4 Exekutivfunktionen

Die Störungen exekutiver Funktionen haben in den letzten Jahren verstärkt im Fokus des Interesses der kognitiven Schizophrenieforschung gestanden. Zahlreiche Studien haben sich mit der Art und Ausprägung von Störungen in diesem Bereich kognitiver Funktionen beschäftigt (Gooding, Kwapil & Tallent 1999; Jovanovski et al. 2007; Rémillard, Pourcher & Cohen 2005; Szoke et al. 2007; Toyomaki et al. 2007; Twamley et al. 2006).

Zu den Exekutivfunktionen zählen Fähigkeiten wie zielorientiertes Vorgehen, Antizipation, Planung, Handlungsinitiierung, kognitive Flexibilität, Koordination, Sequenzierung, Inhibition, Zielüberwachung und das Problemlösungsverhalten.

Exekutive Funktionen werden mit der Beanspruchung des präfrontalen Kortex in Verbindung gebracht. So definiert Green (1998) exekutive Funktionen wie folgend:

„Executive functioning refers to a host of neurocognitive activities that are associated with the prefrontal cortex such as planning, problem solving, shifting cognitive set and alternating between two and more tasks.” (S. 47)

Die exekutiven Funktionen umfassen verschiedene, komplexe kognitive Prozesse, die die interne Verhaltensplanung und Kontrolle und somit die Selbstregulation eines Menschen gewährleisten.

Vielfach wird der Begriff der exekutiven Funktionen als Sammelbezeichnung für grundlegende mentale Prozesse höherer Ordnung verwendet, z. B. wenn Handlungen oder Ziele geplant und verfolgt werden. Beispielsweise werden die Prozesse der Erwartung, der Zielvorstellung und Vorplanung sowie der Überwachung und Rückmeldung für die Verfolgung eines Zieles benötigt.

Zusammengefasst entsprechen die exekutiven Funktionen den Kapazitäten, die es einer Person ermöglichen, sich erfolgreich, unabhängig, zielgerichtet und eigennützig zu verhalten (Lezak 1995).

Zu den Exekutivfunktionen zählt man das Lösen abstrakter Problemstellungen, sowie aufwendigere Planungen von Handlungen und deren Kontrolle. Das Vorliegen von Störungen in diesem Bereich gilt bei Patienten mit einer Schizophrenie mit ca. 90% als besonders stark ausgeprägt (Velligan et al. 1999).

Dysfunktionen in diesem Bereich treten bereits in einem frühen Stadium der Erkrankung auf und bleiben im Verlauf erhalten. Zudem scheinen gerade die Teilfunktionen, die für die Handlungsplanung und die dazugehörige Ausführung zuständig sind, bei Patienten mit ausgeprägter Negativsymptomatik stärker eingeschränkt. Cuesta und Peralta (1995) wiesen einen Zusammenhang von Negativsymptomatik und Desorganisation mit kognitiven Störungen nach. Negativsymptomatik führt außerdem zu schlechterem Abschneiden im Wortflüssigkeitstest (Müller, Sartory & Bender 2004) und Desorganisation zu schlechterem Abschneiden im Stroop-Test (Bender et al. 2000; Stroop 1935). Die Funktionen, die der Handlungskontrolle dienen, sind bei Patienten mit desorganisiertem Verhalten deutlich schlechter. Eine fehlende oder mangelhafte Krankheitseinsicht steht mit Beeinträchtigungen von Exekutivfunktionen in Zusammenhang. So zeigten Krystal et al. (2000), dass Defizite im Wisconsin Card Sorting Test (Heaton 1981) mit Negativsymptomatik, schlechter Krankheitseinsicht und anderen kognitiven Störungen korrelieren.

In der älteren Literatur werden die höheren Funktionen des präfrontalen Kortex häufig synonym mit dem Begriff der „Frontalen Fähigkeiten“ verwendet (Luria 1966; Milner 1964; Stuss & Benson 1986). Der Begriff „Exekutive Funktionen“ wurde dabei synonym zum Begriff der frontalen Funktionen verwendet. Als exekutive Funktionen wurden dabei die Funktionen zusammengefasst, die als Folge von Frontalhirnschädigungen beeinträchtigt waren.

Neuere Ansätze betrachten die exekutiven Funktionen als Ergebnis einer kortikalen-subkortikalen Verschaltung. Grund für diese Annahme ist das Fehlen von Spezifität für frontale Läsionen bei sogenannten „frontal-tests“ (Anderson et al. 1991; Reitan & Wolfson 1995). In der wissenschaftlichen Literatur werden eine Vielzahl kognitionspsychologischer Untersuchungen zur Erfassung exekutiver Funktionen bei schizophrenen Patienten beschrieben.

Bei Untersuchungen mit schizophrenen Patienten fällt immer wieder auf, dass sie große Schwierigkeiten haben, abstrakte Problemstellungen zu bewältigen und längerfristige Planun-

gen aufrecht zu erhalten. Diese Beeinträchtigungen werden auch als Defizite in den Exekutivfunktionen beschrieben und haben zu einer Vielzahl von Untersuchungen geführt.

Typische Messverfahren zur Untersuchung exekutiver Funktionen sind z. B. der Wisconsin-Card- Sorting-Test (WCST Heaton 1981), der in der Schizophrenieforschung lange Zeit zu den etabliertesten Messverfahren gehörte. Andere Untersuchungsansätze, die zur Erfassung exekutiver Funktionen eingesetzt werden, sind der Stroop-Test (Stroop 1935), die Trail-Making Aufgaben (Reitan 1958), Tower-Aufgaben oder auch Labyrinthaufgaben.

1.3 Labyrinthaufgaben

Ein Labyrinth ist definitionsgemäß ein Irrgarten, der von einem festgelegten Startpunkt zu einem Ziel durchquert werden soll und aus zumeist komplexen Wegsystemen und Sackgassen besteht. Es kann als Abfolge mehrerer Entscheidungspunkte verstanden werden, an denen mindestens zwei Alternativen zur Wahl geboten werden und nur eine dieser beiden für die Aufgabenlösung weiterführend ist (Lis 2000). Ein Weg führt näher zum Ziel, der andere endet in einer Sackgasse. Die vollständige Aufgabe kann als Sequenz von Entscheidungen verstanden werden, bei denen die aktuelle Entscheidung maßgeblich von der vorhergegangenen abhängt (Lis 2000). Um das Ziel zu erreichen, muss die sensorische Informationsverarbeitung und das Ergebnis der Entscheidungsprozesse mit der Auswahl und Ausführung motorischer Aktionen koordiniert werden.

Labyrinthaufgaben werden in der Psychologie, der Neuropsychologie und der Psychiatrie mit vielfältigen Fragestellungen eingesetzt. Neben Studien zur Lern- und Orientierungsfähigkeit der Individuen im Raum werden sie vielfach zur Untersuchung kognitiver Prozesse genutzt, um kognitive Subfunktionen in Lern- oder Planungsprozessen zu ermitteln oder um die Funktionsfähigkeit spezifischer Hirnbereiche zu untersuchen. So werden in der klinischen Neuropsychologie Labyrinthaufgaben (Canavan 1983; Daum et al. 1991; Karnath, Wallesch & Zimmermann 1991; Milner 1965) und psychometrische Labyrinthtests (Porteus 1965; Porteus & Kepner 1944) häufig zur Einschätzung der Folgen frontaler und temporaler Läsionen eingesetzt.

Von den zahlreichen in der Literatur existierenden Varianten von Labyrinthaufgaben sind die von Porteus 1914 eingeführten Aufgaben die in der psychiatrischen Kognitionsforschung am

stärksten verbreiteten Untersuchungsanordnungen. Die Probanden haben hier die Aufgabe, zweidimensionale, meist auf Papier vorgelegt Labyrinthgrundrisse von einem Startpunkt aus zu einem Zielpunkt mit einem Stift zu durchfahren. Abbildung 1.1. zeigt beispielhaft ein klassisches Labyrinth mit vollständig einsehbarem Wegsystem.

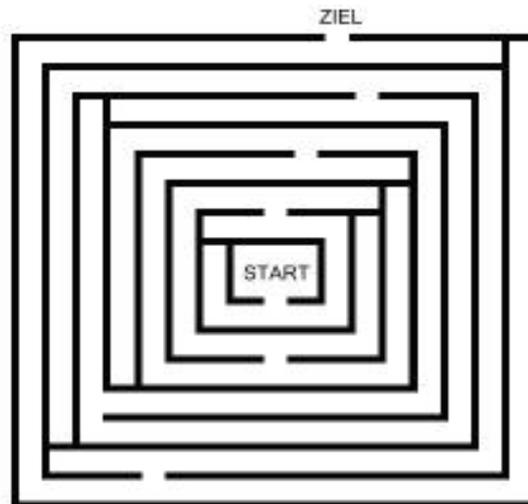


Abb. 1.1. Vollständig einsehbares Labyrinth in Anlehnung an Porteus (1914)

Ursprünglich wurden Labyrinthaufgaben von Porteus (1914) entwickelt, um eine Auswahl von geistig behinderten Kindern zu treffen, die möglichst stark von den Programmen der Montessori-Pädagogik profitieren würden. Die Anforderungen waren dabei die Erfassung von „praktischer Intelligenz“ und zwar unabhängig von der Bildung und den verbalen Fähigkeiten. Es sollte versucht werden, die Fähigkeit zur Planung und Vorausschau auf einfachem Niveau messbar zu machen. Auch heute werden die Porteus-Labyrinth in zahlreichen Testbatterien verwendet, z. B. im Wechsler-Intelligenz-Test (WISC-R, Wechsler 1974), im Graphomotorischen Entwicklungstest (Rudolph 1986) oder im Nürnberger-Alters-Inventar (Oswald & Fleischmann 1995).

In Anlehnung an Porteus' (1914) zweidimensionale Labyrinthsimulationen, wurden verschiedene Erkrankungen untersucht. So zeigten sich eindeutige Ergebnisse bei der Untersuchung geistiger Behinderungen (Porteus 1914), bei Hirnläsionen (Levin et al. 2001), in der Neuropsychiatrie (Ochoa & Schneider 1995) sowie in der Schizophrenieforschung (Gallhofer et al. 1999).

Auf die Beanspruchung präfrontaler Kortexareale in Porteus-artigen Labyrinthaufgaben wurde bis vor einigen Jahren nur indirekt auf der Basis von Leistungseinbußen bei Patienten mit Frontalhirnläsionen geschlossen (Riddle & Roberts 1978).

Neuere Untersuchungen mit dem fMRI zeigen, dass bei der Bearbeitung von Labyrinthaufgaben tatsächlich präfrontale Strukturen aktiviert werden, allerdings im Rahmen eines breiteren zerebralen Netzwerks (Kirsch et al. 2006).

1.3.1 Kognitive Störungen bei schizophrenen Erkrankungen in Labyrinthaufgaben

Labyrinthaufgaben haben in der Untersuchung schizophrener Erkrankungen eine lange Tradition. Schon 1911 beobachtete Kent ein Abweichen kognitiver Funktionen bei Patienten mit Dementia praecox beim Lösen von Labyrinthaufgaben. Peters und Jones zeigten 1951 eine deutliche Leistungsverbesserung im Labyrinthlösungsverhalten chronisch schizophrener Patienten nach monatelanger Gruppentherapie.

In der psychiatrischen Kognitionsforschung werden in erster Linie visuell präsentierte zweidimensionale Labyrinthsimulationen verwendet, die sich an die von Porteus (1914) als psychometrisches Testverfahren eingeführte Methode anlehnen. Es verlangt vom Probanden, landkartenähnliche Labyrinth mit dem Bleistift zu durchfahren. Heute werden vielfach computergestützte Verfahren eingesetzt (Gallhofer et al. 1999), die wegen ihres hohen räumlichen und zeitlichen Auflösungsvermögens bei der Analyse der Verhaltensdaten Vorteile bieten.

So wurde in computergestützten Verfahren u. a. festgestellt, dass die Bearbeitungszeiten und die Fehlerraten bei schizophrenen Patienten mit der Erkrankungsdauer anstiegen und die Defizite deutlicher bei den Patienten vorzufinden waren, die mit einem typischen Neuroleptikum im Vergleich zu einem modernen Atypikum behandelt wurden (Gallhofer et al. 1996,1997,1999).

Die Verfügbarkeit von Computern hat in den letzten Jahren auch zu ganz neuen Untersuchungsansätzen geführt, die versuchen, mit Hilfe von virtuellen Labyrinth Defizite bei schizophrenen Patienten aufzuzeigen (Sorkin, Peled & Weinshall 2005a). Hierfür wurde ein virtuelles Wegsystem dargeboten, in dem die Patienten navigieren können. Innerhalb dieses Wegsystems konnten die Patienten Räume betreten, die jeweils drei Türen aufwiesen, die sich in Farbe, Form und Soundeffekt voneinander unterschieden. Nur eine bestimmte Kombination dieser drei Eigenschaften erlaubt das Durchtreten in den nächsten Raum. Ziel ist es, sich möglichst schnell durch das Labyrinth zu navigieren. In den Untersuchungen von Sorkin et al. (2005b) wurde deutlich, dass die Patienten weniger in der Lage waren, irrelevante Informati-

onen auszublenden und es daher zu häufigeren Fehlbetretungen kam. Des Weiteren waren die Patienten signifikant langsamer als ihre gesunden Kontrollen, wenn es um die Bewegung im Wegsystem und die Zeit zum Betrachten der einzelnen Türen ging. Diese Ergebnisse korrelierten signifikant mit der Ausprägung der psychopathologischen Symptome gemessen mit der PANSS.

Bis jetzt zählen jedoch die an Porteus angelehnten Labyrinthaufgaben immer noch zu den am weitesten in der Psychiatrieforschung verbreiteten Labyrinthaufgaben. Diese Labyrinthaufgaben mit vollständig sichtbaren Stimuli (Porteus 1965) haben sich in den vergangenen Jahren als nützlich für die Beschreibung von kognitiven Störungen in der Schizophrenie erwiesen (Gallhofer et al. 1999).

Schon Porteus belegte 1957 mit diesem Ansatz, dass kontinuierliche Psychopharmakagabe (Chlorpromazin) zu deutlichen Leistungseinbußen bei der Bearbeitung von Labyrinthen führt. Wildman und Wildman zeigten 1975 den Leistungsabfall in der Labyrinthlösung medizierter Patienten im Vergleich zu unmedizierten und zu Patienten, bei denen die Neuroleptika wieder abgesetzt wurden.

Gallhofer et al. (1996, 1997) verwendeten computergestützte Verfahren in Anlehnung an Porteus-Labyrinth und zeigten, dass schizophrene Patienten zur Lösung von Labyrinthen längere Wege gingen und mehr Zeit benötigten als Gesunde. Darüber hinaus ließ sich nachweisen, dass die Bearbeitungszeiten und die Fehlerraten der Patienten mit der Erkrankungsdauer anstiegen und dass deutlichere Defizite bei Patienten zu finden waren, die mit einem typischen Neuroleptikum (z. B. Haloperidol) behandelt wurden im Vergleich zur Medikation mit einem modernen Atypikum.

Bei vollständig sichtbarem Wegsystem wird insbesondere eine Koordination zwischen eher perceptiven und eher aktionalen Subprozessen als entscheidend für eine erfolgreiche Aufgabenlösung angesehen (Lis 2000).

Der große Vorteil der Labyrinthaufgaben besteht darin, dass die exekutiven Funktionen, die für die korrekte Lösung benötigt werden, als ein Bereich kognitiver Funktionen zu werten sind, die bei schizophrenen Erkrankungen besonders deutlich beeinträchtigt sind. Dies betrifft die Fähigkeit zur Planung, Initiierung und auch Hemmung von Handlungen, sowie die kognitive Flexibilität und Umstellungsfähigkeit, Koordination von Informationen und die Zielüberwachung.

Wie schon die angesprochene Aktivierung eines Netzwerkes zerebraler Strukturen (Kirsch et al. 2006) nahelegt, beansprucht die Lösung von Labyrinthaufgaben nicht nur isoliert eine kognitive Funktion, sondern zahlreiche, unterschiedliche kognitive Subfunktionen, die miteinander koordiniert werden müssen: Von der anfänglichen Strukturierung einer komplexen visuellen Reizvorlage über die Zwischenspeicherung im Arbeitsgedächtnis bis hin zur Exekution und Kontrolle motorischer Abläufe.

Verschiedene Studien weisen darauf hin, dass bei schizophrenen Erkrankungen vor allem die Koordinierung verschiedener Teilfunktionen beeinträchtigt ist.

Besonderes Augenmerk ist hier auf Forschungsansätze gerichtet, die die Schizophrenie als ein Syndrom mit ausgeprägter Psychopathologie ansehen, das, wie bereits erwähnt, zu einem Fehlverschaltungs-Syndrom der neuronalen Schaltkreise (Andreasen 1999) oder auch Dyskonnektionssyndrom (Schlösser et al. 2002) führt (vgl. Kapitel 1.2.3).

2 Fragestellung

Labyrinthaufgaben in Anlehnung an Porteus (1965) haben sich als ein geeignetes Instrument erwiesen, kognitive Störungen sowie ihre Beeinflussung durch Erkrankungsdauer und unterschiedliche neuroleptische Behandlungsstrategien bei schizophren erkrankten Patienten zu erfassen.

Im Allgemeinen werden die beobachteten Defizite der Patienten dabei auf Störungen in exekutiven Funktionen zurückgeführt.

Ein besonderes Merkmal von Labyrinthaufgaben ist, dass ihre Bearbeitung nicht eine isolierte kognitive Leistung erfordert, sondern durch ein Zusammenspiel unterschiedlicher Teilfunktionen geprägt ist. Diese Vielzahl unterschiedlicher kognitiver Prozesse bietet die Möglichkeit einer realitätsnahen Untersuchungsanordnung und entspricht den Anforderungen des alltäglichen Lebens vermutlich eher als viele andere Untersuchungsmethoden. Es erfolgt, größtenteils unbewusst, eine ständige Kontrolle der Aufgabensituation, der erreichten Teilziele, der Fehlerkorrektur und der Zwischenspeicherung. Folglich sollten die Ergebnisse in Labyrinthaufgaben erlauben, bessere Aussagen über die Fähigkeiten des Probanden machen zu können, die den alltäglichen Anforderungen der Umwelt entsprechen.

Dies ist einer der Vorteile, die Labyrinthaufgaben im Hinblick auf Fragestellungen der psychiatrischen Kognitionsforschung bieten, v. a. seitdem die Störungen der Koordination kogni-

tiver Teilprozesse im Rahmen der kognitiven Dysmetrie (Andreasen 1999) im Mittelpunkt des Interesses stehen und davon ausgegangen werden kann, dass die Informationsverarbeitung schizophrener Patienten dann gestört ist, wenn verschiedene Quellen kombiniert werden müssen, um die nächste verlangte Handlung auszuwählen und durchzuführen (Krieger 1999).

Gleichzeitig stellt die Vielzahl der bei der Aufgabenbearbeitung involvierten verschiedenen Teilfunktionen aber auch einen Schwachpunkt dieses Untersuchungsansatzes dar. Da die Lösung der Labyrinthaufgaben neben den im Interesse stehenden exekutiven Funktionen zusätzlich eine Vielzahl unterschiedlicher kognitiver Funktionen erfordert, kann eine schlechte Leistung beim Labyrinthlösen nicht direkt auf Störungen der exekutiven Funktionen zurückgeführt werden, da auch Störungen in den anderen an der Aufgabenbearbeitung beteiligten kognitiven Prozesse zu einer Verminderung der Leistung führen könnten.

Die für das Vorliegen von Beeinträchtigungen verantwortlich zu machenden Prozesse beinhalten sowohl elementare perzeptive und motorische Prozesse, die Fähigkeiten der Strukturierung der oftmals komplexen visuellen Reizvorlagen, den Aufbau und die Nutzung mentaler Repräsentationen, die Entscheidung zwischen verschiedenen Handlungsalternativen, aber auch die Fokussierung von Aufmerksamkeitsressourcen, die Zwischenspeicherung von Verarbeitungsergebnissen im Arbeitsgedächtnis, als auch höhere kognitive Fähigkeiten wie Planung und Sequenzierung von Handlungen (s. Lis 2000). So verlangen Labyrinthaufgaben beispielsweise an Weggabelungen wiederholt Prozesse der Response-Selektion, d. h. der Zuordnung zwischen dem Ergebnis der Reizverarbeitung zu einer aus mehreren möglichen motorischen Reaktionen. Aus Reaktionszeituntersuchungen ist bekannt, dass dieser Subprozess der Response-Selektion bei schizophrenen Patienten beeinträchtigt ist (Krieger, Lis & Gallhofer 2001a, Pellizzer & Stephane 2007). Damit besteht die Möglichkeit, dass auch die Leistungseinbußen schizophrener Patienten in Labyrinthaufgaben weniger auf das Vorliegen von exekutiven Funktionen als vielmehr auf das Vorliegen von Defiziten der Response-Selektion eingegrenzt werden können.

Die Problematik der Untersuchungsmethode besteht somit darin, dass eine Differenzierung der beteiligten kognitiven Funktionen in den herkömmlichen Labyrinth-Tests nicht möglich ist und lediglich eine Einstufung der individuellen Leistung in Bezug auf die Gesamtleistung erlaubt. Die einzelnen involvierten kognitiven Funktionen lassen sich nicht getrennt messen. Dies impliziert, dass auch eine Trennung gestörter und intakter kognitiver Funktionen nicht möglich ist. Eine exakte Analyse der an einer Aufgabenbearbeitung beteiligten Teilfunktionen und eine Identifikation selektiv betroffener Prozesse erscheint jedoch für das Verständnis der

psychiatrischen Erkrankungen unverzichtbar. Für das Verständnis der Schizophrenie wäre die Identifizierung selektiv gestörter kognitiver Fähigkeiten, die sich aus dem Profil gestörter Funktionen hervorheben, von hoher theoretischer Bedeutung (Goldberg & Gold 1995). Diese selektiv gestörten Teilfunktionen ließen sich mit der Funktionalität spezifischer zerebraler Regionen oder Systeme in Beziehung setzen und könnten sowohl Hinweise auf die Entstehung der Erkrankung liefern wie auch die neurobiologische Grundlage für die Entwicklung gezielter kognitionspsychologischer und psychopharmakologischer Interventionsmaßnahmen bilden (Krieger, Lis & Meyer-Lindenberg 2003).

Einen Lösungsansatz kann hier vermutlich das Experimentieren mit Labyrinthen bilden. Grundlage des experimentellen Ansatzes ist, dass eine oder mehrere unabhängige Variablen durch den Untersucher in den Aufgaben manipuliert werden und deren Auswirkungen auf das Aufgabenlösungsverhalten der Probanden unter Konstanthaltung anderer möglicherweise relevanter Faktoren gemessen wird.

Für die Labyrinthaufgaben bedeutet dies, dass einzelne Aspekte der Labyrinthaufgabe bei Konstanthaltung anderer Aspekte variiert werden. So ist zum Beispiel die Bedeutung der Notwendigkeit von Entscheidungsprozessen an Weggabelungen dadurch untersuchbar, dass das Verhalten bei Lösung eines „echten“ Labyrinthes mit dem eines „Labyrinthes“ ohne Entscheidungssituationen, d. h. ohne Wegverzweigungen, verglichen wird. Abbildung 1.1. zeigt exemplarisch eine derartige Untersuchungsanordnung. Krieger, Lis & Gallhofer (2001b) konnten zeigen, dass schizophrene Patienten mehr Zeit für das Durchfahren eines einfachen Weges benötigen und sich drastisch verschlechtern, wenn Entscheidungen zwischen Wegalternativen verlangt werden.

Abbildung 2.1. zeigt exemplarisch Daten aus einer ähnlichen Untersuchungsanordnung (Lis et al., unveröffentlichte Daten).

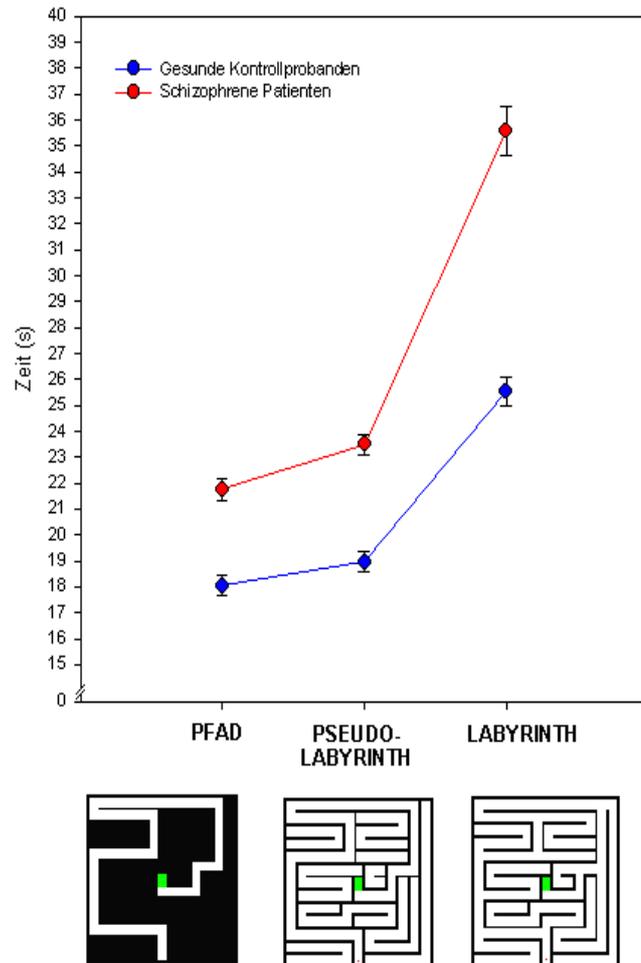


Abb. 2.1 Labyrinthlösungsverhalten schizophrener Patienten und gesunder Kontrollen

In verschiedenen Studien konnten durch das Experimentieren mit Labyrinthen verschiedene Einflussfaktoren auf das Lösungsverhalten gezeigt werden.

Lis (2000) zeigte, dass bei Einführung von Verzweigungen in ein Wegsystem die Qualität der Aufgabenlösung sinkt und der Zeitbedarf ansteigt sowohl bei zunehmender Anzahl von Sackgassen, als auch bei zunehmender Länge der in einer Sackgasse endenden Wegalternative.

