

**Kognitive Prozesse bei der Lösung elementbasierter multipler T-Labyrinth  
bei gesunden Probanden**

Inaugural-Dissertation  
zur Erlangung des Grades eines Doktors der Medizin  
des Fachbereichs Humanmedizin  
der Justus-Liebig-Universität Gießen

vorgelegt von                      Marko Stefan Hanisch  
aus    Berlin - Wilmersdorf

Gießen 2005

Aus dem Medizinischen Zentrum für Psychiatrie  
Leiter: Prof. Dr. med. Bernd Gallhofer  
des Fachbereichs Medizin der Justus-Liebig-Universität Gießen

Gutachter: Hr. Prof. Dr. Gallhofer

Gutachter: Fr. Prof. Dr. Dr. Netter

Tag der Disputation: 10.05.2006

## **Zusammenfassung**

Die Verwendung von Labyrinthaufgaben hat in der psychologischen Forschung eine lange Tradition. Dabei werden in der psychiatrischen Kognitionsforschung vor allem visuelle zweidimensionale Labyrinthsimulationen eingesetzt, die auf den Labyrinthtest nach Porteus (1914) zurückgehen. Solche Labyrinthaufgaben lassen sich dadurch kennzeichnen, dass auf der Basis der Analyse unbekannter komplexer Reizvorlagen der Lösungsweg von einer Start- zu einer Zielregion gefunden werden muss. Zudem enthalten Labyrinth meist mehrere Weggabelungen, so dass sie auch als „eine Abfolge von Entscheidungssituationen“ (Lis 2000) definiert werden können. Allerdings weisen traditionelle Labyrinth, gerade aufgrund ihrer komplexen Topographie, auch Nachteile auf: werden einzelne Merkmale (z.B. Sackgassenanzahl oder -länge) im Sinne einer experimentellen Bedingungsvariation verändert, so hat dies meist erhebliche Auswirkungen auf die Gesamtopographie. Unter diesen Voraussetzungen erscheint die Differenzierung und Aufdeckung einzelner kognitiver Subprozesse zunächst als wenig aussichtsreich. Zur Lösung dieses Problems wurden - in Anlehnung an die in der Tierforschung verwendeten Topographien - Labyrinth konstruiert, die aus einer Verkettung stets gleichförmiger Grundelemente bestehen. Es wird angenommen, dass so eine isolierende Bedingungsvariation als Grundlage für das Experimentieren mit Labyrinth besser ermöglicht wird als bei traditionellen Labyrinth. Ziel der vorliegenden Arbeit ist dabei, in einer experimentellen Untersuchung mit gesunden Personen zu überprüfen, wie sich die experimentelle Manipulation einzelner Labyrinthmerkmale auf unterschiedliche Parameter des Verhaltens – wie Zeitbedarf und Bewegungspräzision – auswirken. Dabei interessiert, ob sich das Lösungsverhalten bei Präsentation von Grundelementen in einer Sequenz von der einzeln präsentierter Grundelemente in Abhängigkeit von der Existenz von Sackgassen und der Unterlegung mit einem Distraktorhintergrund unterscheidet. Darüberhinaus wird untersucht, ob bei Elementsequenzen die Anzahl sichtbarer Elemente und ihre Position in der Sequenz einen Einfluss auf das Lösungsverhalten zeigt. Es konnte gezeigt werden, dass sich die Bearbeitung einzelner Elemente grundsätzlich von der Bearbeitung einer Sequenz von Elementen unterscheidet. Entgegen der Erwartung zeigte sich, dass dabei die Elemente abhängig von ihrer Position in der Sequenz unterschiedlich bearbeitet werden, unabhängig davon wieviele Elemente der Sequenz gleichzeitig einsehbar waren. Die Unterschiede zwischen den Positionen ließen sich jedoch nicht auf labyrinthtypische Merkmale wie das Auftreten von Sackgassen zurückführen, sondern vielmehr auf motorische Anforderungen. Unter der Voraussetzung des Einsatzes bestimmter experimenteller Kontrollbedingungen lassen sich damit die Elemente in den verwendeten Labyrinth als voneinander unabhängige Einheiten interpretieren, was elementbasierte Labyrinth als eine vielversprechende kognitionspsychologische Untersuchungsmethode erscheinen lässt.

## **ABSTRACT**

The application of mazes has a long tradition in psychological research. With references to the Porteus maze test (1914) two-dimensional mazes are mainly used in psychiatric cognitive research. What characterizes these maze tasks is the fact that the subject has to analyse a complex unknown stimulus in order to be able to trace the way from a starting area to an exit. Since mazes usually incorporate various path-options they can be defined as a "sequence of decision-making situations" (Lis, 2000). Because of their complex topography traditional mazes, however, feature a number of disadvantages: if single features such as amount or length of dead-ends are altered due to an experimental variation on conditions, severe consequences on the overall topography will occur. Taking this into consideration the discrimination and identification of single cognitive sub-processes hardly seem promising. To solve these problems mazes consisting of linked uniform elements were constructed. It is assumed that these element-based mazes known from animal psychology are better suited than traditional mazes to provide an isolating variation on conditions. It is the focus of this thesis to evaluate in an experimental study with healthy test subjects to what extent this experimental manipulation of single maze features has an impact on different parameters of behaviour like time consumption and precision of movement. Here it is of interest to determine whether the problem-solving method differs from sequenced elements to single elements depending on the existence of dead-ends and background distraction. In addition it needs to be examined whether in sequenced elements the number of visible elements and their position within the sequence has an impact on the problem-solving strategy. It has become evident that the treatment of single elements basically differs from that of sequenced elements. Contrary to all expectations it could be shown that the elements are treated differently in reference to their specific position within the sequence, regardless how many elements of the sequence were simultaneously visible. These differences are not based upon characteristic features displayed by the maze such as the existence of dead-ends but can be traced back to motor requirements. Taking the application of certain experimental conditions for granted it can therefore be concluded that the elements in element-based mazes are regarded as independent units. Therefore the results indicate that element-based mazes are to be considered a promising examination method in the field of cognition psychology.

## INHALTSVERZEICHNIS

<b>1.</b>	<b>EINLEITUNG</b>	<b>1</b>
<b>2.</b>	<b>STAND DER FORSCHUNG</b>	<b>3</b>
2.1	Labyrinth als Untersuchungsparadigma der Kognitionsforschung	3
2.1.1	Kognitive Subprozesse und ihre algorithmische Anordnung	4
2.1.2	Methoden zur Untersuchung kognitiver Subprozesse	7
2.2	Labyrinthaufgaben	10
2.2.1	Definition von Labyrinth	11
2.2.2	Labyrinthaufgaben nach Porteus	12
2.2.3	Labyrinthaufgaben und kognitive Subprozesse	14
2.2.4	Labyrinthaufgaben und parallele Verarbeitung	17
2.2.5	Labyrinthaufgaben und Problemlösungsprozesse	20
2.3	Experimentieren mit Labyrinth	23
2.3.1	Experimentieren in der Kognitionspsychologie	25
2.3.2	Labyrinthaufgaben und experimentelle Bedingungsvariation in der Literatur	27
2.3.3	Probleme beim Experimentieren mit Labyrinthaufgaben	34
2.3.3.1	Maße und Gütekriterien	35
2.3.3.2	Probleme bei der Konstruktion von Parallelförmern	37
2.3.4	Elementbasierte Labyrinth	42
<b>3.</b>	<b>FRAGESTELLUNG</b>	<b>44</b>
3.1	Einfluss der Präsentationsweise von T-Elementen	45
3.2	Einfluss der verfügbaren visuellen Informationsmenge	46
3.3	Einfluss der Existenz eines Distraktorhintergrundes	48
3.4	Einfluss der Existenz von Entscheidungssituationen	49
3.5	Einfluss der Elementposition	50
3.6	Zusammenfassung	51
<b>4.</b>	<b>METHODIK</b>	<b>53</b>
4.1	Stichprobe und Versuchsgruppen	53
4.2	Allgemeiner Versuchsablauf und Messapparatur	54
4.2.1	Instruktion	55
4.2.2	Untersuchungsanordnung	56
4.3	Stimulusmaterial	56

4.3.1	Auswahl einer geeigneten Elementform	58
4.3.2	Konstruktion der Labyrinthes	59
4.4	Unabhängige Variablen	60
4.4.1	Unabhängige Variable 1: Präsentationsweise	60
4.4.2	Unabhängige Variable 2: Verfügbare visuelle Informationsmenge	61
4.4.3	Unabhängige Variable 3: Distraktorhintergrund	61
4.4.4	Unabhängige Variable 4: Entscheidungssituationen	62
4.4.5	Unabhängige Variable 5: Elementposition	63
4.4.6	Experimentelle Kontrolle	63
4.4.7	Versuchspläne und Auswertung	64
4.4.7.1	Versuchsplan: Einfluss der Präsentationsweise auf die Bearbeitung von T-Elementen	64
4.4.7.2	Versuchsplan: Einfluss der Elementposition und der Fenstergröße auf die Bearbeitung multipler T-Elemente	65
4.5	Abhängige Variablen	66
4.5.1	Parameter des Zeitbedarfs der Labyrinthlösung	66
4.5.2	Parameter der Präzision der Bewegung	66
4.5.3	Parameter der Qualität der Labyrinthlösung	67
4.5.4	Zusammenfassung der abhängigen Variablen	67
4.6	Statistische Auswertung	67
<b>5.</b>	<b>ERGEBNISSE</b>	<b>68</b>
5.1	Einfluss der Präsentationsweise auf die Bearbeitung von T-Elementen	68
5.1.1	Zeit	68
5.1.1.1	Zeit im Startfeld	68
5.1.1.2	Zeit im T-Element	69
5.1.1.3	Zusatzanalyse: Analyse von Reihenfolgeeffekten bei einzeln präsentierten T-Elementen	71
5.1.1.3.1	Analyse von Reihenfolgeeffekten auf die Bearbeitungszeiten	71
5.1.1.3.2	Analyse von Reihenfolgeeffekten auf die Wandberührungszeiten	75
5.1.2	Präzision der Bewegung	77
5.1.2.1	Wandberührungszeiten im Startfeld	77
5.1.2.2	Wandberührungszeiten im T-Element	78
5.1.3	Qualität der Labyrinthlösung	79
5.1.3.1	Anzahl der Sackgassenbetretungen	79
5.1.4	Zusammenfassung	80

5.2	Einfluss der Elementposition und der Fenstergröße auf die Bearbeitung multipler T-Elemente	81
5.2.1	Zeit im T-Element	81
5.2.2	Präzision der Bewegung im T-Element	84
5.2.3	Anzahl der Sackgassenbetretungen	87
5.2.4	Zusammenfassung	87
<b>6.</b>	<b>DISKUSSION</b>	<b>88</b>
6.1	Einfluss der Präsentationsweise von T-Elementen	89
6.2	Einfluss der verfügbaren visuellen Informationsmenge	93
6.3	Einfluss der Existenz eines Distraktorhintergrundes	95
6.4	Einfluss der Existenz von Entscheidungssituationen	97
6.5	Einfluss der Elementposition	99
6.6	Zusammenfassung und Ausblick	101
<b>7.</b>	<b>LITERATUR</b>	<b>104</b>

## **ANHANG**

## 1. Einleitung

Der Einsatz von Labyrinthaufgaben zur Untersuchung von kognitiven Prozessen hat in der psychologischen Forschung eine lange Tradition. Dabei finden sich zahlreiche unterschiedliche Realisierungen der Aufgabe, den Weg von einer Startposition zu einer Zielposition durch ein komplexes Wegsystem mit Sackgassen zu finden und in den meisten Messanordnungen auch zurückzulegen. Gemeinsam ist all diesen Aufgaben, dass innerhalb eines räumlichen Stimulus sequentiell mehrere Entscheidungen gefordert werden. Dementsprechend kann ein Labyrinth auch als "eine Abfolge von Entscheidungssituationen" (Lis 2000) definiert werden.

Sowohl in der Animal- als auch in der Humanpsychologie wurden Labyrinthaufgaben eingesetzt, um unterschiedlichsten Fragestellungen nachzugehen. Solche Fragestellungen beziehen sich häufig auf die Lern- und Orientierungsfähigkeit von Probanden oder Versuchstieren im Raum (vgl. Überblick bei Lis 2000). Die ersten Labyrinth wurden dementsprechend zur Untersuchung des Orientierungsverhaltens von Ratten eingesetzt. Dazu baute Small (1900) aus Maschendraht eine miniaturisierte Variante des Hampton-Court-Labyrinths (das älteste aller Heckenlabyrinth, gepflanzt 1690 für Wilhelm von Oranien in Hampton Court bei London). Allerdings erwiesen sich solche relativ komplexen Labyrinthtopographien schon bald als problematisch, da die Analyse einzelner kognitiver Funktionen bei der Labyrinthlösung kaum möglich ist. Darum wurden die Labyrinth zunehmend vereinfacht, bis hin zu Vorlagen, deren Gangstruktur im Wesentlichen aus einem einfachen T-förmigen Gangsystem mit einer einzigen notwendigen Wegentscheidung bestand. Der Nachteil dieser Vereinfachungen ist aber, dass die für Labyrinth typische komplexe Interaktion perceptiver und motorischer Prozesse extrem reduziert wird. Zwar werden kognitive Prozesse im Prinzip so untersuchbar, jedoch stellt sich die Frage, ob diese Prozesse noch denen gleichen, die in den realitätsnäheren Anordnungen traditioneller Labyrinth ablaufen.

Innerhalb der psychiatrischen Kognitionsforschung werden vor allem Labyrinth aus der Gruppe der visuell präsentierten zweidimensionalen Labyrinthsimulationen eingesetzt. Solche Labyrinth bieten dem Probanden einen landkartenähnlichen Einblick in den Labyrinthaufbau und wurden von Porteus (1914) als psychometrisches Testverfahren eingeführt. Während früher meist das Durchfahren mit einem Bleistift auf Papier verlangt wurde (Porteus 1914), werden in den letzten Jahren häufig computergestützte Bearbeitungsverfahren eingesetzt (Gallhofer et al. 1999), die vor allem durch ihr hohes zeitliches und räumliches Auflösungsvermögen bei der Speicherung der Verhaltensdaten Vorteile bieten.



Zweidimensionale Labyrinthsimulationen, die sich an die Aufgaben von Porteus (1914) anlehnen, wurden zur Untersuchung verschiedener Erkrankungen eingesetzt - so z.B. bei Schizophrenie (Gallhofer et al. 1999) und geistiger Behinderung (Porteus 1914). Dabei standen verschiedene kognitive Konstrukte, wie das allgemeine Intelligenzniveau (WISC-R, Wechsler 1974, HAWIVA Eggert 1975), die graphomotorische Entwicklung (Rudolf 1986), visuell-räumliche Planungsprozesse und prozessorientiertes Problemlösen (Cramon, Mai & Ziegler 1995, Lezak 1976) oder Impulsivität (Porteus 1956, Kagan 1966) im Vordergrund. Bezüglich der verschiedenen Studien, die versuchen die Leistungen in Labyrinthaufgaben mit dem Intelligenzniveau in Verbindung zu bringen, ist allerdings festzuhalten, dass hier die Ergebnisse relativ widersprüchlich erscheinen. Dies dürfte in der Heterogenität der verwendeten Operationalisierungen der Labyrinthaufgaben sowie in der Heterogenität der zur Erfassung des Intelligenzniveaus verwendeten Verfahren begründet sein. Insgesamt zeigen sich dabei eher geringe Zusammenhänge zwischen Intelligenzniveau und Labyrinthlösung, wie zum Beispiel beim Porteus-Labyrinth-Test (Tizard 1951).

Ein Ziel von Kognitionsforschung in der Psychiatrie ist die Identifikation selektiv gestörter kognitiver Teilfunktionen vor dem Hintergrund ungestörter kognitiver Bereiche (Krieger et al. 2001) bei verschiedenen psychiatrischen Erkrankungen und eine daraus abzuleitende therapeutische Beeinflussung dieser Störungen. Jedoch lassen traditionelle Labyrinthuntersuchungen mit den relativ komplexen Vorlagen, wie sie von Porteus eingeführt wurden, die Differenzierung einzelner, bei der Bearbeitung aktivierter Teilprozesse und deren eventuell vorliegenden Dysfunktionen nicht zu. Sie geben lediglich Auskunft über das Ausmaß der individuellen Leistungseinbußen im Vergleich zum allgemeinen Leistungsniveau einer Stichprobe. Dabei werden die gleichen Labyrinth zur Beantwortung ganz unterschiedlicher Fragestellungen eingesetzt (s.o.).

Eine Möglichkeit zur Untersuchung kognitiver Teilfunktionen ist es, ganz analog zu den Verfahren der Reaktionszeitforschung (Massaro 1990), einzelne Merkmale von Labyrinthen zu variieren, während alle anderen Merkmale konstant gehalten werden, d.h. mit Labyrinthen zu experimentieren. Dies ist jedoch mit den traditionellen Labyrinthen, wie sie Porteus verwendete, kaum möglich (Lis 2000). So hat beispielsweise die Variation von Sackgassenlängen oder der Anzahl von Sackgassen erhebliche Auswirkungen auf die Topographie des gesamten Labyrinths und macht eine isolierende Manipulation dieser Merkmale nahezu unmöglich. Eine Lösungsmöglichkeit für dieses Problem könnte sein, bei der Konstruktion von Stimulusvorlagen einfache grafische Grundelemente so zu verketteten, dass für den Probanden der Eindruck von Labyrinthen entsteht. Als Grundelemente können hier die aus der Tierforschung bekannten T- oder U-förmigen Gangsysteme verwendet

werden. Die Länge oder die Anzahl der Sackgassen kann hier fast unabhängig von der Wahl des Hintergrundes manipuliert werden.

Ein weiterer Vorteil dieses Vorgehens liegt darin, dass "richtig" und "falsch" gelöste Elemente unterschieden werden können und so mittlere quantitative Verhaltensparameter für die Summe korrekt gelöster "Items" eines Labyrinths ermittelt werden können. Dies sollte zu einer erheblichen Reduktion der Varianz von Messgrößen, wie etwa dem Zeitverbrauch bei der Labyrinthlösung führen, da die Anzahl beanspruchter kognitiver Funktionen bei richtiger Bearbeitung vermutlich deutlich geringer oder zumindest homogener ist als beim Auftreten von Fehlern.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, zu untersuchen, ob mit dieser Verkettung von Grundelementen ein Experimentieren mit Labyrinthen möglich ist. Dabei steht zunächst die Frage im Vordergrund, ob sich das Verhalten bei der Präsentation einzelner und verketteter Grundelemente unterscheidet. Auch soll experimentell geprüft werden, welchen Einfluss die Position der Elemente bei simultaner Präsentation, d.h. bei verketteten Grundelementen, auf das Lösungsverhalten nimmt. Danach soll untersucht werden, inwieweit sich das Verhalten in Gangsystemen mit und ohne Sackgassen unterscheidet und wie sich die Unterlegung der Stimuli mit einem Distraktorhintergrund auswirkt. Schließlich wird analysiert, welchen Einfluss die Anzahl simultan sichtbarer Verzweigungen auf das Labyrinthlösen nimmt.

Letztlich soll der hier entwickelte Untersuchungsansatz im klinischen Bereich eingesetzt werden. Da in der vorliegenden Arbeit jedoch vorrangig interessiert, inwiefern sich die neuartigen 'elementbasierten Labyrinth' zum Experimentieren eignen, wird diesen Fragen zunächst an einer Gruppe von gesunden Probanden nachgegangen.

## **2. Stand der Forschung**

### **2.1 Labyrinth als Untersuchungsparadigma der Kognitionsforschung**

Labyrinth werden in den verschiedensten Untersuchungskontexten eingesetzt. Das Spektrum reicht hier von Lernprozessen (Woodworth & Schlosberg 1954) über Planungs- und Problemlösungsprozesse bis hin zu Untersuchungen zur Impulsivität von Straftätern (Porteus 1945). Labyrinthaufgaben werden jedoch auch gezielt zur Untersuchung kognitiver Funktionen eingesetzt (Krieger 1999).

Der Begriff Kognition wird in der Literatur ebenso häufig wie ungenau eingesetzt. Die Definition von Kognition als Informationsverarbeitung ist jedoch den meisten Ansätzen

gemeinsam. Im Mittelpunkt des Informationsverarbeitungsansatzes steht das Konzept des Systems, das Informationen aus der Umwelt aufnimmt, transformiert und als Handlungen wieder abgibt. Dabei gilt insbesondere für biologische - und damit auch für psychologische - Systeme, dass der jeweilige Systemzustand Einfluss auf die Informationsverarbeitung hat und umgekehrt der Systemzustand durch diese modifiziert wird (Arbib 1989). In Bezug auf menschliche Informationsverarbeitung heißt dies, dass der "Informationsverarbeiter" weiß, dass er etwas getan hat, von welchen Ausgangsbedingungen er ausgegangen ist und welches Resultat bezüglich Handlung und Reaktion der Umwelt erreicht worden ist. Dieses Wissen wird spätere Informationsverarbeitungsprozesse beeinflussen, d.h. menschliche Informationsverarbeitung ist adaptiv. Daraus ergibt sich eine Definition von Kognition als „wissensbasierter adaptiver Informationsverarbeitung“ (Krieger, Lis & Gallhofer 2001).

Ausgehend von dieser Definition sollten sich Labyrinthaufgaben in besonderer Weise zur Untersuchung kognitiver Prozesse eignen. Das Erreichen einer Position im Labyrinth ist das Resultat zuvor erfolgter Informationsverarbeitung. Der Proband weiß im allgemeinen auf welchem Wege er diese Position erreicht hat, und das Wissen um die momentane Position und vergangener Wege bestimmt die Auswahl des weiteren Lösungsweges.

Schon eine introspektive Betrachtung eigenen Verhaltens beim Durchfahren visueller Labyrinthvorlagen zeigt, dass wahrnehmungs- und bewegungszentrierte Phasen einander abwechseln. Manchmal stoppt die Bewegung und die Analyse des Stimulus steht ganz im Vordergrund, manchmal bewegt man sich schnell auf ein Ziel zu (besonders in der Nähe des Labyrinthausgangs) ohne besonders auf die Stimuluseigenschaften zu achten. Es scheinen damit zumindest zwei Formen kognitiver (Sub-)Prozesse zu existieren, deren Relation während einer Labyrinthbearbeitung von einem seriellen Hintereinander bis zu einem gleichzeitigen-parallelen Ablauf variiert.

### **2.1.1 Kognitive Subprozesse und ihre algorithmische Anordnung**

Mit der kognitiven Renaissance Ende der 60er Jahre wurden Konzepte der präbehaviouristischen Ära erneut aufgegriffen. Ähnlich wie zu Zeiten von Wundt (1902), James (1890) und Donders (1868) wurden die zwischen der Präsentation von Reizen und der Initiierung von motorischen Antworten ablaufenden Prozesse als eine Folge unterscheidbarer Teilprozesse verstanden. Unterstützt wurde dieser Denkansatz durch den technischen Fortschritt im Bereich der elektronischen Datenverarbeitung, der nicht zuletzt dadurch gekennzeichnet ist, dass es gelang, durch technische Systeme Informationen in wohldefinierten Teiloperationen und algorithmischen Anordnungen von Teiloperationen (Programm) zu verarbeiten. Dies wurde als Grundlage für die Annahme betrachtet, dass Informationsverarbeitung in technischen und biologischen Systemen prinzipiell gleichartigen

---

Gesetzmäßigkeiten gehorcht und in beiden Bereichen dieselben Analysemethoden anwendbar sind (Posner 1993).

Im Zentrum der Kognitionspsychologie dieser Zeit stand das schon von Donders (1868) vorgestellte Konzept der unabhängigen seriell angeordneten Teilprozesse oder richtiger: Teilschritte ('Stages'). Gemeint ist eine Abfolge von Teilfunktionen zwischen Reiz und Reaktion, die hintereinander bestimmte Transformationen der aufgenommenen Information durchführen. Dabei bedeutet unabhängig, dass jeder Teilschritt erst mit seiner Verarbeitung beginnen kann, wenn die des zeitlich vorangehenden vollständig abgeschlossen ist. Sanders (1980) formulierte vier entscheidende Kennzeichen von 'Stages':

1. Jeder Schritt ('Stage') übt eine spezifische Funktion im Gesamtablauf der Verarbeitungssequenz aus.
2. Dabei lässt sich jeder Schritt zeitlich von anderen Bearbeitungsschritten unterscheiden, d.h. ein eindeutiger Start- und Endpunkt wird angenommen.
3. Die Ergebnisse der Informationsverarbeitung in jedem Teilschritt dienen der nachfolgenden Teilfunktion als Eingangsgröße.
4. Jeder 'Stage' ist Teil einer Verarbeitungssequenz, der Gesamtzeitbedarf summiert sich aus den einzelnen Zeitverbräuchen der Teilschritte.

Diese Charakteristika von 'Stages' können als kompatibel mit dem Konzept des Moduls angesehen werden, wie Fodor (1983) es in seinem Buch 'Modularity of mind' formulierte. Er versteht Module als unabhängige kognitive Verarbeitungseinheiten, die durch die Eigenschaften der 'informational encapsulation' und 'computational autonomy' gekennzeichnet sind. Dabei meint 'informational encapsulation', dass Module ohne Hinzuziehung zusätzlicher Information, nur auf der Basis des vorliegenden Inputs ihre Transformation leisten. Auch eine Unterstützung durch Hinzuziehung weiterer Module ('computational autonomy') ist für die Arbeit eines Moduls nicht vonnöten.

Das Modulkonzept, welches ursprünglich in den Neurowissenschaften intensiv diskutiert wurde, erwies sich jedoch als weder mit dem neuroanatomischen und neurophysiologischen Wissen noch mit den Erkenntnissen der Kognitionsforschung kompatibel (Shallice 1988). So sind neuronale Verarbeitungselemente - z.B. Neuronen oder kortikale Kolumnen - außerordentlich vernetzt und ihre Verarbeitung ist durch parallele Afferenzen jederzeit modifizierbar (Krieger 1999).

Auch kognitionspsychologische Erkenntnisse sprechen dafür, dass die Verarbeitung von Information durch Subprozesse nicht zuletzt durch ihre Adaptivität gekennzeichnet ist. Aus diesen Gründen wird statt des Fodor'schen Modulkonzeptes die offenere Posner'sche

Konzeption der funktionell isolierbaren kognitiven Teilfunktionen, die im Prinzip auch neuroanatomisch lokalisierbar sind, bevorzugt. Sanders (1980) geht davon aus, dass an der Bearbeitung der meisten Aufgabentypen zumindest sechs unterschiedliche Teilprozesse beteiligt sind (siehe Tabelle 2.1).

Tab. 2.1: Teilprozesse nach Sanders (1980)

Subprozesse	Einflussvariablen
Sensorische Weiterleitung	Signalintensität und -dauer, Kontrast
Merkmalsextraktion	Spatiale oder akustische Frequenz
Musteridentifikation oder -klassifikation	Ähnlichkeit der Merkmalskonfigurationen
Response-choice (Percept-Action-Translation)	Reiz-Reaktions-Kompatibilität
Motorprogrammierung	Schwierigkeit der Bewegung
Motorexekution	Kraft, Muskelspannung

Diese Stages sind als Klassen von Teilprozessen mit zahlreichen Subprozessen zu verstehen. So lässt sich der Prozess der Response-Choice, in dem Wahrnehmungen in Handlungen übersetzt werden (Massaro 1990), einerseits als ein relativ einfaches Zuordnungselement zwischen Perzepten und motorischen Handlungsmustern verstehen. Andererseits können auch komplexe Problemlösungsprozesse unter Einbeziehung von Arbeitsgedächtnis- (Baddley 1986) und Kontrollprozessen als zur Response-Selektion gehörig betrachtet werden.

Dies impliziert auch, dass bei der Mehrzahl von Aufgaben im Gegensatz zu einfachen Wahlreaktionsaufgaben die Sequenz der Teilprozesse ganz oder teilweise mehrfach durchlaufen wird. Eine Funktion des Response-Choice-Prozesses dürfte hier darin liegen, festzustellen und zu entscheiden, ob ein zuvor definiertes Kriterium erreicht ist oder die Verarbeitung fortgesetzt werden muss (Test-Operate-Test-Exit (TOTE); Miller, Galanter und Pribram 1960).

Die Annahme von schleifenförmigen Anordnungen von kognitiven Subprozessen ist zwar im Prinzip noch mit einer seriellen Organisation der Verarbeitung kompatibel, jedoch kann man annehmen, dass mentale Repräsentationen von Soll-Zuständen während der Verarbeitung permanent verfügbar sind. Der Begriff mentale Repräsentation (Engelkamp & Pechmann 1988) meint, dass innere (Hirn-)Zustände existieren, die äußere Zustände abbilden. Diese durch neuronale Systeme generierten Abbildungen lassen sich als parallel ablaufende Prozesse verstehen. Insofern kann eine rein serielle Anordnung von Teilprozessen, wie sie möglicherweise in Wahlreaktionszeitaufgaben zutreffend ist, im allgemeinen eher als Ausnahme betrachtet werden.

Die Vorstellung parallel, d.h. zeitgleich oder simultan, ablaufender kognitiver Prozesse entspricht im Wesentlichen eher dem, was über die Verschaltung des Gehirns bekannt ist. Informationen werden über das Sensorium im Wesentlichen parallel und in topischer Ordnung weitergeleitet und dabei verarbeitet. Typisches Beispiel ist hier die Aufnahme visueller Informationen durch die Stäbchen und Zapfen der Retina, eine Vorverarbeitung in den thalamischen Kernen und weitere Aufbereitung der Information in den visuellen Feldern des Cortex. Man kann davon ausgehen, dass auch die Weiterverarbeitung in parallelen Strängen erfolgt, wobei ein Wechsel auf eine serielle Verarbeitung erst dann auftritt, wenn Konflikte um nicht redundant ausgelegte Funktionselemente auftreten. Dies ist beispielsweise der Fall, wenn gleichzeitig eintreffende Informationen an den Effektoren unmögliche Bewegungen erfordern (etwa wenn Informationen aus der Umwelt gleichzeitig eine Annäherung und eine Vergrößerung der Distanz zu einem Objekt verlangen).

In der Kognitionspsychologie der letzten beiden Jahrzehnte ist daher versucht worden, bei der Modellierung kognitiver Prozesse die vermutlich parallele Organisation der Verarbeitung zu berücksichtigen. Dabei reichen die Ansätze von der Annahme vorwiegend seriell angeordneter Teilprozesse, die sich jedoch zeitlich überlappen ('processes in cascade' McClelland 1979), bis hin zu der ausschließlich parallel organisierten Verarbeitung durch die sogenannten 'parallel distributed processes' (PDP) in neuronalen Netzwerken (Rumelhart & McClelland 1986).

Das Problem aller Modellvorstellungen, die parallele Verarbeitung einbeziehen, ist jedoch, dass ihre experimentelle Überprüfung oft problematisch ist. Dies steht im Gegensatz zu den beispielsweise von Sanders formulierten Annahmen bezüglich der Eigenschaften seriell angeordneter Teilprozesse, die vergleichsweise einfach in experimentelle Paradigmen umsetzbar sind.

### **2.1.2 Methoden zur Untersuchung kognitiver Subprozesse**

Die Methode des klassischen Informationsverarbeitungsansatzes wurde von Donders begründet, der für seine Subtraktionsmethode die serielle Anordnung von zunächst hypothetischen Teilprozessen voraussetzte (Donders 1868). Grundlegende Bedingung der Subtraktions- bzw. Reaktionszeiterlegungsmethode (RT-Dekomposition) ist, dass die Subprozesse voneinander unabhängig sind, d.h. die Aktivität der Subprozesse wird ausschließlich durch den jeweils aktuellen Informationsinput bestimmt und nicht durch andere Teilprozesse modifiziert. Jedem der Subprozesse kommt dabei eine spezifische Teilaufgabe im Gesamtablauf der kognitiven Verarbeitungssequenz zu, und die Subprozesse beginnen mit ihrer Aufgabe jeweils erst dann, wenn die Arbeit des vorhergehenden

---

Subprozesses vollständig abgeschlossen ist, d.h. die Teilprozesse verhalten sich zueinander nicht-redundant, unabhängig und seriell.

Die klassische Versuchsanordnung nach Donders (1868) setzt sich aus drei Aufgaben zusammen, die sich dadurch unterscheiden, dass bei jedem Aufgabentyp ein zusätzlicher Teilprozess notwendig wird.

Im ersten Abschnitt der Untersuchung wird den Probanden eine Reihe gleichartiger Reize dargeboten (z.B. eine Serie von Lichtreizen). Die Aufgabe besteht zunächst darin, auf jeden der Stimuli mit einer vorher genau festgelegten Reaktion zu antworten (z.B. durch Betätigen einer Taste). Dieser Aufgabentypus wird auch 'Einfachreaktionsaufgabe' genannt.

Im zweiten Abschnitt der Untersuchung werden nun zwei verschiedenartige Reize dargeboten - und zwar in nicht vorhersehbarer Abfolge. Der Proband soll dabei nur auf einen der beiden Reiztypen reagieren, während beim anderen Stimulus keine Reaktion gefordert ist - der entsprechende Reiz soll also ignoriert werden. Es besteht also im Unterschied zum ersten Untersuchungsabschnitt die Aufgabe, zwei Stimuli voneinander zu unterscheiden. Dieser Aufgabentyp wird auch als 'Diskriminierungsaufgabe' bezeichnet.

Im dritten Untersuchungsabschnitt haben die Probanden die Aufgabe auf zwei (oder mehr) verschiedenartige Reize (z.B. Lichtreize unterschiedlicher Farbgebung) mit zwei (oder mehr) unterschiedlichen Reaktionen zu antworten (z.B. verschiedene Tasten zu betätigen). D.h. zusätzlich zur bereits dargestellten Diskriminierungsaufgabe ist jetzt die Auswahl einer adäquaten geforderten Antwort in der Aufgabensituation enthalten. Dementsprechend werden Aufgaben diesen Typus unter dem Oberbegriff 'Wahlreaktionsaufgabe' zusammengefasst.

Ziel der unterschiedlichen Aufgabengestaltung ist der Vergleich des Zeitverbrauchs zwischen den einzelnen Aufgabentypen und der Rückschluss auf die Zeitverbrauche einzelner Subprozesse. So wird zum Beispiel in Hinblick auf Diskriminierungsaufgaben angenommen, dass sich diese von Einfachreaktionsaufgaben in der Bearbeitung insofern unterscheiden, als sie zusätzlich Identifikations- oder Klassifikationsprozesse erforderlich machen. Da solche zusätzlichen Prozesse einen vermehrten Zeitbedarf mit sich bringen, kann der Zeitbedarf dieser Prozesse geschätzt werden, indem die Gesamtbearbeitungszeiten der Einfachreaktionsaufgabe und der Diskriminierungsaufgabe voneinander subtrahiert werden.

Bei Wahlreaktionsaufgaben wird zusätzlich die Auswahl einer von mehreren Reaktionsalternativen notwendig. Auch der Zeitbedarf dieses Teilprozesses kann mit der Subtraktionsmethode geschätzt werden. Die Annahme von unabhängigen Teilprozessen erlaubt also den Zeitbedarf zweier unterschiedlicher Aufgaben - von denen man annimmt, dass sie sich in der Beanspruchung genau eines Teilprozesses unterscheiden - zu

---

vergleichen. Mittels Subtraktion des Zeitbedarfs beider Aufgabentypen kann eine Aussage über den Zeitbedarf des vermuteten Teilprozesses gemacht werden.

Die Dekompositionsmethode weist den Nachteil auf, dass beim Aufbau der notwendigen Teilaufgaben die mutmaßlich beteiligten Subprozesse bereits relativ gut bekannt sein müssen. Unterschiede des Zeitverbrauchs der einzelnen Subaufgaben können nur dann einzelnen Subprozessen zugeordnet werden, wenn einerseits die Unabhängigkeitsannahme erfüllt ist, und andererseits wirklich nur ein Teilprozess zum Lösen der schwierigeren Aufgabe hinzukommt. Überlappt sich die zeitliche Dauer der Verarbeitung von Subprozessen oder wird auf zusätzliche, bislang unbekanntere weitere Teilprozesse zugegriffen, so kann dies die Interpretation der gemessenen Reaktionszeiten unmöglich machen. Um diesem Problem zu begegnen, entwickelte Sternberg die 'additive factor effect method' ('Methode der additiven Faktoren', Sternberg 1969).

Diese Methode hat den Vorteil, dass sich auch dann Verhaltensdaten auf Subprozesse beziehen lassen, wenn diese Teilfunktionen nur vage bekannt sind (Krieger, Lis & Gallhofer 1998).

Die Sternberg'sche Methode hat mit der Donder'schen Subtraktionsmethode das Konzept der unabhängigen Subprozesse gemeinsam, erweitert dieses jedoch in entscheidendem Maße (Sternberg 1969). Die Grundannahme der Methode der additiven Faktoren besteht in einer seriellen Anordnung unabhängiger Teilprozesse, von denen jeder für sich in seinem Anforderungsgrad manipuliert werden kann. In der Sternberg'schen Methode kommen varianzanalytische Designs mit mindestens zwei unabhängig variierten Faktoren zur Anwendung. Dabei wird von jedem dieser Faktoren angenommen, dass er Einfluss auf die Aktivität verschiedener Teilprozesse hat. Ist dieser Einfluss tatsächlich gegeben, so lässt sich dies über Haupteffekte in der varianzanalytischen Auswertung nachweisen.

In einer typischen Versuchsanordnung nach Sternberg (1969) wird den Versuchspersonen eine Liste von Zahlen mit der Anweisung vorgelegt, sich die entsprechenden Ziffern einzuprägen. Anschließend wird eine einzelne Zahl mit der Frage präsentiert, ob diese in der vorher gezeigten Liste enthalten war oder nicht. Die für die Beantwortung der Frage benötigte Zeit erhöht sich mit der Anzahl der Items in der vorher dargebotenen Liste. Nach den Vorstellungen Sternbergs erfolgt die Abarbeitung der Teilaufgaben in vier logischen Teilschritten. Zunächst erfolgt die Codierung des Zielitems. Der Zeitbedarf dieses Teilschrittes dürfte im Wesentlichen von der Deutlichkeit des Zielitems abhängig sein, d.h. je besser sich die Zahl von der Umgebung abhebt, desto schneller ist der Vorgang der Codierung abgeschlossen. Die nachfolgende Durchsuchung des aktiven Gedächtnisses wird



hauptsächlich von der Anzahl der vorher dargebotenen Stimuli, also der Länge der Zahlenliste, die zur Einprägung vorgelegt wurde, abhängig sein. Die nachfolgende Reaktionsauswahl stellt sich abhängig von der Wahrscheinlichkeit dar, dass ein Item auf der Liste aufgeführt war, während die Dauer der Reaktionsvorbereitung hauptsächlich durch den motorischen Schweregrad der Reaktionsausführung bedingt ist.

Gesetzt den Fall, dass in einer Untersuchungsanordnung unabhängige Subprozesse vorliegen, so entsprechen die Sternberg'sche und die Donders'sche Methode einander. Die Anwendung beider Methoden liefert dabei als Ergebnis einen additiven Zusammenhang, wenn eine gleichzeitige Manipulation der Bedingungen vorlag, d.h. der Zeitverbrauch der einzelnen Schritte kann durch Differenzbildung geschätzt werden (immer vorausgesetzt, dass sich in den Reaktionszeiten signifikante Ergebnisse ergaben).

Wenn sich jedoch die Reaktionszeitveränderungen über die Manipulationsbedingungen hinweg nicht additiv, sondern überproportional verhalten, d.h. in der varianzanalytischen Auswertung Interaktionen erkennbar werden, so kann dies als Hinweis darauf verstanden werden, dass eine wechselseitige Abhängigkeit der Teilprozesse oder eine Beteiligung eines oder mehrerer bislang unbekannter Teilprozesse vorliegt.

Der Nachweis von Interaktionen ist von besonderem Wert für die Entdeckung unbekannter Teilprozesse, die dann mit überarbeiteten und verfeinerten Versuchsaufbauten weiter untersucht werden können. Der Sternberg'schen Methode kommt folglich bei der Suche nach Teilprozessen und ihren Zusammenhängen eine wichtige Funktion zu. Dies insbesondere, wenn über die kognitive Organisation beim Lösen bestimmter Aufgaben bislang wenig bekannt ist. Daher bildet die Methodik der additiven Methode auch die theoretische Grundlage für die statistische Analyse und Interpretation der Daten der vorliegenden Arbeit.

## **2.2 Labyrinthaufgaben**

Der Ansatz der Reaktionszeiterlegung wurde entwickelt, um die Existenz kognitiver Teilfunktionen zu überprüfen und deren Eigenschaften aufzudecken (Donders 1868, Sternberg 1969; s.o.). Obwohl seine Grundannahmen, insbesondere die der Unabhängigkeit der Teilprozesse und deren serieller Anordnung, in den letzten Jahren heftig kritisiert wurden, stellt diese Methode nach wie vor eines der wichtigsten Werkzeuge der kognitionspsychologischen Forschung dar (Massaro 1990). Jedoch lassen sich interpretierbare Ergebnisse hier nur im Rahmen unterschiedlich komplexer Reiz-

Reaktionsuntersuchungen mit Mittelung der gemessenen Reaktionszeiten erzielen. D.h., es handelt sich um ein typisches, ein wenig artifizielles Laborsetting. Inwieweit derart gewonnene Befunde auf Fähigkeiten zur kognitiven Verarbeitung in Alltagsituationen übertragbar sind, die durch die gleichzeitige Anwesenheit vieler konkurrierender Stimuli, zumindest teilweise simultane Reaktionen auf diese Stimuli und das Eingebundensein von Reizen und Reaktionen in ein zeitliches Kontinuum gekennzeichnet sind, erscheint häufig fraglich.

Wünschenswert wären daher Versuchsanordnungen, die es erlauben, die Bedingungen für eine alltagsnähere Verarbeitung im Labor zu simulieren und dabei dennoch die Effekte wohldefinierter Umweltbedingungen auf kognitive Teilfunktionen zu isolieren. Eine Versuchsanordnung, die dies möglicherweise leisten könnte, sind Labyrinthaufgaben.

