

Eberhard Karls Universität Tübingen
Mathematisch-Naturwissenschaftliche Fakultät
Kognitive Neurowissenschaft

Bachelorarbeit

Der Einfluss von okulomotorischem Rehearsal auf
die Gedächtnisspanne beim CORSI Experiment

Lena-Sophie Martis

31. August 2012

Gutachter

Prof. Dr. Hanspeter A. Mallot
Lehrstuhl für Kognitive Neurowissenschaft
Universität Tübingen

Betreuer

Dr. Gregor Hardiess
Lehrstuhl für Kognitive Neurowissenschaft
Universität Tübingen

Bearbeitungszeitraum:
1.Mai 2012 - 31.August 2012

Abstract

Wie halten wir eben Gehörtes oder Gelesenes in unserem Gedächtnis aufrecht um diese Informationen zu verarbeiten? Die Antwort ist ganz einfach: Wir wiederholen es mental oder verbal. Dies ist wichtig, um Texte zu verstehen, aber auch um „mal eben“ eine Telefonnummer niederzuschreiben. Für solche Aufgaben ist das Arbeitsgedächtnis zuständig. Und nur von diesem kann auch Information weiter in das Langzeitgedächtnis überführt werden. Doch wie verarbeitet unser Arbeitsgedächtnis Informationen, die sich nicht auf verbaler Ebene wiederholen lassen, wie es zum Beispiel bei visuell-räumlichen Stimuli der Fall ist? Dies zu erforschen, war das Ziel der Studie. Hierbei wurde davon ausgegangen, dass Augenbewegungen und Aufmerksamkeitsverschiebungen den Wiederholungsprozess der verbalen Ebene ersetzen. Dazu wurde das *CORSI Block-Tapping* Paradigma mit Doppelaufgaben kombiniert, die das Wiederholen von visuell-räumlichen Stimuli nur durch Aufmerksamkeitsverschiebungen, Augenbewegung und Aufmerksamkeitsverschiebungen oder keines von beidem zuließen. In Abhängigkeit davon wurde die Arbeitsgedächtnisspanne untersucht. Die Ergebnisse zeigten, dass die Aufmerksamkeitsspanne am Größten war, wenn beide Mechanismen zum Wiederholen verwendet werden konnten. Am Geringsten war die Arbeitsgedächtnisspanne hingegen, wenn keiner der beiden Mechanismen zur Verfügung stand. Daraus lässt sich schließen, dass sowohl Augenbewegungen wie auch Aufmerksamkeitsverschiebungen zum Memorisieren von visuell-räumlichen Informationen beitragen.

Danksagung

Hiermit möchte ich mich bei allen Menschen bedanken, die zum Gelingen meiner Bachelorarbeit beigetragen haben.

Allen voran natürlich Gregor, meinem Betreuer. Durch ihn erlangte ich interessante Einblicke in den Bereich der Forschung. Dabei schuf er eine gute Balance zwischen Unterstützung und Motivation zum eigenständigen Arbeiten. Die Besprechungen zu dem Versuch und den dazugehörigen Themenbereichen hat mir immer Freude bereitet und mich zum Diskutieren motiviert. Auch konnte ich stets alles fragen, was mir in den Kopf kam. Vielen Dank!

Des Weiteren möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. Hanspeter A. Mallot bedanken, der stets mit Interesse die Fortschritte unserer Bachelorarbeiten verfolgte und uns verlässlich mit seinem Rat zur Seite stand.

Hierbei geht mein Dank auch an die Arbeitsgruppe des Lehrstuhls Kognitive Neurobiologie, für die offene Art und Weise, mit der alle Bachelorstudenten aufgenommen wurden.

Außerdem bedanke ich mich bei meinen Freunden und meiner Familie, die mich auf vielfältigem Wege unterstützt haben. Sei es als Versuchsperson, durch ihre Motivation, als Helfer bei meinen unzähligen Fragen zu den verschiedensten Bereichen meiner Bachelorarbeit, als Korrekturleser oder einfach durch ihre Präsenz, die auch einmal eine willkommene Ablenkung während dem täglichen Schreiben sein konnte. All dies hat seinen Beitrag zu meiner Bachelorarbeit geliefert. Hier möchte ich vor allem Natalie erwähnen. Dank ihr hatte ich sogar bei stundenlangem gemeinsamen Knobeln über dem Versuchscode noch Spaß und konnte mich auf die gegenseitige Unterstützung in allen Bachelorarbeitsphasen verlassen.

Eidesstattliche Erklärung und Erklärung zum Eigenanteil an der Gruppenarbeit

Ich, Lena-Sophie Martis, Matrikel-Nr. 3415126, versichere hiermit, dass ich meine Bachelorarbeit mit dem Thema

Der Einfluss von okulomotorischem Rehearsal auf die Gedächtnisspanne beim CORSI Experiment

selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe, wobei ich alle wörtlichen und sinngemäßen Zitate als solche gekennzeichnet habe. Die Arbeit wurde bisher keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch nicht veröffentlicht.

Teile dieser Bachelorarbeit entstanden in Zusammenarbeit mit Natalie Christner, deren Arbeit den Titel „Der Einfluss von aufmerksamkeitsbasiertem Rehearsal auf die Gedächtnisspanne im CORSI Experiment“ trägt. Die Modifizierung der Experimentalprogramme, die Erstellung von Dokumenten über den Versuchsablauf und die Auswertung der Ergebnisse erfolgte zusammen, wobei ich mich auf die erste und zweite Versuchsbedingung konzentrierte und Natalie Christner auf die dritte und vierte. Auch die Erhebung der Daten wurde zusammen vorgenommen. Wir testeten beide jeweils die Hälfte der Versuchspersonen, fassten aber alle Daten in der Auswertung zusammen. Die Ausformulierung in der Bachelorarbeit erfolgte eigenständig.

Tübingen, den 31. August 2012

LENA-SOPHIE MARTIS

Lena-Sophie Martis

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	IV
Tabellenverzeichnis	V
1 Einleitung	1
1.1 Gedächtnis im Überblick	1
1.2 Gedächtnismodelle	2
1.2.1 Das Multi-Speicher-Modell von Atkinson und Shiffrin	2
1.2.2 Das Modell zum Arbeitsgedächtnis nach Baddeley und Hitch	3
1.2.3 Das <i>Embedded-Process-Model</i> des Arbeitsgedächtnisses von Cowan	5
1.3 Das CORSI <i>Block-Tapping</i> Paradigma	8
2 Material und Methoden	10
2.1 Versuchspersonen	10
2.2 Material zum Versuch	10
2.3 Versuch und Ablauf	10
2.4 Versuchsdesign	13
2.5 Methoden der Datenauswertung	13
3 Ergebnisse	15
4 Diskussion	19
4.1 Interpretation der Ergebnisse	19
4.2 Interpretation der Augenbewegungsdaten und Strategien der Versuchspersonen	20
4.3 Kritische Betrachtung der Studie und Auseinandersetzung mit anderen Studien	21
4.4 Fazit	29
Literaturverzeichnis	30
Anhang	32

Abbildungsverzeichnis

1.1	Übersicht zum Gedächtnisaufbau	2
1.2	Das Multi-Speicher-Modell nach Atkinson und Shiffrin	3
1.3	Das Modell zum Arbeitsgedächtnis nach Baddeley und Hitch	4
1.4	Interferenzeffekte bei der Kästchenmatrixaufgabe und dem CORSI <i>Block-Tapping</i> Paradigma	5
1.5	Das Modell zum Arbeitsgedächtnis nach Cowan	6
1.6	Das CORSI <i>Block-Tapping</i> Paradigma	8
2.1	Veranschaulichung eines <i>Subtrials</i>	12
3.1	Balkendiagramm zu den Mittelwerten der einzelnen Bedingungen	15
3.2	Auswertung der einzelnen Versuchspersonen	16
3.3	Plots der Augendaten bei freier Exploration	17
3.4	Korrelation der Augenbewegung in der Endkodierungs- und Retentionsphase	18

Tabellenverzeichnis

2.1 Die vier Versuchsbedingungen im Überblick	13
---------------------------------------------------------	----

1 Einleitung

*„Gedächtnis ist ein Tagebuch,
das wir immer bei uns tragen.“*

Oscar Wilde, irischer Schriftsteller, 1854-1900.

Das Gedächtnis ist ein faszinierender Aspekt des menschlichen Intellekts. Es kann viel mehr, als Informationen auf rein datenbasierter Ebene abzuspeichern. Es verknüpft diese zusätzlich auch noch mit Gefühlen, Gedanken und Repräsentationen unserer Sinneseindrücke. Somit wird ein assoziatives Netzwerk von Erinnerungen aus vielen verschiedenen Modalitäten geschaffen, welches ein Leben lang wärt. Doch wie macht unser Gehirn das? Wie kann es sogar über Jahre hinweg diese Kombination vieler verschiedener Informationen und Modalitäten speichern und auch wieder zum Abruf bereitstellen? Täglich strömen auf unser Gehirn eine Unmenge von Informationen ein. Doch welche sind wichtig? Welche sollen beachtet, verarbeitet und gespeichert werden? Diese selektive Verarbeitung von exogenen und endogenen Informationen ist wichtig. Nur wenn relevante von irrelevanter Information unterschieden werden kann, ist es uns möglich an uns gestellte Anforderungen in gegebener Zeit und vor allem leistungseffizient zu verarbeiten. Die Unterteilung unseres Gedächtnisses in verschiedene Ebenen, je nach Aufgabe und Funktion, stellt auch einen wichtigen Teil der selektiven Verarbeitung von Information aus unserer Umwelt dar. Gelangt Information von einer Ebene mit kurzer Speicherdauer in eine Ebene mit längerer Speicherdauer, so wird hierbei die Information nur selektiv weitergeleitet.

1.1 Gedächtnis im Überblick

Allgemein postuliert wurden die Ebenen Langzeitgedächtnis (LZG), Kurzzeitgedächtnis (KZG) und Ultrakurzzeitgedächtnis (UKZG). Das LZG wird wiederum aufgeteilt in prozedurales und deklaratives Gedächtnis. Dabei ist der prozedurale Teil vor allem für Tätigkeiten zuständig, wie z.B. Fahrrad fahren, und läuft meist unbewusst ab. Im deklarativen Gedächtnis befinden sich Informationen zu Faktenwissen (semantisches Gedächtnis) und zu

persönlichen Erlebnissen (episodisches Gedächtnis). Die Speicherdauer des LZG kann von Minuten bis zu Jahrzehnten halten. Im Kontrast dazu steht die Speicherdauer des UKZG, über die man sich nicht ganz einig ist. Sie bewegt sich in einem Bereich von einigen 100 Millisekunden. Das UKZG ist ein sensorisches Gedächtnis, das nur sehr kurz einen Sinnes-eindruck festhalten kann. Dieser muss dann weiterverarbeitet werden, ansonsten kommt es zum Verfall der Information. Das UKZG leitet seine gefilterten Informationen an das KZG weiter.

Allgemein ist die Aufgabe des KZG, Inhalte für einen kurzen Zeitraum verfügbar zu halten, um innerhalb dessen Inhalten zu arbeiten (Textverstehen, Problemlösen, usw.) oder sie ins LZG einzugliedern. Für die Unterteilung des KZG und die Funktionsweisen der einzelnen Teile gibt es verschiedene Modelle, die später noch näher ausgeführt werden.

Vom KZG werden die Informationen, auch wieder selektiert, an das LZG übermittelt. Abbildung 1.1 zeigt dies in einer Übersicht.

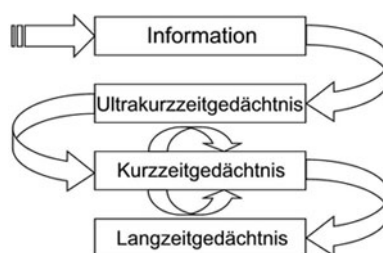


Abbildung 1.1: Übersicht zum Gedächtnisaufbau. Dargestellt ist ein Modell, welches den Informationsfluss von der Umwelt durch die einzelnen Gedächtnisebenen des menschlichen Gehirns veranschaulicht. Dabei gelangt die Information der Umwelt zuerst in das UKZG. Nach selektiver Verarbeitung der Information im UKZG gelangen Teile der ursprünglichen Information in das KZG. Von dort kann Information durch Memorieren in das LZG gespeichert werden. (Quelle: Spornitz, 1996)

1.2 Gedächtnismodelle

1.2.1 Das Multi-Speicher-Modell von Atkinson und Shiffrin

Das erste wirklich bekannte Gedächtnismodell war das Multi-Speicher-Modell von Atkinson und Shiffrin (1968). Bei diesem Modell gelangt sensorische Information über Aufmerksamkeit ins KZG, wo sie durch Wiederholung gehalten wird und von dort ins LZG übertragen werden kann. Von dort kann Information wieder ins KZG abgerufen werden (Abbildung 1.2)

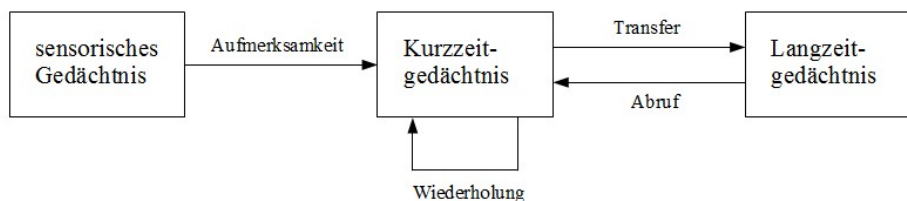


Abbildung 1.2: Multi-Speicher-Modell nach Atkinson und Shiffrin (1968). Bei diesem Modell gelangt Information aus der Umwelt zuerst in den sensorischen Speicher. Durch Aufmerksamkeitsbelegung wird ein Teil dieser Information in das KZG übertragen. Durch Wiederholen von Information im KZG kann diese memorisiert und ins LZG transferiert werden. Des Weiteren kann auch ein Abruf von Informationen aus LZG ins KZG stattfinden.