Wird bei einem Porteus-artigen Labyrinth die Bewegungsspur visuell zurückgemeldet, wie z. B. beim Lösen des klassischen Labyrinthtests (Porteus 1965) mit einem Bleistift, führt dies ebenfalls zu einer Zunahme des Zeitbedarfs bei den schizophrenen Patienten (Lis et al. 2005). Die Anzahl der Fehler, sowie die Anzahl der Wandberührungen hingegen verringerten sich bei den Patienten im Vergleich zur gesunden Kontrollgruppe, die nicht von der visuellen Rückmeldung profitierten (Lis et al. 2005). Diese Ergebnisse zeigen, dass durch kleine Änderungen der konkreten Ausgestaltung von Labyrinthaufgaben, wie die Rückmeldung der Be-

wegungsspur, die Koordination verschiedener Domänen kognitiver Funktionen beeinflusst werden kann.

Das kennzeichnende Merkmal von Labyrinthaufgaben ist die Verkettung von einzelnen Weg-elementen bzw. die Aneinanderreihung von Situationen, in denen Entscheidungen getroffen werden müssen. Es stellt sich die Frage, ob diese Verkettung nötig ist oder ob man bereits durch einzeln dargebotene Entscheidungssituationen vorhandene Defizite aufdecken kann. Hierfür werden vergleichbare Aufgaben benötigt, in denen eine einzelne Entscheidungssituation mit mehreren verketteten Entscheidungssituationen, die jeweils an Weggabelungen Prozesse der Response-Selektion erfordern, konstruiert werden. Die Porteus-artigen Labyrinth erweisen sich bei dieser Überlegung als ungeeignet, da die einzelnen Elemente innerhalb des Labyrinthes stark variieren und damit nur schlecht einzeln aus der Sequenz herausgelöst werden können. Einen möglichen Lösungsansatz bieten die in der Tierforschung verwendeten Labyrinth. Diese sind stark vereinfacht und werden z. B. als Verkettung von Y- oder T-förmigen Elementen eingesetzt. Es besteht hier die Möglichkeit, dieses Element auch einzeln zu präsentieren oder einzelne Merkmale zu variieren und alle anderen Eigenschaften konstant zu halten, um kognitive Teilfunktionen zu untersuchen, ähnlich den Verfahren der Reaktionszeitforschung (Massaro 1990). Durch die Verkettung von Einzelementen zu einem labyrinthartigen Stimulus ist eine Merkmalsvariation möglich, ohne dass die Gesamtstruktur verändert wird. Es ergibt sich eine hohe Kontrollmöglichkeit einzelner Merkmale. Ferner erlaubt die Verkettung eine getrennte Auswertung einzelner Abschnitte. Die fehlerhafte Bearbeitung einzelner Bereiche kann getrennt vom Gesamtlabyrinth analysiert werden. Die Abbildung 2.2 zeigt beispielhaft ein typisches elementbasiertes Labyrinth in Anlehnung an das Raumlabyrinth von Dashiell und Bayroff (1931).

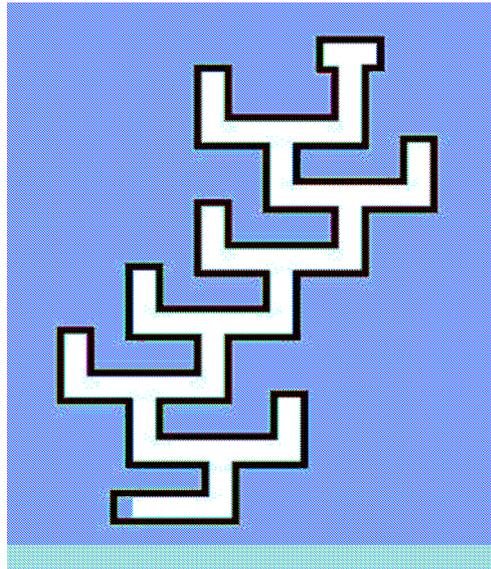


Abb. 2.2 Labyrinth in Anlehnung an das Raumlabyrinth von Dashiell und Bayroff (1931)

In Anlehnung an die in der Tierforschung verwendeten Labyrinth untersuchte Hanisch (2006) in einer Studie mit gesunden Personen, wie sich die experimentelle Manipulation einzelner Labyrinthmerkmale in T-Labyrinth auf unterschiedliche Parameter des Verhaltens wie Zeitbedarf und Bewegungspräzision auswirkten. Es stellte sich heraus, dass sich die Bearbeitung einzelner T-Elemente grundsätzlich von der Bearbeitung einer Sequenz von Elementen unterscheidet.

Außerdem zeigte sich, dass die Elemente abhängig von ihrer Position in der Sequenz unterschiedlich bearbeitet wurden, unabhängig davon, wie viele Elemente der Sequenz gleichzeitig einsehbar waren.

Hinsichtlich der traditionellen haben sich diese T-Labyrinth als vorteilhaft erwiesen, da bessere Möglichkeiten zur kontrollierten Bedingungsvariation bestehen und deshalb eine gute experimentelle Kontrolle möglich ist (Hanisch 2006).

Aus verschiedenen Untersuchungen ist bekannt, dass Labyrinthaufgaben an den Weggabelungen wiederholt Prozesse der Response-Selektion verlangen, d. h. es werden Zuordnungen zwischen dem Ergebnis der Reizverarbeitung zu einer aus mehreren möglichen Reaktionen abverlangt. Aus Reaktionszeituntersuchungen ist bekannt, dass dieser Subprozess der Response-Selektion bei schizophrenen Patienten beeinträchtigt ist (Krieger et al. 2001a).

Ein Ziel der vorliegenden Arbeit ist die Klärung der Frage, ob der Einsatz von T-Elementen geeignet ist, um gestörte kognitive Teilprozesse bei schizophrenen Patienten zu erkennen. Von besonderer Bedeutung ist, ob sich die bei schizophrenen Patienten bei der Bearbeitung

von T-Labyrinthen beobachtbaren Beeinträchtigungen auch in einzelnen T-Elementen nachweisen lassen oder ob es Unterschiede in der Verarbeitung von einzelnen im Vergleich zu verketteten T-Elementen gibt, die das Auftreten von Defiziten bei schizophrenen Patienten beeinflussen. Lassen sich die Beeinträchtigungen schizophrener Personen auf das Vorliegen von Response-Selektionsdefiziten zurückführen, sollten sie bereits in einfachen Entscheidungssituationen beobachtbar sein. Sind dagegen exekutive Funktionen für das Auftreten von Leistungsminderungen verantwortlich, sollten in einzelnen Entscheidungssituationen keine Defizite beobachtbar sein, sondern erst eine simultane Darbietung mehrerer Entscheidungssituationen mit der Möglichkeit zum Einsatz exekutiver Funktionen zur vorausschauenden Planung der Handlung die Beeinträchtigungen erkennbar werden lassen.

Kennzeichen von Labyrinthen ist, dass in der Regel das gesamte Wegsystem einsehbar ist und damit bei der Bearbeitung die gesamte Information zu jedem Zeitpunkt der Verarbeitung verfügbar ist. Dies scheint die Voraussetzung für den Einsatz von exekutiven Funktionen mit z. B. einer Handlungsplanung für das gesamte Wegsystem statt lediglich dem Treffen einzelner, an eine einzelne Entscheidungssituation gekoppelter Entscheidungen zu sein. Aus diesem Grund interessiert, ob die Anzahl simultan sichtbarer T-Elemente in einem T-Labyrinth Einfluss auf die Aufgabenbearbeitung hat. Es ist zu vermuten, dass eine unterschiedliche Verarbeitung von einzelnen und in einer Sequenz präsentierten T-Elementen nur dann zu beobachten ist, wenn simultan mehrere Entscheidungspunkte in einem Wegsystem analysiert werden können, d. h. wenn der Proband Einsicht in eine längere Sequenz von T-Elementen hat und nicht nur eine Entscheidungssituation eingesehen und analysiert werden kann. Damit sollte die Verarbeitung optimierbar werden, da die Handlungen vorausschauend weiter in die Zukunft geplant werden können und die Bewegung kontinuierlicher durchgeführt werden kann. Aus Untersuchungen mit Porteus-artigen Labyrinthen ist bekannt, dass die zusätzliche Einführung von Sackgassen in ein Wegsystem zu einem Anstieg der Bearbeitungszeit führt (Lis 2000). Dieser tritt jedoch nicht bei Durchfahren des Weges in räumlicher Nähe zur Sackgasse auf, sondern führt zu einer Verlangsamung der Bewegung innerhalb anderer Punkte der Topographie des Wegsystems. Erste Voruntersuchungen mit der Messung von Augenbewegungen weisen darauf hin, dass zu verschiedenen Zeiten des Durchfahrens eines Wegsystems bereits weiter entfernt liegende Regionen des Weges visuell inspiziert werden. Diese Befunde implizieren, dass tatsächlich bei einem vollständig sichtbaren Wegsystem eine ganzheitliche Analyse der Topographie parallel zum Durchfahren einzelner Wegabschnitte erfolgt. Es stellt sich die Frage, inwieweit das Aufgabenlösungsverhalten schizophren erkrankter Personen

durch die Möglichkeit zu vorausschauendem Planen beeinflusst wird. Geht man von einer Störung exekutiver Funktionen aus, ist zu vermuten, dass sich eine Zunahme der verfügbaren Informationen eher negativ auf die Leistung auswirken sollte.

Zusammenfassend lassen sich die Fragen, die in der vorliegenden Arbeit behandelt werden, wie folgt zusammenfassen:

- Lassen sich bei schizophren erkrankten Personen Defizite bei der Bearbeitung von T-Labyrinthen nachweisen? Sind diese bereits in einzeln präsentierten Entscheidungssituationen erkennbar oder benötigt man mehrere simultan präsentierte T-Elemente um die Defizite aufzudecken?

- Werden die Defizite in der Bearbeitung durch die Menge visuell verfügbarer Informationen über die Entscheidungssituationen und damit die Möglichkeit zum vorausschauenden Planen beeinflusst?

3 Methode

In der vorliegenden Studie wurde das Lösungsverhalten bei Labyrinthaufgaben in Abhängigkeit von verschiedenen, experimentell variierten Faktoren an einer Gruppe schizophrener Patienten im Vergleich zu einer Gruppe gesunder Kontrollprobanden untersucht.

3.1 Stichprobe

An der Untersuchung nahmen 18 an Schizophrenie erkrankte Personen teil. Es handelte sich um eine Gruppe von 5 Frauen und 13 Männern im Alter zwischen 19 und 49 Jahren, die zum Zeitpunkt der Untersuchung stationär oder tagesklinisch in der psychiatrischen Universitätsklinik Giessen behandelt wurden.

Für jeden teilnehmenden schizophrenen Patienten wurde ein gesunder Kontrollproband rekrutiert, der die Match-Kriterien Alter, Geschlecht und Schulbildung erfüllte (s. Tabelle 3.1).

Alle Personen gaben nach der Aufklärung über die Ziele und Methoden der Untersuchung freiwillig ihr Einverständnis zur Teilnahme. Sie wurden darüber informiert, dass sie jederzeit pausieren könnten und die Untersuchung ohne Angabe von Gründen abbrechen könnten.

Es hat sich herausgestellt, dass die Händigkeit von Probanden einen wesentlichen Einflussfaktor auf das Lösungsverhalten von Labyrinthaufgaben darstellt (Klinteberg, Levander & Schalling 1987; Stoddart & Vaid 1996; Ward et al. 1989). Deshalb wurden in die vorliegende Untersuchung ausschließlich rechtshändige Personen aufgenommen. Die Händigkeit wurde dabei mit Hilfe des Händigkeitsfragebogen nach Annett (1967) bestimmt. Dieser Händigkeitsfragebogen beinhaltet 12 Items, die die bevorzugte Hand bei verschiedenen Tätigkeiten erfragen, z. B. beim Schreiben eines gut leserlichen Briefes oder das Halten der Zahnbürste beim Zähneputzen.

Die Dauer der Erkrankung für die Gruppe der schizophren erkrankten Personen lag im Mittel bei 5.02 Jahren (Streuung: ± 6.6 Jahren). Alle Patienten wurden zum Zeitpunkt der Untersuchung neuroleptisch behandelt.

Zur Beschreibung der Patientenstichprobe wurden die aktuelle emotionale Befindlichkeit sowie die Psychopathologie mit verschiedenen Fragebögen erfasst.

Der derzeitige Gefühlszustand ist als relevant für die kognitive Leistungsfähigkeit anzusehen. Zu Beginn des vereinbarten Termins wurde den schizophrenen Patienten die „Self-Assessment Manikin“-Skala (SAM-Skala) vorgelegt. Ausgehend von Untersuchungen von Russel und Mehrabian (1977) konstruierte Lang (1980) das so genannte Self-Assessment-Manikin (SAM). Die SAM-Skala ist eine sprachfreie Methode um die Emotionsdimensionen „Valenz“, „Erregung“ und „Dominanz“ zu erfassen. Die beiden ersten Dimensionen „Valenz“ und „Erregung“ entsprechen den von Wundt (1902) beschriebenen Gefühlsdimensionen „Lust-Unlust“ und „Erregung-Beruhigung“. Die Dominanzdimension bildet das Gefühl von Stärke, Unabhängigkeit oder Kontrolle in einer Situation ab (Hamm & Vaitl 1993).

Der SAM bietet die Möglichkeit, ohne großen Zeitaufwand und ohne semantische Elaborierung den Gefühlszustand zu erfassen (Müsseler 2002).

Auf einer 5-stufigen Skala ergab sich für die Patienten ein Valenz-Wert von 3.3 ± 1.1 , wobei das erste Feld für „unglücklich, traurig, unangenehm“ stand und sich stufenweise bis hin zu „glücklich, erfreut, angenehm“ steigerte. Für die Erregung ergab sich ein Wert von 2.5 ± 1.1 und für die Dominanz 3.3 ± 0.9 (s. Tabelle 3.1). Die Patienten beschrieben ihren emotionalen

Zustand damit mit einer eher positiven Valenz, einer durchschnittlichen Erregung und einer eher durch Stärke geprägten Dominanz.

Nach Beendigung der Labyrinth-Untersuchung füllten die Patienten die Paranoid-Depressivitäts-Skala aus (PD-S, Koeller & von Zerssen 1976).

Das Verfahren erfasst das Ausmaß subjektiver Beeinträchtigungen durch ängstlich-depressive Verstimmtheit sowie eine klinisch und faktoriell davon eindeutig unterscheidbare Misstrauenshaltung und Realitätsfremdheit bis zu ausgeprägter Wahnhaftigkeit. Die Paranoid-Depressivitäts-Skala umfasst 16 P(aranoid)-Items, 16 D(epressions)-Items sowie 11 Kontrollitems (Kv-Items zur Krankheitsverleugnung und M-Items zur Motivation). Die insgesamt 43 Aussagen sollen dabei auf einer 4-stufigen Skala („1“: trifft ausgesprochen zu, bis „4“: trifft gar nicht zu) beantwortet werden.

Bei der Auswertung dieser Selbsteinschätzung der psychopathologischen Symptome zeigten die Patienten leicht erhöhte Werte für die Paranoidität (Cutoff < 5) und unauffällige Werte für die Depressivität (Cutoff <10) (s. Tabelle 3.1).

Zusätzlich wurde die Schwere der psychopathologischen Symptome mit der „Positive and Negative Syndrome Scale for Schizophrenia“ (PANSS, Kay et al. 1987) bestimmt. Dabei ergab sich ein Gesamtwert von 68.9 (\pm 21.6) mit 14.7 Punkten (\pm 5.5) für die Subskalen Positivsymptomatik, 20.2 Punkten (\pm 8.0) für die Negativsymptomatik und 34.1 Punkten (\pm 11.3) für die allgemeine Psychopathologie (s. Tabelle 3.1). Die Patienten zeigten also eine nur geringe Ausprägung psychopathologischer Symptome, die sich innerhalb des Symptompektrums am stärksten im Bereich der Negativsymptome beobachten ließ.

Das mittlere Alter der teilnehmenden Patienten betrug 33.1 ± 9.7 Jahre. Mit einem mittleren Alter von 34.5 ± 9.5 Jahren für die gesunde Kontrollgruppe lässt sich damit kein Unterschied zwischen den beiden Gruppen nachweisen (unabhängiger t-test, 2-seitig: $t = 0.38, p = .919$).

Tab. 3.1: Mittelwerte (*AM*) und Standardabweichungen (\pm) der Stichprobencharakteristika

		Schizophrene Patienten		Gesunde Kontrollprobanden	
		<i>AM</i>	\pm	<i>AM</i>	\pm
N		18		18	
Schulbildung	Gymnasium	10		10	
	Realschule	3		3	
	Hauptschule	5		5	
Alter		33.1	9.7	34.45	9.5
SAM	Valenz	3.3	1.1		
	Erregung	2.5	1.1		
	Dominanz	3.3	0.9		
PD-S	Paranoidität	8.1	6.6		
	Depression	7.8	4.8		
	Kontrollitems	10.6	5.2		
PANSS	Positivsymptomatik	14.7	5.5		
	Negativsymptomatik	20.2	8.0		
	Allg. Psychopathologie	34.1	11.3		
	Gesamt	68.9	21.6		
ESRS		1.8	4.5		
Erkrankungsdauer (in Jahren)		5.0	6.6		

Bei den Kontrollprobanden und in ihrer Familiengeschichte ergaben sich durch eine Befragung keine Hinweise auf das Vorliegen psychiatrischer oder neurologischer Erkrankungen. Auch Drogen- oder Alkoholmissbrauch lagen nicht vor.

Den Kontrollprobanden wurde für die Teilnahme an der Untersuchung eine Aufwandsentschädigung von 7 € gezahlt.

3.2 Allgemeiner Versuchsablauf

Die Labyrinthuntersuchungen wurden im Untersuchungsraum des Kognitionslabors des Zentrums für Psychiatrie der Justus- Liebig- Universität Giessen durchgeführt.

Zusätzlich zu den Labyrinthaufgaben wurden vor den Messungen einige soziodemographische Merkmale der Probanden erhoben. Außerdem erfasste man mit Hilfe verschiedener Ratingskalen die Befindlichkeit und die Schwere der Psychopathologie (s. Tabelle 3.1).

Im Untersuchungsraum nahmen die Teilnehmer dem Monitor gegenüber Platz, direkt vor ihnen befand sich ein Grafik-Tablett. Mit dem dazugehörigen Stift konnten auf dem Grafik-Tablett Bewegungen ausgeführt werden, die dem alltäglichen Umgang mit Papier und Bleistift ähnelten und deshalb keine Gewöhnung an eine neue Eingabemethode (z. B. Tastenkombinationen) erforderte, um das Labyrinth zu durchqueren.

Durch die weitgehend gewohnte und natürliche Bewegung wurde es den Teilnehmern ermöglicht, Geschwindigkeit und Präzision den eigenen Fähigkeiten anzupassen.

Die Bewegungen, die mit dem Stift auf dem Grafik-Tablett erfolgten, waren als viereckiger Cursor auf dem Monitor sichtbar. Zudem hatten alle Patienten und Probanden die Möglichkeit, vor Beginn der Untersuchung in einer Demonstrationsversion die Handhabung des Grafik-Tabletts zu üben, ohne dass Verhaltensdaten aufgezeichnet wurden. Nach der Übung und Eingewöhnung erfolgte die eigentliche Untersuchung und Speicherung der Daten.

Jede Labyrinthvorlage in den darauffolgenden Einzeluntersuchungen wurde mit einem Startdisplay eröffnet, das in erster Linie der Kontrolle des Versuchsablaufes durch den Patienten diente. Im Startdisplay stand der Satz: „Bitte fahren Sie zum Starten mit dem Viereck auf den Punkt.“ Dieser rote Punkt befand sich in der unteren linken Ecke auf einem ansonsten schwarzen Bildschirm.

Für den Teilnehmer bot sich durch die Darbietung des Startdisplays die Möglichkeit, die Geschwindigkeit der Labyrinthabfolge selbst zu bestimmen und eigenständig Pausen einzulegen. Zuvor erfolgte die Instruktion erst mit der Bearbeitung zu beginnen, wenn sich der Proband für die Aufgabe ausreichend konzentriert fühle.

Mit dem Erreichen des roten Startpunktes im Startdisplay präsentierte sich die Labyrinthvorlage und die Registrierung der Daten erfolgte. Durch das Fahren auf den Punkt war der Cursor automatisch korrekt in der Startregion des Labyrinthes positioniert, da die Lokalisationen in den Labyrinthvorlagen und im Startdisplay identisch waren. Dies verhinderte unnötig vermehrten Zeitbedarf durch das Suchen der Startregion.

Laut Anweisung wurden die Labyrinth nun von der Startregion bis zur grün markierten Zielregion durchfahren. Zeitgleich mit dem Berühren der grünen Fläche erfolgte die Ausblendung des Stimulusmaterials und der Satz: „Geschafft! Gleich geht es weiter!“ erschien auf dem

Monitor. Um das folgende Startdisplay anzuzeigen, drückte der Untersuchungsleiter die Enter-Taste.

3.2.1 Instruktionen

Vor Beginn der Untersuchung erhielten die Patienten eine ausführliche Erklärung über die Funktionsweise des Grafik-Tablets. In den allgemeinen Instruktionen wurde erläutert, dass die Funktion des Stiftes mit der einer Computer-Maus vergleichbar sei und dass die Möglichkeit bestehe, die Hand auf dem Tablet abzustützen, damit eine bequeme und sichere Handhabung gewährleistet sei. Außerdem sei es nicht zwingend erforderlich, eine kontinuierliche Bewegung durchzuführen, bei Bedarf könne der Stift abgesetzt und an einer anderen Stelle neu angesetzt werden.

Der zu messende Bereich begann mit Präsentation der Labyrinthvorlage und endete mit dem Erreichen des grün dargestellten Zielbereichs.

Um die Konzentration zu wahren, wurde darum gebeten, während der Aufgaben nicht zu sprechen und eventuelle Rückfragen nach der Untersuchung zu stellen. Zwischen den einzelnen Aufgaben waren Pausen jederzeit möglich.

Anhand von Demonstrationslabirynthen konnte die Handhabung der Messapparatur geübt werden, so dass zu Beginn der eigentlichen Untersuchung keine Verständnisfragen die Ergebnisse beeinflussen sollten.

Neben den allgemeinen Anweisungen folgte nun die Instruktion: „Bitte durchfahren Sie die Labyrinth ohne in die Sackgassen zu laufen, so schnell wie möglich, vermeiden Sie dabei aber auch, die Wände der Labyrinth zu berühren.“

Bei versehentlicher Wandberührung ertönte 100 ms lang ein akustisches Signal mit einer Frequenz von 1000 Hz als negatives Feedback.

3.2.2 Untersuchungsbedingungen und Messapparatur

Im Untersuchungsraum wurde auf ein ruhiges Umfeld und gleichbleibende Lichtverhältnisse geachtet.

Jeder Patient wurde zu Beginn der Untersuchung darauf hingewiesen, eine bequeme Sitzposition einzunehmen und gegebenenfalls die Stuhlhöhe entsprechend anzupassen.

Die Darbietung des Reizmaterials erfolgte auf einem 17'' Monitor mit einer Auflösung von 800 x 600 Pixels. Zur Bearbeitung diente ein Grafik-Tablett (WACOM, Ultrapad III) der Größe DIN A3, von dem die Bewegungen des Stiftes auf dem Bildschirm als viereckiger Cursor mit einer zeitlichen Auflösung von 200 Hz (Intervall von 5ms) rückgemeldet und zur weiteren Analyse gespeichert wurden.

Der Cursor (3 x 3 Pixels) erschien weiß auf schwarz dargestellten Wegsystemen und Sackgassen (absolute Wegbreite 18 Pixels). Die Wände der Wege waren blau dargestellt.

3.2.3 Struktur der verwendeten Labyrinth

Die dargebotenen Labyrinth bestanden aus sechs gleichförmigen T-Elementen, die als „Labyrinth“ aneinandergereiht vorlagen. Um eine Trennung der initialen Analysezeit zur Bearbeitungszeit des ersten T-Elementes in der Sequenz zu erreichen, gab es zu Beginn eine verlängerte, vertikal ausgerichtete Anfangsstrecke.

Die Labyrinthbearbeitung erfolgte bei allen Aufgaben von links nach rechts über die komplette Breite des Bildschirms, bei mittiger Ausrichtung des Lösungsweges. Während sich die Startposition immer in gleicher Höhe auf der linken Bildschirmseite befand, variierte der Zielbereich der verschiedenen Labyrinthvorlagen in der Positionierung am rechten Bildschirmrand.

Es wird davon ausgegangen, dass die Elemente in Schwierigkeit der Stimulusanalyse und der motorischen Anforderung gleich zu bewerten sind.

Um die in der vorliegenden Arbeit angestrebte Identifizierung und Isolierung von kognitiven Teilfunktionen in der Informationsverarbeitung zu erreichen, benötigt man Labyrinthvorlagen, die gewisse Voraussetzungen erfüllen. So sollte die Grundform der Einzelelemente die Zuordnung zwischen kognitiver Informationsverarbeitung und auf dem Monitor sichtbarer Cursorposition erlauben und die Möglichkeit einer parallelen Verarbeitung zulassen, die bestenfalls im jeweils aktuellen Element messbar ist.

Hierfür wurden Labyrinth verwendet, die aus jeweils sechs aneinandergereihten, gleichartigen T-Elementen bestehen (beispielhaft: s. Abbildung 3.2).

Die Struktur der identischen Grundelemente dient vornehmlich der vereinfachten Auswertung, da hierdurch die Bildung von Mittelwerten unterschiedlicher abhängiger Variablen erst ermöglicht wird. Nur so gelingt es, ermittelte Werte im Zeitverbrauch oder in der Fehlerhäufigkeit miteinander vergleichbar zu machen.

Aufgrund der T-Form liegt eine achsensymmetrische Struktur vor, die gewährleistet, dass in den Entscheidungssituationen eine gleichwertige Tendenz zur Wahl der rechten bzw. linken Wegalternative gegeben ist.