Die Probanden sind hier einer komplexen Reizumwelt ausgesetzt, auf die sie mit einer Abfolge von Handlungen einen Weg von einer vorgegebenen Start- zu einer Zielposition finden müssen. Diese Abfolge hängt einerseits von der Extraktion einzelner Reizmerkmale aus dem komplexen Umfeld, andererseits von den zuvor durchgeführten Handlungen ab. Ergeben sich auf der Basis der Reizanalyse Handlungsalternativen, werden Entscheidungsprozesse notwendig. Die Komplexität von Reizen und die Schwierigkeit der geforderten Bewegungen kann hier beliebig manipuliert werden. Dies kann im Extremfall den Aufgaben den Charakter von Problemsituationen verleihen, indem Probanden Zwischenziele und Handlungsstrategien selbst definieren müssen. Durch die Wahl geeigneter Instruktionen kann der Schwerpunkt zwischen geschwindigkeits- und akkuratheitsorientiertem Verhalten verlagert werden.

Man kann annehmen, dass im Gegensatz zu klassischen Reaktionszeitaufgaben, kognitive Verarbeitung in Labyrinthaufgaben weniger durch ein zeitliches Hintereinander von 'Stages', als vielmehr durch eine permanente Interaktion seriell und / oder simultan ablaufender perceptiver und handlungsorientierter kognitiver Teilfunktionen gekennzeichnet ist, wie es auch für kognitive Verarbeitung in alltäglichen Situationen gilt. Labyrinthaufgaben kann somit, aufgrund ihrer Eigenschaft diesen Aspekt im Labor zu simulieren, eine einzigartige Oberflächenvalidität zugesprochen werden (Krieger 1999).

### **2.2.1 Definition von Labyrinthen**

Ein Labyrinth lässt sich definieren als ein Wegsystem, das vom Probanden durchlaufen werden soll, und in dem an Verzweigungen Entscheidungen bezüglich des einzuschlagenden Weges notwendig sind (Lis 2000). Das Durchlaufen kann in großen Raumlabyrinthen so aussehen, dass der Proband (oder das Versuchstier) sich selbst durch das Labyrinth bewegt. Ein anderes Extrem, beispielsweise in manchen verdeckten

Labyrinthen, sieht so aus, dass der Proband eine mentale Repräsentation des Labyrinths als Ganzes bilden muss und das Durchlaufen in der Vorstellung stattfindet. Als Reaktion wird hier meist angegeben, für welche der Wegalternativen sich der Proband entschieden hat.

An jeder Weggabelung, die inhaltlich einer Entscheidungssituation entspricht, führt eine der vorgegebenen Alternativen weiter auf die Zielregion zu, während die andere(n) normalerweise in einer Sackgasse enden. Die Aufgabe der Probanden besteht darin, auf dem kürzesten Weg mit einem Minimum von Fehlentscheidungen von der Startregion zur Zielregion zu gelangen.

Dabei kann die Aufgabe dadurch erschwert werden, dass manchmal mehrere mögliche Lösungswege vorgegeben werden oder ein potentieller Weg schlecht vom Hintergrund zu diskriminieren ist. Dies ist vor allen Dingen in zweidimensionalen Simulationen von Labyrinthen auf Papier oder Computerbildschirm der Fall, die mit einem Bleistift oder Cursor durchfahren werden. Auch der Schwierigkeitsgrad der Bewegungen kann beispielsweise durch das Verbot von Wandberührungen beeinflusst werden.

In der Literatur wird der Terminus „Labyrinth“ häufig ungenau eingesetzt. Dabei ist zu erwähnen, dass unterschiedlichste Versuchsanordnungen mit diesem Begriff belegt werden, wobei das für Labyrinth charakteristische Merkmal einer Abfolge von Entscheidungssituationen in einer zeitlich ausgedehnten Handlung keineswegs immer im Vordergrund steht (siehe auch Überblick bei Lis 2000).

### 2.2.2 Labyrinthaufgaben nach Porteus

Landläufig wird mit 'Labyrinth' die vollständig sichtbare zweidimensionale Simulation eines Gangsystems auf Papier oder Computerbildschirm gleichgesetzt. In die Untersuchung kognitiver Prozesse wurde dieser Labyrinthtyp von Porteus 1914 als psychometrisches Messverfahren eingeführt (siehe Abb. 2.1).

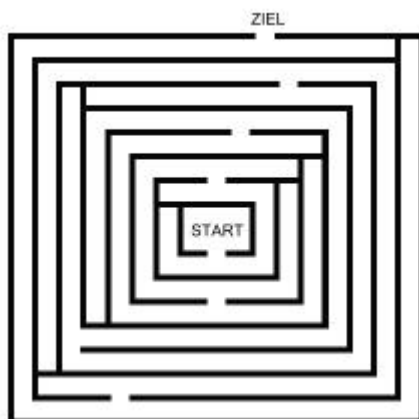


Abb. 2.1: Vollständig einsehbares Labyrinth in Anlehnung an Porteus (1965)

---

Anlass zur Entwicklung der Labyrinthaufgaben nach Porteus waren pädagogische Fragestellungen. Es sollten bei geistig behinderten Kindern solche gefunden werden, die möglichst stark von bestimmten pädagogischen Förderprogrammen profitieren würden, die im Rahmen der Montessori-Pädagogik entstanden waren. Für diese Fragestellung versuchte Porteus mit seinen Labyrinthaufgaben ein Testverfahren zu entwickeln, das Aussagen über die von ihm definierte „praktische Intelligenz“ zulassen soll (Porteus 1965). Mit dem Begriff der „praktischen Intelligenz“ benannte Porteus im Wesentlichen die Fähigkeit zur Planung und Voraussicht eines Probanden und zwar unabhängig von individuellen verbalen Fähigkeiten und bildungsbedingten Faktoren. Zuvor hatten sich etablierte psychologische Testverfahren, wie z.B. der Binet-Test (Binet & Simon 1905), für die Fragestellung als ungeeignet erwiesen, da sie sich zu stark von eben solchen Faktoren, wie Bildung und verbalen Fähigkeiten, abhängig zeigten.

An Porteus angelehnte Labyrinthaufgaben werden bis heute zur Beantwortung zahlreicher Fragestellungen eingesetzt. Sie wurden z.B. in der Grundlagenforschung zur Untersuchung von problemlösendem Denken verwendet, wobei hier vor allem visuell-räumliche Planungsprozesse und prozessorientiertes Problemlösen im Vordergrund stehen (von Cramon, Mai & Ziegler 1995, Lezak 1976). Als psychometrische Untersuchungsmethode kommen sie meist im Kontext umfangreicher Testbatterien zur Anwendung. So z.B. als Bestandteil des Nürnberger Altersinventars (NAI, Oswald & Fleischmann 1995), als Teil der 'Wechsler Intelligence Scale' (WISC-R, Wechsler 1974) oder im Rahmen graphomotorischer Entwicklungstests (Rudolf 1986). Labyrinthaufgaben nach Porteus werden auch im 'graphischen Test' von Buysse (Decroly & Buysse 1928), dem 'Binetarium' von Norden (1953) oder dem Labyrinthtest von Chapuis (1959) zur Bearbeitung vorgelegt (siehe auch Überblick bei Lis 2000).

Porteus führte zur Beurteilung von straffälligen Jugendlichen eine qualitative Analyse des Lösungsverhaltens ein. Dabei bezieht sich der sogenannte Q-Score hauptsächlich auf die Qualität der motorischen Ausführung, wobei Handlungen wie das "Durchkreuzen" von Wänden, das Abheben des Stiftes vom Blatt während der Aufgabenbearbeitung und die Geschicklichkeit der Ausführung mit in die Bewertung eingehen. Porteus ging davon aus, dass sich im Q-Score die Tendenz der Probanden zu impulsivem, selbstüberschätzendem und planlosem Verhalten widerspiegeln würde (Porteus 1917, 1945). Trotz der Tatsache, dass der Q-Score ein eher uneinheitliches Maß darstellt, werden für die Untersuchung der Impulsivität von Probanden auch weiterhin häufig Porteus-Labyrinth eingesetzt. Impulsivität wird in diesem Kontext meist als die Tendenz zu voreiligem unkontrolliertem Verhalten,

---

welches mit einer erhöhten Fehleranzahl einhergeht, aufgefasst. Die Dimension Reflektiertheit - Impulsivität wird dabei als kognitiver Stil verstanden (Kagan 1966).

In jüngster Vergangenheit wurden Labyrinthaufgaben, deren Aufbau sich von den Porteus-Labyrinth herleitet, von Gallhofer et al. (1999) erneut aufgegriffen, um kognitive Störungen bei schizophrenen Patienten zu untersuchen. Während sich zahlreiche Untersuchungen zu den kognitiven Auffälligkeiten schizophrener Patienten auf Einzelaspekte der kognitiven Verarbeitung, wie Aufmerksamkeit (Nuechterlein 1977), Arbeitsgedächtnis oder Handlungssteuerung (Frith & Done 1988) konzentrierten, interessierte Gallhofer (1999) vor dem Hintergrund von Konnektions- und Dyskonnektionsüberlegungen, inwieweit das Zusammenspiel zwischen perceptiven und handlungsbezogenen Prozessen im Rahmen einer schizophrenen Erkrankung beeinträchtigt ist. Gerade im diesem Kontext erwiesen sich Labyrinth als ein - im Prinzip - besonders geeignetes Untersuchungsinstrument (s.u.).

### **2.2.3 Labyrinthaufgaben und kognitive Subprozesse**

Kognitive Subprozesse sind definiert als Teilfunktionen der Informationsverarbeitung, denen jeweils eine spezifische Aufgabe im Gesamtablauf der Informationsverarbeitungssequenz zukommt (s.o.). Während beispielsweise bei Wahlreaktionsaufgaben die einzelnen beteiligten Subprozesse vermutlich jeweils nur einmal in einer Aufgabenbearbeitung durchlaufen werden, ist für Labyrinthaufgaben anzunehmen, dass perzeptive und bewegungsbezogene kognitive Prozesse mehrfach, im Sinne von Schleifen, durchlaufen werden: so werden nach einer initialen Analyse des Labyrinths, in der für eine Bewegungsplanung notwendige Informationen gesammelt werden, erste Bewegungen auf das Ziel hin gestartet und durchgeführt. Diese Bewegungen sistieren, wenn die Informationsbasis für eine Fortführung der Bewegung nicht mehr ausreicht und erneute Stimulusanalyseprozesse werden eingeleitet. Während bei neuen oder sehr komplexen Labyrinthvorlagen ein klarer Wechsel zwischen völligen Bewegungspausen und Phasen schneller Bewegungen zu beobachten ist, werden einfachere oder wohlbekannte Labyrinth oft mittels kontinuierlicher Bewegungen ohne wahrnehmbare Bewegungspausen bearbeitet (Lis 2000). Letzteres kann als Hinweis auf simultan ablaufende bewegungsorientierte Prozesse und Reizanalyse interpretiert werden. Dabei wird vermutlich der Umfang perceptiver Prozesse bei wachsendem Bekanntheitsgrad der Displays immer geringer und die Bewegungssteuerung basiert zunehmend auf im Gedächtnis gespeicherten mentalen Repräsentationen der Labyrinthtopographie.

---

Schon Porteus ging davon aus, dass bei der Bearbeitung seiner Labyrinthaufgaben mehrere kognitive Teilfunktionen schleifenförmig durchlaufen werden. So betrachtete er bei der Lösung vollständig sichtbarer zweidimensionaler Simulationen die folgenden kognitiven Prozesse als notwendig (Porteus 1965):

- Perzeption im Sinne der Erfassung einer komplexen Situation
- Analyse der komplexen Situation
- Planung des korrekten Lösungsweges
- Antizipation möglicher Fehler
- Ausführung des Plans
- Vervollständigung der geplanten Handlung

Auf der Grundlage neuerer Untersuchungen können diese grundlegenden Teilfunktionen durch folgende kognitive Subprozesse ergänzt bzw. spezifiziert werden (siehe auch Lis 2000):

- Strukturierung der komplexen visuellen Reizvorlage
- Aufbau und Nutzung mentaler Repräsentationen
- Planung und Sequenzierung von Handlungen
- Exekution und Kontrolle motorischer Abläufe
- Sinnvolle Allokierung von Aufmerksamkeitsressourcen
- Zwischenspeicherung im Arbeitsgedächtnis (‘cognitive maps’)
- Koordination der verschiedenen Subprozesse

In Bezug auf Labyrinthaufgaben beinhaltet der Teilschritt ‘Strukturierung der komplexen visuellen Reizvorlage’ hauptsächlich die Funktion, aus einem mehr oder weniger komplexen Hintergrund den potentiellen Lösungsweg zu extrahieren. Es handelt sich hier wahrscheinlich im Wesentlichen um Reizdiskriminationsprozesse im Sinne von Figur-Grund-Wahrnehmungen (Neisser 1967). Jedoch dürfte das instantane ‘Hervorspringen’ eines begehbaren Weges nur bei schon bekannten Labyrinthen oder Labyrinthen mit deutlichen Kontrasten zwischen Weg und Hintergrund auftreten. Meist dürfte es sich um zeitlich ausgedehnte visuelle Suchprozesse mit Verlagerung des Aufmerksamkeitsfokus in der Reizvorlage handeln.

Das Resultat dieser Prozesse ist der Aufbau einer mentalen Repräsentation des Labyrinths im Sinne einer ‘cognitive map’ (Balkenius 1995, Tolman 1932), d.h. eines "inneren" Abbilds des vorgegebenen Reizes. Diese wird zwischengespeichert und zur Steuerung des Bewegungsablaufs genutzt (Krieger 1999). Dabei wird vermutlich das sogenannte ‘visuo-

---

spatial-sketchpad´ des Arbeitsgedächtnisses (Baddley 1986) einbezogen. Allerdings ist auch eine verbal-phonologische Zwischenspeicherung denkbar, beispielsweise in Form von Richtungswechseln (z.B. links-rechts-rechts-links).

Der Umfang der im Arbeitsgedächtnis zur Verfügung gestellten mentalen Repräsentation steht in engem Zusammenhang mit der von Klinteberg, Levander & Schalling (1987) postulierten ´mentaligen Wahrnehmungsspanne´ (´perceptual span factor´). Die Autoren sehen in ihr eine wesentliche Grundlage für erfolgreiche Labyrinthlösung. Gemeint ist hier der Umfang, in dem es Probanden möglich ist, Wahrnehmungen in Handlung umzusetzen ohne erneut auf einzelne Details des dargebotenen Reizes zu fokussieren. Je größer die Wahrnehmungsspanne, desto höher wird die Geschwindigkeit der Labyrinthlösung sein. Eng verknüpft mit der Fähigkeit zum Aufbau von ´cognitive maps´ ist die Fähigkeit, diese bei Planung und Sequenzierung von Bewegungen einzusetzen und zu nutzen. Im Wesentlichen handelt es sich hier um eine Umcodierung visuo-spatialer Information in Bewegungsinformation, die im Prinzip die gleiche Information als Handlungsplan bereitstellt, die zuvor als mentale Repräsentation der visuell wahrnehmbaren äußeren Umwelt vorlag.

Zusammenfassend kann man sagen, dass während des Lösens von Labyrinthprozessen, die notwendigen Informationen im Reizdisplay suchen, aufbereiten und für die Handlungsplanung zur Verfügung stellen, mit Prozessen um begrenzte Aufmerksamkeitsressourcen konkurrieren, die für die eigentliche Bewegungssteuerung und die Wahrnehmung von direkten Bewegungsfolgen, wie etwa dem Berühren von Labyrinthwänden, verantwortlich sind. Es ist daher anzunehmen, dass die erwähnten teils simultan, teils hintereinander ablaufenden Subfunktionen erhebliche Anforderungen an eine koordinierende Instanz stellen. Diese könnte durch das sogenannte ´supervisory system´ von Norman & Shallice (1986) gegeben sein. Es wird immer dann wirksam, wenn verschiedene Teilfunktionen um begrenzte Ressourcen konkurrieren. Seine Aufgabe besteht nicht zuletzt darin, die konkurrierenden Informationen zu bewerten, in eine Prioritätenhierarchie zu bringen, irrelevante Informationen auszusondern und nacheinander das Abarbeiten relevanter Informationen anzustoßen.

Die Anforderungen an ein ´supervisory system´ sind hoch, wenn die Aufgaben neu und komplex sind. Sie werden geringer, wenn die dargebotenen Stimuli einfach oder wohlbekannt sind. Im ersteren Fall ist die Verarbeitung meist durch eine deutliche Trennung von Bewegungspausen, die zur Reizanalyse benutzt werden, und Phasen der Bewegung gekennzeichnet (siehe auch Lis 2000). Wurde ein Labyrinth wiederholt dargeboten, sind Wahrnehmungs- und Bewegungsphasen nicht mehr trennbar und beide Prozesse laufen vermutlich parallel ab.

## 2.2.4 Labyrinthaufgaben und parallele Verarbeitung

Für Teilfunktionen der Informationsverarbeitung wird angenommen, dass sie unabhängige, zeitlich abgrenzbare Prozesse darstellen. Kognitive Teilprozesse stellen somit diskrete Informationsverarbeitungsschritte dar, die von ihren konkreten Inhalten abstrahierbar sind (s.o.). Dabei gilt für entscheidungs- und handlungsbezogene Teilprozesse, dass diese im Rahmen von Labyrinthaufgaben parallel ablaufen können, sofern wohlbekannte oder einfache Labyrinth mit geringer Komplexität zu Bearbeitung vorgelegt werden (s.a. Lis 2000). Damit gilt im Kontext von Labyrinthaufgaben prinzipiell, dass Subprozesse - abhängig von der jeweiligen Aufgabensituation - sowohl in paralleler als auch in serieller Anordnung auftreten können.

Im einzelnen konnte Lis (2000) zeigen, dass die Dauer von Bewegungspausen mit dem steigenden Schwierigkeitsgrad der Stimulusanalyseprozesse zunimmt, der über die Länge bzw. die Komplexität der im Labyrinth enthaltenen Sackgassen variiert wurde. D.h., die Präsentation von Labyrinthvorlagen, in denen längere bzw. komplexere Sackgassen enthalten waren, hatte einen Anstieg der durchschnittlichen Dauer der Bewegungspausen zur Folge.

Hingegen führten steigende Anforderungen an Entscheidungsprozesse (variiert über eine zunehmende Anzahl von Weggabelungen in den Labyrinth) zwar zu einer Abnahme der Bewegungsgeschwindigkeit, dabei blieb jedoch ein Anstieg der Pausendauer aus. In diesem Fall kann also davon ausgegangen werden, dass die zusätzlichen Entscheidungsprozesse zumindest teilweise parallel zur weiterhin stattfindenden Bewegung durchgeführt wurden.

In einer Untersuchung von Lis (2000), in der die Komplexität des Stimulusmaterials und die Anzahl von Entscheidungssituationen variiert wurden, ließen sich diese Ergebnisse bestätigen (siehe auch Abb. 2.2). In der Untersuchung wurden drei unterschiedliche Labyrinthtypen zur Bearbeitung vorgelegt. In einer ersten Bedingung bestand die Aufgabe den Cursor durch eine Labyrinthstruktur zu steuern, die weder Sackgassen noch einen labyrinthartigen Hintergrund enthielt (Pfad). In einer zweiten Bedingung wurde dieser hauptsächlich motorischen Aufgabe ein labyrinthartiger Hintergrund hinzugefügt, der allerdings mit dem Cursor nicht befahrbar war, im Wesentlichen also eine Erhöhung der Anforderungen an Stimulusanalyseprozesse zur Folge hatte, jedoch keinen objektiven Einfluss auf die auszuführenden Bewegungen (Pseudo-Labyrinth). Erst in einer dritten Stufe wurden dann Labyrinth im eigentlichen Sinne zu Bearbeitung vorgelegt, hier enthielt der Labyrinthweg Sackgassen, die von den Probanden betreten werden konnten.



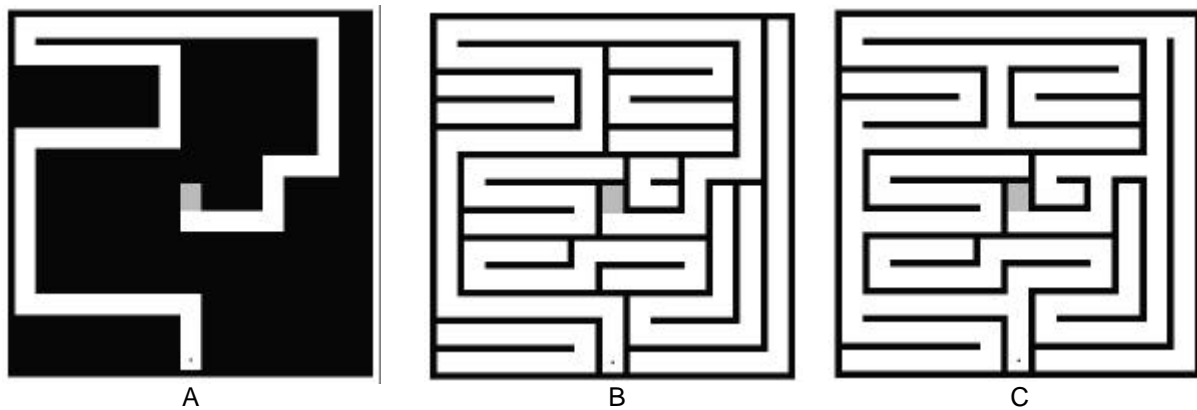


Abb. 2.2: Labyrinthabbildungen aus Lis (2000) mit Pfad (A), Pseudo-Labyrinth (B) und Labyrinth (C)

In dieser Untersuchung stiegen die Bewegungspausen an (ohne dass die Geschwindigkeit der Bewegungen beeinflusst wurde), wenn die Komplexität der Labyrinth erhöht wurde und gleichzeitig keine Entscheidungsprozesse erforderlich waren (d.h. Labyrinth präsentiert wurden, die keine Sackgassen enthielten). Hingegen wirkte sich die Einführung von Sackgassen (und damit von Entscheidungsprozessen) bei gleichbleibenden Anforderungen an Stimulusanalyseprozesse so aus, dass die Bewegungsgeschwindigkeit absank, dabei die Bewegungskontinuität jedoch erhalten blieb.

Neben den Stimuluseigenschaften haben auch die Charakteristika der geforderten Bewegungen einen Einfluss darauf, ob bei der Lösung von Labyrinthen eher seriell oder parallel verarbeitet wird (Lis 2000). Sind die Bewegungen unter der Instruktion Wandberührungen zu vermeiden eher einfach (kleiner Cursor), werden zunehmend parallele Verarbeitungsstrategien eingesetzt. Schwierige Bewegungsbedingungen (großer Cursor) mit einem eingeschränkten Bewegungsspielraum führen dagegen zunehmend zu einer Serialisierung der Verarbeitung. Im Kontext dieses Phänomens sind auch die Auswirkungen von Instruktionen bezüglich der Bewegungspräzision zu erwähnen: Sollten Wandberührungen vermieden werden, so führt dies zu einer eher seriellen Bearbeitung des Labyrinths. Sind Wandberührungen grundsätzlich erlaubt, so nimmt die Zahl von deutlichen Pausen ab, was als Hinweis auf eher parallele Verarbeitung gewertet werden kann.

Diese Ergebnisse können dahingehend interpretiert werden, dass ein streng serielles Modell für den Ablauf kognitiver Prozesse bei Labyrinthaufgaben dem tatsächlichen Sachverhalt nicht gerecht wird. Die Auswahl von Reaktionsalternativen, d.h. Entscheidungsprozessen, läuft unter bestimmten Voraussetzungen, nämlich wenn die motorischen Anforderungen niedrig erscheinen (s.o.), parallel zur Bewegungsausführung ab.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass in visuellen zweidimensionalen Labyrinthaufgaben vor dem Hintergrund der dargestellten Ergebnisse insbesondere die Koordination von eher perzeptiven und eher response-bezogenen Teilprozessen als entscheidend für eine erfolgreiche Aufgabenlösung angesehen werden kann (Lis 2000). Die vorgestellten Ergebnisse deuten darauf hin, dass der Einsatz paralleler bzw. serieller Verarbeitung von einer Bewertung der jeweils aktuellen Situation durch den Probanden abhängig ist. Serielle Verarbeitung ist dabei - in Hinblick auf die Bewegungspräzision - durch eine hohe Sicherheit gekennzeichnet, bringt aber den Nachteil einer insgesamt langsameren Aufgabenlösung mit sich. Hingegen ermöglicht parallele Verarbeitung zwar eine schnellere Aufgabebearbeitung, ist dafür jedoch mit dem Risiko eines Absinkens der Bewegungspräzision behaftet. Es ist anzunehmen, dass in jeder Aufgabensituation erneut bewertet wird, welche Verarbeitungsweise vorteilhafter ist. D.h. es werden wahrscheinlich Vor- und Nachteile beider Verarbeitungsweisen im Sinne einer Ratio-Bildung zueinander in Beziehung gesetzt, und auf dieser Grundlage eine Auswahl der geeigneten Bearbeitungsstrategie getroffen.

Jedoch darf man sich diese Auswahl im allgemeinen nicht als das Resultat einer bewussten Entscheidung vorstellen. Es handelt sich vielmehr meist um eine Folge von Prozessen, die mit der Allokation von Aufmerksamkeitsressourcen verbunden sind. Sind beispielsweise Bewegungen schwierig, so erfordert ihre Durchführung wesentlich mehr Aufmerksamkeit. Dies ist besonders dann der Fall, wenn Instruktionsverletzungen – z.B. Wandberührungen mit dem Cursor – durch ein akustisches Signal rückgemeldet werden (siehe Lis 2000). Spätestens dann wird die Aufmerksamkeit von der Analyse möglicher, als nächstes zu gehender Wege, zurück auf die aktuelle Cursorposition gelenkt. Die Lösung des Labyrinths wird kleinschrittiger oder mit anderen Worten, die Verarbeitung nimmt einen seriellen Charakter an. Werden die Probanden nicht durch die eigenen Bewegungen abgelenkt, kann die Stimulusanalyse dem Cursor gleichsam vorauslaufen und Informationen für die automatische Weiterführung der Bewegungen (Schneider & Shiffrin 1977) kontinuierlich zur Verfügung stellen.

Diese vorausschauende Stimulusanalyse ist nicht in allen Labyrinthformen möglich. Während ein zweidimensional dargebotenes Gangsystem mit vollständig sichtbarem Weg, wie in den Porteus-Labyrinthen, diese eher unterstützt, sind in dreidimensionalen Gangsystemen, durch die der Proband sich bewegen soll, solche Vorausplanungen kaum möglich. Hier wird wahrscheinlich ein annähernd zufälliges Explorationsverhalten im Sinne einer trial-and-error-Strategie auftreten. Eine Parallelität von Stimulus- und responsebezogenen Labyrinthlösungsprozessen wird eher selten der Fall sein. Je größere

Bereiche des Labyrinths einsehbar sind und je weniger die Bewegungscharakteristika von der Analyse des Labyrinths ablenken, desto eher werden vermutlich parallele Formen der Verarbeitung bevorzugt. Die Prüfung, ob diese Vermutung zutreffend ist, ist eines der Ziele der vorliegenden Arbeit. Dabei wird die Einsehbarkeit der Labyrinthtopographie mittels der Größe eines Fensters um den Cursor manipuliert. Sind die Fenster entsprechend klein, und ist nur die unmittelbare Umgebung des Cursors einsehbar, so wird die Verarbeitung vermutlich durch schnelle Wechsel von kurzen Bewegungspausen und zügigen Bewegungen gekennzeichnet sein. Sind dagegen bei großen Fenstergrößen weite Bereiche des Labyrinths sichtbar, dann sollten nach einigen wenigen initialen langen Bewegungspausen ausgedehnte kontinuierliche Bewegungen beobachtbar werden.

### **2.2.5 Labyrinthaufgaben und Problemlösungsprozesse**

Labyrinthaufgaben werden nicht nur zur Untersuchung von Lernverhalten, Gedächtnisprozessen und Navigationsstrategien eingesetzt. Sie kommen in der psychologischen Grundlagenforschung auch bei Fragestellungen zum Problemlösungsverhalten zum Einsatz. Dabei stehen meist Analyse- und Planungsprozesse, sowie prozessorientiertes Problemlösen im Vordergrund (Cramon, Mai & Ziegler 1995, Lezak 1976).

Liegen den Aufgaben solche Fragestellungen zugrunde, so werden meist Versuchsaufbauten verwendet, in denen der Lösungsweg schon von der Startregion aus vollständig einzusehen ist, d.h. Labyrinth, deren Aufbau im Wesentlichen an die traditionellen Labyrinth nach Porteus angelehnt ist. Im Unterschied zu Lernversuchen wird bei solchen Fragestellungen in der Regel auf eine wiederholte Reizpräsentation verzichtet.

Als Bestandteile von Problemlösungsprozessen werden unterschiedliche Subprozesse verstanden, so z.B. Problemidentifikation bzw. -analyse und die Auswahl und Modifikation geeigneter Lösungsstrategien unter Berücksichtigung des Feedbacks. Des Weiteren wird den Problemlösungsprozessen auch die Effizienzbewertung der angewendeten Strategien zugerechnet. Den vorgestellten Komponenten werden Kontroll- und Steuerungsfunktionen zugeschrieben und unter dem Begriff „Exekutive Funktionen“ zusammengefasst. Damit lassen sie sich begrifflich von elementarerer Prozessen - wie z.B. Stimulusdiskrimination, Merkmalsvergleich oder Auswahl von Antwortalternativen - trennen (Sternberg 1996).

Bis heute existieren kaum Testverfahren zur Untersuchung von Problemlösungsleistungen, die hinsichtlich der klassischen psychologischen Testgütekriterien eine bessere Qualität

---

vorweisen könnten als traditionelle Labyrinthaufgaben (von Cramon & von Cramon 1995). Dementsprechend gibt es in der Literatur Publikationen, in denen die Ansicht vertreten wird, Labyrinthaufgaben nach Porteus würden zur Untersuchung von non-verbale exekutiven Funktionen zu selten eingesetzt (Krikorian & Bartok 1998, Parker & Crawford 1992).

In diesem Kontext soll auf den grundlegenden Unterschied zwischen Aufgaben und Problemen hingewiesen werden. Nach Hussy (1984) lässt sich eine Aufgabe als die geforderte Überführung eines Ausgangs- in einen Zielzustand bzw. als die geforderte Transformation eines Ist- in einen Soll-Zustand definieren. Darüber hinaus gilt für die Definition von Aufgaben, dass auch die Zwischenschritte, die vom Ausgangs- zum Zielzustand führen, bekannt und hinreichend genau definiert sein müssen (Hussy 1984). Im Unterschied dazu sind bei Problemstellungen diese grundlegenden Informationen definitionsgemäß nicht bekannt und müssen gegebenenfalls während einer Untersuchung vom Probanden erst aufgedeckt und überprüft werden. Der Charakter von Problemen lässt sich weiter differenzieren, wenn man 'wohldefinierte' ('well-defined') von 'schlechtdefinierten' ('ill-defined') Problemen abgrenzt (Kunz & Rittel 1972). Wohldefinierte Probleme sind solche, in denen Ausgangszustand und Zielzustand bekannt sind und der Lösungsweg gefunden werden muss, bei schlecht definierten Problemen ist auch der Zielzustand nicht eindeutig vorgegeben.

Für die exemplarische Darstellung dieser unterschiedlichen Typen von Aufgaben bzw. Problemen eignet sich der Wisconsin-Card-Sorting-Test (WCST, Heaton 1981) besonders gut, da hier die drei verschiedenen Aufgabentypen ('schlechtdefiniertes Problem', 'wohldefiniertes Problem' und 'einfache Aufgabe') enthalten sind und stufenweise abgearbeitet werden müssen.

Werden Probanden erstmalig mit dem Wisconsin-Card-Sorting-Test konfrontiert, so erhalten sie zunächst nur die Instruktion einzelne vorgegebene Karten anderen Karten zuzuordnen. Außerdem werden sie darüber informiert, dass für diese Zuordnung Regeln existieren, wissen jedoch nicht welche Sortierungskriterien gelten. In dieser Phase des Testverfahrens handelt es sich insofern um ein 'schlecht definiertes Problem', als die Probanden die zugrundeliegenden Regeln zu Beginn des Tests nicht kennen und selbst geeignete Arbeitshypothesen aufstellen und anwenden müssen, um anhand des jeweiligen Erfolgs ihre Vermutungen überprüfen zu können.

Hat der Proband mittels Hypothesenbildung herausgefunden, dass Farbe, Form und Anzahl der auf den Karten abgebildeten Symbole die entscheidenden Kriterien sind, muss er eine

---

Methode finden das momentan gültige Merkmal zu identifizieren. Diese Identifizierung ist dem Probanden möglich, wenn er das in den Test implementierte Feedback über richtig bzw. falsch zugeordneten Karten zur Kontrolle seiner selbst aufgestellten Regeln nutzt. Es handelt sich nun um ein gut definiertes Problem, für dessen Lösung ein Algorithmus gesucht ist.

Haben die Probanden den zugrundeliegenden Algorithmus zur Kartenzuordnung richtig erkannt, so handelt es sich nunmehr definitionsgemäß nur noch um eine einfache Aufgabe, da ja sowohl Ausgangs- und Zielzustand, als auch die geforderten Zwischenschritte, die zum Ziel führen, vollständig bekannt sind.

Die Sortierregeln werden nach jeweils zehn richtig zugeordneten Karten verändert, indem das zugrundeliegende Kriterium wechselt. Allerdings hat der Proband zu diesem Zeitpunkt bereits Gelegenheit gehabt sich mit dem notwendigen Procedere zur Aufdeckung eines Kriteriums vertraut zu machen, so dass es sich nur um eine kurzfristige Unterbrechung im Sinne eines wohldefinierten Problems handelt bevor wieder das einfache Kartensortieren einsetzt.

Aufgrund dieser schrittweisen Aufdeckung und der damit verbundenen grundlegenden Änderung des Aufgabencharakters kann der Wisconsin-Card-Sorting-Test jedem Probanden nur einmal zur Bearbeitung vorgelegt werden, da die entscheidende Problemstellung (Aufdeckung und korrekte Anwendung der zugrundeliegenden Zuordnungsregeln) bei wiederholter Bearbeitung verloren geht und der Test nunmehr weniger die Fähigkeit zum Problemlösen als vielmehr zur Anwendung eines bekannten Regelsystems erfasst.

Im Unterschied zum Wisconsin-Card-Sorting-Test, in dem die verschiedenen Aufgaben- bzw. Problemstellungen je nach Bearbeitungsphase klar voneinander abgrenzbar sind, lässt sich der Aufgaben- oder Problemcharakter von Labyrinthtests weniger eindeutig kategorisieren. Denn einerseits handelt es sich bei Labyrinthen (im Sinne von traditionellen Porteus-ähnlichen Realisierungen) um Aufgaben, und zwar insofern, als Ausgangspunkt und Ziel gut erkennbar sind und "irgendeine" Lösung fast immer gefunden werden kann. Wird jedoch eine qualitativ gute Labyrinthlösung angestrebt, z.B. der kürzeste Weg ohne Umwege, dann können Labyrinth durchaus den Charakter eines 'gut-definierten Problems' aufweisen. Ist der Zielpunkt resp. Ausgang des Labyrinths am Start nicht zu sehen, wie es beispielsweise bei Labyrinthen mit einem engen Sichtfenster um die aktuelle Position der Fall ist, kann die Lösung des Labyrinths einem 'schlecht-definierten Problem' entsprechen.

Mit zunehmender Vertrautheit des Probanden mit Labyrinthen wird sich deren Charakter wahrscheinlich immer mehr von einem Problem zu einer Aufgabenstellung verlagern. Die

Arbeitsgruppe Karnath et al. beschreibt diese Veränderungen des Aufgabencharakters mit den Begriffen „routine“- und „non-routine“-Situationen (Karnath, Wallesch & Zimmermann 1991). Entsprechend der oben dargestellten Differenzierung von Problemen und Aufgaben stellen dabei „routine“- Aufgaben im Wesentlichen einfache Aufgaben mit bekannten Inhalten und Arbeitsschritten dar, während „non-routine“-Aufgaben als Problemstellungen verstanden werden können.

Zusammenfassend kann man sagen, dass Labyrinthaufgaben wahrscheinlich besonders geeignet sind, Problemlösungsprozesse zu untersuchen (von Cramon & von Cramon 1995). Allerdings erscheint diese Eignung als stark abhängig von den jeweiligen Stimuluseigenschaften, den damit verknüpften Bewegungsanforderungen sowie von der jeweiligen Instruktion.

### **2.3 Experimentieren mit Labyrinthen**

Traditionelle Labyrinthaufgaben sind dadurch gekennzeichnet, dass bei ihrer Bearbeitung eine Vielzahl von kognitiven Teiloperationen bis hin zu Problemlösungsprozessen involviert ist. Dabei ist die Koordination perzeptiv-kognitiver und handlungsbezogener Verarbeitungsprozesse von besonderer Bedeutung für eine erfolgreiche Labyrinthlösung. Gerade dieser Aspekt macht die Verwendung von Labyrinthen zu einem vielversprechendem Untersuchungsansatz für psychiatrische Fragestellungen, da beispielsweise bezüglich der kognitiven Auffälligkeiten schizophrener Patienten in Laborsituationen, aber auch im Alltag, in letzter Zeit diskutiert wird, ob sich diese auf eine 'kognitive Dysmetrie' (Andreasen 1999, 1998) zurückführen lassen. Gemeint ist hier, dass die Patienten Schwierigkeiten haben, die Ergebnisse korrekt ablaufender Wahrnehmungsprozesse mit adäquaten Verhaltensreaktionen zu verknüpfen. Jedoch lassen sich Aussagen über das Zusammenspiel von Teilprozessen bzw. Teilprozessbereichen nur machen, wenn es gelingt abzuklären, in welchem Ausmaß die einzelnen beteiligten Subfunktionen durch das Vorliegen eines Krankheitsprozesses betroffen sind. D.h. letztlich besteht das Ziel psychiatrischer Kognitionsforschung darin, zunächst dysfunktionale von intakten Teilprozessen zu unterscheiden und dann zu prüfen, ob und in welcher Form das Zusammenwirken funktionierender Subfunktionen beeinträchtigt ist, bzw. in welcher Weise sich gestörte kognitive Subprozesse auf dieses Zusammenspiel auswirken und inwieweit Dysfunktionen durch andere Teilprozesse kompensiert werden.

Für die in psychologischen Tests eingesetzten zweidimensionalen Labyrinthsimulationen lässt sich jedoch festhalten, dass man bei einer "guten" Testleistung zwar davon ausgehen kann, dass sowohl die einzelnen beteiligten Subfunktionen wie auch die Koordination dieser Prozesse intakt sind. Bei weniger erfolgreichen Labyrinthbearbeitungen ist es allerdings nicht

möglich auf die Ursache für die fehlerhafte Verarbeitung zu schließen. Genauso wie dieses Ergebnis durch eine mangelhafte Koordination ansonsten intakter Teilfunktionen entstehen kann, ist es denkbar, dass Dysfunktionen einzelner Teilprozesse verantwortlich zu machen sind. Die derzeit verfügbaren Labyrinthaufgaben ermöglichen folglich lediglich eine Einstufung der individuellen Leistung eines Probanden entlang eines Kontinuums der Gestörtheit der Gesamtleistung. Wünschenswert wäre es aber, Labyrinthvorlagen zur Verfügung zu haben, die es erlauben festzustellen, ob und welche Teilfunktionen betroffen sind und wie sich dies auf die Koordination der involvierten Prozesse auswirkt. Dieses Vorhaben erscheint jedoch nur realisierbar, wenn es gelingt, durch systematische experimentelle Manipulation von Labyrinthmerkmalen die an deren Verarbeitung beteiligten Prozesse zu beeinflussen und damit auf ihre Funktionalität zu untersuchen. Das Experimentieren mit Labyrinthen im Sinne einer kontrollierten Variation einzelner Merkmale der Aufgaben, unter Konstanzhaltung aller anderen Faktoren, trifft jedoch auf ein grundsätzliches Problem. Bei den notwendigen wiederholten Messungen dürfen sich die verwendeten Stimuli nur in dem interessierenden variierten Merkmal unterscheiden, während alle anderen Einflussgrößen konstant gehalten werden. Dies ist jedoch bei Labyrinthvorlagen, die sich an die von Porteus eingeführte Form anlehnen, nahezu unmöglich. Eine Veränderung an einer Stelle der Vorlage, beispielsweise als Einführung einer zusätzlichen oder einer verlängerten Sackgasse, wirkt sich immer auch auf die Gesamtopographie des Labyrinths und damit in zumeist unvorhersehbarer Weise auf die zur Lösung notwendigen kognitiven Prozesse aus.

Mit diesem Sachverhalt hängt ein weiteres Problem der Forschung mit Labyrinthen zusammen. Jede psychologische Messung, seien es Fehlerraten oder auch Reaktionszeiten, ist dadurch gekennzeichnet, dass sie einen mehr oder weniger großen Messfehler aufweist. Eine Annäherung an den wahren Wert ist nur möglich, indem Messungen wiederholt durchgeführt werden und eine anschließende Mittelung der gewonnenen Daten erfolgt, wobei angenommen wird, dass der Messfehler zufällig mit dem Mittelwert Null streut. Wiederholte Messungen sind allerdings bei Labyrinthen nur schwer durchzuführen: präsentiert man dasselbe Labyrinth mehrfach, werden die Messungen durch Lernprozesse verfälscht. Im Extremfall wird nach mehreren Wiederholungen desselben Labyrinths dieses nicht mehr durch kognitive Prozesse gelöst, sondern ein durch die Wiederholung des Wegsystems erlerntes Motorprogramm abgerufen. Die Verwendung von Parallelförmigkeiten erscheint zwar im Prinzip möglich, jedoch sind als Alternativerklärungen für beobachtete Effekte sowohl Lernprozesse, als auch durch die Manipulationen der Labyrinthvorlage verursachte unkontrollierte kognitive Prozesse denkbar.

### 2.3.1 Experimentieren in der Kognitionspsychologie

Grundlage von naturwissenschaftlichen Experimenten ist die systematische Manipulation von interessierenden Variablen in wiederholten Messungen bei gleichzeitiger Konstanzhaltung aller anderen Faktoren, von denen angenommen werden kann, dass sie die Messergebnisse beeinflussen können. Wird beispielsweise der Einfluss eines bestimmten Faktors (z.B. Raumtemperatur) auf eine interessierende Messgröße (z.B. Ausdehnung eines Metallstücks) untersucht, so muss sichergestellt werden, dass unter Konstanzhaltung aller anderen Faktoren (z.B. Luftdruck, Luftfeuchtigkeit etc.) allein dieser einzelne Faktor in möglichst exakt definierter Weise und möglichst metrisch (z.B. Anhebung der Raumtemperatur in Stufen von jeweils 2 °C) verändert wird. Werden diese anderen Faktoren nicht, oder in nicht ausreichendem Maße, konstant gehalten, so können möglicherweise auftretende Zusammenhänge zwischen Faktor und Messgröße nicht eindeutig auf den interessierenden Faktor zurückgeführt werden. Die Ergebnisse des Experiments sind dadurch in ihrer Aussagekraft stark eingeschränkt oder werden in manchen Fällen sogar völlig uninterpretierbar.

