

Eberhard Karls Universität Tübingen  
Fakultät für Informations- und Kognitionswissenschaften  
Wilhelm-Schickard-Institut für Informatik

## Diplomarbeit Bioinformatik

### **Untersuchung des Einflusses von Sprache auf den Aufbau von Routenwissen**

Marc Halfmann

7.04.2010

Betreuer: Dr. Gregor Hardiek  
1. Gutachter: Prof. Dr. Wolfgang Rosenstiel  
2. Gutachter: Prof. Dr. Hanspeter A. Mallot



---

Ich erkläre hiermit, dass ich die vorliegende Arbeit selbständig verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel verwendet habe.

Tübingen, den 7. April 2010

Marc Halfmann



## Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bei allen Personen bedanken, die mich bei der Erstellung dieser Arbeit unterstützt haben.

Bedanken möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr. Hanspeter A. Mallot, der stets für mich ansprechbar war und mir die Freiheit gelassen hat, die Arbeit nach eigenen Vorstellungen zu entwickeln.

Ein besonderer Dank gilt meinem Betreuer Herrn Dr. Gregor Hardieß, der mit sehr viel Engagement, guten Ideen und unermüdlichem Einsatz meine Diplomarbeit betreut hat.

Ebenfalls bedanken möchte ich mich bei Reinhard Scholz, für die tatkräftige Unterstützung und die vielen konstruktiven Anregungen.

Ein großer Dank gilt insbesondere meinen Eltern, da sie nicht nur mein Studium zum größten Teil finanziert haben, sondern auch ständig ein sehr großes Interesse an meiner Arbeit zeigten und mich so gut es ging unterstützten.



# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b>	<b>iv</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b>	<b>v</b>
<b>1 Einleitung</b>	<b>1</b>
1.1 Sprache und Raum . . . . .	2
1.1.1 Grundlagen . . . . .	2
1.1.2 Arbeiten zur Wechselwirkung zwischen Sprache und Kognition . . . . .	3
<b>2 Material Methoden</b>	<b>11</b>
2.1 Experiment . . . . .	11
2.1.1 Versuchsaufbau . . . . .	11
2.1.2 Versuchsdurchführung . . . . .	16
2.1.3 Pilotexperiment . . . . .	18
2.2 Werkzeuge . . . . .	19
2.2.1 Multigen Creator . . . . .	20
2.2.2 OpenSceneGraph . . . . .	20
2.3 Implementierung . . . . .	21
2.3.1 Randomisierter Aufbau der Strecken . . . . .	21
2.3.2 Hauptprogramm . . . . .	23
<b>3 Ergebnisse</b>	<b>25</b>
3.1 Ergebnisse Pilotexperiment . . . . .	25
3.1.1 Zurückgelegte Wegstrecke . . . . .	25
3.1.2 Benötigte Zeit . . . . .	26
3.1.3 Benötigte Anzahl Versuche . . . . .	27
3.2 Ergebnisse Diplomarbeit . . . . .	28
3.2.1 Lerneffekt . . . . .	29
3.2.2 Deckeneffekt . . . . .	32

3.2.3	Zurückgelegte Wegstrecke . . . . .	33
3.2.4	Benötigte Zeit . . . . .	36
3.2.5	Benötigte Anzahl Versuche . . . . .	38
3.2.6	Anzahl Fehler . . . . .	38
3.2.7	Verweildauer . . . . .	41
3.2.8	Auswertung Fragebögen . . . . .	43
<b>4</b>	<b>Diskussion</b>	<b>47</b>
4.1	Diskussion Pilotexperiment . . . . .	47
4.1.1	Assoziationsphase . . . . .	47
4.1.2	Lernphase . . . . .	47
4.1.3	Testphase . . . . .	48
4.2	Diskussion Diplomarbeit . . . . .	48
4.2.1	Assoziationsphase . . . . .	48
4.2.2	Lernphase . . . . .	50
4.2.3	Testphase . . . . .	52
4.2.4	Erklärung des Effektes und des Unterschiedes zum Pilotexperiment .	53
4.3	Zusammenfassung . . . . .	57
<b>5</b>	<b>Ausblick</b>	<b>59</b>
<b>A</b>		<b>61</b>
A.1	Tabelle: Texturen, Platznamen, Icons . . . . .	61
A.2	Fragebogen . . . . .	66
A.3	Tabelle Fragebogen . . . . .	67

# Abbildungsverzeichnis

1.1	Falsche Abbiegungen in Relation zur Sekundäraufgabe [1] . . . . .	4
1.2	In der Mapping-Aufgabe von [2] verwendete Regale . . . . .	5
1.3	Anteile korrekter Antworten in [2] . . . . .	6
1.4	Schematische Darstellung des in [3] verwendeten Versuchsraumes . . . . .	7
1.5	Wegbeschreibungen des ersten Experimentes aus [4] . . . . .	8
2.1	Exemplarische Ansicht der hexagonalen Struktur der Strecken . . . . .	11
2.2	Ansicht eines Platzes mit Landmarken . . . . .	12
2.3	Ansicht der verschiedenen Strecken aus der Vogelperspektive . . . . .	12
2.4	Ansicht einer Absperrung in einer Sackgasse . . . . .	13
2.5	Einblendung in der Baseline-Bedingung . . . . .	14
2.6	Einblendung der Namensliste in der Word-Bedingung . . . . .	14
2.7	Einblendung Iconliste in der Icon-Bedingung . . . . .	15
2.8	Einblendung eines Namens über einem Platz . . . . .	15
2.9	Darstellung eines einfachen Szenengraphen . . . . .	20
3.1	Durchschnittlich zurückgelegte Wegstrecke im Pilotexperiment . . . . .	26
3.2	Durchschnittlich benötigte Zeit im Pilotexperiment . . . . .	26
3.3	Durchschnittliche Anzahl Versuche im Pilotexperiment . . . . .	27
3.4	Trajektorie aus der Lernphase der Baseline-Bedingung . . . . .	28
3.5	Geschwindigkeitsprofil zur Trajektorie aus Abbildung 3.4 . . . . .	29
3.6	Durchschnittliche Wegstrecke: erste, zweite und dritte Strecke . . . . .	30
3.7	Durchschnittlich benötigte Zeit: erste, zweite und dritte Strecke . . . . .	30
3.8	Durchschnittliche Anzahl Versuche: erste, zweite und dritte Strecke . . . . .	31
3.9	Durchschnittliche Anzahl Fehler: erste, zweite und dritte Strecke . . . . .	31
3.10	Durchschnittlich zurückgelegte Wegstrecke (Assoziationsphase) . . . . .	33
3.11	Durchschnittlich zurückgelegte Wegstrecke (Lernphase): . . . . .	34
3.12	Durchschnittlich zurückgelegte Wegstrecke (Testphase): . . . . .	35
3.13	Durchschnittlich benötigte Zeit (Assoziationsphase): . . . . .	36

3.14	Durchschnittlich benötigte Zeit (Lernphase): . . . . .	37
3.15	Durchschnittlich benötigte Zeit (Testphase): . . . . .	37
3.16	Durchschnittliche Anzahl benötigter Versuche (Lernphase): . . . . .	38
3.17	Durchschnittliche Anzahl Fehler (Assoziationsphase): . . . . .	39
3.18	Durchschnittliche Anzahl Fehler (Lernphase): . . . . .	40
3.19	Durchschnittliche Anzahl Fehler (Testphase): . . . . .	40
3.20	Durchschnittliche Verweildauer (Assoziationsphase) . . . . .	41
3.21	Durchschnittliche Verweildauer (Lernphase): . . . . .	42
3.22	Durchschnittliche Verweildauer (Testphase): . . . . .	42
3.23	Absolute Häufigkeit der Bewertungen für Icons und Worte . . . . .	43

# Tabellenverzeichnis

2.1	Anzahl aller Reihenfolgen der Bedingungen . . . . .	17
2.2	Anzahl aller Positionen der Bedingungen . . . . .	17
3.1	Anzahl ausgewerteter Versuchspersonen pro Bedingung . . . . .	32
3.2	Relative Häufigkeit der Bewertungen für Icons und Worte . . . . .	44
A.1	Tabelle aller Plätze mit Landmarken, Namen und Icons . . . . .	64
A.2	Tabelle aller Bewertungen des Fragebogens . . . . .	68



# Kapitel 1

## Einleitung

Es gehört zu unseren alltäglichen Aufgaben, uns in den verschiedensten Umgebungen zu rechtzufinden und gegebenenfalls zu einem Ziel zu navigieren. Hierbei müssen immer wieder neue Routen geplant, gelernt oder bereits gelernte Routen abgerufen werden. Da Sprache für uns eine wichtige Komponente in vielen Bereichen des täglichen Lebens, so auch beim Lernen darstellt, stellt sich die Frage, ob Sprache auch einen Einfluss auf das Erlernen neuer Routen hat.