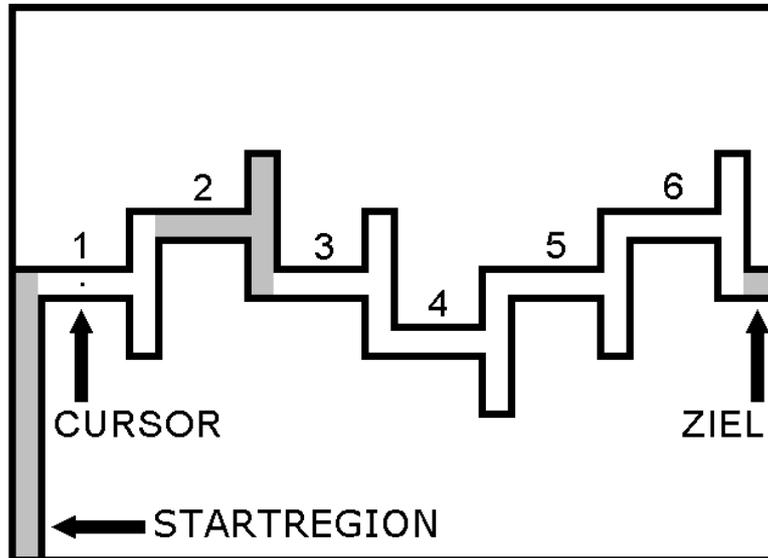


Abb. 3.2 Aufbau eines verwendeten Labyrinthes

Der Unterschied zwischen den einzelnen Grundelementen besteht lediglich in der variierenden Ausrichtung des korrekten Lösungsweges nach links oder nach rechts. Dies hat zur Folge, dass in jedem Element eine Entscheidung gefordert ist und die Anforderungen an Stimulusanalyse und motorische Teilfunktionen zwischen den einzelnen Elementen vergleichbar sind.

In der vorliegenden Untersuchung wurde das gleiche Stimulusmaterial verwendet wie bei Hanisch (2006). Ausgehend von der Kombination von zwei Lösungswegausrichtungen und sechs Elementen pro Labyrinthvorlage, ergibt sich eine theoretisch mögliche Anzahl von 2^6 also 64 Elementabfolgen. Für die Untersuchung wurden hieraus 36 Labyrinth ausgewählt. Im verwendeten Stimulusmaterial wurden verschiedene Eigenschaften kontrolliert, wie die Anzahl von geforderten Links-/Rechtswendungen an den Verzweigungspunkten, der Quotient der Links- und Rechtswendungen innerhalb eines Labyrinthes, die Anzahl der erforderlichen Richtungswechsel, sowie Gruppierungen in aufeinanderfolgende gleichsinnige Richtungswechselungen. Bei der Konstruktion des Stimulusmaterials waren bestimmte Zufallsanordnungen der T-Elemente zu einem Labyrinth ausgeschlossen worden. Dazu zählten die Sequenzen, die mehr als vier Richtungswechsel beinhalteten oder aufgrund ihrer vertikalen Ausrichtung zuviel Platz benötigten. Des Weiteren sollten keine Bewegungsautomatismen begünstigt wer-

den. Dashiell und Bayroff (1931) beobachteten in Labyrinthversuchen mit Nagern, dass eine Tendenz zu alternierenden Richtungsentscheidungen besteht und bei abwechselnden rechts-links-Gängen weniger Fehler gemacht werden. Labyrinth mit mehr als drei gleichsinnigen Richtungsentscheidungen in Folge wurden in der vorliegenden Arbeit verworfen. Von den ursprünglich 64 möglichen Labyrinthblenden blieben 42 geeignete übrig. Aus diesen wurden gemäß der Anforderungen des experimentellen Designs 6 vergleichbare Gruppen mit je 6 Labyrinthblenden gebildet.

Da man für den Versuchsablauf nur 36 unterschiedliche Reizvorlagen benötigte, wurden sechs weitere verworfen, die jedoch ähnliche Charakteristika wie die verbliebenen aufwiesen und damit gewissermaßen mehrfach vorhanden waren (vgl. Details zur Konstruktion des Stimulusmaterials bei Hanisch 2006).

3.3 Experimentelle, unabhängige Variablen

In der vorliegenden Arbeit soll der Einfluss verschiedener experimentell variierteter Faktoren auf das Lösungsverhalten bei Labyrinthaufgaben schizophrener Patienten untersucht werden. Die als unabhängige Variablen manipulierten experimentellen Faktoren sind der Aufgabentyp, das Vorliegen von Entscheidungssituationen, die verfügbare Informationsmenge sowie die Elementposition.

3.3.1 Unabhängige Variable 1: Präsentationsweise

Labyrinthaufgaben stellen in der Regel Sequenzen von Entscheidungssituationen dar. Während ihrer Lösung werden vermutlich exekutive Funktionen im Sinne von Prozessen der Handlungsplanung benötigt. Um zu untersuchen, ob die Defizite schizophrener Patienten in Labyrinthaufgaben auf die Verkettung von Entscheidungsprozessen und die damit verbundenen exekutiven Prozesse zurückzuführen sind oder bereits in einzelnen Entscheidungssituationen beobachtbar sind, wird in der ersten unabhängigen Variablen variiert, ob die T-Wegelemente isoliert oder in Sequenzen als zusammenhängendes Wegsystem präsentiert werden.

In der Einzelpräsentation wurden die T-Elemente nacheinander und unabhängig voneinander dargeboten (s. Abbildung 3.3.1). In der sequenziellen Variante hingegen werden 6 Elemente im Verbund präsentiert (s. Abbildung 3.3.2).

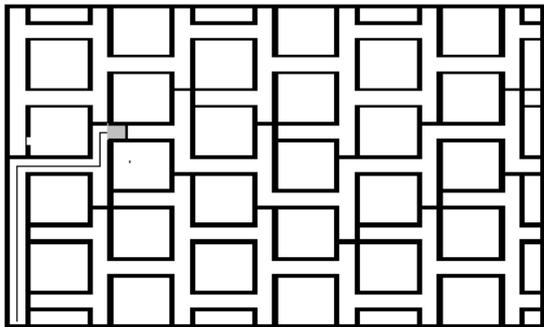


Abb. 3.3.1 Einzelpräsentation: 1-Element

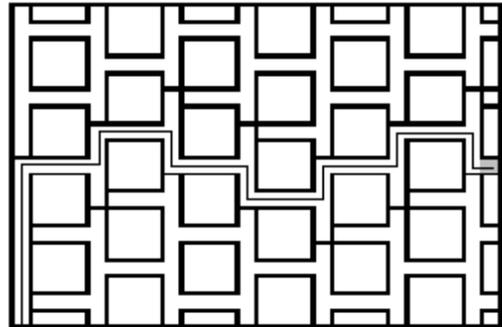


Abb. 3.3.2 Präsentation im Verbund: 6-Element

Die zu durchfahrenden Elemente werden dabei vor einem gemusterten Hintergrund aus den T-Elementen vergleichbaren Mustern präsentiert.

Es resultiert eine 2-stufige unabhängige Variable mit den Stufen „Einzelpräsentation“ oder auch „1-Element“-Bedingung und „Präsentation im Verbund“ als „6-Element“-Bedingung.

Jede Person sah 12 mal 6 Labyrinth mit jeweils 6 Elementen. In der Einzelpräsentation erfolgte die Darbietung von 2 mal 36 einzelnen Elementen.

3.3.2 Unabhängige Variable 2: Entscheidungssituationen

Als zweite unabhängige Variable wird die Existenz von Entscheidungssituationen in zwei Stufen experimentell variiert. In dem einen Typ von Labyrinthvorlagen werden einfache Pfade präsentiert, in denen keine Entscheidungen gefordert sind.

Der zweite Stimulustyp unterscheidet sich durch das Auftreten einer Wegverzweigung innerhalb der T-Elemente, an denen eine Sackgasse die Wegalternative darstellt.

Für die in Sequenzen aus 6-Elementen bestehenden Stimuli zeigt die Abbildung 3.3.4 exemplarisch einen Stimulus ohne und die Abbildung 3.3.5 einen mit Entscheidungspunkten.

Der Faktor „Existenz von Entscheidungssituationen“ stellt demnach eine 2-stufige unabhängige Variable mit den Stufen `Pfad` und `Labyrinth` dar.

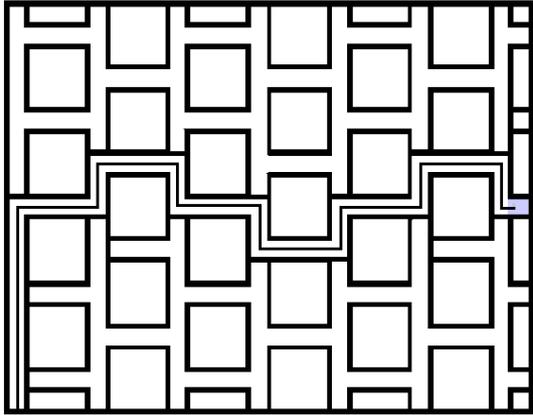


Abb.: 3.3.4 Pfad ohne Entscheidungspunkte

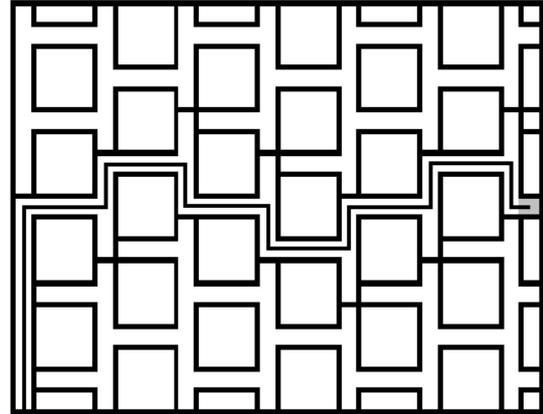


Abb.: 3.3.5 Labyrinth mit Entscheidungspunkten

3.3.3 Unabhängige Variable 3: Verfügbare Informationsmenge

Bei Porteus-artigen Labyrinthaufgaben ist immer das gesamte Wegsystem einsehbar, d. h. als Grundlage für die Handlungsplanung steht immer Information über das gesamte Wegsystem zur Verfügung. Um zu untersuchen, inwieweit sich die Bereitstellung dieser Information auf die Aufgabenbearbeitung auswirkt, wird in der vorliegenden Untersuchung in einer weiteren unabhängigen Variable die Menge der bei der Labyrinthbearbeitung zur Verfügung stehenden Information variiert.

Die unabhängige Variable „visuell verfügbare Informationsmenge“ erfolgt in sechs Stufen. Beim Durchfahren des Weges wird um die aktuelle Cursorposition ein Fenster gelegt, durch das eine Aufsicht auf einen Ausschnitt des Wegsystems möglich ist. Mit der Bewegung des Cursors bewegt sich auch das Fenster und macht damit parallel zur Bewegung wechselnde Ausschnitte des Wegsystems einsehbar. Die Größe des Fensters, d. h. die Größe des sichtbaren Wegausschnittes, wird in der vorliegenden Studie in 6 Stufen variiert. Die einzelnen Stufen dieses Faktors entsprechen dabei der Anzahl simultan sichtbarer T-Elemente, d. h. bei Fenstergröße 2 sind 2 Elemente simultan im Fenster sichtbar, bei Fenstergröße 4 dagegen 4 Elemente (vgl. Abbildung 3.3.6). Durch variierende Fenstergrößen auf den Labyrinthvorlagen unterscheidet sich die Bearbeitung lediglich durch die Informationsmenge, die dem Patienten dargeboten wird und die er zu einem Zeitpunkt der Aufgabenbearbeitung nutzen kann.

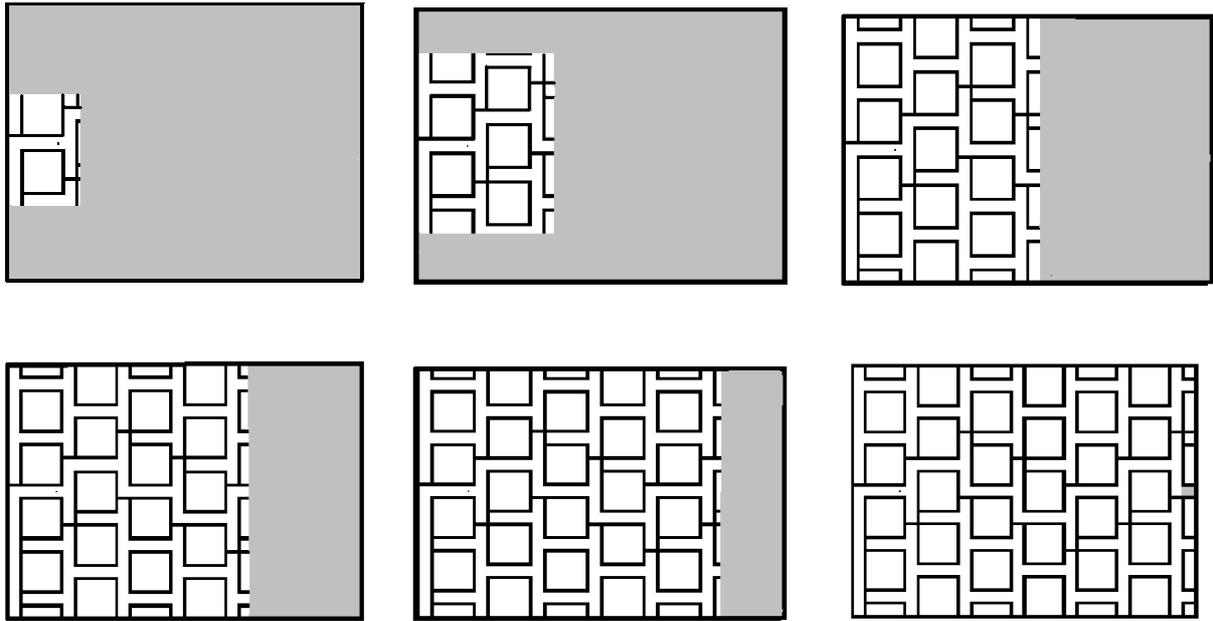


Abb. 3.3.6 Visuell verfügbare Informationsmenge der Fenstergrößen 1-6 am Beispiel eines 6-Element-Stimulus mit Entscheidungssituationen

Die „visuell verfügbare Informationsmenge“ ist eine 6-stufige unabhängige Variable mit den Fenstergrößen 1- 6.

Diese Variable wird lediglich für die Wegsysteme mit 6 in Sequenz dargebotenen T-Elementen variiert (vgl. UV1: Aufgabentyp: 6-Element).

3.3.4 Unabhängige Variable 4: Elementposition

Es soll außerdem der Frage nachgegangen werden, ob die Position der Elemente innerhalb einer Folge von mehreren Elementen einen Einfluss auf das Lösungsverhalten hat oder ob alle identischen T-Elemente der gleichen Bearbeitung unterliegen.

Die experimentelle Variation der unabhängigen Variablen „Elementposition“ erfolgt in sechs Stufen, da in jeder Labyrinthvorlage sechs T-Elemente zu einem einheitlichen Wegsystem zusammengefasst wurden. Folglich ergibt sich eine 6-stufige unabhängige Variable mit den Stufen der Elementposition 1-6 (s. Abbildung 3.3.7).

Diese Variable wird lediglich für die Wegsysteme mit 6 in Sequenz dargebotenen T-Elementen variiert (vgl. UV1: Aufgabentyp: 6-Element).

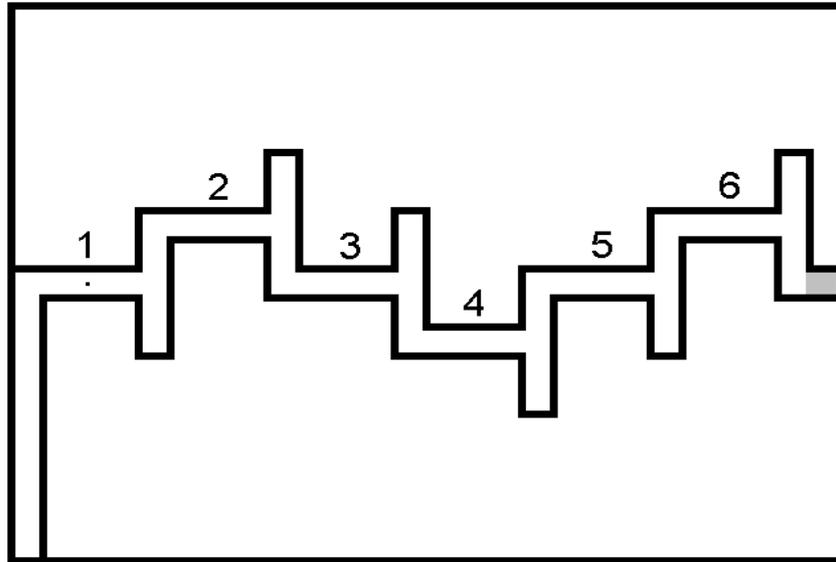


Abb.: 3.3.7 Position der T-Elemente

3.4 Versuchspläne und Auswertung

Die Fragestellung der vorliegenden Untersuchung wird in zwei getrennten Versuchsplänen ausgewertet.

Im ersten Versuchsplan werden die Auswirkungen der Präsentationsweise von T-Elementen als Einzelelemente oder verkettet in einer Sequenz auf die Aufgabenbearbeitung bei gesunden und schizophren erkrankten Personen in Abhängigkeit vom Auftreten von Entscheidungssituationen untersucht.

Damit ergibt sich ein 3-faktorielles Untersuchungsdesign mit dem unabhängigen Faktor „Gruppenzugehörigkeit“ (Patienten/Kontrollen) und den Messwiederholungsfaktoren „Präsentationsweise“ (1-Element/6-Element) und „Existenz von Entscheidungssituationen“ (mit/ohne Entscheidungspunkt). Dieser $2 \times 2 \times 2$ -Versuchsplan ist in Tabelle 3.4.1 dargestellt. Die varianzanalytische Auswertung erfolgt mit einem entsprechenden $2 \times 2 \times 2$ -faktoriellen Design.

Für diese Analyse werden die abhängigen Variablen für die 6-Element-Stimuli über die Faktoren 'Verfügbare Informationsmenge' und 'Elementposition' zusammengefasst.

Tab. 3.4.1: Versuchsplan 1

2x2x2-Plan		Präsentationsweise			
		Einzelpräsentation 1-Element		Multiple Präsentation 6-Element	
		Entscheidungssituation		Entscheidungssituation	
		Ja	Nein	Ja	Nein
Gruppenzugehörigkeit	Patient				
	Kontrollproband				

Im zweiten Versuchsplan werden die Auswirkungen der „Menge der verfügbaren visuellen Information“ und der „Einfluss der Elementposition“ eines Wegelementes innerhalb einer Sequenz mehrerer Elemente auf das Aufgabenlösungsverhalten von gesunden und schizophrenen Patienten in Abhängigkeit vom Auftreten von Entscheidungspunkten analysiert.

Damit ergibt sich ein 4-faktorielles Untersuchungsdesign mit dem unabhängigen Faktor „Gruppenzugehörigkeit“ (Patienten/Kontrollen) und den Messwiederholungsfaktoren „Existenz von Entscheidungssituationen“ (mit/ohne Entscheidungspunkt), „Menge der verfügbaren visuellen Information“ (1-6 simultan sichtbare T-Elemente) und „Elementposition“ (Position 1-6 des T-Elementes innerhalb der Sequenz aus 6 Elementen). Dieser 2x2x6x6-Versuchsplan ist in Tabelle 3.4.2 dargestellt. Die varianzanalytische Auswertung erfolgt mit einem entsprechenden 2x2x6x6-faktoriellen Design. Die Freiheitsgrade der Messwiederholungsfaktoren werden dabei nach Greenhouse und Geisser (1959) korrigiert.

Tab. 3.4.2:

Versuchsplan 2

2x2x6x6-Plan				Entscheidungssituationen													
				Ja						Nein							
				Fenstergröße						Fenstergröße							
				1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6		
Gruppen- zugehörigkeit	Patient	Element- position	1														
			2														
			3														
			4														
			5														
			6														
	Kontroll- proband	Element- position	1														
			2														
			3														
			4														
			5														
			6														

Die statistische Auswertung erfolgte für jede der intervallskalierten abhängigen Variablen der vorliegenden Untersuchung getrennt (s. 3.5). Da jedoch die Voraussetzung der Gleichheit der Varianz-Kovarianz-Matrizen bei Parametern der Labyrinthbearbeitung in der Regel nicht erfüllt sind, werden entsprechend der Empfehlung von Zimmermann (1994) und dem Vorgehen bei Lis et al. (2005) in der Varianzanalyse die in Ränge transformierten Werte der einzelnen Variablen verrechnet.

Aufgrund des explorativen Charakters der vorliegenden Studie wurde auf eine Adjustierung des Alpha-Niveaus verzichtet. Die statistischen Analysen wurden mit Hilfe des „Statistical Package for the Social Sciences“ (SPSS) durchgeführt.

3.5 Abhängige Variablen

Vielfach werden zur Beschreibung des Verhaltens bei Labyrinthaufgaben Parameter verwendet, die die Qualität und den Zeitbedarf der Lösung erfassen. Das Maß für die Qualität wird

durch die Anzahl der Fehler, d. h. das Fällen einer falschen Entscheidung an einer Wegverzweigung mit Betreten der Sackgasse, charakterisiert. Der Zeitbedarf ist definiert als Zeit, die von der Präsentation der Labyrinthvorlage bis zum Eintritt in die Zielregion benötigt wird.

In der vorliegenden Untersuchung wird versucht, verschiedene Aspekte des Verhaltens bei der Labyrinthlösung durch unterschiedliche Parameter abzubilden.

Die interessierende Frage hierbei ist, ob die abhängigen Variablen „Qualität“, „Präzision“ und „Zeitbedarf“ der Labyrinthlösung durch experimentelle Variationen von einzelnen Charakteristika der Labyrinthaufgaben beeinflussbar sind.

3.5.1 Qualität der Labyrinthlösung

Die Probanden erhielten vor Versuchsbeginn die Instruktion, das Labyrinth möglichst schnell, möglichst ohne Wandberührungen und ohne Betreten der Sackgassen zu durchlaufen. Der Parameter der Qualität der Labyrinthlösung beschreibt die Fähigkeit des Patienten, in Entscheidungssituationen den korrekten Weg auszuwählen. Das Betreten von Sackgassen wird als Fehler gewertet und fließt als abhängige Variable in die Bewertung mit ein. Dieser Parameter kann lediglich bei Stimuli mit Entscheidungspunkten, d. h. den T-Elementen mit Verzweigungspunkten, bestimmt werden.

3.5.2 Präzision der Bewegung

Die Instruktionen zu Beginn der Untersuchung beinhalteten, dass das Berühren der Labyrinthwände mit dem Cursor vermieden werden sollte. Kam es dennoch zu einer Berührung, wurde diese als Bewegungsfehler erfasst.

Gemessen und gespeichert wurde die Zeit, in der der Kontakt zwischen Cursor und Wand bestand und ging als Wandberührungszeit oder auch `Walltouch` in die Auswertung ein (s. Tabelle 3.5).

Um anfängliche Analysezeiten oder auch die Orientierung in einer neuen Labyrinthvorlage aus der Bewertung auszuschließen, wurden das verlängerte Startfeld und die einzelnen T-Elemente getrennt voneinander betrachtet und separat analysiert.

3.5.3 Zeitbedarf der Labyrinthlösung

Neben der Qualität stellt der Zeitbedarf einen wichtigen Parameter zur Beschreibung des Labyrinthlösungsverhaltens dar. Der Gesamtzeitbedarf errechnet sich aus dem Zeitbedarf verschiedener kognitiver Prozesse, die zur Durchführung der Aufgabe benötigt werden. Anfänglich erfolgen Stimulusanalyse- und Entscheidungsprozesse, im späteren Verlauf werden Prozesse zur Planung und Durchführung von Bewegungsabläufen benötigt. Treten während des Lösungsvorgangs Fehler auf, z. B. das Betreten von Sackgassen, wird für deren Korrektur erneut Zeit benötigt.

Verschiedene Untersuchungen belegen, dass der eigentlichen Labyrinthbearbeitung eine Analysezeit vorausgeht, in der das Verhalten durch eine zeitlich ausgedehnte, initiale Inspektion des Reizes ohne Bewegungen gekennzeichnet ist. Diese Startzeit, die von der Präsentation des Stimulusmaterials bis zur ersten Bewegung andauert, wird vom Probanden benötigt, um sich einen Überblick über die Topographie des Labyrinthes zu verschaffen und sich zur Zielregion hin zu orientieren. Es wird vermutet, dass dieses Maß repräsentativ für eine „sequency and planing“-Phase (Damasio & Anderson 1993) ist. Aus diesem Grund ist den verwendeten Labyrinth ein Startfeld vorgeschaltet, das die initialen Analyseprozesse abbilden soll. Die Bearbeitungszeiten werden deshalb in den Zeitbedarf „im Startfeld“ und „in den Elementen“ eingeteilt und gehen getrennt in die Auswertung ein (s. Tabelle 3.5).

3.5.4 Gesamtleistung der Labyrinthlösung

Der Parameter der Präzision der Bewegung sowie der Parameter des Zeitbedarfs bei der Lösung von Labyrinthaufgaben werden zu einem Maß, der Gesamtleistung bzw. der Gesamtperformance, zusammengefasst. Dieses entspricht einem Maß, das beide Aspekte der Aufgabenlösung kombiniert. Die Werte der Dauer von Wandberührungen dienen als Maß für die Präzision der Bewegungssteuerung und der Zeitbedarf als Maß für das Verarbeitungstempo. Zur Bestimmung der Gesamtleistung wurden jeweils die Werte für die Bewegungspräzision und den Zeitbedarf zusammengefasst, nachdem sie über die Personen und experimentellen Bedingungen in Ränge transformiert worden waren (s. Tabelle 3.5).

3.5.5 Zusammenfassung der abhängigen Variablen

Die in der vorliegenden Untersuchung verwendeten abhängigen Variablen sind in der Tabelle 3.5 zusammengefasst:

Tab.3.5: Zusammenfassung der abhängigen Variablen

	Startfeld	T-Element
Zeitbedarf	Zeit von der Stimuluspräsentation bis zum Verlassen der Startregion	Zeit vom Betreten eines T-Elementes bis zum Verlassen
Präzision der Bewegung	Dauer von Wandberührungen im Startfeld	Dauer von Wandberührungen im T-Element
Gesamtleistung	Mittelwert der rangtransformierten Werte für Präzision von Bewegung und Zeitbedarf im Startfeld	Mittelwert der rangtransformierten Werte für Präzision von Bewegung und Zeitbedarf im T-Element
Qualität	-----	Anzahl der Sackgassenbetretungen

4 Ergebnisse

4.1 Vergleich der Bearbeitung von einzeln und simultan präsentierten T-Elementen

4.1.1 Qualität der Aufgabenbearbeitung

Das Betreten der Sackgassen mit dem Cursor sollte entsprechend der Instruktionen vermieden werden. Die Anzahl betretener Sackgassen diente in der vorliegenden Untersuchung als Parameter für die Qualität der Labyrinthbearbeitung. Dieser Parameter kann lediglich bei Stimuli mit Entscheidungspunkten, d. h. den T-Elementen mit Verzweigungspunkten, bestimmt werden. Sowohl die schizophrenen Patienten als auch die gesunden Kontrollen fällten an Entscheidungspunkten nur vereinzelt falsche Entscheidungen in Richtung auf die Sackgasse.