Allerdings stellte sich dieses Modell laut Baddeley (1967) als zu einfach heraus. Information im KZG kann nicht nur durch einfaches Wiederholen gelernt werden. Es bedarf dafür einer tiefgehenden Verarbeitung. Außerdem sei die Abhängigkeit zwischen LZG und KZG in dem Modell von Atkinson und Shiffrin zu stark. Evidenz dafür seien Patienten mit Gehirnläsionen, die entweder das KZG oder das LZG betreffen. Bei diesen Patienten scheint das jeweils andere Gedächtnis jedoch noch völlig funktionsfähig zu sein.

Viele Wissenschaftler sprechen heute nicht mehr von einem KZG. Dieses Modell wurde von einem neuen Konzept verdrängt: dem Arbeitsgedächtnis (AG). Dieses lässt sich selbst auch wieder unterteilen. Wie diese Unterteilung jedoch genau aussieht, darüber ist man sich bis heute noch uneinig.

1.2.2 Das Modell zum Arbeitsgedächtnis nach Baddeley und Hitch

Eingeführt wurde das Modell zum Arbeitsgedächtnis von Baddeley und Hitch (1974). Bei diesem gibt es eine zentrale Exekutive, die drei Untersysteme steuert: die phonologische Schleife, den visuell-räumlichen Notizblock und den episodischen Puffer (Baddeley, 2000), dargestellt in Abbildung 1.3.

Der episodische Puffer wurde als letztes in das Modell eingefügt und soll Informationen aus den beiden anderen Untersystemen und dem LZG integrieren und diese Information kurzfristig speichern.

Die Funktion des visuell-räumlichen Notizblocks besteht darin, visuelle und räumliche Information bereit zu halten. Dies ist wichtig bei Aufgaben wie mentale Rotation, Behalten von Bildern, räumliche Orientierung usw. Dabei ist dieses Untersystem normalerweise auf

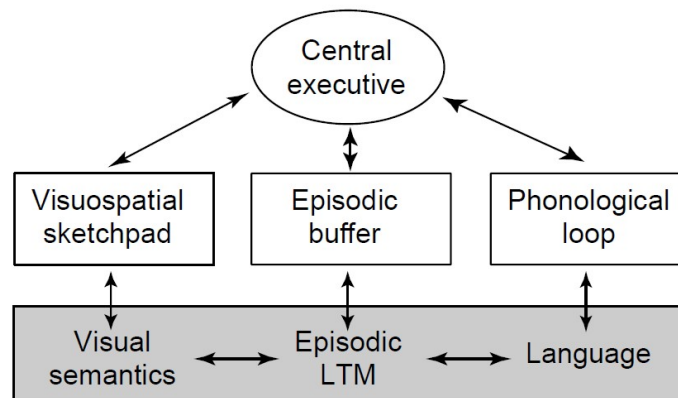


Abbildung 1.3: Arbeitsgedächtnismodell nach Baddeley und Hitch. Die zentrale Exekutive steuert die Untersysteme visuell-räumlicher Notizblock (Verarbeitung von visuellen und räumlichen Inhalten), phonologische Schleife (Sprachverarbeitung) und episodischen Puffer (Integration von Inhalten des visuell-räumlichen Notizblocks, der phonologischen Schleife und dem LZG). (Quelle: Baddeley, 2000)

eine Kapazität von drei bis vier Objekten begrenzt (Baddeley, 2003), wie man bei dem Phänomen der *Change Blindness* beobachten kann. Weil visuelle Information aus der Umwelt von Menschen meist über die Zeit hinweg betrachtet wird und es somit eine kontinuierliche Aufzeichnung der Informationen im Gedächtnis gibt, ist das Speichern von Details häufig redundant. Weiter führt Baddeley (2003) an, dass die zwei Systeme von visuell und räumlicher Verarbeitung größtenteils voneinander getrennt arbeiten. Ein Beispiel für eine visuelle Aufgabe soll das Wiedergeben von einer zuvor gezeigten Kästchenmatrix sein, bei der die Hälfte der Felder eingefärbt ist. Diese Matrix wurde einer Versuchsperson (Vp) gezeigt und dann die Einfärbung wieder entfernt. Danach sollte die Vp die eingefärbten Kästchen wiedergeben. Zu Beginn wurde eine 2x2-Matrix präsentiert, deren Größe immer gesteigert wurde (Baddeley, 2003). Eine fast rein räumliche Aufgabe stellt das *CORSI Block-Tapping* Paradigma dar (weitere Erklärung im Kapitel 1.3), bei dem das Antippen von Blöcken in einer bestimmten Reihenfolge durch den Versuchsleiter von der Vp repliziert werden soll. Bei Kombination von diesen beiden Aufgaben mit anderen visuellen oder räumlichen Doppelaufgaben zeigte sich, dass das *CORSI Block-Tapping* Paradigma vor allem mit räumlichen und die Kästchenmatrixaufgabe insbesondere mit visuellen Reizen interferiert (Baddeley, 2003). Abbildung 1.4 veranschaulicht die Interferenz. Dies würde für die getrennte Verarbeitung von visueller und räumlicher Information sprechen.

Allerdings werden bei Baddeley (2003) noch weitere Möglichkeiten aufgeführt, wie die Aufteilung des visuell-räumlichen Notizblocks aussehen könnte. Zum Einen wird eine räumlich und objektgerichtete Aufteilung vorgeschlagen (Smith, Jonides, Koeppel, Awh, Schumacher & Minoshima, 1995), nach den zwei verschiedenen visuellen Verarbeitungspfaden (ventral-temporal und dorsal-parietal), die von Mishkin, Ungerleider und Macko (1983) publiziert

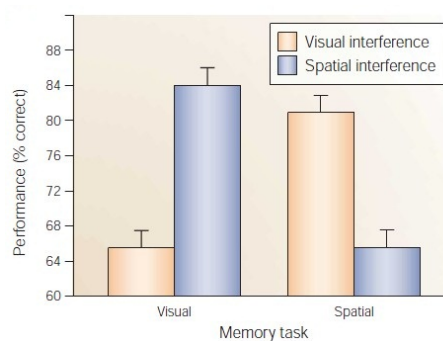


Abbildung 1.4: Interferenzeffekt bei der Kästchenmatrixaufgabe (links) und dem CORSI *Block-Tapping* Paradigma (rechts). Zu erkennen ist hierbei die Interferenz der visuellen Kästchenmatrixaufgabe mit einer anderen visuellen Doppelaufgabe durch den niedrigen Prozentsatz an korrekten Antworten. Analog dazu die Interferenz des räumlichen CORSI *Block-Tapping* Paradigmas mit einer anderen räumlichen Doppelaufgabe. (Quelle: Baddeley, 2003)

wurden. Zum Anderen gibt es die Hypothese von einer statisch-dynamischen Aufteilung (Pickering, Gathercole, Hall & Lloyd, 2001).

Am besten erforscht beim Modell von Baddeley und Hitch ist die phonologische Schleife. Sie besteht aus einem phonologischem Speicher, der akustische oder sprachbasierte Information für ein bis zwei Sekunden halten kann und einem artikulatorischen Kontrollprozess, vergleichbar mit einem inneren „Vor-sich-hin-Sprechen“. In diesem artikulatorisch Kontrollprozess kann einerseits auditive Information durch aktives Wiederholen im phonologischen Speicher gehalten und andererseits visuelles Material versprachlicht werden, sodass es auch in den phonologischen Speicher gelangen kann. Dieses Wiederholen von verbalen Material spielt eine wichtige Rolle für das Memorisieren und ist belegt durch den Wort-Längen-Effekt (Baddeley, 1992).

1.2.3 Das *Embedded-Process-Model* des Arbeitsgedächtnisses von Cowan

Ein anderes Modell über das AG wurde von Nelson Cowan entwickelt, das *Embedded-Process-Model* (Cowan, 1988). In diesem gibt es nicht die typische Aufteilung in AG und LZG. Vielmehr beschäftigt sich Cowan mit den verschiedenen Funktionen, die zum Abruf von Information aus dem Gedächtnis und dem entsprechenden Verhalten führen. Es stellt somit ein prozessorientiertes Modell dar (Abbildung 1.5). Ein wichtiger Aspekt bei diesem Modell spielt die Verbindung von Gedächtnis und Aufmerksamkeit.

Information im AG kommt aus einem Verbund von hierarchisch angeordneten Fakultäten, die aus folgenden Elementen zusammengesetzt sind: Dem LZG, einer gegenwärtig aktivier-

ten Untereinheit aus dem LZG und einer Untereinheit des aktivierten Gedächtnisses, die im Fokus der Aufmerksamkeit und des Bewusstseins steht. Dabei ist zu beachten, dass den verschiedenen Fakultäten auch verschiedene Einschränkungen zu Grunde liegen. Dem Aufmerksamkeitsfokus obliegt ein Kapazitätslimit, wohingegen die aktivierte Untereinheit zeitlich begrenzt ist. Diese Unterscheidung der Einschränkung der verschiedenen Fakultäten ist laut Cowan (1988) insbesondere wichtig, wenn es um die Interferenz von Stimuli mit ähnlichen Eigenschaften geht. Dies würde einer nicht optimalen Bedingung entsprechen. Durch einen Stimulus werden Elemente im LZG aktiviert. Sie sind nun Teil der aktivierten Untereinheit und können durch den Aufmerksamkeitsfokus abgerufen werden. Der Aufmerksamkeitsfokus wird gemeinschaftlich von zwei Prozessen kontrolliert. Ein Prozess ist das zentrale Exekutivsystem, das die Aufmerksamkeit und willentliche Prozesse steuern kann. Mit ihm ist es möglich aktiv auf Gedächtnisinhalte zuzugreifen. Der andere Prozess, das aufmerksamkeitsbasierte Orientierungssystem, lässt sich nicht willentlich lenken (Miyake & Shah, 1999).

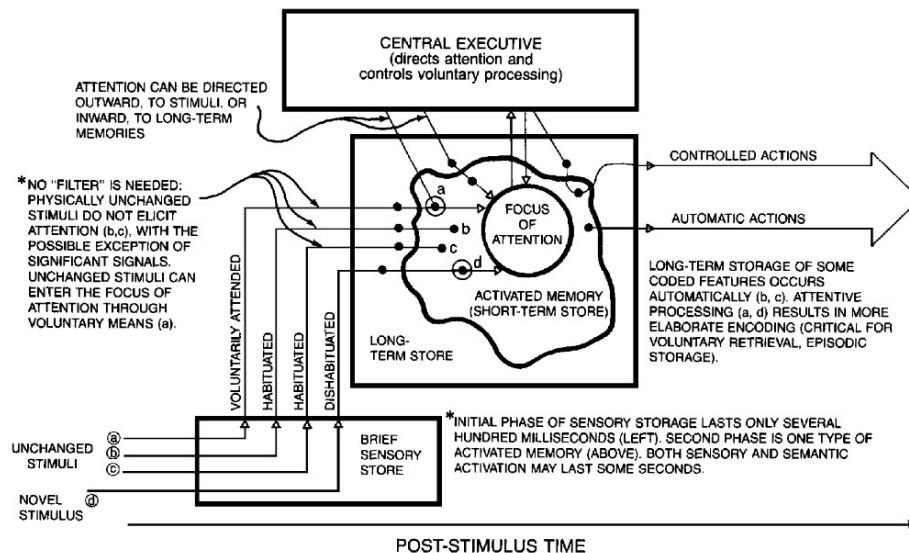


Abbildung 1.5: Das Modell zum Arbeitsgedächtnis nach Cowan. Eingehende Stimuli passieren den kurzzeitigen sensorischen Speicher (*brief sensory store*) und gelangen dann ins LZG (*long-term store*). Die Stimuli aktivieren Teile des LZG, die dann eine aktivierte Untereinheit des LZG sind (*activated memory*). Die zentrale Exekutive (*central executive*) verschiebt bewusst den Aufmerksamkeitsfokus (*focus of attention*), um auf Gedächtnisinhalte der aktivierten Untereinheit des LZG zugreifen zu können. (Quelle: Cowan, 1988)

Dieses Modell eines AG, das im Grunde einfach eine aktivierte Teilmenge des LZG darstellt, teilt auch Zimmer (2010). Er stimmt der Theorie von einem inhaltspezifischen anterior-posterioren Netzwerk der visuellen Informationsverarbeitung zu, die einen Teil des AG darstellt. Bei diesem besteht das AG aus einem Netzwerk von Strukturen, die an der momentanen Verarbeitung von Reizen und kognitiven Prozessen beteiligt sind. Somit lässt sich dieses

Netzwerk je nach Art der Aufgabe modifizieren. Gesteuert wird dies durch anteriore Areale, die die funktionale Rolle einer Exekutive übernehmen und den posterioren Strukturen, welche die Reize repräsentieren (Zimmer, 2010).