Die Anforderungen an psychologische Experimente - wobei sich Psychologie hier als eine naturwissenschaftlich definierte Disziplin versteht - lassen sich ebenfalls von mechanisch-deterministischen (Mill 1872) bzw. konditionalistischen (Verworn 1912) Realitätskonzeptionen (siehe auch Maschewsky 1980) herleiten. Innerhalb des Mill'schen bzw. Verworn'schen Weltbilds wird die „scheinbar chaotische Vielfalt realer Phänomene und die Annahme strenger Gesetzmäßigkeit dadurch versöhnt, dass jeweils feste Beziehungen zwischen je einzelnen Bedingungen und Ereignissen unterstellt werden“, was unter dem Begriff 'reiner Fall' zusammengefasst wird (ebd.). Dabei wird jedoch angenommen, dass diese festen Beziehungen im 'konkreten Fall' durch eine Vielzahl analoger fester Beziehungen zwischen jeweils anderen Bedingungen und Ereignissen überlagert wird. Daraus folgt konsequenterweise die methodische Aufgabe des Wissenschaftlers, im Experiment Bedingungen zu schaffen, die denen des 'reinen' bzw. 'gleichen Falls' entsprechen. Dazu erfolgt die 'Neutralisierung' der Überlagerung ('Kontrolle'), Aufzeichnung der 'festen' Beziehung und schließlich die "mosaikartige Rekonstruktion der Realität aus vielen solchen festgestellten Miniaturinvarianzen" (ebd.).

Auf der Grundlage dieser philosophischen Tradition entstand das psychologische Experiment in seiner heute als 'traditionell', 'klassisch' oder 'orthodox' bezeichneten Form erst zu Beginn des 20. Jahrhunderts im Rahmen der sogenannten 'funktionalistischen Wende' (Holzkamp 1972). Daher gelten heute in der psychologischen Forschung



---

methodologische Regeln, die ursprünglich im Rahmen der sogenannten "harten" naturwissenschaftlichen Forschung - exemplarisch in der Physik - entwickelt wurden.

Entsprechend dieser Überlegungen gelten auch im Bereich der Kognitionsforschung die weiter oben dargestellten experimentellen Regeln. Die wiederholte Messung einer Messgröße (abhängige Variable) dient dabei einerseits der Suche nach funktionellen Zusammenhängen zwischen einem variierten Faktor (unabhängige Variable) und der verwendeten Messgröße. Zum anderen wird durch die Wiederholung von Messungen und der anschließenden Messwertmittelung der Einfluss von zufälligen, im Sinne von nicht-systematischen Fehlern kontrolliert. Dabei gilt prinzipiell, dass mit steigender Anzahl der Messwerte die anschließende Mittelung immer genauere Ergebnisse erbringt, d.h. der Mittelwert sich immer weiter dem tatsächlichen Sachverhalt annähert. Jedoch muss in "weichen" Naturwissenschaften, wie Biologie und Psychologie, in wesentlich höherem Maße als beispielsweise in der traditionellen Physik, mit einer Reaktivität des Messobjektes (Mayo 1984) gerechnet werden. Typische Beispiele aus der psychologischen Forschung sind hier Ermüdung, Habituation, kognitive Lernprozesse und instantan auftretende Umstrukturierungen der kognitiven Organisation von Aufgabenlösungsprozessen.

Aus dem Gesagten geht hervor, dass das Postulat der 'Reduzierung' (Maschewsky 1980) in psychologischen Experimenten oft schwierig zu realisieren ist. Mit dem Terminus 'Reduzierung' ist die Kontrolle bzw. Konstanthaltung derjenigen Bedingungen gemeint, welche den untersuchten Zusammenhang zwischen den jeweils interessierenden abhängigen und unabhängigen Variablen überlagern. Diese Variablen heißen auch 'Störvariablen' oder 'Moderatorvariablen'. Soll diese Konstanthaltung in einem bestimmten Untersuchungsdesign realisiert werden, so besteht die wichtigste Voraussetzung dafür in einer relativ großen Menge von vergleichbaren Aufgaben. Vergleichbar meint hier, dass die Aufgaben hinsichtlich aller relevanten Merkmale ähnlich gestaltet sind, dessen ungeachtet jedoch die Manipulation einzelner Faktoren erlauben.

Diese geforderte Vergleichbarkeit ist bei traditionellen zweidimensionalen Labyrinthaufgaben kaum zu realisieren (siehe dazu Kapitel 2.3.3: Probleme beim Experimentieren mit Labyrinthaufgaben). Dies könnte mit ein Grund dafür sein, weshalb nur eine geringe Anzahl von Arbeiten existiert, die den experimentellen Untersuchungsansatz im Kontext von Labyrinthaufgaben verfolgen.

### **2.3.2 Labyrinthaufgaben und experimentelle Bedingungsvariation in der Literatur**

Die Arbeiten von Launay (1983) stellen in der Literatur insofern eine Ausnahme dar, als hier eine gezielte Variation von Labyrinthmerkmalen zur Anwendung kam. Dabei konnte im Rahmen des durchgeführten Lernversuchs nachgewiesen werden, dass sich die Variation des Labyrinthmerkmals "Anzahl von Entscheidungssituationen" (also die Anzahl von Sackgassen innerhalb eines Labyrinthstimulus) auf die Fehleranzahl auswirkt (Launay 1983). Der motorische Schwierigkeitsgrad und die Lösungswege wurden konstant gehalten.

In der Arbeit von Launay wurde eine Gesamtstichprobe von 88 Probanden zufällig in 10 Gruppen eingeteilt. Das Stimulusmaterial unterschied sich zum einen in der Komplexität der Labyrinthvorlage. Dabei wurde eine zweistufige Variation - niedrige versus hohe Komplexität - vorgenommen. Die Anzahl der Sackgassen wurde ebenfalls zweistufig variiert, und zwar mit sechs bzw. zehn Sackgassen. Diese beiden Labyrinthmerkmale wurden dann miteinander kombiniert. Die Probanden hatten je nach Gruppenzugehörigkeit entweder die Aufgabe nach jedem Testdurchlauf aus dem Gedächtnis eine Zeichnung des Labyrinths anzufertigen, oder aber 30 Sekunden Pause zu machen bis die Präsentation des nächsten Labyrinths erfolgte.

Es konnte nachgewiesen werden, dass die Komplexität des Labyrinthaufbaus einen überzufälligen Einfluss auf die Leistungen der Probanden hatte. Dabei zeigten die Ergebnisse, dass die Sackgassenanzahl einen stärkeren Einfluss auf die Leistungen der Probanden hatte als die Komplexität der Labyrinthtopographie. Bei einer höheren Anzahl machten die Probanden mehr Fehler als in Labyrinthen mit weniger Sackgassen bei ansonsten vergleichbaren Anforderungen an die stimulusbezogenen Prozesse.

Auch Krieger, Lis & Gallhofer (2001) führten Labyrinthuntersuchungen durch, in denen die Auswirkungen einer gezielten Merkmalsvariation auf das Lösungsverhalten untersucht wurden. Die Labyrinthmerkmale wurden variiert, indem verschiedene Labyrinthvorlagen zur Bearbeitung vorgelegt wurden, die sich hinsichtlich der Sackgassenlänge und -form, der Anzahl der Sackgassen und deren Ausrichtung in Bezug auf die Zielregion unterschieden. Auch der Schweregrad der motorischen Ausführung wurde variiert, indem der Cursor in zwei unterschiedlichen Größen dargeboten wurde. Hingegen wurden basale Merkmale wie Stimulusgröße (also die absoluten Maße des auf dem Monitor erscheinenden Labyrinthdisplays), die dazugehörigen Kontraste (z.B. zwischen Hintergrund und Stimulus), sowie Farbgebung und Helligkeit konstant gehalten.

Im Mittelpunkt des Interesses stand bei dieser Untersuchung die Frage, inwieweit sich die Manipulation einzelner Variablen auf unterschiedliche hypothetische Teilprozesse der Labyrinthverarbeitung auswirkt. Statt der in den meisten Untersuchungen verwendeten Gesamtverarbeitungszeiten wurden hier verschiedene quantitative (wie z.B. Initiale Analysezeit, Bewegungszeit und Bewegungspausen) und qualitative Parameter (z.B. Fehleranzahl) als abhängige Variablen definiert (siehe auch Lis 2000). In diesem Kontext ist der methodologische Begriff der 'Parzellierung' zu erwähnen, mit dem die methodische Zerlegung einer bislang als einheitlich angenommen Bedingung in Teilfaktoren benannt wird (s.a. Maschewsky 1980). Dabei wird für diese Teilfaktoren eine kausale Wirksamkeit vermutet. In Bezug auf die Bearbeitung von Labyrinthstimuli heißt dies, dass eine Zuordnung zwischen einzelnen Stimulusmerkmalen und Subprozessen der Labyrinthbearbeitung möglich wird.

Die Arbeit von Lis (2000) war in drei Subuntersuchungen aufgeteilt, die jeweils unterschiedliche Fragestellungen zum Inhalt hatten und in denen versucht wurde, verschiedene Aspekte der Labyrinthverarbeitung zu beeinflussen, indem verschiedene Merkmale kontrolliert manipuliert wurden.

Tab. 2.2: Für die Bearbeitung von Labyrinthen relevante Merkmale nach Lis (2000)

	Merkmals	
	Größe des Wegsystems Anzahl von Wegalternativen in einer Weggabelung Länge und Verlauf des Lösungsweges Position der Zielregion	Konstant gehalten
Subuntersuchung 1	Existenz von Entscheidungssituationen (ja/nein) Anzahl von Entscheidungssituationen Länge der Sackgassen Form der Sackgassen	Variiert
Subuntersuchung 2	Existenz von Entscheidungssituationen (ja/nein) Komplexität des Stimulus (labyrinthartiger Hintergrund ja/nein) Bewegungsschwierigkeit (Cursorgröße groß/klein)	
Subuntersuchung 3	Rückmeldung einer Bewegungsspur (ja/nein) Rückmeldung von Wandberührungen (ja/nein)	

In der ersten Subuntersuchung stand die Frage nach dem Einfluss von Eigenschaften der Labyrinthstruktur auf das Verhalten bei der Labyrinthlösung im Vordergrund. In vier Subuntersuchungen wurde dabei analysiert, wie sich die Labyrinthmerkmale "Existenz von Entscheidungssituationen", "Anzahl der Entscheidungssituationen", "Länge der Sackgassen" und "Form der Sackgassen" auf die Labyrinthbearbeitung auswirken. Andere grundlegende

Merkmale der Labyrinthvorlagen - wie Größe des Wegsystems, Anzahl der Wegalternativen an einer Weggabelung etc. - wurden hingegen konstant gehalten (siehe Tab. 2.2). Im Rahmen dieser Untersuchung konnte für alle genannten Merkmale der Labyrinthstruktur ein Einfluss auf das Verhalten bei der Labyrinthbearbeitung nachgewiesen werden. Dabei wurden unterschiedliche Aspekte des Verhaltens - wie Qualität der Lösung, Präzision der Bewegungsausführung und Zeitbedarf - untersucht, wobei der Gesamtzeitbedarf in Zeiten für initiale Verarbeitung, Bewegungspausen und Bewegungsgeschwindigkeit weiter unterteilt wurde (siehe Tab. 2.3).

Tab. 2.3: Überblick zu den Abhängigen Variablen (Lis 2000)

Variable	Messwert
Qualität der Lösung	z.B. Anzahl der Sackgassenbetretungen
Bewegungspräzision	z.B. Anzahl der Wandberührungen
Zeitbedarf	Initiale Verarbeitungszeit
	Bewegungspausen
	Bewegungsgeschwindigkeit

Es konnte unter anderem gezeigt werden, dass es vorrangig erhöhte Anforderungen an Stimulusanalyseprozesse sind, die zu einer Zunahme der Bewegungspausen führen. Erhöhte Anforderungen an Entscheidungsprozesse (variiert durch eine Erhöhung der Anzahl von Weggabelungen in einem Labyrinth) führten dagegen zu einem Absinken der durchschnittlichen Bewegungsgeschwindigkeit, ohne dass damit ein Einfluss auf die Pausendauer verbunden gewesen wäre. Diese Ergebnisse können dahingehend interpretiert werden, dass eine streng serielle Anordnung kognitiver Prozesse kein adäquates Modell darstellt. Vielmehr kann man davon ausgehen, dass die Auswahl von Reaktionsalternativen - zumindest unter bestimmten experimentellen Bedingungen - zeitlich parallel zur Ausführung von Bewegungen erfolgt (siehe auch Kapitel 2.2.4 'Labyrinthaufgaben und parallele Verarbeitung').

Die Ergebnisse der Untersuchungen mit Labyrinthaufgaben deuten darauf hin, dass nicht nur die gezielte Variation einzelner Merkmale Einfluss auf die Labyrinthlösung hat, sondern auch subtilere Eigenschaften der verwendeten Labyrinth - die sich einer direkten Erfassung bzw. Kontrolle weitestgehend entziehen - Auswirkungen auf die Bearbeitung haben.

So wurde z.B. nachgewiesen, dass einzelne Sackgassen, abhängig von ihrer Form ('abgeknickt' versus 'gerade') und ihrer Länge ('lang' versus 'kurz') in der jeweils komplexeren Bedingung häufiger betreten wurden (Lis 2000). Dabei ist hervorzuheben, dass sich diese Effekte jeweils bei manchen - jedoch nicht bei allen - Sackgassen zeigten. Die Manipulationen führten also nicht an allen Positionen des Labyrinths in gleicher Weise zu

---

Veränderungen des Verhaltens. Dies ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass die verschiedenen Merkmale in komplexer Interaktion miteinander stehen.

Ähnliche Effekte zeigten sich bei der Variation der Sackgassenanzahl in einem Labyrinth. Unter der Bedingung, dass in ein Labyrinthsystem zusätzliche Sackgassen eingebaut wurden, stieg der Bearbeitungszeitbedarf im Bereich einiger dieser neuen Sackgassen an. Paradoxerweise hatte diese Veränderung jedoch auch zur Folge, dass sich die Bearbeitungszeiten im Bereich einiger alten Sackgassen verringerte, d.h. die Probanden konnten hier eine Leistungsverbesserung erzielen, obwohl der objektive Schwierigkeitsgrad der alten Sackgassen nicht verändert wurde. Darüber hinaus wurde vor dem Hintergrund der zusätzlichen Anforderungen eigentlich eine Verschlechterung erwartet (Lis 2000).

Die Ergebnisse deuten darauf hin, dass sich die Auswirkungen der Merkmalsvariation nicht auf eine bestimmte Lokalisation (also auf die Stelle, an der die eigentliche Merkmalsvariation vorgenommen wurde) begrenzen, d.h. das Verhalten in einer bestimmten Lokalisation wird durch die Stimulusvariation an anderer Stelle beeinflusst. Die dargestellten Ergebnisse bezüglich der experimentellen Manipulation der Sackgassenanzahl deuten also darauf hin, dass eine gezielte Stimulusvariation - die einer bestimmten Lokalisation zuschreibbar und durchaus beabsichtigt ist - das Verhalten an räumlich entfernten Positionen beeinflusst. Dabei besteht das entscheidende Problem darin, dass sich die genauen Umstände dieser Beeinflussung nicht vollständig nachvollziehen lassen und sich daher nicht - oder in nicht ausreichendem Maße - kontrollieren lassen.

Letztlich folgt aus den dargestellten Problemen, dass sich eventuell auftretende Effekte in den Verhaltensdaten nicht eindeutig auf die eigentliche Merkmalsvariation zurückführen lassen. Vor diesem Hintergrund erscheint es unbedingt notwendig, Labyrinthvorlagen zu konstruieren, die bei der Manipulation einzelner Labyrinthmerkmale eine unbeabsichtigte Veränderung der Gesamtstruktur eines bestimmten Labyrinths sicher ausschließen.

Wie weiter oben bereits im Kontext von paralleler Verarbeitung und deren Nachweis dargestellt, konnte bei der Einführung von Entscheidungssituationen ein Absinken der Bewegungsgeschwindigkeit festgestellt werden, hingegen änderte sich die Pausendauer bei der Einführung von Sackgassen nicht. Dies lässt vermuten, dass Entscheidungsprozesse und motorische Teilfunktionen zumindest unter bestimmten Voraussetzungen parallel ablaufen können. Wurde hingegen die Komplexität der Labyrinthvorlagen erhöht (z.B. durch Einführung abknickender Sackgassen), so konnten diese erhöhten Anforderungen an Stimulusanalyseprozesse nicht mehr kompensiert werden und es traten vermehrt

Bewegungspausen auf. Dies kann als Zeichen einer zunehmenden Serialisierung von perceptiven und aktionalen Teilfunktionen interpretiert werden. Die Ergebnisse können auch als Hinweis darauf verstanden werden, dass sich die Variation der Anforderungen an stimulusbezogene Prozesse nicht nur auf perceptive Teilfunktionen auswirkt, sondern auch responsebezogene Prozesse bzw. die Koordination der beiden kognitiven Bereiche beeinflusst.

In der zweiten Subuntersuchung der Arbeit von Lis (2000) interessierten vor allem stimulus- und reaktionsbezogene Prozesse in Labyrinthaufgaben und deren Interaktion. Dazu wurde einerseits untersucht, wie sich die Existenz von Entscheidungssituationen in Kombination mit der Manipulation der Bewegungsschwierigkeit auf das Verhalten der Probanden auswirkte. Andererseits wurde die Komplexität des Stimulus zusammen mit der Bewegungsschwierigkeit manipuliert.

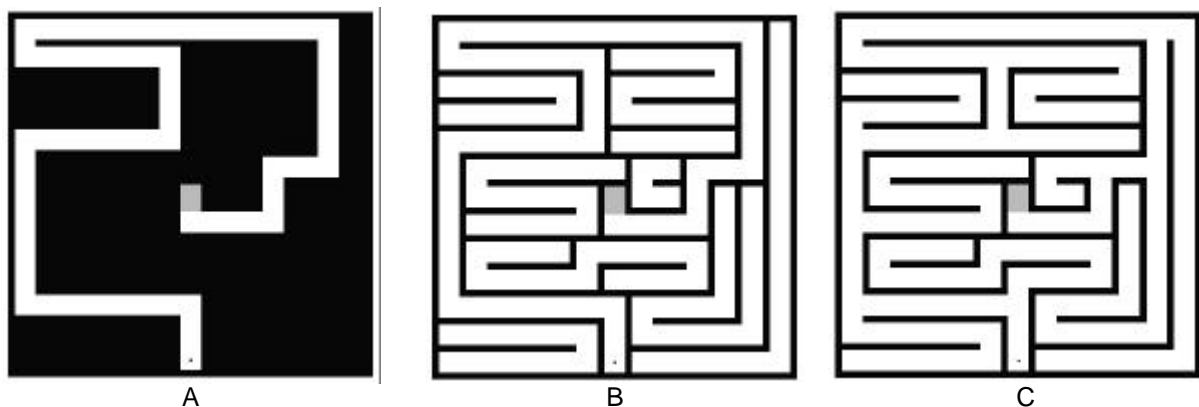


Abb. 2.3: Labyrinthabbildungen aus Lis (2000) mit Pfad (A), Pseudo-Labyrinth (B) und Labyrinth (C)

In dieser Untersuchung kamen drei unterschiedliche Stimulusvorlagen zum Einsatz (siehe auch Kapitel 2.2.4). Dabei unterscheiden sich die Vorlagen A und B in der Existenz von Entscheidungssituationen, während in B und C die Komplexität der Stimulusvorlagen variiert wurde (siehe Abb. 2.3). Beide Bedingungen wurden - im Sinne einer Variation der Bewegungsschwierigkeit - mit unterschiedlichen Cursorgrößen bearbeitet.

Dabei sollte analysiert werden, inwiefern kognitive Prozesse, die sich eher der Reizverarbeitung zuzuordnen lassen, und eher responsebezogene Prozesse einer gemeinsamen Koordination unterliegen bzw. auf gemeinsame Aufmerksamkeitsressourcen zugreifen. Dabei wurde, entsprechend der Sternberg'schen "Methode der additiven Faktoren", vermutet, dass sich ein solcher gemeinsamer Zugriff bzw. Koordination in überproportionalen Veränderungen in den Verhaltensdaten zeigen würde, wenn von Seiten

der Bedingungsvariation ein gleichzeitiger Anstieg der Anforderungen an Stimulusverarbeitung und Bewegungsausführung erfolgt. Es zeigten sich jedoch keine Interaktionen zwischen den Teilfunktionen beider kognitiver Bereiche. Dies muss zunächst dahingehend interpretiert werden, dass beide Bereiche unabhängig voneinander aktiv sind, was jedoch eine unbefriedigende Interpretation darstellt. Möglicherweise waren die Anforderungen in der speziellen experimentellen Situation nicht hoch genug, um Funktionen beider kognitiver Domänen - also Stimulusverarbeitung einerseits und eher responsebezogene Prozesse andererseits - ausreichend zu erschweren. In diesem Kontext ist es z.B. vorstellbar, dass unter den experimentellen Bedingungen der Untersuchung zwar die Koordination der kognitiven Prozesse zusätzlich belastet wurde, diese zusätzliche Belastung jedoch nicht für einen Nachweis im offenen Verhalten ausreichte.

In der dritten Subuntersuchung der Arbeit von Lis (2000) wurde einerseits die optische Rückmeldung von bereits explorierten Labyrinthbereichen in Form einer 'Bewegungsspur' variiert ('mit' versus 'ohne' Rückmeldung), andererseits wurden Wandberührungen - die laut Instruktion zu vermeiden waren - über einen akustischen Signalton zurückgemeldet, d.h. Fehler wurden durch ein akustisches negatives Feedback angezeigt.

In dieser Untersuchung interessierte, welchen Einfluss die Manipulation der jeweiligen Versuchsbedingung auf das Lösungsverhalten haben würde. Im Mittelpunkt dieser experimentellen Untersuchung standen jedoch mögliche Interaktionen der beiden variierten Faktoren.

Vor dem Hintergrund des Arbeitsgedächtniskonzepts von Baddley (1986) wurde angenommen, dass die - für die Labyrinthlösung essentiellen - spatialen Informationen hauptsächlich in der Position des Cursors, der Position der Zielregion und dem bereits zurückgelegten Weg bestehen und dass diese Informationen bei der Bearbeitung von Labyrinth in der einen oder anderen Form verfügbar gehalten werden. Daher wurde für die Rückmeldung der Bewegungen über eine 'Bewegungsspur' angenommen, dass sich diese entlastend auf das Arbeitsgedächtnis auswirken würde.

Die Rückmeldung von Wandberührungen hingegen sollte - im Sinne eines negativen Feedbacks - die Aufmerksamkeit der Probanden weg von der Stimulusanalyse, hin zur Bewegungsausführung lenken. Unter der Bedingung des 'negativen akustischen Feedbacks' zeigte sich denn auch erwartungsgemäß eine Erhöhung der Bewegungspräzision, die mit einer gleichzeitigen Abnahme der durchschnittlichen Bewegungsgeschwindigkeit verbunden war.

Hingegen ließen sich bei der optischen Spur-Rückmeldung von bereits zurückgelegten Wegstrecken - von der angenommen wurde, dass sie sich im Sinne einer Entlastung des Arbeitsgedächtnisses und einer daraus resultierenden Leistungsverbesserung auswirken würde - keine Verbesserung des Lösungsverhaltens feststellen.

Für die Interaktion zwischen Arbeitsgedächtnis einerseits und aufmerksamkeitsfordernden Aspekten der Bewegungskontrolle andererseits wurde - gemäß der 'Methode der additiven Faktoren' (Sternberg 1969) - angenommen, dass diese sich in überproportionalen Leistungsverbesserungen zeigen würde, wenn an die Funktionen beider kognitiver Bereiche die jeweils höheren Anforderungen gestellt würden.

Dabei wurde für den Signalton (im Sinne eines negativen akustischen Feedbacks) angenommen, dass er eine Verlagerung zusätzlicher Aufmerksamkeitsressourcen bedingt, während für die Bedingung 'ohne optische Spur-Rückmeldung' eine relativ höhere Anforderung an Funktionen des Arbeitsgedächtnisses angenommen wurde.

Der vermutete Effekt - und der daran geknüpfte hypothetische Zugriff beider kognitiver Domänen auf gemeinsame Ressourcen bzw. die Koordination beider Bereiche durch dieselbe koordinierende Instanz - ließ sich jedoch nicht nachweisen (Lis 2000), d.h. Interaktionen zwischen den beiden Variablen "akustisches negatives Feedback" und "optische Rückmeldung" konnten nicht beobachtet werden.

Zusammenfassend kann man sagen, dass der fehlende Effekt bei der Rückmeldung der Bewegungsspur auf eine geringe Bedeutung der Speicherung des zurückgelegten Weges für die Labyrinthbearbeitung hinweist. Allerdings muss dabei hinzugefügt werden, dass sich bei der Bearbeitung von Labyrinthen durch schizophrene Patienten ein deutlich leistungsverbessernder Effekt der Variablen "Bewegungsrückmeldung" zeigte (Lis et al. 2000). Dies unterstützt die ursprüngliche These, dass Informationen über den zurückgelegten Weg - zumindest unter bestimmten experimentellen Bedingungen - doch wichtig für eine erfolgreiche Aufgabenlösung sein können. Eine mögliche Erklärung für das Fehlen eines Effektes bei den gesunden Probanden könnte darin liegen, dass die durchschnittliche Kapazität des Arbeitsgedächtnisses in dieser Gruppe ohnehin relativ groß ist und dadurch eine Verbesserung durch die Entlastung dieser Funktion ausbleibt. Die Autorin schliesst daraus, dass eine korrekte Einschätzung der Bedeutsamkeit der Speicherung von zurückgelegtem Weg nur erfolgreich sein kann, wenn im Rahmen von geeigneten experimentellen Versuchsbedingungen eine erhebliche Verminderung der Kapazität des Arbeitsgedächtnisses erfolgt. Diese Kapazitätseinschränkung könnte realisiert werden, indem experimentelle Bedingungen geschaffen werden, die auf eine Ablenkung der Aufmerksamkeit zielen. Solche Aufgaben könnten z.B. das simultane Zählen seltener



---

Ereignissen in einer Serie von Tönen beinhalten, Doppel- oder Triple-Belastungsaufgaben darstellen oder auf eine vermehrte Ablenkung durch 'sozialen Stress' hinzielen.

Es ist dabei durchaus vorstellbar, dass gesunde Probanden in einer solchen experimentellen Versuchsanordnung - die im Wesentlichen auf experimentell geschaffene Erinnerungsprobleme hinzielt - eine Leistungsver schlechterung zeigen, deren Fehlerstruktur weitgehend dem der schizophren erkrankten Probanden entspricht. Daraus könnte unter Umständen abgeleitet werden, dass die kognitiven Probleme der schizophren erkrankten Probanden eventuell durch dysfunktionale Abläufe im Bereich des Arbeitsgedächtnisses bedingt sind. Ergebnisse, die diese Hypothese stützen, könnten letztlich die Tatsache erklären bzw. plausibel machen, dass schizophrene erkrankte Personen - im Gegensatz zu den gesunden Probanden - von der Rückmeldung der Bewegungsspur deutlich profitieren konnten. Allerdings ist für die abschließende Klärung dieser Frage - wie weiter oben hergeleitet - die Schaffung geeigneter experimenteller Bedingungen und die Durchführung weiterer Untersuchungen notwendig.

### **2.3.3 Probleme beim Experimentieren mit Labyrinthaufgaben**

Die Ergebnisse der vorgestellten Arbeiten deuten darauf hin, dass die experimentelle Manipulation einzelner Aspekte von Labyrinthaufgaben und die Untersuchung des Einflusses dieser Manipulationen auf das Lösungsverhalten - auch in Hinblick auf die intendierte Aufdeckung und Isolierung einzelner Teilprozesse - einen grundsätzlich vielversprechenden Untersuchungsansatz darstellen.

Für die bisher verwendeten Labyrinthvorlagen - die sich im Wesentlichen an den traditionellen Labyrinthaufgaben nach Porteus (1914) orientieren - ist jedoch die Isolation des Einflusses einzelner manipulierter Faktoren nicht vollständig gelungen (vgl. Lis 2000). Auf die Probleme, die möglicherweise für diese mangelnde Isolation bzw. Trennbarkeit ursächlich sein könnten, soll im folgenden genauer eingegangen werden. Dazu wird zunächst anhand von grundsätzlichen Anforderungen an Testverfahren, wie sie im Rahmen der psychologischen Testtheorie z.B. von Lienert (1969) formuliert wurden, untersucht, inwiefern diese im speziellen Fall der traditionellen Labyrinthaufgaben erfüllt sind, und was gegebenenfalls geleistet werden muss, um zukünftig eine bessere Übereinstimmung der Eigenschaften von Labyrinthuntersuchungen mit diesen Testgütekriterien zu gewährleisten. Anschließend werden labyrinthspezifische Probleme - wie sie z.B. aus deren besonderem grafischen Aufbau resultieren - dargestellt und versucht Lösungsansätze zu entwickeln.

### 2.3.3.1 Maße und Gütekriterien

Traditionelle Labyrinth, deren Aufbau sich im Wesentlichen an den Porteus-Items orientiert, weisen im Kontext bestimmter statistischer bzw. testtheoretischer Anforderungen an psychologische Testverfahren Defizite auf. Allgemeine Anforderungen an Testverfahren wurden z.B. von Lienert (1969) beschrieben, der drei Hauptgütekriterien definiert, die einen guten Test auszeichnen. Demnach soll ein "guter" Test *objektiv*, *reliabel* und *valid* sein.

Dabei ist Objektivität definiert als der Grad der Unabhängigkeit der Ergebnisse eines bestimmten Testverfahrens vom jeweiligen Untersucher. Demnach ist ein Test dann berechtigterweise als *objektiv* zu bezeichnen, wenn unterschiedliche Untersucher zu gleichen Ergebnissen gelangen. Dabei spricht man auch von 'interpersoneller Übereinstimmung' der Untersucher.

Auf die nähere Differenzierung in die sogenannte 'Durchführungsobjektivität', die 'Auswertungsobjektivität' und die 'Interpretationsobjektivität' soll hier nicht weiter eingegangen werden. Für traditionelle Labyrinth ist anzunehmen, dass diese, sofern sie unter standardisierten äußeren Versuchsbedingungen stattfinden, den Anforderungen der Durchführungsobjektivität gerecht werden (Lienert 1969). Zur Absicherung der Durchführungsobjektivität wurde in bisherigen Arbeiten z.B. auch festgelegt, dass sowohl Probanden als auch Versuchsleiter nicht sprechen sollen, die Bearbeitungsinstruktionen möglichst standardisiert vom Blatt gelesen werden etc.

'Reliabilität' ist definiert als der Grad der Genauigkeit eines Testverfahrens, mit dem dieses ein bestimmtes Persönlichkeits- bzw. Verhaltensmerkmal misst (Lienert 1969). Dabei ist zu betonen, dass die Reliabilität eines Testes zunächst als unabhängig von seiner Validität angesehen wird, d.h. als unabhängig von der Frage, ob der Test das fragliche Merkmal auch zu messen beansprucht (Lienert 1969)<sup>1</sup>.

In Bezug auf traditionelle Labyrinthaufgaben ist dabei interessant, welcher Grad der Reliabilität erreicht wird, d.h. in welchem Ausmaß die Messwerte für einen bestimmten

---

<sup>1</sup> Zitat: "Unter der Reliabilität eines Testes versteht man den Grad der Genauigkeit, mit dem er ein bestimmtes Persönlichkeits- oder Verhaltensmerkmal misst, *gleichgültig ob er dieses Merkmal auch zu messen beansprucht* (welches eine Frage der Validität ist).",

LIENERT GA (1969) Testaufbau und Testanalyse, Verlag Julius Beltz, 3. Auflage 1969.

---

Probanden übereinstimmen, wenn diese Messwerte unter gleichen Bedingungen gewonnen wurden. Die Reliabilität eines Messverfahrens kennzeichnet also das Ausmaß der Reproduzierbarkeit von Messergebnissen (Lienert 1969)<sup>2</sup>.

In Rahmen der klassischen Testtheorie wird davon ausgegangen, dass eine Mindestanzahl von 20 Items notwendig ist, um eine anschließende Zählung (z.B. richtig / falsch gelöst bzw. Mittelung etc.) zu ermöglichen. Dabei besteht für Labyrinthaufgaben das Problem, dass eine Vielzahl von Möglichkeiten existiert, wie eine fehlerhafte Bearbeitung der Aufgaben zustande kommt. Hingegen dürfte es nur wenige richtige Wege zu einer erfolgreichen Bearbeitung geben. Diese riesige Varianz ist nur zu vermeiden, indem richtige Lösungen gemittelt werden, wodurch die Heterogenität der Lösungen reduziert werden soll. Eine unmittelbare Folge dieser Heterogenität ist jedoch, dass die erhaltenen Messwerte in traditionellen Labyrinthen immer eine Mischung von richtiger und falscher Bearbeitung darstellen. Damit werden die Ergebnisse jedoch ungenau und ihre Aussagekraft ist stark eingeschränkt.

Es müssten also Labyrinthaufgaben existieren, die eine Trennung von richtiger und falscher Bearbeitung ermöglichen. Diese Möglichkeit ist zwar bei den traditionellen Labyrinthen prinzipiell gegeben, jedoch müsste hier - im Falle einer falschen Bearbeitung - stets das gesamte Labyrinth verworfen werden. Die Ursache dafür liegt darin, dass bei den traditionellen Labyrinthen davon ausgegangen werden muss, dass jeweils ein ganzes Labyrinth ein Item darstellt, d.h. das jeweilige Labyrinth stellt insgesamt eine Testeinheit dar, die keine sinnvolle Unterteilung in jeweils kleinere Untereinheiten gestattet. Wünschenswert wären demnach Labyrinthaufgaben, bei denen - gerade bei einer falschen Bearbeitung - die Verwerfung einzelner Unterabschnitte möglich ist und somit die Verhaltensdaten, die richtige Lösungen abbilden, für eine Auswertung erhalten blieben. In der vorliegenden Arbeit wird dieser Ansatz verfolgt, indem Labyrinthe konstruiert werden, die sich aus stets gleichförmigen Abschnitten zusammensetzen.

---

<sup>2</sup> Zitat: "Der Grad der Reliabilität wird durch einen Reliabilitätskoeffizienten bestimmt, der angibt, in welchem Maße unter gleichen Bedingungen gewonnene Meßwerte über ein und denselben Probanden übereinstimmen, in welchem Maße also das Testergebnis reproduzierbar ist.",

LIENERT GA (1969) Testaufbau und Testanalyse, Verlag Julius Beltz, 3. Auflage 1969.

### 2.3.3.2 Probleme bei der Konstruktion von Parallelförmungen

Um den Einfluss einzelner experimenteller Manipulationen untersuchen zu können bedarf es mehrerer Items, die sich als Parallelförmungen betrachten lassen, d.h. die hinsichtlich ihrer Anforderungen an kognitive Verarbeitungsprozesse als qualitativ und quantitativ vergleichbar betrachtet werden können. Für Labyrinthaufgaben ergibt sich damit das Problem, mehrere vergleichbare Wegsysteme zu konstruieren. Zur Erstellung von solchen Parallelförmungen bestehen prinzipiell vier verschiedene Möglichkeiten:

(1) Zum ersten können Parallelförmungen gebildet werden, indem eine gewisse Anzahl von Labyrinth zusammengestellt wird, deren gesamter Aufbau (und damit auch die Anforderungen an die entsprechenden kognitiven Prozesse) möglichst äquivalent ist. Dabei besteht jedoch bei traditionellen Labyrinth - wie weiter oben dargestellt - das Problem, dass die Manipulation einzelner Merkmale in nicht ausreichendem Maße kontrollierbar ist. So wird sich die Variation von Merkmalen nicht nur auf das Verhalten an dieser bestimmten Lokalisation auswirken, sondern auch das Verhalten an entfernten Positionen beeinflussen. Diese unkontrollierte Manipulation, bei der Labyrintheeigenschaften quasi "unbeabsichtigt" verändert werden, widerspricht dem Prinzip der kontrollierten Bedingungsvariation. Daher erscheint diese Variante der Parallelförmung-Erstellung auf Dauer nicht für den experimentellen Einsatz geeignet.

(2) Zum zweiten könnten einer möglichst umfassenden Probandenstichprobe ein Pool verschiedener Labyrinth zur Bearbeitung vorgelegt werden. Anschließend können die Labyrinth dann anhand der erbrachten Leistungen in eine Rangreihe gebracht werden. Die Methode der Rangreihenbildung wird relativ häufig eingesetzt und bietet den Vorteil, dass die Einschätzung des Schwierigkeitsgrads einzelner Aufgaben mit steigender Anzahl der Probanden immer genauer wird. Allerdings besteht dabei in Hinblick auf die eigentlich interessierenden kognitiven Teilfunktionen das Problem, dass eine solche 'Rangreihenposition' praktisch keine Aussagen über die qualitativen Aspekte einer Aufgabenlösung zulässt. So ist es zum Beispiel durchaus denkbar, dass zwei Labyrinth, von denen bekannt ist, dass ihre korrekte Lösung zwei gänzlich voneinander unterschiedene kognitive Teilfunktionen erforderlich macht, trotzdem demselben Schwierigkeitsgrad zugeordnet werden (z.B. weil beide einen Zeitbedarf von ca. 20 sec. aufweisen und die verwendete Rangreihe auf dem Gesamtzeitbedarf pro Labyrinth beruht). In diesem Falle würden also wesentliche Informationen über das interessierende Lösungsverhalten verschleiert bzw. übersehen.

(3) Eine dritte Möglichkeit zur Erstellung von Stimulusvorlagen, die sich in ihrem Anforderungsgrad im Wesentlichen gleichen, besteht in darin, ein Originallabyrinth zu drehen und zu spiegeln. Diese Konstruktionsmethode weist auch den Vorteil auf, dass die (quadratische) Grundfläche jedes Labyrinths durch die Konstruktionsmethode nicht verändert wird, d.h. aus rein geometrischen Gründen konstant bleibt, und somit komplizierte Nachbesserungen durch den Versuchplaner im Gesamtpool des Stimulusmaterials nicht notwendig sind. Bestimmte Labyrinthmerkmale wie Sackgassenlänge und -form werden nicht beeinflusst und gehen mit einem konstanten Anforderungsniveau einher. Dabei kann eine Ursprungsform durch Drehen und Spiegeln bzw. einer Verknüpfung beider Möglichkeiten in genau sieben ähnliche Parallelförmigkeiten überführt werden (siehe Abb. 2.4).

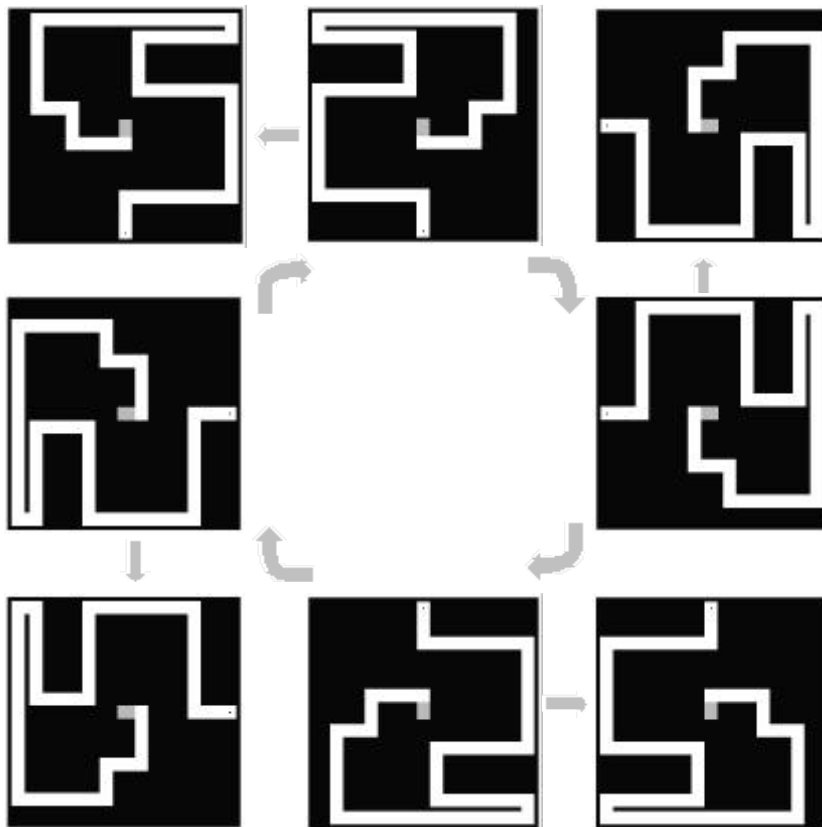


Abb. 2.4: Konstruktion von Parallelförmigkeiten durch Drehen (↻) und Spiegeln (↔)

In den Arbeiten von Krieger, Lis & Gallhofer (2001) wurden gedrehte und gespiegelte Präsentationen eines Labyrinthstimulus als Parallelförmigkeiten verwendet. Die Zielregion lag dabei stets in der Mitte des Stimulus, so dass die Probanden keinesfalls Gelegenheit hatten aus der Zielposition Rückschlüsse auf den korrekten Lösungsweg zu ziehen. Dabei wird angenommen, dass sich die inhaltliche Schwierigkeit der Aufgaben durch das Drehen und Spiegeln nicht verändert, während für den Probanden der Eindruck entstehen kann, es handle sich um verschiedene Labyrinthvorlagen. Damit erfüllen solche Labyrinthvorlagen insofern eine wichtige Anforderung an Stimulusmaterial, als hier gewährleistet ist, dass sich trotz unterschiedlicher Erscheinungsform der objektive Anforderungsgrad nicht verändert.