Die hier vorliegende Diplomarbeit ist Teil eines Projektes, das die Beteiligung sprachlicher Repräsentationen an der Generierung von räumlichem Verhalten untersuchen soll. Konkret geht es dabei um den Einfluss von Sprache auf die Navigationsleistung bzw. auf den Aufbau von Routenwissen.

Hierzu wurde im Vorfeld zu dieser Diplomarbeit von Professor Dr. Hanspeter A. Mallot und Dr. Gregor Hardieß ein Pilotexperiment durchgeführt, um zu untersuchen, ob Sprache einen unterstützenden Einfluss auf die Navigationsleistung hat. Da das Ergebnis dieses Pilotexperimentes zwar keinen signifikanten Effekt, aber einen deutlichen Trend zeigte, sollte das Experiment im Rahmen dieser Diplomarbeit weiterentwickelt werden, um einen signifikanten Effekt zeigen zu können.

Der erste Teil dieser Diplomarbeit bestand somit darin, eine komplexere, stärker randomisierte Version des ursprünglichen Experimentes zu entwickeln. Da hierfür als 3D-Grundgerüst *OpenSceneGraph* verwendet werden sollte, wohingegen das ursprüngliche Programm *OpenGL Performer* verwendete, war folglich eine komplette Neuimplementierung der Software notwendig. Lediglich einige 3D-Modelle und Texturen des original Experimentes konnten weiterverwendet werden.

Im zweiten Teil der Diplomarbeit sollte dann eine Versuchsreihe mit ca. 40 Versuchspersonen durchgeführt werden, in der das neu entwickelte Programm zum Einsatz kommen sollte.

Zum Abschluss sollten dann die erhaltenen Ergebnisse mittels Matlab ausgewertet werden. Da die aus der Versuchsreihe erhaltenen Rohdaten eine andere Datenstruktur aufwiesen als die des Pilotexperimentes, mussten zunächst neue Skripte zum Auswerten und Darstellen der Daten geschrieben werden.

## 1.1 Sprache und Raum

Da das Ziel dieser Diplomarbeit darin bestand, zu untersuchen, ob ein unterstützender Einfluss der Sprache auf das räumliche Verhalten, in diesem Fall den Aufbau von Routenwissen existiert, sollen im Folgenden einige Grundlagen der Raumkognition und des räumlichen Verhaltens erläutert werden. Des Weiteren werden hier einige Arbeiten vorgestellt, die sich ebenfalls mit der Beziehung zwischen Sprache und Raumkognition befassen.

### 1.1.1 Grundlagen

Unter Raumkognition versteht man die Aufnahme und Verarbeitung von absoluten (allozentrisch) und relativen (egozentrischen) Informationen der räumlichen Umgebung. Raumkognition ermöglicht es uns, eine Vielzahl von Aufgaben zu lösen. Dazu gehört unter anderem, uns in der eigenen Umgebung zu orientieren und Objekte zu lokalisieren, um sich Zielen anzunähern oder Hindernisse zu vermeiden. Ebenso ermöglicht uns Raumkognition, einen Raum symbolisch zu repräsentieren, um beispielsweise einen Weg zu beschreiben.

Um diese Aufgaben zu lösen, beispielsweise um den Weg zu einem vorgegebenen Ziel zu finden, stehen eine Vielzahl von Mechanismen zur Verfügung. Diese können alternativ, oder miteinander interagierend eingesetzt werden.

Zum Beispiel kann ein Ziel durch sogenannte Landmarken repräsentiert sein. Dieser ursprünglich aus der Luft- und Schifffahrt stammende Begriff bezeichnet ein auffälliges, meist weithin sichtbares, topographisches Objekt. Dies kann in alltäglichen Situationen zum Beispiel eine Kirche, ein Turm, ein Berg oder ein freistehender, markanter großer Baum sein. Mithilfe solcher Landmarken ist es möglich, sich zu einem Ziel hinzubewegen, entweder wenn das Ziel sich direkt bei der Landmarke befindet, oder in dem die Position des Zieles relativ zur Position der Landmarke, vom aktuellen Standpunkt aus gesehen, bestimmt wird.

Wenn keine Landmarken zur Verfügung stehen, so kann das Ziel auch alleine durch die Distanz und die Richtung zur aktuellen Eigenposition, also durch einen Ziel-Vektor repräsentiert werden. Diese Repräsentation kann entweder in egozentrischen, oder in allozentrischen Koordinaten sein.

Die meisten Ziele, die wir im täglichen Leben ansteuern, sind jedoch nicht durch eine einfache, gerade Strecke in Richtung eines Ziel-Vektors zu erreichen, sondern erfordern komplexere Wege. Solche Wege können dann aus mehreren Zwischenzielen bestehen. Mit jedem dieser Zwischenziele ist wiederum eine Richtung (Route) verknüpft, welche eingeschlagen werden muss, um zum nächsten Zwischenziel zu gelangen. Oftmals begegnen wir hierbei im Alltag der Situation, dass es mehrere alternative Routen gibt, die uns vom Ausgangspunkt zu unserem gewünschten Zielpunkt führen.

Neben diesen alternativen Routen, welche zum Beispiel aus alternativen Zwischenzielen bestehen können, kann es zu ein und derselben Route auch alternative Beschreibungen geben. Zum einen kann die Beschreibung der Zwischenziele variieren, zum Beispiel durch die Verwendung alternativer Landmarken für ein Zwischenziel, zum anderen kann die Beschreibung der Wegsegmente, die von einem Zwischenziel zum nächsten führen, variieren.

Neben der Möglichkeit, Wege von einem Startpunkt zum Zielpunkt als Route zu speichern, gibt es noch die Möglichkeit, räumliches Wissen in Form einer sogenannten kognitiven Karte zu speichern. Da es jedoch im Experiment dieser Diplomarbeit um den Aufbau von Routenwissen geht, soll hier auf kognitive Karten nicht näher eingegangen werden.

Die Frage, die sich nun stellt, ist, welche Wechselwirkungen zwischen den kognitiven Mechanismen von Sprache und Raumkognition existieren. Dazu muss zwischen dialogischen und monologischen Situationen unterschieden werden. Unter dialogischen Situationen versteht man solche, in denen eine Kommunikation über den Raum stattfindet, beispielsweise wenn eine Person einer anderen einen Weg beschreibt. In solchen Situationen spielt Sprache eine wesentliche Rolle und wirkt sich folglich auf die Raumkognition aus. Dahingegen ist die Frage, inwiefern sich Sprache in monologischen Situationen, also auf die Navigationsleistung einer Einzelperson auswirkt, nicht so einfach zu beantworten. Es lassen sich hierzu zwei grundsätzlich verschiedene Hypothesen formulieren.