Es wird nicht das Stimulusmaterial an sich im Gedächtnis behalten. Die Stimuli dienen lediglich der Aktivierung von Inhalten, welche sich schon im LZG befinden. Somit muss jedoch ein Stimulus immer eine passende Referenz im LZG finden, damit er im richtigen Kontext beachtet werden kann. Daher scheint die Erklärung des AG nach Baddeley und Hitch (1974) mit der phonologischen Schleife, die durch einfaches Wiederholen des Stimulus Information aktiv hält, simpler. Bisher ist es jedoch unklar, ob es diesen Mechanismus des Wiederholens auch für visuell-räumliche Information gibt. Laut Awh und Jonides (2001) kann es jedoch sein, dass selektive räumliche Aufmerksamkeitsbelegung als eine Art Wiederholmechanismus dient, um Information aktiv im AG zu halten. Daraus lässt sich die Fragestellung ableiten, welche Prozesse bei räumlichen Merkaufgaben involviert sind und wie diese die Gedächtnisleistung unterstützen können. Dazu gab es zum Beispiel die Studie von Pearson und Sahraie (2003), in der das CORSI *Block-Tapping* Paradigma (s. Kapitel 1.3) mit einigen anderen Doppelaufgaben kombiniert wurde. Die wichtigsten Ergebnisse der Studie besagten, dass durch extern bedingte Aufmerksamkeitsverschiebung, aber vor allem durch Augenbewegungen, die Gedächtnisleistung stark abnimmt. Die größte Beeinträchtigung wird laut Pearson und Sahraie (2003) durch sakkadische Augenbewegungen hervorgerufen. Dabei stören sogar sakkadische Augenbewegungen bei geschlossenen Augen während dem Retentionsintervall (sprich die experimentelle Phase, in der das präsentierte Material im Gedächtnis aufrecht zuhalten ist). Allerdings führen freie Augenbewegungen, d.h. wenn der Vpn keine Vorgaben gemacht wurden, zu einem kaum merklichen Abfall der Gedächtnisleistung. Zu dem selben Ergebnis kam es auch bei der Bedingung visuelle Störgeräusche und artikulatorische Unterdrückung, die somit die Theorie von Baddeley zum AG unterstützen. Da offenbar extern herbeigeführte Augenbewegungen zu einem starken Abfall der Gedächtnisleistung bei dem von Pearson und Sahraie (2003) verwendeten CORSI *Block-Tapping* Paradigma führten, freie Augenbewegungen jedoch kaum, lässt sich daraus schließen, dass Augenbewegungen ein wichtiger Bestandteil der Verarbeitung während der Retentionsphase sind. Somit wäre denkbar, dass Vpn in dieser Phase die ihnen zuvor gezeigte Pfade mit ihren Augen ablaufen. Dies wäre dann vergleichbar mit der phonologischen Schleife und der aktiven Wiederholung von verbalen Stimuli. Zur Erforschung der Verarbeitung und des Memorisierens bei visuell-räumlicher Information wird heutzutage vor allem ein Versuchsaufbau herangezogen: das CORSI *Block-Tapping* Paradigma.

1.3 Das CORSI *Block-Tapping* Paradigma

Das CORSI *Block-Tapping* Paradigma wurde 1972 von Corsi eingeführt (Berch, Krikorian & Huha, 1998). Seitdem wurde es häufig bei visuell-räumlichen Versuchen zum Gedächtnis verwendet. Es fand ebenso Anwendung im klinischen Bereich, bei Patienten mit neurologischen Krankheiten. Bis heute wurde das CORSI *Block-Tapping* Paradigma in vielen Varianten angewendet. Variiert wurden vor allem die Parameter Arrangement der Blöcke und die Bewertungsverfahren hinsichtlich der Versuchsausführung der Vpn. Im Original gab es neun identische Blöcke, die unregelmäßig auf einem Brett aufgestellt waren (Abbildung 1.6). Die Blöcke wurden von dem Versuchsleiter in randomisierter Reihenfolge angetippt. Die Vp sollte sich diese Sequenz während des Antippens einprägen (Enkodierungsphase) und dann nachtippen. Die Länge der Sequenz wurde so lange gesteigert bis die Vp einen Fehler (falscher Block/falsche Reihenfolge) beging (Berch et al., 1998).

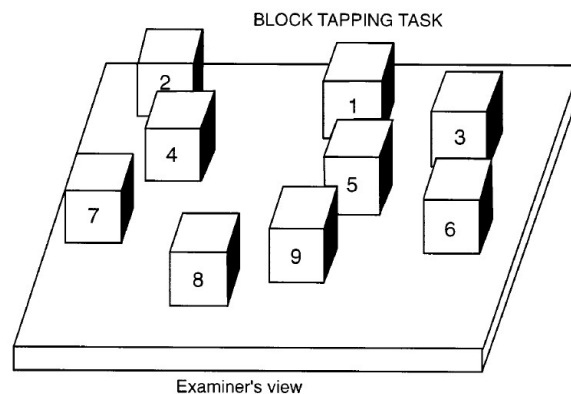


Abbildung 1.6: Aufbau des CORSI *Block-Tapping* Paradigmas. (Quelle: Corsi, 1972, zitiert nach Berch et al., 1998)

Eine neue Variante des CORSI *Block-Tapping* Paradigmas ist die digitalisierte Form des Versuchsaufbaus. Ein entscheidender Vorteil ist dabei, dass der Versuchsleitereffekt minimiert wird. Außerdem können die Blöcke ohne Zeitaufwand nach jedem Durchgang neu arrangiert werden.

In dieser Studie sollte die oben genannte Fragestellung, welche Prozesse bei räumlichen Merkaufgaben involviert sein könnten und wie diese die Gedächtnisleistung unterstützen, untersucht werden. Da nach Baddeley (2003) das CORSI *Block-Tapping* Paradigma einen Versuchsaufbau darstellt, der fast gänzlich auf räumlichen Prozessen des AG beruht, wurde dieses hier in digitalisierter Form verwendet. Dabei sollte durch Doppelaufgaben und deren mögliche Interferenz mit dem CORSI *Block-Tapping* Paradigma herausgefunden werden, welche Prozesse beim Memorisieren von visuell-räumlichen Stimulusmaterials im AG eine wichtige Rolle spielen. Aufbauend auf die Ergebnisse von Pearson und Sahraie (2003) wur-

de vor allem der Einfluss von okulomotorischen und aufmerksamkeitsbasierenden Prozessen während der Retentionsphase, also während des Wiederholens und Haltens der davor präsentierten Information, untersucht. Dazu wurde mit Bedingungen gearbeitet, in denen freie Augenbewegungen und Aufmerksamkeitsverschiebungen, keine Augenbewegungen jedoch Aufmerksamkeitsverschiebungen und keines von Beidem möglich war.

Die zu verifizierenden Hypothesen lauten somit: Werden Augenbewegungen und/oder Aufmerksamkeitsverschiebungen während der Retentionsphase beim CORSI *Block-Tabbing* Paradigma ausgeführt, so unterstützt das den Abruf des Stimulusmaterials aus dem Gedächtnis. Die AG-Spanne wird somit erhöht. Die Augen und der Aufmerksamkeitsfokus laufen während der Retentionsphase das zuvor präsentierten Stimulusmaterials wiederholt ab.

2 Material und Methoden

2.1 Versuchspersonen

Alle Versuchspersonen (Vpn) waren Studenten der Eberhard Karls Universität Tübingen. Nach Ausschluss von vier Vpn wegen Kalibrierungsproblemen mit dem *Eyetracker* gingen noch 31 Vpn in die Analyse ein. Elf der Vpn waren weiblich. Das Durchschnittsalter betrug 22,4 Jahre mit einer Spanne von 19 bis 27 Jahren. Die Teilnahme an dem Versuch war freiwillig und wurde nicht vergütet.

2.2 Material zum Versuch

Der Versuch wurde an einem Computer mit Maus und Bildschirm (Bildwiederholungsfrequenz: 60Hz) von 19 Zoll durchgeführt. Das Betriebssystem war Windows XP Professional. Der Versuch wurde mit MATLAB R2011b programmiert. Zur *Online*-Kontrolle der Augenbewegungen wurde ein *Eyetracker* und das *EyegazeSystem*, welches mit einer monokular bildbasierten Cornea-Pupillen-Reflex Methode arbeitet, der Firma *LCTechnologies* verwendet.

2.3 Versuch und Ablauf

Die Vp saß vor dem Bildschirm und musste ihren Kopf in eine Kinnstütze legen. Somit betrug der Abstand der Vp zum Bildschirm 55 cm. Zu Beginn wurde der Vp eine schriftliche Einweisung in den Versuch vorgelegt (siehe Anhang).

Der Versuch bestand aus zwei Blöcken. Ein Versuchsdurchgang (*Subtrial*) lief wie folgt ab. Auf dem Bildschirm erschienen immer 10, verstreut angeordnete, weiße Kästchen mit einem Schinkel von $2,4^\circ \times 2,4^\circ$ vor einem schwarzen Hintergrund. Gleichzeitig wurde ein gelbes Fixationskreuz ($2,5^\circ \times 2,5^\circ$) mit einem weiteren inneren schwarzen Kreuz für 3 sek

präsentiert, welches die Vp fixieren sollte. Daraufhin erschien in einer bestimmten Anzahl der Kästchen nacheinander jeweils ein grüner Kreis für je 1 sek. In keinem Kästchen wurde innerhalb eines *Subtrials* zwei mal ein Kreis gezeigt. Nach der Präsentation der Kreise wechselte der Hintergrund ins Graue. Diese Phase mit grauen Hintergrund stellte das Retentionsintervall dar. Sobald der Hintergrund wieder schwarz war, bestand die Aufgabe der Vp darin, die Kästchen in der Reihenfolge, die zuvor durch die Kreise gezeigt worden war, mit der Maus anzuklicken. Wurde ein richtiges Kästchen angeklickt, so erschien ein grüner Kreis. War das Kästchen falsch oder stimmte die Reihenfolge nicht, so wurde ein roter Kreis in dem eigentlich richtigen Kästchen präsentiert. Dieser Kreis blieb so lange sichtbar, bis die Vp das nächste Kästchen auswählte. Wurde nicht richtig in ein Kästchen geklickt, so galt dies auch als Fehler. Vom Beginn eines *Subtrials*, bei Erscheinen des Fixationskreuzes, bis zu seinem Ende waren die weißen Kästchen konstant auf dem Bildschirm sichtbar. Nach diesem *Subtrial* folgten noch zwei weitere. In diesen war die Anzahl der Kästchen, in denen ein grüner Kreis erschien gleich, jedoch nicht die Kästchenanordnung und somit auch nicht die Reihenfolge der präsentierten Kreise. Drei solcher *Subtrials* wurden unter dem Begriff *Trial* zusammengefasst. Wurde innerhalb eines *Trials* mindestens ein *Subtrial* komplett richtig absolviert, so erhöhte sich im nächsten *Trial* die Anzahl der Kästchen, in denen ein grüner Kreis erscheinen würde, um eins. Da es insgesamt nur 10 Kästchen gab, lag die maximale Anzahl an Kreisen, die in einem *Subtrial* präsentiert werden konnten, bei 10. War jedoch keiner der drei *Subtrials* richtig, so kam es zum Abbruch des Versuches. Als Ziel wurde der Vpn genannt, so viele *Subtrials* wie möglich richtig zu durchlaufen.

Vor jedem einzelnen *Subtrial* erschien eine Erläuterung, wie viele Kreise in den Kästchen im Folgenden angezeigt werden würden und vor jedem *Trial* im zweiten Versuchsblock wurde außerdem noch die jeweilige Bedingung (Erklärung im nächsten Abschnitt) genannt. Vor dem ersten Block des Versuches gab es einen Testdurchlauf mit drei *Subtrials*, in denen jeweils drei Kreise präsentiert wurden. Der erste Versuchsblock startete dann mit vier Kreisen. Vor dem zweiten Versuchsblock wurde eine Neun-Punkt-Kalibrationsroutine durchgeführt, um den *Eyetracker* auf die Vp zu kalibrieren. War diese erfolgreich, startete der zweite Block automatisch ohne vorherigen Testdurchlauf mit einem *Trial* von drei Kreisen.