Allerdings stellt sich dabei das Problem, dass durch Drehen und Spiegeln aus einem ursprünglichen 'Originallabyrinth' nur eine begrenzte Anzahl von Parallelförmigkeiten herzuleiten ist, nämlich maximal  $N = 8$  ähnliche Stimuli bei quadratischen Displays (siehe Abb. 2.4). Darüber hinaus folgt aus der begrenzten Anzahl maximal möglicher Parallelförmigkeiten auch eine Begrenzung der Anzahl von Zellen in einem experimentellen Design.

Bei solchen Parallelförmigkeiten ist auch mit dem Auftreten von Transfereffekten zu rechnen. Transfereffekt meint hier, dass Probanden in der Lage sind, bei gedrehten und gespiegelten Labyrinthvorlagen eines Originallabyrinths Leistungsverbesserungen zu erzielen, auch wenn ihnen die Variationsweise nicht bewusst wurde bzw. sie nicht darüber informiert wurden. Obwohl bis jetzt keine Untersuchungen dazu vorliegen, zeigten Beobachtungen, dass einzelne Personen in der Lage sind, ein gedrehtes Display sehr schnell als ein solches zu erkennen und dementsprechende Leistungsverbesserungen zu erzielen. In Lernversuchen mit 'Fingermazes' ist das Auftreten solcher Transfereffekte bei der speziellen Methode der Drehung und Spiegelung systematisch untersucht worden (Barker 1932). Dabei konnte Barker (1932) nachweisen, dass bei der Präsentation von gedrehten und gespiegelten Labyrinthvorlagen das Wissen der Probanden über die Variationsweise einen signifikanten Einfluss auf die erbrachten Leistungen hatte. Probanden, denen die Gelegenheit gegeben wurde, sich mit den Originallabyrinthvorlagen - auf deren Struktur alle nachfolgenden Labyrinthvorlagen beruhten - eingehend zu befassen, konnten bessere Leistungen erzielen, als Probanden, denen diese Übungsphase verwehrt blieb (Barker 1932). Eine weitere Bedingungsvariation bestand darin, die Probanden detailliert über den Zusammenhang zwischen Originallabyrinth und nachfolgenden Labyrinthvorlagen aufzuklären, d.h. ihnen wurde die Variationsweise offengelegt. Dabei stellte sich heraus, dass die Aufklärung über die Variationsweise einen stärkeren Einfluss auf die Ergebnisse hatte als die Übungsphase. Die Probanden profitierten also stärker von der Bewusstmachung der Variation als vom Übungseffekt.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass die Methode des 'Drehens & Spiegeln' zur Erstellung von Parallelförmigen vor dem Hintergrund der dargestellten Probleme zumindest nur eingeschränkt einsetzbar ist. Gleichwohl ließen sich mit solchen gedrehten und gespiegelten Labyrinthvorlagen erste Ergebnisse in Bezug auf die Aufdeckung und Isolierung von kognitiven Teilfunktionen erzielen, wie die Arbeiten von Krieger, Lis & Gallhofer (2001) zeigen.

(4) In grafischer Hinsicht bringen alle unter (1), (2) und (3) genannten Methoden den Nachteil mit sich, dass stets eine enge Verzahnung einzelner Merkmale mit der jeweiligen Gesamtstruktur des Labyrinths vorliegt. So wirkt sich die Manipulation einzelner Merkmale häufig auf die Gestalt der gesamten Stimulusvorlagen aus. Dabei ist eine Kontrolle dieser unbeabsichtigten Veränderungen meist schon deshalb kaum möglich, weil die traditionellen Labyrinth im grafischen Sinne schwer handhabbar sind. Werden z.B. zusätzliche Sackgassen in eine Labyrinthtopographie eingefügt, so fordert deren vermehrter Platzbedarf Veränderungen in angrenzenden Labyrinthbereichen. Es kann dabei jedoch nicht sicher ausgeschlossen werden, dass diese Veränderungen keinen Einfluss auf das Lösungsverhalten nehmen werden (siehe Abb. 2.5).

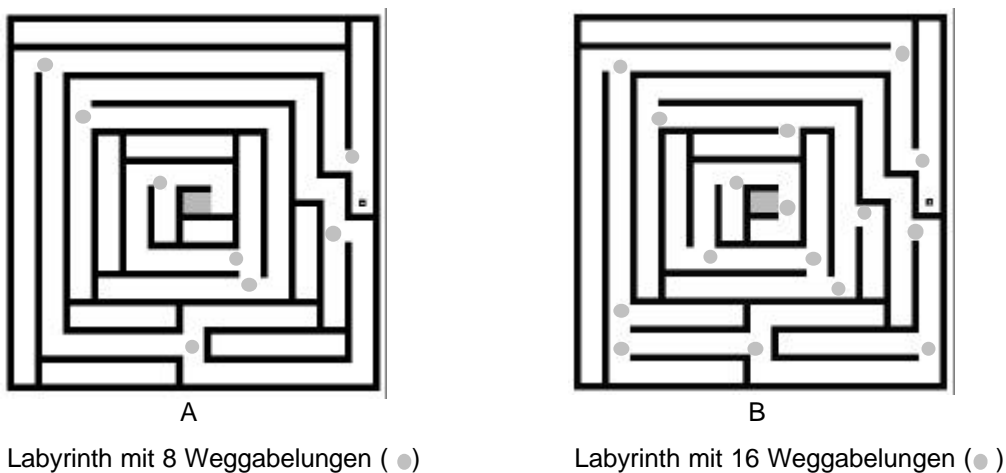


Abb. 2.5: Veränderung der Labyrinthstruktur beim Einfügen zusätzlicher Sackgassen nach Lis (2000)

Eine mögliche Lösung dieses Problems besteht darin, die enge Verzahnung zwischen konkreter Merkmalsausprägung und der Gesamtstruktur der Labyrinth aufzutrennen, so dass eine Variation einzelner Merkmale ermöglicht wird, die den übergeordneten Aufbau der Labyrinth unbeeinflusst lässt. Dies sollte realisierbar sein, indem Labyrinth konstruiert werden, die aus stets gleichförmigen elementartigen Abschnitten zusammengesetzt sind. Diese Konstruktionsmethode weist den Vorteil auf, dass sie eine hohe Zahl von echten

---

Parallelförmigkeiten gewährleisten, die sich in ihrem Anforderungsniveau weitgehend entsprechen und auch eine kontrollierte Variation einzelner Merkmale ermöglichen. Allerdings ist für diesen Labyrinthtypus bisher nicht gesichert, ob die Bearbeitungsweise die Definition der einzelnen Elemente als Itemabschnitte rechtfertigt. In der vorliegenden Arbeit wird daher auch der Frage nachgegangen, inwiefern die Elemente als voneinander unabhängige Itembereiche angesehen werden können.

Zusammenfassend kann man sagen, dass alle traditionellen Labyrinth, deren Aufbau an die Porteus-Items angelehnt ist, sowohl aufgrund ihrer grafischen Komplexität (Verzahnung von Merkmal und Hintergrund) als auch aus messtheoretischer Sicht verschiedene Probleme aufweisen. Darüber hinaus treten auch im Rahmen der Konstruktion von Stimulusmaterial spezifische Schwierigkeiten auf. Denn zur Untersuchung des Einflusses einzelner experimenteller Merkmalsmanipulationen bedarf es mehrerer Items, die sich als Parallelförmigkeiten betrachten lassen, d.h. die hinsichtlich ihrer Anforderungen an kognitive Verarbeitungsprozesse als qualitativ und quantitativ vergleichbar betrachtet werden können. Für Labyrinthaufgaben ergibt sich dabei das Problem, mehrere vergleichbare Wegsysteme zu konstruieren. Der Einfluss der verschiedenen Labyrinthmerkmale auf das Lösungsverhalten ist jedoch bis jetzt nicht hinreichend verstanden: so unterscheiden sich Wegsysteme hinsichtlich einer Vielzahl von Merkmalen wie Größe des Wegsystems, Hintergrund des Wegsystems, Länge und Verlauf des kürzesten Lösungsweges, Position des Zieles, Anzahl der Entscheidungssituationen, Länge, Form, Position und Ausrichtung von alternativen Wegstrecken in Bezug auf das Ziel oder die Anzahl von Wegalternativen an Entscheidungssituationen. Dass diese Merkmale Einfluss auf das Lösungsverhalten nehmen können, ist aus ersten Arbeiten bekannt, die versucht haben, diese Einflussgrößen zu untersuchen (s.o., Launay 1983, Lis 2000, Krieger, Lis & Gallhofer 2001).

Aus den dargestellten Schwierigkeiten bei der experimentellen Bedingungsvariation im Kontext von Labyrinthaufgaben folgt, dass die Entwicklung einer anderen Methode zur Labyrinthkonstruktion notwendig ist. Dabei besteht das Ziel dieser Konstruktionsmethode darin, Labyrinthvorlagen zu erstellen, in denen eine möglichst metrische Variation der Merkmale möglich ist, ohne dass andere Labyrinthigenschaften beeinflusst werden und diese in ihrem Anforderungsniveau miteinander vergleichbar sind, d.h. die Parallelförmigkeiten darstellen.



### 2.3.4 Elementbasierte Labyrinth

Grundlegendes Ziel der Konstruktion von Stimulusmaterial im Kontext von Labyrinthaufgaben ist die Schaffung eines ausreichend großen Pools von Parallelförmigen, d.h. von Stimulusvorlagen, die in ihrem Anforderungsgrad als miteinander vergleichbar gelten können, und trotzdem die gezielte Variation einzelner Merkmale unter Konstanthaltung aller anderen Faktoren ermöglichen. Wie bereits weiter oben hergeleitet, sollten verschiedene Probleme, die im Kontext von traditionellen Labyrinthaufgaben auftreten, aufzuheben sein, indem Labyrinth konstruiert werden, die sich aus stets gleichförmigen Teilabschnitten zusammensetzen. Diese Teilabschnitte sollten unter anderem die Möglichkeit einer getrennten Auswertung und eine anschließende Verwerfung von falsch gelösten Anschnitten ermöglichen. Solche aus stets gleichförmigen Teilstrecken oder 'Minilabyrinth' zusammengesetzte Labyrinth werden im folgenden auch als 'elementbasierte Labyrinth' bezeichnet. Ob die dabei verwendeten grafischen Elemente tatsächlich als Items anzusehen sind, soll in der vorliegenden Arbeit experimentell untersucht werden.

Die hergeleitete alternative Konstruktionsmethode, d.h. die Verkettung von gleichförmigen Elementen zu Sequenzen, wird in der Tierforschung schon seit Beginn des 20. Jahrhunderts häufig angewendet. Als Beispiel für ein solches Labyrinth kann die Arbeit von Dashiell & Bayroff (1931) angeführt werden, in der die Tendenz von Ratten zu alternierenden Links-Rechts-Wendungen untersucht wurde. Dazu bauten sie Raumlabyrinth aus gleichartigen U-förmigen Elementen (siehe auch Abb. 2.6). Es konnte nachgewiesen werden, dass die Leistungen besser wurden, wenn der Labyrinthaufbau den Bewegungstendenzen der Tiere entgegenkam.

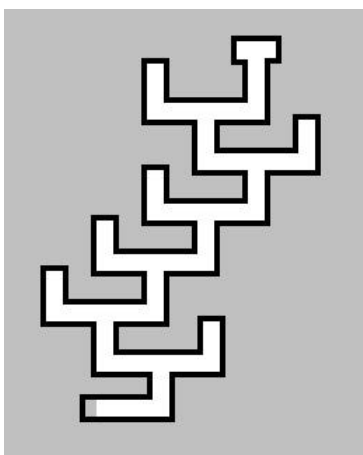


Abb. 2.6: Elementbasiertes Labyrinth in Anlehnung an das Raumlabyrinth von Dashiell & Bayroff (1931)

Der Vorteil des elementartigen Aufbaus der Labyrinth aus stets gleichförmigen Teilabschnitten besteht darin, dass jeder der Teilbereiche wahrscheinlich als eine in sich abgeschlossene Teilaufgabe betrachtet werden kann. Theoretisch bedeutet dies, dass jeder Teilbereich als ein Item betrachtet werden und demzufolge getrennt von anderen Teilbereichen ausgewertet werden kann.

Darüber hinaus wirkt sich die Variation von Merkmalen wie Sackgassenlänge und -form nicht mehr zwingenderweise auf die Struktur des Gesamtlabyrinths aus. Im Gegensatz zu traditionellen Labyrinthvorlagen, die sich an Porteus (1914) orientieren, sind hier - durch die gleichförmige Gestaltung der Weggabelungen – die ansonsten positionsabhängigen Unterschiede zwischen Entscheidungssituationen eingeebnet. Vor diesem Hintergrund ergibt sich die Möglichkeit einer hohen experimentellen Kontrolle einzelner Merkmale.

Daraus folgt, dass z.B. im Falle von Fehlerhäufungen an einer bestimmten Element-Position nicht mehr - wie bisher möglich - spezifische Merkmale des Labyrinthstimulus an dieser Position als konfundierende Alternativerklärung in Frage kommen. Dadurch wiederum sollte die Auswertung bzw. Interpretation der Ergebnisse wesentlich erleichtert werden.

Tab. 2.4: Übersicht zu den Vorteilen von elementbasierten Labyrinthen

- Merkmalsvariation möglich, ohne dass die Gesamtstruktur der Stimuli unbeabsichtigt verändert würde, d.h. hohe Kontrollmöglichkeit einzelner Merkmale
- Getrennte Auswertung einzelner Labyrinthabschnitte möglich, fehlerhafte Bearbeitung einzelner Abschnitte ist demnach zu trennen vom Gesamtlabyrinth
- Einführung von Zählraten auf der Ebene der Teilabschnitte möglich  
(z.B. richtig / falsch gelöst)
- Mittelwertbildung für einzelne Teilabschnitte möglich  
(z.B. Zeitbedarf pro Element)

### 3. Fragestellung

Labyrinthaufgaben stellen eine prinzipiell nützliche Methode zur Untersuchung kognitiver Prozesse dar. Ein herausragendes Kennzeichen ist dabei, dass ihre Bearbeitung nicht den isolierten Einsatz einzelner kognitiver Funktionen erfordert. Vielmehr ist eine Vielzahl von Teilfunktionen, die miteinander in einer komplexen Interaktion stehen, in unterschiedlicher Weise an der Informationsverarbeitung beteiligt.

Dabei besteht jedoch gerade bei traditionellen Labyrinthen häufig das Problem, dass ein wichtiges Ziel kognitiver Forschung, nämlich die Isolierung und Differenzierung der beteiligten Subprozesse, oft nicht - oder in nicht ausreichendem Maße - möglich ist. Die Trennung der einzelnen Funktionen ist aber schon deshalb notwendig, weil sie die Grundvoraussetzung zum Verständnis der Informationsverarbeitung bei Labyrinthaufgaben darstellt.

Die Tatsache, dass zur Bearbeitung von Labyrinthaufgaben eine Vielzahl von kognitiven Prozessen und deren Koordination notwendig ist, stellt in anderer Hinsicht jedoch einen möglicherweise entscheidenden Vorteil dar: der fortwährende Abgleich von aktueller Aufgabensituation und bereits erreichten Teilzielen, von notwendiger Fehlerkorrektur und der Zwischenspeicherung der globalen Zielrichtung bedingt einen insgesamt realitätsnäheren und alltagsbezogeneren Aufgabencharakter als er in anderen Untersuchungsanordnungen gegeben ist. Labyrinthaufgaben sind somit wahrscheinlich besser als z.B. einfache Reaktionszeitmessungen in der Lage, das tatsächliche Leistungsvermögen eines Probanden in Alltagssituationen abzubilden.

Auch weisen Labyrinthaufgaben im Kontext der Schizophrenieforschung insofern spezifische Vorteile auf, als hier im Rahmen der 'kognitiven Dysmetrie' (Andreasen 1999) seit einiger Zeit Störungen der Koordination kognitiver Teilprozesse im Mittelpunkt des Interesses stehen (siehe auch Kapitel 2.3 'Experimentieren mit Labyrinthen'). Labyrinthaufgaben erscheinen also im allgemeinen und besonders in Hinblick auf Fragestellungen der psychiatrischen Kognitionsforschung als ein geeignetes Untersuchungsinstrument.

Sollen die Vorteile der traditionellen Labyrinth erhalten und gleichzeitig die Nachteile dieses Labyrinthtypus bewältigt werden, so bietet es sich an, auf eine Konstruktionsmethode für Labyrinthvorlagen zurückzugreifen, die im Rahmen der Animalpsychologie entwickelt wurde: die elementbasierten Labyrinth (siehe auch Kapitel 2.3.4 'Elementbasierte Labyrinth'). Gemeint sind hier Labyrinthvorlagen, die sich aus mehreren gleichförmigen elementartigen Teilstrecken bzw. Entscheidungssituationen zusammensetzen. Allerdings ist für solche

Labyrinthvorlagen nicht gesichert, inwiefern sie sich tatsächlich für das Experimentieren mit Labyrinthen - im Sinne einer isolierenden Bedingungsvariation - eignen. Ein wichtiges Ziel der vorliegenden Arbeit besteht demnach darin, zu untersuchen, ob die Konstruktionsmethode der Verkettung von Grundelementen und der daraus resultierende Labyrinthtypus vorteilhaft für das Experimentieren mit Labyrinthen ist.

Verfolgt man den Ansatz der elementbasierten Labyrinth zurück, so finden sich vor allem im Bereich der Animalpsychologie Untersuchungen, in denen dieser Labyrinthtypus zum Experimentieren eingesetzt wurde. So verketteten Dashiell & Bayroff (1931) U-förmige Elemente zu itemisierten Raumlabyrinthen und untersuchten damit die Bewegungstendenzen von Ratten. In der Humanpsychologie setzte sich der Ansatz der itemisierten Labyrinth jedoch bislang nicht durch. Hingegen wurden sowohl in der Animal- als auch in der Humanpsychologie sehr einfache Labyrinth präsentiert, die jeweils nur eine einzige Weggabelung enthalten. So untersuchten Daum & Schugens (1991) das Lernvermögen von Patienten, die sich zuvor einer Hirnporektion unterzogen hatten, indem sie wiederholt einzelne T-förmige Elemente zur Bearbeitung vorlegten. Im Bereich der Animalpsychologie wurde die Präsentation solcher sehr einfachen Labyrinth (d.h. Labyrinth, die nur eine einzige Entscheidungssituation enthalten) vor allem durch die Skinnerbox (Skinner 1957) bekannt.

In diesem Kontext interessiert einerseits, ob und inwiefern elementbasierte Labyrinth zum Experimentieren im Humanbereich geeignet sind bzw. ob sie möglicherweise Vorteile gegenüber den bisher verwendeten traditionellen Labyrinthen aufweisen. Dazu werden in der vorliegenden Untersuchung verschiedene Merkmale von Labyrinthaufgaben variiert und ihr Einfluss auf das Verhalten bei der Labyrinthlösung untersucht, d.h. es interessiert durch welche Eigenschaften sich ein Labyrinth letztlich kennzeichnen lässt.

### **3.1 Einfluss der Präsentationsweise von T-Elementen**

Vor dem Hintergrund der Definition von Labyrinthen als "Wegsystem, das eine Abfolge von Entscheidungssituationen enthält" (Lis 2000) kann auch gefragt werden, inwiefern sehr einfache Labyrinth - die aus einem einzigen elementartigen Abschnitt bestehen und nur eine einzige Entscheidungssituation beinhalten - noch Labyrinth im eigentlichen Sinne darstellen. Dabei interessiert in der vorliegenden Untersuchung, ob sich die Bearbeitung von Entscheidungssituationen unterscheidet, wenn sie als Labyrinth, d.h. in einer Sequenz dargeboten werden oder einzeln präsentiert werden (wie z.B. in den Labyrinthaufgaben von

Daum und Schugens 1991). Dieser Teil der Untersuchung lässt sich auf die Frage zuspitzen: "Ist ein Labyrinth mehr als die Summe seiner Teile?".

Dazu werden einerseits Stimuli präsentiert, die aus einem einzelnen Element bestehen ('single mazes'). Diese einzelnen T-Elemente werden in einer zeitlichen Abfolge, d.h. nacheinander, präsentiert und können somit wahrscheinlich als voneinander unabhängige Aufgaben angesehen werden. Fraglich ist dabei, ob diese sehr einfachen Aufgaben, die jeweils genau eine Entscheidungssituation beinhalten, bereits als Labyrinthaufgaben angesehen werden können. Möglicherweise sind Elemente, die in dieser Weise präsentiert werden, und das dazugehörige Lösungsverhalten der Probanden treffender als "binäre Entscheidungsaufgaben" zu beschreiben (Nickerson 1973).

Zum anderen werden Stimuli zur Bearbeitung dargeboten, die aus mehreren T-Elementen zusammengesetzt sind - und die damit der eigentlichen Definition von Labyrinthen als Abfolge von Entscheidungssituationen (Lis 2000) stärker entsprechen. Diese Labyrinthvorlagen werden im folgenden als 'multiple mazes' bezeichnet. In solchen Elementsequenzen ist vermutlich - wie auch in traditionellen Labyrinthen - die korrekte Entscheidung an der jeweils aktuellen Weggabelung von den korrekten Entscheidungen in den vorangegangenen Elementen abhängig. Darüber hinaus zeichnen sich Labyrinthe - und entsprechend auch Elementsequenzen - gegenüber einzelnen Elementen wahrscheinlich dadurch aus, dass wiederholt eine bestimmte Abfolge von analyse- und responsebezogenen Teilprozessen gefordert ist.

Für den postulierten Unterschied zwischen der Bearbeitung von einzeln und multipel präsentierten T-Elementen wird vermutet, dass die höhere zur Analyse verfügbare Informationsmenge bei simultaner Präsentation mehrerer Elemente die Möglichkeit einer vorausschauenden Analyse eventuell parallel zur Exekution von motorischen Abläufen bietet.

### **3.2 Einfluss der verfügbaren visuellen Informationsmenge**

Deshalb soll auch untersucht werden, welchen Einfluss die Informationsmenge an sich auf das Lösungsverhalten hat. Als 'verfügbare visuelle Informationsmenge' wird dabei die Anzahl der simultan einsehbaren Weggabelungen, d.h. Entscheidungssituationen, definiert. Dabei beinhaltet die Variation der Informationsmenge im Kontext elementbasierter Labyrinthe zwei unterschiedliche Aspekte.

Zum einen stellt sich die Frage, in welchem Zusammenhang die Variation der Informationsmenge und der Einsatz von paralleler Verarbeitung steht. Dabei wird angenommen, dass eine größere verfügbare Informationsmenge den Probanden erlaubt, der jeweils aktuellen Cursorposition genügend weit voranzugreifen, um die unmittelbar folgenden Teilstrecken visuell zu analysieren. Dadurch sollte ein vorausschauendes Planen zunehmend besser möglich werden und somit häufiger die Gelegenheit entstehen, parallele Verarbeitungsstrategien einzusetzen. Als wesentlicher Inhalt der verfügbaren Information können dabei die einsehbaren Weggabelungen gelten, da diese das für die Handlungsplanung relevante Merkmal darstellen. Aus früheren Untersuchungen ist bekannt, dass der Modus der parallelen Informationsverarbeitung immer dann eingesetzt werden kann, wenn die motorischen Anforderungen nicht zu hoch sind (Lis 2000). Bleiben die motorischen Anforderungen - wie beim Einsatz stets gleichförmiger Elemente - konstant, so wird die Variation der Informationsmenge allein mit einer Variation der Anforderungen an die Stimulusanalyseprozesse einhergehen. Die Möglichkeit, parallele Verarbeitung einzusetzen, sollte somit also im Wesentlichen von der Anzahl der einsehbaren Entscheidungssituationen abhängen. Dabei wird erwartet, dass eine zunehmende visuelle Informationsmenge und die damit vermehrt einsetzbare parallele Verarbeitung sich in verbesserten Leistungen niederschlägt. Es wird also die Hypothese aufgestellt, dass mit zunehmender visueller Informationsmenge bessere Voraussetzungen für parallele Verarbeitung gegeben sind und daher die Labyrinthvorlagen schneller und präziser bearbeitet werden können. Vorstellbar ist in diesem Kontext auch, dass oberhalb einer bestimmten erreichten Bearbeitungsgeschwindigkeit keine weitere Leistungssteigerung bei weiter zunehmender visueller Informationsmenge mehr möglich ist. Ein solcher Zusammenhang sollte sich in den Ergebnissen als eine Art 'Plateau' abbilden, d.h. die Messwerte würden nach einer anfänglichen Leistungssteigerung bei weiter steigender Fenstergröße relativ konstant bleiben.

Zum anderen stellt sich die Frage nach dem Einfluss der visuellen Informationsmenge auch in Hinblick auf das Verhältnis zwischen der Bearbeitung von einzeln und multipel präsentierten Elementen. In diesem Zusammenhang ist es beispielsweise vorstellbar, dass bei einer schrittweise abnehmenden Informationsmenge die Fokussierung der Aufmerksamkeit des Probanden auf das direkte lokale Umfeld der jeweils aktuellen Cursorposition erzwungen wird. Dadurch könnte es bei der Bearbeitung von multipel präsentierten Elementen mit abnehmender Informationsmenge zu einer qualitativen Angleichung an die Bearbeitung von einzeln präsentierten Elementen kommen. Es wird also vermutet, dass bei geringer verfügbarer Informationsmenge, d.h. im Extremen bei nur einem sichtbaren T-Element, elementbasierte Labyrinthaufgaben als binäre

Entscheidungssituationen beschrieben werden können. Ergebnisse, die in diese Richtung deuten, würden die Folgerung zulassen, dass das Verhalten bei multipel präsentierten Elementen prinzipiell in das Verhalten bei einzeln präsentierten Elementen überführbar ist, vorausgesetzt, die Informationsmenge wird entsprechend gewählt.

Es wird also die Hypothese aufgestellt, dass eine abnehmende verfügbare visuelle Informationsmenge mit einer wachsenden Aufmerksamkeitsfokussierung auf die direkte lokale Umgebung der jeweils aktuellen Cursorposition einhergehen wird. Dementsprechend wird erwartet, dass die Messwerte (Zeitbedarf, Bewegungspräzision, Qualität der Labyrinthlösung) von multipel präsentierten Elementen bei geringer visueller Informationsmenge einerseits und bei einzeln präsentierten Elementen bei hohen verfügbaren Informationsmengen andererseits nicht voneinander abweichen.

### **3.3 Einfluss der Existenz eines Distraktorhintergrundes**

Die in experimentellen Untersuchungen verwendeten Labyrinthvorlagen sind meist nicht allein durch eine Abfolge von Entscheidungssituationen gekennzeichnet, sondern bieten darüber hinaus häufig einen labyrinthtypischen Hintergrund (siehe auch Lis 2000). Dieser Hintergrund setzt sich in traditionellen Labyrinthen meist aus Sackgassen zusammen, die mit dem eigentlichen Wegsystem in unmittelbarem Kontakt stehen, d.h. vom Probanden betreten bzw. befahren werden können. In solchen 'echten Labyrinthen' ist also die Existenz von Entscheidungssituationen mit hohen Anforderungen im Bereich der Stimulusanalyse kombiniert. Dabei besteht die Möglichkeit, dass gerade dann, wenn die geforderten Entscheidungen in komplexe Reizvorlagen eingebettet sind, qualitativ andere kognitive Teilprozesse erforderlich werden als unter vergleichsweise einfacheren Bedingungen. Sollen die beteiligten kognitiven Teilprozesse detailliert untersucht werden, ist dies bei den eingangs beschriebenen traditionellen Labyrinthvorlagen jedoch nur eingeschränkt möglich: beide kognitiven Domänen - d.h. eher aktionale und eher analysebezogene Teilprozesse - sind aufgrund der grafischen Verbindung von (Sackgassen-)Hintergrund und Wegsystem nur ungenügend voneinander zu trennen. Zur Klärung der Frage, in welchem Verhältnis die Teilprozesse beider kognitiver Domänen in komplexen Labyrinthen zueinander stehen, muss also - nach den Grundsätzen der isolierenden Bedingungsvariation - zunächst eine experimentell kontrollierbare Trennung von (begehbarem) Wegsystem und (visuellem) Hintergrund ermöglicht werden.

Dazu soll in der vorliegenden Arbeit das begehbare Wegsystem in seiner Gesamtheit vom grafischen Hintergrund gezielt abgekoppelt werden. In solchen Labyrinthvorlagen sind weite Teile des Stimulus einer motorischen Exploration nicht zugänglich. Unter Konstanthaltung

der objektiven motorischen Anforderungen können dann Stimuli mit und ohne Distraktorhintergrund dargeboten werden.

„Um ein Objekt zu erkennen, muss man es zunächst vom Hintergrund trennen“ (Müsseler 2002a). Im Kontext von Labyrinthaufgaben heißt das, dass aus einem mehr oder weniger komplexen Stimulus der potentielle Lösungsweg zu extrahieren ist, wobei dieser Prozess auch als Reizdiskriminationsprozess im Sinne von Figur-Grund-Wahrnehmungen verstanden werden kann (Neisser 1967). Werden Stimuli mit Distraktorhintergrund dargeboten, so stellt dies wahrscheinlich eine Art von „Informationsverrauschen“ dar: die visuelle Information, die dem (ablenkenden) Hintergrund zugehört, wird vom Probanden zwar wahrgenommen, kann von diesem jedoch letztlich nicht im Sinne einer konkreten Handlungsanweisung genutzt werden.

In der vorliegenden Arbeit wird untersucht, ob sich die Existenz von labyrinthartigen Hintergründen - im Sinne eines ablenkenden Informationsverrauschens - auf die Labyrinthlösung auswirkt, indem Labyrinth mit und ohne Distraktorhintergrund präsentiert werden. Dabei wird angenommen, dass die Unterlegung der Stimuli mit einem Distraktorhintergrund verstärkt stimulusanalysebezogene Verarbeitungsressourcen in Anspruch nimmt.

Es interessiert, ob die höhere Anforderung an stimulusbezogene Teilprozesse zu Lasten der motorischen Ausführung geht, d.h. zusätzlich auch mit verringerter Bewegungspräzision einhergehen wird, und damit zu einer Verschlechterung der Leistung im Sinne eines erhöhten Zeitbedarfs der Aufgabenlösung führt.

### **3.4 Einfluss der Existenz von Entscheidungssituationen**

Labyrinth lassen sich definieren als eine „Abfolge von Entscheidungssituationen“ (Lis 2000), obwohl in der Literatur der Begriff Labyrinth z.T. auch für Wege ohne Sackgassen verwendet wird. Bekannt ist, dass Sackgassen zu erhöhten Labyrinthbearbeitungszeiten führen (Lis 2000, Krieger et. al 2001). Ziel der vorliegenden Arbeit ist es dabei, den Einfluss von Entscheidungssituationen zu untersuchen. Dazu wird über die verschiedenen Untersuchungen hinweg die ‚Existenz von Entscheidungssituationen‘ - als einem wesentlichen Merkmal vom Labyrinth - experimentell manipuliert, indem zur Bearbeitung Wegsysteme mit und ohne Sackgassen zur Bearbeitung vorgelegt werden, d.h. ‚Labyrinth‘ einerseits und ‚Pfade‘ andererseits.



Dabei besteht der wesentliche Unterschied zwischen Labyrinthen und Pfaden, dass bei der Existenz von Sackgassen Entscheidungen über den einzuschlagenden Weg zu treffen sind. Da die objektiven motorischen Anforderungen in beiden Bedingungen einander entsprechen, kann bei Unterschieden im Zeitverbrauch dieser eindeutig auf die Existenz von Entscheidungssituationen zurückgeführt werden.

In Hinblick auf den Einfluss der 'Existenz von Entscheidungssituationen' wird erwartet, dass die Bearbeitung von Elementen, die Sackgassen enthalten, mehr Zeit in Anspruch nimmt, da hier zusätzlich Entscheidungsprozesse notwendig werden.

### **3.5 Einfluss der Elementposition**

Wie weiter oben bereits dargestellt, besteht ein wichtiges Ziel der vorliegenden Arbeit darin, zu untersuchen, ob sich die Elemente in elementbasierten Labyrinthvorlagen als miteinander vergleichbare Items betrachten lassen und damit diesen Typ von Labyrinthaufgaben - möglicherweise besser als traditionelle Labyrinth - für experimentelle Untersuchungen einsetzbar machen. Der Frage nach der Vergleichbarkeit der Elemente wird in der vorliegenden Arbeit nachgegangen, indem der Einfluss der Position in einer Sequenz auf die Bearbeitung eines T-Elementes experimentell untersucht wird, d.h. es wird untersucht, ob sich bei multipel präsentierten Elementen Unterschiede in Abhängigkeit von ihrer jeweiligen Position in der Sequenz ergeben.

Aufgrund früherer Untersuchungen kann angenommen werden, dass bei der Bearbeitung von Labyrinthaufgaben mehrere kognitive Teilfunktionen schleifenförmig durchlaufen werden (siehe auch Kapitel 2.2.3 'Labyrinthaufgaben und kognitive Subprozesse'). Dabei ist in Bezug auf elementbasierte Labyrinth zumindest vorstellbar, dass die Bearbeitung der Elemente - unabhängig von der Elementposition - stets die prinzipiell gleichen kognitiven Teilprozesse erfordert. Treten bei elementbasierten Labyrinthen keine Unterschiede in der Bearbeitung von Elementen an unterschiedlichen Positionen auf, so könnte dies letztlich auch als Hinweis darauf verstanden werden, dass die beteiligten schleifenförmig angeordneten Subprozesse eng mit den grafischen Elementen verknüpft sind. Verknüpft meint hier, dass in jedem Element nicht nur prinzipiell ähnliche kognitive Subprozesse erforderlich sind und diese in stets wiederkehrender schleifenförmiger Anordnung abgearbeitet werden, sondern darüber hinaus diese Teilprozesse jeweils einem bestimmten Element innerhalb des Gesamtlabyrinths eindeutig zuzuordnen sind. Eine solche eindeutige Zuordnung zwischen schleifenförmiger Abarbeitung kognitiver Prozesse und den Elementen wäre als Hinweis darauf zu verstehen, dass die Elemente jeweils ein Item darstellen, d.h.

fehlende Unterschiede in der Bearbeitung von Elementen in verschiedenen Positionen würden den Schluss zulassen, dass es sich bei ´elementbasierten Labyrinthen´ tatsächlich um ´itemisierte Labyrinth´ handelt.

Würden sich Elemente in dieser Weise als Items beschreiben lassen, so hätte dies - vor allem dann, wenn in einzelnen Elementen eine fehlerhafte Verarbeitung vorliegt - letztlich auch Konsequenzen für die Auswertung. Fehlerhaft bearbeitete Items könnten von der weiteren Auswertung ausgeschlossen werden. Im Unterschied zu traditionellen Labyrinthvorlagen böten die elementbasierten Labyrinth dabei den Vorteil, dass bei fehlerhafter Bearbeitung nicht mehr Gesamtlabyrinth als Ganzes verworfen werden müssten.

Die ´elementbasierten Labyrinth´ ließen sich dann als ´itemisierte Labyrinth´ betrachten, wenn die Elemente als voneinander unabhängige Einheiten bearbeitet werden und sich also kein Einfluss der Elementposition auf das Lösungsverhalten zeigt. Geht man von der Adaptivität von kognitiven Prozesse aus, ist jedoch auch denkbar, dass die Verarbeitung eines T-Elementes durch die Verarbeitung des vorhergehenden und/oder nachfolgenden T-Elementes beeinflusst wird. Hier ist nicht nur an den Einfluss von Fehlern in der vorhergehenden Verarbeitung zu denken. Auch die Position in der Sequenz könnte in Form von Anfangs- oder End-Effekten die Bearbeitung einzelner Elemente beeinflussen.

### **3.6 Zusammenfassung**

Die Fragen, die in der vorliegenden Arbeit beantwortet werden sollen, lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- 1) Welche Eigenschaften lassen ein Labyrinth ´labyrinthartig´ erscheinen bzw. in welchem Verhältnis steht die Bearbeitung von (Gesamt-)Labyrinthen und deren Teilabschnitte, d.h. wie unterscheidet sich die Bearbeitung der Elemente in Abhängigkeit von der Präsentationsweise (´Einzelpräsentation´ versus ´multiple Präsentation´)? Diese Frage lässt sich auf die Formulierung zuspitzen: ´Ist ein Labyrinth mehr als die Summe seiner Teile?´
- 2) Welchen Einfluss hat die verfügbare Informationsmenge auf die Labyrinthbearbeitung, d.h. wie unterscheidet sich die Bearbeitung der Labyrinth abhängig von der Anzahl der simultan einsehbaren Elemente ?

- 3) Wie wirkt sich die Manipulation des Hintergrundes auf das Lösungsverhalten aus, d.h. welchen Einfluss hat eine deutliche Erhöhung der Anforderungen an die Stimulusanalyseprozesse - im Sinne eines Informationsverrauschens - auf das Lösungsverhalten?
- 4) Welchen Einfluss hat die Existenz von Entscheidungssituationen auf die Bearbeitung der Elemente, d.h. in welchem Verhältnis stehen das motorische Anforderungsniveau und die labyrinthtypischen Entscheidungssituationen?
- 5) Sind die dargebotenen Elemente miteinander vergleichbar und lassen sie sich berechtigterweise als voneinander unabhängige Items betrachten? Zur Klärung dieser Frage wird untersucht, wie sich die Bearbeitung von multipel präsentierten Elementen abhängig von deren Position unterscheidet.
- 6) Wie wirken sich diese einzelnen Faktoren aus, wenn sie miteinander kombiniert werden, d.h. in welcher Abhängigkeit bzw. Beziehung stehen die Merkmale der itemisierten Labyrinth untereinander?

## 4. Methodik

### 4.1 Stichprobe und Versuchsgruppen

An der Untersuchung nahmen 48 gesunde Probanden - davon 24 Frauen und 24 Männer - teil. Die Probanden wurden vor der Untersuchung über den Ablauf und die Ziele der Studie unterrichtet. Sie wurden darüber informiert, dass es Ihnen freisteht die Untersuchung jederzeit und ohne Angabe von Gründen abzubrechen. Für die Teilnahme an der Studie wurde eine Aufwandsentschädigung von 7 € ausgezahlt. Die Probanden wurden über Aushänge, Flugblätter und persönlichen Kontakt für die Teilnahme an der Untersuchung gewonnen. Bei keinem der Probanden ergaben sich Hinweise auf psychiatrische, neurologische oder internistische Erkrankungen oder die Einnahme bzw. den Mißbrauch von Medikamenten, Alkohol oder Drogen.

Tab. 4.1: Stichprobenmerkmale: Mittelwerte (AM) und Standardabweichungen ( $\pm$ ) zusammen mit den Ergebnissen des statistischen Vergleichs zwischen den Gruppen mit und ohne Distraktorhintergrund

	Distraktorhintergrund						
	Nein	Ja					
N	24	24					
Geschlecht							
Frauen	12	12					
Männer	12	12					
Schulbildung							
Realschule	1	1					
Gymnasium	23	23					
	AM	$\pm$	AM	$\pm$	t	p	
Alter	26.96	3.42	26.25	4.92	0.47	.565	ns
Händigkeit	1.59	0.28	1.69	0.29	0.72	.260	ns
Mehrfachwortwahltest	32.25	2.69	31.21	3.46	0.11	.251	ns

Als Stichprobencharakteristika wurden das Alter der Probanden zum Zeitpunkt der Untersuchung und die Schulausbildung erfasst. Zusätzlich wurde der Intelligenzquotient mit Hilfe des Mehrfach-Wortwahltests (MWTB, Lehl 1975) geschätzt. In verschiedenen Studien (z.B. Klinteberg, Levander & Schalling 1987, Ward et al. 1989, Stoddard & Vaid 1996) stellte sich die Händigkeit der Probanden als potentiell relevanter Einflussfaktor heraus, deshalb wurden in die Untersuchung nur rechtshändige Personen aufgenommen. Die Händigkeit wurde mit dem Händigkeitsfragebogen von Annett (1967) überprüft. Dieser Fragebogen

erfasst in 12 Items die Händigkeit bei verschiedenen Tätigkeiten, wie z.B. Schreiben oder Werfen eines Balles. Mittelwerte und Standardabweichungen für die verschiedenen Charakteristika wurden in einer Tabelle zusammengefasst (siehe Tab. 4.1). Das Untersuchungsdesign umfaßt zwei Probandengruppen, die jeweils Stimuli mit und ohne Distraktorhintergrund bearbeiteten. Ein Vergleich der oben genannten Charakteristika ergab keinen statistisch bedeutsamen Unterschied zwischen den Probandengruppen (unabhängiger t-Test, 2-seitig). Dies gilt sowohl für die demographischen Daten, als auch für den Mehrfach-Wortwahltests (MWTB) und die Werte des Händigkeitfragebogens nach Annett (1967). Beide Gruppen enthielten eine vergleichbare Anzahl von Männern und Frauen. Da sich in Vorarbeiten mit 2dimensionalen Labyrinthaufgaben (Lis 2000) keine Unterschiede zwischen Männern und Frauen ergeben hatten, wurde auf eine Unterteilung bezüglich der Geschlechter verzichtet.

## **4.2 Allgemeiner Versuchsablauf und Messapparatur**

Die Labyrinthuntersuchungen wurden in einem der Untersuchungsräume des Kognitionslabors des Zentrums für Psychiatrie an der Justus-Liebig-Universität Gießen durchgeführt. Nach einem kurzen Gespräch, in dem die Probanden über Ablauf und Ziele der Untersuchung informiert wurden und ihre Einwilligung zur Teilnahme an der Untersuchung gegeben hatten, nahmen sie im Untersuchungsraum Platz. Vor Beginn der Labyrinth-Untersuchung füllten alle Probanden einen Fragebogen zur Händigkeit (Annett 1967) aus. Nach der Labyrinth-Untersuchung wurde den Probanden der MWT-B zur Bearbeitung vorgelegt.

Computergestützte Verfahren zur Untersuchung des Labyrinthlösungsverhaltens bieten gegenüber anderen Versionen, wie zum Beispiel Papier-und-Bleistift-Versionen, vor allem den Vorteil einer sehr guten zeitlichen Auflösung. In Kombination mit einer ebenfalls exakten räumlichen Auflösung im Pixelbereich ergibt sich so die Möglichkeit, Verhalten und aktuelle Stimulussituation kontinuierlich darzustellen. Die computergestützte Untersuchung hat auch den Vorteil, dass es mit relativ geringem Aufwand möglich ist, einzelne unabhängige Variablen zu variieren.