- **Hypothese 1(H1):** bei *H1* handelt es sich um einen biologisch motivierten Extremstandpunkt. Ausgehend von der Tatsache, dass Navigation auch im Tierreich weit verbreitet ist, wird angenommen, dass räumliche Kognitionsleistungen daher nicht auf Sprache und Sprachfähigkeit beruhen können. Noch weiter geht dabei der Ansatz der *“Grounded Cognition”* (z.B. Barsalou 2008), welcher folgende Annahme macht: Menschen und Tiere haben im wesentlichen die gleichen *“Simulationssysteme”*, die beim Menschen durch ein zusätzliches linguistisches System lediglich *“kontrolliert”* werden. *H1* zufolge haben sprachliche Mechanismen somit keine Auswirkungen auf direktes Navigations- und Wegfinderverhalten des Menschen, sondern treten nur in dialogischen Situationen auf, d.h. bei der Kommunikation über den Raum.
- **Hypothese 2(H2):** *H2* geht von einem zu *H1* entgegengesetzten Extremstandpunkt aus, der annimmt, dass beim Menschen räumliches Verhalten auf mehr oder weniger expliziten, sprachlich formulierbaren Gedanken beruht, und sich somit wesentlich von tierischem Raumverhalten unterscheidet. Sprachliche Mechanismen und Repräsentationen können demzufolge für direkte Wegfindungs- und Navigationsaufgaben, sowie für das räumliche Schließen genutzt werden und verbessern dabei auch in monologischen Situationen die Verhaltensleistung.

### 1.1.2 Arbeiten zur Wechselwirkung zwischen Sprache und Kognition

Im Folgenden sollen einige Arbeiten vorgestellt werden, die sich ebenfalls mit der Wechselwirkung zwischen Sprache und Kognition beschäftigen.

- **Working Memory in Wayfinding - A Dual Task Experiment in a Virtual City[1]:**

In dieser Arbeit sollte die Rolle des Arbeitsgedächtnisses beim Wegfinden mittels eines Dual-Task Experimentes untersucht werden.

Hierbei ging es um die Frage, welches Untersystem des Arbeitsgedächtnisses bei der Wegfindung essentiell ist. In der Arbeitsgedächtnistheorie von Baddley [5] wird eine kurzzeitige Speicherung von Information erreicht durch:

- zentrale Exekutive (*engl. central executive*), verantwortlich für die Koordination der Untersysteme.
- die phonologische Schleife (*engl. Phonological Loop, PL*), verantwortlich für verbale Information.
- der räumlich-visuelle Notizblock (*engl. Visuospatial Sketchpad, VSSP*), verarbeitet visuelle Information, räumliche Information oder beides.

- der episodische Puffer (*engl. Episodic Buffer*), ein multimodales Speichersystem zum Speichern sowohl visueller als auch phonologischer Informationen in Form von "Episoden".

Wegfinde-Informationen können folglich von der *PL* in Form von verbalen Informationen verarbeitet und gespeichert, oder vom *VSSP* verarbeitet werden. Bei letzterem haben Studien gezeigt, dass es wiederum zwei Untersysteme gibt, ein visuelles und ein räumliches.

Spielt nun bei einer Wegfindungsaufgabe der *PL* die essentielle Rolle, so interferiert das Wegfinden mit einer verbalen Sekundäraufgabe. Ist hingegen das *VSSP* für das Wegfindeverhalten essentiell, so interferiert das Wegfinden entweder mit einer räumlichen oder einer visuellen Sekundäraufgabe, je nachdem, welches Untersystem des *VSSP* für das Wegfinden verantwortlich ist.

Ziel dieser Arbeit war es, diese gegenüberstehenden Hypothesen zu überprüfen.

Hierzu wurde ein Dual-Task Experiment durchgeführt, welches wie folgt aufgebaut war:

Das Experiment bestand aus zwei Phasen, einer Lernphase und einer Wegfindungsphase. Als Versuchsumgebung diente eine detailgetreue, virtuelle Nachbildung der Stadt Tübingen ("Virtual Tübingen").

In der Lernphase wurden die Personen passiv durch diese virtuelle Umgebung bewegt und sollten zwei verschiedene Routen lernen. Dabei waren die Versuchspersonen in drei Gruppen eingeteilt, welche jeweils zusätzlich eine visuelle, eine verbale oder eine räumliche Sekundäraufgabe während der Lernphase absolvieren mussten. Zusätzlich gab es eine vierte Gruppe (Kontrollgruppe), die keine Sekundäraufgabe bekam.

In der Wegfindungsphase mussten die Versuchspersonen dann selbstständig mittels eines Joysticks die beiden gelernten Wege laufen. In dieser Phase gab es keine Sekundäraufgabe.

Die Auswertung der Wegfindungsphase zeigte, dass die Leistung der Versuchspersonen abhängig von der Art der Sekundäraufgabe war, wie in Abbildung 1.1 zu sehen ist.

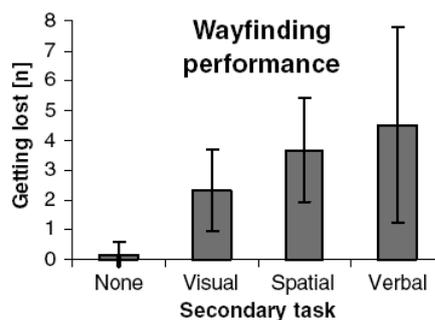


Abbildung 1.1: Anzahl der falschen Abbiegungen als Funktion der Sekundäraufgabe. Mittelwerte und Standardabweichungen sind angegeben.

Dabei war bei allen drei Sekundäraufgaben die Leistung der Versuchspersonen schlechter verglichen mit der Kontrollgruppe, den stärksten Einfluss auf die Leistung hatte die verbale Sekundäraufgabe. Dies zeigt eine starke Interferenz der Wegfindungsaufgabe mit der phonologischen Schleife und lässt darauf schließen, dass diese eine essentielle Rolle beim Wegfindeverhalten spielt.

- **Relational language and the development of relational mapping[2]:**

Gegenstand dieser Arbeit war die Hypothese, dass das Hören von Sprache für räumliche Relationen Kindern dabei hilft, relationale Strukturen zu enkodieren und räumlich relationale Aufgaben zu lösen.

Die hierzu verwendeten Experimente bestanden aus eine räumlichen Mapping-Aufgabe, in der Vorschulkindern je zwei Regale, wie in Abbildung 1.2 zu sehen sind, gezeigt wurden.

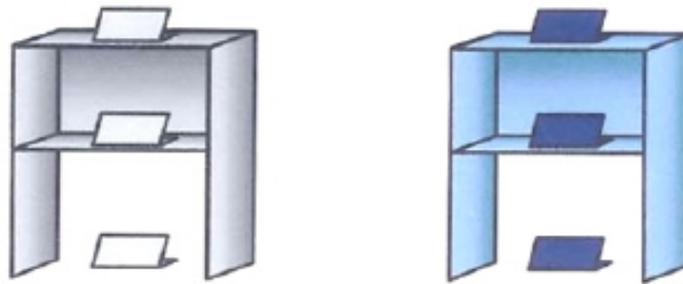


Abbildung 1.2: Beispiel der verwendeten Regale. Die Karten sind an den Positionen *auf*, *in* und *unter* dem Regal platziert.

In jedem Regal wurden drei Objekte an drei möglichen Positionen platziert. Diese Positionen wurden einmal mit *auf*, *in* und *unter* dem Regal (*engl. in, on, under*) oder mit *obere*, *mittlere* und *untere* Position (*engl. top, middle, bottom*) bezeichnet. Insgesamt gab es 5 unterschiedliche Experimente, die alle ähnlich aufgebaut waren.

Jeweils eines der drei Objekte, welche in einem Regal platziert wurden, war, für die Kinder nicht sichtbar, als "Gewinner" markiert. Im Falle des ersten Experimentes waren dies z.B. einfache Karten, auf deren Rückseite ein Stern den Gewinner markierte. Die Gewinner wurden dabei jeweils in beiden Regalen an äquivalenten Positionen platziert. Den Kindern wurde dabei in einem Regal gezeigt, wo der Gewinner platziert wurde und die Aufgabe bestand darin, im zweiten Regal den entsprechenden Gewinner zu finden.