Es wurden zwei Manipulationen bei dem Versuch vorgenommen. Erstens wurde die Länge des Retentionsintervalls variiert. Im ersten Block des Versuches (*Baseline*-Bedingung) betrug es 1 sek, d.h. der Hintergrund wechselte für 1 sek ins Graue. Im zweiten Block lag es bei 10 sek. Während diesem Zeitraum konnte die Vp keine Kästchen anklicken. Die andere Manipulation bestand darin, dass im zweiten Versuchsblock, während dem Retentionsintervall, noch zusätzliche Restriktionen eingeführt wurden. Es gab drei Bedingungen: freie Exploration, Fixation und Addition. Bei der Bedingung Fixation erschien im Retentionsin-

tervall zusätzlich noch ein Fixationskreuz, welches die Vp während des gesamten Intervalles fixieren sollte. Als Kontrolle dazu gab es ein unsichtbares Quadrat ($6,1^\circ \times 6,1^\circ$) um das Fixationskreuz. Verließ eine Vp mit ihren Augen diesen Toleranzbereich, so kam es zum *Trialabbruch*. Der aktuelle *Subtrial* wurde abgebrochen und es wurde stattdessen ein Neuer gestartet. Bei sechs Vpn musste der Toleranzbereich auf $9^\circ \times 9^\circ$ Schwinkel vergrößert werden, da es trotz Fixation fortwährend zum *Trialabbruch* kam. In der Bedingung Addition erschienen anstatt des Fixationskreuzes nacheinander 10 Zahlen ($1^\circ \times 1,6^\circ$). Diese sollten von der Vp aufaddiert werden, um die Summe dann verbal dem Versuchsleiter mitzuteilen. Auch in dieser Bedingung gab es, wie bei Fixation, die Kontrolle der Augenbewegungen durch den Toleranzbereich und auch hier kam es beim Verlassen dieses Bereiches zum *Trialabbruch*. Bei der Bedingung freie Exploration gab es keine Aufgabe, sodass die Vp ihre Augen frei bewegen konnte. Diese Augenbewegungen wurden mit Hilfe des *Eyetrackers* erfasst. In Abbildung 2.1 ist eine Übersicht über die zeitliche Abfolge der einzelnen Schritte eines *Subtrials* gegeben.

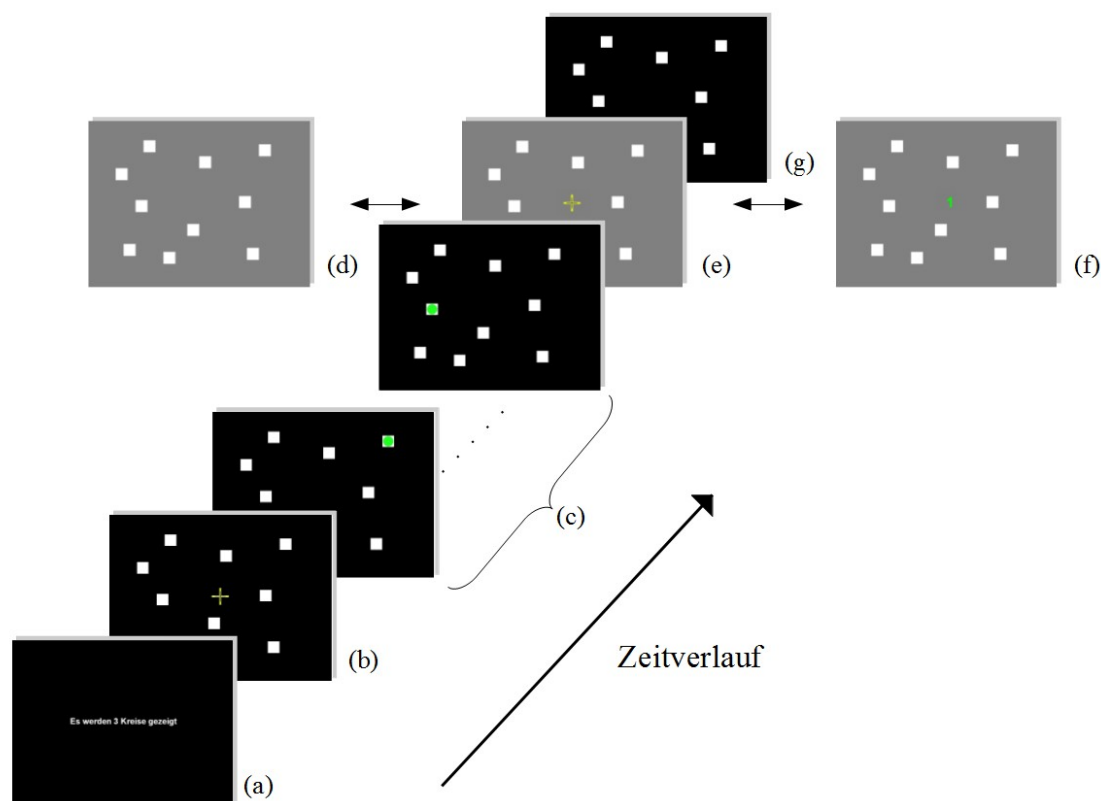


Abbildung 2.1: Übersicht zum Ablauf eines *Subtrials*. In zeitlicher Abfolge erschienen auf dem Bildschirm: (a) Angabe zur Anzahl der nachfolgenden Kreise, (b) Fixationskreuz, (c) Präsentation der Kreise, Retentionsintervall mit den Bedingungen (d) *Baseline*/freie Exploration, (e) Fixation oder (f) Addition, (g) Abfrage.

Die Abfolge der drei Bedingungen im zweiten Versuchsblock war randomisiert. Das heißt, dass alle *Trials* mit gleicher Anzahl an Kreisen nacheinander ausgeführt wurden und dass dabei die Reihenfolge der einzelnen Bedingungen randomisiert war. Wurde innerhalb eines *Trials* einer Bedingung keiner der drei *Subtrials* richtig von der Vpn durchgeführt, so kam es zum Beenden dieser Bedingung und der Versuch wurde mit den verbliebenen Bedingungen fortgesetzt. Kam es in jeder Bedingung zum Abbruch, so endete der Versuch. Anschließend wurden die Vpn nach Strategien befragt, die sie innerhalb des Versuches verwendet hatten. Der Versuchsleiter führte außerdem ein kurzes Protokoll über das allgemeine Verhalten der Vp während des Versuches. Eine Übersicht über die verschiedenen Bedingungen bietet Tabelle 2.1.

Tabelle 2.1: Die vier Versuchsbedingungen im Überblick

Bedingung	Dauer des Retentionintervalles (sek)	Zweitauflage	Bedingung unterbindet
<i>Baseline</i>	1	-	Zeit zum Memorisieren
Freie Exploration	10	-	-
Fixation	10	Fixieren des Kreuzes	Augenbewegungen
Addition	10	Fixieren der Zahlen und Rechnen	Augenbewegungen und Aufmerksamkeitsverschiebungen

2.4 Versuchsdesign

Es handelte sich hierbei um ein *Within-Subject Design* mit dem Faktor Bedingung. Abhängige Variable war die AG-Spanne, d.h. die Anzahl der Kreise, die in einer Bedingung erreicht wurde bis es zum Abbruch dieser kam.

2.5 Methoden der Datenauswertung

Es wurden die Daten von allen Vpn verwendet, die den Versuch auf Grund von Kalibrierungsproblemen mit dem *Eyetracker* nicht vorzeitig abbrechen mussten. Eine Varianzanalyse (ANOVA) wurde auf alle Vpn-Daten gerechnet, um zu überprüfen, ob die Varianzen zwischen

den Bedingungen größer waren als innerhalb jeder Bedingung. Die Mittelwerte und Standardabweichungen für jede Bedingung wurden auf die aufgezeichneten Daten der AG-Spanne der Vpn berechnet. Die AG-Spanne wurde mit der Formel

$$\text{AG-Spanne} = \frac{\Sigma(\text{Anzahl der richtigen } \textit{Subtrials}) + 6}{3}$$

ermittelt. (Weil der Versuch erst mit der Präsentation von drei Kreisen begonnen hatte, musste zu der Summe noch die Zahl Sechs hinzugezählt werden.)

Es wurde ein Maß für die Augenbewegung eingeführt. Es berechnete die Entfernung von jedem präsentierten Kreis zu der nächstgelegenen, durch den *Eyetracker* aufgezeichneten Fixation (Mindestdauer: 120 ms). Diese minimalen Abstände wurden über alle Kreise hinweg für eine Vp gemittelt. Dadurch wurde die Leistung und die Genauigkeit der Augenbewegungen einer Vpn bei Enkodierung und Retention festgelegt. Eine kleine Zahl stand dabei für viele und präzise Augenbewegungen in Richtung der präsentierten Kreise bei einer Vp. Für das Maß an Augenbewegungen wurden falsche *Trials* aus der Bewertung ausgeschlossen.

Außerdem wurde eine Korrelation von Enkodierung zu Retention auf die Augenmaßdaten bei der Bedingung freie Exploration erstellt. Abschließend wurde noch überprüft, ob Vpn mit vielen Augenbewegungen im Schnitt mehr erinnern konnten, also eine größere AG-Spanne hatten, als Vpn mit wenigen Augenbewegungen. Dies wurde mit Hilfe eines t-Tests analysiert. Dazu wurden die Korrelationspunkte von Enkodierung und Retention durch den Median in zwei Gruppen (wenige/viele Augenbewegungen) unterteilt. Auf diese beiden Gruppen der Bedingung freie Exploration wurde der t-Test für unabhängige Stichproben angewandt. Als Auswertungsprogramm wurde IBM SPSS 20 verwendet.

3 Ergebnisse

Die Arbeitsgedächtnisspanne (AG-Spanne) wurde, wie in Kapitel 2.5, für jede Bedingung jeder Versuchsperson (V_p) berechnet, um anschließend die Mittelwerte der AG-Spanne für jede Bedingung zu ermitteln. Die Auswertung der Daten ergab bei der Bedingung *Baseline* einen Mittelwert von $M = 4,37$ ($SD = .68$), bei freier Exploration $M = 4,99$ ($SD = .88$), bei Fixation $M = 4,46$ ($SD = .92$) und bei Addition $M = 3,19$ ($SD = .93$). Die Auswertung der ANOVA ergab einen signifikanten Einfluss von Bedingung auf AG-Spanne, $F(3,27) = 45.464$, $p < .001$. In Abbildung 3.1 sind die verschiedenen Signifikanzniveaus zwischen den einzelnen Bedingungen dargestellt.

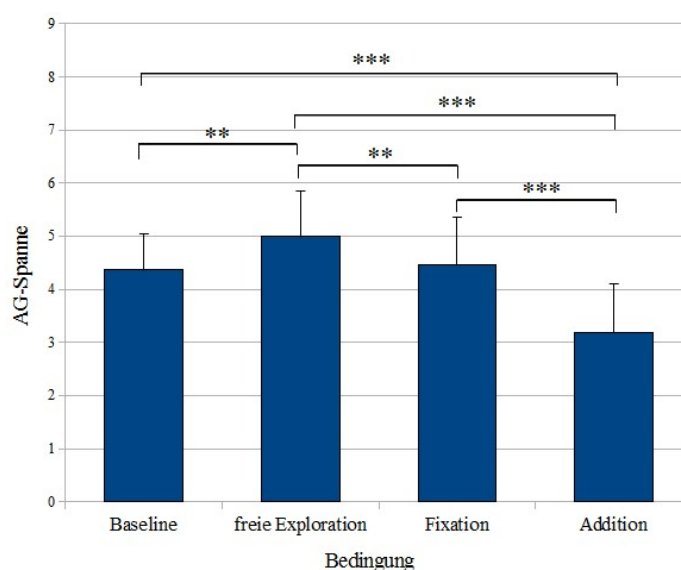


Abbildung 3.1: Mittelwerte der AG-Spanne zu den einzelnen Bedingungen mit entsprechendem Signifikanzniveau und Standardfehler. Auf der x-Achse sind die einzelnen Bedingungen und auf der y-Achse ist die AG-Spanne abgetragen.

Es sollte dabei jedoch angemerkt werden, dass es deutliche Unterschiede zwischen den Ergebnissen der einzelnen V_p n im Hinblick auf deren allgemeine Merkspanne gab. Veranschaulicht ist dies in Abbildung 3.2. Allerdings kann man auch erkennen, dass sich in dieser Abbildung die Ergebnisse des Balkendiagramms widerspiegeln, d.h. dass sich auch hier der Einfluss der Bedingungen auf die AG-Spanne bemerkbar machte.