Abbildung 4.1.1 zeigt den proportionalen Anteil von T-Elementen, in denen eine falsche Entscheidung getroffen wurde.

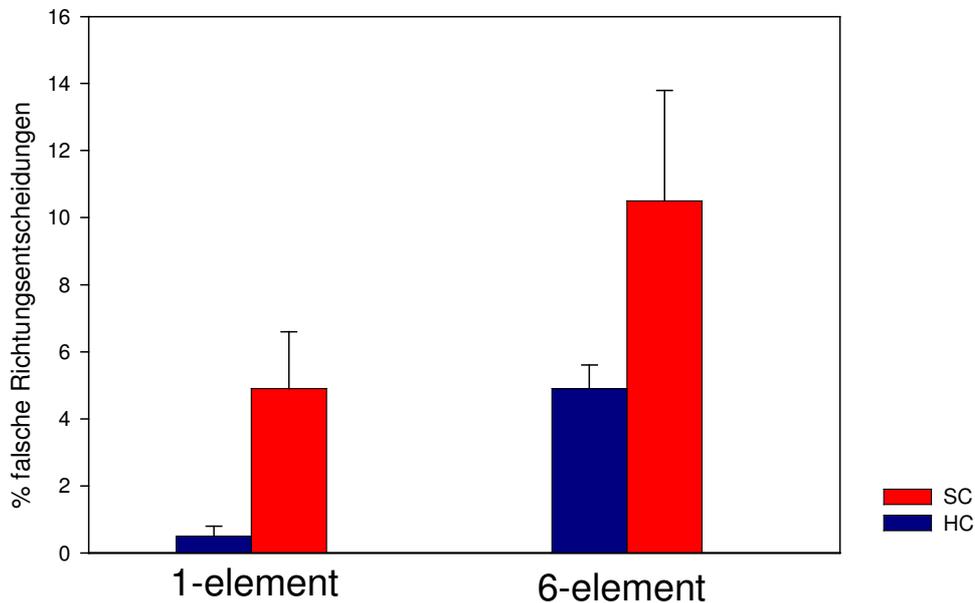


Abb. 4.1.1 Mittelwert der falschen Richtungsentscheidungen im T-Element

Die Probanden wählten prozentual bei der Bearbeitung von 1-Element-Stimuli seltener eine falsche Richtung aus als bei der Bearbeitung der 6-Element-Stimuli.

Da lediglich fünf der 32 Personen überhaupt einen Fehler bei der Bearbeitung der 1-Element-Stimuli machten, wird für den statistischen Vergleich der Bearbeitung von 1-Element und 6-Element-Stimuli ein nonparametrisches Verfahren gewählt (Wilcoxon-Test, In: Gehan 1965). Vergleicht man beide Bedingungen gegeneinander, zeigt sich dabei sowohl für die Patienten als auch für die Kontrollprobanden ein signifikant selteneres Auftreten von Fehlern in 1-Element-Stimuli als bei 6-Element-Stimuli (schizophrene Patienten: $z = 3.13$, $p = .002$, gesunde Kontrollen: $z = 2.99$, $p = .003$). Vergleicht man gesunde Kontrollen und schizophrene Patienten zeigen sich gleiche Häufigkeiten von falschen Richtungsentscheidungen sowohl in den 1-Element-Stimuli (Mann-Whitney- $U = 153.0$, $p = .791$) wie auch für die 6-Element-Stimuli (Mann-Whitney- $U = 130.5$, $p = .323$).

4.1.2 Präzision der Bewegung bei der Aufgabenbearbeitung

Als Maß für die Präzision der Bewegung bei der Aufgabenbearbeitung wurde die Dauer erfasst, in der die Probanden die Wände des Labyrinthweges mit dem Cursor berührten („Wall-touch“).

Die Abbildung 4.1.2 und 4.1.3 zeigen die rangtransformierten Werte der Wandberührungszeiten bei der Bearbeitung von Reizvorlagen mit einem und sechs T-Elementen als Labyrinth und als Pfad, d. h. mit und ohne Entscheidungspunkte für die Gruppe der schizophrenen Patienten und die gesunde Kontrollgruppe getrennt für die Bearbeitung des Startfeldes und des T-Elementes.

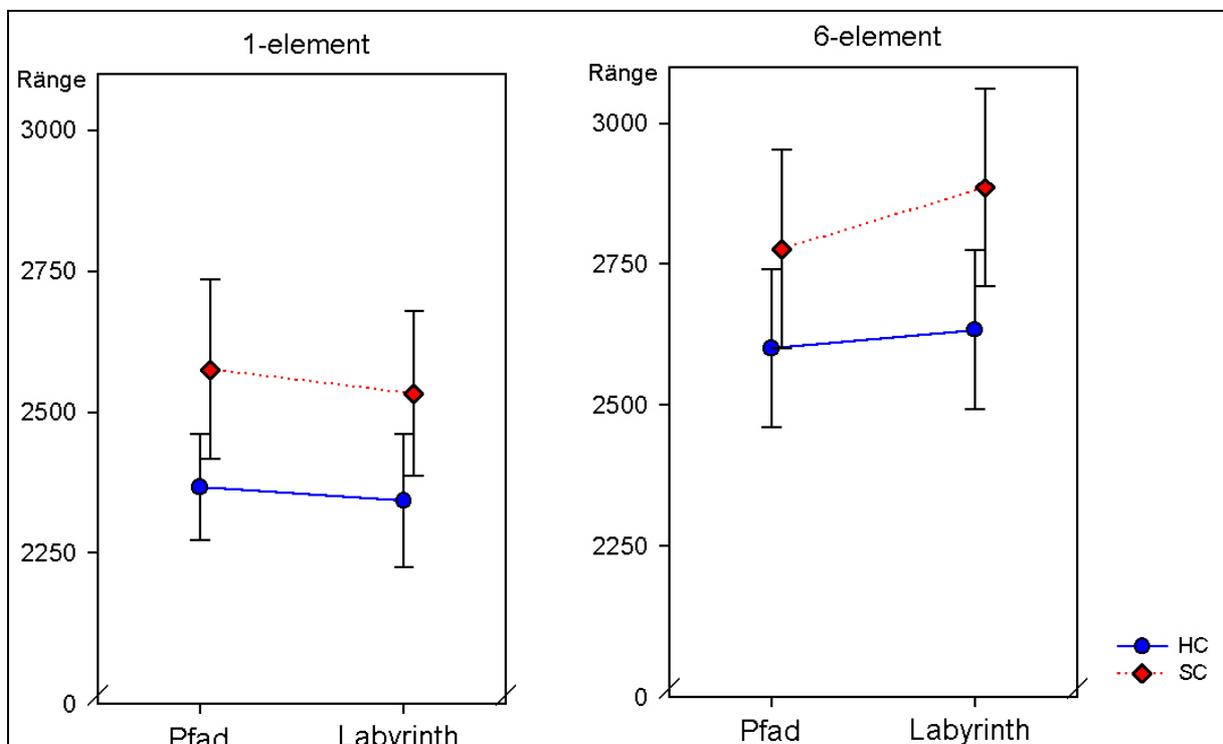


Abb.4.1.2 Wandberührungen im Startfeld

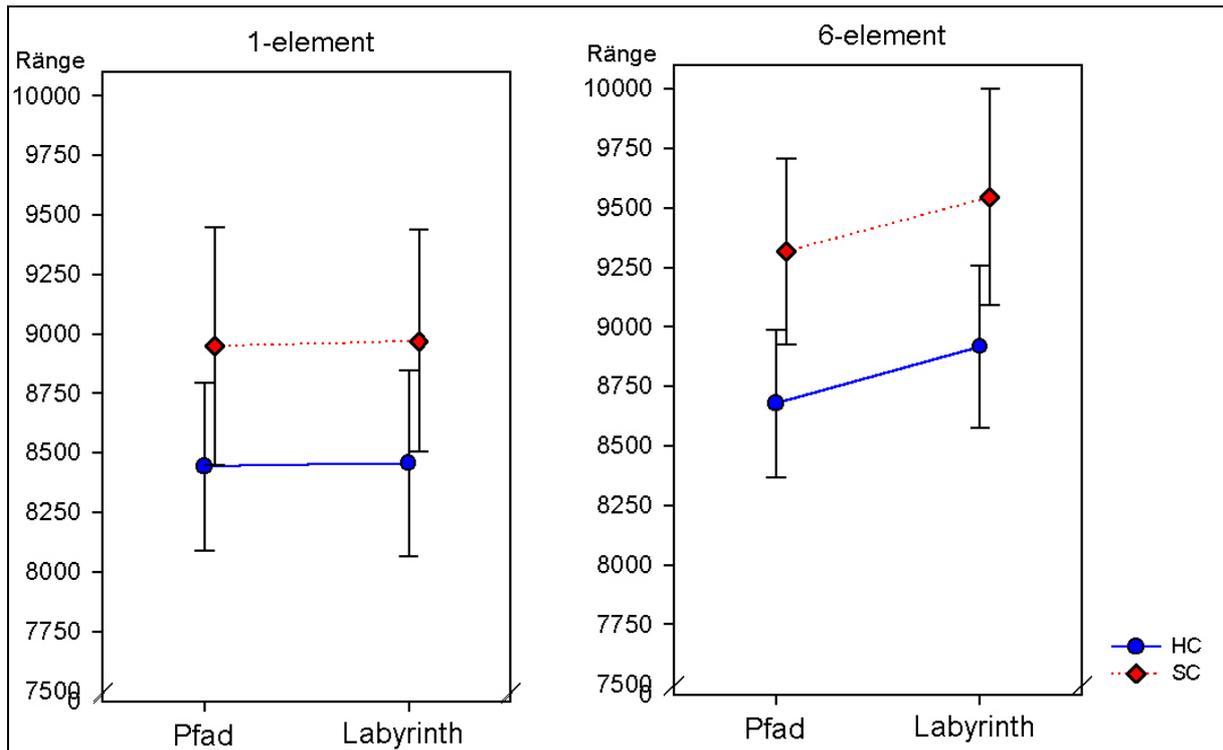


Abb. 4.1.3 Wandberührungen im T-Element

Die Ergebnisse der 2x2x2-faktoriellen ANOVA sind in Tabelle 4.1 zusammengefasst.

Tab. 4.1: Wandberührungen während der Bearbeitung von Startfeld und T-Element: Ergebnisse der 2x2x2-faktoriellen ANOVA über die rangtransformierten Daten

	Startfeld		T-Element		
	$F(1,34)$	p	$F(1,34)$	p	
Gruppe	1.09	.303	1.11	.299	
Entscheidungspunkt	0.45	.506	2.46	.126	
Gruppe x Entscheidungspunkt	0.25	.622	<0.1	.988	
Aufgabepunkt	31.55	<.001	8.82	.005	***
Gruppe x Aufgabepunkt	0.03	.875	0.20	.658	
Aufgabentyp x Entscheidungspunkt	5.81	.021	1.34	.256	*
Gruppe x Aufgabentyp x Entscheidungspunkt	1.24	.273	<0.1	.960	

Bei der Bearbeitung von 1-Element-Reizen treten sowohl im Startfeld als auch im T-Element weniger Wandberührungen auf als bei der Bearbeitung von 6-Element-Stimuli (s. Tabelle 4.1: Haupteffekt Aufgabentyp Startfeld: $F(1,34) = 31.55$, $p < .001$; Element: $F(1,34) = 8.82$, $p = .005$). Die Existenz von Entscheidungspunkten führt dazu, dass dieser Effekt während des Durchfahrens des Startfeldes anpassend verändert wird. So steigt die Zeit der Wandberührungsfehler bei 6-Element-Stimuli im Vergleich zu einfachen T-Elementen besonders deutlich an, wenn durch Weggabelungen Entscheidungen zwischen Handlungsalternativen erfordert

werden (s. Tabelle 4.1: Interaktion Aufgabentyp x Entscheidungspunkt: $F(1,34) = 5.81, p = .021$).

Die Mittelwerte, die sich aus der Bearbeitung der T-Elemente ergeben deuten ebenfalls darauf hin, dass sich die Bewegungspräzision verschlechtert, wenn Entscheidungspunkte im Labyrinthstimulus gegeben sind. Der Einfluss der Entscheidungspunkte lässt sich statistisch jedoch nicht absichern ($F(1,34) = 2.46, p = .299$).

Die Gruppe der schizophrenen Patienten zeigte während der gesamten Untersuchung höhere mittlere Werte der Dauer der Wandberührungsfehler im Vergleich zu den gesunden Kontrollen. Dies lässt sich statistisch jedoch weder für den Bereich des Startfeldes noch für das T-Element statistisch absichern (s. Tabelle 4.1: Startfeld: $F(1,34) = 1.09, p = .303$; T-Element: $F(1,34) = 1.11, p = .299$).

4.1.3 Zeitbedarf der Aufgabenbearbeitung

In den Abbildungen 4.1.4 und 4.1.5 sind die rangtransformierten Werte der Verarbeitungszeiten für die Bearbeitung eines einzelnen und den gesamten sechs T-Elementen dargestellt. Die Abbildungen zeigen den zeitlichen Unterschied bei der Bearbeitung von Reizmaterial mit und ohne Entscheidungspunkte für die Patienten und die Kontrollprobanden, sowie die Bearbeitungszeiten innerhalb des Startfeldes und des T-Elementes.

Die Ergebnisse der 2x2x2-ANOVA sind in Tabelle 4.2. zusammengefasst.

Betrachtet man die mittlere Bearbeitungszeit des Startfeldes in der Pfadbedingung, so zeigt sich bei beiden Personengruppen eine deutliche Erhöhung des Zeitbedarfs, wenn statt der einfachen Darbietung das Startfeld des komplett sichtbaren Pfades zu durchfahren ist.

Jedoch steigt nur in der Gruppe der Gesunden der Zeitbedarf vergleichbar, wenn Entscheidungen im Labyrinth-Stimulus gefordert werden.

Die Probanden benötigen unwesentlich länger im Startfeld des 1-Element-Stimulus der Labyrinth-Variante als für das Durchfahren des Pfades und unterscheiden sich weiterhin deutlich im Zeitverbrauch, wenn statt einem Element eine Sequenz aus 6 Elementen zu bearbeiten ist.

Im Gegensatz dazu erhöht sich bei den Patienten die Verarbeitungszeit im Startfeld bereits deutlich, wenn eine Sackgasse in ein einzeln präsentiertes T-Element eingeführt wird. Dieser vermehrte Zeitbedarf wird durch die Präsentation der Elemente im Verbund jedoch nicht gesteigert.

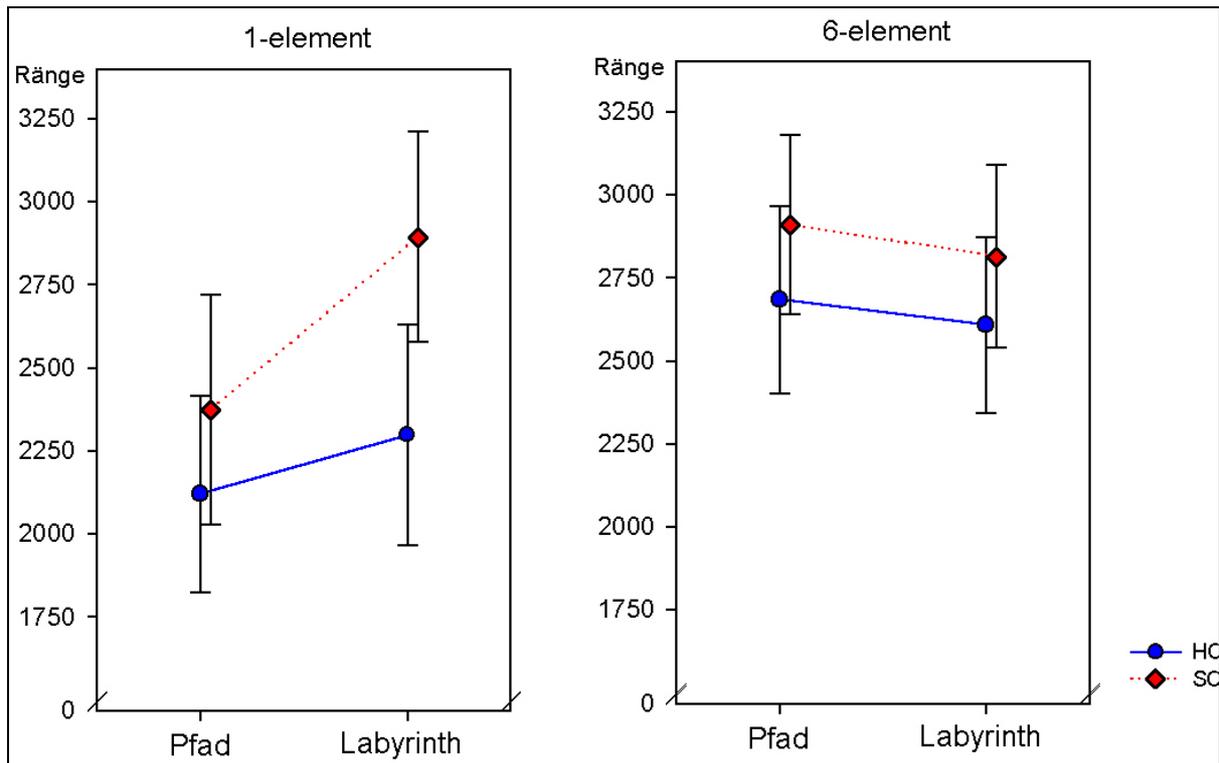


Abb.4.1.4 Zeit im Startfeld

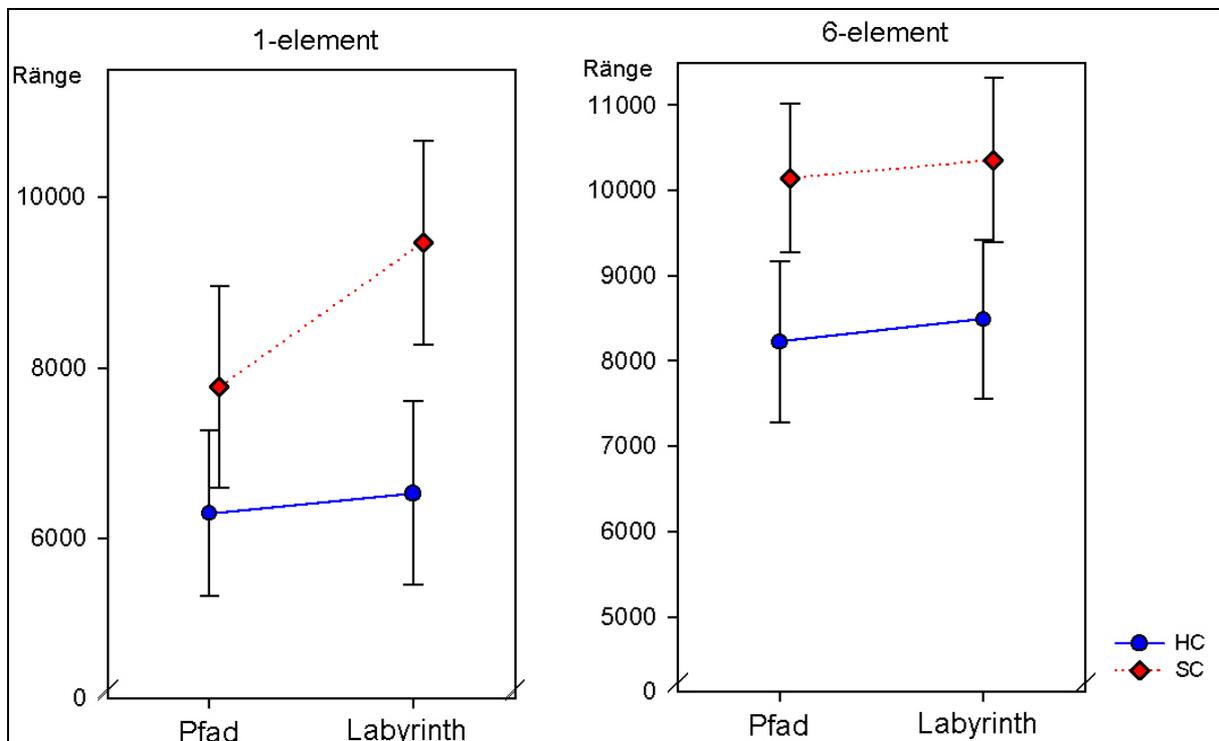


Abb.4.1.5 Zeit im T-Element

Die unterschiedlichen Bearbeitungszeiten der untersuchten Gruppen wird sowohl vom Aufgabentyp, also von der Anzahl der in der Sequenz enthaltenen Elemente, als auch von der Existenz von Entscheidungspunkten beeinflusst. Diese Zusammenhänge lassen sich jedoch nur als Tendenz nachweisen (siehe Tabelle 4.2: $F(1,34) = 3.54, p = .069$).

Bei der Analyse der Bearbeitungszeiten im T-Element akzentuieren die für das Startfeld beschriebenen Effekte und lassen sich auch hier statistisch absichern (vgl. Tabelle 4.2: 3-fach Interaktionseffekt $F(1,34) = 5.61, p = .024$)

Tab. 4.2: Zeitbedarf für die Bearbeitung von Startfeld und T-Element: Ergebnisse der 2x2x2-faktoriellen ANOVA über die rangtransformierten Daten

	Startfeld			T-Element		
	$F(1,34)$	p		$F(1,34)$	p	
Gruppe	0.66	.420		2.29	.140	
Entscheidungspunkt	9.36	.004	**	14.65	.001	***
Gruppe x Entscheidungspunkt	3.50	.070	(*)	5.03	.032	*
Aufgabenpunkt	5.40	.027	*	16.37	<.001	***
Gruppe x Aufgabenpunkt	0.53	.473		0.13	.721	
Aufgabentyp x Entscheidungspunkt	20.68	<.001	***	5.17	.029	*
Gruppe x Aufgabentyp x Entscheidungspunkt	3.54	.069	(*)	5.61	.024	*

4.1.4 Gesamtleistung der Aufgabenbearbeitung

Aus den Abbildungen 4.1.6 und 4.1.7 gehen die Gesamtleistungen der Aufgabenbearbeitung für die Patienten und die gesunden Kontrollen hervor, diese entsprechen einem Maß, das beide Aspekte der Aufgabenlösung kombiniert. Die rangtransformierten Werte der Dauer von Wandberührungen dienen als Maß für die Präzision der Bewegungssteuerung und der Zeitbedarf als Maß für das Verarbeitungstempo.

Im Startfeld ist zu beobachten, dass die Gruppenunterschiede sich gegenseitig abschwächen, d. h. in beiden Gruppen gleichen sich entgegengesetzte Effekte auf Bewegungssteuerung und Reizverarbeitung aus.

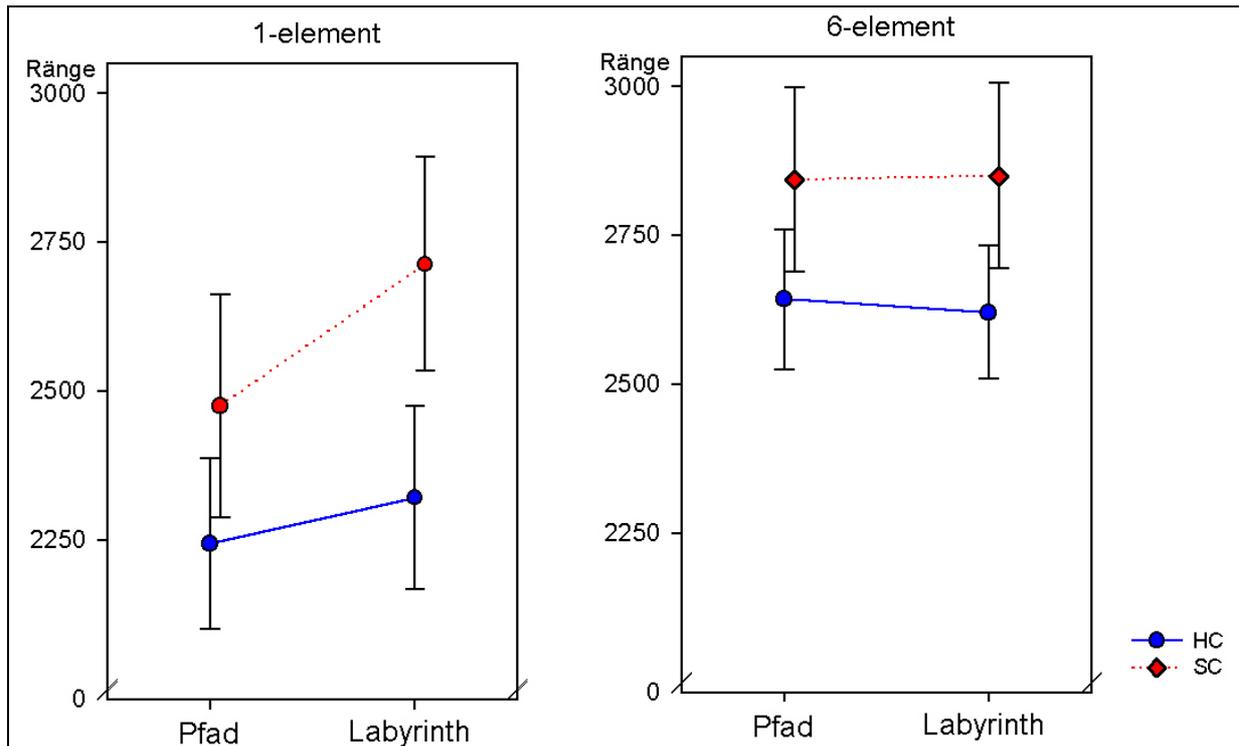


Abb.4.1.6 Gesamtleistung im Startfeld

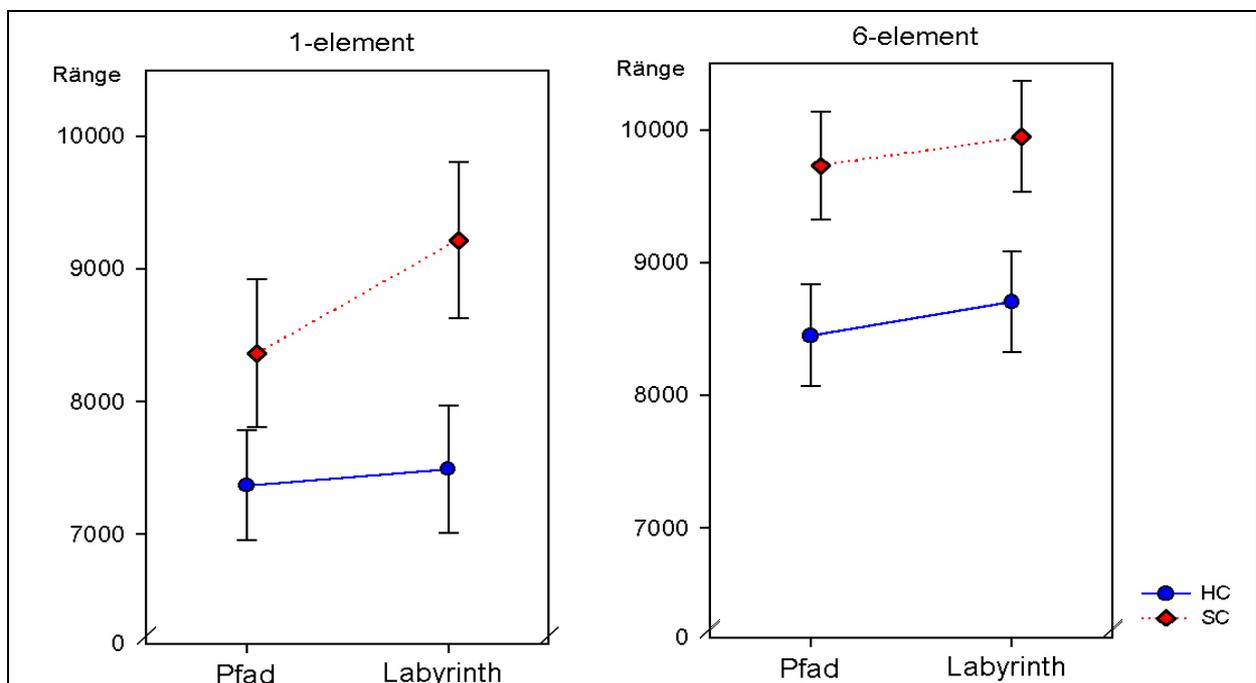


Abb. 4.1.7 Gesamtleistung im T-Element

Im T-Element bleiben die Gruppenunterschiede erhalten, die bereits für den Zeitbedarf beschrieben worden sind, außerdem zeigt sich statistisch ein Haupteffekt für den Faktor Gruppe

$F(1,34) = 4.87, p = .034$. Präzision und Geschwindigkeit beeinflussen sich bei den schizophrenen Patienten im T-Element qualitativ gleichsinnig (s. Tabelle 4.3).