Dabei gab es jeweils zwei Gruppen von Kindern. Eine Sprachgruppe bekam bei der Platzierung des Gewinners eine sprachliche Relation, wie oben beschrieben zu hören ("Ich lege den Gewinner *auf* das Regal"), die anderen (Kontrollgruppe) bekamen eine neutrale Aussage ("Ich lege den Gewinner *hier* hin").

Wie in Abbildung 1.3 zu sehen ist, waren die Anteile der korrekt gefundenen Gewinner höher, bei Kindern die sprachliche Relationen zu hören bekamen. Dies deutet darauf hin, dass räumlich relationale Sprache die Leistung von Kindern beim Lösen von Mapping-Aufgaben fördert.

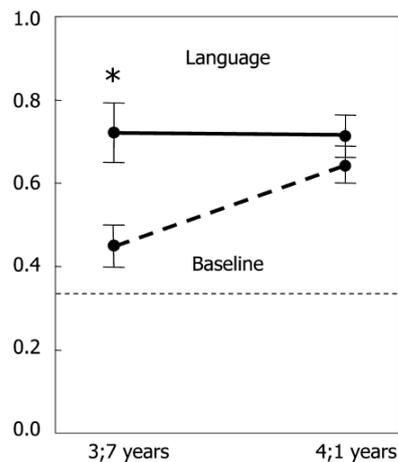


Abbildung 1.3: Anteil der korrekten Antworten der Kinder für die Suchaufgabe im ersten Experiment.

Im zweiten Experiment bekamen die Kinder die räumlichen Relationen nicht während des Platzierens der Objekte zu hören, sondern bekamen vor dem eigentlichen Versuch ein kurzes Training. Auch hier zeigte sich, dass Kinder aus der Sprachgruppe die Mapping-Aufgabe besser lösten, als die der Kontrollgruppe. Dies deutet darauf hin, dass die sprachlichen Relationen im ersten Experiment nicht lediglich als Hinweis auf die Position des Gewinners dienten, sondern dass sprachliche Einflüsse auf dem konzeptuellen Level auftreten.

Des Weiteren wurden noch andere ähnliche Experimente durchgeführt. Dabei wurde zum einen festgestellt, dass bei älteren Kindern räumlich relationale Sprache hilft, auch komplexere Aufgaben zu lösen, zum anderen, dass der Effekt auch 2 Tage nach erstmaliger Durchführung des Experimentes noch anhält.

- **Sources of Flexibility in Human Cognition: Dual-Task Studies of Space and Language[3]:**

Das Ziel dieser Arbeit war es, die Flexibilität erwachsener Menschen beim Lösen von Reorientierungsaufgaben zu untersuchen und zwar im Rahmen eines Dual-Task-Experimentes zwischen Raum und Sprache.

Während sowohl Ratten, als auch Kinder sich in vielen Momenten nur durch Informationen über die Form und die Geometrie ihrer Umwelt reorientieren, nutzen Erwachsene Menschen eine Verbindung von geometrischen und nicht-geometrischen Informationen für eine flexiblere Reorientierung.

Die Experimente fanden in einem Raum statt, wie er in Abbildung 1.4 schematisch dargestellt ist. An einer der vier Wände konnte ein blauer Vorhang befestigt werden, sodass dieser die komplette Wand abdeckte. In jeder der vier Ecken des Raumes befanden sich identische Abdeckungen, bestehend aus einem Holzrahmen, bespannt mit rotem Filz, hinter denen ein zu suchendes Objekt versteckt werden konnte.

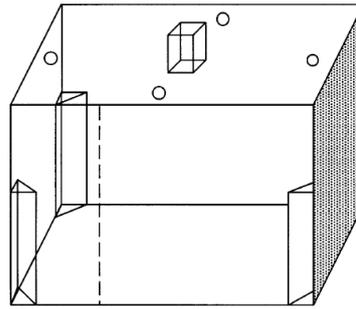


Abbildung 1.4: Schematische Darstellung des für die Experimente verwendeten Raumes. An einer Wand (hier grau dargestellt) konnte ein blauer Vorhang befestigt werden. In den Ecken befanden sich bespannte Holzrahmen, hinter denen das zu suchende Objekt versteckt wurde.

Im ersten Experiment mussten die Versuchspersonen dann zunächst vier Suchdurchläufe zusammen mit einer verbalen Sekundäraufgabe im Raum mit der blauen Wand, vier Suchdurchläufe ohne Sekundäraufgabe in der selben Versuchsumgebung und vier Suchdurchläufe in einem komplette weißen Raum absolvieren.

Als Sekundäraufgabe wurden die Versuchspersonen darauf trainiert, einen über Lautsprecher vorgelesenen Text Silbe für Silbe nachzusprechen. Nach diesem Training kamen die Versuchspersonen in den eigentlichen Versuchsraum.

Bei jeder Reorientierungsaufgabe sahen die Versuchspersonen zunächst, wie das zu suchende Objekt hinter einer der vier Abdeckungen versteckt wurde. Anschließend wurden die Versuchspersonen desorientiert, in dem sie mit geschlossenen Augen um die eigene Achse gedreht wurden. Danach sollten die Versuchspersonen auf die Ecke deuten, in der das Objekt zuvor versteckt wurde.

In einem zweiten Experiment mussten die Versuchspersonen entweder eine verbale Sekundäraufgabe lösen, oder bekamen eine nonverbale Sekundäraufgabe. Diese nonverbale Aufgabe bestand darin, einen Rhythmus, der den Versuchspersonen vorgespielt wurde, nachzuklatschen.

Das Ergebnis dieser Experimente zeigte, dass die Leistung ohne Sekundäraufgabe normal war, d.h. die Versuchspersonen konnten die nichtgeometrischen Informationen nutzen, um das Objekt zu finden. Im Falle der verbalen Sekundäraufgabe jedoch war die Leistung der Versuchspersonen vergleichbar mit der von Kindern und Ratten, welche lediglich geometrische Informationen nutzen. Das deutet darauf hin, dass die Sekundäraufgabe mit dem Arbeitsgedächtnis interferiert. Im Gegensatz zur verbalen Sekundäraufgabe war die Leistung bei der nonverbalen Sekundäraufgabe ähnlich wie ohne Sekundäraufgabe. Das lässt darauf schließen, dass die Interferenz nicht allgemein das Arbeitsgedächtnis betrifft, sondern sprachspezifisch ist.

- **Language and Spatial Cognition: Comparing Roles of Landmarks and Street Names in Route Instructions[4]:**

In dieser Arbeit ging es darum, den unterschiedlichen Einfluss von Landmarken und Straßennamen beim Lernen von Wegbeschreibungen zu untersuchen.

Die beiden hierzu verwendeten Experimente waren wie folgt aufgebaut:

- Im ersten Experiment mussten die Versuchspersonen eine Wegbeschreibung lernen, wobei es zwei unterschiedliche Fälle gab. Im ersten Fall basierte die Weg-

beschreibung auf Straßennamen, im zweiten Fall auf Landmarken. Diese Wegbeschreibungen bestanden aus jeweils 20 Instruktionen und wurden den Versuchspersonen nacheinander auf einem PC-Monitor präsentiert. Die Versuchspersonen konnten sich dabei per Tastendruck die nächste Instruktion anzeigen lassen. Es gab zwei Gruppen von Versuchspersonen. Die einen bekamen die auf Straßennamen basierende, die anderen bekamen die auf Landmarken basierende Beschreibung. Abbildung 1.5 zeigt diese im ersten Experiment verwendeten Instruktionen.