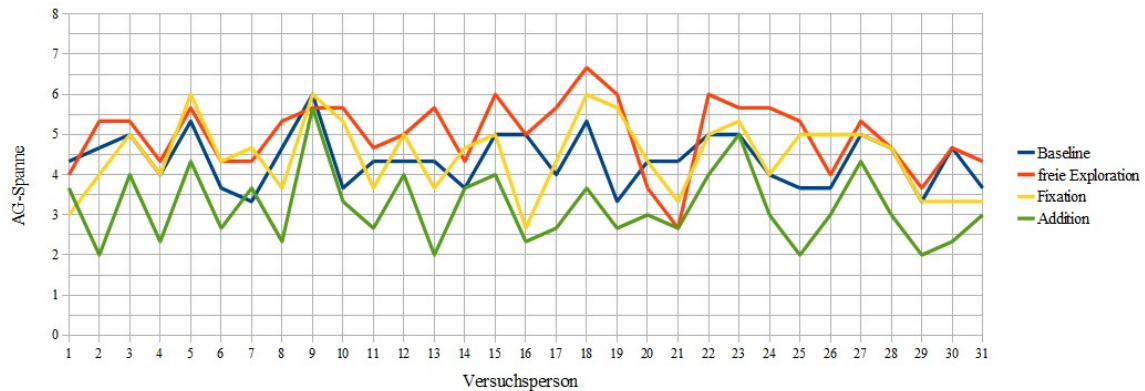


Abbildung 3.2: Auswertung der einzelnen Vpn mit den vier Bedingungen. Abgetragen auf der x-Achse sind die einzelnen Vpn und auf der y-Achse die AG-Spanne.

Bei etwa 65% der Vpn kam es in der Bedingung Fixation und Addition vermehrt zu einem *Trial*abbruch. Dieser war bei sechs Vpn so ausgeprägt, dass der zugestandene Bereich an Augenbewegungen, welche auch bei einer Fixation entstehen können, vergrößert wurde. (Siehe dazu Kapitel 2.3.)

Die Rechenergebnisse der Vpn bei der Bedingung Addition waren in 40,7% der Fälle korrekt.

Des Weiteren wurde für jede Vp jeder *Subtrial*, aufgetrennt nach Enkodierungs- und Retentionsphase der Bedingung freie Exploration, einzeln in einem Plot dargestellt. Exemplarisch für wenige, mittlere und viele Augenbewegungen sind die Plots von vier *Subtrials* von verschiedenen Vpn in Abbildung 3.3 aufgeführt.

Außerdem wurde die Korrelation mit Regressionsgeraden ($f(x)$) und der Determinationskoeffizient (R^2) zwischen dem Ausmaß an Augenbewegung während dem Enkodieren und während der Retention, wie in Abbildung 3.4 gezeigt, berechnet.

Nach Aufteilung der Korrelationspunkte von Enkodierung und Retention über den Median ergaben sich folgende Werte für die Bedingung freie Exploration. Die Mittelwerte der AG-Spanne betragen bei der Gruppe mit wenig Augenbewegungen $M = 4,76$ Kreise ($SD = .80$) und bei der Gruppe mit viel Augenbewegungen $M = 5,56$ ($SD = .82$). Mit dem Wert von $t(29) = 2.496$, $p < .05$ konnte auch hier ein signifikanter Effekt gezeigt werden. Somit zeigten Vpn mit vielen Augenbewegungen eine signifikant erhöhte AG-Spanne im Gegensatz zu Vpn mit wenigen bzw. nicht speziell auf die Reize gerichteten Augenbewegungen.

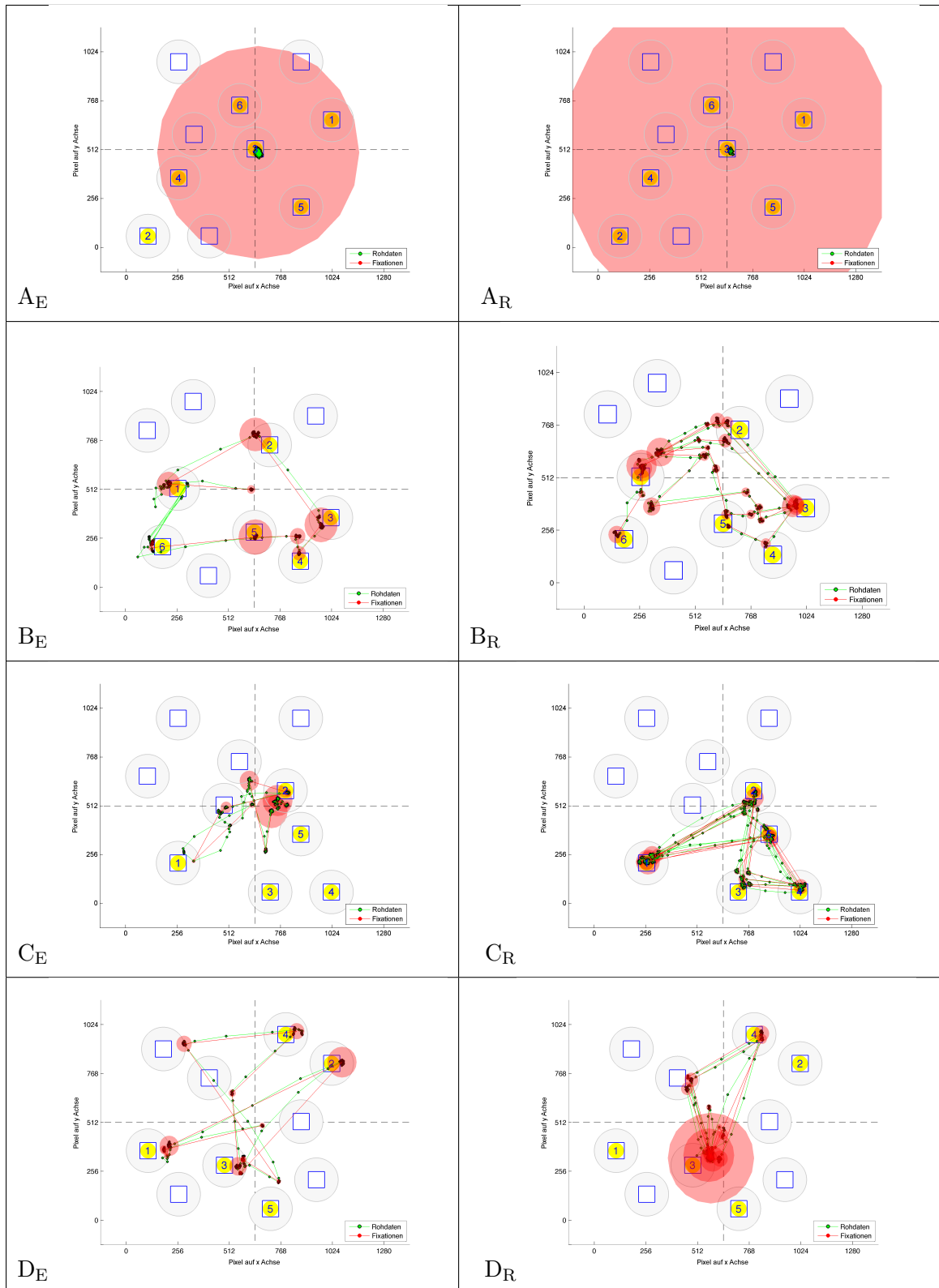


Abbildung 3.3: Augendaten aufgezeichnet durch den *Eytracker* in der Bedingung freie Exploration. Dargestellt sind die *Subtrials* von drei Vpn in der Enkodierungs- und Retentionsphase: Vp A mit wenigen Augenbewegungen, Vp B mit vielen Augenbewegungen und Vp C und D mit mittleren Augenbewegungen. Die rötlichen Kreise stellen, durch die Größe ihres Radius, die Dauer einer Fixation auf einen Punkt dar. Auf der x-Achse und y-Achse sind die Pixelwerte abgetragen.

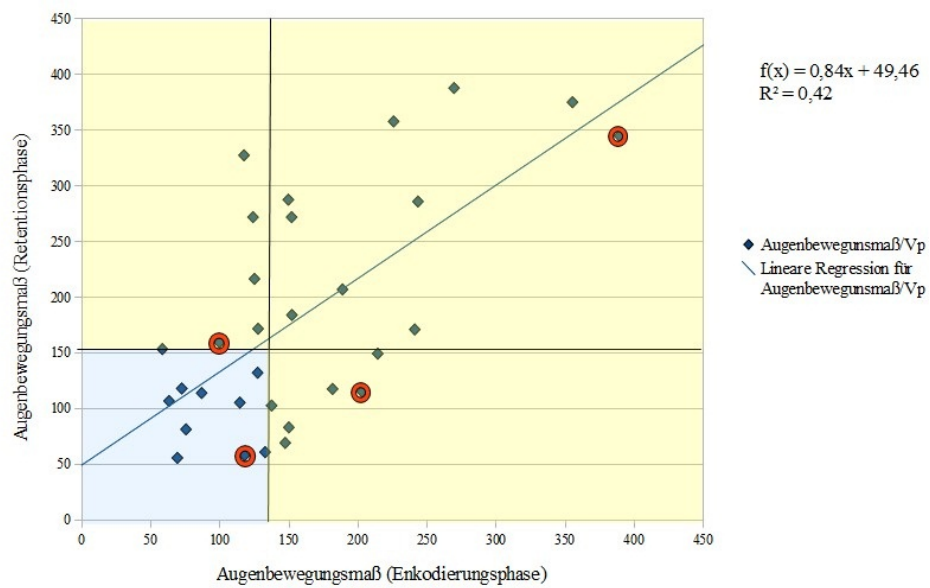


Abbildung 3.4: Korrelation der Stärke der Augenbewegung während der Enkodierungs- und Retentionsphase der einzelnen Vpn. Dabei stehen die Werte auf der x-Achse für das Maß an Augenbewegungen während dem Enkodieren und die Werte auf der y-Achse für die Retention. Die Einteilung der Vpn in wenig (gelb) und viel (blau) Augenbewegung erfolgte über den Median. Markiert durch die roten Kreise sind die Vpn aus Abbildung 3.3. (Von links: Vp C, B, D und A)

4 Diskussion

4.1 Interpretation der Ergebnisse

Das Ziel der Studie war, die Frage zu klären, ob Augenbewegungen und Aufmerksamkeitsverschiebungen während der Retentionsphase die Gedächtnisleistung bei einer räumlichen Aufgabe unterstützen. Dazu wurden die Versuchspersonen (Vpn) mit verschiedenen Bedingungen konfrontiert, die sich jeweils in der Möglichkeit zur Nutzung von Augenbewegungen und Aufmerksamkeit, unterschieden. Die Ergebnisse zeigten, dass es einen signifikanten Unterschied zwischen den Bedingungen freie Exploration und Fixation gab, welcher nur in der Ausführung von Augenbewegungen liegen konnte. Weiterhin kam es auch zu einem signifikanten Resultat zwischen der Bedingung Fixation und Addition, deren Unterschied nur am Grade der Aufmerksamkeit lag. Dabei führte die freie Exploration Bedingung, sprich freie Augenbewegungen und freiwillige Aufmerksamkeitsverschiebungen, im Mittel zu der größten AG-Spanne und somit der besten Gedächtnisleistung im Versuch. Am Schlechtesten war die Leistung hingegen, wenn die Augenbewegungen und die Aufmerksamkeitsverschiebungen nicht eigenständig von der Vp genutzt werden konnten, was auf die Bedingung Addition zutraf. Dass die Rechenaufgaben in dieser Bedingung auch wirklich schwer genug waren und die gesamte Aufmerksamkeit forderten, zeigte der geringe Prozentsatz an richtigen Rechenergebnissen. Dies waren die wichtigen Resultate, die untersucht werden sollten. Anhand von ihnen kann somit gesagt werden, dass freiwillige Augenbewegungen und Aufmerksamkeitsverschiebungen während der Retentionsphase durch Wiederholen des zuvor gezeigten räumlichen Stimulusmaterials, die Leistung des AG unterstützten und zu einer erhöhten AG-Spanne führten.

Weitere signifikante Unterschiede gab es auch zwischen den Bedingungen freie Exploration und Addition. Dies erscheint logisch, da in der erstgenannten Bedingung beide Mechanismen zur Unterstützung der AG-Spanne zur Verfügung stehen und in der zweitgenannten nicht. Der Vergleich mit der *Baseline* Bedingung führte zu einem signifikanten Ergebnis mit den Bedingungen freie Exploration und Addition, jedoch nicht mit der Bedingung Fixation. Eine mögliche Erklärung hierfür, die auch hypothesenkonform wäre, könnte folgendermaßen aussehen: In der *Baseline* Bedingung stehen der Vp beide Mechanismen zur Unterstützung

der AG-Leistung zur Verfügung. Folglich müsste die AG-Spanne bei der Bedingung *Baseline* größer sein als bei Fixation und Addition, jedoch schlechter als bei freier Exploration, da in dieser mehr Zeit zur Verfügung steht, um das gezeigte Stimulusmaterial zu memorisieren. Warum führten nun aber die Bedingungen *Baseline* und Fixation zu einem vergleichbaren Ergebnis? Zu Erklären wäre dies durch den Lerneffekt. Die *Baseline* Bedingung kam bei allen Vpn immer als Erstes (erster Versuchsblock). Die anderen drei Bedingungen folgten stets danach in zufälliger Reihenfolge. Dieses Vorgehen diene dazu, die Vpn an die experimentelle Aufgabe zu gewöhnen und mögliche Lerneffekte, die sich vor allem zu Beginn eines Versuchs entwickeln, bei den drei, für die Studie wichtigen Bedingungen, zu vermeiden. Daher lieferte die *Baseline* Bedingung, durch Einbezug des Lerneffektes in die Interpretation, hypothesengetreue Ergebnisse.