Die Verwendung eines Graphik-Tabletts bringt den Vorteil mit sich, dass die Probanden durch den täglichen Umgang mit Stiften geübt sind und sich nicht extra auf eine neue Eingabemethode - wie Computermaus oder Tastenkombinationen - einstellen müssen. Damit wird eine natürliche und kontinuierliche Bewegung ermöglicht. Die Probanden können

die Geschwindigkeit und Präzision der Bewegungsausführung - weitgehend unabhängig von Einschränkungen durch die Messapparatur - der aktuellen Aufgabensituation anpassen.

Um den Probanden eine Kontrolle über den Versuchsablauf - und vor allem über die Frequenz der Labyrinthabfolge - zu erlauben, wird jeder Untersuchungsdurchgang mit einem Startdisplay eröffnet. Die entsprechende Untersuchung beginnt, sobald der Proband auf die Startregion gefahren ist. Mit dem Erreichen der Startregion erfolgt die Präsentation der Labyrinthvorlage, wobei der Proband durch die vorausgegangene Bewegung im Startdisplay bereits die richtige Positionierung des Cursors mit ausgeführt hat.

Mit dem Erreichen der Startregion beginnt die fortlaufende Registrierung der Verhaltensdaten. Der Proband ist also durch das Startdisplay in der Lage, den eigentlichen Beginn des Stimulus-Onset zu bestimmen und sich konzentrativ darauf vorzubereiten. Der Proband ist darüber informiert, dass er mit dem Anfahren der Startregion solange warten kann, bis er bereit ist, mit der Bearbeitung zu beginnen. Der Startpunkt im Labyrinthdisplay befindet sich an der gleichen Lokalisation wie im Startdisplay, die Aufmerksamkeit des Probanden ist also bereits auf die Startregion fokussiert, wenn die Untersuchung beginnt (zur Lokalisation von Startpunkt und Startregion siehe auch Abb. 4.3). Damit werden unnötig lange Suchzeiten vermieden, die sich nur schwer vom Zeitbedarf zur initialen Labyrinthbearbeitung trennen lassen würden. Die Zielregion ist über alle Untersuchungsbedingungen hinweg grün dargestellt. Mit dem Erscheinen der Labyrinthvorlage hat der Proband laut Instruktion die Aufgabe den Cursor von der Startregion zur Zielregion zu bewegen. Mit dem Erreichen der Zielregion wird das Stimulusmaterial ausgeblendet und es erscheint der Schriftzug: „Geschafft ! Gleich geht es weiter !“. Nach Tastendruck durch den Untersuchungsleiter wird das nächste Startdisplay angezeigt, die nächste Labyrinthaufgabe kann beginnen. Jedes Startdisplay enthielt dabei den Hinweis: „Bitte fahren Sie zum Starten mit dem Viereck auf den Punkt“. Vor Beginn der eigentlichen Untersuchung hatte jeder Proband die Möglichkeit, sich in einer Demo-Version mit dem Aufgabenprinzip und der Handhabung des Graphik-Tabletts vertraut zu machen. Die hierzu verwendeten Labyrinth gingen nicht in das Auswertungsmaterial ein. Sowohl Anzahl als auch Typ der Übungsaufgaben war bei jedem Probanden gleich.

#### **4.2.1 Instruktion**

Zunächst wurde an Demo-Labyrinth, die nicht in die Auswertung mit eingingen, die Funktion der Messapparatur - insbesondere des Graphik-Tabletts - erklärt. Erläutert wurde den Probanden, dass sie ihre Hand auf dem Graphik-Tablett abstützen können, dass

Nachfragen nach der Untersuchung möglich sind, aber zwischen den Labyrinthdarbietungen nicht gesprochen werden soll usw. Den Probanden wurde auch angeboten, zwischen den Aufgaben zu pausieren.

Die eigentliche Instruktion lautete: "Bitte durchfahren Sie die Labyrinth ohne in Sackgassen zu laufen, so schnell wie möglich, vermeiden Sie dabei aber auch, die Wände der Labyrinth zu berühren". Wurden Wände entgegen der Instruktion dennoch berührt, so wurde die Berührung - im Sinne eines negativen Feedbacks - mit einem akustischen Signal (Frequenz 1000Hz, Dauer 100ms) rückgemeldet.

#### **4.2.2 Untersuchungsanordnung**

Es wurde darauf geachtet, dass während des Versuchs stets ruhige Bedingungen und eine gleichmäßige Raumbelichtung gewährleistet waren. Die Probanden saßen dem Monitor direkt gegenüber, dabei wurden sie vor Beginn der Untersuchung aufgefordert, eine für sie bequeme aufrechte Position einzunehmen und die Sitzhöhe entsprechend einzustellen. Bei der Labyrinth-Untersuchung erfolgte die Darbietung des Stimulusmaterials und die Erfassung der Messgrößen über ein Computerprogramm, wie es schon in anderen Untersuchungen des Kognitionslabors im Zentrum für Psychiatrie der Justus-Liebig-Universität Gießen verwendet wurde (Lis 2000, Krieger et al. 2001). Die Labyrinthaufgaben wurden dabei auf einem handelsüblichen Monitor mit einer Abmessung von 17'' und einer Auflösung von 800x600 Pixel dargeboten. Die Labyrinthaufgaben wurden mit Hilfe eines Graphik-Tablets der Firma WACOM (Ultrpad III, DIN A3) gelöst. Die Bewegungen des zugehörigen Stiftes auf dem Graphik-Tablett wurden auf dem Bildschirm als Bewegungen des Cursors angezeigt. Die aktuelle Position von Stift und Cursor wurde mit einer zeitlichen Auflösung von 200 Hz - d.h. in einem Intervall von 5 ms - abgetastet und für eine spätere Auswertung auf Festplatte gespeichert.

#### **4.3 Stimulusmaterial**

Für die Untersuchung wurden Labyrinth verwendet, die aus einer Sequenz gleichförmiger Elemente bestanden. In der 'multiple maze'-Bedingung waren stets sechs T-förmige Elemente miteinander verkettet. Um eine optimale Ausnutzung des Monitors zu erreichen wurden die T-Elemente um 90° im Uhrzeigersinn gedreht. In der eigentlichen Präsentation verläuft die übergeordnete Bearbeitungsrichtung also stets horizontal von links nach rechts. Dabei wurde für alle Elemente in der ersten Sequenzposition eine - in Bezug auf die vertikale

Bildschirmhöhe - mittige Ausrichtung festgelegt. Damit sollte sichergestellt werden, dass die Probanden aus der Positionierung des ersten Elementes keine Rückschlüssen auf den weiteren Verlauf des Lösungsweges ziehen konnten. Die Zielregion hingegen variierte in ihrer Positionierung - abhängig von der zugrundeliegenden Abfolge von Elementen - geringfügig nach oben und unten, lag dabei aber stets am äußersten rechten Rand des Displays. Durch den achsensymmetrischen Aufbau der Elemente ist unabhängig von der im Einzelfall geforderten absoluten Bewegungsrichtung gewährleistet, dass sich die Elemente im Schwierigkeitsniveau der Stimulusanalyse und der motorischen Ausführung entsprechen. Die absolute Wegbreite von 18 Pixels erlaubt bei eine Cursorgröße von 3x3 Pixels ein bequemes Durchfahren der Labyrinth. Der gesamte Wegbereich - unabhängig ob Teil des Lösungsweges oder der Sackgasse - erscheint in der Präsentation schwarz. Vom ebenfalls schwarzen Hintergrund ist der gesamte Wegbereich durch blaue Wände - mit einer Wandbreite von 6 Pixels - getrennt. Der viereckige Cursor ist dabei gut vom Weg diskriminierbar, da er weiß eingefärbt erscheint und somit stark mit der Umgebung kontrastiert.

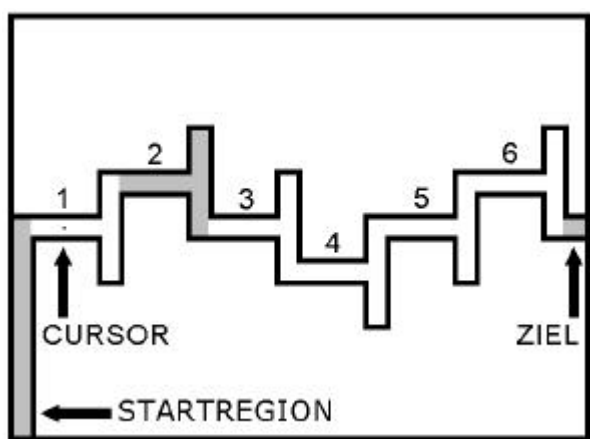


Abb. 4.1: Skizze eines elementbasierten Labyrinths mit Cursor, Start- und Zielregion, sowie Nummerierung der Elemente (das Element in der 2. Position ist grau hervorgehoben)

Die Abbildung 4.1 verdeutlicht den Aufbau der 'multiple mazes' exemplarisch anhand eines einzelnen Labyrinthstimulus. Der Startpunkt bezeichnet die Lokalisation des Cursors, wenn das Labyrinthdisplay eingeblendet wird. Vor dem ersten Element liegt eine Startregion, die vertikal ausgerichtet ist. Diese verlängerte Startfeld soll eine Trennung der initialen Analysezeit von der Bearbeitung des ersten T-Elementes ermöglichen. Die Zielregion wird an das letzte T-Element angefügt, so dass sich die Flächen der Zielregion und des sechsten Elementes nicht überschneiden.



### 4.3.1 Auswahl einer geeigneten Elementform

Bei den in der vorliegenden Arbeit verwendeten Labyrinthvorlagen handelt es sich um Labyrinthe, die sich durch eine Verkettung von identischen Grundformen auszeichnen. Die Itemisierung der Labyrinthstimuli soll in erster Linie die Mittelwertbildung bezüglich verschiedener quantitativer und qualitativer abhängiger Variablen (wie Zeitbedarf, Pausendauer, mittlerer Wegbedarf, richtige und falsche Lösung etc.) ermöglichen. In der Auswertung sollen die errechneten Mittelwerte für bestimmte Elemente, d.h. Labyrinthabschnitte, aufeinander bezogen und miteinander verglichen werden.

Ziel der Stimuluskonstruktion ist demnach der Aufbau von Labyrinthelementen, die - in Hinblick auf ihre Gestalt und Auswertbarkeit - als gleichwertig anzusehen sind. Jedes Labyrinthelement sollte dabei achsensymmetrisch aufgebaut sein, wobei die maßgebliche Richtung durch die allgemeine Ausrichtung des Lösungsweges vorgegeben ist. Dabei wird angenommen, dass durch den achsensymmetrischen Aufbau der Elemente die Gleichwertigkeit der Richtungsalternativen in Entscheidungssituationen gewährleistet ist.

An achsensymmetrischen Elementen finden sich in der Literatur z.B. T-förmige und U-förmige Elemente. Einfache U-förmige Elemente wurden z.B. im Rahmen von Lernversuchen in der Animalpsychologie eingesetzt (Dashiell & Bayroff 1931), wo sie als Raumlabyrinth - d.h. dreidimensionale, von den Versuchstieren begehbare Labyrinth - realisiert wurden (siehe auch Abb. 2.6 im Kapitel 2.3.4 'Elementbasierte Labyrinth'). Für den Einsatz von T-Elementen in der Humanpsychologie kann als Beispiel die Arbeit von Daum & Schugens (1991) genannt werden, die im Rahmen von Lernversuchen computergestützte Entscheidungsaufgaben mit T-förmigen Elementen zur Bearbeitung vorlegten.

In der vorliegenden Arbeit steht die Identifizierung und Isolierung der in die Informationsverarbeitung involvierten kognitiven Teilfunktionen im Vordergrund. Die verwendete Elementgrundform sollte diesbezüglich verschiedenen Anforderungen gerecht werden: so sollte sie z.B. den Einsatz von paralleler Verarbeitung zulassen, möglichst in der Weise, dass parallele Verarbeitung im jeweils aktuellen Element messbar wird. Allgemein sollte die Elementgrundform die Zuordnung zwischen kognitiver Verarbeitung und aktueller Cursorposition zulassen. Auch die Möglichkeit zur (unabhängigen) Modifikation der Sackgassenform und -länge ist wünschenswert.

Gerade weil in T-Elementen der Entscheidungssituation eine motorisch einfache Teilstrecke vorausgeht, wird erwartet, dass die geforderte Zuordnung zwischen aktuellem Element und kognitiven Teilprozessen einfacher ist als z.B. in U-förmigen Elementen. Ferner wird

vermutet, dass durch die gerade verlaufende Teilstrecke auch ausreichend Spielraum zum Einsatz von paralleler Verarbeitung gegeben ist. Auch die Tatsache, dass die Sackgassen in T-Elementen nicht abknicken, sollte das Experimentieren mit Elementen dieser Grundform erleichtern. Vor diesem Hintergrund wird angenommen, dass im Kontext der intentionierten Aufdeckung kognitiver Teilfunktionen und paralleler Verarbeitung T-Elemente zum Experimentieren geeigneter sind als andere achsensymmetrische Grundformen.

#### 4.3.2 Konstruktion der Labyrinth

Die Labyrinthvorlagen wurden konstruiert, indem jeweils sechs Elemente miteinander zu einem zusammenhängenden Wegsystem verkettet wurden. Die einzelnen Elemente entsprechen sich dabei in Form und Größe und können somit in ihrem Anforderungsniveau als miteinander vergleichbar gelten. Trotzdem sind die Elemente nicht als vollständig identisch anzusehen: in jedem Element variiert die Ausrichtung des korrekten Lösungswegs als Wendung nach links oder rechts. Dadurch wird einerseits erreicht, dass in jedem der Elemente bzw. Itembereiche erneut eine Entscheidung bezüglich des einzuschlagenden Weges getroffen werden muß. D.h. in jedem Itembereich ist ein Entscheidungsprozess enthalten, der prinzipiell stets die gleichen stimulusanalytischen und aktionalen Teilfunktionen miteinander verknüpft. Es ist also unabhängig von der Ausrichtung des Lösungsweges in jedem Element eine Entscheidung gefordert (siehe auch Abb. 4.1 weiter oben).

Aus der Kombination von zwei Lösungswegausrichtungen und sechs Elementen pro Labyrinthdisplay ergibt sich eine Anzahl von 64 theoretisch möglichen Kombinationen bzw. Elementabfolgen ( $2^6 = 64$ ). Um aus den 64 unterschiedlichen Labyrinthvorlagen eine möglichst homogene Menge von Labyrinthvorlagen herauszufiltern, wurden bestimmte Sequenzen nach folgenden Kriterien aussortiert:

- **Auffällige Gestalt.** Es wurden alle Labyrinthvorlagen verworfen, die mehr als 4 Richtungswechsel beinhalten. Diese Labyrinthvorlagen wurden vor allem deshalb nicht verwendet, weil nicht ausgeschlossen werden kann, dass sich der auffallend unstete Wegverlauf verfälschend auf das Lösungsverhalten der Probanden auswirkt.
- **Platzbedarf.** Ein Nachteil des verwendeten Präsentationsprogramms besteht darin, dass die vertikale Abmessung nicht genug Spielraum für die Verwendung bestimmter Kombinationen läßt. So ließ sich beispielsweise die Elementabfolge L-L-L-R-L-L nicht realisieren, weil sie in vertikaler Richtung zuviel Platz beansprucht. Es wurden daher alle Labyrinthvorlagen verworfen, die mehr als 4 Elemente derselben Ausrichtung enthalten.

- **Bewegungsautomatismen.** Insbesondere in der Animalpsychologie wurden Untersuchungen zu Automatisierungsprozesse und Bewegungstendenzen in Raumlabyrinthen durchgeführt (Dashiell & Bayroff 1931). Dabei kann nicht ausgeschlossen werden, dass bei sich stetig wiederholenden Richtungsentscheidungen auch in zweidimensionalen Labyrinthvorlagen Automatisierungsprozesse oder Bewegungstendenzen auftreten. Zur Vermeidung solcher unerwünschten Effekte wurden deshalb alle Labyrinthvorlagen verworfen, die mehr als 3 gleichsinnige Richtungsentscheidungen in Folge enthalten.

Aus den resultierenden 42 Labyrinthvorlagen wurden - entsprechend den Anforderungen des experimentellen Designs - 6 möglichst vergleichbare Gruppen mit jeweils 6 Labyrinthvorlagen gebildet. Jedes Labyrinth wurde anhand der Merkmale 'Verhältnis von L/R-Wendungen innerhalb eines Labyrinths', 'Anzahl gleichsinniger Richtungsentscheidungen in Folge' und 'Anzahl von Richtungswechseln' beschrieben und Labyrinthvorlagen mit vergleichbaren Merkmalen wurden auf die 6 Stimulusgruppen verteilt. Die resultierenden Stimulusgruppen waren bezüglich der o.g. Kriterien vergleichbar.

#### 4.4 Unabhängige Variablen

##### 4.4.1 Unabhängige Variable 1: Präsentationsweise

Als erste unabhängige Variable wird die Präsentationsweise variiert. Bei der Einzelpräsentation werden die Elemente einzeln nacheinander präsentiert. Bei der Multiplen Präsentation werden jeweils 6 Elemente in einer Sequenz simultan dargeboten, so dass sie einen zusammenhängenden Lösungsweg aufweisen (siehe Abb. 4.2).

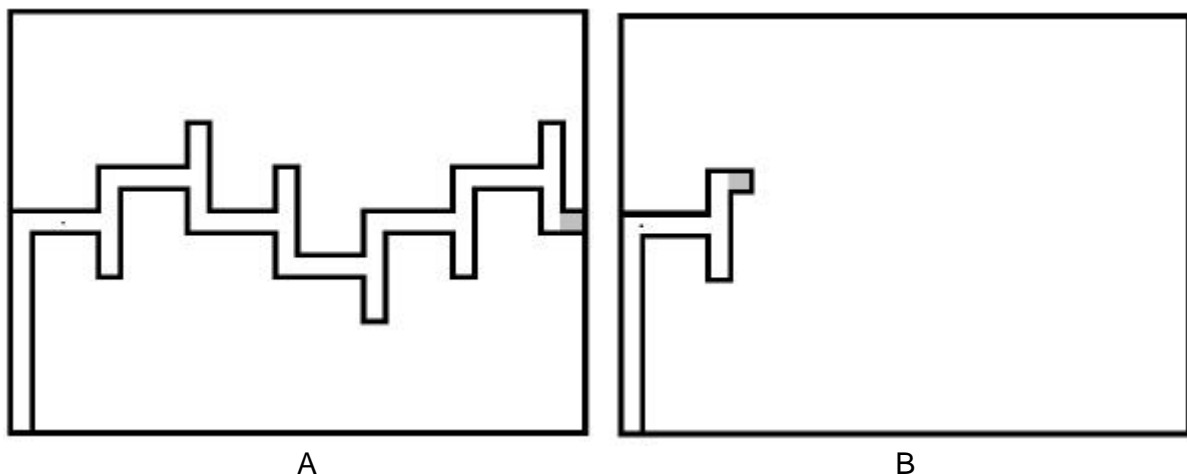


Abb. 4.2: Elemente in 'Multipler Präsentation' (A) und 'Einzel-Präsentation' (B)

Bei dem Faktor „Präsentationsweise“ handelt es sich also um eine 2-stufige unabhängige Variable mit den beiden Stufen ‚Einzelpräsentation‘ (auch als ‚single maze‘-Bedingung bezeichnet) und ‚Präsentation im Verbund‘ (‚multiple maze‘-Bedingung). Jede Person sah 12 mal 6 Labyrinth mit jeweils 6 Elementen. In der Einzel-Präsentation erfolgte die Darbietung von 2 mal 36 einzelnen Elementen.

#### 4.4.2 Unabhängige Variable 2: Verfügbare Visuelle Informationsmenge

Die experimentelle Variation der unabhängigen Variablen „verfügbare visuelle Informationsmenge“ erfolgt in sechs Stufen. Dazu wird bei der Bearbeitung der Labyrinth eine computergenerierte Bearbeitungsmaske, d.h. ein Fenster, eingeblendet, das bei Bewegung des Cursors über das Display geschoben wird. Die Größe des Fensters variiert und bietet den Probanden einen jeweils unterschiedlich großen Einblick in die Labyrinth. Es handelt sich bei dem Faktor „verfügbare visuelle Informationsmenge“ also um eine 6-stufige Variable, mit den sechs Stufen Fenstergröße 1, 2, 3, 4, 5 und 6 (siehe auch Abb.4.3). Jede Person sah 12 mal 6 Labyrinth mit jeweils 6 Elementen.

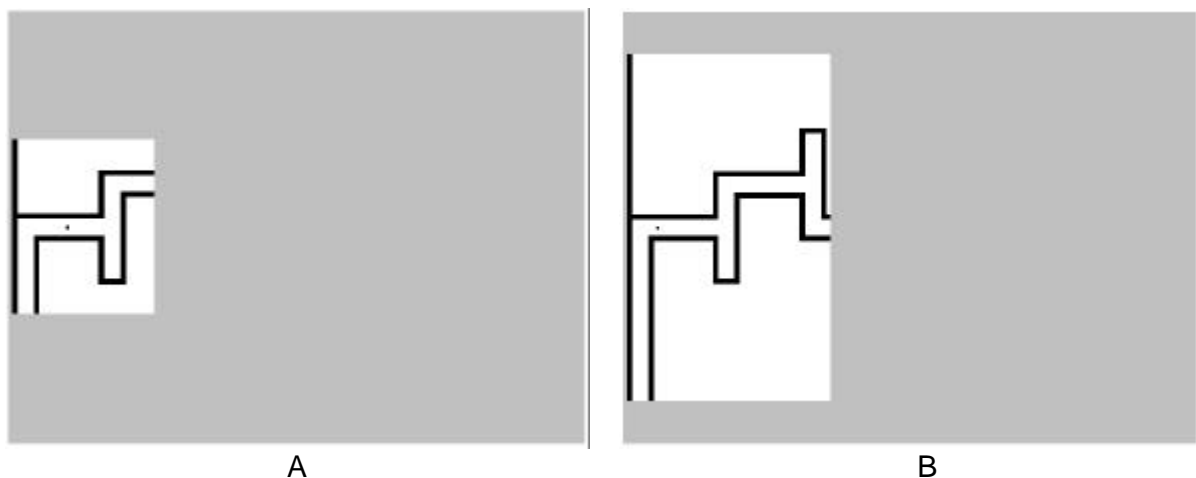


Abb. 4.3: Labyrinth bei ‚Fenstergröße 1‘ (A) und bei ‚Fenstergröße 2‘ (B)

#### 4.4.3 Unabhängige Variable 3: Distraktorhintergrund

In der unabhängigen Variablen „Distraktorhintergrund“ werden die Hintergrundeigenschaften des Stimulus variiert. In der ersten Bedingung werden Labyrinthvorlagen präsentiert, die keinen Hintergrund enthalten. In der zweiten Bedingung werden Labyrinth dargeboten, die mit einem Distraktorhintergrund unterlegt sind. Bei dem Faktor „Distraktorhintergrund“ handelt es sich also um eine 2-stufige unabhängige Variable mit den beiden Stufen ‚mit

Distraktorhintergrund´ und ´ohne Distraktorhintergrund´ (siehe auch Abb. 4.4). Die unabhängige Variable „Distraktorhintergrund“ wurde als Gruppierungsfaktor herangezogen. In der Einzel-Präsentation erfolgte die Darbietung von 2 mal 36 einzelnen Elementen.

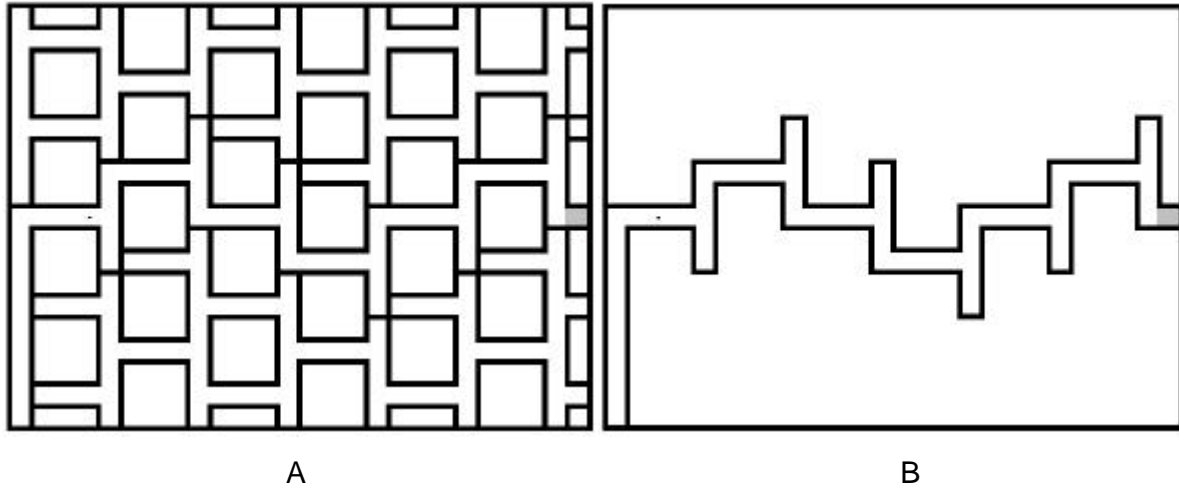


Abb. 4.4: Labyrinth ´mit Distraktorhintergrund´ (A) und ´ohne Distraktorhintergrund´ (B)

#### 4.4.4 Unabhängige Variable 4: Entscheidungssituationen

Die experimentelle Variation der unabhängigen Variablen „Existenz von Entscheidungssituationen“ erfolgt in zwei Stufen durch die Verwendung von Labyrinthvorlagen, die sich lediglich in der Existenz von Entscheidungssituationen unterscheiden (siehe auch Abb. 4.5). Die "Existenz von Entscheidungssituationen" stellt somit eine 2stufige unabhängige Variable mit den beiden Stufen ´mit Sackgassen´ und ´ohne Sackgassen´ dar. Jede Person sah 12 mal 6 Labyrinth mit jeweils 6 Elementen. In der Einzel-Präsentation erfolgte die Darbietung von 2 mal 36 einzelnen Elementen.

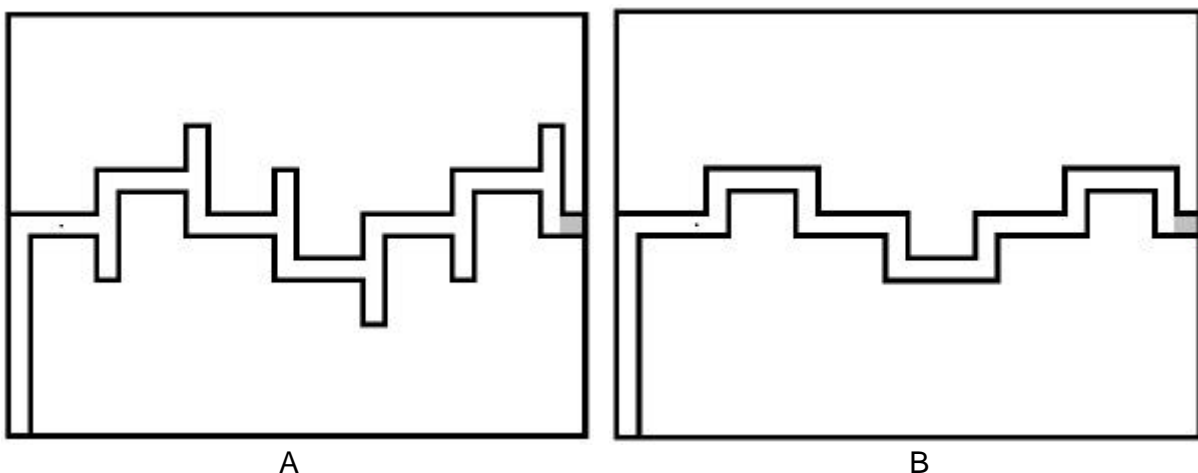


Abb. 4.5: Labyrinth ´mit Entscheidungssituationen´ (A) und ´ohne Entscheidungssituationen´ (B)

#### 4.4.5 Unabhängige Variable 5: Elementposition

Die unabhängige Variable „Elementposition“ wurde nur bei multipler Präsentation berücksichtigt. Die experimentelle Variation der unabhängigen Variablen „Elementposition“ erfolgt dabei in sechs Stufen durch die Verwendung stets gleichförmiger Elementen, die sich lediglich in ihrer Position in der Sequenz unterscheiden (siehe auch Abb. 4.6). Es handelt sich bei dem Faktor „Elementposition“ also um eine 6-stufige unabhängige Variable, mit den sechs Stufen Elementposition 1, 2, 3, 4, 5 und 6. Jede Person sah 12 mal 6 Labyrinth mit jeweils 6 Elementen.

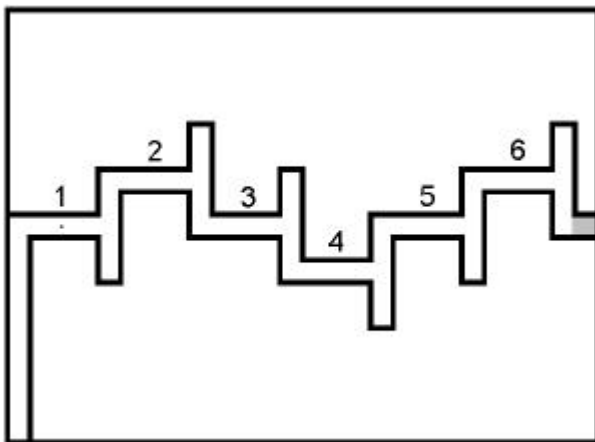


Abb. 4.6: Labyrinth mit den Elementpositionen 'Position 1', 'Position 2', 'Position 3', 'Position 4', 'Position 5' und 'Position 6'

#### 4.4.6 Experimentelle Kontrolle

Die Bearbeitungsreihenfolge der unterschiedlichen Variablen wurde über die Personen hinweg permutiert. Dabei wurde die Zuordnung zwischen den verschiedenen Stimulusgruppen (vgl. 4.3.2) und den Stufen der unabhängigen Variablen innerhalb der Gruppen ausbalanciert.

#### 4.4.7 Versuchspläne und Auswertung

##### 4.4.7.1 Versuchsplan: Einfluss der Präsentationsweise auf die Bearbeitung von T-Elementen

Untersucht wird der Einfluss der 'Präsentationsweise', 'Verfügbaren Informationsmenge', 'Existenz von Entscheidungssituationen' und 'Existenz eines Distraktorhintergrundes' auf das Lösungsverhalten. Die beiden unabhängigen Variablen 'Präsentationsweise' und 'Verfügbare Informationsmenge' werden im Versuchsplan als ein Faktor mit 7 Stufen realisiert. Es ergibt sich ein 2x7x2-faktorielles Design mit den Faktoren 'Distraktorhintergrund' (2-stufig 'mit' und 'ohne Distraktorhintergrund'), 'Präsentationsweise' (7-stufig mit den Stufen 'Einzelpräsentation bei FG 1', 'Multiple Präsentation bei FG 1', 'Multiple Präsentation bei FG 2', 'Multiple Präsentation bei FG 3', 'Multiple Präsentation bei FG 4', 'Multiple Präsentation bei FG 5', 'Multiple Präsentation bei FG 6') und dem Faktor 'Existenz von Entscheidungssituationen' (2-stufig mit den Stufen 'mit' und 'ohne Entscheidungssituationen'). Dabei stellt die unabhängige Variable 'Distraktorhintergrund' einen unabhängigen Faktor dar, die anderen Variablen gehen als Messwiederholungsfaktoren in den Versuchsplan ein, es erfolgte eine varianzanalytische Auswertung.

Tab. 4.7: 2x7x2-faktorieller Versuchsplan mit den Faktoren 'Distraktorhintergrund', 'Präsentationsweise' und 'Existenz von Entscheidungssituationen'

2 x 7 x 2 - Plan			Entscheidungssituationen	
			Nein	Ja
Distraktor- hintergrund	Nein	Einzel-Präsentation bei Fenstergröße 1		
		Multiple Präsentation bei Fenstergröße 1		
		Multiple Präsentation bei Fenstergröße 2		
		Multiple Präsentation bei Fenstergröße 3		
		Multiple Präsentation bei Fenstergröße 4		
		Multiple Präsentation bei Fenstergröße 5		
		Multiple Präsentation bei Fenstergröße 6		
	Ja	Einzel-Präsentation bei Fenstergröße 1		
		Multiple Präsentation bei Fenstergröße 1		
		Multiple Präsentation bei Fenstergröße 2		
		Multiple Präsentation bei Fenstergröße 3		
		Multiple Präsentation bei Fenstergröße 4		
		Multiple Präsentation bei Fenstergröße 5		
		Multiple Präsentation bei Fenstergröße 6		





## **4.5 Abhängige Variablen**

In der vorliegenden Arbeit interessiert, wie sich die experimentelle Variation der unabhängigen Variablen auf unterschiedliche Parameter auswirkt. In der Literatur findet sich dabei häufig eine Unterteilung in Parameter des Zeitbedarfs und in qualitative Parameter (siehe dazu auch Lis 2000). Die Auswahl der in der vorliegenden Untersuchung verwendeten Parameter wurde unter Berücksichtigung früherer Arbeiten getroffen.

### **4.5.1 Parameter des Zeitbedarfs der Labyrinthlösung**

Das Labyrinthlösungsverhalten der Probanden bildet sich unter anderem im Zeitbedarf ab. In der vorliegenden Arbeit wird dabei versucht, die unterschiedlichen an der Labyrinthlösung beteiligten kognitiven Prozesse zu erfassen, indem die Gesamtbearbeitungszeit (definiert als die Zeit zwischen Stimulusonset und Erreichen der Zielregion) in Teilabschnitte zerlegt wird. Dazu wurden eigens Labyrinthvorlagen entworfen, deren elementartiger Aufbau diese Unterteilung vereinfachen und letztlich die Aufdeckung beteiligter Subprozesse erleichtern soll. Auf der Grundlage früherer Arbeiten wird vermutet, dass der eigentlichen Bearbeitung der Labyrinthvorlagen eine initiale Analysezeit vorausgeht, in der sich die Probanden einen ersten Überblick über die Labyrinthtopographie verschaffen. Es wurde daher den eigentlichen Elementen eine Startregion vorgeschaltet, von der vermutet wird, dass sich hier initiale Analyseprozesse abbilden werden. Die im Startfeld gemessenen Bearbeitungszeiten bilden die abhängige Variable 'Zeit im Startfeld'. Der Zeitbedarf für die Bearbeitung der eigentlichen Labyrinthvorlagen, die sich der Startregion anschließen, wird erfaßt, indem die Zeiten in den einzelnen Elementen gemessen werden. Die entsprechenden Messwerte gehen als die abhängige Variable 'Zeitbedarf in den Elementen' in die Auswertung ein (siehe Tabelle 4.9).

### **4.5.2 Parameter der Präzision der Bewegung**

Laut Instruktion ist ein Berühren der Wände mit dem Cursor zu vermeiden. Werden die Labyrinthwände mit dem Cursor dennoch berührt, so wird dies als Bewegungsfehler gewertet. Gemessen wird dabei die Zeit, während der ein Kontakt zwischen Cursor und Wand stattfindet. Eine mangelnde Bewegungspräzision bildet sich also in steigenden Wandberührungszeiten ab und geht als 'Walltouch' in die Auswertung ein (siehe Tabelle 4.9). Wie die Bearbeitungszeiten werden auch die Wandberührungszeiten getrennt für Startfeld und T-Elemente angegeben.

### 4.5.3 Parameter der Qualität der Labyrinthlösung

Die Qualität der Labyrinthlösung soll ein Maßstab für die Fähigkeit des Probanden darstellen, den richtigen Weg durch ein Labyrinth zu finden, ohne Regelverstöße zu begehen. Laut Instruktion soll ein Betreten von Sackgassen möglichst vermieden werden. Dementsprechend wird das Betreten von Sackgassen als Fehler gewertet. Dabei bildet die Anzahl der Sackgassenbetretungen die abhängige Variable 'Counts' (siehe Tab. 4.9).

### 4.5.4 Zusammenfassung der Abhängigen Variablen

Die verwendeten abhängigen Variablen sind in Tabelle 4.9 zusammengefasst.

Tab. 4.9: Abhängige Variablen

<b>Zeitbedarf</b>	
Zeit im Startfeld	Zeit vom Stimulusonset bis zum Verlassen der Startregion
Zeit pro T-Element	Mittlere Bearbeitungszeiten in den T-Elementen
<b>Präzision der Bewegung</b>	
Walltouchzeit im Startfeld	Zeitbedarf für Wandberührungen im Startfeld
Walltouchzeit im T-Element	Mittlerer Zeitbedarf für Wandberührungen in den T-Elementen
<b>Qualität</b>	
'Counts'	Anzahl der Sackgassenbetretungen

## 4.6 Statistische Auswertung

Die Auswertung im Hauptversuchsdesign erfolgte mit Hilfe einer 3-faktoriellen Varianzanalyse entsprechend dem dargestellten Versuchsdesign (vgl. 4.4.7.1) mit den Messwiederholungsfaktoren „Präsentationsweise“ und „Existenz von Entscheidungssituationen“. In der Zusatzanalyse erfolgte die Auswertung mit Hilfe einer 4-faktoriellen Varianzanalyse entsprechend dem dargestellten Versuchsdesign (vgl. 4.4.7.2) mit den Messwiederholungsfaktoren „Verfügbare visuelle Informationsmenge“, „Existenz von Entscheidungssituationen“ und „Elementposition“. Die Freiheitsgrade wurden nach Greenhouse und Geisser (1959) korrigiert. Für jede der abhängigen Variablen wurde die Auswertung getrennt durchgeführt. 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.

## 5. Ergebnisse

### 5.1 Einfluss der Präsentationsweise auf die Bearbeitung von T-Elementen

#### 5.1.1 Zeit

##### 5.1.1.1 Zeit im Startfeld

Die mittleren Verarbeitungszeiten im Startfeld sind in Abb. 5.1.1 dargestellt, in Tab. 5.1.1 finden sich die Ergebnisse der 2x7x2-faktoriellen Varianzanalyse.

Die experimentelle Variation der unabhängigen Variablen Präsentationsweise zeigt einen signifikanten Einfluss auf den Zeitbedarf im Startfeld (Haupteffekt Präsentationsweise  $F(3,161)=4.494$ ,  $p=.003$ ).

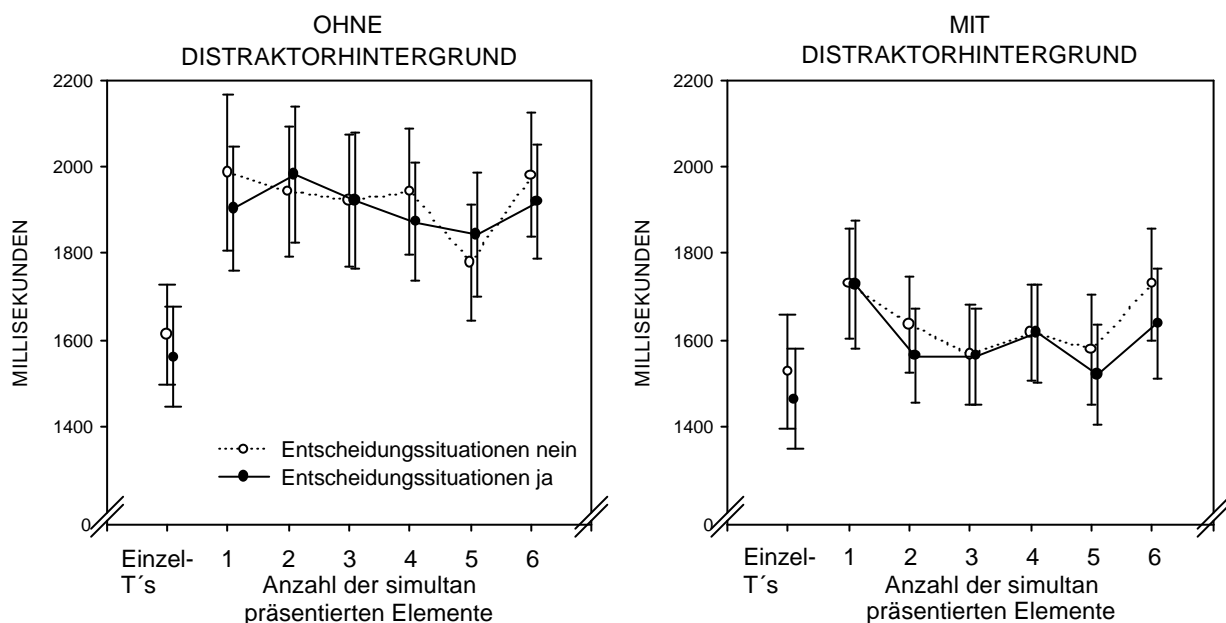


Abb. 5.1.1: Mittelwerte und Standardfehler der Bearbeitungszeiten im Startfeld bei Stimuli mit und ohne Distraktorhintergrund für Elemente mit und ohne Entscheidungssituationen abhängig von der Präsentationsweise (Einzel-T's und Multiple T's) sowie (innerhalb der Multiplen Präsentation) von der Anzahl simultan einsehbarer Elemente

Dabei zeigen die Kontraste im stufenweisen Vergleich zwischen Einzelpräsentation und multipler Präsentation bei unterschiedlicher Anzahl simultan einsehbarer Elemente, dass bei multipler Präsentation über die unterschiedlichen Fenstergrößen hinweg längere Zeiten benötigt werden als bei der Präsentation einzelner Elemente (siehe Kontraste Tab. 5.1.2).

Auch zeigt sich ein signifikanter Einfluss der Existenz von Entscheidungssituationen: werden Elemente ohne Entscheidungssituationen präsentiert, so liegen die Bearbeitungszeiten im Startfeld höher als in Elementen mit Entscheidungssituationen (Haupteffekt Entscheidung  $F(1,46)=5.834$ ,  $p=.020$ ).