Tab. 4.3: Ergebnisse der 2x2x2-faktoriellen ANOVA: Gesamtperformance während der Bearbeitung von Startfeld und T-Element

	Startfeld			T-Element		
	$F(1,34)$	p		$F(1,34)$	p	
Gruppe	1.75	.195		4.87	.034	*
Entscheidungspunkt	9.33	.004	**	17.01	<.001	***
Gruppe x Entscheidungspunkt	3.67	.064	(*)	3.96	.055	(*)
Aufgabepunkt	17.06	<.001	***	22.43	<.001	***
Gruppe x Aufgabepunkt	0.44	.512		0.04	.835	
Aufgabentyp x Entscheidungspunkt	8.54	.006	**	2.12	.154	
Gruppe x Aufgabentyp x Entscheidungspunkt	1.35	.253		4.79	.036	*

4.2 Informationsmenge und Elementposition bei der Bearbeitung von 6-Element-Stimuli

4.2.1 Qualität der Aufgabenbearbeitung

Aufgrund der geringen Anzahl von falschen Entscheidungen in den einzelnen T-Elementen wird auf eine statistische Analyse des Parameters der Qualität der Aufgabenbearbeitung verzichtet.

Abbildung 4.2 zeigt jedoch deskriptiv die Anzahl von Personen, die in den einzelnen Bedingungen des experimentellen Faktors „Informationsmenge“ die Stimuli vollständig ohne Fehler bearbeiteten.

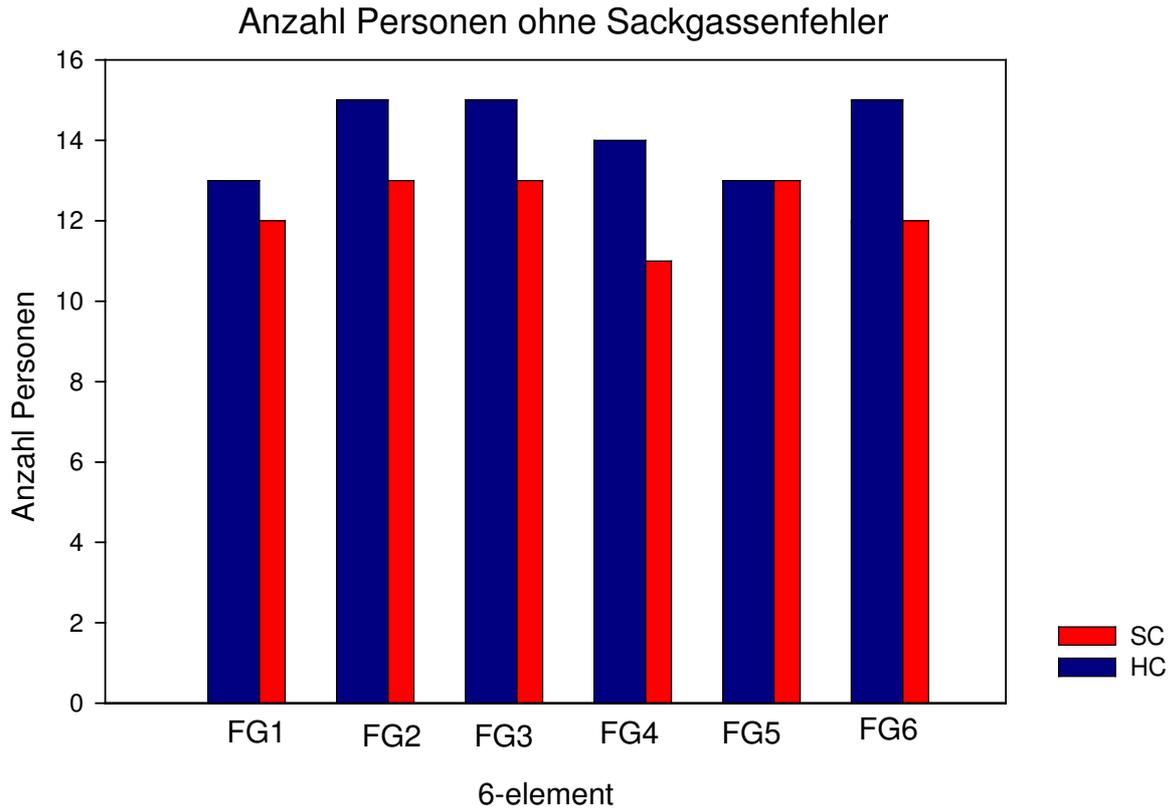


Abb. 4.2.1 Anzahl der Personen ohne Sackgassenfehler

4.2.2 Präzision der Bewegung bei der Bearbeitung von 6-Element-Stimuli

Die Dauer der Wandberührungsfehler im Startfeld bei Bearbeitung von 6-Element-Stimuli wird allein durch die Existenz von Entscheidungspunkten in den darauffolgenden T-Elementen beeinflusst. So führt das Vorhandensein von Handlungsalternativen im Labyrinth zu einer geringeren Präzision als es beim Durchfahren des Pfades zu beobachten ist.

Dabei ist die Anzahl der sichtbaren T-Elemente nicht von Bedeutung und auch Unterschiede zwischen den Gruppen lassen sich nicht nachweisen.

Die Abbildung 4.2.2 zeigt die über die 6 Stufen der unabhängigen Variablen „Fenstergröße“ zusammengefassten Mittelwerte der rangtransformierten Werte für die Dauer von Wandberührungen an den 6 T-Elementpositionen getrennt für Pfad- und Labyrinthstimuli in den beiden Probandengruppen. Das Niveau der Bewegungspräzision bei der Bearbeitung von einfachen T-Labyrinth mit nur einem Element ist als Linie in die Graphiken eingezeichnet.

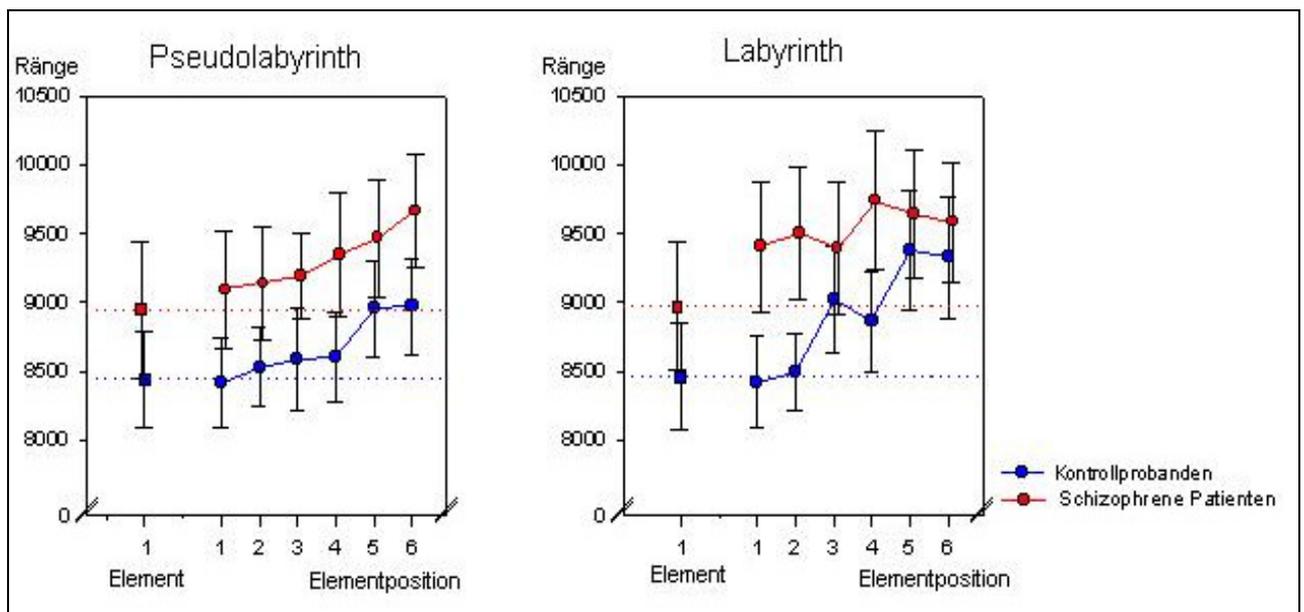


Abb. 4.2.2: Ränge der Wandberührungsdauer über die Itempositionen 1 - 6
Position -1 entspricht der Berührungsdauer im Einzelement)

Die Unterschiede zwischen der Dauer von Wandberührungen in T-Labyrinthen mit einem Element und der an den verschiedenen Elementpositionen von T-Elementen mit mehreren Elementen wurde mit Hilfe getrennter 2x2x2-faktoriellen ANOVAs (Gruppe x Entscheidungspunkt x Aufgabentyp) analysiert.

Bei der Bearbeitung des T-Elementes wirkt sich das Vorhandensein von Entscheidungspunkten ebenfalls auf die Genauigkeit der Bewegung aus. Die Berührungszeit im Labyrinth-Stimuli steigt im Vergleich zum Pfad-Stimulus an.

Eine weitere Beeinflussung ist durch die Position des T-Elementes in der 6er-Sequenz gegeben. Abbildung 4.2.3 zeigt den Zusammenhang der Dauer der Wandberührungen über die Stufen „Fenstergröße“ 1 bis 6 und „Entscheidungspunkt“. Im Ergebnis zeigt sich, dass die Länge der Wandberührungen mit Steigerung der Elementposition zunimmt (linearer Kontrast $F(1,35) = 17.5, p < .001$).

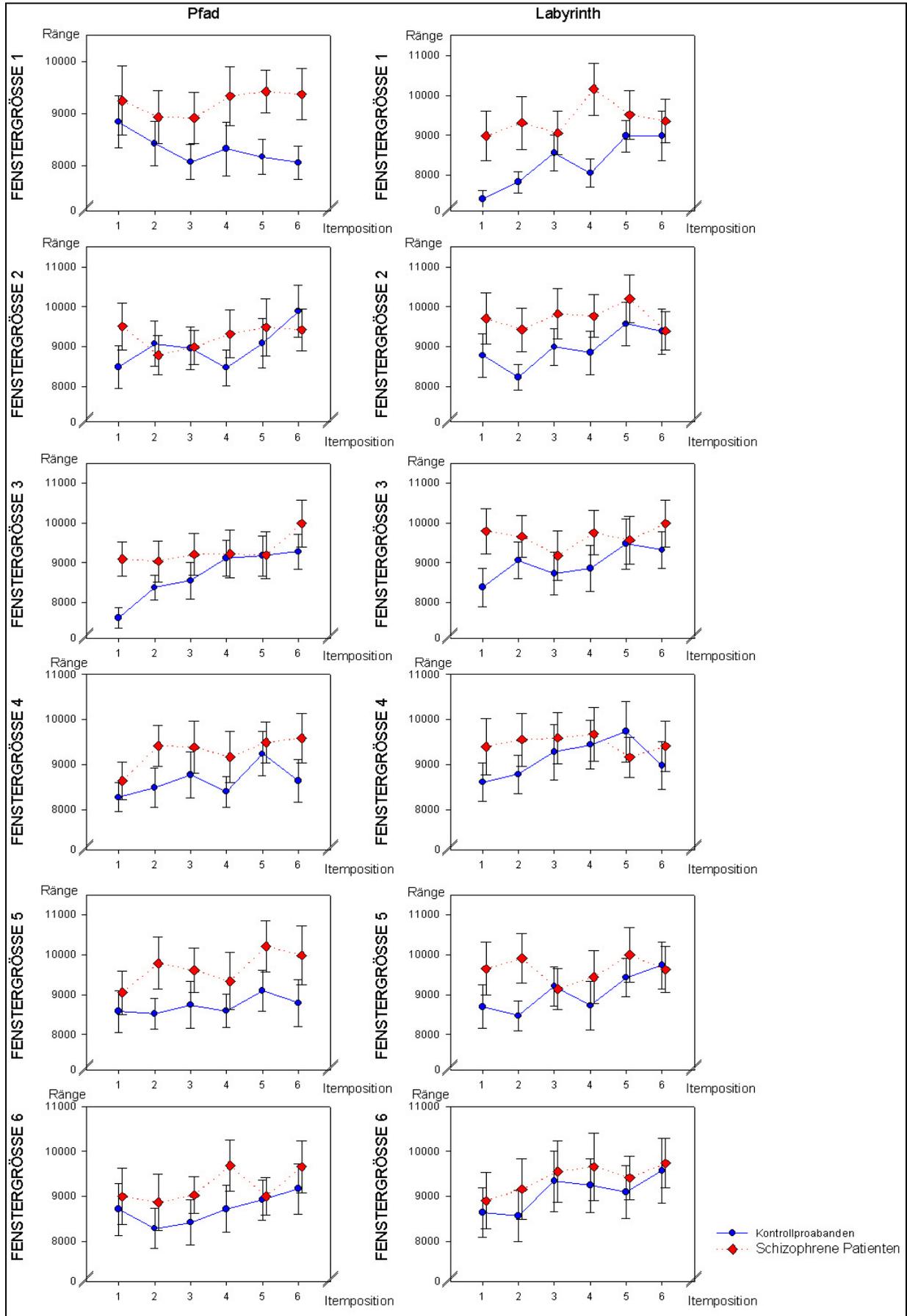


Abb.4.2.3 Wandberührungsfehler aller Itempositionen über 6 Fenstergrößen

Weder die Anzahl gleichzeitig sichtbarer T-Elemente noch die Existenz von Entscheidungspunkten oder die Gruppenzugehörigkeit modulieren den beschriebenen Effekt. Ein Einfluss der Anzahl simultan sichtbaren T-Elemente oder der Gruppenzugehörigkeit lässt sich wie für das Startfeld auch bei der Bearbeitung der eigentlichen T-Elemente nicht nachweisen.

In der Auswertung der Ergebnisse zeigten sich Unterschiede in der Bewegungspräzision abhängig von der Position des zu bearbeitenden T-Elementes in der 6er-Sequenz. Aus diesem Grund wird untersucht, ob der Unterschied zwischen T-Elementen mit einem oder mehreren Elementen auf bestimmte Positionen in der Abfolge begrenzt werden können.

Die Dauer der Wandberührungsfehler steigt mit zunehmender Elementposition, ebenso nimmt auch der Unterschied in der Präzision zwischen einfachen und multiplen T-Elementen zu. In den Elementpositionen 1 und 2 lassen sich keine Unterschiede zwischen einfachen und multiplen T-Elementen nachweisen.

Die Tabelle 4.6 zeigt für die verschiedenen Elementpositionen der multiplen T-Labyrinth F- und p-Werte zusammen mit den partiellen Eta-Quadrat-Werten als Schätzer der Effektgröße. Die Eta-Quadrat-Werte zeigen, dass der Anteil der Gesamtvariabilität, der dem Unterschied zwischen den Aufgabentypen zugeschrieben werden kann, mit der Position des Elementes in der Sequenz ansteigt.

Tab. 4.6: Zusammenfassung der Ergebnisse der ANOVAs zum Haupteffekt Aufgabentyp für die Dauer der Wandberührungen bei der Bearbeitung von einfachen T-Labyrinthen im Vergleich zu den verschiedenen Elementpositionen der T-Labyrinth mit mehreren Elementen

Haupteffekt Aufgabentyp	F(1,34)	p	partieller Eta-Quadrat-Wert
einfach T vs. multiples T Elementposition 1	0.69	.412	.019
einfach T vs. multiples T Elementposition 2	2.17	.150	.060
einfach T vs. multiples T Elementposition 3	4.22	.048	.110
einfach T vs. multiples T Elementposition 4	7.07	.012	.172
einfach T vs. multiples T Elementposition 5	17.06	<.001	.334
einfach T vs. multiples T Elementposition 6	16.34	<.001	.325

Tab. 4.7: Ergebnisse der ANOVA: Wandberührung in Startfeld und T-Element

	Startfeld 2x2x6-ANOVA			T-Element 2x2x6x6-ANOVA			
	F(1,34)	p		F	df _{1,2}	p	
Gruppe	0.93	.342		1.43	1,34	.240	
Entscheidungspunkt	4.29	.046	*	12.02	1,34	.001	***
Gruppe x Entscheidungspunkt	1.23	.275		0.01	1,34	.930	
Fenstergrösse	0.38	.841		1.45	4,140	.220	
Gruppe x Fenstergrösse	0.29	.899		0.63	4,140	.650	
Position				6.57	3,114	<.001	***
Gruppe x Position				1.31	3,114	.275	
Fenstergrösse x Entscheidungspunkt	1.16	.333		0.35	4,140	.847	
Gruppe x Fenstergrösse x Entscheidungs- punkt	0.14	.974		0.95	4,140	.440	
Entscheidungspunkt x Position				0.48	4,152	.768	
Gruppe x Entscheidungspunkt x Position				1.78	4,152	.128	
Fenstergrösse x Position				0.84	12,415	.615	
Gruppe x Fenstergrösse x Position				0.78	12,415	.665	
Fenstergrösse x Entscheidungspunkt x Posi- tion				0.95	12,430	.499	
Gruppe x Fenstergrösse x Entscheidungs- punkt x Position				0.59	12,430	.852	

4.2.3 Zeitbedarf der Bearbeitung von 6-Element-Stimuli

Die Abbildung 4.2.4 zeigt die zusammengefassten Mittelwerte der rangtransformierten Werte für den Zeitbedarf an den 6 T-Elementpositionen getrennt für Pfad- und Labyrinthstimuli in den beiden Probandengruppen.

Das Niveau der durchschnittlichen Zeit für die Bearbeitung der Einzelelemente ist als gepunktete Linie in der Grafik eingezeichnet.

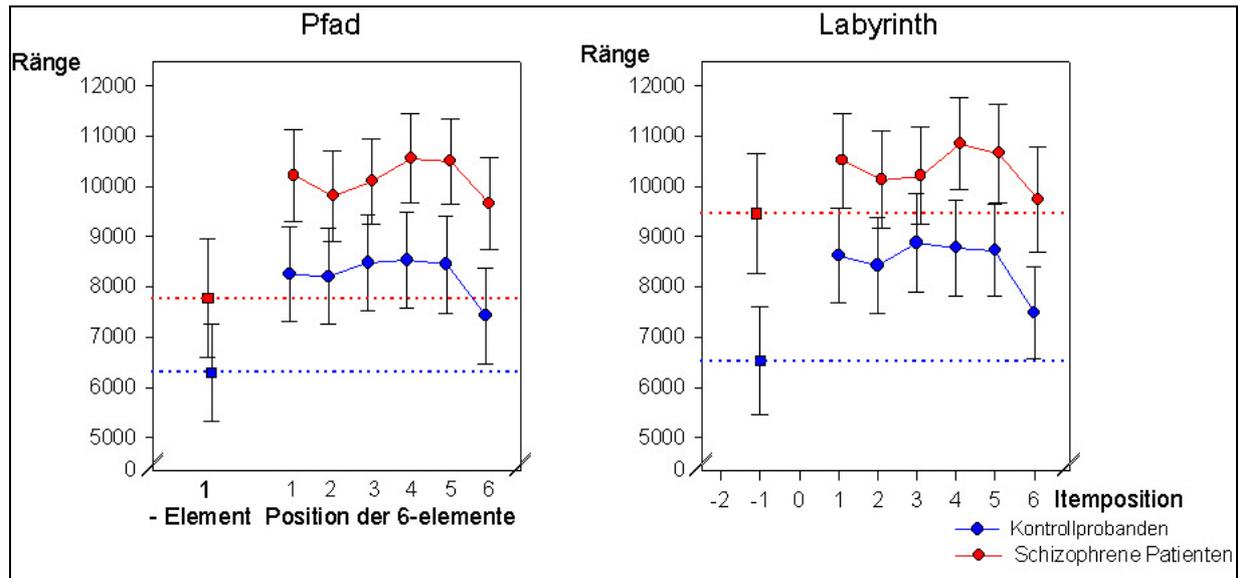


Abb.4.2.4 Zeitbedarf und Elementposition

Aus der Abbildung geht hervor, dass der Zeitbedarf im Startfeld bei der Darbietung eines komplett sichtbaren Labyrinthes bzw. Pfades vom Vorhandensein von Entscheidungspunkten in den darauffolgenden T-Elementen beeinflusst wird. Im Labyrinth lässt sich ein niedrigerer Zeitbedarf im Startfeld beobachten als im Pfad ($F(1,34) = 5.97, p = .020$).

Unterschiede zwischen den Gruppen lassen sich statistisch nicht nachweisen, gleiches gilt für den Zeitbedarf bei unterschiedlicher Anzahl sichtbarer T-Elemente.

Die Mittelwerte deuten darauf hin, dass der Zeitbedarf bei Existenz von Entscheidungspunkten bereits bei der Bearbeitung eines einzelnen T-Elementes leicht ansteigt, was sich statistisch jedoch nicht absichern lässt ($F(1,34) = 2.5, p = .123$).

Man sieht jedoch einen deutlichen Zusammenhang zwischen dem Zeitbedarf und der Position des zu bearbeitenden Elementes in der 6er-Sequenz. So weicht die Verarbeitungszeit des letzten Elementes deutlich von der der anderen Elementpositionen ab und zeigt durchgängig signifikante Abweichungen bezüglich der ersten fünf T-Elemente.

Umgekehrt ist kein Unterschied im Zeitbedarf zu beobachten, wenn das jeweils letzte Element der Sequenz aus der Analyse ausgeschlossen wird.

Die Gruppenzugehörigkeit der Personen und die Fenstergröße hatten keinen Einfluss auf die Verarbeitungszeit (s. Tabelle 4.8).

Tab. 4.8: Ergebnisse der ANOVA: Zeit in Startfeld und T-Element

	Startfeld 2x2x6-ANOVA			T-Element 2x2x6x6-ANOVA			
	F _(1,34)	p		F	df _{1,2}	p	
Gruppe	0.32	.577		2.11	1, 34	.155	
Entscheidungspunkt	5.97	.020	*	2.50	1, 34	.123	
Gruppe x Entscheidungspunkt	0.07	.784		0.03	1, 34	.860	
Fenstergrösse	1.40	.250		0.86	4, 140	.466	
Gruppe x Fenstergrösse	1.08	.360		0.96	4, 140	.415	
Position				12.15	3, 114	<.001	***
Gruppe x Position				1.46	3, 114	.234	
Fenstergrösse x Entscheidungspunkt	0.84	.513		0.70	4, 140	.582	
Gruppe x Fenstergrösse x Entscheidungspunkt	1.41	.231		0.18	4, 140	.940	
Entscheidungspunkt x Position				0.91	4, 152	.463	
Gruppe x Entscheidungspunkt x Position				0.55	4, 152	.701	
Fenstergrösse x Position				1.23	12, 415	.264	
Gruppe x Fenstergrösse x Position				1.05	12, 415	.401	
Fenstergrösse x Entscheidungspunkt x Position				1.34	12, 430	.194	
Gruppe x Fenstergrösse x Entscheidungspunkt x Position				1.18	12, 430	.297	

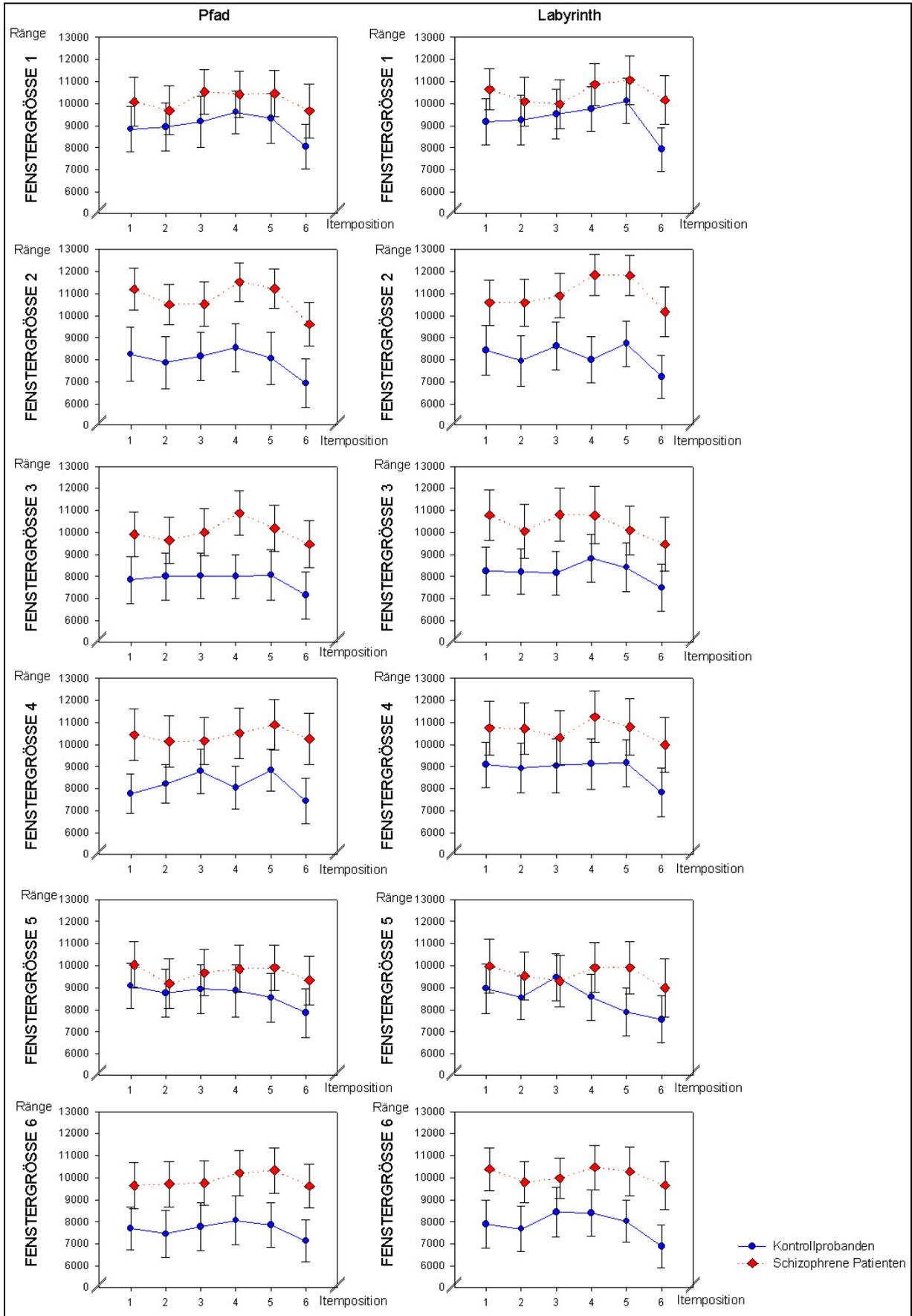


Abb. 4.2.5 Zeitbedarf aller Itempositionen über die sechs verschiedenen Fenstergröße

4.2.4 Gesamtleistung der Bearbeitung von 6-Element-Stimuli

Abbildung 4.2.6 zeigt die Präzision der Bewegung und die benötigte Zeit als Maß für die Gesamtleistung im 6-Element-Stimuli für Gesunde und Patienten im Labyrinth und im Pfad.