Street-based description	Landmark-based description
1. This is quite a long route	1. This is quite a long route
2. First, stand with your back to Town Hall Street	2. First, stand with your back to the town hall
3. Three hundred metres away on your left, you will see Hospital Street	3. Three hundred metres away on your left, you will see a hospital
4. Cross Park Street	4. Cross a park
5. It is always crowded	5. It is always crowded
6. Turn right after Fountain Street	6. Turn right after the fountain
7. On your right is Church Street	7. On your right is a church
8. Turn left here	8. Turn left here
9. Building Site Street is in front of you	9. There is a building site in front of you
10. Keep going as far as Post Office Street	10. Keep going as far as the post office
11. It is very small	11. It is very small
12. Then, turn right after Hotel Street	12. Then, turn right after the hotel
13. Go as far as School Street	13. Go as far as the school
14. On the left, you will see Station Street	14. On the left, you will see the station
15. Turn left before Market Street	15. Turn left before the market
16. On the right, you will see Fish Shop Street	16. On the right, you will see a fish shop
17. On your left, there is Nursery Street	17. On your left, there is a nursery
18. Turn right	18. Turn right
19. Go straight on	19. Go straight on
20. On your left, you will see Theatre Street	20. On your left, you will see the theatre

Abbildung 1.5: In Experiment 1 verwendete Routeninstruktionen.  
 Linke Spalte: Straßenbasiert (“Turn right after Fountain Street”)  
 Rechte Spalte Landmarkenbasiert (“Turn right after the fountain”).

Die Versuchspersonen sollten diese Wegbeschreibungen lernen und anschließend zwei Gedächtnisaufgaben lösen.

- \* Die erste Aufgabe bestand daraus, nach dem Lesen der Instruktionen, die Route auf einem leeren A3 Papier zu zeichnen. Nach dem Zeichnen wurde die Skizze entfernt und die Versuchspersonen bekamen noch ein zweites und drittes mal die Instruktionen zu lesen. Nach jedem Lesen wurden die Zeichnungen vollendet oder modifiziert, jeweils mit einer anderen Farbe für jeden Durchlauf. Falls notwendig, so durften die Versuchspersonen auch eine komplett neue Zeichnung beginnen. Außerdem wurden die Versuchspersonen ermutigt, alle Straßennamen oder Landmarken aufzuschreiben, an die sie sich zwar erinnerten, deren Position sie aber vergessen hatten.
- \* In der zweiten Aufgabe sollten die Versuchspersonen die Routen rekonstruieren. Hierzu bekamen sie eine Karte, welche Elemente enthielt, die verbunden werden mussten, um die vorher gelesene Route zu rekonstruieren. Die Karte bestand aus 14 Straßennamen oder Landmarken, die in der gelesenen Wegbeschreibung erwähnt wurden und 20 Distraktoren, welche nicht in den Wegbeschreibungen vorkamen. Die Versuchspersonen sollten auf dieser Karte die gelernte Route nachzeichnen.

Die Ergebnisse dieses ersten Experimentes zeigten, dass die Leistungen der Versuchspersonen besser war, wenn sie Landmarken als Information hatten im Vergleich zu den Straßennamen.

- Die in Experiment 1 gezeigten Unterschiede zwischen Landmarken und Straßennamen könnten daher kommen, dass der Aufwand beim Abrufen der Information zur Rekonstruktion der Route, im Falle der Straßennamen höher ist, als bei den Landmarken.

Im zweiten Experiment sollten die Versuchspersonen daher eine einfache Wiedererkennungsaufgabe lösen, ohne einen expliziten Aufwand zum Abfragen des Gedächtnisses. Hierzu wurden die selben Wegbeschreibungen wie im ersten Experiment verwendet. Die Versuchspersonen bekamen diese auf dieselbe Weise wie im ersten Experiment präsentiert.

Anschließend bekamen sie eine Liste präsentiert, die aus den 14 Landmarken bzw. Straßennamen der Wegbeschreibung sowie 14 Füllwörtern bestanden. Diese Listen wurden Wort für Wort präsentiert und die Versuchspersonen mussten bei jedem Wort entscheiden, ob dieses in der zuvor gelesenen Wegbeschreibung vorkam oder nicht.

Wäre hierbei sowohl bei den Straßennamen, als auch bei den Landmarken die Leistung gleich, so würde das bedeuten, dass die Unterschiede aus Experiment 1 auf unterschiedlichen Abfrageprozessen beruhen. Wenn jedoch die Leistungen unterschiedlich wären, so würden diese auf tiefer gehende Unterschiede in der Verarbeitung beruhen.

Die Ergebnisse aus Experiment 2 zeigen in der Tat, dass wenn die Worte der Liste sich auf Landmarken bezogen, die Versuchspersonen schneller und akkurater antworteten. Dies zeigt, dass die Ergebnisse aus Experiment 1 nicht auf unterschiedlichen Kosten für die Abfrage der Information beruhen.



# Kapitel 2

## Material Methoden

### 2.1 Experiment

#### 2.1.1 Versuchsaufbau

Die für die Versuchsreihe verwendeten Routen bestanden aus jeweils zehn, über einen Weg miteinander verbundenen Plätzen. Von jedem Platz führten drei Wege entweder zum nächsten Platz, zum vorherigen Platz oder in eine Sackgasse. Der Winkel zwischen diesen Wegen betrug jeweils  $120^\circ$ , wodurch sich für das gesamte Wegesystem eine hexagonale Struktur ergab, wie sie in Abbildung 2.1 zu erkennen ist.

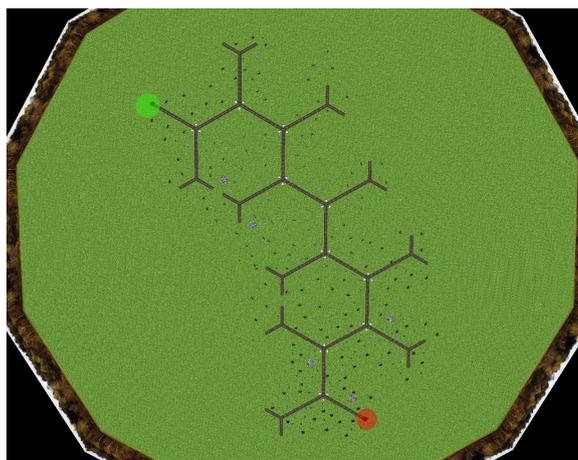


Abbildung 2.1: Exemparische Ansicht einer Strecke, in diesem Fall die Icon-Bedingung, aus der Vogelperspektive. Man kann gut die hexagonale Struktur des Wegesystems erkennen, sowie den Verlauf der Strecke mit den Plätzen (Kreuzungspunkte) und Sackgassen. Start- (rot) und Zielpunkt (grün) sind farblich hervorgehoben.

In diesem  $120^\circ$  Winkel zwischen zwei Wegen befand sich jeweils eine Landmarke in Form eines Würfels, in Abbildung 2.1 als weißer Punkt zu erkennen. Diese Würfel wurden mit charakteristischen Bildern texturiert und auf Sockeln platziert. Somit befanden sich an jedem Platz drei Landmarken, deren Texturen deutlich unterscheidbar aber thematisch zusammenhängend waren. Abbildung 2.2 zeigt einen solchen Platz mit den dazugehörigen Landmarken aus Sicht eines Versuchspersonen, welche sich auf den Platz zu bewegt. Wie man in dieser Abbildung gut erkennen kann, gab es in geringer Entfernung zur Position der Versuchspersonen einen Nebel, der die restliche Umgebung verdeckte und somit eine Orientierung an den weiter entfernten Plätzen unmöglich machte.



Abbildung 2.2: Ansicht eines Platzes (Zugplatz) aus der Perspektive einer Versuchsperson, die sich auf den Platz zu bewegt. Zu erkennen sind hier die drei Landmarken des Platzes in Form von Würfeln, mit deutlich unterscheidbaren, aber thematisch zusammenhängenden Texturen. Gut erkennbar auch der Nebel, welcher die Sicht auf die weitere Umgebung und die folgenden Plätze verhindert.