4.2 Interpretation der Augenbewegungsdaten und Strategien der Versuchspersonen

Bei der Analyse der Augenbewegungsplots der Bedingung freie Exploration bildeten sich vor allem drei verschiedene Muster heraus. Erstens, die Vpn versuchten in der Retentionsphase das zuvor gezeigte Stimulusmaterial mit Hilfe von Augenbewegungen, also dem „Ablaufen“ der Kästchen mit den Augen, zu wiederholen, um es sich so im Gedächtnis zu behalten. Zweitens, fixierten die Vpn einen Punkt relativ in der Mitte des Bildschirms, und führten somit keine Augenbewegung durch. Und drittens, führten die Vpn zwar Augenbewegung durch, jedoch nur teilweise präzise. Das heißt, dass sie manchmal einige der richtigen Kästchen fixierten, aber auch einige ausließen oder diese nur sehr unpräzise fixierten. Außerdem wirkte es beim Betrachten der Augenbewegungsplots der dritten Gruppe so, als würden die Vpn zwischen den Strategien der ersten und zweiten Gruppe wechseln. Diese Analyse der Ergebnisse wurde auch durch die protokollierten Angaben zu den verwendeten Strategien durch die Vpn bestätigt. Vpn der ersten Strategieguppe gaben an, dass sie versucht hatten, dass präsentierte Stimulusmaterial in der Retentionsphase durch „Ablaufen“ der gezeigten Kästchen mit den Augen zu wiederholen. Vpn der zweiten Gruppe verwendeten die Strategie, ihren Blick starr in der Mitte zu halten und nur durch Aufmerksamkeitslenkung auf ihr peripheres Sichtfeld das Stimulusmaterial zu wiederholen. Bei der dritten Gruppe berichteten die Vpn, dass sie verschiedene Strategien angewandt hatten. Diese waren entweder eine Mischung aus den Strategien der Gruppe eins und zwei oder, dass sie nicht bewusst eine Strategie verwendet hatten, um sich die Kreise und deren Reihenfolge zu merken. Bei der Analyse der Augenbewegungsplots ist es jedoch wichtig zu beachten, dass es auch innerhalb der verschiedenen Strategieguppen Unterschiede zwischen der Enkodierungs- und Retentionsphase gab. Ein Beispiel dafür wäre der *Subtrial* von Vp C in der Abbildung 3.3.

Diese Vp gehörte zur Gruppe drei und wendete in diesem *Subtrial* die Strategie des Wiederholens durch Augenbewegungen an. Doch während dem Enkodieren folgten die Augen dem Stimulusmaterial kaum und nur sehr unpräzise. Dahingegen enkodierte Vp D das Stimulusmaterial sehr wohl mit den Augen, doch beachtete während der Retentionsphase nur wenige Kästchen des ursprünglichen Materials. Vp D gehörte auch zur dritten Strategiegruppe. Ein Beispiel für die zweite Gruppe ist Vp A, die während der Enkodierungs-, wie auch der Retentionsphase konstant bei ihrer Strategie blieb. Vp B wurde in die erste Strategiegruppe eingeordnet, weil sie sehr präzise jedes Kästchen des Stimulusmaterials über alle *Trials* hinweg anschaute. Bei ihr ist jedoch auffällig, dass sie, zum Beispiel im Vergleich zu Vp C, nur eine relativ geringe Anzahl an Wiederholungen bei der Retention durchlief. Außerdem kam es auch häufig vor, dass Vpn im Protokoll die Angabe machten, dass sie bei geringer Kreisanzahl, also bei drei oder vier, manchmal auch bei fünf Kreisen, versucht hatten, sich diese als geometrische Form zu merken. Bei größerer Kreisanzahl wechselten sie die Strategie. Deshalb erfolgte die Einteilung der Vpn in die drei Gruppen anhand der Aufgabenausführung bei größerer Kreisanzahl. Dabei war zu beobachten, dass sich die Vpn gleichmäßig auf alle drei Strategiegruppen verteilten.

4.3 Kritische Betrachtung der Studie und Auseinandersetzung mit anderen Studien

Es lässt sich über die Methode zur Berechnung des Maß an Augenbewegungen diskutieren. In dieser Studie wurde dazu der Mittelwert aller minimalen Abstände zwischen einem Stimulus (Kreis) und der nächstgelegenen Fixation gewählt. Ein Vorteil dieser Methode liegt darin, dass sie aufzeigt, wie präzise eine Vp das Stimulusmaterial betrachtete, sprich wie weit die Vp ihre Augen in die Nähe eines präsentierten Stimulus bewegte. Ein Nachteil hingegen besteht darin, dass dabei die Reihenfolge der betrachteten Stimuli außer Acht gelassen wird. Folglich kann man mit dieser Berechnung nicht überprüfen, ob das Memorisieren, durch Wiederholen der Stimuli während der Retentionsphase, in der richtigen Reihenfolge stattgefunden hatte. Außerdem nehmen Fixationen, welche nicht in die Berechnung mit eingingen, auch keinen Einfluss auf die Bewertung der Augenbewegungen einer Vp. Das heißt, dass eine Vp auch mit großer Streuung ihren Blick auf dem Bildschirm umher wandern hätte lassen können und sie, solange sie dabei auch relativ präzise auf das Stimulusmaterial blickte, ein gutes Maß für genaue Augenbewegung erhalten hätte. Es darf auch nicht vergessen werden, dass durch die unterschiedlichen Leistungen der Vpn nicht die gleiche Anzahl an Daten in die Berechnung der Mittelwerte an Augenbewegung für die Enkodierungs- und Retentionsphase mit eingingen. Die Mittelwerte von Vpn mit einer geringen Anzahl an *Subtrials* unterliegen somit größeren Schwankungen als bei Vpn mit vielen *Subtrials*. Eine

andere mögliche Methoden zur Bestimmung des Augenbewegungsmaß wäre das Berechnen der Augenbewegungswege. Bei dieser Methode würden die Abstände zwischen dem ersten Stimulus eines *Subtrials* bis zum letzten in der richtigen Reihenfolge aufaddiert werden. Die Summe könnte man dann mit dem tatsächlich zurückgelegten Weg der Augen, geteilt durch die Anzahl der Wiederholungen, vergleichen. Dies würde dazu führen, dass, im Gegensatz zur ersten Methode, auch die Reihenfolge, in der die verschiedenen Kästchen angeschaut werden, Beachtung finden würde. Allerdings bestünde bei der Berechnung der Augenbewegungswege ein Nachteil darin, dass damit nicht gemessen werden kann, wohin eine Vp schaute. Würde sie mit der richtigen Weglänge in eine falsche Richtung blicken, so würde dies auch als richtig in die Berechnung zum Maß an Augenbewegungswegen mit eingehen. Am Besten wäre es deshalb, wenn beide Berechnungsmethoden verwendet werden würden. Damit könnte gewährleistet werden, dass die Vpn präzise auf das Stimulusmaterial fixierten (erste Methode) und dass sie dabei auch die richtige Reihenfolge verwendeten (zweite Methode).

Nun lässt sich auch noch über die Allgemeingültigkeit der Studie diskutieren. Als Stimulusmaterial wurden immer nur Kästchen und Kreise verwendet. Dies stellt einen klaren Vorteil von visuell-räumlichen Stimuli im Vergleich zu verbalen Stimuli dar. Bei verbalem Material müssen immer noch Parameter wie, Wort-Längen-Effekt, Wortfrequenz usw. beachtet werden, die einen Einfluss auf das verbale Wiederholen der Stimuli haben. Dieses Problem gab es bei dem Versuchsmaterial in der aktuellen Studie nicht. Allerdings könnte man kritisieren, dass solches Stimulusmaterials nicht dem gewohnten visuell-räumlichen Input einer Vp entspricht. Daher ließe sich die Allgemeingültigkeit der Ergebnisse in Frage stellen. Ein solches Problem von geringer externer Validität eines Versuches geht oft mit einer hohen internen Validität einher. Denn in einer normalen Umwelt bilden Menschen Assoziationen mit den eingehenden visuell-räumlichen Reizen. Dies hat natürlich einen Einfluss auf die Abrufleistung der Stimuli aus dem Gedächtnis. Zwar halte ich einen solchen Einwand nicht für nebensächlich, doch sollte in dieser Studie untersucht werden, inwieweit Augenbewegungen und Aufmerksamkeit die AG-Spanne unterstützen. Eine saubere Messung dieser Faktoren wäre mit umweltgerechteren Stimuli in dieser Form sicher nicht möglich gewesen. Hinzu kommt, dass nicht alle natürlichen Objekte beliebig im Raum verteilt werden können. Außerdem glaube ich, dass Faktoren wie Assoziationen zu den Reizen eher in dem Sinne einen Einfluss haben, dass sie Augenbewegungen und Aufmerksamkeit auf bestimmte Stimuli ziehen und diese auch deshalb besser erinnert werden können.

Methodische Neuerungen und ihre Auswirkungen

Ein neues Element bei dieser Studie lag in der Verwendung des *Trialabbruches*. Mit diesem wurde gewährleistet, dass die Vpn das Kreuz in der Bedingung Fixation oder die Zahlen in der Bedingung Addition konstant fixierten. Zwar wurde auch schon bei vielen anderen Studien ein *Eyetracker* verwendet, um zu überprüfen, ob die Vpn auch in ihren Augenbewegungen den Instruktionen zum Versuch Folge leisteten, doch geschah dies immer erst im Nachhinein, sodass gegebenenfalls Vpn-Daten ausgeschlossen werden mussten. Somit lag der Vorteil der Methode des *Trialabbruches* nicht nur darin, dass die Kontrolle über die Augenbewegungen der Vp *online* geschah, es mussten auch keine Daten aufgrund instruktionsvernachlässigenden Augenbewegungen ausgeschlossen werden, da nach jedem *Trialabbruch* der abgebrochene Durchgang mit neuem Stimulusmaterial wiederholt werden musste.

Eine weitere Neuerung stellt das Randomisieren der Versuchsbedingungen dar. Der Vorteil liegt darin, dass man einen Lerneffekt von den Vpn über die einzelnen Bedingungen minimieren, wenn nicht sogar ausschließen kann. Um den Lerneffekt weiter zu verringern, wurde vor den relevanten Bedingungen im zweiten Versuchsblock der erste Block mit der *Baseline* Bedingung gesetzt. In diesem konnte sich die Vp auf die allgemeine Aufgabe des Versuches einstellen, ohne jedoch für den relevanten zweiten Versuchsblock vorher beeinflusst zu werden. Somit konnte eine Vp alle Bedingungen bearbeiten. Die Verwendung eines solchen *Within-Subject Designs* mit randomisierter Reihenfolge (Ausbalancierung des Lerneffekts) führte dazu, dass sich einzelne Versuchsbedingungen sehr gut miteinander vergleichen ließen. Auch bei anderen Studien zum *CORSI Block-Tapping* Paradigma wurde schon ein *Within-Subject Design* verwendet, wie z.B. bei Pearson & Sahraie (2003). In diesem mussten die Vpn an verschiedenen Tagen verschiedene Versuchsbedingungen bearbeiten, um einem Lerneffekt entgegen zu wirken. Doch dadurch lassen sich andere Einflüsse, die von der Vp abhängen, wie Müdigkeit, Stimmung, allgemeines Wohlbefinden, Motivation usw. nicht ausschließen. Solche Effekte üben natürlich auch einen starken Einfluss auf die AG-Spanne aus, was die Vergleichbarkeit der verschiedenen Versuchsbedingungen mindert. Und da in der aktuellen Studie die Bedingungen zwar randomisiert waren, jedoch immer alle *Subtrials* mit gleicher Kreisanzahl nacheinander erfolgten, führte dies zu einer guten Vergleichbarkeit der Bedingungen, wie auch von deren *Subtrials*.