Tab. 5.1.1: Bearbeitungszeiten im Startfeld  
Ergebnisse der 2x7x2-faktoriellen Varianzanalyse (Greenhouse-Geisser-korrigiert)

Quelle	df 1	df 2	F	p	
Distraktor	1	46	2.669	.109	
Entscheidung	1	46	5.834	.020	*
Entscheidung x Distraktor	1	46	.480	.492	
Präsentationsweise	3	161	4.494	.003	**
Präsentationsweise x Distraktor	3	161	.959	.424	
Entscheidung x Präsentationsweise	4	217	.555	.725	
Entscheidung x Präsentationsweise x Distraktor	4	217	.986	.424	

Tab. 5.1.2: Kontraste im stufenweisen Vergleich zwischen Einzelpräsentation und Multipler Präsentation bei unterschiedlicher Anzahl simultan einsehbarer Elemente

Quelle	df 1	df 2	F	p	
Multiple T's bei FG1 gegen Einzel-T's bei FG 1	1	46	21.839	<.0001	****
Multiple T's bei FG2 gegen Einzel-T's bei FG 1	1	46	20.760	<.0001	****
Multiple T's bei FG3 gegen Einzel-T's bei FG 1	1	46	8.127	.007	**
Multiple T's bei FG4 gegen Einzel-T's bei FG 1	1	46	10.771	.002	**
Multiple T's bei FG5 gegen Einzel-T's bei FG 1	1	46	6.272	.016	*
Multiple T's bei FG6 gegen Einzel-T's bei FG 1	1	46	20.215	<.0001	****

### 5.1.1.2 Zeit im T-Element

Die mittleren Verarbeitungszeiten in den T-Elementen sind in Abb. 5.1.2 dargestellt, in Tab. 5.1.3 finden sich die Ergebnisse der 2x7x2-faktoriellen Varianzanalyse.

Die experimentelle Variation der unabhängigen Variablen Präsentationsweise zeigt einen signifikanten Einfluss auf den Zeitbedarf in den Elementen (Haupteffekt Präsentationsweise  $F(3,176)=9.774$ ,  $p<.0001$ ).

Dabei zeigen die Kontraste im stufenweisen Vergleich zwischen Einzelpräsentation und multipler Präsentation bei unterschiedlicher Anzahl simultan einsehbarer Elemente, dass bei multipler Präsentation über die unterschiedlichen Fenstergrößen hinweg längere Zeiten benötigt werden als bei der Präsentation einzelner Elemente (siehe Kontraste Tab. 5.1.4).

Die Bearbeitungszeiten in den T-Elementen erhöhen sich tendenziell, wenn Elemente dargeboten werden, in denen Entscheidungssituationen enthalten sind, im Vergleich zu Elementen ohne Entscheidungssituationen (Haupteffekt Entscheidung  $F(1,46)=3.848$ ,  $p=.056$ ).

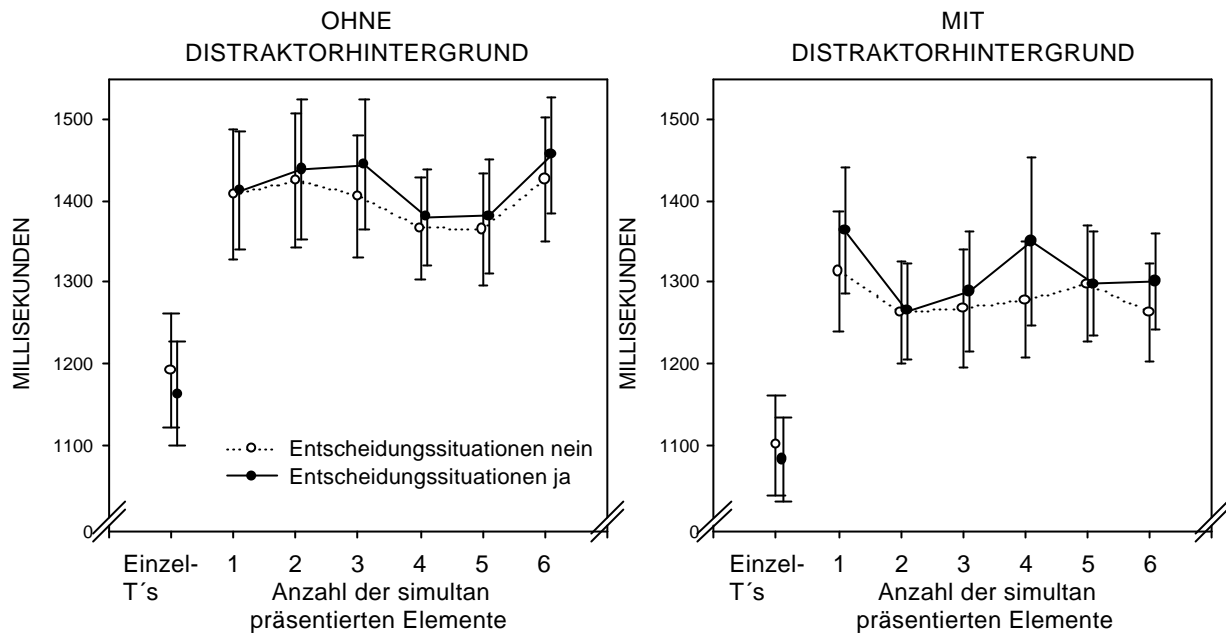


Abb. 5.1.2: Mittelwerte und Standardfehler der Bearbeitungszeiten in den T-Elementen bei Stimuli mit und ohne Distraktorhintergrund für Elemente mit und ohne Entscheidungssituationen abhängig von der Präsentationsweise (Einzel-T's und Multiple T's) sowie (innerhalb der Multiplen Präsentation) von der Fenstergröße

Tab. 5.1.3: Bearbeitungszeiten im Element  
Ergebnisse der 2x7x2-faktoriellen Varianzanalyse (Greenhouse-Geisser-korrigiert)

Quelle	df 1	df 2	F	p
Distraktor	1	46	1.663	.204
Entscheidung	1	46	3.848	.056 (*)
Entscheidung x Distraktor	1	46	.358	.553
Präsentationsweise	3	176	9.774	<.000 ****
Präsentationsweise x Distraktor	3	176	.758	.549
Entscheidung x Präsentationsweise	4	226	.932	.460
Entscheidung x Präsentationsweise x Distraktor	4	226	.421	.831

Tab. 5.1.4: Kontraste im stufenweisen Vergleich zwischen Einzelpräsentation und Multipler Präsentation bei unterschiedlicher Anzahl simultan einsehbarer Elemente

Quelle	df 1	df 2	F	p
Multiple T's bei FG1 gegen Einzel-T's bei FG 1	1	46	52.735	<.0001 ****
Multiple T's bei FG2 gegen Einzel-T's bei FG 1	1	46	59.941	<.0001 ****
Multiple T's bei FG3 gegen Einzel-T's bei FG 1	1	46	35.695	<.0001 ****
Multiple T's bei FG4 gegen Einzel-T's bei FG 1	1	46	31.952	<.0001 ****
Multiple T's bei FG5 gegen Einzel-T's bei FG 1	1	46	38.921	<.0001 ****
Multiple T's bei FG6 gegen Einzel-T's bei FG 1	1	46	36.407	<.0001 ****

### 5.1.1.3 Zusatzanalyse: Analyse von Reihenfolgeeffekten bei einzeln präsentierten T-Elementen

Zu explorativen Zwecken werden die mittleren Gesamtverarbeitungszeiten (Startfeld + T-Elemente) sowie die mittleren Gesamtwandberührungszeiten (Startfeld + T-Elemente) für die 36 präsentierten Items untersucht.

#### 5.1.1.3.1 Analyse von Reihenfolgeeffekten auf die Bearbeitungszeiten

In Tab. 5.1.5 finden sich die Ergebnisse der Auswertung mit Hilfe einer 2x2x36-faktoriellen ANOVA mit den Faktoren 'Existenz eines Distraktorhintergrundes' (2-stufig mit den Stufen 'mit' und 'ohne Distraktorhintergrund'), 'Existenz von Entscheidungssituationen (2-stufig mit den Stufen 'mit' und 'ohne Entscheidungssituationen') und 'Position in der Reihenfolge der Bearbeitung' (36-stufig mit den Stufen 'Position 1', 'Position 2' ... usw. bis 'Position 36'). Die mittleren Gesamtverarbeitungszeiten (Startfeld + T-Elemente) sind in Abb. 5.1.3 dargestellt.

Mit der Zusatzanalyse werden Reihenfolgeeffekte bei der Präsentation der einzelnen Elemente analysiert. Dabei soll die Frage beantwortet werden, inwieweit die schnellere Verarbeitungszeit der einzelnen T-Elemente eventuell durch deutliche Übungseffekte erklärt werden kann.

Es zeigt sich ein deutlicher Einfluss der Position in der Reihenfolge der Bearbeitung bei Einzel-Elementen auf die Verarbeitungszeit (Haupteffekt Position  $F(8,386)=14.687$ ,  $p<.0001$ , siehe Tab. 5.1.5 und Abb. 5.1.3).

Tab. 5.1.5: Gesamtverarbeitungszeit bei Einzelpräsentation  
Ergebnisse der 2x2x36-faktoriellen Varianzanalyse (Greenhouse-Geisser-korrigiert)

Quelle	df 1	df 2	F	p	
Distraktor	1	46	.550	.462	
Entscheidung	1	46	2.282	.138	
Entscheidung x Distraktor	1	46	.000	.986	
Position	8	386	14.687	<.0001	****
Position x Distraktor	8	386	.616	.773	
Entscheidung x Position	10	489	1.058	.394	
Entscheidung x Position x Distraktor	10	489	1.039	.410	

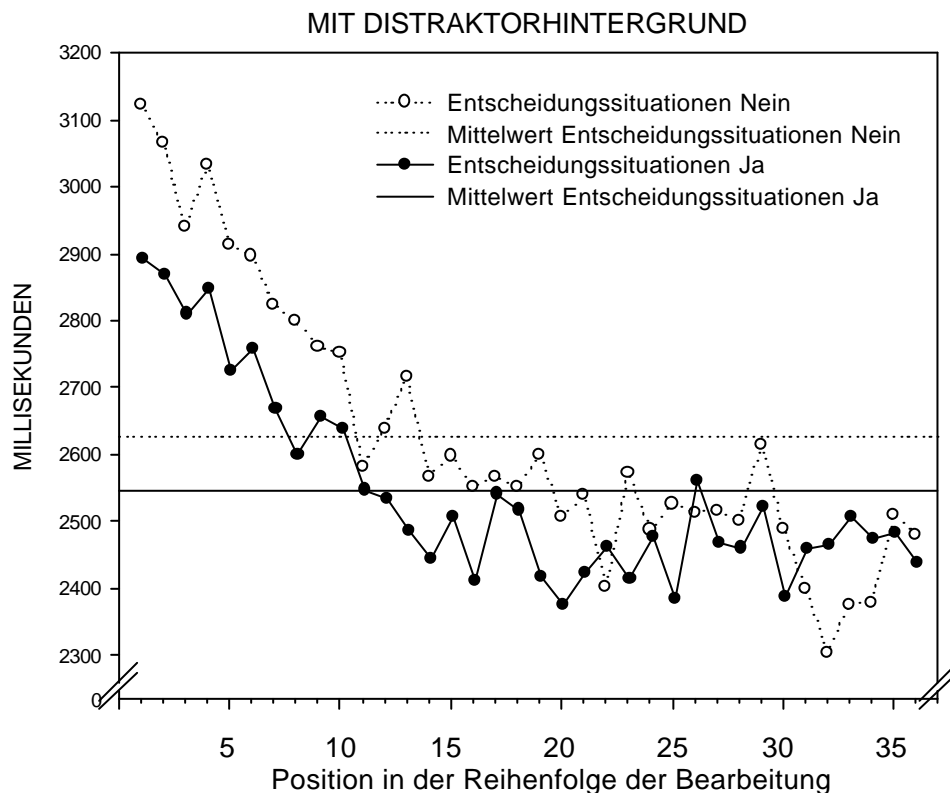
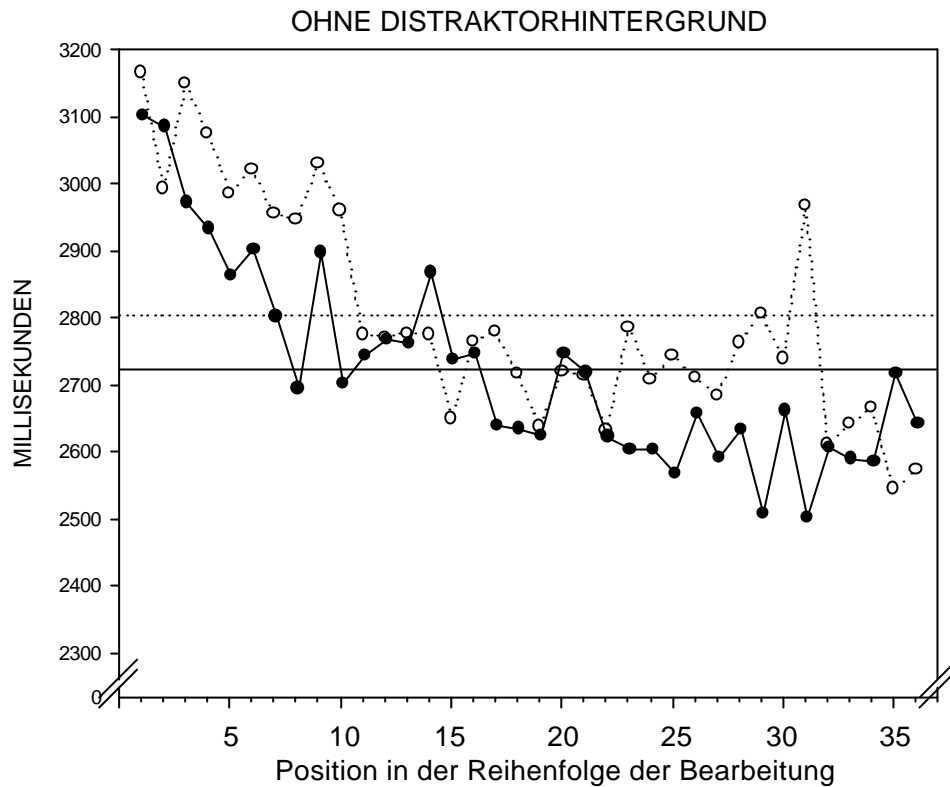


Abb. 5.1.3: Mittelwerte der Gesamtverarbeitungszeit (Startfeld und T-Elemente) der 36 einzeln präsentierten Elemente bei Stimuli mit und ohne Hintergrund für Elemente mit und ohne Entscheidungssituationen in Abhängigkeit von der Position in der Reihenfolge der Bearbeitung, Mittelwerte der Verarbeitungszeiten in allen 36 Positionen als Reference-Lines

Vor dem Hintergrund des deutlichen Einflusses der 'Position in der Bearbeitungsreihenfolge' auf die Verarbeitungszeiten interessierte, ob der Unterschied in den Verarbeitungszeiten sich im Vergleich zu multipel präsentierten Elementen durchgängig zeigt.

Daher erfolgte in einem zweiten Auswertungsschritt ein Vergleich zwischen den Gesamtverarbeitungszeiten (Startfeld + T-Elemente) in den Multiplen Labyrinthen und den Gesamtverarbeitungszeiten (Startfeld + T-Elemente) bei Einzel-Präsentation in den 36 Reihenfolgepositionen.

In Tab. 5.1.6 finden sich die Ergebnisse der Auswertung mit Hilfe einer 2x37x2-faktoriellen ANOVA mit den Faktoren 'Existenz eines Distraktorhintergrundes' (2-stufig mit den Stufen 'mit' und 'ohne Distraktorhintergrund'), 'Präsentationsweise' (37-stufig mit den Stufen 'Multiple Präsentation', 'Einzelpräsentation in der Reihenfolgeposition 1', 'Einzelpräsentation in der Reihenfolgeposition 2' ...usw... bis 'Einzelpräsentation in der Reihenfolgeposition 36') und 'Existenz von Entscheidungssituationen' (2-stufig mit den Stufen 'mit' und 'ohne Entscheidungssituationen').

Die experimentelle Variation der unabhängigen Variablen Präsentationsweise zeigt einen signifikanten Einfluss auf den Zeitbedarf im Startfeld (Haupteffekt Präsentationsweise  $F(9,415)=17,034$ ,  $p=<,0001$ ).

Dabei zeigen die Kontraste im stufenweisen Vergleich zwischen multipler Präsentation und Einzelpräsentation in unterschiedlicher Reihenfolgeposition, dass die Messwerte am Anfang der Präsentation ('Position 1' und 'Position 2') noch im Bereich der Werte bei multipler Präsentation liegen. Ab 'Position 3' zeigen sich signifikante Unterschiede, von der 'Position 11' bis zur 'Position 36' zeigen sich durchgängig hochsignifikante Unterschiede in den Bearbeitungszeiten zwischen multipler Präsentation und Einzelpräsentation (siehe Tab. 5.1.7 im Anhang und Abb. 5.1.4).

Tab. 5.1.6: Gesamtverarbeitungszeiten bei Einzelpräsentation und in multiplen Labyrinthen  
Ergebnisse der 2x37x2-faktoriellen Varianzanalyse (Greenhouse-Geisser-korrigiert)

Quelle	df 1	df 2	F	p	
Distraktor	1	46	,593	,445	
Entscheidung	1	46	2,313	,135	
Entscheidung x Distraktor	1	46	,000	,984	
Präsentationsweise	9	415	17,034	<,0001	****
Präsentationsweise x Distraktor	9	415	,791	,625	
Entscheidung x Präsentationsweise	10	498	1,063	,390	
Entscheidung x Präsentationsweise x Distraktor	10	498	1,016	,430	



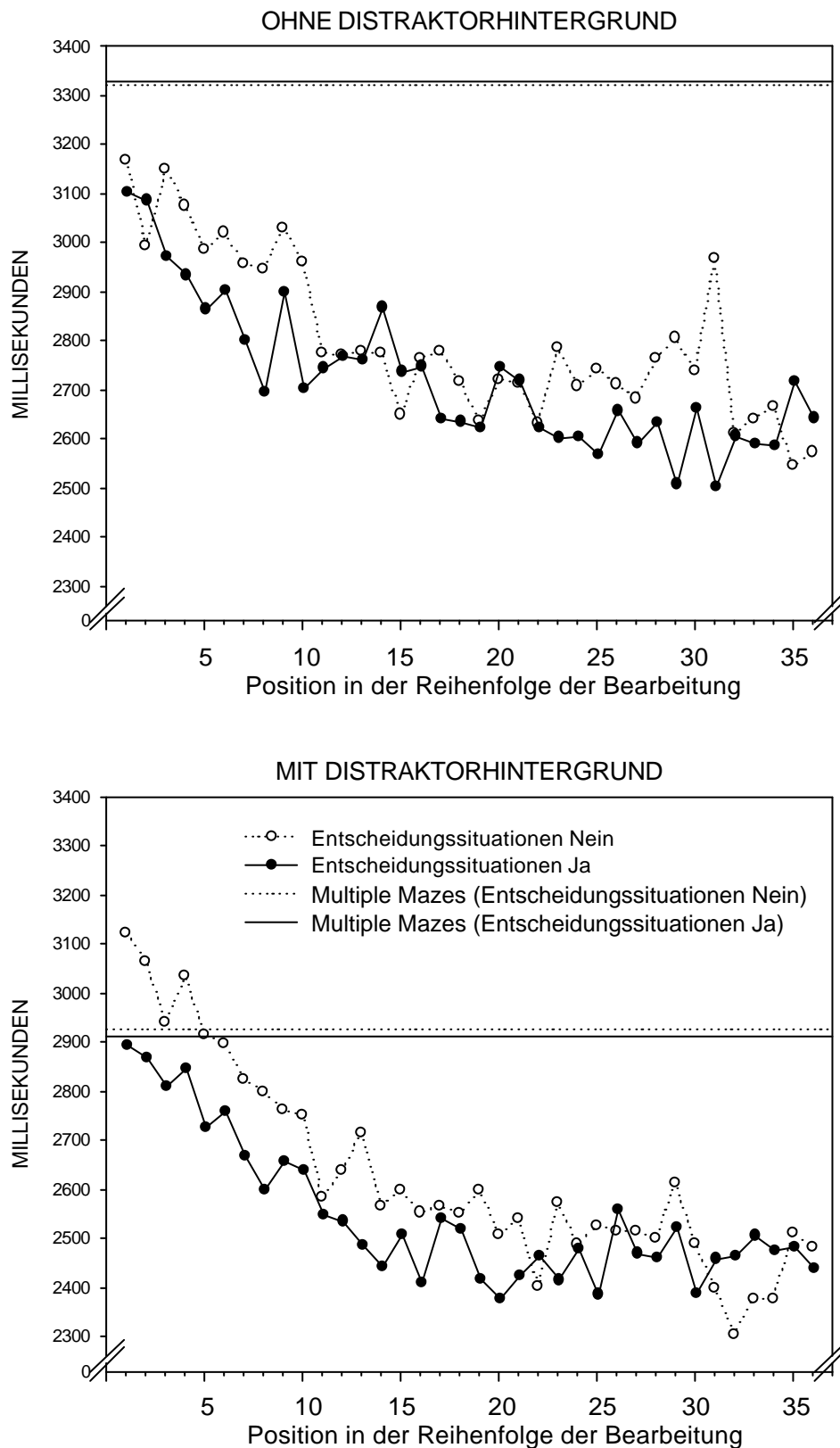


Abb. 5.1.4: Mittelwerte der Gesamtverarbeitungszeit (Startfeld und T-Elemente) der 36 einzeln präsentierten Elemente bei Stimuli mit und ohne Hintergrund für Elemente mit und ohne Entscheidungssituationen in Abhängigkeit von der Position in der Reihenfolge der Bearbeitung, Mittelwerte der Verarbeitungszeiten in allen 36 Positionen als Reference-Lines

### 5.1.1.3.2 Analyse von Reihenfolgeeffekten auf die Wandberührungszeiten

In Tab. 5.1.8 finden sich die Ergebnisse der Auswertung mit Hilfe einer 2x2x36-faktoriellen ANOVA mit den Faktoren 'Existenz eines Distraktorhintergrundes' (2-stufig mit den Stufen 'mit' und 'ohne Distraktorhintergrund'), 'Existenz von Entscheidungssituationen (2-stufig mit den Stufen 'mit' und 'ohne Entscheidungssituationen') und 'Position in der Reihenfolge der Bearbeitung' (36-stufig mit den Stufen 'Position 1', 'Position 2' ... usw. bis 'Position 36'). Die mittleren Gesamtwandberührungszeiten (Startfeld + T-Elemente) sind in Abb. 5.1.5 dargestellt.

Es zeigte sich kein Einfluss der Position in der Reihenfolge der Bearbeitung bei Einzel-Elementen auf die Wandberührungszeiten (Haupteffekt Position  $F(5,258)=1.266$ ,  $p=.276$ , siehe Tab. 5.1.8 und Abb.5.1.5).

Tab. 5.1.8: Gesamtwandberührungszeiten bei Einzelpräsentation  
Ergebnisse der 2x2x36-faktoriellen Varianzanalyse (Greenhouse-Geisser korrigiert)

Quelle	df 1	df2	F	p
Distraktor	1	46	1.664	.204
Entscheidung	1	46	.025	.874
Entscheidung x Distraktor	1	46	.557	.459
Position	5	258	1.266	.276
Position x Distraktor	5	258	.640	.688
Entscheidung x Position	4	210	1.041	.392
Entscheidung x Position x Distraktor	4	210	.992	.420

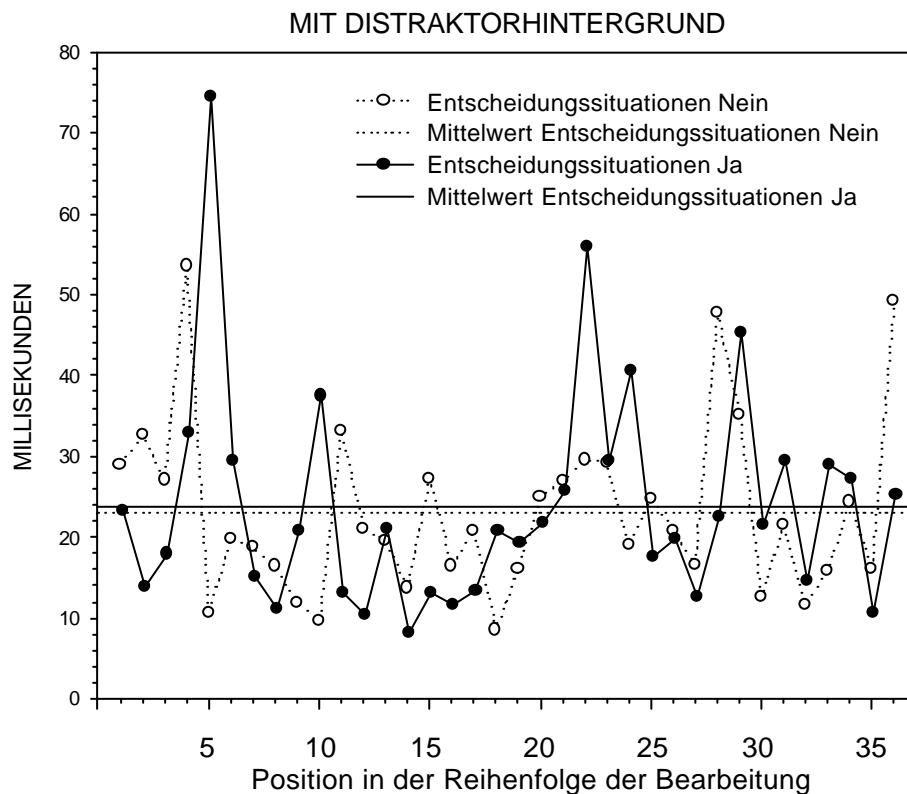
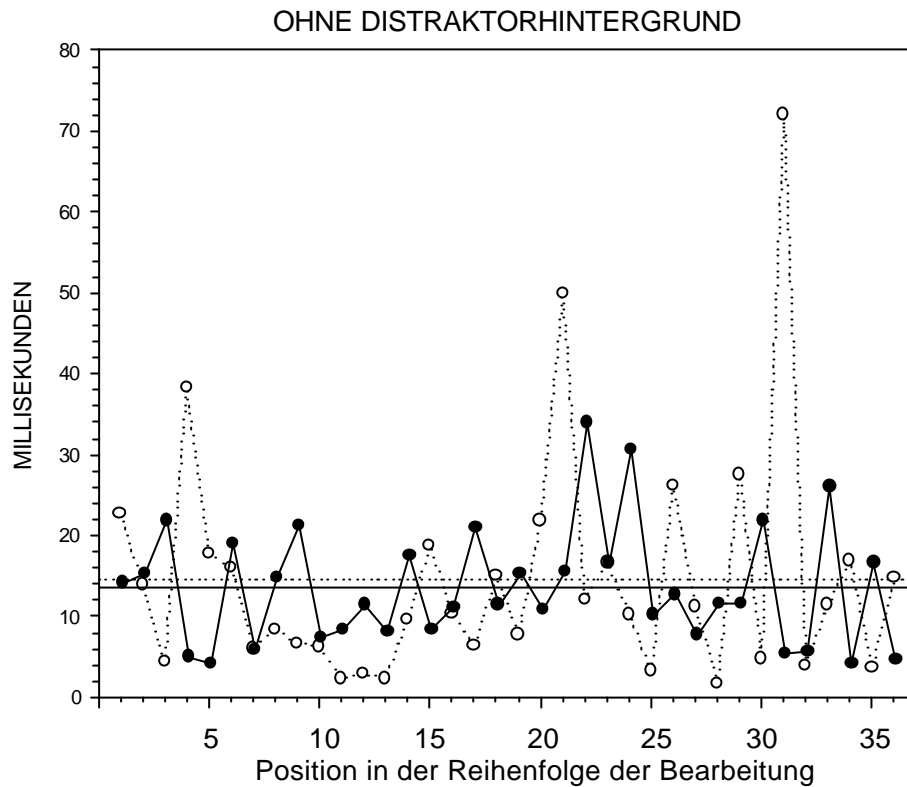


Abb. 5.1.5: Mittelwerte der Gesamtwandberührungszeiten (Startfeld und T-Elemente) der 36 einzeln präsentierten Elemente bei Stimuli mit und ohne Hintergrund für Elemente mit und ohne Entscheidungssituationen in Abhängigkeit von der Position in der Reihenfolge der Bearbeitung, Mittelwerte der Wandberührungszeiten in allen 36 Positionen als Reference-Lines

## 5.1.2 Präzision der Bewegung

### 5.1.2.1 Wandberührungszeiten im Startfeld

Die mittleren Wandberührungszeiten im Startfeld sind in Abb. 5.1.6 dargestellt, in Tab. 5.1.9 finden sich die Ergebnisse der 2x7x2-faktoriellen Varianzanalyse (Distraktorhintergrund x Präsentationsweise x Entscheidungssituationen).

Wurden Elemente präsentiert, die mit einem Distraktorhintergrund unterlegt waren, so traten im Vergleich zu Elementen ohne Distraktorhintergrund tendenziell erhöhte Wandberührungszeiten im Startfeld auf (Haupteffekt Distraktor  $F(1,46)=3.371$ ,  $p=.073$ ).

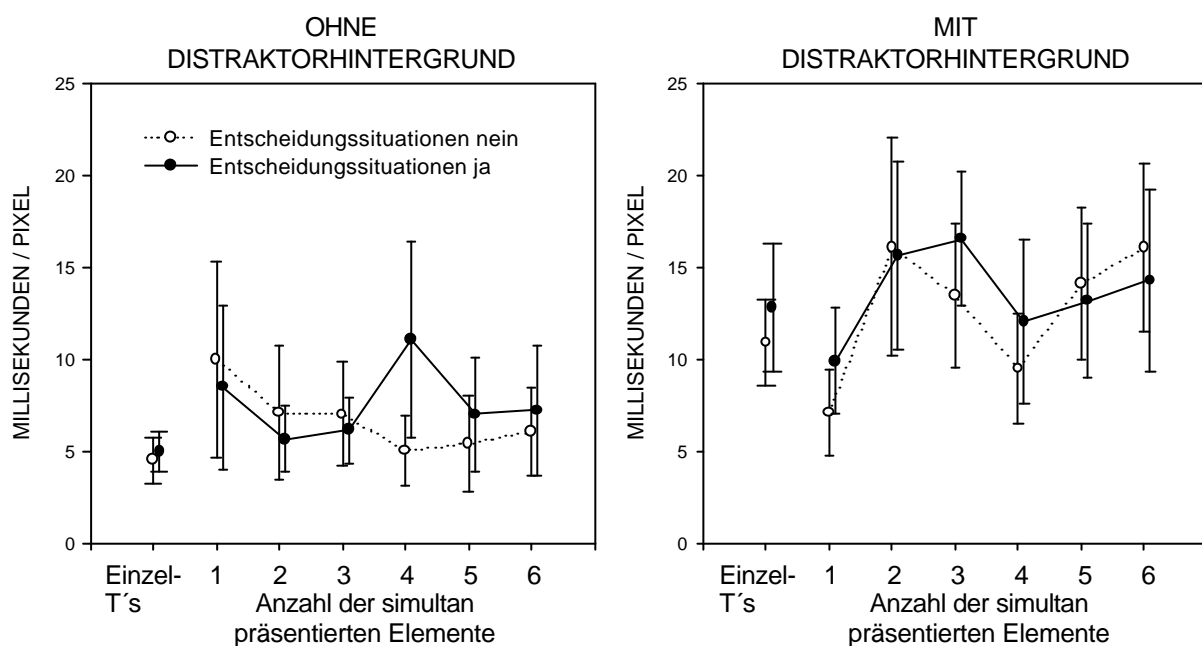


Abb. 5.1.6: Mittelwerte und Standardfehler der Wandberührungszeiten im Startfeld bei Stimuli mit und ohne Distraktorhintergrund für Elemente mit und ohne Entscheidungssituationen abhängig von der Präsentationsweise (Einzel-T's und Multiple T's) sowie (innerhalb der Multiplen Präsentation) von der Anzahl simultan einsehbarer Elemente

Tab. 5.1.9: Wandberührungszeiten im Startfeld  
Ergebnisse der 2x7x2-faktoriellen Varianzanalyse (Greenhouse-Geisser-korrigiert)

Quelle	df 1	df 2	F	p	
Distraktor	1	46	3.371	.073	(*)
Entscheidung	1	46	.478	.493	
Entscheidung x Distraktor	1	46	.010	.921	
Präsentationsweise	4	189	.511	.733	
Präsentationsweise x Distraktor	4	189	1.500	.202	
Entscheidung x Präsentationsweise	4	183	.415	.797	
Entscheidung x Präsentationsweise x Distraktor	4	183	.390	.816	

### 5.1.2.2 Wandberührungszeiten im T-Element

Die mittleren Wandberührungszeiten in den T-Elementen sind in Abb. 5.1.7 dargestellt, in Tab. 5.1.10 finden sich die Ergebnisse der 2x7x2-faktoriellen Varianzanalyse (Distraktorhintergrund x Präsentationsweise x Entscheidungssituationen).

Die Wandberührungszeiten erhöhten sich bei der Präsentation von Elementen, in denen Entscheidungssituationen enthalten waren, im Vergleich zu Elementen ohne Entscheidungssituationen (Haupteffekt Entscheidung  $F(1,46)=8.853$ ,  $p=.005$ ).

Wurden Stimuli bearbeitet, in denen sowohl Entscheidungssituationen als auch ein Distraktorhintergrund existierten, so erhöhten sich die Wandberührungszeiten (Interaktionseffekt Entscheidung x Distraktor  $F(1,46)=4.714$ ,  $p=.035$ ).

Wurden Elemente mit einem Distraktorhintergrund präsentiert, so erhöhten sich die Wandberührungen in Abhängigkeit von der Präsentationsweise (Interaktionseffekt Präsentationsweise x Distraktor  $F(3,146)=2.524$ ,  $p=.057$ ).

Dabei zeigen die Kontraste im stufenweisen Vergleich zwischen Einzelpräsentation und multipler Präsentation bei unterschiedlicher Anzahl von simultan einsehbaren Elementen, dass signifikante Unterschiede in den Wandberührungszeiten auftraten, wenn bei multiplen T's 2 Elemente simultan einsehbar waren (Innersubjekteffekt Multiple T's bei FG2 gegen Einzel T's x Distraktor  $F(1,46)=4.833$ ,  $p=.033$ ). Tendenziell erhöhte Wandberührungszeiten traten auf, wenn 3 Elemente simultan einsehbar waren (Innersubjekteffekt Multiple T's bei FG3 gegen Einzel T's x Distraktor  $(1,46)=2.911$ ,  $p=.095$ ; siehe auch Tab. 5.11).

Tab. 5.1.10: Wandberührungszeiten in den T-Elementen  
Ergebnisse der 2x7x2-faktoriellen Varianzanalyse (Greenhouse-Geisser-korrigiert)

Quelle	df 1	df 2	F	p	
Distraktor	1	46	2.660	.110	
Entscheidung	1	46	8.853	.005	**
Entscheidung x Distraktor	1	46	4.714	.035	*
Präsentationsweise	3	146	1.230	.301	
Präsentationsweise x Distraktor	3	146	2.524	.057	(*)
Entscheidung x Präsentationsweise	3	173	.850	.490	
Entscheidung x Präsentationsweise x Distraktor	3	173	.718	.573	

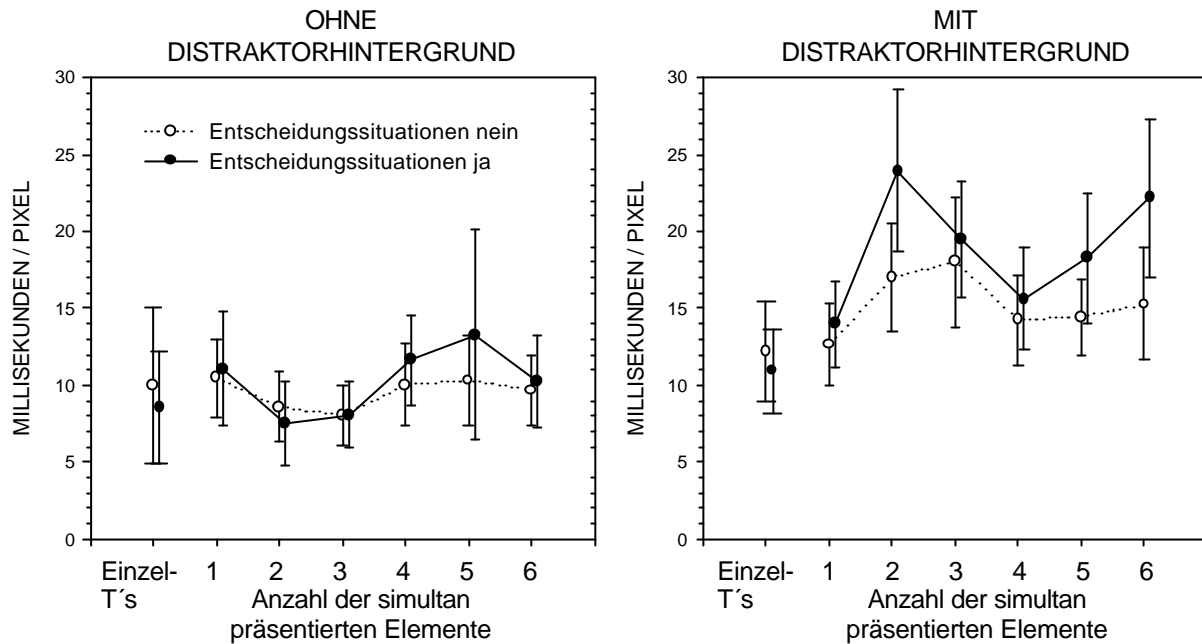


Abb. 5.1.7: Mittelwerte und Standardfehler der Wandberührungszeiten in den T-Elementen bei Stimuli mit und ohne Distraktorhintergrund für Elemente mit und ohne Entscheidungssituationen abhängig von der Präsentationsweise (Einzel-T's und Multiple T's) sowie (innerhalb der Multiplen Präsentation) von der Anzahl simultan einsehbarer Elemente

Tab. 5.1.11: Kontraste im stufenweisen Vergleich zwischen Einzelpräsentation und Multipler Präsentation bei unterschiedlicher Anzahl simultan einsehbarer Elemente in Abhängigkeit von der Existenz eines Distraktorhintergrundes

Quelle	df 1	df 2	F	p
Multiple T's bei FG1 gegen Einzel-T's bei FG 1 x Distraktor	1	46	,005	,944
Multiple T's bei FG2 gegen Einzel-T's bei FG 1 x Distraktor	1	46	4,833	,033 *
Multiple T's bei FG3 gegen Einzel-T's bei FG 1 x Distraktor	1	46	2,911	,095 (*)
Multiple T's bei FG4 gegen Einzel-T's bei FG 1 x Distraktor	1	46	,406	,527
Multiple T's bei FG5 gegen Einzel-T's bei FG 1 x Distraktor	1	46	1,174	,284
Multiple T's bei FG6 gegen Einzel-T's bei FG 1 x Distraktor	1	46	1,978	,166

### 5.1.3 Qualität der Labyrinthlösung

#### 5.1.3.1 Anzahl der Sackgassenbetretungen

Laut Instruktion sollte das Befahren der Sackgassen mit dem Cursor vermieden werden. Als Parameter für die Qualität der Labyrinthbearbeitung wird daher die Anzahl der Sackgassenbetretungen herangezogen.

In den Verhaltensdaten zeigte sich, dass keiner der Probanden eine Sackgasse betrat.

#### 5.1.4 Zusammenfassung

Die Ergebnisse zeigen, dass die Bearbeitung des Startfeldes mehr Zeit in Anspruch nimmt, wenn Elemente im Verbund präsentiert werden. Dabei blieb dieser Einfluss unabhängig von der Anzahl der simultan einsehbaren Elemente bestehen. Auch die Existenz von Entscheidungssituationen zeigte einen signifikanten Einfluss: wurden Elemente ohne Entscheidungssituationen präsentiert, so stiegen die Bearbeitungszeiten im Startfeld an.

Wie im Startfeld erhöhte sich der Zeitbedarf auch in den T-Elementen, wenn Elemente im Verbund präsentiert wurden. Die Anzahl der simultan einsehbaren Elemente beeinflusste diesen Effekt nicht. Anders als im Startfeld wirkte sich die Existenz von Entscheidungssituationen in den Elementen aus: der Zeitbedarf in den T-Elementen stieg tendenziell an, wenn im Stimulus Sackgassen enthalten waren.

Innerhalb der Einzelpräsentation zeigte sich ein deutlicher Einfluss der Position in der Reihenfolge der Bearbeitung von Einzel-Elementen auf die Summe der Bearbeitungszeiten im Startfeld und in den T-Elementen. Der Zeitbedarf sank dabei mit fortschreitender Anzahl bereits bearbeiteter Elemente. Dabei ist zu beobachten, dass die Werte am Anfang der Präsentation noch im Bereich der Messwerte bei multipler Präsentation liegen.

In Bezug auf die Bewegungspräzision ließ sich zeigen, dass im Startfeld tendenziell erhöhte Wandberührungszeiten auftraten, wenn Elemente mit Distraktorhintergrund präsentiert wurden.

In den Elementen zeigte sich ein signifikanter Einfluss der Existenz von Entscheidungssituationen: wurden Elemente mit Sackgassen präsentiert, so erhöhten sich die Wandberührungszeiten. Dieser Effekt wurde durch die Existenz eines Distraktorhintergrundes akzentuiert. Der Distraktorhintergrund wirkte sich in Abhängigkeit von der Präsentationsweise aus, dabei zeigen die Kontraste einen Einfluss der Anzahl simultan einsehbarer Elemente: multipel präsentierte Elemente, bei denen der simultane Einblick in 2 Elemente möglich war, gingen mit höheren Wandberührungszeiten einher, wenn die Elemente mit einem Distraktorhintergrund versehen waren. Tendenzuell erhöhte Wandberührungszeiten traten auf, wenn 3 Elemente simultan einsehbar waren.

---

## **5.2 Einfluss der Elementposition und der Fenstergröße auf die Bearbeitung multipler T-Elemente**

In einer Zusatzanalyse, die sich auf einen Ausschnitt des Hauptversuchsdesigns bezieht, wurde der Einfluss der Elementposition und der Fenstergröße innerhalb der Sequenz bei multiplen Labyrinthen analysiert (siehe Kapitel 4.4.7.2). Dabei erfolgte die Analyse der abhängigen Variablen - im Gegensatz zur Auswertung im Hauptversuchsdesign - nur für T-Elemente und nicht für die Startregion.

### **5.2.1 Zeit im T-Element**

Die mittleren Verarbeitungszeiten in den T-Elementen sind in Abb. 5.2.1 und 5.2.2 dargestellt, in Tab. 5.2.1 finden sich die Ergebnisse der 2x2x6x6-faktoriellen ANOVA (Entscheidungssituationen x Distraktorhintergrund x Elementposition x Informationsmenge).