Eingebettet waren die Routen in einfache Landschaften, bestehend aus verschiedenen Pflanzen und anderen Objekten, wobei für jede der drei Strecken jeweils eine eigene, von den anderen Routen verschiedene Thematik gewählt wurde. Dies machte den Versuch für die Versuchspersonen abwechslungsreicher und machte deutlich, dass es sich jeweils um unterschiedliche Routen und unterschiedliche Versuchsbedingungen handelte.

Ziel des Experimentes war es herauszufinden, ob Sprache einen Einfluss auf den Aufbau von Routenwissen hat. Hierzu wurden drei Versuchsbedingungen konstruiert, die im Folgenden mit Baseline-, Icon- und Word-Bedingung (B, I, W) bezeichnet werden. Der grundlegende Aufbau der 3D-Umgebung, wie oben beschrieben, war für alle drei Versuchsbedingungen identisch. Jede der drei verwendeten Routen bestand aus zehn Plätzen mit jeweils drei Landmarken in Form von texturierten Würfeln. Die Plätze waren durch eine Straße miteinander verbunden, wobei die Sequenz der rechts-links Entscheidungen, die vom Start zum Ziel führte, jeweils zwischen den Routen variierte. Abbildung 2.3 zeigt eine Übersicht über die drei Routen aus der Vogelperspektive gesehen. Zu erkennen ist hier zum einen der unterschiedliche Streckenverlauf der drei Routen, zum anderen die unterschiedlichen Landschaften, erkennbar an der jeweils eigenen Bodentextur.

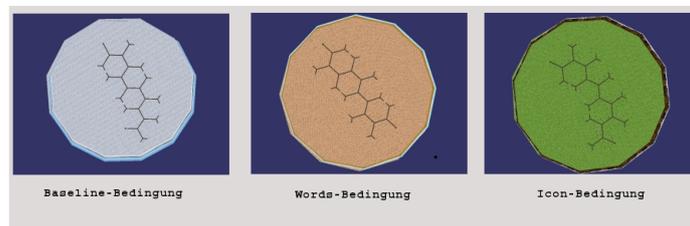


Abbildung 2.3: Vergleichende Ansicht der drei verschiedenen Strecken aus der Vogelperspektive. Erkennbar ist hier der unterschiedliche Verlauf der Strecken, sowie die jeweils unterschiedlich gestaltete Umgebung, erkennbar an den unterschiedlichen Bodentexturen (Schnee, Sand, Gras).

Auch der Versuchsablauf war in allen drei Versuchsbedingungen ähnlich, wobei jede Versuchsperson alle drei Versuchsbedingungen absolvieren musste. Hierbei wurde nicht für alle Versuchspersonen die gleiche Reihenfolge der Versuchsbedingungen gewählt, sondern die sechs möglichen Kombinationen der Reihenfolge wurden pseudorandomisiert auf die Versuchspersonen verteilt, so dass jede der möglichen Reihenfolgen in etwa gleich häufig vorkam.

Der Versuch fand an einem Computer Monitor statt und die Versuchspersonen navigierten mittels eines Joysticks, die Laufgeschwindigkeit konnten sie dabei selbst bestimmen.

Für jede Versuchsperson teilte sich der Versuchsablauf pro Versuchsbedingung in drei Phasen: *Assoziationsphase*, *Lernphase* und *Testphase*.

- **Assoziationsphase:** Die grundlegende Aufgabe für die Versuchspersonen in der Assoziationsphase war in allen drei Versuchsbedingungen gleich und bestand darin, vom Startplatz aus möglichst zügig den korrekten Weg zum Ziel zu finden. Der Startpunkt war hierbei mit einem roten, der Zielpunkt mit einem grünen Kreis am Boden farblich markiert.

In der Assoziationsphase starteten die Versuchspersonen vom normalen Startpunkt aus und bewegten sich auf den ersten Platz zu. Dort angekommen hatten sie, wie bei jedem der darauf folgenden Plätze auch, die Möglichkeit, sich für einen der beiden abzweigenden Wege zu entscheiden, d.h. entweder nach links oder rechts abzubiegen. Bog eine Versuchsperson falsch ab, so landete sie nach 100m in einer Sackgasse, welche durch Absperrungen deutlich erkennbar war (Abbildung 2.4). In diesem Fall gab es keine Wiederholung des Durchlaufes, sondern die Versuchsperson musste sich herum-drehen, zum Platz zurück laufen und dann den richtigen Weg nehmen.



Abbildung 2.4: Abbildung einer Absperrung, wie sie an den Sackgassen zu sehen waren, um den Versuchspersonen zu verdeutlichen, dass hier der Weg zu Ende war.

Bog eine Versuchsperson richtig ab, so erschien, nachdem sie ein paar Meter dem richtigen Pfad gefolgt war, eine Einblendung. Während dieser Einblendung war es der Versuchsperson lediglich möglich, sich um die eigene Achse zu drehen, nicht aber vorwärts oder rückwärts zu laufen. Die Art der Einblendung und ihre Bedeutung hing dabei von der jeweiligen Versuchsbedingung ab, in der sich die Versuchsperson befand.

- *Baseline-Bedingung:* In der Baseline-Bedingung erschien lediglich eine Aufforderung, die Leertaste zu drücken (Abbildung 2.5). Nachdem die Versuchspersonen die Leertaste gedrückt hatten, konnten sie sich weiter zum nächsten Platz bewegen.



Abbildung 2.5: Einblendung nach Verlassen eines Platzes in der Baseline-Bedingung. Versuchspersonen mussten die Leertaste drücken, um sich zum nächsten Platz bewegen zu können.

- *Word-Bedingung*: In der Word-Bedingung erschien eine Liste mit zehn Namensvorschlägen wie in Abbildung 2.6 zu sehen.



Abbildung 2.6: Einblendung nach Verlassen eines Platzes in der Word-Bedingung. Versuchspersonen mussten mittels der Zifferntasten der Tastatur (0-9) einen der vorgeschlagenen Namen für den eben verlassenen Platz vergeben, um sich zum nächsten Platz bewegen zu können.

Aus dieser Liste musste die Versuchsperson einen Namen auswählen, der ihrer Meinung nach zu dem gerade besuchten Platz passte. Hierbei galt folgende Einschränkung: für jeden der zehn Plätze gab es einen passenden Namen und jeder Name durfte auch nur einmal vergeben werden. Das bedeutet, wenn eine Versuchsperson einen Namen bereits an einen Platz vergeben hatte, so konnte sie diesen Namen nicht an einen weiteren Platz vergeben. Die Namen waren dabei so gewählt, dass sie den Plätzen eindeutig zuordenbar waren, jedoch war es den Versuchspersonen möglich, sich frei zu entscheiden, welchen Namen sie welchem Platz zuordneten.

Hatte eine Versuchsperson einen Namen ausgewählt, so konnte sie weiter zum nächsten Platz laufen.

- *Icon-Bedingung*: In der Icon-Bedingung erschien ähnlich der Word-Bedingung eine Liste, welche jedoch anstelle der Namensvorschläge einfache schwarz-weiß Symbole enthielt, aus denen die Versuchspersonen auswählen konnten (Abbildung 2.7).

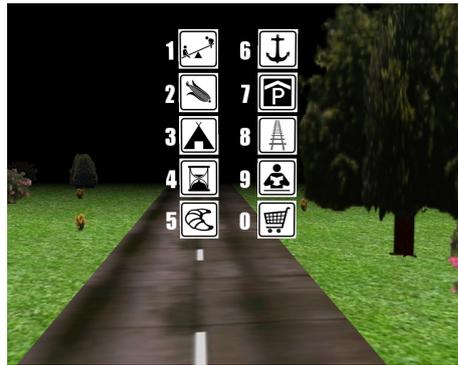


Abbildung 2.7: Einblendung nach Verlassen eines Platzes in der Icon-Bedingung. Versuchspersonen mussten mittels der Zifferntasten der Tastatur (0-9) eines der vorgeschlagenen Icons für den eben verlassenen Platz vergeben, um sich zum nächsten Platz bewegen zu können.