Alternativerklärung zu den Ergebnissen

Eine Alternativerklärung zu den Ergebnissen der aktuellen Studie könnte auch folgendermaßen aussehen. Freie Exploration, war diejenige Bedingung, die am ehesten einem alltäglichen

Gebrauch des AG bei der Aufnahme von visuell-räumlichen Stimuli gleich kam. Die Bedingungen Fixation und Addition können im Gegensatz dazu als künstlich geschaffen betrachtet werden, da die Vp in beiden Bedingungen ihre Augen nicht bewegen durfte und die Mitte des Bildschirms fixieren musste. Dies entsprach nicht gerade einer alltäglichen Situation und man könnte daher behaupten, dass die Ergebnisse dieser Studie nicht auf Grund von den unterstützenden Mechanismen von Augenbewegungen und Aufmerksamkeit zustande gekommen sind, sondern, weil die Bedingung mit der größten AG-Spanne gleichzeitig auch der mit der natürlichsten Umgebung für die Vp entsprach. Ein weiteres Indiz für diese Theorie wäre die relativ hohe *Trialabbruchrate* von 65%. Hier könnte man noch untersuchen, ob Vpn, die in die erste Strategieguppe mit viel Augenbewegungen gehörten auch eine allgemein hohe *Trialabbruchrate* hatten. Dies würde darauf hinweisen, dass die Vpn eigentlich ihre Augen bewegen wollten, was jedoch künstlich verhindert wurde. Ein Resultat dessen, könnte dann die geringe Anzahl an richtigen *Subtrials* in den Bedingungen Fixation und Addition darstellen. Allerdings kann man zu dieser Theorie anführen, dass es nur logisch ist, dass Vpn es präferierten Augenbewegung durchzuführen, da sie es als gewohnt und erprobten Mechanismus zur Unterstützung ihrer Gedächtnisleistung ansahen und diesen, wie gewohnt auch verwenden mochten. Gegen die alternative Erklärungsmöglichkeit spricht auch die Studie von Pearson und Sahraie (2003). Sie kamen zu dem Ergebnis, dass sakkadische Augenbewegungen, die während der Retentionsphase des CORSI *Block-Tapping* Paradigmas ausgeführt wurden und nichts mit dem Paradigma zu tun hatten, zu massiven Beeinträchtigungen der AG-Leistung führten. Das Gleiche galt auch für Doppelaufgaben, welche andere Arten von Augenbewegungen und Aufmerksamkeit betrafen. Auch sie führten zu einem Abfall der AG-Spanne, wenn auch nicht in dem Maße wie sakkadische Augenbewegungen. Freie Augenbewegungen hingegen verschlechterten die Gedächtnisspanne kaum. Daraus kann man schließen, dass die Störung von natürlichen Augenbewegungen und der Aufmerksamkeit durch auferlegte Doppelaufgaben zu einer Minderung der AG-Leistung führen, da die normalerweise unterstützenden Mechanismen zum Memorisieren der Stimuli wegfallen. Pearson und Sahraie (2003) gaben jedoch auch an, dass Vpn, wenn sie ihre Augen frei während dem Retentionsintervall bewegen durften, keine Augenbewegungen zur Wiederholung des Stimulusmaterials ausführten. Daraus schlossen die Autoren, dass diese Art von Mechanismus bei Menschen keine Anwendung findet. Diese Interpretation halte ich jedoch für gewagt. Ein wichtiger Unterschied der aktuellen Studie zu der von Pearson und Sahraie (2003) bestand darin, dass Teile des Stimulusmaterials (die Kästchen) auf dem Bildschirm sichtbar blieben. Bei Pearson und Sahraie war dies jedoch nicht der Fall. Auch war das Retentionsintervall nur halb so lang wie in der aktuellen Studie, was möglicherweise zu kurz sein könnte, um das Wiederholen von visuell-räumlichen Stimuli zu aktivieren. Ein weiterer Kritikpunkt, der auch von Tremblay et al. (2006) aufgeführt wurde, ist, dass Pearson und Sahraie (2003) immer die gleiche Blockkonstellation in ihrem Versuch verwendeten. Diese könnte mit der Zeit ins Langzeitgedächtnis übergegangen sein, was eher zu einer Förderung

von bildhafter Vorstellung der Stimuli als zu einem mechanischen Wiederholen durch echte Augenbewegungen führen könnte. Auch nicht ganz in dieses Schema passend ist das Ergebnis von Pearson und Sahraie (2003), bei dem mit geschlossenen, unbewegten Augen fast die gleiche AG-Spanne erreicht wurde, wie mit freien Augenbewegungen. Bei geschlossenen Augen kann zwar immer noch mental, durch bildhafte Vorstellung, Aufmerksamkeit auf das Stimulusmaterial gelegt werden, jedoch fällt der unterstützende Mechanismus der Augenbewegungen weg. Ich halte ebenso die Durchführbarkeit dieser experimentellen Bedingung von Pearson und Sahraie (2003) für fragwürdig. Es gibt keine natürlichen Situationen, in der Menschen je darauf achten müssten, ihre geschlossenen Augen zu bewegen oder starr zu halten. Menschen bewegen selbst im Schlaf ihre Augen (Chong-Hwa Hong, Gillin, Dow, Wu & Buchsbaum, 1995). Außerdem ist es ohne visuell-sensorischen Abgleich sehr schwer festzustellen, ob man seine Augenstellung verändert hat. Deshalb vertrete ich die Ansicht, dass die Vpn nicht sensibel genug sein konnten, um kleine Bewegungen der Augen zu unterdrücken. Auch die Überprüfung, ob die Vp Augenbewegungen ausgeführt hatte oder nicht, halte ich nur im begrenzten Umfang für möglich. Deshalb kann es durchaus sein, dass Vpn auch in der Bedingung mit geschlossenen Augen, diese bewegt hatten.

Vergleich der Ergebnisse mit anderen Studien

Es sollte auch noch evaluiert werden, inwieweit die Angabe der schriftlichen Versuchspersoneninstruktion (siehe Anhang), dass schon ein richtiger *Subtrial* von drei ausreicht, um den Versuch nicht zum Abbruch zu bringen, Einfluss auf die AG-Spanne hatte. Diese Angabe könnte die Vpn dazu verleitet haben, dass sie, sobald sie einen *Subtrial* korrekt absolviert hatten, ihre Anstrengungen für die restlichen Durchgänge eines *Trials* minderten. Dies würde dazu führen, dass Vpn eine relativ geringe Anzahl an richtigen *Subtrials* erreicht hatten, obwohl sie im Versuch relativ weit kamen. Die hier verwendete Berechnung der AG-Spanne würde für solche Vpn ein schlechtes Ergebnis liefern, da in die Berechnung die Anzahl der richtigen *Subtrials* mit einfließt. Das könnte man durch das Verhältnis von richtigen *Trials* zu korrekten *Subtrials* berechnen. Da in der Studie jedoch die *Trials* der wichtigen Bedingungen randomisiert waren, hätte sich ein Strategiewechsel selbst mitten im Versuch gleichmäßig auf alle Bedingungen ausgewirkt. Somit kann gesagt werden, dass sich der Einwand nicht von der Hand weisen lässt, da er tatsächlich bei einzelnen Vpn zu einer allgemein niedrigeren Berechnung der AG-Spanne geführt haben könnte. Er spielt jedoch keine Rolle in Bezug auf die Fragestellung der Studie.

Ein wichtiger Aspekt, der auch einen (großen) Einfluss auf die AG-Spanne hat, ist die Zeit, welcher der Vp bleibt, um visuell-räumlich Stimulusmaterial zu enkodieren. Bei der Studie von Saint-Aubin, Tremblay und Jalbert (2007) wurde der Effekt der Manipulation der

Fixationsdauer beim *CORSI Block-Tapping* Paradigma auf die Wiedergabeleistung hin untersucht. Außerdem wurde Wert auf die Auswertung von Positionseffekten, d.h. an welcher Stelle sich der Stimulus bei einer seriellen Präsentation befindet, gelegt. Es zeigte sich, dass Stimuli, welche weiter vorne in der Stimulusabfolge lagen, auch besser erinnert werden konnten. Weiterhin konnten Saint-Aubin et al. (2007) beobachten, dass die Vpn, wenn es ihnen die experimentelle Bedingung ermöglichte, beim Enkodieren wiederholt auf schon früher präsentierte Stimuli zurück blickten. Somit erhöhte sich die allgemeine Fixationsdauer für Stimuli, die eine frühe Position in der Abfolge innehatten. Aus diesen Ergebnissen schlossen die Autoren, dass die zeitliche Verteilung der Fixationsdauer über die Positionen mit der Abrufleistung der Stimuli korreliert. Allerdings gab es keine großen Unterschiede, wenn allgemein die Fixationsdauer, sprich die Zeitspanne zur Betrachtung des gesamten Stimulusmaterials, erhöht wurde. Daraus folgerten die Autoren, dass Fixationsdauer und Abrufleistung einer begrenzten Verarbeitungsleistung des Gedächtnisses unterliegen. Doch wie lässt sich das mit der verbesserten Abrufleistung bei längerer Fixationsdauer innerhalb eines Durchgangs in Einklang bringen? Saint-Aubin et al. (2007) erklärten die bessere Leistung (Positionseffekt) dadurch, dass bei längerer Fixationsdauer eine tiefer gehende Verarbeitung des Stimulus stattfinden konnte. Allgemein führte jedoch eine verlängerte Präsentationsdauer des Stimulusmaterials nicht gleich zu einer verbesserten Gedächtnisleistung, da hier die Grenze der Gedächtniskapazität erreicht wurde. Im Bezug zu der Studie von Saint-Aubin et al. (2007) stellt sich nun die Frage, ob die Präsentationsdauer, die hier in der aktuellen Studie verwendet wurde, lange genug war, um zu gewährleisten, dass auch alle, am Enkodieren beteiligten Verarbeitungsprozesse verwendet wurden und, ob dies Auswirkung auf das Memorisieren in der Retentionsphase und somit die Ergebnisse haben könnte. Da es in dieser Studie zu sehr klaren Ergebnissen kam, halte ich eine Verfälschung der Daten aufgrund von zu kurzer Präsentationsdauer für unwahrscheinlich. Allerdings lässt sich dieser Einwand nicht ganz ausschließen, da es sein könnte, dass die Vpn, wie auch bei einer Bedingung von Saint-Aubin et al. (2007), nicht immer das Stimulusmaterial während der Enkodierungsphase fixiert hatten. Teilweise ist dies auch in den aufgezeichneten Augenbewegungsplots sichtbar (siehe Abbildung 3.3). Doch es bleibt die Möglichkeit bestehen, dass die Vp auch peripher, ohne direkte Fixation des Stimuli, diesen wahrgenommen und verarbeitet hat (Abbildung 3.3, Vp B).

Eine weitere Untersuchung, die auch noch interessant zu erforschen wäre, ist die Frage, welcher Art die Fehler waren, die die Vpn machten. Im Rahmen von verbalem Stimulusmaterial wurde ein Fehler auf den Ebenen Stimulus (war dieser Stimulus Teil des bei Enkodieren präsentierten Materials?) und seiner Position innerhalb eines seriellen Abrufs (stimmt die Reihenfolge?) getroffen (Healy, 1974). Übertragen auf die visuell-räumlichen Stimuli dieser Studie kann somit unterschieden werden, ob die Vp ein falsches Kästchen auswählte, sprich ein solches, welches nicht im Stimulusmaterial vorkam (räumlicher Fehler), oder ob

sie sich zwar für das richtige Kästchen entschieden, dies jedoch in der falschen Reihenfolge angegeben hatte (zeitlicher Fehler). Auch in der Studie von Pearson und Sahraie (2003) wurde eine solche Auswertung vorgenommen. Dabei wurde immer nur der erste Fehler eines *Subtrials* verwendet, da bei nachfolgenden Fehlern eine Kategorisierung dieser nicht mehr vorgenommen werden konnte. Außerdem wurden nur die letzten zwei *Subtrials* vor Ende eines experimentellen Durchgangs in die Analyse mit eingerechnet. In der Studie wurde herausgefunden, dass bei der Kombination des CORSI *Block-Tapping* Paradigmas mit einer Doppelaufgabe, in welcher die Vpn sakkadische Augenbewegungen ausführen mussten, die Fehlerrate von räumlichen Fehlern bei 61,5% lag. Dies stellte bei Pearson und Sahraie (2003) den höchsten Anteil an räumlichen Fehlern im Verhältnis zu zeitlichen Fehlern über alle experimentellen Bedingungen dar. Daraus zogen Pearson und Sahraie (2003) den Schluss, dass irrelevante Augenbewegungen mit der Ortsrepräsentation eines Stimulus interferieren. In diesem Zusammenhang führten sie die Möglichkeit an, dass es durch die Aktivierung des okulomotorischen Netzwerkes zu einer Störung bei räumlichen Repräsentationen im AG kommen könnte. Die Schlussfolgerung von Pearson und Sahraie (2003) steht dabei nicht im Widerspruch zu der aktuellen Studie. In dieser wird von der Hypothese ausgegangen, dass mit dem zu memorisierenden Stimulusmaterial konforme Augenbewegungen zu einer Verbesserung der AG-Leistung führen. Ein Rückschluss davon wäre, dass nicht mit dem Stimulusmaterial konforme Augenbewegungen das Memorisieren stören würden, was die Resultate von Pearson und Sahraie (2003) widerspiegeln. Allerdings halte ich die Aussage, dass eine Aktivierung im okulomotorischen Netzwerk zu einer Störung bei räumlicher Repräsentation im AG führe, für zu allgemein gehalten. Da sich menschliche Augen die meiste Zeit in Bewegung befinden und selten starr einen Punkt fixieren, und somit immer eine Art von Aktivierung im okulomotorischen Netzwerk hervorrufen, wäre es ein evolutionärer Nachteil, wenn diese Aktivierung mit räumlichen Repräsentationen interferieren würde. Dies wäre nur schlüssig, wenn räumliche und Bewegungsrepräsentationen voneinander getrennte Mechanismen darstellen würden. Dann allerdings müsste die Frage geklärt werden, wie die Wahrnehmung von Bewegungen ohne räumliche Information verarbeitet werden soll. Somit wäre eine Fehlerauswertung im Bezug zur Art des Fehlers (räumlich/zeitlich) in der aktuellen Studie interessant, um sie mit den Ergebnissen von Pearson und Sahraie (2003) vergleichen zu können.