Der Zeitbedarf für die Bearbeitung der einzelnen Elemente ist abhängig von der Position der T-Elemente (Haupteffekt Elementposition  $F(3,142)=24.195$ ,  $p<.0001$ ).

Werden Elemente präsentiert, die mit einem Distraktorhintergrund versehen sind, so treten in Abhängigkeit von der Elementposition Veränderungen in den mittleren Zeiten auf (Interaktionseffekt Elementposition x Distraktorhintergrund  $F(3,142)=2.904$ ,  $p=.035$ ).

Die Existenz von Entscheidungssituationen lässt einen überzufälligen Einfluss auf die Bearbeitungszeiten in den T-Elementen erkennen. Die Probanden brauchten im Mittel mehr Zeit, wenn Stimuli präsentiert wurden, die Entscheidungssituationen beinhalteten (Haupteffekt Entscheidungssituationen  $F(1,46)=4.195$ ,  $p=.046$ ).



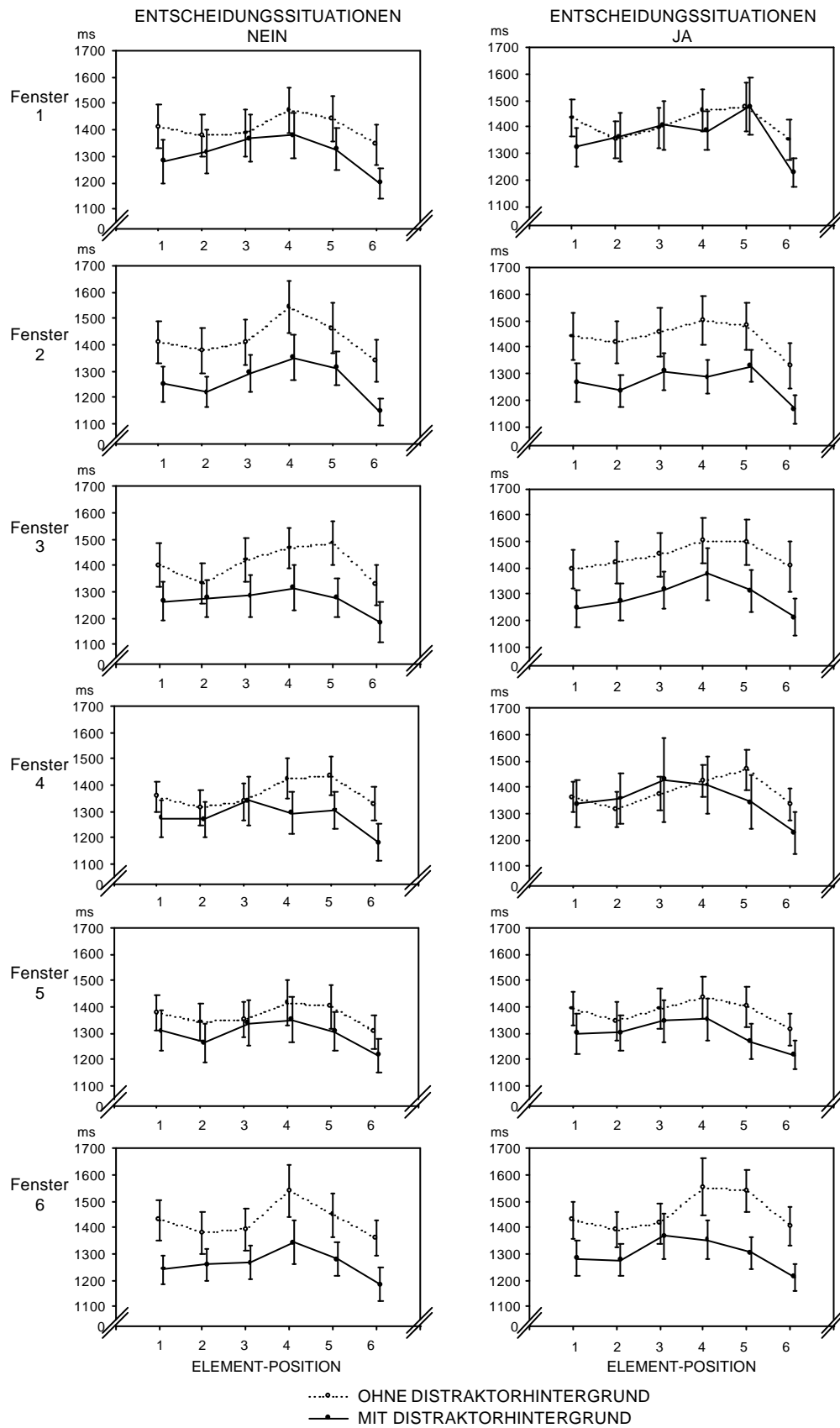


Abb. 5.2.1: Mittelwerte und Standardfehler der Zeiten in den T-Elementen bei Stimuli mit und ohne Distraktorhintergrund für Elemente mit ('Ja') und ohne Entscheidungssituationen ('Nein') abhängig von der Fenstergröße (in 6 Stufen) und der Position der T-Elemente (in 6 Stufen)

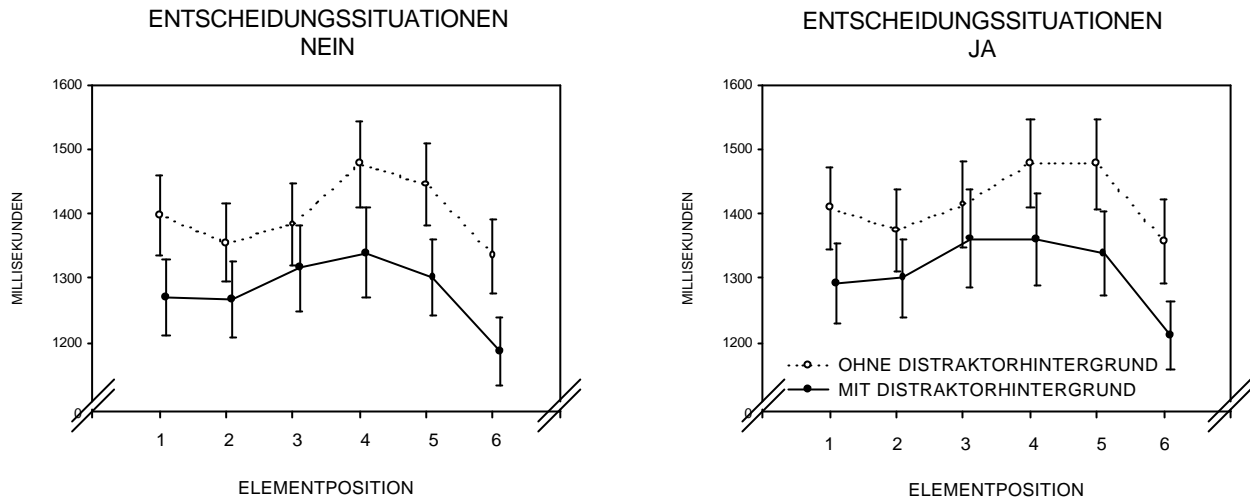


Abb. 5.2.2: Mittelwerte und Standardfehler der Zeiten in den T-Elementen bei Stimuli mit und ohne Distraktorhintergrund für Elemente mit ('Ja') und ohne Entscheidungssituationen ('Nein') abhängig von der Position der T-Elemente (in 6 Stufen)

Tab. 5.2.1: Zeitverbrauch innerhalb der T-Elemente: Ergebnisse der 2x2x6x6-faktoriellen ANOVA (Greenhouse-Geisser-korrigiert)

Quelle	df 1	df 2	F	p	
Distraktor	1	46	1.708	.198	
Entscheidung	1	46	4.195	.046	*
Entscheidung x Distraktor	1	46	.201	.656	
Fenstergröße	3	151	.248	.879	
Fenstergröße x Distraktor	3	151	.806	.502	
Elementposition	3	142	24.195	<.0001	****
Elementposition x Distraktor	3	142	2.904	.035	*
Entscheidung x Fenstergröße	4	197	.437	.795	
Entscheidung x Fenstergröße x Distraktor	4	197	.577	.692	
Entscheidung x Elementposition	3	164	.978	.415	
Entscheidung x Elementposition x Distraktor	3	164	.094	.978	
Fenstergröße x Elementposition	11	509	.772	.669	
Fenstergröße x Elementposition x Distraktor	11	509	.792	.649	
Entscheidung x Fenstergröße x Elementposition	12	584	.985	.464	
Entscheidung x Fenstergröße x Elementposition x Distraktor	12	584	.704	.757	

## 5.2.2 Präzision der Bewegung im T-Element

Die mittleren Wandberührungszeiten in den T-Elementen sind in Abb. 5.2.3 und 5.2.4 dargestellt, in Tab. 5.2.2 finden sich die Ergebnisse der 2x2x6x6-faktoriellen ANOVA (Entscheidungssituationen x Distraktorhintergrund x Elementposition x Informationsmenge).

Die Wandberührungszeiten in den T-Elementen zeigten sich als abhängig von der Position der T-Elemente (Haupteffekt Elementposition  $F(2,121)=6.529$ ,  $p=.001$ ).

Obwohl sich in Labyrinthen mit Entscheidungssituationen und Distraktorhintergrund ein Anstieg der Walltouchzeiten andeutet je später das Element in der Sequenz auftritt, erreicht dies keine statistische Signifikanz (Interaktionseffekt Entscheidungssituation x Elementposition x Distraktorhintergrund  $F(4,185)=1.653$ ,  $p=.162$ ).

Wurden Stimuli präsentiert, in denen Entscheidungen verlangt waren, so führte dies zu einem überzufälligen Anstieg der mittleren Wandberührungszeiten (Haupteffekt Entscheidungssituationen  $F(1,46)=8.623$ ,  $p=.005$ ).

Wurden Elemente präsentiert, die mit einem Distraktorhintergrund versehen waren, so veränderten sich die Wandberührungszeiten in Abhängigkeit von der Fenstergröße (Interaktionseffekt Fenstergröße x Distraktorhintergrund  $F(3,163)=2.612$ ,  $p=.044$ ).

Die Präsentation von Elementen mit Distraktorhintergrund ging mit einer tendenziellen Erhöhung der Wandberührungszeiten einher (Haupteffekt Distraktorhintergrund  $F(1,46)=3.327$ ,  $p=.075$ ).

Tendenziell erhöhte Wandberührungszeiten zeigten sich auch, wenn Elemente präsentiert wurden, die sowohl mit einem Distraktorhintergrund versehen waren als auch Entscheidungssituationen enthielten (Interaktionseffekt Entscheidungssituationen x Distraktorhintergrund  $F(1,46)=3.622$ ,  $p=.063$ ).

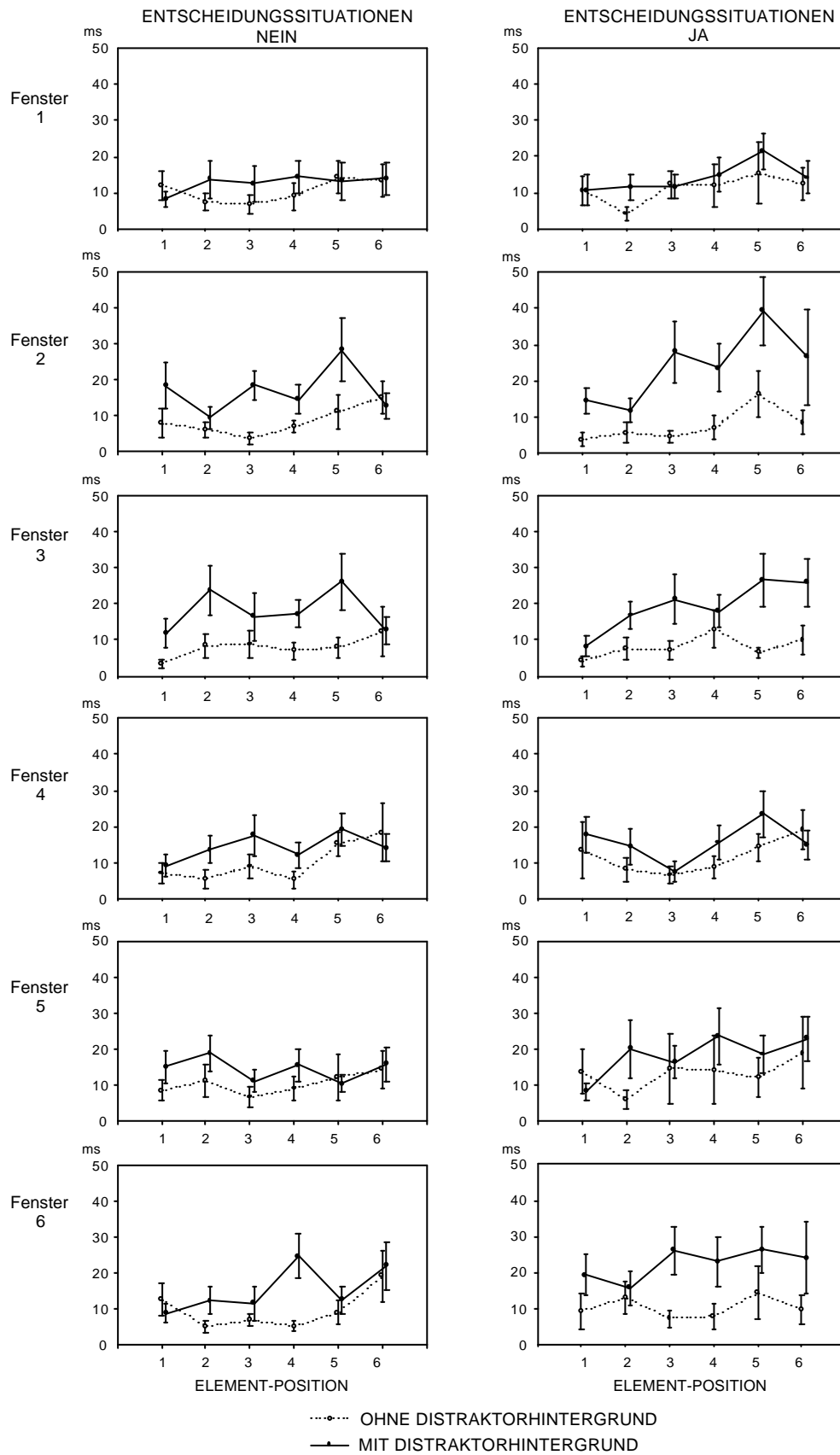


Abb. 5.2.3: Mittelwerte und Standardfehler der Wandberührungszeiten in den T-Elementen bei Stimuli mit und ohne Distraktorhintergrund für Elemente mit ('Ja') und ohne Entscheidungssituationen ('Nein') abhängig von der Fenstergröße (in 6 Stufen) und der Elementposition (in 6 Stufen)

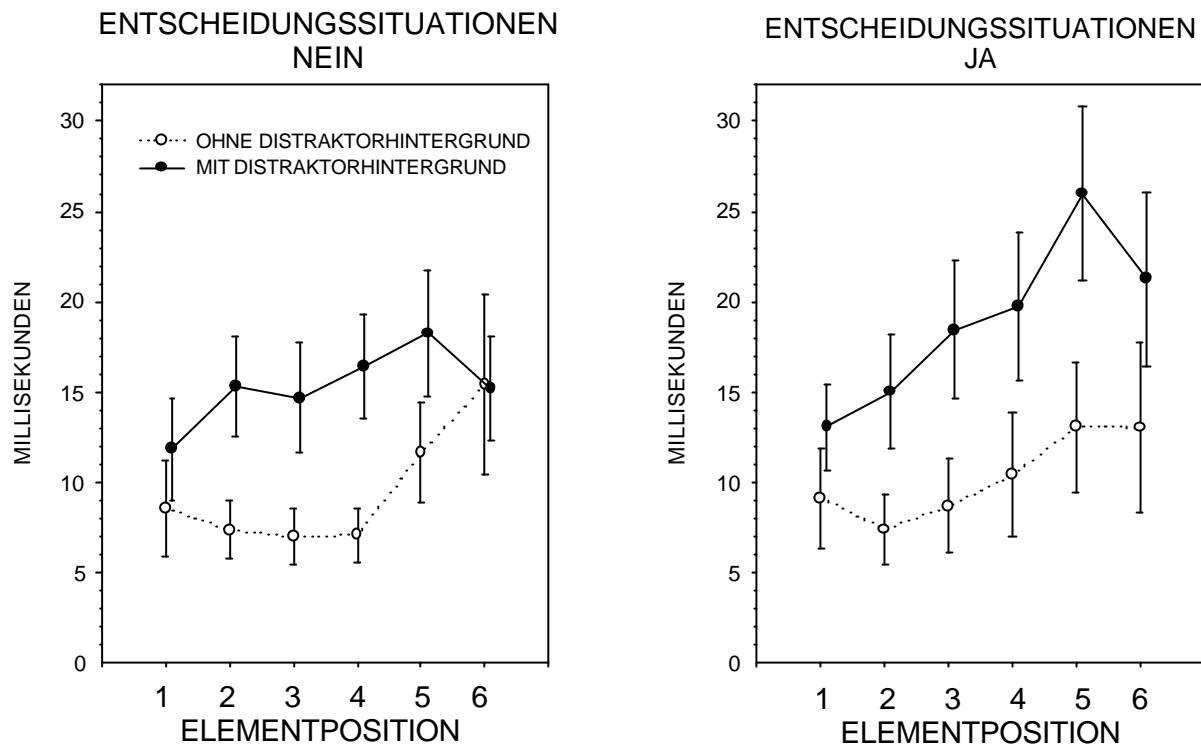


Abb. 5.2.4: Mittelwerte und Standardfehler der Wandberührungszeiten in den T-Elementen bei Stimuli mit und ohne Distraktorhintergrund für Elemente mit ('Ja') und ohne Entscheidungssituationen ('Nein') abhängig von der Position der Elemente (in 6 Stufen)

Tab. 5.2.2: Wandberührungszeiten innerhalb der T-Elemente: Ergebnisse der 2x2x6x6-faktoriellen ANOVA (Greenhouse-Geisser-korrigiert)

Quelle	df 1	df 2	F	p	
Distraktor	1	46	3.327	.075	(*)
Entscheidung	1	46	8.623	.005	**
Entscheidung x Distraktor	1	46	3.622	.063	(*)
Fenstergröße	3	163	.540	.686	
Fenstergröße x Distraktor	3	163	2.612	.044	*
Elementposition	2	121	6.529	.001	***
Elementposition x Distraktor	2	121	1.666	.184	
Entscheidung x Fenstergröße	3	151	.415	.761	
Entscheidung x Fenstergröße x Distraktor	3	151	.730	.548	
Entscheidung x Elementposition	4	185	1.453	.218	
Entscheidung x Elementposition x Distraktor	4	185	1.653	.162	
Fenstergröße x Elementposition	9	454	1.349	.203	
Fenstergröße x Elementposition x Distraktor	9	454	1.054	.396	
Entscheidung x Fenstergröße x Elementposition	9	447	1.112	.352	
Entscheidung x Fenstergröße x Elementposition x Distraktor	9	447	.753	.671	

### **5.2.3 Anzahl der Sackgassenbetretungen**

Laut Instruktion sollte das Befahren der Sackgassen mit dem Cursor vermieden werden. Als Parameter für die Qualität der Labyrinthbearbeitung wird daher die Anzahl der Sackgassenbetretungen herangezogen.

In den Verhaltensdaten zeigte sich, dass keiner der Probanden eine Sackgasse betrat, so dass Unterschiede zwischen den Elementpositionen nicht analysierbar sind.

### **5.2.4 Zusammenfassung**

Der Zeitbedarf in den Elementen ist abhängig von der Position der T-Elemente. Dieser Effekt wurde durch einen Distraktorhintergrund akzentuiert.

Werden Stimuli präsentiert, die Entscheidungssituationen beinhalten, so erhöht sich der Zeitbedarf in den Elementen im Vergleich zu Elementen ohne Entscheidungssituationen.

Auch bezüglich der Wandberührungszeiten zeigte sich ein Einfluss der Elementposition. Ebenso zeigte sich ein Einfluss der Entscheidungssituationen: wurden Elemente präsentiert, die Sackgassen enthielten, so stiegen die Wandberührungszeiten an. Bei Elementen mit Distraktorhintergrund veränderten sich die Wandberührungszeiten in Abhängigkeit von der Fenstergröße.

Wurden Elemente mit Distraktorhintergrund präsentiert, so führte dies zu einer tendenziellen Erhöhung der Wandberührungszeiten, dieser Effekt wurde durch die Existenz von Entscheidungssituationen akzentuiert.

## 6. DISKUSSION

Bei der Bearbeitung von Labyrinthaufgaben findet ein fortwährender Abgleich von aktueller Aufgabensituation und bereits erreichten Teilzielen auf der Basis der Analyse komplexer Reizvorlagen statt, auch macht die Aufgabenbearbeitung die Korrektur von Fehlern sowie die Zwischenspeicherung der globalen Zielrichtung notwendig. Zudem müssen an Weggabelungen Entscheidungen über den einzuschlagenden Weg getroffen werden. Labyrinthaufgaben zeichnen sich also dadurch aus, dass ihre Bearbeitung nicht den Einsatz einzelner kognitiver Subprozesse erfordert, sondern eine Vielzahl kognitiver Teilfunktionen beteiligt ist, die miteinander in einer komplexen Interaktion stehen.

Gerade die Vielfalt der beteiligten Subprozesse lässt Labyrinthaufgaben den kognitiven Anforderungen alltäglicher Aufgabensituationen relativ nahekommen: auch diese sind durch den Einsatz unterschiedlicher kognitiver Prozesse charakterisiert, auch hier wird die Analyse komplexer Reize gefordert, wobei Reizanalyse und Reaktionen in ein zeitliches Kontinuum eingebettet sind. Labyrinthaufgaben können daher als realitätsnäheres Untersuchungsparadigma gelten als beispielsweise einfache Wahl-Reaktionsaufgaben. In diesen wird die Vielfalt kognitiver Prozesse, wie sie in alltäglichen Aufgabensituationen gegeben ist, zugunsten der Messbarkeit einzelner Subprozesse eingeschränkt, was diese Aufgaben relativ artifiziell erscheinen lässt. Zur Erfassung des tatsächlichen Leistungsvermögens eines Probanden in Alltagssituationen sollten demnach Labyrinthaufgaben besser geeignet sein. Sie erscheinen vor diesem Hintergrund als ein vielversprechendes Untersuchungsinstrument zur Bearbeitung kognitionspsychologischer Fragestellungen.

Dabei besteht jedoch gerade bei traditionellen Labyrinthen, wie sie von Porteus (1914) in die Literatur eingeführt wurden, das Problem, dass die im Rahmen kognitiver Forschung eigentlich interessierende Isolierung und Aufdeckung beteiligter Subprozesse oft nur bedingt möglich ist. Dies lässt sich in traditionellen Labyrinthaufgaben vor allem darauf zurückführen, dass die zugrundeliegende Topographie sehr komplex erscheint und damit die Variation bestimmter Labyrinthigenschaften (wie z.B. Sackgassen, visueller Hintergrund) mit einer – zumeist unkontrollierbaren – Veränderung der Gesamtopographie einhergeht. Dies wiederum lässt die kritische Frage aufkommen, inwiefern solche traditionellen Labyrinth den Anforderungen der isolierenden Bedingungsvariation Rechnung tragen.

Wünschenswert wäre vor diesem Hintergrund die Entwicklung eines Aufgabentypus, in dem die prinzipiellen Vorteile der traditionellen Labyrinthaufgaben erhalten bleiben, während

deren Nachteile möglichst umfassend aufgehoben werden. In der vorliegenden Arbeit wurde dabei der Ansatz verfolgt, elementbasierte Labyrinth - wie sie bisher vor allem in der Animalpsychologie eingesetzt wurden (Dashiell & Bayroff 1931) - so zu modifizieren, dass sie eine möglichst gute Kontrolle experimenteller Bedingungsvariationen ermöglichen und damit der Aufdeckung und Isolierung kognitiver Teilprozesse dienen können.

Allerdings ist für Labyrinth, die aus stets gleichförmigen Elementen aufgebaut sind, bislang nicht bekannt, inwiefern sie sich tatsächlich für den Einsatz in experimentellen Untersuchungen eignen. Ein wichtiges Ziel der vorliegenden Arbeit besteht deshalb darin, zu untersuchen, ob elementbasierte Labyrinth vorteilhaft für das Experimentieren mit Labyrinth sind.

Als entscheidend für die Eignung der elementbasierten Elemente wird dabei die Frage angenommen, inwiefern die Elemente als unabhängige Einheiten bearbeitet werden. Experimentell umgesetzt wurde diese Frage, indem untersucht wurde, ob die Bearbeitung der Elemente abhängig von der Elementposition ist.

Eine weitere Kernfrage der vorliegenden Arbeit betraf den Unterschied in der Bearbeitung von sehr einfachen, 'minimalistischen' Labyrinth und der Bearbeitung von Stimuli, die durch die enthaltene Sequenz von Weggabelungen der eigentlichen Definition von Labyrinth als "Abfolge von Entscheidungssituationen" (Lis 2000) stärker entsprechen. Es wurde also untersucht, ob ein Labyrinth mehr ist als die Summe seiner Teile.

## **6.1 Einfluss der Präsentationsweise von T-Elementen**

Die Frage nach dem Einfluss der Präsentationsweise wurde experimentell umgesetzt, indem stets gleichförmige Elemente in unterschiedlicher Weise dargeboten wurden: einerseits als Einzelpräsentation (Einzel T's) und andererseits als Multiple Präsentation (Multiple T's). Dabei wurde angenommen, dass sich die Verarbeitungszeiten verbessern würden, wenn Elemente multipel präsentiert werden.

Diese Annahme basierte auf der Überlegung, dass bei multipler Präsentation - und einer gleichzeitig hohen verfügbaren visuellen Informationsmenge - gute Voraussetzungen zum Einsatz von paralleler Verarbeitung und einer damit verbunden Leistungsverbesserung bestehen würden. Dies um so mehr, als in den verwendeten T-Elementen jeder Entscheidungssituation eine gerade verlaufende Teilstrecke vorausgeht, so dass auch vonseiten der motorischen Anforderungen her ein ausreichender Spielraum zum Einsatz von paralleler Verarbeitung gegeben sein sollte. Die Ergebnisse zeigen jedoch, dass bei multipler



---

Präsentation - anders als vermutet - deutlich höhere Bearbeitungszeiten als bei Einzelpräsentation auftreten. Dies gilt für die Bearbeitungszeiten sowohl in der Startregion als auch in den T-Elementen. Die Ergebnisse widersprechen somit der aufgestellten Hypothese, dass die Präsentation multipler Elemente mit besseren Leistungen - im Sinne von geringeren Bearbeitungszeiten bzw. einer höheren Bewegungspräzision - einhergehen wird.

Auch die Hypothese bezüglich der Manipulation der verfügbaren visuellen Informationsmenge hat sich nicht bestätigt: die stufenweise Anhebung der Fenstergröße hatte keinen Einfluss auf die abhängigen Variablen Zeitbedarf, Bewegungspräzision und Qualität der Bearbeitung. Die zunehmende Informationsmenge konnte also von den Probanden nicht wie erwartet im Sinne einer Leistungssteigerung eingesetzt werden.

Für die Startregion lässt sich dabei der fehlende Einfluss der Fenstergrößenvariation und die beobachtete Zunahme der Bearbeitungszeiten bei multipel präsentierten Elementen in besonderer Weise interpretieren. Ursprünglich wurde die Startregion bei der Konstruktion der Labyrinthstimuli eingeführt, weil auf der Grundlage früherer Arbeiten vermutet wurde (Lis 2000), dass sich hier insbesondere initiale Analyseprozesse abbilden werden. Werden jedoch Elemente einzeln präsentiert, so fallen die Bearbeitungszeiten im Startfeld deutlich geringer aus als bei multipler Präsentation bei gleicher Fenstergröße, und das, obwohl sich die visuellen Informationen in beiden Bedingungen exakt entsprechen.

Dabei scheint das Wissen der Probanden über den Typus der aktuell zu bearbeitenden Aufgaben (Einzel T's versus Multiple T's) andere Einflüsse - und hier insbesondere den Einfluss der Fenstergröße - zu überlagern. Vermutlich spielt hier eine besondere Eigenschaft des Versuchsaufbaus eine entscheidende Rolle: wurden Elemente einzeln dargeboten, so erfolgte die Präsentation stets 'en bloc', d.h. den Probanden konnte schon nach wenigen Durchgängen bewusst werden, dass sich die Präsentation einzelner Elemente fortsetzen würde. Analysiert man dabei die Veränderungen über die Zeit, so lässt sich eine deutliche Zunahme des Verarbeitungstempos feststellen.

In Bezug auf die Startregion sprechen diese Überlegungen im Wesentlichen gegen die Annahme, dass sich hier insbesondere Analysezeiten abbilden: vielmehr muss man annehmen, dass sich die Probanden - abhängig vom Wissen über den Typus der in unmittelbarer Zukunft zu bearbeitenden Aufgaben - in unterschiedlicher Weise bzw. in unterschiedlichem Umfang auf die Ausführung der anstehenden Bewegungen vorbereiteten. Mit anderen Worten: die Probanden bereiteten die anstehenden Bewegungsabläufe

---

intensiver vor, wenn sie davon ausgehen konnten, dass zur Bearbeitung des anstehenden Stimulus eine umfangreichere Bewegungsausführung notwendig sein würde.

Möglicherweise bilden sich somit in der Startregion Antizipationseffekte ab. Mit diesem Begriff wird das Phänomen beschrieben, dass sich während einer Handlung (hier die Bewegung des Cursors im Startfeld) Anzeichen für die Vorwegnahme des nächsten Handlungsschrittes abbilden können (Hommel 2002). Zur Verdeutlichung hierfür kann eine Untersuchung von Rosenbaum et al. (1990) dienen. In dieser Untersuchung hatten die Probanden die Aufgabe, einen waagrecht aufgehängten Stab zu ergreifen, um ihn dann senkrecht mit dem linken oder rechten Ende auf eine Fläche links oder rechts vom Startpunkt zu stellen. Dabei ergriffen die Probanden den Stab in einer Weise, die eine möglichst bequeme Handhaltung am Ende der Handlung erlaubte, auch wenn damit eine relativ unbequeme Anfangshaltung verbunden war. Die antizipierte Endposition wurde demnach bereits bei der Planung der ersten Bewegungselemente berücksichtigt (Hommel 2002).

Der Anteil der Vorinformation über den Aufgabentypus an dem beobachteten Effekt lässt sich möglicherweise durch Veränderungen am Versuchsplan näher bestimmen. Dabei bietet es sich an, die Präsentation einzelner Elemente nicht mehr ´en bloc´ in den Versuchsplan einzubetten, sondern vielmehr auf eine sporadische Darbietung zurückzugreifen, d.h. die Präsentation einzelner Elemente so zu organisieren, dass sie für die Probanden unerwartet und überraschend erfolgt. Damit sollte gewährleistet sein, dass die Probanden keine Vorinformationen über den Typus der in näherer Zukunft zu bearbeitenden Aufgaben mehr erhalten. Theoretisch ist zu erwarten, dass sich die Probanden dann auf beide Präsentationsmodi gleichermaßen intensiv vorbereiten, was sich letztlich darin zeigen dürfte, dass sich die in Abhängigkeit von der Präsentationsweise beobachteten Zeitbedarfsunterschiede im Startfeld aufheben.

Auf der Grundlage der aktuellen Ergebnisse lässt sich letztlich nicht eindeutig bestimmen, welche Funktion der Startregion zukommt. Zumindest jedoch lässt sich festhalten, dass sich die Einführung einer Startregion in die Stimulusvorlagen insofern als sinnvoll erwiesen hat, als hier tatsächlich initiale Prozesse beobachtbar werden, die andernfalls vermutlich zu einer Verzerrung der Messwerte in den ersten T-Elementen geführt hätten.

Nicht nur im Startfeld, auch in den T-Elementen zeigte die Präsentationsweise einen signifikanten Einfluss auf die Bearbeitungszeiten. So wurde bei multiplen Elementen ein deutlich höherer Zeitbedarf im Vergleich zu einzeln präsentierten Elementen gemessen.

---

Vermutlich können für diesen Effekt in erster Linie Unterschiede in den motorischen Anforderungen verantwortlich gemacht werden. Während bei einzeln präsentierten Elementen die Möglichkeit besteht, eine motorische Vorprogrammierung in einer relativ kurzen Bewegung abzuarbeiten, steht den Probanden diese Strategie in multiplen Elementen nicht zur Verfügung: hier müssen Handlungen wiederholt geplant, sequenziert und ausgeführt werden.

Besieht man sich die aufsummierten Bearbeitungszeiten in Startfeld und Elementen bei Einzelpräsentation in Abhängigkeit von ihrer Position innerhalb der blockweisen Bearbeitung, so lässt sich erkennen, dass die Probanden mit fortschreitender Anzahl der bereits bearbeiteten einzelnen Elemente Leistungsverbesserungen erzielen (dabei ist zu erkennen, dass die Probanden ihre Leistungsverbesserungen im Wesentlichen innerhalb der ersten 10-12 bearbeiteten Elemente erzielen). Abgesehen von Übungseffekten steht hier der Erklärungsansatz im Raum, dass mit zunehmender Gewissheit über den Typus der in unmittelbarer Zukunft zu bearbeitenden Aufgaben die Programmierung der motorischen Handlung nach und nach den Gegebenheiten immer besser angepasst wird, d.h. eine umfangreiche Vorbereitung, wie sie bei multiplen Elementen notwendig zu sein scheint, immer mehr aufgegeben wird.

Einzeln präsentierte Elemente beinhalten nur eine einzige Entscheidungssituation und wirken schon bei introspektiver Betrachtung eigenen Verhaltens bei der Aufgabenbearbeitung wenig "labyrinthartig". Die Ergebnisse bezüglich des Einflusses der Präsentationsweise lassen dabei den Schluss zu, dass es sich bei der Präsentation einzelner Elemente tatsächlich um einen eigenständigen Aufgabentypus handelt. Dabei dürfte dieser Unterschied im Wesentlichen in der Möglichkeit begründet sein, bei Einzelementen eine motorische Vorprogrammierung zügig und ohne aufwendige Umstrukturierungen auszuführen. Enthält die Aufgabe hingegen eine Sequenz von Entscheidungssituationen, muss die motorische Ausführung in zeitkonsumierender Weise den Gegebenheiten angepasst werden. Die Verfügbarkeit von zusätzlicher visueller Information hat sich dabei nicht - wie ursprünglich erwartet - positiv auf die Leistungen der Probanden ausgewirkt.

## 6.2 Einfluss der verfügbaren visuellen Informationsmenge

Die Fenstergröße wurde variiert, um den Einfluss der verfügbaren visuellen Informationsmenge auf die Labyrinthbearbeitung zu untersuchen. Dabei wurde angenommen, dass bei multiplen Elementen mit steigender Informationsmenge immer bessere Voraussetzungen zum Einsatz von paralleler Verarbeitung im Sinne einer vorausschauenden Verarbeitungsstrategie gegeben sein würden. Dabei wurde auch vermutet, dass sich nach einer anfänglichen Leistungssteigerung keine Veränderungen mehr ergeben würden, d.h. ein 'Plateau' erreicht würde.

Die erwarteten Leistungsverbesserungen zeigten sich jedoch nicht, die Variation der Fenstergröße hatte keinen Einfluss auf den Zeitbedarf der Probanden.

Dabei stehen prinzipiell zwei Erklärungsansätze zur Verfügung. Zum einen ist es möglich, dass die Probanden stets in gleicher Weise auf die unmittelbare Umgebung der Cursors fokussierten, d.h. die Stimulusanalyse unabhängig von der jeweils gegebenen Fenstergröße auf das nötigste beschränkten. Bei einer solchen angenommenen Verarbeitungsstrategie wäre der fehlende Einfluss der Fenstergrößenvariation mit geringen Anforderungen an stimulusanalysebezogene Prozesse in den verwendeten Labyrinth zu erklären, d.h. die visuellen Anforderungen sollten gering genug ausgefallen sein, um den Probanden eine parallel zur motorischen Ausführung stattfindende Stimulusanalyse zu ermöglichen.

Zum anderen ist es theoretisch vorstellbar, dass die Probanden mit zunehmender Fenstergröße zwar weitere Abschnitte der Elementsequenz visuell analysierten, d.h. die Analyse der Cursorposition zunehmend vorseilte, diese Analyse jedoch nicht zu einer Veränderung im offenen Verhalten führte. Dabei muss auch in diesem Erklärungsansatz von eher geringen perzeptiven Anforderungen der verwendeten Stimuli ausgegangen werden. Die Tatsache, dass die Variation der Fenstergröße keinen Einfluss auf die Bearbeitungszeiten hat, wäre dann dahingehend zu interpretieren, dass sich der Fokus der Stimulusanalyse mit steigender Fenstergröße zwar verlagerte, für die Probanden jedoch keine Notwendigkeit bestand diese zusätzlichen Informationen zu nutzen, da die Elemente aufgrund ihres wenig komplexen Aufbaus ohnehin parallel zur motorischen Ausführung analysiert werden konnten.

Zur Klärung der Frage, welcher der beiden Interpretationsansätze den fehlenden Einfluss der Fenstergröße auf die Bearbeitungszeiten besser zu erklären vermag, bietet es sich an, in weiteren Untersuchungen die stufenweise Variation der Informationsmenge beizubehalten und zusätzlich die Augenbewegungen der Probanden aufzuzeichnen. Dabei sollten die

parallel zur Cursorbewegung erfassten Augenbewegungen eine Einschätzung darüber zulassen, inwiefern eine zunehmende Fenstergröße tatsächlich mit einer Fokusverlagerung einhergeht.

Die beiden Interpretationsansätzen zugrundeliegende Annahme, dass der fehlende Einfluss der Fenstergrößenvariation mit insgesamt geringen perzeptiven Anforderungen in Zusammenhang steht, wird durch die Ergebnisse bezüglich der Bewegungspräzision gestützt. Denn in den Wandberührungszeiten lässt sich genau dann ein Einfluss der Fenstergröße beobachten, wenn Elemente präsentiert werden, die mit einem Distraktorhintergrund unterlegt sind. Mit anderen Worten: erst auf der Grundlage von vermehrt geforderten perzeptiven Prozessen – hier durch den Distraktorhintergrund bedingt – macht sich die Variation der visuellen Informationsmenge bemerkbar.

Eine Möglichkeit zur Überprüfung dieser Annahme besteht darin, Elemente darzubieten, in denen der Distraktorhintergrund deutlich komplexer ausfällt als der in der vorliegenden Arbeit verwendete. Dadurch sollte sich die Möglichkeit, bei größerer verfügbarer visueller Informationsmenge die Stimulusanalyse entsprechend auszudehnen, auf die Bearbeitungszeiten auswirken. In Kombination mit dem o.g. Untersuchungsansatz, parallel zur Labyrinthbearbeitung die Augenbewegungen der Probanden mit aufzuzeichnen, sollte sich dabei der Einfluss der Fenstergrößenvariation weiter differenzieren lassen.

Zusammenfassend muss gesagt werden, dass sich die Variation der Fenstergröße nicht wie erwartet auswirkte. Die ursprüngliche Hypothese, eine größere verfügbare Informationsmenge führe aufgrund zunehmender paralleler Informationsverarbeitung zu Leistungsverbesserungen, wird durch die aktuellen Ergebnisse nicht gestützt.

Gleichwohl kann festgehalten werden, dass sich die Einführung der Variablen 'verfügbare visuelle Informationsmenge' insofern als sinnvoll herausstellte, als diese die Einordnung von Ergebnissen bezüglich anderer Variablen erleichtert: so liefert der fehlende Einfluss der Fenstergrößenvariation im Kontext der 'Präsentationsweise' einen Hinweis auf die besondere Funktion der Startregion (siehe Kapitel 6.1) und auch bezüglich der zentralen Frage nach dem Einfluss der Elementposition auf das Lösungsverhalten erweist sich die Fenstergröße als hilfreich (siehe Kapitel 6.5).

### 6.3 Einfluss der Existenz eines Distraktorhintergrundes

In traditionellen Labyrinthaufgaben ist der richtige Lösungsweg meist in einen komplexen, typischerweise 'labyrinthartig' wirkenden Hintergrund eingebunden. Die Probanden müssen dabei zunächst die wesentlichen Informationen über den Verlauf des Lösungsweges extrahieren. In der vorliegenden Arbeit wurde versucht, den Einfluss eines solchen labyrinthartigen Hintergrundes genauer zu untersuchen, indem - im Sinne einer isolierenden Bedingungsvariation - elementbasierte Labyrinth mit und ohne Distraktorhintergrund dargeboten wurden. Dabei wurde die Hypothese aufgestellt, dass die notwendige Extraktion der für die Lösung richtungweisenden Informationen bei Elementen mit Distraktorhintergrund einen erhöhten Zeitbedarf zur Folge haben würde.

Diese Annahme wird durch die Ergebnisse nur bedingt bestätigt. Tatsächlich waren es hauptsächlich die Wandberührungszeiten im Startfeld, die bei Stimuli mit Distraktorhintergrund tendenziell anstiegen. Für die Bewegungspräzision in den T-Elementen ist dabei auf eine Interaktion mit der Existenz von Entscheidungssituationen hinzuweisen: die Probanden berührten die Wände länger, wenn Elemente mit Sackgassen präsentiert wurden, der Effekt wurde durch keinen Distraktorhintergrund akzentuiert. Die Probanden ließen in den T-Elementen also dann die geringste Bewegungspräzision erkennen, wenn viele Charakteristika von 'echten Labyrinthen' gegeben waren, d.h. in solchen Stimuli, in denen Elemente - im Sinne der Definition von Labyrinthen "als Abfolge von Entscheidungssituationen" (Lis 2000) - als Sequenz präsentiert wurden und dabei gleichzeitig sowohl einen labyrinthartigen Hintergrund als auch Sackgassen aufwiesen.