Für die Auswahl der Symbole galt die selbe Einschränkung wie für die Auswahl der Namen. Nach der Auswahl eines Symbols konnte sich die Versuchsperson zum nächsten Platz weiterbewegen.

Die Assoziationsphase war beendet, wenn die Versuchsperson das Ziel erreicht und somit jeden Platz einmal besucht und je nach Bedingung einen Namen, ein Symbol, oder nichts zugeordnet hatte.

- **Lernphase:** Nach der Assoziationsphase folgte direkt die Lernphase. Auch in dieser Phase war es die Aufgabe der Versuchspersonen, vom selben Startpunkt aus wie zuvor in der Assoziationsphase, den Weg zum Ziel zu finden. Dabei wurden die zuvor in der Assoziationsphase ausgewählten Namen oder Symbole, abhängig von der Versuchsbedingung, mittig über den Plätzen einblendet, wie in Abbildung 2.8 zu sehen. Dabei war die Einblendung in Form eines Billboards realisiert, das bedeutet, die Einblendung richtete sich immer nach der Position der Versuchsperson aus, so dass diese, egal von welcher Position aus sie auf den Platz schaute, immer den Namen bzw. das Icon erkennen konnte.



Abbildung 2.8: Ansicht eines Platzes in der Lernphase der Word-Bedingung. Der zuvor in der Assoziationsphase vergebenen Name ist nun mittig über dem Platz zu sehen. In der Icon-Bedingung wurden die Icons an der entsprechenden Position einblendet.

Zusätzlich zu der Aufgabe, den Weg vom Start zum Ziel zu finden, gab es in der Lernphase die Bedingung, dass die Versuchsperson zwei Durchläufe in Folge fehlerfrei

absolvieren musste. Als Fehler wurde hierbei entweder das falsche Abbiegen und Laufen in Richtung einer Sackgasse, oder das Zurücklaufen zum vorherigen Platz gewertet. Hatte eine Versuchsperson einen Fehler gemacht, so wurde der Durchgang nicht abgebrochen, sondern die Versuchsperson konnte weiter Richtung Ziel laufen. Folgte auf einen korrekten d.h. fehlerfreien Durchlauf einer, in dem die Versuchsperson einen Fehler machte, so mussten wiederum die nächsten beide Durchläufe fehlerfrei sein. Diese Bedingung, dass zwei aufeinanderfolgende Durchgänge fehlerfrei sein mussten wurde gewählt, um zu gewährleisten, dass die Versuchsperson die Strecke tatsächlich gelernt hatte, und nicht zufällig durch Raten den korrekten Weg gefunden hatte.

- **Testphase:** Hatte eine Versuchsperson zwei Durchgänge in Folge fehlerfrei absolviert, so folgte auf die Lernphase die Testphase. In dieser Phase war die Aufgabe ebenfalls, den Weg vom Startpunkt zum Ziel zu finden, allerdings mit dem Unterschied, dass der Startpunkt nicht dem Startpunkt aus den ersten beiden Phasen entsprach. Stattdessen starteten die Versuchspersonen von einer Sackgasse aus, mit Blickrichtung auf den Weg der zu einem Platz führte. Von dieser Sackgasse aus beginnend, sollten die Versuchspersonen zunächst zum entsprechenden Platz laufen, sich dort orientieren und dann den korrekten Weg zum Ziel finden. Insgesamt bestand die Testphase aus fünf Durchläufen, wobei als Startpunkte jeweils die Sackgassen mit ungerader Nummerierung gewählt wurden.

Die Testphase diente dazu, zu überprüfen, ob eine Versuchsperson einfach nur eine Sequenz von rechts-links Entscheidungen gelernt hatte, oder ob eine andere Strategie gewählt wurde. Hätte eine Versuchsperson lediglich eine Sequenz von rechts-links Entscheidungen gelernt, so wäre zu erwarten, dass diese Versuchsperson in der Testphase mehr Fehler machte, als bei der Anwendung einer anderen Strategie. Dies liegt zum einen daran, dass die Versuchspersonen an einer Sackgasse mittendrin starteten und somit erst die entsprechende Stelle in der gelernten Sequenz hätten finden müssen und zum anderen, dass sie aus einer Sackgasse kommend den Platz nun aus einer anderen Perspektive sahen und die zuvor gelernte Richtung daher nicht mehr gültig war.

### 2.1.2 Versuchsdurchführung

Jede Versuchsperson musste, wie bereits erwähnt, alle drei Bedingungen nacheinander in einer vorher festgelegten, pseudorandomisierten Reihenfolge absolvieren. Zwischen zwei Durchläufen innerhalb einer Bedingung, oder auch zwischen zwei Bedingungen, hatten die Versuchspersonen jeweils die Möglichkeit, eine kurze Pause einzulegen. Ein kompletter Versuchsdurchgang dauerte, je nach Leistung der Versuchsperson, zwischen 40 und 80 Minuten. Alle Versuchspersonen nahmen freiwillig teil und hatten jederzeit die Möglichkeit, ohne Angabe von Gründen den Versuch abzubrechen.

Insgesamt nahmen 41 Versuchspersonen an der Versuchsreihe teil. Darunter waren zwei Versuchspersonen, welche den Versuch aufgrund von Übelkeit abbrechen mussten. Eine Versuchsperson musste den Versuch vorzeitig beenden, da sie sich komplett verlaufen hatte und es ihr nach eigener Angabe nicht gelang, die Navigationsaufgabe zu lösen. Unter den 38 Versuchspersonen, welche den Versuch komplett absolvierten, waren 16 weibliche und 22 männliche.

Tabelle 2.1 zeigt die absolute Häufigkeit der sechs möglichen Kombinationen der Reihenfolge der Versuchsbedingungen (B=Baseline, I=Icons, W=Words), also die Anzahl der Versuchspersonen, welche eine bestimmte Reihenfolge absolvieren mussten, wobei hier die drei nicht

ausgewerteten Versuchspersonen nicht mitgezählt wurden. Jede Versuchsbedingung konnte also an einer von drei möglichen Positionen stehen, die Anzahl der Positionen für jede der Versuchsbedingungen ist in Tabelle 2.2 angegeben.

Kombination	Anzahl
B-I-W	7
B-W-I	6
I-W-B	7
I-B-W	6
W-B-I	6
W-I-B	6

Tabelle 2.1: Alle möglichen Kombinationen der Reihenfolge der Bedingungen (B= Baseline, I=Icon, W=Word) und deren absolute Häufigkeit, das bedeutet die Anzahl der Versuchspersonen, welche diese Kombination hatten.

Bedingung	Position 1	Position 2	Position 3
Baseline	13	12	13
Icons	13	13	12
Words	12	13	13

Tabelle 2.2: Für jede der drei Bedingungen ist hier angegeben, wie häufig sie an erster, zweiter und dritter Stelle absolviert wurden.

Wie aus den Tabellen zu ersehen ist, wurden die Reihenfolgen so verteilt, dass alle möglichen Kombinationen in etwa gleich oft vertreten waren und somit jede Bedingung in etwa gleich häufig an jeder möglichen Position vorkam.

Der Versuch wurde an einem 19Zoll LCD-Flachbildschirm durchgeführt, als PC kam ein AMD Athlon(tm) 64 3500+ mit 2GB RAM, einer NVIDIA GeForce GTS 250 Grafikkarte mit 1024MB Grafikspeicher und OpenSUSE 11.0 als Betriebssystem zum Einsatz. Die Versuchspersonen konnten sich mittels eines analogen Joysticks durch die virtuelle Umgebung bewegen und mithilfe der Zifferntasten der Tastatur (0-9) den der Zahl entsprechenden Eintrag aus der Liste der Namen oder der Symbole auswählen.