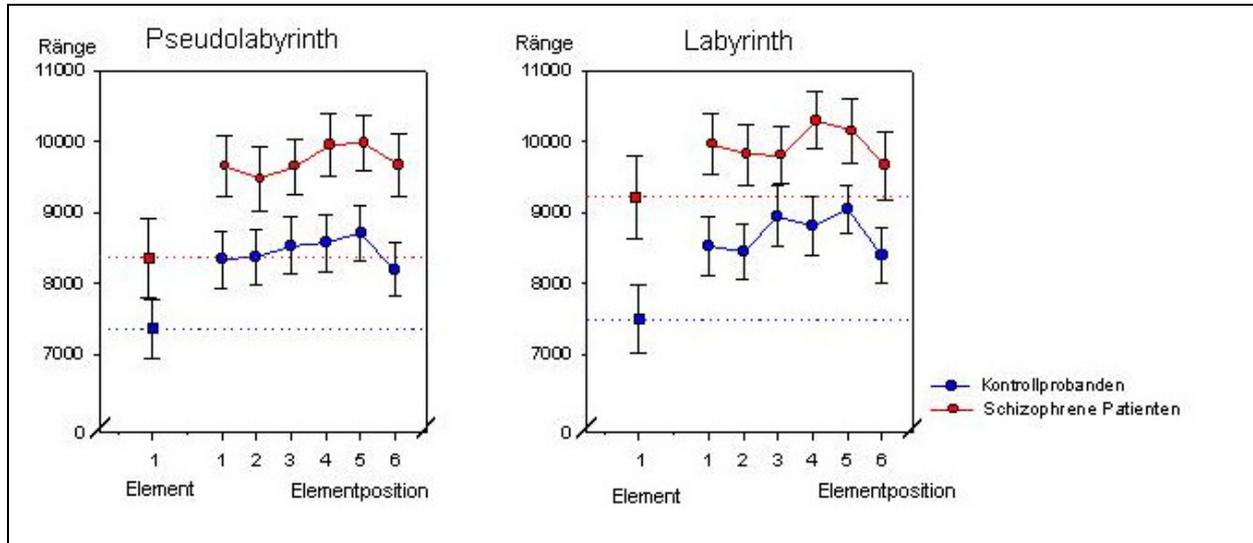


Abb.4.2.6 Gesamtleistung bei der Bearbeitung von 6-Element-Stimuli

Im Startfeld der 6-Element-Stimuli sind keine Auswirkungen der experimentellen Variablen zu beobachten. Im T-Element hingegen bleibt der bereits beschriebene Effekt erhalten, dass eine Leistungsminderung bei der Labyrinthbearbeitung im Vergleich zur Pfadbearbeitung zu beobachten ist.

In Bezug auf die Position der T-Elemente sind Unterschiede zwischen dem letzten und den zusammengefassten ersten fünf Elementen zu erkennen. Der Zeitbedarf sinkt im 6. Element sowohl bei den Patienten als auch bei den Gesunden im Pfad und im Labyrinth, so dass im Gesamtleistungsmaß ebenfalls die Präzision sinkt.

Außerdem zeichnet sich ein Gruppenunterschied ab, der aber unabhängig von der Variation der experimentellen Variablen als Haupteffekt zu sehen ist (s. Tabelle 4.9).

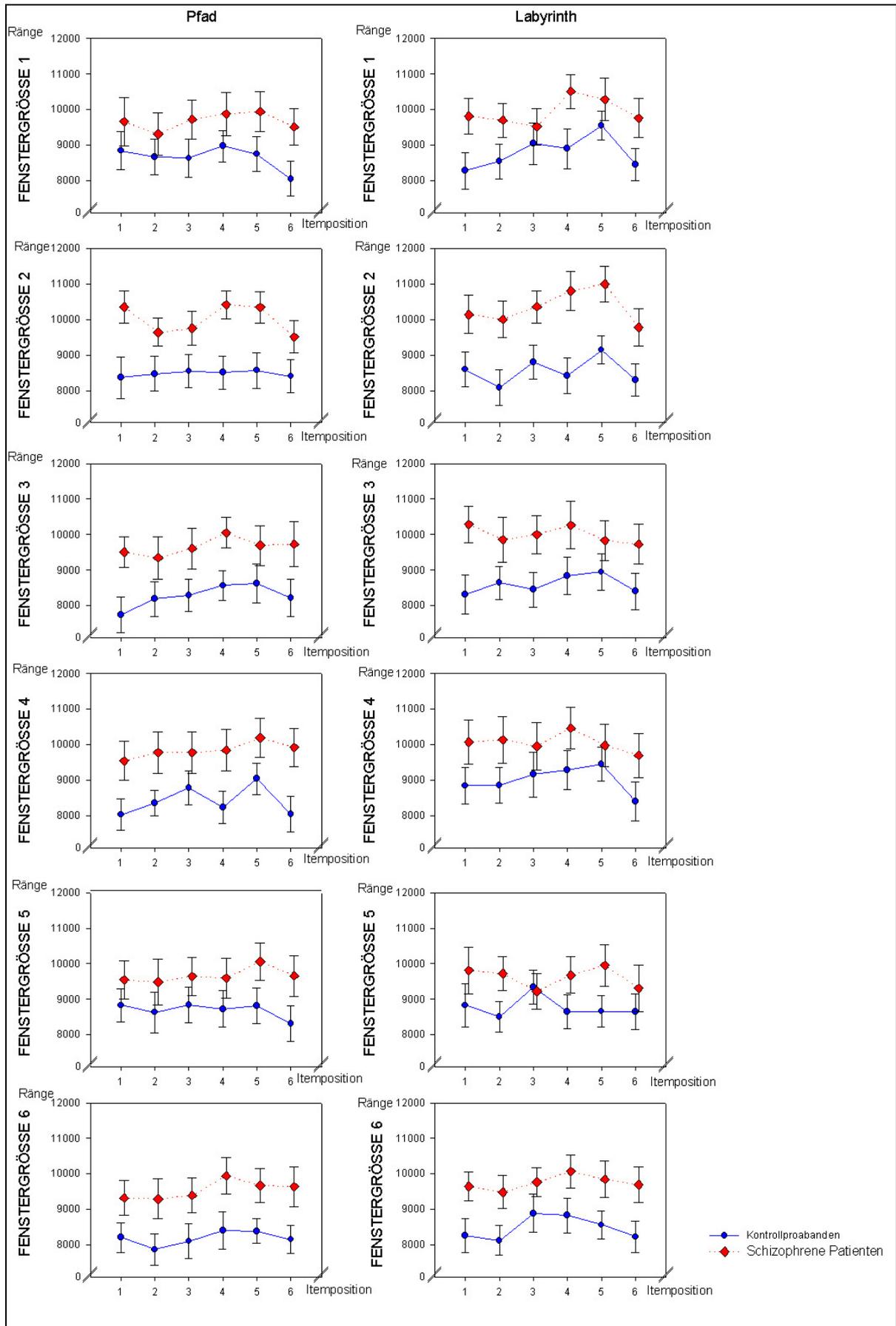


Abb.4.2.7 Gesamtleistung über alle Fenstergrößen

Tab. 4.9: Ergebnisse der ANOVA: Gesamt-Performance in Startfeld und T-Element

	Startfeld 2x2x6-ANOVA		F	T-Element 2x2x6x6-ANOVA		
	F _(1,34)	p		df _{1,2}	p	
Gruppe	1.27	.268	5.15	1, 34	.030	*
Entscheidungspunkt	0.74	.787	11.01	1, 34	.002	**
Gruppe x Entscheidungspunkt	0.25	.619	0.05	1, 34	.820	
Fenstergrösse	1.11	.352	0.62	4, 140	.597	
Gruppe x Fenstergrösse	0.52	.695	0.57	4, 140	.631	
Position			7.23	3, 114	<.001	***
Gruppe x Position			1.20	3, 114	.313	
Fenstergrösse x Entscheidungspunkt	1.68	.152	0.83	4, 140	.511	
Gruppe x Fenstergrösse x Entscheidungspunkt	0.71	.601	0.59	4, 140	.675	
Entscheidungspunkt x Position			0.62	4, 152	.657	
Gruppe x Entscheidungspunkt x Position			1.42	4, 152	.229	
Fenstergrösse x Position			1.05	12, 415	.404	
Gruppe x Fenstergrösse x Position			1.01	12, 415	.435	
Fenstergrösse x Entscheidungspunkt x Position			1.02	12, 430	.431	
Gruppe x Fenstergrösse x Entscheidungspunkt x Position			0.62	12, 430	.839	

4.3 Zusammenhang zwischen Bewegungspräzision und Zeitbedarf bei der Verarbeitung

Bei der Analyse der Gesamt-Performance getrennt für die Patienten und die gesunden Kontrollprobanden mit Hilfe von Korrelationen beobachtet man bei den Gesunden eine negative Korrelation zwischen der Präzision der Bewegung und dem Zeitbedarf, $r = -.600$, $p = .008$. Es steigt die Dauer der Wandberührungsfehler, je schneller das zu bearbeitende Labyrinth durchfahren wird. Dieser Effekt lässt sich für die schizophrenen Patienten nicht abbilden, $r = -.289$, $p = .245$.

5 Diskussion

Störungen exekutiver Funktionen werden bei schizophrenen Personen in den letzten Jahren verstärkt als ein Bereich kognitiver Funktionen diskutiert, der von besonderer Bedeutung für die Erkrankung ist. In zahlreichen Studien konnten Defizite schizophrener Patienten bei der Bearbeitung sogenannter exekutiver Aufgaben nachgewiesen werden (Fioravanti, Carlone & Vitale 2005; Nieuwenstein, Aleman & de Haan 2001). Zu diesen Aufgaben gehören auch die sogenannten Labyrinthaufgaben, bei denen die Probanden die Aufgabe haben, den korrekten

Weg von einer Startposition zu einer Zielposition zu finden, wobei an verschiedenen Punkten durch Weggabelungen eine Entscheidung zwischen Wegalternativen notwendig wird. Bei der Verwendung der in der Psychiatrischen Kognitionsforschung etablierten Labyrinthaufgaben in Anlehnung an Porteus (1965) lassen sich dabei Defizite bei schizophrenen Patienten beobachten (Gallhofer et al. 1999).

Wie auch für andere Exekutivaufgaben werden für das Lösen von Labyrinthaufgaben neben den exekutiven Funktionen eine Vielzahl zusätzlicher kognitiver Funktionen benötigt. Dazu zählen grundlegende perzeptive und motorische Prozesse, die für die anfängliche Strukturierung einer komplexen visuellen Reizvorlage, über die Zwischenspeicherung im Arbeitsgedächtnis bis zur Präparation, Exekution und Kontrolle motorischer Abläufe, benötigt werden. Diese Teilfunktionen müssen für eine erfolgreiche Aufgabenlösung miteinander koordiniert werden. In besonderer Weise wird bei den Labyrinthaufgaben eine kontinuierliche Umsetzung der Ergebnisse von Stimulusanalyse und exekutiven Funktionen in Handlungen gefordert.

Die Beanspruchung zahlreicher kognitiver Teilfunktionen und deren Koordination in Labyrinthaufgaben stellt gegenüber einfachen Stimulus-Reaktionsaufgaben einen Vorteil dar, da sie diese als eine realitätsnahe Untersuchungsmethode kennzeichnen. Jedoch bringen sie auch das Problem mit sich, dass eine schlechte Leistung nicht nur auf Dysfunktionen in exekutiven Funktionen, sondern möglicherweise auch auf Defizite in den zusätzlich involvierten Teilprozessen zurückgeführt werden können. Ein eher elementarer Teilprozess, der hier von Bedeutung sein könnte, ist der Prozesse der Response-Selektion. Hier werden die Ergebnisse perzeptiver Prozesse mit den zur Verfügung stehenden Handlungsalternativen verknüpft (Massaro 1990). In verschiedenen Studien mit einfachen Wahlreaktionsaufgaben konnte gezeigt werden, dass dieser Prozess bei schizophren erkrankten Personen beeinträchtigt ist (Krieger et al 2001a, Krieger et al. 2001b; Pellizer & Stephane 2007).

Ausgehend von der Annahme, dass eine Störung der Response-Selektion ursächlich für die schlechtere Leistung der Patienten in Reaktionszeituntersuchungen mit Wahlreaktionsaufgaben ist, stellt sich die Frage nach der Bedeutung von Störungen der Response-Selektion für Defizite, wie sie sich bei schizophrenen Patienten bei der Bearbeitung von Labyrinthaufgaben beobachten lassen. Frühere Studien zeigen, dass sich die Defizite der Patienten besonders dann zeigen, wenn das Durchfahren eines Wegsystems mit Entscheidungssituationen, d. h. dem Auftreten verschiedener Handlungsalternativen, verbunden ist. Hierbei ist jedoch unklar, ob es die verstärkten Anforderungen an exekutive Funktionen im Sinne gesteigerter Anforderungen an Prozesse der Handlungsplanung, -sequenzierung und das Ausführung der motori-

schen Reaktion sind oder aber allein das Auftreten von Entscheidungssituationen mit der Notwendigkeit von Response-Selektionsprozessen für eine Erklärung der Defizite hinreichend ist.

Ziel der vorliegenden Arbeit war daher zu untersuchen, inwieweit Defizite in der Response-Selektion für das Auftreten von Beeinträchtigungen des Labyrinthlösungsverhaltens schizophrener Patienten von Bedeutung sind. Dysfunktionen der Response-Selektion sollten sich nicht nur in einfachen Wahlreaktionsaufgaben abbilden lassen, sondern auch in isoliert präsentierten, einzelnen Entscheidungssituationen, wie sie verkettet als Elemente das Wegsystem in Labyrinthaufgaben bilden. Im Gegensatz zu den zahlreichen Entscheidungssituationen in Labyrinthaufgaben sollten einzelne Entscheidungssituationen kaum exekutive Funktionen beanspruchen. Die erste Frage der vorliegenden Arbeit war daher, ob sich die Defizite der schizophrenen Patienten auch in einzeln präsentierten „labyrinthartigen“ Entscheidungssituationen nachweisen lassen oder eine Verkettung von Entscheidungssituationen mit einer Beanspruchung exekutiver Funktionen notwendig ist, um die Defizite aufzudecken.

In den in der vorliegenden Untersuchung verwendeten Aufgaben lassen sich in der Gesamtverarbeitungsleistung bei den schizophrenen Patienten unabhängig von dem Auftreten einer Entscheidungssituation und einer Verkettung der einzelnen Wegelemente Beeinträchtigungen in der Aufgabenlösung beobachten, d. h. sowohl bei den einzelnen Wegelementen wie auch bei der Bearbeitung der Sequenz mehrerer Wegelemente schneiden die Patienten unabhängig davon, ob eine Wegverzweigung eine Entscheidung zwischen Handlungsalternativen erfordert, schlechter ab als ihre gesunden Kontrollprobanden. Dies spricht dafür, dass bereits bei einfachen visuomotorischen Aufgaben, wie sie das Durchfahren einer einfachen Wegstrecke darstellt, Defizite zu beobachten sind. Dieses Ergebnis steht in Einklang mit Untersuchungen, in denen bereits in Einfachreaktionszeitaufgaben Beeinträchtigungen bei schizophrenen Patienten beobachtet werden konnten. „Es zeigten sich bereits bei der Lösung von Wahlreaktionsaufgaben, für die keine Beanspruchung der Arbeitsgedächtnisfunktionen anzunehmen ist, bei vergleichbarer Qualität der Aufgabenlösungen verlängerte Verarbeitungszeiten in der Gruppe der schizophrenen Patienten. Neben der erwarteten Beeinträchtigung schizophrener Patienten in Wahlreaktionsaufgaben wurde in der vorliegenden Studie jedoch bereits in der Einfachreaktionsaufgabe eine signifikante Verlangsamung der schizophrenen Patienten deutlich“ (Janik 2004, S.87).

Inwieweit diese Beeinträchtigungen eher perzeptive oder motorische Teilfunktionen der Verarbeitung betreffen, lässt sich aufgrund der vorliegenden Daten nicht beantworten. Jedoch konnten Krieger et al. (2001a,b) zeigen, dass eine Verlangsamung in derartig einfachen Aufgaben zumindest zum Teil als Nebenwirkung einer neuroleptischen Behandlung interpretiert werden kann. So zeigten sich v.a. unter Medikation mit konventionellen Neuroleptika Defizite bei der Bearbeitung von Einfachreaktionszeitaufgaben, die sich z. B. unter einer Behandlung mit der atypischen neuroleptischen Substanz Clozapin nicht beobachten ließen. Ähnlich konnten diese Defizite auch bei neuroleptika-naiven ersterkrankten Patienten nicht nachgewiesen werden. Auch in der vorliegenden Arbeit würde eine neuroleptische Behandlung einen Erklärungsansatz darstellen. Inwieweit diese Interpretation zutrifft, lässt sich jedoch nur im Rahmen zukünftiger Studien beantworten, die auch unmedizierte, schizophren erkrankte Personen als Stichprobe untersuchen.

Alle Probanden erhielten zu Beginn der Untersuchung die Instruktion, die gegebene Reizvorlage möglichst schnell mit möglichst hoher Bewegungspräzision zu durchfahren und dabei falsche Entscheidungen an Wegverzweigungen zu vermeiden.

Durch diese Instruktion entspricht die Bearbeitung der Aufgabe einer Art Doppelbelastungsaufgabe, bei der der Proband sowohl die Aufgabe hat, den Weg korrekt und schnell zu durchfahren, als auch die Bewegung mit möglichst hoher Präzision auszuführen. Aus Studien ist bekannt, dass gesunde Probanden bei dieser Art von perzeptiv-motorischen Aufgaben ein Abwägen der Prioritäten aufweisen (speed-accuracy tradeoff) (Fitts 1954; Meyer et al. 1988). Der Proband gleicht die Geschwindigkeit und die Genauigkeit während der Bearbeitung ab. Entweder wird eine Aufgabe so schnell wie möglich mit einer erhöhten Fehlerrate bearbeitet oder aber langsam durchfahren und dafür möglichst präzise (Fullerton & Cattell 1892; Plamondon & Alimi 1997).

Bei der Analyse der Gesamtleistung des Aufgabenlösungsverhalten werden beide Domänen von Verhalten zu einem Gesamtmaß zusammengefasst, d. h. die Dauer der Wandberührungen diene als Maß für die Präzision der Bewegungssteuerung und wurde mit der Bearbeitungszeit gemeinsam analysiert.

Analysiert man nun das Verhalten bei der Aufgabenbearbeitung getrennt für den Zeitbedarf der Verarbeitung und die Präzision, mit der die Bewegung durch das Wegsystem ausgeführt wurde, ergibt sich jedoch ein von der Gesamtleistung abweichendes Bild. Weder für die Bewegungspräzision noch die Verarbeitungsgeschwindigkeit alleine lässt sich die unspezifische, alle Aufgabentypen betreffende Leistungsminderung nachweisen.

Bei einer Analyse des Zusammenhanges zwischen der Geschwindigkeit und der Bewegungspräzision zeigt sich für schizophrene Patienten und gesunde Kontrollen ein unterschiedliches Muster. Für die gesunden Probanden lässt sich ein Zusammenhang zwischen den beiden Faktoren darstellen: Je schneller die Aufgabe bearbeitet wird, desto deutlicher sinkt die Bewegungspräzision. Dies bedeutet, dass sich die gesunden Personen in der vorliegenden Arbeit für eine möglichst gute Aufgabenlösung entweder zu einer möglichst schnellen Verarbeitung oder einer Verarbeitung mit möglichst hoher Bewegungspräzision entschieden haben. Für die Patienten dagegen ließ sich ein solcher Zusammenhang nicht abbilden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass sich in der vorliegenden Untersuchung bei den schizophren erkrankten Patienten eine unspezifische Leistungsminderung beobachten lässt, die jedoch nur beobachtbar wird, wenn verschiedene Domänen des Verhaltens gemeinsam berücksichtigt werden.

Neben dieser unspezifischen Leistungsminderung weisen die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit jedoch auch auf kognitive Dysfunktionen bei schizophrenen Patienten hin, die spezifisch mit der Notwendigkeit eines Response-Selektionsprozesses verbunden sind. Betrachtet man die Gesamtleistung lässt sich neben deren unspezifischen Minderung zudem ein Absinken der Leistung bei den Patienten beobachten, wenn eine Entscheidung zwischen Handlungsalternativen gefordert wird. Entgegen der Hypothese zeigt sich dieser Abfall jedoch nur bei der Bearbeitung einzelner Wegelemente. Hier sinkt die Leistung der Patienten beim Auftreten von Wegverzweigungen ab, während die gesunden Kontrollpersonen ein Wegelement mit und ohne Entscheidungspunkt mit einer vergleichbaren Leistung bearbeiten. Analysiert man Zeitbedarf und Bewegungspräzision getrennt, lässt sich diese Leistungsänderung allein auf den Zeitbedarf der Verarbeitung zurückführen: Bei Auftreten einer einzelnen Wegalternative steigt der Zeitbedarf für die Aufgabenlösung in der Gruppe der schizophrenen Patienten deutlich an.

Im Gegensatz zum Verhalten der Patienten wirkt sich bei gesunden Probanden die Notwendigkeit eines Response-Selektionsprozesses durch das Auftreten von Wegalternativen nicht auf die Verarbeitungszeit aus.

Diese Befunde stehen in Einklang mit Studien, die nachweisen, dass bei Patienten mit einer Schizophrenie Prozesse der Response-Selektion beeinträchtigt sind. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zeigen, dass ein Nachweis dieser Beeinträchtigung nicht nur im Rahmen einfacher Stimulus-Reaktionsparadigmen (Krieger et al. 2001a,b; Pellizzer & Stephane 2007)

möglich ist, sondern auch in Aufgaben, die eine höhere Anforderung an die Koordinierung perzeptiver und motorischer Prozesse erfordern.

Im Gegensatz zu den Patienten scheinen die Kontrollprobanden in der Lage zu sein, die kognitiven Prozesse, die für die Entscheidung zwischen Wegalternativen benötigt werden, parallel zur Exekution und Kontrolle der Bewegung durchzuführen, ohne dass dies zu einem höheren Zeitbedarf oder einem Absinken der Bewegungsgüte führt. Aus Reaktionszeitstudien ist bekannt, dass gesunde Probanden in der Lage sind, die Auswahl einer von mehreren Zieltasten parallel zur bereits initiierten Bewegung durchzuführen (Krieger et al. 2001a).

Es wurde erwartet, dass auch bei der Bearbeitung von mehreren in Sequenz auftretenden Wegelementen Entscheidungssituationen zu einer Verschlechterung der Leistung führen sollten. Dabei interessierte, inwieweit sich das Verhalten dabei auch gegenüber dem bei der Bearbeitung einzelner, isoliert geforderter Entscheidungen unterscheidet.

Vergleicht man das Aufgabenlösungsverhalten im Labyrinth, d. h. bei einer Verkettung von Entscheidungssituationen, lässt sich für beide Probandengruppen ein Abfall der Gesamtleistung im Vergleich zur Bearbeitung eines einzelnen, isoliert zu bearbeitenden Wegelementes beobachten. Dies betrifft sowohl die initiale Vorbereitungsphase im Startbereich des Wegsystems als auch die Leistung beim Durchfahren des eigentlichen Wegelementes.

Diese Leistungsminderung in der Gesamtleistung lässt sich sowohl in der niedrigeren Präzision der Bewegung beobachten als auch in einem erhöhten Zeitbedarf: Verkettete Wegelemente werden also prinzipiell langsamer und mit geringerer Akkuratheit der Bewegung bearbeitet als ein einzeln präsentiertes Element. Eine Ausnahme bildet hier der Zeitbedarf während der initialen Analysephase, wenn das Wegsystem Entscheidungspunkte beinhaltet. Hier bereiten die Probanden das Durchfahren des Elementes für einzeln und in Sequenz zu verarbeitende Wegelemente in vergleichbarer Zeit vor.