Die Ergebnisse dieser Studie zeigen, dass ohne Augenbewegungen und ohne Aufmerksamkeitsbelegung die Vpn nur eine sehr geringe AG-Leistung hatten. Somit konnte die Hypothese dieser Studie voll und ganz bestätigt werden. Zu einem ähnlichen Ergebnis bezüglich der unterstützenden Funktion von Augenbewegungen kamen auch Tremblay, Saint-Aubin und Jalbert (2006). Auch sie verwendeten einen Versuchsaufbau basierend auf dem CORSI *Block-Tapping* Paradigma. Bei der Studie von Tremblay et al. (2006) leuchteten auf dem Bildschirm nacheinander sieben Kreise auf, die allerdings alle während dem Retentionsin-

tervall sichtbar blieben. Somit konnten die Vpn, während sie mit den Augen die Präsentationsreihenfolge abliefen, stets alle Kreise sehen. Die Ergebnisse von Tremblay et al. (2006) zeigten, dass mit ansteigender Benutzung von Augenbewegungen zum Memorisieren auch die Abrufleistung aus dem Gedächtnis anstieg. Weiter führte Unterdrückung der Augenbewegung zu dem schlechtesten Ergebnis im Bezug auf die AG-Spanne. Nun stellt sich jedoch die Frage, wenn das Wiederholen des zu memorisierenden Materials durch Augenbewegungen unterstützend auf die Gedächtnisleistung wirkt: Warum wenden Vpn, wenn sie frei ihre Augen bewegen können, diese Strategie nicht immer an? Ein weiterer wichtiger Punkt betrifft die Wiederholung des Stimulusmaterials durch Aufmerksamkeitsbelegung. In der aktuellen Studie konnte nachgewiesen werden, dass die Unterdrückung von stimulibetreffenden Aufmerksamkeitsverschiebungen auch zu einer geringeren AG-Spanne führte. Doch in der Bedingung Addition, in der es kein Memorisieren der Stimuli durch Augenbewegungen oder Aufmerksamkeitsverschiebungen gab, hatten nur vier Vpn keinen einzigen *Subtrial* richtig. Das bedeutet, dass alle anderen Vpn sich trotzdem noch etwas merken konnten. Somit erhöhen okulomotorisches und aufmerksamkeitsbasiertes Wiederholen des Stimulusmaterials zwar deutlich die AG-Spanne, es muss jedoch noch andere Verarbeitungsprozesse geben, die für das Behalten von visuell-räumlichen Stimulusmaterial verantwortlich sind. Da es sich um visuell-räumlichen Input handelte und die Wirkung von Augenbewegungen schon untersucht wurde, empfiehlt sich zur weiteren Untersuchung von Verarbeitungsprozessen, die am Memorisieren beteiligt sein könnten, die Verwendung von EEG-Untersuchungen. Eine mögliche Erklärung der oben genannten Fragestellungen lieferte Nairne (2002). Er führt das Halten und Memorisieren von Stimulusmaterial auf der verbalen Ebene nicht auf inneres „Vor-sich-hin-Sprechen“ zurück. Er vertritt die Ansicht, dass dieser Mechanismus allein dazu diene Gedächtnisinhalte anzustoßen, dass er an sich jedoch nicht notwendig wäre. Nairne (2002) erklärte somit die bessere Gedächtnisleistung bei Wiederholung von verbalen Stimuli, dass das innere „Vor-sich-hin-Sprechen“ zu einer häufigeren Aktivierung von Gedächtnisinhalten durch Hinweisreize führe, was eine erfolgreiche Abfrage nach sich ziehen würde. Übertragen auf die Verarbeitung von visuell-räumlichen Stimuli würde eine Aktivierung des Gedächtnisses schon beim Enkodieren stattfinden. Allerdings würde durch okulomotorisches und aufmerksamkeitsbasiertes Wiederholen des Stimulusmaterials eine stärkere Aktivierung des Gedächtnisses folgen, wodurch auch eine bessere Gedächtnisleistung erzielt werden würde. Dies könnte eine mögliche Erklärung zu den Ergebnissen der aktuellen Studie sein. Allerdings wäre ebenso plausibel, dass zusätzlich zu Augenbewegungen und Aufmerksamkeitsverschiebungen auch noch weitere Prozesse eine Rolle beim Memorisieren von visuell-räumlichen Stimuli spielen.

4.4 Fazit

Als Fazit dieser Studie kann man sagen, dass das Wiederholen von visuell-räumlichen Stimuli durch Augenbewegungen und Aufmerksamkeitsverschiebungen unterstützend auf die AG-Leistung wirkte und somit zu einer erhöhten Merkspanne führte. Diese zwei Mechanismen können jedoch nicht allein für das Memorisieren von visuell-räumlichen Informationen zuständig sein, da Stimuli auch ohne sie im geringeren Maße erinnert werden können. Welche weiteren Prozesse auch noch eine Rolle bei der Verarbeitung von visuell-räumlichen Stimuli spielen, bleibt deshalb zu erforschen.

Literaturverzeichnis

Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. (1968). Human Memory: A Proposed System and its Control Processes *The Psychology of Learning and Motivation*, 2, 90-98

Awh, E., & Jonides, J. (2001). Overlapping mechanisms of attention and spatial working memory. *Trends in Cognitive Science*, 5(3), 119-126

Baddeley, A. D. (1976). *The Psychology of Memory*. New York: Basic Books

Baddeley, A. D. (1992). Working Memory. *Science*, 255, 556-559

Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: a new component of the working memory? *Trends in Cognitive Science*, 4(11), 417-423

Baddeley, A. D. (2003). Working memory: Looking back and looking forward. *Nature Reviews*, 4, 829-839

Berch, D. B., Krikorian, R., & Huha, E. M. (1998). The Corsi Block-Tapping Task: Methodological and Theoretical Considerations. *Brain and Cognition*, 38, 317-338

Chong-Hwa Hong, C., Gillin, J. C., Dow, B. M., Wu, J., & Buchsbaum, M. S. (1995). Localized and lateralized cerebral glucose metabolism associated with eye movements during REM sleep and wakefulness: a positron emission tomography (PET) study. *Sleep*, 18(7), 570-580

Corsi, P. M. (1972). Human memory and the medial temporal region of the brain. *Dissertation Abstracts International*, 34(2), 891B

Cowan, N. (1988). Evolving Conceptions of Memory Storage, Selective Attention, and Their Mutual Constraints Within the Human Information-Processing System. *Psychological Bulletin* 104(2), 163-191

- Healy, A. F. (1974). Separating item from order information in short-term memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behaviour*, 13, 644-655
- Mishkin, M., Ungerleider, L. G., & Macko, K. A. (1983). Object vision and spatial vision: two cortical pathways. *Trends in Neuroscience*, 6, 414
- Miyake, A., & Shah, P. (1999). *Models of Working Memory: Mechanisms of Active Maintenance and Executive Control*. Cambridge University Press
- Nairne, J. S. (2002). Remembering over the Short-Term: The Case against the Standard Model. *Annual Reviews*, 53, 53-81
- Pearson, D. G. & Sahraie, A. (2003). Oculomotor control and the maintenance of spatially and temporally distributed events in visuo-spatial working memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 56A(7), 1089-1111
- Pickering, S. J., Gathercole, S. E., Hall, M., & Lloyd, S. A. (2001). Development of memory for pattern and path: Further evidence for the fractionation of visual-spatial memory. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology Section A: Human Experimental Psychology*, 54(2), 397-420
- Saint-Aubin, J., Tremblay, S., & Jalbert, A. (2007). Eye Movements and Serial Memory for Visual-Spatial Information: Does Time Spent Fixating Contribute to Recall? *Experimental Psychology*, 54(4), 264-272
- Smith, E. E., Jonides J., Koeppe R. A., Awh, E., Schumacher, E. H., & Minoshima, S. (1995). Spatial versus Object Working Memory: PET Investigations. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 7(3), 337-356
- Spornitz, U. M. (1996). *Anatomie und Physiologie*. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag [S.219]
- Tremblay, S., Saint-Aubin, J., & Jalbert, A. (2006). Rehearsal in serial memory for visual-spatial information: Evidence from eye movements. *Psychonomic Bulletin & Review*, 13(3), 452-457
- Zimmer, H. D. (2010). Visuell-räumliches Arbeitsgedächtnis: Eine emergente Eigenschaft der Repräsentation von Reizen im Netzwerk visueller Informationsverarbeitung. *Psychologische Rundschau* 61,(1), 25-32

Anhang

CORSI Block Tapping Task

Aufgabe 1:

- Auf dem Bildschirm werden 10 weiße Kästchen präsentiert
- In drei dieser Kästchen erscheint in einer bestimmten Reihenfolge ein grüner Kreis
- Danach wird der Bildschirm für einen kurzen Moment grau
- Sobald der Bildschirm wieder schwarz ist, besteht die Aufgabe darin, die Kästchen in der Reihenfolge der zuvor gezeigten Kreise mit der Maus anzuklicken
- Richtiges Kästchen angeklickt → ein grüner Kreis leuchtet auf
- Falsches Kästchen angeklickt → ein roter Kreis leuchtet in dem eigentlich richtigen Kästchen auf
- Nach 3 Durchgängen wird die Folge jeweils um einen Kreis erweitert, falls mindestens in einem der 3 Durchgang kein Fehler gemacht wurde, anderenfalls kommt es zum Abbruch der Aufgabe
- **Ziel ist es, so viele Durchgänge wie möglich richtig zu absolvieren**

Aufgabe 2:

- Nun wird zusätzlich zwischen der Präsentation der Kreise und der Abfrage der richtigen Reihenfolge eine der folgenden 3 Bedingungen eintreten:
 - I. Der Bildschirm bleibt für 10 Sekunden grau. In diesem Zeitraum können keine Kästchen angeklickt werden.
 - II. Der Bildschirm bleibt für 10 Sekunden grau. Es erscheint ein gelbes Kreuz in der Mitte des Bildschirms, welches den gesamten Zeitraum über fixiert werden muss, sonst wird dieser Durchgang abgebrochen und muss wiederholt werden.
 - III. Der Bildschirm bleibt für 10 Sekunden grau. Es erscheinen in der Mitte des Bildschirms nacheinander Zahlen, welche aufsummiert werden müssen. Das Ergebnis muss dem Versuchsleiter genannt werden.
- Diese Bedingungen treten durcheinander auf. Dabei gibt es pro Bedingung jeweils 3 Durchgänge.
- **Ziel ist es, so viele Durchgänge wie möglich richtig zu absolvieren**

Schriftliche Instruktion der Versuchsperson

Probandeninformation und Einverständniserklärung

Personendaten

Name der Versuchsperson (in Druckbuchstaben): _____

E-Mail Adresse: _____

Studiengang und Fachsemester: _____

Geburtsjahr: _____ Geschlecht: m w

Brille: ja nein Kontaktlinse: ja nein Kontaktlinse: hart weich

Probandeninformation

Experiment: CORSI Block Tapping

Name der Versuchsleiter: Gregor Hardiess, Lena-Sophie Martis, Natalie Christner

Sie werden heute an einem Computereperiment bezüglich der Untersuchung Ihrer Arbeitsgedächtnisspanne teilnehmen. Dabei werden Sie mit der Computermaus verschiedene Sequenzen von (am Bildschirm dargestellten) Blöcken nachklicken. Der Schwierigkeitsgrad wird dabei variiert um Ihre Gedächtnisspanne zu messen.

Das Experiment ist nicht invasiv, kann nicht zu Schäden führen und hat keinerlei Nebenwirkungen. Ihre persönlichen, während dieser Studie erhobenen, Daten werden im Rahmen von wissenschaftlichen Publikationen - in anonymisierter Form - veröffentlicht und am Lehrstuhl für Kognitive Neurowissenschaft gespeichert.

Die Teilnahme erfolgt freiwillig und kann zu jedem Zeitpunkt ohne Angabe von Gründen abgebrochen werden.

Einverständniserklärung

Ich erkläre mich bereit, an dem o.g. Experiment teilzunehmen.

Ich habe den Text der Probandeninformation und dieser Einverständniserklärung gelesen und verstanden. Aufgetretene Fragen wurden mir verständlich und vollständig beantwortet. Ich hatte ausreichend Zeit, Fragen zu stellen und mich für oder gegen eine Teilnahme zu entscheiden.

Ich erkläre mich damit einverstanden, dass meine persönlichen, während dieser Studie erhobenen, Daten im Rahmen von wissenschaftlichen Publikationen - in anonymisierter Form - veröffentlicht und am Lehrstuhl für Kognitive Neurowissenschaft gespeichert werden.

Tübingen, den _____
Unterschrift

Probandeninformation und Einverständniserklärung