In Bezug auf die Bearbeitungszeiten - sowohl im Startfeld als auch in den Elementen - scheint der Distraktorhintergrund einen kontraintuitiven Einfluss aufzuzeigen: hier blieb die Präsentation von Elementen mit Distraktorhintergrund ohne Einfluss auf die Bearbeitungszeiten. Daraus muss in erster Linie gefolgert werden, dass der verwendete Distraktorhintergrund zu „einfach“ war, um sich auf das Verhalten der Probanden auszuwirken. Dennoch ist hier fraglich, inwiefern sich in den gemessenen Werten tatsächlich ein fehlender Einfluss des Distraktorhintergrundes auf die perzeptive Verarbeitung abbildet. Einen Ansatz zum besseren Verständnis des fehlenden Einflusses kann dabei die Theorie der Geschwindigkeits-Genauigkeits-Relation ('Speed-accuracy trade-off') liefern: diese besagt, dass eine schnellere motorische Ausführung stets mit einer verringerten Bewegungspräzision einhergeht (Fitts 1954). Nach diesem Erklärungsansatz zeigte der Distraktorhintergrund deshalb keinen Einfluss auf die Bearbeitungszeiten, weil sich die vermehrten perzeptiven Anforderungen bereits in der verringerten Bewegungspräzision

niedergeschlagen haben. Mit anderen Worten: der 'Speed-accuracy trade-off' wird bei Stimuli mit Distraktorhintergrund verschoben, die Bewegungsgeschwindigkeit wird dabei auf Kosten einer weniger präzisen Bewegung beibehalten.

Einen möglichen alternativen Erklärungsansatz bietet hier die 'Theorie der Reaktiven Anspannungssteigerung' (Düker 1963). In der Untersuchung von Düker sollten verschiedene Gruppen von Versuchspersonen fortlaufend Rechenaufgaben lösen und dabei unterschiedliche Mengen von Alkohol und Schlafmitteln einnehmen. Dabei wurden bei hohen Dosierungen deutliche Leistungseinbußen beobachtet, während bei mittleren Dosierungen teilweise Verbesserungen zu verzeichnen waren. Die Ergebnisse wurden dahingehend interpretiert, dass bei mittlerer Belastung eine reaktive Anspannungssteigerung erfolgte, um vermutete Leistungsverschlechterungen abzufangen (Düker 1963). In ähnlicher Weise könnten auch die o.g. Ergebnisse bei der Bearbeitung von Labyrinthen mit Distraktorhintergrund interpretiert werden: in den Ergebnissen zeigt sich demnach eine Leistungssteigerung (bzw. eine Leistungskonstanz) weil die Probanden auf die erschwerten Bedingungen im Sinne einer 'reaktiven Anspannungssteigerung' antworten. Dafür spricht auch die oben dargestellte Beobachtung, dass erst bei gleichzeitig erhöhten Anforderungen an Entscheidungs- und Stimulusanalyseprozesse die Bewegungspräzision abnimmt: nach dem oben entwickelten Erklärungsansatz würden diese Veränderungen darauf hinweisen, dass die erhöhten Anforderungen an stimulusanalysebezogene Prozesse bei Elementen mit Distraktorhintergrund durch eine 'reaktive Anspannungssteigerung' soweit kompensiert werden kann, dass die Bearbeitungszeiten konstant bleiben, bei 'echten Labyrinthen' jedoch auf Kosten der Bewegungspräzision geht.

Alternativ ist in Betracht zu ziehen, dass es sich bei dem fehlenden Einfluss des Distraktorhintergrundes auf die Bearbeitungszeiten um Stichprobeneffekte handelt. Aufgrund der zeitlich sehr umfangreichen Untersuchungen wurde die unabhängige Variable 'Existenz eines Distraktorhintergrundes' als Gruppierungsfaktor herangezogen, d.h. eine Gruppe bearbeitete durchgehend Stimulusvorlagen, die mit einem Distraktorhintergrund versehen waren, die andere Gruppe hingegen ausschließlich Elemente ohne Distraktorhintergrund. Möglicherweise unterscheiden sich dabei beide Gruppen hinsichtlich bestimmter Merkmale, die sich auf die Bearbeitungsstrategie auswirken, denkbar wären hier z.B. Persönlichkeitsmerkmale wie Impulsivität (Porteus 1945) oder Ängstlichkeit (Schmitz 1999).

Gleichwohl sollte die Tatsache berücksichtigt werden, dass die Komplexität des verwendeten Distraktorhintergrundes als eher einfach anzusehen ist und somit - für den fehlenden Einfluss des Distraktorhintergrundes auf die Bearbeitungszeiten - nach wie vor der

---

Erklärungsansatz im Raum steht, dass der Anstieg der Anforderungen an perzeptive Prozesse nicht ausreichte, um sich im offenen Verhalten auszuwirken. Zur Überprüfung dieses Ansatzes könnten die vorhandenen Stimulusvorlagen mit einem Distraktorhintergrund unterlegt werden, der beispielsweise durch längere und/oder zusätzlich eingeführte Sackgassen komplexer erscheint als der in der vorliegenden Arbeit verwendete.

#### **6.4 Einfluss der Existenz von Entscheidungssituationen**

Werden Labyrinth bearbeitet, die Weggabelungen bzw. Sackgassen enthalten, so sind hier Entscheidungen über den zu wählenden Weg zu treffen. Diese Entscheidungsprozesse sind mit einem Zeitaufwand verbunden. Im Kontext der Existenz von Entscheidungssituationen wurde daher vermutet, dass die Probanden mehr Zeit benötigen würden, wenn in den Stimuli entsprechende Entscheidungssituationen enthalten sind.

Die Ergebnisse zeigten – den Erwartungen entsprechend – einen Anstieg des Zeitbedarfs und der Wandberührungszeiten in den Elementen, wenn in den Stimulusvorlagen Sackgassen enthalten waren.

Für rein motorische Aufgaben gilt nach der Theorie der Geschwindigkeits-Genauigkeits-Relation ('Speed-accuracy trade-off'), dass eine schnellere Ausführung stets zu Lasten der Akkuratheit bzw. Präzision geht bzw. dass umgekehrt die Bewegungsgeschwindigkeit abnimmt, wenn in einer Aufgabe präzisere Bewegungsabläufe gefordert sind (Fitts 1954). Vor diesem Hintergrund zeigen die Ergebnisse, dass es sich bei dem beobachteten Effekt eher nicht um motorische Einflüsse handelt. Vielmehr weist gerade die Tatsache, dass langsame Bewegungen mit einer gleichzeitig geringeren Bewegungspräzision auftraten, darauf hin, dass hier vermehrt Anforderungen an perzeptive Prozesse gestellt werden. Diese Interpretation wird durch die beobachtete Interaktion zwischen Entscheidungssituationen und Distraktorhintergrund unterstützt: in den Elementen traten die längsten Wandberührungszeiten dann auf, wenn 'echte Labyrinth' im Sinne von multiplen Elementen mit Sackgassen und labyrinthähnlichem Hintergrund präsentiert wurden.

Im Startfeld hingegen wurden tendenziell erhöhte Bearbeitungszeiten dann gemessen, wenn Stimuli präsentiert wurden, die keine Entscheidungssituationen enthielten. Unter der Prämisse, dass Stimuli ohne Sackgassen mit einer geringeren Menge an aufgabenrelevanter visueller Information einhergehen, wäre unter dieser Bedingung eher eine Verringerung der Bearbeitungszeiten zu erwarten gewesen, die beobachtete Tendenz mutet dementsprechend zunächst kontraintuitiv an.



Eine Erklärung für den beobachteten Sachverhalt könnte dabei in der besonderen Funktion der Startregion liegen. Möglicherweise nutzten die Probanden die Startregion verstärkt zur Überprüfung der nachfolgenden Elemente, sobald sie für das erste Element festgestellt hatten, dass dieses keine Sackgassen enthält. Mit anderen Worten: die Probanden verschafften sich in einer Phase der intensivierten initialen Stimulusanalyse Gewissheit über die Beschaffenheit der nachfolgenden Elemente, um sich damit einen Vorteil in der motorischen Bearbeitung zu verschaffen. Letztlich müsste sich diese intensivierte Stimulusanalyse dann in besseren Zeiten in der darauffolgenden Bearbeitung der Elemente niederschlagen. Dabei scheint es zunächst, als unterstützten die entsprechenden Messwerte diesen Erklärungsansatz. Werden Stimuli ohne Sackgassen präsentiert, so zeigen sich erhöhte Bearbeitungszeiten im Startfeld und ein schnelleres Verarbeitungstempo in den Elementen (und umgekehrt bei Elementen mit Sackgassen). Damit würde gleichzeitig die ursprüngliche Hypothese gestärkt, dass der Bearbeitung multipler Labyrinth eine initiale Analysezeit vorausgeht, was letztlich die theoretische Grundlage zur Einführung einer Startregion bei der Konstruktion der Stimulusvorlagen darstellte.

Allerdings muss hier kritisch auf den fehlenden Einfluss der visuellen Informationsmenge eingegangen werden. Der oben entwickelte Erklärungsansatz setzt ja voraus, dass die nachfolgenden Elemente auch tatsächlich einsehbar sind. Besieht man sich die Ergebnisse jedoch im Detail, so kann man feststellen, dass auch bei geringer verfügbarer visueller Informationsmenge die beschriebenen Unterschiede zwischen Bearbeitungszeit im Startfeld und in den Elementen (bei Stimuli ohne Sackgassen) erhalten bleiben.

Letztlich muss also der obige Erklärungsansatz teilweise verworfen werden. Teilweise deshalb, weil nach wie vor davon ausgegangen werden kann, dass der Startregion eine besondere Rolle im Zusammenspiel von perceptiven Prozessen und der Vorbereitung der motorischen Ausführung zukommt. Allerdings lässt sich der beobachtete Effekt auch nicht ohne weiteres auf die besondere Funktion der Startregion bei der Vorbereitung der motorischen Ausführung bzw. auf Antizipationseffekte zurückführen, wie sie im Kontext des 'Einflusses der Präsentationsweise' hypothetisch entwickelt wurden, da sich hier das 'Vorauswissen' der Probanden über den aktuell zu bearbeitenden Aufgabentypus (siehe Kapitel 6.1) als bedeutsam herausstellte, wohingegen ein solches 'Vorauswissen' bei der Variation der Variablen 'Entscheidungssituationen' weitestgehend ausgeschlossen werden kann.

Eine schlüssige Aussage bezüglich des kontraintuitiv anmutenden Einflusses der Entscheidungssituationen auf die Bearbeitungszeiten im Startfeld kann letztlich auf der Grundlage der vorliegenden Ergebnisse nicht getroffen werden. Festgehalten werden kann gleichwohl, dass sich die Einführung einer Startregion - ähnlich wie im Kontext der Präsentationsweise - erneut als sinnvoll erwiesen hat: es kann vermutet werden, dass sich der beobachtete Effekt in Stimuli ohne Startregion verfälschend auf die Messwerte in den ersten T-Elementen ausgewirkt hätte. Die Hypothese, dass die Einführung einer Startregion der Trennung von initialen Prozessen und den eigentlichen Labyrinthlösungsprozessen in den Elementen dient, wird durch die vorliegenden Ergebnisse gestützt.

Zusammenfassend kann man sagen, dass sich die Bearbeitungszeiten in den Elementen wie erwartet erhöhten, wenn Stimuli mit Entscheidungssituationen präsentiert wurden, d.h. erhöhte Anforderungen an Entscheidungsprozesse führten zu einer Zunahme der Bearbeitungszeiten. Unbeachtet der besonderen Einflüsse von Sackgassen auf die Bearbeitungszeiten im Startfeld kann daher an der Hypothese festgehalten werden, dass es sich bei Entscheidungssituationen um ein wesentliches Merkmal von Labyrinthen handelt.

## **6.5 Einfluss der Elementposition**

Ein wichtiges Teilziel der vorliegenden Arbeit bestand darin, zu überprüfen, ob die Elemente als voneinander unabhängige Elemente bearbeitet werden (s.o.). Dabei wurde angenommen, dass nur bei einer weitgehenden Unabhängigkeit davon ausgegangen werden kann, dass es sich bei den Elementen tatsächlich um Items handelt. Diese Frage wurde experimentell umgesetzt, indem untersucht wurde, wie sich die Bearbeitung multipler Elemente in Abhängigkeit von ihrer Position in multiplen Labyrinthen unterscheidet. Es wurde erwartet, dass sich die Elementposition nicht auf die Bearbeitung der Elemente auswirken würde. Die Ergebnisse zeigen jedoch, dass sowohl die Bearbeitungszeiten als auch die Bewegungspräzision von der Position der Elemente beeinflusst werden.

Dabei fällt auf, dass die grundlegende Charakteristik des Bewegungsablaufs - vor allem eine deutliche Zunahme der Bewegungsgeschwindigkeit gegen Ende der multiplen Labyrinth - durch die Manipulation anderer Labyrinthmerkmale nicht wesentlich beeinflusst wird.

Interessant erscheint hier vor allem, dass die charakteristischen Zeitunterschiede zwischen den Elementpositionen auch dann erhalten bleiben, wenn einfachst mögliche Sequenzen von Elementen - d.h. pfadartige Stimuli ohne Entscheidungssituationen und ohne Distraktorhintergrund - bearbeitet werden. Zwar zeigen die Entscheidungssituationen einen

Einfluss auf die Bearbeitungszeiten, dieser ist jedoch nicht mit dem Einfluss der Elementposition verknüpft, d.h. er tritt als Haupteffekt auf.

Daraus lässt sich ableiten, dass die Unterschiede in der Verarbeitung zwischen den einzelnen Elementen - innerhalb einer Sequenz von Elementen - auf Unterschiede in den motorischen Abläufen zurückzuführen sind. Mit anderen Worten: die Unterschiede zwischen den Elementen heben sich auf, wenn man den motorischen Anteil mit berücksichtigt.

In Hinblick auf die ursprünglich als labyrinthtypisch definierten Entscheidungssituationen kann also festgehalten werden, dass diese - über die Elementpositionen hinweg betrachtet - keinen Einfluss auf die Bearbeitungszeiten nehmen. Die T-Elemente könnten demnach bezüglich ihrer 'labyrinthartigen' Aspekte doch miteinander vergleichbar sein.

Gestützt wird dieser Interpretationsansatz durch die Tatsache, dass die Fenstergröße keinen Einfluss auf die Bearbeitung zeigt. Aus der Literatur ist bekannt, dass bei der Bearbeitung von Labyrinthaufgaben mehrere kognitive Teilfunktionen schleifenförmig durchlaufen werden (Krieger 1999). Der fehlende Einfluss sowohl der Fenstergröße als auch der Elementposition - sofern hier motorische Einflüsse mit berücksichtigt werden - kann dabei als Hinweis darauf verstanden werden, dass in den verwendeten elementbasierten Labyrinthern solche Schleifen von Teilprozessen mit den zugrundeliegenden (grafischen) Elementen eng verknüpft sind.

Die enge Verknüpfung zwischen grafischen Elementen einerseits und von schleifenförmig wiederholt beanspruchten Ketten von Teilprozessen andererseits stellt dabei die theoretische Grundlage für den Itemcharakter der verwendeten Elemente dar. Die ursprüngliche Hypothese, nach der Elemente in der Sequenz jeweils getrennt und nacheinander in sich wiederholenden schleifenförmigen Ketten von Teilprozessen bearbeitet werden und somit getrennt auswertbare Items darstellen, wird durch die Ergebnisse insgesamt gestützt.

Einschränkend muss hier angemerkt werden, dass der oben ausgeführte Interpretationsansatz nur möglich ist, weil der motorische Anteil in den multiplen Labyrinthern - über die Einführung der 'Pfad-Bedingung' - kontrollierbar wird. Für zukünftig zu entwickelnde Versuchspläne lässt sich daraus die Forderung ableiten, dass der Faktor 'Existenz von Entscheidungssituationen' in jedem Fall erhalten werden sollte, da nur so Unterschiede zwischen den Elementpositionen, die sich von Seiten der motorischen Anforderungen ergeben, kontrolliert werden können.

Kritisch angemerkt werden muss in diesem Kontext auch, dass es sich bei der Variation der Entscheidungssituationen in der vorliegenden Arbeit um eine - unter dem Aspekt der

Stimulusanalyse betrachtet - relativ „einfache“ Merkmalsvariation handelte, da in der konkreten Ausführung vergleichsweise kurze und somit übersichtliche Sackgassen dargeboten wurden. Möglicherweise treten bei Stimulusvorlagen, in denen Stimulusanalyse- und Entscheidungsprozesse durch Verwendung längerer oder abgewinkelter Sackgassen forciert werden, doch Unterschiede in Abhängigkeit von der Elementposition auf, die nicht auf motorische Anteile zurückgeführt werden können.

## **6.6 Zusammenfassung und Ausblick**

Der Einsatz von aus der Animalpsychologie bekannten elementbasierten Labyrinthen erscheint auch für die Bearbeitung kognitionspsychologischer Fragestellungen im Humanbereich vielversprechend. Dies vor allem, weil sie eine gezielte experimentelle Manipulation einzelner Labyrinthmerkmale unter Konstanzhaltung anderer erlauben, d.h. sie ermöglichen – besser als traditionelle Labyrinth – eine isolierende Bedingungsvariation. Zudem ermöglichen sie die Konstruktion einer hohen Anzahl von Parallelförmigen, was bei traditionellen Labyrinthen stets mit methodischen Problemen verbunden ist.

Im Detail konnte gezeigt werden, dass in der Einzelpräsentation ein grundlegend anderer Bearbeitungsmodus zum Tragen kommt als in der multiplen Präsentation: das Verarbeitungstempo in den Einzel-Elementen lag auch dann höher als dasjenige in den multipel präsentierten Elementen, wenn sich die visuelle Informationsmenge in beiden Bedingungen exakt entsprach. Dabei lassen sich die Ergebnisse am ehesten dahingehend interpretieren, dass es vor allem Unterschiede in der motorischen Ausführung sind, die sich in den beobachteten Zeitunterschieden widerspiegeln. In der Zusammenschau mit anderen Interpretationsansätzen und Beobachtungen - und hier vor allem der besonderen Funktion der Startregion - kann darüberhinaus vermutet werden, dass sich beide Aufgabentypen bereits in der motorischen Vorbereitung unterscheiden, d.h. abhängig vom Aufgabentyp unterschiedliche Handlungspläne entworfen werden. Insgesamt weisen die vorliegenden Ergebnisse also darauf hin, dass die Vermutung, Labyrinth müssten im Wesentlichen als „eine Abfolge von Entscheidungssituationen“ (Lis 2000) definiert werden, zutrifft. Umgekehrt kann gefolgert werden, dass es sich bei einzeln präsentierten Elementen letztlich nicht um Labyrinth im engeren Sinne handelt und folglich Aufgaben, in denen solche Elemente präsentiert werden (Daum & Schugens 1991, Skinner 1957) treffender als 'binäre Entscheidungsaufgaben' beschrieben werden können. Mit anderen Worten: es wurde nachgewiesen, dass ein Labyrinth tatsächlich mehr ist 'als die Summe seiner Teile'.

Die oben erwähnte besondere Funktion der Startregion zeigte sich nicht nur im Kontext der Variablen 'Präsentationsweise', sondern auch im Rahmen anderer Fragestellungen, die z.B. den Distraktorhintergrund oder die Entscheidungssituationen betrafen. Wurden bei der Präsentation von Stimuli mit Sackgassen erwartungsgemäß erhöhte Bearbeitungszeiten in den Elementen gemessen, was die Hypothese erhöhter Anforderungen an Entscheidungsprozesse unter dieser Bedingung unterstützt, so scheint sich im Startfeld ein kontraintuitiver Effekt darzustellen: hier waren die Bearbeitungszeiten erhöht wenn Stimuli ohne Entscheidungssituationen präsentiert wurden.

Im Startfeld scheinen sich demnach in besonderer Weise initiale Prozesse abzubilden, wengleich hier nicht abschließend geklärt werden konnte, ob es sich dabei vorwiegend um motorische oder um stimulusanalysebezogene Prozesse handelt. Für künftige Untersuchungen lässt sich jedoch in jedem Falle die Einführung einer Startregion befürworten, da andernfalls eine Verzerrung der Messwerte in den ersten T-Elementen durch die beobachteten Effekte befürchtet werden muss.

Eine weitere wichtige Kernfrage der vorliegenden Arbeit betraf die Vermutung, dass es sich bei den Elementen in multipler Präsentation um getrennt auswertbare Items handelt. Hier scheinen die in Abhängigkeit von der Elementposition beobachteten Unterschiede in den Bearbeitungszeiten zunächst darauf hinzuweisen, dass die Elemente nicht als voneinander unabhängig bearbeitete Einheiten anzusehen sind und folglich nicht als Items gelten können. Betrachtet man die diesbezüglichen Ergebnisse jedoch genauer, so lässt sich feststellen, dass für die beobachteten Unterschiede nicht unbedingt labyrinthtypische Eigenschaften verantwortlich zu machen sind, die Unterschiede können vielmehr auch auf die besonderen motorischen Anforderungen in den multiplen Elementen zurückgeführt werden. Die T-Elemente könnten demnach bezüglich ihrer 'labyrinthartigen' Aspekte doch miteinander vergleichbar sein. Letztlich weist diese Möglichkeit auf die Hypothese hin, dass bei der Bearbeitung von elementbasierten Labyrinthen die involvierten Subprozesse nicht nur wiederholt schleifenförmig durchlaufen und abgearbeitet werden, wie es aus der Literatur bekannt ist (Porteus 1965, Krieger 1999), sondern diese Schleifen auch eng mit den Elementen verknüpft sind. Diese Hypothese wird durch die Tatsache gestützt, dass sich bei Bearbeitung multipler Elemente kein Einfluss der Fenstergrößenvariation beobachten ließ, was sich als Hinweis darauf verstehen lässt, dass zumindest stimulusanalysebezogene Prozesse eng mit den zugrundeliegenden Elementen verknüpft sind.

Kritisch angemerkt werden soll hier, dass sich Hinweise auf eine Vergleichbarkeit der Elemente nur indirekt - unter Berücksichtigung der Ergebnisse bezüglich der 'Pfad'-Bedingung - ergeben. Auch muss hier nochmals darauf hingewiesen werden, dass die

perzeptiven Anforderungen der verwendeten Stimulusvorlagen – zumindest im Vergleich zu ‘traditionellen Labyrinthen’ - als insgesamt relativ niedrig anzusehen sind, was sich günstig auf die Vergleichbarkeit der Elemente auswirken dürfte.

Dabei soll jedoch auch erwähnt werden, dass das vorrangige Ziel der vorliegenden Arbeit darin bestand, die allgemeine Brauchbarkeit von elementbasierten Labyrinthen zum Experimentieren zu überprüfen. Die Möglichkeiten zur Variation labyrinthtypischer Merkmale – wie Distraktorhintergrund und Sackgassen – , wie sie bei elementbasierten Labyrinthen in besonderem Maße gegeben sind, wurden dabei bei weitem nicht vollständig ausgeschöpft, so dass hier weitere Untersuchungen ansetzen könnten.

Auch stellt sich die Frage, ob und in welcher Weise die Bearbeitung der verwendeten Stimulusvorlagen durch Patienten von der Bearbeitung durch gesunde Probanden abweicht. Erste Untersuchungen mit schizophren erkrankten Personen weisen zumindest darauf hin, dass hier Unterschiede bestehen.

Insgesamt kann festgehalten werden, dass es sich bei elementbasierten Labyrinthen - trotz der Probleme, die mit diesem Aufgabentypus verbunden sind - um eine ebenso interessante wie vielversprechende Methode zur Untersuchung von kognitiven Prozessen bei Labyrinthaufgaben handelt. Allerdings sind vermutlich weitere Untersuchungen zur Klärung der offenen Fragen und zum Verständnis der zugrundeliegenden kognitiven Verarbeitung bei elementbasierten Labyrinthen notwendig.

## 7. LITERATUR

ANDREASEN NC, PARADISO S, O'LEARY DS (1998) "Cognitive dysmetria" as an integrative theory of schizophrenia: A dysfunction in cortical-subcortical-cerebellar circuitry? *Schizophrenia-Bulletin*. 1998, Vol 24(2): 203-218.

ANDREASEN NC, NOPOULOUS P, O'LEARY DS, MILLER DD, WASSINK T, FLAUM M (1999) Defining the phenotype of schizophrenia: Cognitive dysmetria and its neural mechanisms. *Biological-Psychiatry*. 1999, Vol 46(7): 908-920.

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

ARBIB MA (1989) *The metaphorical brain 2*. New York: Wiley.

BADDLEY AD (1986) *Working Memory*. Oxford: Clarendon Press.

BALKENIUS C (1995) *Natural Intelligence in artificial creatures*. Lund University Cognitive Studies 37.

BARKER RG (1932) Factors influencing transfer between finger mazes. *J Gen Psychol*, 6: 115-132.

BINET A, SIMON T (1905) Méthodes nouvelles pour le diagnostic du niveau intellectuel des anormaux. *L'Année Psychologique* 11 (1905), 191-244

CHAPUIS F (1959) *Der Labyrinthtest*. Bern, Huber.

CRAMON, von D, CRAMON, von G (1995) Problemlösendes Denken. In: CRAMON, von D, MAI N, ZIEGLER W (eds) *Neuropsychologische Diagnostik*. Weinheim: Chapman & Hall, 123-152.

CRAMON, von D, MAI N, ZIEGLER W (1995) *Neuropsychologische Diagnostik*. Weinheim: Chapman & Hall

DASHIELL JF, BAYROFF AG (1931) A forward-going tendency in maze running. *J Comp Psychol*, 12: 77-94.

DAUM I, SCHUGENS MM, CHANNON S, POLKEY CE, GRAY JA (1991) T-maze discrimination and reversal learning after unilateral temporal or frontal lobe lesions in man. *Cortex* 27: 613-622.

DECROLEY & BUYSSE (1928) *La pratique des tests mentaux*. Paris.

DONDERS FC (1868) Die Schnelligkeit psychischer Prozesse. *Reicherts's & Dubois Archiv für Anatomie, Physiologie und Wissenschaftliche Medizin*: 657-681.

DÜKER H (1963) Über reaktive Anspannungssteigerung. *Zeitschrift für Experimentelle und Angewandte Psychologie*, 10: 46-72.

EGGERT D, SCHUCK KD (1975) *Hannover-Wechsler-Intelligenztest für das Vorschulalter (HAWIVA)*. Bern - Stuttgart - Wien (Huber) 1975

- 
- ENGELKAMP J, PECHMANN T (1988) Kritische Anmerkungen zum Begriff der mentalen Repräsentation. *Sprache & Kognition*; 1988: 7, 2-11.
- FITTS PM (1954) The information capacity of the human motor system in controlling the amplitude of movement. *Journal of Experimental Psychology*, 47 (6): 381-391.
- FODOR JA (1983) *The Modularity of Mind*. Cambridge: MIT Press.
- FRITH CD, DONE DJ (1988) Towards a neuropsychology of schizophrenia. *Br J Psychiatry*, 153: 437-443.
- GALLHOFER B (1999) Messung der kognitiven Leistungsfähigkeit mit Hilfe von kognitiven Funktionstests - Untersuchungen mit Labyrinthaufgaben. *Fortschr Neurol Psychiat*, 67: 64-99.
- 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 suppl 395, 118-128.
- GREENHOUSE SW, GEISSER S (1959) On methods in the analysis of profile data. *Psychometrika*, 24, 95-112.
- HEATON RK (1981) *Wisconsin Card Sorting Manual*. Odessa, FL: Psychological Assessment Resources.
- HICKS VC, CARR H (1912) Human reactions in a maze. *J Anim Behav*, 2: 98-125.
- HOLZKAMP (1972) *Kritische Psychologie*. Frankfurt/M.: Fischer 1972.
- HOMMEL B (2002) Planung und exekutive Kontrolle von Handlungen – Planung einfacher Handlungen - Antizipationseffekte. In: MÜSSELER J & PRINZ W (eds.) *Allgemeine Psychologie*. Heidelberg – Berlin. Spektrum Akademischer Verlag: 796-863.
- HUSSY W (1984) *Denkpsychologie*. Bd. 1. Stuttgart: Kohlhammer.
- JAMES W (1890) *Principles of Psychology*. New York: Holt.
- KAGAN J (1966) Reflection – impulsivity: the generality and dynamics of conceptual tempo. *J Abnorm Psychol*, 71: 17-24.
- KALLENBACH K (1979) Dimensionen des Lernerfolges beim Labyrinthlernen. Göttingen: Hogrefe.
- 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. *Neuropsychologica*, 30: 1011-1016.
- 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.
- KRIEGER S, LIS S, GALLHOFER B (1998) Labyrinthaufgaben bei schizophrenen Patienten: Interaktionen von Perzeption und Handlung. In: MÖLLER HJ, MÜLLER N. eds. *Schizophrenie - Moderne Konzepte zu Diagnostik, Pathogenese und Therapie*. Berlin: Springer, 1998: 243-253.



- KRIEGER (1999) Funktionell isolierbare kognitive Subprozesse und schizophrene Störungen. Dissertation, Justus-Liebig-Universität, Gießen.
- KRIEGER S, LIS S, GALLHOFER B (2001) Cognitive Sub-Processes and Schizophrenia: B: Maze Tasks. *Acta Psychiatrica Scandinavica*, 104 (Suppl. 408), 28-41.
- KRIEGER S, LIS S, RUNZHEIMER P, GALLHOFER B (2001) Differentiation of antipsychotic treatment strategies by reaction time decomposition in chronically ill schizophrenic patients. *Zeitschrift für Neuropsychologie*, 12(1), 32-41.
- KRIKORIAN R, BARTOK JA (1998) Developmental data for the Porteus Maze test. *Clin Neuropsychologist*, 12: 305-310.
- KUNZ W, RITTEL H (1972) Die Informationswissenschaften: Ansätze, Probleme, Methoden und ihr Ausbau in der Bundesrepublik Deutschland. München [u.a.] : Oldenbourg, 1972
- LAUNAY M (1983) Complexite de la tache et representation dans l'apprentissage spatial chez l'homme. *Cahiers Psychologie Cognitive*, 3: 147-157.
- LEHRL S (1975) Manual zum Mehrfach-Wortwahl-Test (MWT). Erlangen: Perimed.
- LEZAK MD (1976) Neuropsychological assessment. New York: Oxford University Press.
- LIENERT GA (1969) Testaufbau und Testanalyse. 3. Auflage. Verlag Julius Beltz. Weinheim Berlin Basel, 1969.
- LIS S (2000) Kognitive Prozesse in Labyrinthaufgaben mit vollständig sichtbarem Wegsystem bei gesunden Personen. Dissertation, Justus-Liebig-Universität, Gießen.
- LIS S, WILHELM J, GALLHOFER B, KRIEGER S (2000) Visual Feedback in maze solving of schizophrenic patients. *Schizophrenia Res*: 41, 293-294.
- MASCHEWSKY W (1980) Experiment. In: Handwörterbuch der Psychologie. ASANGER R, WENNINGER G (Hrsg.) Weinheim, Basel: Beltz, 1980: 137-143.
- MASSARO DW (1990) An information processing analysis of perception and action. In: NEUMANN O & PRINZ W (eds) Relationships between perception and action. Berlin: Springer: 133-166.
- MAYO E (1984) Hawthorne and the Western Electric Company. In: Organization Theory: Selected Readings. PUGH DS (ed) New York: Penguin. 1984. pp 279-292.
- McCLELLAND JL (1979) On the time relations of mental processes: an examination of systems of processes in cascade. *Psychol Rev*: 86, 287-330.
- MILL JS (1872) System der deductiven und inductiven Logik. Leipzig 1872.
- MILLER GA, GALANTER E, PRIBRAM KH (1960) Plans and the structure of behavior. New York: Holt.
- MÜSSELER J (2002) Visuelle Wahrnehmung. In: MÜSSELER J & PRINZ W (eds.) Allgemeine Psychologie. Heidelberg – Berlin. Spektrum Akademischer Verlag: 14-65.
- NEISSER U (1967) Cognitive Psychology. New York: Appleton.

- NICKERSON RS (1973) The use of binary-classification tasks in the study of human information processing: a tutorial survey. In: KORNBLUM S (ed) Attention and Performance. New York: Academic Press. 449-475.
- NORDEN J (1953) Anleitung zur Intelligenzprüfung nach Binet-Boberag. Stuttgart.
- NORMAN DA, SHALLICE T (1986) Attention to action: willed and automatic control of behavior. In : DAVIDSON RJ, SCHWARTZ GE & SHAPIRO D (eds) Consciousness and self regulation. New York: Plenum Press, 4: 1-18.
- NUECHTERLEIN KH (1977) Reaction time and attention in schizophrenia: A critical evaluation of the data and theories. Schizophr Bull, 3: 373-428.
- OSWALD WD, FLEISCHMANN UM (1995) Nürnberger-Alters-Inventar (NAI).Göttingen: Hogrefe.
- PARKER DM, CRAWFORD JR (1992) Assessment of frontal lobe dysfunction. In: CRAWFORD JR, PARKER DM & MCKINLAY WW (eds) A handbook of neuropsychological assessment. Hove: Lawrence Erlbaum Associates, 267-291.
- PECHMANN T, ENGELKAMP J (1992) Mentale Repräsentation - Verschiedene Sichtweisen eines Begriffs. Sprache & Kognition; 1998: 11, 51-64.
- PORTEUS SD (1914) The Porteus Maze Test - Vineland Revision. New York: Stoelting.
- PORTEUS SD (1917) Mental test with delinquents and Australian aboriginal children. Psychol Review, 24: 32-42.
- PORTEUS SD (1945) Q-scores, temperament and delinquency. J Social Psychol, 21: 81-103.
- PORTEUS (1956) Porteus Maze Test developments. Perceptual Motor Skills, 6: 135-142.
- PORTEUS SD (1965) Porteus Maze Test. Fifty Years' Application. New York: Psychological Corporation.
- POSNER MI (1993) Foundations of cognitive science. Cambridge: MIT Press.
- ROSENBAUM DA, MARCHAK F, BARNES HJ, VAUGHAN J, SLOTTA JD, JORGENSEN MJ (1990) Constraints for action selection: Overhand versus underhand grips. In: JEANNEROD M (Ed.), Attention and Performance XIII: Motor representation and control (pp. 321-342). Hillsdale, NJ: Erlbaum. Zitiert nach HOMMEL B (2002)
- RUDOLF H (1986) Graphomotorische Testbatterie. Weinheim: Beltz.
- RUMELHART DE, McCLELLAND JL (1986) (eds) Parallel distributed processes. Vol I / II., Cambridge: MIT Press.
- SANDERS AF (1980) Stage analysis of reaction processes. In: STELMACH GE & REQUIN J (eds) Tutorials in motor behaviour. Amsterdam, 331-354.
- SCHMITZ S (1995) Geschlechtsspezifische Einflüsse der Angst auf Zeit- und Fehlerleistungen in Labyrinthaufgaben zur Raumorientierung im Jugendalter. Z Entwicklungspsychologie und pädagogische Psychologie, 27: 251-267.

---

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

SHALLICE T (1988) *From neuropsychology to mental structure*. Cambridge university Press: Cambridge.

SKINNER BF (1957) The experimental analysis of behavior. *Am Scientist*, 45: 343-371.

SMALL WS (1900) An experimental study of the mental processes of the rat II. *Am J Psychol*, 12: 133-164.

STERNBERG (1969) On the discovery of processing stages: Some extensions of Donders method. *Acta Psychologica*, 30: 276-315.

STERNBERG (1996) *Cognitive Psychology*. Fort Worth: Harcourt.

STODDARD J, VAID J (1996) Asymmetries in intermanual transfer of maze learning in right- and left-handed adults. *Neuropsychologia*, 34: 605- 608.

TIZARD J (1951) Porteus maze test and intelligence. *Brit J educ Psychol*, 21: 172-185.

TOLMAN EC (1932) *Purposive behaviour in animal and man*. New York: Appleton Century Croft.

VERWORN M (1912 ) *Kausale und konditionale Weltanschauung*. Jena 1912.

WALLESCH CW, KARNATH HO, PAPAGNO C, ZIMMERMANN P, DEUSCHL G, LÜCKING CH (1990) Parkinson's disease patient's behaviour in a covered maze learning task. *Neuropsychologia*, 28: 839-849.

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 (1974) *Manual for the Wechsler intelligence scale for children – revised*. New York: Psychological Corporation.

WOODWORTH RS, SCHLOSBERG H (1954) *Experimental psychology*. 3. Auflage. New York, Chicago, San Francisco: Holt Rinehart and Winston.

WUNDT W (1902) *Grundzüge der physiologischen Psychologie*. Leipzig: Bart.

## ANHANG

Tab. 5.1.7: Kontraste im stufenweisen Vergleich zwischen Einzelpräsentation bei unterschiedlicher Reihenfolgeposition und Multipler Präsentation

Quelle	df 1	df 2	F	p	
Einzelpräsentation in Position 1 gegen Multiple Präsentation	1	46	.416	.522	
Einzelpräsentation in Position 2 gegen Multiple Präsentation	1	46	2.084	.156	
Einzelpräsentation in Position 3 gegen Multiple Präsentation	1	46	5.044	.030	*
Einzelpräsentation in Position 4 gegen Multiple Präsentation	1	46	4.270	.044	*
Einzelpräsentation in Position 5 gegen Multiple Präsentation	1	46	12.199	.001	***
Einzelpräsentation in Position 6 gegen Multiple Präsentation	1	46	8.651	.005	**
Einzelpräsentation in Position 7 gegen Multiple Präsentation	1	46	15.825	.001	**
Einzelpräsentation in Position 8 gegen Multiple Präsentation	1	46	23.512	<.0001	****
Einzelpräsentation in Position 9 gegen Multiple Präsentation	1	46	12.157	.001	***
Einzelpräsentation in Position 10 gegen Multiple Präsentation	1	46	22.070	<.0001	****
Einzelpräsentation in Position 11 gegen Multiple Präsentation	1	46	39.792	<.0001	****
Einzelpräsentation in Position 12 gegen Multiple Präsentation	1	46	44.705	<.0001	****
Einzelpräsentation in Position 13 gegen Multiple Präsentation	1	46	44.023	<.0001	****
Einzelpräsentation in Position 14 gegen Multiple Präsentation	1	46	39.541	<.0001	****
Einzelpräsentation in Position 15 gegen Multiple Präsentation	1	46	49.674	<.0001	****
Einzelpräsentation in Position 16 gegen Multiple Präsentation	1	46	54.637	<.0001	****
Einzelpräsentation in Position 17 gegen Multiple Präsentation	1	46	48.132	<.0001	****
Einzelpräsentation in Position 18 gegen Multiple Präsentation	1	46	70.509	<.0001	****
Einzelpräsentation in Position 19 gegen Multiple Präsentation	1	46	57.836	<.0001	****
Einzelpräsentation in Position 20 gegen Multiple Präsentation	1	46	59.273	<.0001	****
Einzelpräsentation in Position 21 gegen Multiple Präsentation	1	46	66.351	<.0001	****
Einzelpräsentation in Position 22 gegen Multiple Präsentation	1	46	65.721	<.0001	****
Einzelpräsentation in Position 23 gegen Multiple Präsentation	1	46	57.054	<.0001	****
Einzelpräsentation in Position 24 gegen Multiple Präsentation	1	46	58.367	<.0001	****
Einzelpräsentation in Position 25 gegen Multiple Präsentation	1	46	65.205	<.0001	****
Einzelpräsentation in Position 26 gegen Multiple Präsentation	1	46	65.942	<.0001	****
Einzelpräsentation in Position 27 gegen Multiple Präsentation	1	46	65.026	<.0001	****
Einzelpräsentation in Position 28 gegen Multiple Präsentation	1	46	37.985	<.0001	****
Einzelpräsentation in Position 29 gegen Multiple Präsentation	1	46	46.290	<.0001	****
Einzelpräsentation in Position 30 gegen Multiple Präsentation	1	46	57.086	<.0001	****
Einzelpräsentation in Position 31 gegen Multiple Präsentation	1	46	43.446	<.0001	****
Einzelpräsentation in Position 32 gegen Multiple Präsentation	1	46	82.136	<.0001	****
Einzelpräsentation in Position 33 gegen Multiple Präsentation	1	46	67.623	<.0001	****
Einzelpräsentation in Position 34 gegen Multiple Präsentation	1	46	54.916	<.0001	****
Einzelpräsentation in Position 35 gegen Multiple Präsentation	1	46	67.695	<.0001	****
Einzelpräsentation in Position 36 gegen Multiple Präsentation	1	46	75.660	<.0001	****

## Lebenslauf

### Persönliche Daten:

Name: Hanisch  
Vorname: Marko Stefan  
Geburtsdatum: 14.01.1974  
Geburtsort: Berlin - Wilmersdorf  
Anschrift: Gnauthstr. 27, 35390 Gießen

### Schulbildung und beruflicher Werdegang:

1980 – 1984	Grundschule
1984 – 1993	Johannes-Kepler-Gymnasium Weil der Stadt, Zeugnis der Hochschulreife
1993 – 1995	Zivildienst im Seniorenheim des Samariterstifts Leonberg
1995 – 2003	Studium der Humanmedizin an der Justus-Liebig-Universität Gießen
2003 – 2004	Tätigkeit als wissenschaftliche Hilfskraft im Kognitionslabor am Zentrum für Psychiatrie der Justus-Liebig-Universität Gießen
seit 2004	Zunächst als AiP dann als Stationsarzt tätig in der Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie am Zentrum für Soziale Psychiatrie Gießen

## **Danksagung**

Für die freundliche Unterstützung bei der Entwicklung, Vorbereitung und Realisierung der vorliegenden Arbeit möchte ich mich bei folgenden Personen bedanken:

- bei dem Leiter des Zentrums für Psychiatrie an der Justus-Liebig-Universität Gießen, Herrn Prof. Dr. med. Bernd Gallhofer, für die ausgezeichneten gebotenen Möglichkeiten zum wissenschaftlichen Arbeiten im Kognitionslabor
- bei Frau Dipl.-Psych. Dr. Stefanie Lis und Herrn Dipl.-Psych. Dr. Stefan Krieger für ihre geduldige fachliche Beratung, tatkräftige Unterstützung und umfassende Betreuung
- bei Frau Prof. Dr. Dr. Petra Netter für ihre wissenschaftliche Beratung und wertvollen Anregungen
- bei allen Probandinnen und Probanden, die an den Untersuchungen und Voruntersuchungen der vorliegenden Arbeit teilgenommen haben
- bei allen Kolleginnen und Kollegen des Kognitionslabors für die freundliche Zusammenarbeit und die gute Arbeitsatmosphäre

## **Erklärung**

Ich erkläre: Ich habe die vorliegende Dissertation selbständig, ohne unerlaubte fremde Hilfe und nur mit den Hilfen angefertigt, die ich in der Dissertation angegeben habe. Alle Textstellen, die wörtlich oder sinngemäß aus veröffentlichten oder nicht 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.

Gießen, im November 2005

---

Marko Stefan Hanisch