Das Auftreten von Entscheidungssituationen bei der Verarbeitung von Sequenzen von Wegelementen führt sowohl bei den schizophrenen Patienten als auch bei den gesunden Kontrollprobanden zu einem Absinken der Gesamtleistung beim Durchfahren der Wegelemente. Diese Leistungsminderung lässt sich allein auf ein Absinken der Bewegungspräzision zurückführen, ohne dass ein Anstieg im Zeitbedarf nachweisbar ist. Darüber hinaus weisen die Daten auf Veränderungen der Vorbereitung der Aufgabenbearbeitung hin. Wenn die Aufgabe Entscheidungssituationen beinhaltet, steigt die Dauer der Zeit, die die Probanden im Startbereich des Stimulus vor dem Betreten der eigentlichen Wegelemente zubringen und die Bewegungspräzision beim Durchfahren des Startbereiches sinkt. Diese Ergebnisse sprechen dafür, dass die

Probanden vor dem eigentlichen Bearbeiten des Wegsystems eher umfangreiche Präparationsprozesse einsetzen. Diese sind möglicherweise als Ursache dafür zu betrachten, dass der eigentliche Zeitbedarf bei der späteren Bearbeitung des Wegsystems nicht weiter steigt.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Notwendigkeit von Entscheidungen zwischen Handlungsalternativen bei einer Verkettung von Wegelementen zu einem höheren Zeitbedarf für die initiale Präparation der Verarbeitung und einer geringeren Bewegungspräzision beim eigentlichen Durchfahren von Startbereich und Wegelementen führt. Diese Ergebnisse könnten als Hinweis darauf gewertet werden, dass bei der Bearbeitung verketteter Wegelemente vor dem eigentlichen Bearbeiten des Stimulus eine initiale Verarbeitungsphase dazu genutzt wird, vor dem eigentlichen Beginn der Bearbeitung zu analysieren, ob in der weiteren Aufgabenbearbeitung Entscheidungsprozesse notwendig sind. Ist dies der Fall, wird eine bestimmte Verarbeitungsstrategie ausgewählt, die bei einer Optimierung des Zeitbedarfes eine niedrigere Präzision der Bewegung in Kauf nimmt. Liefert eine Voranalyse dagegen das Ergebnis, dass keine Response-Selektionsprozesse notwendig sind, scheinen die Probanden das präzise Ausführen der Bewegung zu betonen, ohne dass dies durch die Notwendigkeit einer Analyse und Entscheidung von Wegverzweigungen gestört wird. Für eine derartige Interpretation der Daten spricht, dass ähnliche Strategieunterschiede aus früheren Untersuchungen bekannt sind, die Porteus-artige Labyrinthaufgaben bei gesunden Personen untersuchten. Auch hier sprachen die Daten für unterschiedliche Verarbeitungsstrategien, die abhängig von den spezifischen Charakteristika der zu bearbeitenden Labyrinthaufgaben ausgewählt wurden (Lis 2000).

Inwieweit diese Interpretation jedoch tatsächlich zutreffend ist, kann nur aufgrund weiterer Untersuchungen geklärt werden. Ein möglicher Untersuchungsansatz könnte hier sein, das Auftreten von Wegelementen mit und ohne Entscheidungspunkte innerhalb einer Sequenz von Wegelementen zu variieren. Hierbei wäre eine initiale Strategieauswahl nicht möglich und die Unterschiede zwischen Wegelementen mit und ohne Entscheidungspunkt sollten erst beim Durchfahren des Weges erkennbar werden. Damit sollte eine direktere Untersuchung der Auswirkungen des Auftretens von Handlungsalternativen bei der Aufgabenbearbeitung möglich sein, ohne dass diese durch eine vorhergehende Strategieauswahl beeinflusst werden würden. Hierbei ist dann allerdings darauf zu achten, dass das Auftreten/Nicht Auftreten von Handlungsalternativen über die einzelnen Positionen der Wegelemente innerhalb der Sequenz ausbalanciert ist. Dies erscheint unverzichtbar, da in der vorliegenden Arbeit das Verhalten von der Position des einzelnen Wegelementes innerhalb der Sequenz beeinflusst wird. So sinkt die Bewegungspräzision während des Durchfahrens der Sequenz mit jedem bearbeiteten

Wegelement. Darüber hinaus weicht die Bearbeitung des letzten Elementes in der Sequenz deutlich ab: Es wird schneller bearbeitet als alle vorhergehenden Wegelemente durchfahren werden. Dies lässt sich vermutlich darauf zurückführen, dass in diesem Element die korrekte Wegalternative gleichzeitig das finale Ziel des Weges darstellt, dass durch die in der vorliegenden Untersuchung gewählte farbliche Codierung der Zielregion besonders schnell zu identifizieren ist.

Entgegen der Erwartungen ließen sich bei der Bearbeitung von verketteten Entscheidungssituationen keine Unterschiede im Verhalten zwischen gesunden Personen und schizophrenen Patienten nachweisen, die über die bereits beschriebene unspezifische Leistungsminderung der Patienten hinaus ging. Dies betrifft sowohl Variationen bei der Bearbeitung von Wegelementen an unterschiedlichen Positionen der Sequenz als auch das Auftreten von Entscheidungssituationen. Dieses Ergebnis widerlegt nicht nur die Vermutung, dass sich die Defizite schizophrener Patienten in einer Sequenz von Entscheidungssituationen gegenüber einzelnen Entscheidungssituationen akzentuieren, sondern zeigt, dass die in einfachen Aufgaben abbildbaren Defizite sogar in komplexeren Aufgaben, d. h. in Aufgaben, die Verhaltensänderungen im Sinne eines höheren Zeitbedarfes und/oder einer geringeren motorischen Akkuratheit bewirken, verschwinden können.

Ausgangspunkt für die Vermutung, dass sich bei Sequenzen von Entscheidungssituationen besonders deutliche Defizite bei schizophrenen Patienten beobachten lassen sollten, waren die Ergebnisse früherer Studien, bei denen dies in Porteus-artigen Labyrinthaufgaben aufgefallen war.

Für die in der vorliegenden Studie abweichenden Ergebnisse sind unterschiedliche Erklärungsansätze denkbar.

Beim Bearbeiten Porteus-artiger Labyrinthaufgaben geht ein erhöhter Zeitbedarf für die Aufgabenbearbeitung und eine geringere Bewegungspräzision bei den Patienten in der Regel mit einer deutlich höheren Anzahl von falschen Entscheidungen an Wegverzweigungen einher. Als Folge dieser falschen Entscheidungen kommt es zu einem deutlich längeren Weg, den die Patienten für eine Aufgabenbearbeitung benötigen. Damit lässt sich in der Gesamtverarbeitungszeit nicht differenzieren, welcher Anteil des Zeitverbrauches auf die mit der Entscheidungssituation verbundene Selektion der Handlungsalternative zurückgeführt werden kann und welcher lediglich durch die fehlerhafte Entscheidung und ihre nachfolgende Korrektur erklärt werden kann. In den in der vorliegenden Untersuchung verwendeten Wegsystemen war es sowohl für die Patienten wie auch für die gesunden Kontrollprobanden möglich, die

Aufgabe mit nur einer extrem geringen Anzahl falscher Entscheidungen zu bearbeiten. Eine Ursache liegt dabei vor allem vermutlich in den kurzen Wegalternativen. So konnte Lis (2000) zeigen, dass die Anzahl von fälschlichen Betretungen von Sackgassen, d. h. das Wählen der falschen Handlungsalternative, mit der Länge des abzweigenden Weges steigt. Trifft diese Erklärung zu, würde dies bedeuten, dass zumindest ein Teil der Verhaltensauffälligkeiten schizophrener Patienten im Zeitbedarf der Bearbeitung von Labyrinthaufgaben auf ein vermehrtes Auftreten von Fehlern zurückgeführt werden kann.

Eine weitere Erklärung für das Fehlen von Unterschieden zwischen Patienten und ihren gesunden Kontrollen liegt in der Art der verwendeten Labyrinthaufgaben. Von Porteus-artigen Labyrinthaufgaben ist bekannt, dass sie mit einer Aktivierung präfrontaler Gehirnareale verbunden sind, was als Hinweis auf eine Beanspruchung exekutiver Funktionen gewertet werden kann (Kirsch et al. 2006). Für die in der vorliegenden Untersuchung verwendeten Sequenzen von T-Elementen liegen derartige Untersuchungen nicht vor, so dass die Frage besteht, in welchem Ausmaß diese Aufgaben tatsächlich exekutive Funktionen beanspruchen. So ist es denkbar, dass aufgrund der kurzen Wegalternativen ein geringeres Maß an Planungsprozessen und vorausschauendem Denken für die Aufgabenbearbeitung notwendig ist. Dies mag auch dadurch zusätzlich verstärkt werden, dass die Labyrinth mit ihrer strengen horizontalen Anordnung der einzelnen Wegelemente deutlich geringere Anforderungen an eine globale Analyse der räumlichen Relation von Startposition und Zielposition und exekutiven Funktionen stellen. So ist denkbar, dass diese Wegsysteme grundsätzlich nicht als ein zu findender Weg im Raum erlebt, sondern Wegelement für Wegelement abgearbeitet werden. Aus Einzelfallbeobachtungen bei Porteus-artigen Labyrinthen ist bekannt, dass gesunde Probanden zu Beginn der Aufgabenbearbeitung eine Augenbewegung von der Startposition zur Zielposition durchführen, die vermutlich einer ersten Orientierung im Wegsystem dient. Bei der weiteren Bearbeitung wird dann immer wieder über Blickbewegungen – parallel zur Bewegung – der weitere Verlauf des Weges inklusive der verschiedenen Wegalternativen an Verzweigungspunkten analysiert. Dies kann dazu führen, dass bei Einführung zusätzlicher Wegverzweigungen ein erhöhter Zeitbedarf nicht beim Durchfahren des räumlichen Bereiches vor der Wegverzweigung auftritt, sondern bereits deutlich früher auf dem zu durchfahrenden Weg lokalisiert werden kann. Es stellt sich die Frage, inwieweit ähnliche Strategien in den in der vorliegenden Untersuchung verwendeten Sequenzen von T-Elementen zur Anwendung kommen. Um diese Frage zu klären, sind weitere Untersuchungen notwendig. Dazu könnten einerseits Studien mit bildgebenden Verfahren zur Untersuchung der beteiligten zerebralen

Strukturen wie auch Studien mit der Messung von Augenbewegungen zur Untersuchung unterschiedlicher Strategien sinnvoll sein.

In der vorliegenden Studie wurde die Anzahl von Wegelementen, die bei der Bearbeitung der Aufgaben sichtbar waren, variiert. Diese experimentelle Manipulation hatte weder einen Einfluss auf den Zeitbedarf der Verarbeitung noch die Präzision der Bewegung. Dieses Ergebnis erscheint zunächst kontraintuitiv, da mit dieser Manipulation die Möglichkeit zur vorausschauenden Planung der nächsten Handlungen variiert werden sollte. Das völlige Fehlen von Auswirkungen dieser Manipulation auf das Verhalten spricht jedoch deutlich dafür, dass die einzelnen Wegelemente getrennt voneinander sequentiell analysiert werden. Dies würde bedeuten, dass diese Art von Labyrinthaufgaben tatsächlich deutlich niedrigere Anforderungen an exekutive Funktionen stellt, als es bei Porteus-artigen Labyrinthaufgaben mit komplexeren Wegsystemen der Fall ist.

Offen bleibt jedoch bei dieser Interpretation, warum die Notwendigkeit von Response-Selektionsprozessen nur in einzeln präsentierten Wegelementen, nicht jedoch bei der Bearbeitung von Sequenzen ein Defizit bei schizophren erkrankten Patienten erkennbar werden lässt, obwohl die Daten nahe legen, dass auch hier der Gesamtweg Wegelement für Wegelement bearbeitet wird. Eine Analyse der Daten zeigt, dass der Zeitbedarf für die Bearbeitung der verketteten Wegelemente schon beim Fehlen von Entscheidungspunkten bei den Patienten auf das Niveau steigt, dass bei der Bearbeitung von einzelnen Wegelementen mit Entscheidungspunkt zu beobachten ist. Auch bei den gesunden Personen ließ sich ein deutlicher Anstieg des Zeitbedarfes beim Durchfahren der verketteten Wegelemente beobachten. Eine Ursache für diesen Befund könnte darin liegen, dass das Durchfahren eines längeren Weges erhöhte Anforderungen an die Bewegungspräparation und -kontrolle stellt. Im Prinzip sollte dies zwar durch die Verwendung vergleichbarer Wegelemente bei einzelner und verketteter Präsentation kontrolliert werden. Jedoch fordern längere Bewegungen überproportionalen Zeitbedarf.

Denkbar wäre, dass durch die erhöhten Anforderungen an die Bewegung der Bewegungsablauf so verlangsamt wird, dass damit eine Analyse der Entscheidungssituation mit ihren Handlungsalternativen parallel zur Durchführung der Bewegung möglich wird. Verwunderlich erscheint hier jedoch, dass offensichtlich dabei in beiden Probandengruppen ein Absinken der Bewegungspräzision in Kauf genommen wird. Um zu überprüfen, ob diese Hypothese eine Erklärung für die in der vorliegenden Studie gefunden Befunde darstellt, sind weitere Untersuchungen notwendig, die den Zusammenhang zwischen variierenden Anforderungen an die Bewegungssteuerung und das Auftreten von Entscheidungspunkten untersuchen. So ist fraglich, ob auch in einzelnen Wegelementen durch eine Erhöhung der motorischen Schwie-

rigkeit mit einem resultierenden höheren Zeitbedarf für die Bewegung eine Angleichung des Verhaltens bei gesunden Probanden und schizophrenen Patienten zu erzielen ist. Dabei sollte dann bei steigender motorischer Schwierigkeit der Anstieg des Zeitbedarfes bei Notwendigkeit eines Response-Selektionsprozesses in der Gruppe der schizophrenen Patienten verschwinden.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die in der vorliegenden Arbeit verwendete Form von Labyrinthaufgaben nicht geeignet erscheint, spezifische Defizite in Response-Selektionsprozessen oder exekutiven Funktionen bei schizophren erkrankten Patienten abzubilden. Die Verkettung von Wegelementen führt prinzipiell zu komplexen Veränderungen in verschiedenen Dimensionen des Verhaltens, für deren genaues Verständnis jedoch weitere Untersuchungen notwendig erscheinen, die v. a. den Einsatz unterschiedlicher Verarbeitungsstrategien zusammen mit eher aktionalen Komponenten der Verarbeitung weiter aufklären. Geht man davon aus, dass bei der Bearbeitung von Sequenzen von Entscheidungssituationen eher höhere Anforderungen an die Koordinierung verschiedener kognitiver Teilfunktionen gefordert sind als bei der Bearbeitung einzelner Wegelemente, scheinen die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit auch die Theorien zu einem spezifischen Defizit bei der Koordinierung verschiedener Teilprozesse, wie aufgrund der verschiedenen Dyskonnektivitätshypothesen zu erwarten wären, nicht zu stützen.

Einschränkend ist abschließend jedoch zu betonen, dass die Beanspruchung exekutiver Funktionen in dieser Art von Labyrinthaufgaben vermutlich sehr gering ist. Möglicherweise ist jedoch die Beanspruchung gerade dieser Funktion für das Auftreten von Defiziten bei der Koordinierung verschiedener Funktionen von besonderer Bedeutung. Letztendlich sind jedoch weitere Untersuchungen notwendig, die z. B. mit Hilfe bildgebender Verfahren die zerebralen Korrelate dieser Labrinthaufgaben präzisieren und damit die Frage beantworten, inwieweit exekutive Funktionen zur Aufgabenbearbeitung notwendig sind.

Interessant erscheint, dass die Defizite der Patienten nicht zwingend bei steigender Schwierigkeit einer Aufgabe zunehmend deutlich beobachtbar werden. Vielmehr deuten die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit daraufhin, dass schizophrene Patienten in der Lage sind, sehr einfache Aufgaben, wie die Bearbeitung einfacher visuomotorischer Aufgaben, aber auch eher komplexe Aufgaben, wie die Bearbeitung von Sequenzen von Entscheidungssituationen, im Vergleich zu Kontrollprobanden vergleichbar gut zu bearbeiten. In einem zwischen diesen Polen liegenden, näher zu definierenden Bereich scheinen die Beeinträchtigungen der Patienten zu Leistungseinbrüchen zu führen. Dies legt nahe, dass bei der Analyse heterogener Be-

funde zu kognitiven Dysfunktionen in der Literatur die jeweilige Aufgabenschwierigkeit berücksichtigt werden sollte und in zukünftigen Untersuchungen durch eine kontrollierte Variation bezüglich ihrer Relevanz für das Auftreten von Defiziten untersucht werden sollte. Trotz der vermutlich nur geringen Beanspruchung exekutiver Funktionen durch die in der vorliegenden Arbeit verwendeten Untersuchungsanordnung erlaubt die Verwendung von T-Elementen bei der Konstruktion von Labyrinthaufgaben eine höhere Kontrolle von Einflussfaktoren auf Verhalten. Damit wird ein Ausschluss alternativer Erklärungen wie z. B. das Auftreten fehlerhafter Bearbeitungen für die Beobachtung von Leistungsminderungen möglich. Dies bildet letztendlich die Grundvoraussetzung für eine präzisere Beschreibung der bei einer schizophrenen Erkrankung betroffenen Teilfunktionen.

6 Literaturverzeichnis

ALEMAN A, HIJMAN R, DE HAAN EH, KAHN RS (1999). Memory impairment in schizophrenia: a meta-analysis. *Am J Psychiatry*, 156(9): 1358-1366.

ALLEN G, BUXTON RB, WONG EC, COURCHESNE E (1997). Attentional activation of the cerebellum independent of motor involvement. *Science*, 275 (5308): 1940-1943.

AMERICAN PSYCHIATRIC ASSOCIATION (1994). Diagnostic and statistical manual of mental disorders(4th edition). Washington: American Psychiatric Association.

ANDERSON JR (1983). *The architecture of cognition*. Cambridge, MA: Harvard University Press.

ANDERSON SW, DAMASIO H, JONES RD, TRANEL D (1991). Wisconsin card sorting test performance as a measure of frontal lobe damage. *J. Clin. Exp. Neuropsychol.*, 13: 909-922.

ANDREASEN NC (1999). A Unitary Model of Schizophrenia: Bleuler's "Fragmented Phrene" as Schizencephaly. *Arch Gen Psychiatry*, 56: 781-787.

ANDREASEN NC (1997 a). The evolving concept of schizophrenia: From Kraeplin to the present and future. *Schizophrenia Research*, 28 (2-3): 105-109.

ANDREASEN NC (1997 b). Improved treatment for positive and negative symptoms of schizophrenia: Development of a rational pharmacology. *Biological Psychiatry*, 42 (1): 136.

ANDREASEN NC (1995). Symptoms, signs, and diagnosis of schizophrenia. *The Lancet*, 346 (8973): 477-481.

ANDREASEN NC (1994). The mechanisms of schizophrenia. *Current Opinion in Neurobiology*, 4 (2): 245-251.

ANDREASEN NC (1984a). *The scale of the assessment of positive symptoms (SAPS)*. Iowa City, IA: The University of Iowa.

ANDREASEN NC (1984b). *The scale of the assessment of negative symptoms (SANS)*. Iowa City, IA: The University of Iowa.

ANDREASEN NC, CARPENTER W (1993). Diagnostic and classification of schizophrenia. *Schiz Bull* 19(2): 199- 214.

ANDREASEN NC, FLAUM M, O'LEARY DS, SWAYZE W, MILLER D, ARNDT S, (1995 f). Symptom dimensions and brain morphology in schizophrenia and related psychotic disorders. *Journal of Psychiatric Research*, 29 (4): 261-276.

ANDREASEN NC, O'LEARY DS, ARNDT S, CIZADLO T, REZAI K, WATKINS L, BOLES PONTO L, HICHA R (1995 d). I. PET Studies of Memory: Novel and Practiced Free Recall of Complex Narratives. *NeuroImage*, 2 (4): 284-295.

ANDREASEN NC, O'LEARY DS, ARNDT S, CIZADLO T, REZAI K, WATKINS L, BOLES PONTO L, HICHA R (1995 e). II. PET Studies of Memory: Novel versus Practiced Free Recall of Word Lists. *NeuroImage*, 2 (4): 296-305.

ANDREASEN NC, O'LEARY DS, CIZADLO T, ARNDT S, REZAI K, BOLES PONTO L, WATKINS G, HICHA RD (1996). Schizophrenia and cognitive dysmetria: A PET study of dysfunctional prefrontal-thalamic-cerebellar circuitry. *NeuroImage*, Issue, Supplement 1, June 1996, Page 470

ANDREASEN NC, NOPOULOS P, O'LEARY D, MILLER D, WASSINK T, FLAUM M (1999). Defining the Phenotype of Schizophrenia: Cognitive Dysmetria and its Neural Mechanisms. *Biol. Psychiatry*, 46: 908-920.

ANDREASEN NC, OLSEN S (1982). Negative vs. positive Schizophrenia. Definition und Validation. *Arch Gen Psychiatrie*, Vol.?:798- 794.

ANDREASEN NC, ROY MA, FLAUM M (1995). Positive and negative symptoms. In: HIRSCH SR, WEINBERGER DR (eds.), *Schizophrenia*. Oxford: Blackwell Science Ltd.

ANNETT M (1967). The binomial distribution of right, mixed and left handedness. *J Exp Psychol*, 19: 327-333.

ARNOLD S, HYMAN B, VAN HOESEN G, DAMASIO A (1991). Some cytoarchitectural abnormalities of the entorhinal cortex in schizophrenia. *Arch Gen Psychiatry*, 48 (7): 625-632.

BADDELEY A (1986). *Working Memory*. Oxford: Clarendon Press.

BENDER S, MÜLLER BW, OADES RD, HESSE A, SARTORY G (2000). Verbal fluency and delayed recall are associated differentially with subsyndromes of schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 41: 283.

BLEULER E (1969). *Lehrbuch der Psychiatrie*. Heidelberg: Springer.

BLEULER E (1911). Dementia praecox oder die Gruppe der Schizophrenien. In: ASCHAFFENBURG G (ed.), *Handbuch der Psychiatrie*. Leipzig, Wien: Deudecke.

BREBION G, SMITH MJ, JACK M, GORMAN JM, MALASOINA D, SHARIF Z, AMADOR X (2000). Memory and schizophrenia: differential link of processing speed and selective attention with two levels of encoding. *Journal of Psychiatric Research*, 34 (2): 121-127.

BRODAL A (1981). *Neurological anatomy in relation to clinical medicine*. New York: Oxford University Press.

BROWN AS (2006). Prenatal Infection as a Risk Factor for Schizophrenia. *Schizophrenia Bulletin*, 32 (2): 200–202.

BUCKNER R, RAICHLE M, PETERSON S (1995). Dissociation of human prefrontal cortical areas across different speech production tasks and gender groups. *Journal of Neurophysiology*, 74.

- CALEV A (1984). Recall and recognition in chronic nondemented schizophrenics: Use of matched tasks. *Journal of Abnormal Psychology*, 93: 172-177.
- CANAVAN AGM (1983). Stylus maze performance in patients with frontal-lobe lesions: effects of signal valency and relationship to verbal and spatial abilities. *Neuropsychologia*, 21: 375-382.
- CARLSSON M, CARLSSON A (1990). Interactions between glutamatergic and monoaminergic systems within the basal ganglia — implications for schizophrenia and Parkinson's disease. *TINS*, 13: 272–276.
- CAVINA-PRATESI C, VALYEAR KF, CULHAM J, KÖHLER S, OBHI S, MARZI CA, GOODALE M (2006). Dissociating Arbitrary Stimulus-Response Mapping from Movement Planning during Preparatory Period: Evidence from Event-Related Functional Magnetic Resonance Imaging. *The Journal of Neuroscience*, 26 (10): 2704-2713.
- CUESTA MJ, PERALTA V (1995). Cognitive disorders in the positive, negative, and disorganization syndromes of schizophrenia. *Psychiatry Res.*, 58 (3): 227-235.
- DAMASIO A, ANDERSON SW (1993). The frontal lobes. In: HEILMANN KM, VALENSTEIN E (eds.), *Clinical neuropsychology* (pp. 409-460). New York: Oxford University Press.
- DASHIELL JF, BAYROFF AG (1931). A forward-going tendency in maze running. *J CompPsychol*, 12: 77-94.
- DAUM I, CHANNON S, POLKEY CE, GRAY JA (1991). Classical conditioning after temporal lobe lesions on man: Impairment in conditioned discrimination. *Behavioral Neuroscience*, 105: 396–408.
- DE FOCKERT JW, REES G, FRITH CD, LAVIE N (2001). The Role of Working Memory in Visual Selective Attention. *Science*, 2: 1803.
- EHMANN TS, KHANBHAI I, MACEWAN GW, SMITH GN, HONER WG, FLYNN S, ALTMANN S (2004). Neuropsychological correlates of the PANSS Cognitive Factor. *Psychopathology*, 37: 253–258.
- ESQUIROL J (1838). *Die Geisteskrankheiten in ihrer Beziehung zur Medizin, Hygiene und Gerichtsmedizin*. In: ESQUIROL E (ed.), *Des maladies mentales considérées sous les rapports médicaux, hygiéniques et medico-legales*. Paris: Baillière. Reprint by Arno Press Inc. 1976.
- FIEZ JA, BECKER JT, MACANDREW DK (1999). A Comment on the Functional Localization of the Phonological Storage Subsystem of Working Memory. *Brain and Cognition*, 41 (1): 27-38.
- FIORAVANTI M, CARLONE O, VITALE B (2005). A meta-analysis of cognitive deficits in adults with a diagnosis of schizophrenia. *Neuropsychol Rev*, 15 (2): 73-95.
- FITTS P (1954). The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. *Journal of Experimental Psychology*, 47: 381-391.

FLASHMAN LA, FLAUM M, GUPTA S, ANDREASEN NC (1996). Soft signs and neuropsychological performance in schizophrenia. *Am J Psychiatry*, 153: 526±32.

FLECK DE, SAX KW, STRAKOWSKI MS (2001). Reaction time measures of sustained attention differentiate bipolar disorder from schizophrenia. *Schizophr Res*, 52: 251-259.

FULLERTON G, CATTEL J (1892). On the perception of small differences. Penn., Phil.: Publ. Univ.

GALLHOFER B, BAUER U, LIS S, KRIEGER S, GRUPPE H (1996). Cognitive Dysfunction in schizophrenia: comparison of treatment with atypical antipsychotic agents and conventional neuroleptic drugs. *Eur. Neuropsychopharmacologie*, 6: 14- 20.

GALLHOFER B, KRIEGER S, LIS S, HARGARTER L, RÖDER C, LAMMERS C, MEYER-LINDENBERG A (1997). Cognitive Dysfunction in Schizophrenia: Maze- Solving Behavior in Treated and Untreated Patients. *CNS Spectrums*.

GALLHOFER B, LIS S, MEYER-LINDENBERG A, KRIEGER S (1999). Cognitive dysfunction in schizophrenia: A new set of tools for the assessment of cognition and drug effects. *Acta Psychiatr Scand*, 99 (395), 118-128.

GEHAN E (1965). A generalized Wilcoxon test for comparing arbitrarily singly-censored samples. *Biometrika*, 1965 - Biometrika Trust.

GLICKSTEIN M, MAY JG III, MERCIER BE (1985). Corticopontine projection in the macaque: the distribution of labelled cortical cells after large injections of horseradish peroxidase in the pontine nuclei. *J Comp Neurol*, 235: 343–359.

GOLD JM, BISH J, IANONNE V, HOBART M, QUEERN C, BUCHANAN RW (2000). Effects of contextual processing on visual conditional associative learning in schizophrenia. *Biological Psychiatry*, 48 (5): 406-414.

GOLDBERG T, GOLD J (1995). Neurocognitive deficits in schizophrenia. In: HIRSCH S, WEINBERGER D (eds.), *Schizophrenia* (pp. 146-162). Oxford: Blackwell.

GOLDMAN-RAKIC PS (1994). Working memory dysfunction in schizophrenia. *Neuropsychiatry Clin Neurosci*, 6: 348-357.

GOODING DC, KWAPIL TR, TALLENT KA (1999). Wisconsin Card Sorting Test deficits in schizotypic individuals. *Schizophrenia Research*, 40 (3): 201-209.

GOTTESMANN I (1991). *Schizophrenia Genesis: The Origins of Madness*. New York: Freeman.

GOTTESMANN I, SHIELDS (1982). *Schizophrenia: the epigenetic puzzle*. Cambridge: University Press.

GRANHOLM E, ASARNOW RF, MARDER S (1993). Neuropsychological components of visual search on the span of apprehension task in schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 9 (2-3): 176.

- GRAY JA, ROTH BL (2007). Molecular Targets for Treating Cognitive Dysfunction in Schizophrenia. *Schizophrenia Bulletin*, 33 (5): 1100–1119.
- GREEN M (1998). *Schizophrenia from a Neurocognitive Perspective: Probing the Impenetrable Darkness*. Boston: Allyn and Bacon.
- GREENHOUSE SW, GEISSER S (1959). On methods in the analysis of profile data. *Psychometrika* 24
- HAMM OA, VAITL D (1993). Emotionsinduktion durch visuelle Reize: Validierung einer Stimulationsmethode auf drei Reaktionsebenen. *Psychologische Rundschau*, 43: 143-161.
- HANISCH M (2006). Kognitive Prozesse bei der Lösung elementarbasierter multipler T-Labyrinth bei gesunden Probanden. Dissertation, Justus-Liebig-Universität Giessen.
- HAYES N (1995). Kognitive Prozesse - eine Einführung. In: GERSTENMAIER J (Hrsg.), *Einführung in die Kognitionspsychologie* (S. 11 - 40). München: Ernst Reinhardt Verlag.
- HEATON (1981). *Wisconsin Card Sorting Test Manual*. Odessa, Fla.: Psychological Assessment Resources.
- HECKER E (1871). Die Hebephrenie. In: *Virchows Archiv* (1871), Nr. 52, S. 394–429. *Arch Pathol Anat Physiol Klin Med*; 1871: 52, 394-429
- HEINRICHS RW, ZAKZANIS K (1998). Neurocognitive deficit in schizophrenia: a quantitative review of the evidence. *Neuropsychology*, 12: 426–445.
- HEMSLEY DR (1976). Attention and information processing in schizophrenia. *Br J Soc Clin Psychol*, 15: 199-209.
- ICD-10 (2000). *Internationale Klassifikation psychischer Störungen, 10. Revision 1991 der Weltgesundheitsorganisation, Kapitel V (F)*.
- JANIK H (2004). Störungen der Arbeitsgedächtnisfunktionen bei ersterkrankten Neuroleptika-naiven schizophrenen Patienten in n-back Aufgaben. *Am J Psychiatry*, 162 (6): 1206-8.
- JOVANOVSKI D, ZAKZANIS K, YOUNG D, CAMPBELL Z (2007). Assessing the relationship between insight and everyday executive deficits in schizophrenia: A pilot study. *Psychiatry Research*, 151 (1-2): 47-54.
- KAHLBAUM K (1874). *Die Katatonie oder das Spaltungsirresein. Klinische Abhandlungen über psychische Krankheiten*. Berlin: Hirschwald.
- KANAAN RA, KIM J, KAUFMANN WE, PEARLSON GD, BARKER GJ, McGUIRE P (2005). Diffusion Tensor Imaging in Schizophrenia. *Biological Psychiatry*, 58 (12): 921-929.
- KAPLAN H, SADOCK J (1995). *Pocket Handbook of Clinical Psychiatry* (2nd ed.). Baltimore: Williams & Wilkins.

KAPLAN H, SADOCK B, GREBB J (1994). "Kaplan and Sadock's synopsis of psychiatry" (7th ed.). Baltimore: Williams & Wilkins.

KARNATH HO, WALLECH CW, ZIMMERMANN P (1991). Mental planning and anticipatory processes with acute and chronic frontal lobe lesions: A comparison of maze performance in routine and non-routine situations. *Neuropsychologia*, 29 (4) : 271-290.

KAY SR, FISZBEIN A, OPLER LA (1987). The Positive and Negative Syndrome Scale (PANSS) for schizophrenia. *Schizophr Bull*, 13: 261-276.

KENDLER KS, SHAM PC, MACLEAN CJ (1997). The determinants of parenting: an epidemiological, multi-informant, retrospective study. *Psychol Med*, 27 (3): 549-563.

KENT GH (1911). Experiments on habit formation in dementia praecox. *Psychological Review*, 18: 375-410.

KERN RS, WALLACE CJ, HELLMANN S, WOMACK L, GREEN M(1996). A training procedure for remediating WCST deficits in chronic psychotic patients: An adaptation of errorless learning principles. *Journal of Psychiatric Research*, 30 (4): 283-294.

KETY S, WENDER P, JACOBSON B, INGRAHAM LJ, JANSSON L, FABER B, KINNEY DK (1994). Mental illness in the biological and adoptive relatives of schizophrenic adoptees. Replication of the Copenhagen Study in the rest of Denmark. *Arch Gen Psychiatry*, 51 (6): 442-455.

KIM SG, UGURBIL K, STRICK PL (1994). Interference of Left and Right Cerebellar rTMS with Procedural Learning Science, 265: 949-951.

KIRSCH P, LIS S, ESSLINGER C, GRUPPE H, DANOS P, BROLL J, WILTINK J, GALLHOFER B (2006). Brain Activation during Mental Maze Solving. *Neuropsychobiology*,; 54: 51-58.

KLINTEBERG B, LEVANDER SE, SCHALLING D (1987). Cognitive sex differences: speed and problem-solving strategies on computerised neuropsychological tasks. *Percept Motor Skills*, 65: 683-697.

KLUWE, RH (2002). *Lexikon der Psychologie auf CD-ROM*. Heidelberg: Spektrum-Akademischer Verlag GmbH.

KOELLER DM, VON ZERSEN D (1976). PDS/D-S. Paranoid-Depressivitäts-Skala und Depressivitäts-Skala. Weinheim: Beltz Test GmbH.

KOVELMANN J, SCHEIBEL A (1981). Disorientation of the hippocampal pyramidal cell and its processes in the schizophrenic patient. *Biol Psych*, 16: 101-102.

KRAEPELIN E (1896). *Psychiatrie. Ein Lehrbuch für Studierende und Ärzte* (5te Auflage). Leipzig: Verl. von Johann Ambrosius Barth.

KRAEPELIN, E.(1899): *Psychiatrie. 6.Auflage*. Barth, Leipzig

KRAEPELIN E (1899). Zur Diagnose und Prognose der Dementia praecox. *Allgemeine Zeitschrift für Psychiatrie*, 56: 254–263.

KRAEPELIN E (1913). *Lehrbuch der Psychiatrie* (8. ^a ed.). Leipzig: Barth.

KRAEPELIN E (1919/1971). *Dementia Praecox and Paraphrenia*. New York: Barclay RM (trans).

KRIEGER S (1999). Funktionell isolierbare kognitive Subprozesse und schizophrene Störungen. Ort?: Verl. von Stefan Krieger.

KRIEGER S, LIS S, GALLHOFER B (2001a). Cognitive subprocesses and schizophrenia A. Reaction-time decomposition. *Acta Scand Psychiatr*, 104 (408): 18-27.

KRIEGER S, LIS S, GALLHOFER B (2001b). Cognitive subprocesses and schizophrenia B. maze tasks. *Acta Scand Psychiatr*, 104 (408): 28- 41.

KRIEGER S, LIS S, MEYER-LINDENBERG A (2003). *Neuropsychologische Aspekte der Therapie mit Psychopharmaka*. Berlin: Springer.

KRYSTAL JH, BENNETT A, ABI-SAAB D, BELGER A, KAPER LP, D`SOUZA DC, LIPSCHITZ D, ABI-DARGHAM A, CHARNEY DS (2000). Dissociation of ketamine effects on rule acquisition and rule implementation: possible relevance to NMDA receptor contributions to executive cognitive functions. *Biol. Psychiatry*, 47 (2): 137-143.

KUBICKI M, McCARLEY R, WESTIN CF, PARK HJ, MAIER S, KIKINS R, JOLESZ F, SHENTON M (2007). A review of diffusion tensor imaging studies in schizophrenia. *Journal of Psychiatric Research*, 41 (1-2): 15-30.

LANG PJ (1980). Behavioral Treatment and Bio-behavioral Assessment: Computer Applications, in *Technology in Mental Health Care Delivery Systems* (pp. 119-137). Norwood (NJ): Ablex Publishing.

LAUTENBACHER S (1999). Zur Notwendigkeit, die Schizophrenie aus einer neuropsychologischen Perspektive zu verstehen. *Verhaltenstherapie & Verhaltensmedizin*, 2.

LAUTENBACHER S, GAUGGEL S (2003). Neuropsychologie psychischer Störungen. In: LAUTENBACHER S; GAUGGEL S (Hrsg.), *Neuropsychologie psychischer Störungen* (S.7–25). Berlin: Springer.

LEINER HC, LEINER AL, DOW RS (1995). Schizophrenia and cognitive dysmetria: a positron-emission tomographie study. *Hum Brain Mapping*, 2: 255-256.

LEINER HC, LEINER AL, DOW RS (1991). The human cerebro-cerebellar system: its computing, cognitive, and language skills. *Behavioural Brain Research*, 44 (2): 113-128.

LEINER HC, LEINER AL, DOW RS (1989). Reappraising the cerebellum: what does the hindbrain contribute to the forebrain? *Behav Neurosci*, 103: 998 –1008.

LEVIN HS, SONG J, EWING-COBBS L, ROBERSON G (2001). Porteus Maze Performance Following Traumatic Brain Injury in Children. *Neuropsychology*, 15 (4): 557-567.

LEZAK MD (1995). *Neuropsychological Assessment*. New York: Oxford University Press.

LIS S (2000). *Kognitive Prozesse in Labyrinthaufgaben mit vollständig sichtbarem Wegsystem bei vollständig sichtbarem Wegsystem bei gesunden Personen*. Dissertation, Justus-Liebig-Universität Giessen.

LIS S, KRIEGER S, WILHELM J, GALLHOFER B (2005). Feedback about previous action improves executive functioning in schizophrenia: an analysis of maze solving behaviour. *Schizophrenia Research*, 78: 243-250.

LURIA AR (1966). *Higher cortical functions in man*. New York: Basic Books.

MANN A (1858). (Übers.). *Die auf uns gekommenen Schriften des Kappadociers Aretaeus*. Halle

MASSARO DW (1990). An information-processing analysis of perception and action. In: NEUMANN O, PRINZ W (eds.), *Relationships between perception and action: Current approaches* (pp. 133-166). Berlin, Heidelberg, New York: Springer Verlag.

MEDNICK SA, MACHON RA, HUTTUNEN MO, BONETT D (1988). Adult schizophrenia following prenatal exposure to an influenza epidemic. *General Psychiatry*, 45.

MEYER DE, ABRAMS RA, KORNBLUM S, WRIGHT CE, SMITH JEK (1988). Optimality in human motor performance: ideal control of rapid aimed movements. *Psychol Rev*, 95: 340-370.

MIDDLETON FA, STRICK PL (1994). Anatomical evidence for cerebellar and basal ganglia involvement in higher cognitive function. *Science*, 21 (5184): 458 - 461.

MILLER GA, GALANTER E, PRIBRAM KH (1960). *Plans and the structure of behavior*. New York: Holt, Reinhard und Winston.

MILNER B (1965). Visually-guided maze learning in man: Effects of bilateral hippocampal, bilateral frontal, and unilateral cerebral lesions. *Neuropsychologia*, 3: 317-338.

MILNER B (1964). Some effects of frontal lobectomy in man. In: WARREN JM; AKERT K (eds.), *The frontal granular cortex and behavior*. New York: McGraw-Hill.

MOREL BA (1852). *Etudes Clinique: Traité Théorique et Pratique des Maladies Mentales*. Paris: Masson.

MÜLLER BW, SARTORY G, BENDER S (2004). Neuropsychological Deficits and Concomitant Clinical Symptoms in Schizophrenia. *European Psychologist*, 9 (2) : 96-106.

MÜSSELER J (2002). Visuelle Wahrnehmung. In: MÜSSELER J, PRINZ W (Hrsg.), *Allgemeine Psychologie* (S. 14-65). Heidelberg – Berlin: Spektrum Akademischer Verlag.

NACHMANI G, COHEN BD (1969). Recall and recognition freelearning in schizophrenics. *Journal of Abnormal Psychology*, 74: 511-516.

NEISSER U (1967). *Cognitive psychology*. New York: Appleton-Century-Crofts.

- NIEUWENSTEIN MR, ALEMAN A, DE HAAN EHF (2001). Relationship between symptom dimensions and neurocognitive functioning in schizophrenia: a meta-analysis of CPT and WCST studies. *Journal of Psychiatric Research*, 35: 119-125.
- NUECHTERLEIN KH (1987). *Vulnerabilitäts-Modelle der Schizophrenie*. Berlin: Springer.
- NUECHTERLEIN KH (1977). Reaction time and attention in schizophrenia: acritical evaluation of the data and theories. *Schizophr Bull*, 3: 373-428.
- OCHOA ES, SCHNEIDER EM (1995). Porteus Maze Test performance: Relationships with MRI findings in a neuropsychiatric population. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 10 (4): 372-373.
- OSWALD WD, FLEISCHMANN UM (1995). *Nürnberger-Alters-Inventar (NAI)*. Göttingen: Hogrefe.
- PARASURAMAN R, , DAVIS R, BEATTY J (1984). Processing Resources in Attention. In: (eds.), *Varieties of Attention* (pp. 63-101). New York: Wiley.
- PARK S, HOLZMANN PS (1992). Schizophrenics show working memory deficits. *Archives of General Psychiatry*, 49: 975-982.
- PELLIZZER G, STEPHANE M (2007). Response selection in schizophrenia. *Experimental Brain Research*. Berlin / Heidelberg: Springer.
- PERRY W, LIGHT GA, DAVIS H (2000). Schizophrenia patients demonstrate a dissociation on declarative and non-declarative memory tests. *Schizophr Res*, 46 (2-3): 167-174.
- PETERS HN, JONES FD (1951). Evaluation of group psychotherapy by means of performance tests. *J Consult Psychol.*, 15 (5): 363-7.
- PETERS U (1999). *Lexikon Psychiatrie, Psychotherapie, Medizinische Psychologie*. München. Jena: Urban und Fischer.
- PETERS U (1984). *Wörterbuch der Psychiatrie und medizinischen Psychologie* (3. Auflage). München-Wien-Baltimore: Urban und Schwarzenberg.
- PINEL P (1809). *Traité medico-philosophique sur l'aliénation mentale* (2. Aufl.). Paris: Brosson.
- PINEL P (1801). *Philosophisch- medicinische Abhandlung über Geistesverwirrungen oder Manie*. Wien: Schaumburg.
- PLAMONDON R, ALIMAMI AM (1997). Speed/accuracy tradeoffs in target-directed movements. *Behavioral and Brain Sciences*, 20 (2): 279-349.
- PORTEUS SD (1965). *Porteus maze test: fifty years' application*. Palo Alto, Cal.: Pacific.
- PORTEUS SD (1957). Maze test reactions after chlorpromazine. *Journal of Consulting Psychology*, 21: 15-21.

PORTEUS SD (1914). The Porteus-Maze-Test Vineland-Revision. New York: Stoelting.

PORTEUS SD, KEPNER R (1944). Mental changes after bilateral prefrontal lobotomy. *Genet Psychol Monogr*, 29: 3-115.

PULVER AE (2000). Search for schizophrenia susceptibility genes. *Biol Psychiatry.*, 47: 221-230.

RAICHLE ME, FIEZ J, VIDEEN TO, FOX PT, PARDO JV, PETERSON SE (1994). Practiced-related changes in human brain functional anatomy during non-motor learning. *Cereb. Cortex*, 4: 8.

REITAN RM (1958). Validity of the trail making test as an indication of organic brain damage. *Percep Motor Skills*, 8: 271-276.

REITAN RM, WOLFSON D (1995). Category test and trail making test as measures of frontal lobe funktion. *Clinical neuropsychologist*, 9 (11): 50-56.

REMILLARD S, POURCHER E, COHEN H (2005). The effect of neuroleptic treatments on executive function and symptomatology in schizophrenia: A 1-year follow up study. *Schizophrenia Research*, 80 (1): 99-106.

RIDDLE M, ROBERTS AH (1978). Psychosurgery and the Porteus Maze Tests: Review and reanalysis of data. *Arch Gen Psychiatry*, 35: 493-497.

RISCH NJ (2000). Searching for genetic determinants in the new millennium. *Nature*, 405: 847-856.

RUDOLPH H (1986). *Graphomotorische Testbatterie*. Weinheim: Beltz.

RUND BR, BORG NE (1999). Cognitive deficits and cognitive training in schizophrenic patients: a review. *Acta Psychiatr Scand*. 100 (2) : 85-95.

RUSHE TM, WOODRUFF PWR, MURRAY RM, MORRIS RG (1999). Episodic memory and learning in patients with chronic schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 35 (1): 85-96.

RUSSEL JA, MEHRABIAN A (1977). Evidence for a three-factor theory of emotions. *Journal of Research in Personality*, 11.

SCHATZ J (1998). Cognitive processing efficiency in schizophrenia : generalized vs domain specific deficits. *Schizophrenia research*, 30: 41-49.

SCHMAHMANN JD, PANDYA DN (1995). Prefrontal cortex projections to the basilar pons in rhesus monkey: implications for the cerebellar contribution to higher function. *Neuroscience Letters*, 199 (3) : 175-178.

SCHNEIDER K (1992). *Klinische Psychopathologie* (14. unveränderte Auflage). Stuttgart: Thieme.

SCHNEIDER W, SHIFFRIN RM (1977). Controlled and automatic human information processing: I. Detection, search, and attention. *Psychological Bulletin*, 84: 1-66.

- SCHLÖSSER R, GESIERICH T, KAUFMANN B, VUCUREVIC G, STOETER P (2002). Funktionelle und effektive Konnektivität: neue Analyseansätze für funktionelle bildgebende Verfahren. *Nervenheilkunde*, 7: 351-356.
- SCHUMACHER EH, ELSTON PA, DÈSPOSITO M (2003). Neural Evidence for Representation Specific Response Selection. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 15: 1111-1121.
- SCHWARTZ F, MUNICH RL, GLAUBER S, LESSER B, MURRAY J (1989). Reaction time impairment in schizophrenia and affective illness: the role of attention. *Biol Psychiatry*, 25: 540-548.
- SHAKOW D, HUSTON PE (1936). Studies of motor function in schizophrenia, I: speed of tapping. *J Gen Psychol* 15: 63-103.
- SHENTON M, DICKEY C, FRUMIN M, McCARLEY R (2001). A review of MRI findings in schizophrenia. *Schizophr Res*, 49 (1-2): 1-52.
- SNITZ B, DAUM I (2001). The Neuropsychology of Schizophrenia: A selektive Review. *Zeitschrift für Neuropsychologie* 12, Pages 3-7.
- SORKIN A, PELED A, WEINSHALL D (2005a). Virtual Reality Testing of Multi-Modal Integration in Schizophrenic Patiens. *Medicine Meets Virtual Reality Conference Proceedings*, Mendrisio.
- SORKIN A, WEINSHALL D, MODAI I, PELED A (2005b). Improving the Accuracy of the Diagnosis of Schizophrenia by Means of Virtual Reality. *Am J Psychiatry*, 163(3):512-20
- SPRING B, ZUBIN J (1977). Vulnerability - A New View of Schizophrenia. *Journal of Abnormal Psychology*, 86 (2) : 103-126.
- STODDARD J, VAID J (1996). Asymmetries in intermanual transfer of maze learning in rightand left-handed adults. *Neuropsychologia*, 34: 605- 608.
- STONE J, MORRISON P, PILOWSKY L (2007). Review: Glutamate and dopamine dysregulation in schizophrenia — a synthesis and selective review. *Journal of Psychopharmacology*, 21 (4): 440-452.
- STROOP JR (1935). Studies of interference in serial verbal reactions. *J Exp Psychol*, 18:n 643–662.
- STUSS DT, BENSON DF (1986). (eds.). *The frontal lobes*. New York: Raven Press.
- SUSSER ES, LIN SP (1992). Schizophrenia after prenatal exposure to the Dutch Hunger Winter of 1944-1945. *Archives of General Psychiatry*, 49.
- SZOKE A, MEARY A, TRANDAFIR A, BELLIVIER F, ROY I, SCHURHOFF F, LEBOYER M (2007). Executive deficits in psychotic and bipolar disorders – Implications for our understanding of schizoaffective disorder. *European Psychiatry*, Volume 23, Issue 1, Pages 20-25.

- TOYOAKI A, KUSUMI I, MATSUYAMA T, KAKO Y, ITO K, KOYAMA T (2007). Tone duration mismatch negativity deficits predict impairment of executive function in schizophrenia. *Progress in Neuro-Psychopharmacology and Biological Psychiatry*, Volume 32, Issue 1, Pages 95- 99.
- TWAMLEY EW, PALMER BW, JESTE DV, TAYLOR MJ, HEATON RK (2006). Transient and executive function working memory in schizophrenia. *Schizophrenia Research*, 87 (1-3): 185-190.
- VELLIGAN DL, BOW-THOMAS C, MILLER A, OLSEN J (1999). Predicting quality of life from symptomatology in schizophrenia at exacerbation and stabilization. *Psychiatry Research*, 86 (2): 131-142.
- VINOGRADOV S, POOLE JH, WILLIS-SHORE J, OBER BA, SHENAUT GK (1998). Slower and morevariable reaction times in schizophrenia: what do they signify? *Schizophrenia Res*, 32: 183-190.
- VOLLENWEILER F, HELL D (1998). Wie viele Schizophrenien gibt es? *Magazin der Universität Zürich*, 3 (98)
- VOLZ HP (2000). Die Rolle der Kognition in der Therapie schizophrener Störungen. In: VOLZ HP, Möller HJ Dt. Univ.-Verlag. Wiesbaden.
- WALKER E, GREEN M (1982). Soft signs of neurological dysfunction in schizophrenia: an investigation of lateral performance. *Biol Psych*, 17 (3): 381-386.
- WARD J, ALVIS G, SANFORD G, DODSON D, PUSAKULICH R (1989). Qualitative differences in tactuo-spatial motor learning by left-handers. *Neuropsychologia*, 27: 1091-1099.
- WECHSLER D (1974). Wechsler Intelligence Scale for Children-Revised (WISC-R). New York: Psychological Corp.
- WICKENS CD (1992). *Engineering Psychology and Human Performance*. New York: Harper Collins.
- WILDMAN RW, WILDMAN RW II (1975). An investigation into the possibility of irreversible central nervous system damage as a result of long-term chlorpromazine medication. *J Clin Psychol*, 31: 340-344.
- WUNDT W (1902). *Grundzüge der Physiologischen Psychologie*. Leipzig: Barth.
- ZAKZANIS K, HEINRICHS RW (1999). Schizophrenia and the frontal brain: A quantitative review. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 5: 556-566.
- ZIMMERMANN DW (1994). Simplified interaction tests for non-normal data in psychological research. *Br J Math Statistical Psychol*, 47: 327-335.

Erklärung

Ich erkläre: Ich habe die vorgelegte Dissertation selbstständig, ohne unerlaubte fremde Hilfe und nur mit Hilfen angefertigt, die ich in der Dissertation angegeben habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten Schriften entnommen sind, und alle Angaben, die auf mündlichen Auskünften beruhen, sind als solche kenntlich gemacht. Bei den von mir durchgeführten und in der Dissertation erwähnten Untersuchungen habe ich die Grundsätze guter wissenschaftlicher Praxis, wie sie in der „Satzung der Justus-Liebig-Universität Gießen zur Sicherung guter wissenschaftlicher Praxis“ niedergelegt sind, eingehalten.

Ann-Catrin Coring

Danksagung

Für meine Doktorarbeit schulde ich vielen Menschen einen herzlichen Dank.

Besonders bedanken möchte ich mich bei Prof. Dr. Bernd Gallhofer für die Überlassung des Themas. Für die Unterstützung und die gegebenen fachlichen Ratschläge bin ich insbesondere Herrn Prof. Dr. Peter Kirsch dankbar.

Als außergewöhnlich habe ich die hervorragende Betreuung, die jederzeit gewährte Unterstützung und menschliche Zuwendung durch Frau Dr. Stefanie Lis empfunden, ich bleibe ihr dankbar verbunden.

Ohne die vorbereitende Auswahl und den guten Zuspruch durch Frau Meike Hagenhoff und die darauf folgende motivierte Mitarbeit der Patienten wäre die Arbeit nicht möglich gewesen, daher bedanke ich mich bei ihr, den Patienten und natürlich auch den Probanden.

Zum Schluss gilt mein Dank all jenen, die während der Zeit, in der ich mich mit der vorliegenden Arbeit beschäftigt habe, soviel Geduld und Verständnis gezeigt haben, insbesondere meinen Eltern und Till.