Alle Versuchspersonen bekamen zunächst eine schriftliche Versuchsanleitung zu lesen und erhielten danach zum besseren Verständnis noch eine ausführliche mündliche Erklärung des Versuchsablaufes.

Anschließend begann der Versuch für alle Versuchspersonen mit einer Trainingsumgebung. Diese bewusst einfach gehaltene Umgebung bestand aus lediglich vier Plätzen, deren Aufbau mit Landmarken, Wegen und Sackgassen aber den späteren Versuchsumgebungen entsprach. Hatte eine Versuchsperson in dieser Trainingsumgebung den richtigen Weg gewählt, so erschien eine Aufforderung zum Drücken der Leertaste, entsprechend der Einblendung, wie sie in der Baseline-Bedingung erschien. Nach Drücken der Leertaste konnte die Versuchsperson dann weiter zum nächsten Platz laufen und erreichte so das Ziel. Sowohl während dieser Trainingsphase, als auch während der Versuchserklärung zuvor, hatten die Versuchspersonen die Möglichkeit Fragen zu stellen.

Während dieser Trainingsphase war es nicht von Bedeutung, ob die Versuchsperson bereits die Route lernte oder nicht. Vielmehr lag der Sinn dieser Trainingsphase darin, den Versuchspersonen die Möglichkeit zu geben, sich mit der Versuchsumgebung sowie der Steuerung vertraut zu machen. Dies galt insbesondere für diejenigen Versuchspersonen, deren Erfahrungen mit 3D-Umgebungen und Joysticksteuerung, z.B. wie in Computerspielen, eher gering war. Die Trainingsphase endete dann, sobald die Versuchsperson nach eigenen Angaben ausreichend mit der Umgebung und der Steuerung vertraut war. Dadurch war gewährleistet, dass die Versuchspersonen alle in etwa gleich gut mit der Steuerung zurechtkamen.

Nach der Trainingsphase begann der eigentliche Versuch, in dem die Versuchspersonen dann alle drei Versuchsbedingungen nacheinander, in der für sie vorher festgelegten Reihenfolge absolvierten. Dabei waren zwar die Streckenverläufe, sowie die 3D-Landschaften innerhalb einer Bedingung für alle Versuchspersonen identisch, allerdings unterschieden sich die Umgebungen in den präsentierten Landmarken.

Insgesamt gab es 3 Versuchsbedingungen mit jeweils 10 Plätzen, wodurch sich eine Gesamtzahl von 30 möglichen Plätzen mit je 3 Landmarken ergab. Diese 30 Plätze wurden vor Versuchsbeginn, für jede Versuchsperson individuell, randomisiert auf die 3 Versuchsbedingungen verteilt und diese Auswahl dann für jede Versuchsperson in einer Konfigurationsdatei gespeichert. Bei Versuchsbeginn wurden dann die Plätze für die jeweilige Versuchsbedingung geladen, platziert und die Anordnung der Landmarken zusätzlich randomisiert rotiert.

Für jede Versuchsperson wurden dann aus weiteren Konfigurationsdateien, je nach Bedingung, die den Plätzen entsprechenden Namen und Icons gewählt und in die Listen eingefügt, so dass nach diesen Schritten jede Versuchsperson ihr individuelle Versuchsumgebung hatte. Jeder Platz konnte somit sowohl in Kombination mit einem Platznamen als auch zusammen mit einem Icon präsentiert werden. Eine vollständige Auflistung aller Plätze mit den dazugehörigen Landmarken, Platznamen und Icons findet sich in Anhang A (Tabelle A.1).

Nach dem Beenden der letzten Strecke bekamen die Versuchspersonen noch einen kurzen Fragebogen zum Ausfüllen. Dieser beinhaltete beispielsweise Fragen nach der Motivation, wie schwer bzw. leicht eine Versuchsperson das Experiment empfand und ob die Zuteilung der Namen oder der Icons als hilfreich empfunden wurde. Des Weiteren hatten die Versuchspersonen die Möglichkeit, die von ihnen verwendete Strategie beim Lösen der Navigationsaufgabe zu beschreiben, sofern sie eine bestimmte angewandt hatten. Abbildung A.2 in Anhang A zeigt einen solchen unausgefüllten Fragebogen.

### 2.1.3 Pilotexperiment

Im Vorfeld zu dieser Diplomarbeit wurde von Professor Dr. Hanspeter A. Mallot und Dr. Gregor Hardieß ein Pilotexperiment durchgeführt, welches im Wesentlichen dem in 2.1.1 dargestellten Versuchsaufbau entsprach. Ziel dieses Pilotexperimentes war es zu untersuchen, ob es einen Effekt gibt, der einen Einfluss der Sprache auf den Aufbau von Routenwissen zeigt und ob weiterführende Versuche erfolgversprechend sind.

Der hierzu verwendete Versuchsaufbau unterschied sich in den folgenden Punkten von dem im Rahmen dieser Diplomarbeit verwendeten Versuchsaufbau.

- Die Anzahl der Plätze pro Strecke für die drei unterschiedlichen Versuchsbedingungen betrug im Pilotexperiment sechs anstatt zehn, der Schwierigkeitsgrad der Navigationsaufgabe war somit deutlich geringer.

- Die Zuordnung der Plätze zu den Versuchsbedingungen war fest, das bedeutet jede Strecke hatte ein Set von sechs Plätzen, welche sich immer an den gleichen Positionen innerhalb dieser Strecke befanden. Dabei bestand nun die Gefahr, das bestimmte Plätze einfacher zu lernen waren, wodurch auch die jeweilige Versuchsbedingung einfacher zu absolvieren war. Um dies auszuschließen, sollten die Routen stärker randomisiert werden.
- Die verwendeten Landschaften wurden ebenfalls für das hier verwendete Experiment neu gestaltet, inklusive Teile der Pflanzen und anderer Objekte.
- Die Anzahl der Durchläufe die eine Versuchsperson nacheinander korrekt absolvieren musste, um die Lernphase zu beenden betrug drei. Diese wurde im hier verwendeten Experiment auf zwei reduziert, da durch die gestiegene Anzahl der Plätze, der Zeitaufwand für die Versuchspersonen zu groß geworden wäre.
- Die Liste der Platznamen, sowie die Liste der Icons enthielt im Pilotexperiment zehn Elemente, die sechs Bezeichnungen für die Plätze und zusätzlich vier Namen bzw. Icons zum Auffüllen. Durch die Erhöhung der Platzanzahl von sechs auf zehn, bestanden die in dieser Diplomarbeit verwendeten Listen nur aus den zehn Platznamen bzw. Icons die den Plätzen der Strecke entsprachen. Die Anzahl der Listenelemente wurde deshalb so gewählt, da die Auswahl somit bequem über die Zifferntasten der Tastatur (0-9) erfolgen konnte.

Ansonsten entsprach das Pilotexperiment dem unter 2.1.1 beschriebenen Versuchsaufbau, mit den drei verschiedenen Versuchsbedingungen und den nacheinander zu absolvierenden Phasen.

Auch der Versuchsablauf entsprach im Wesentlichen dem aus 2.1.2. Auch im Pilotexperiment musste jede Versuchsperson alle drei Bedingungen absolvieren, jedoch mit dem Unterschied, dass die Reihenfolge nicht wie oben beschrieben variiert wurde. Als erste Versuchsbedingung mussten die Versuchspersonen immer die Baseline-Bedingung absolvieren, darauf folgte dann entweder die Icon- oder Word-Bedingung und zuletzt die noch fehlende Bedingung. Eine Trainingsphase gab es im Pilotexperiment nicht.

Die Ergebnisse sowohl des Pilotexperimentes, als auch der hier durchgeführten Versuchsreihe, werden in Kapitel 3 präsentiert.

## 2.2 Werkzeuge

Für die Versuchsreihe wurde die unter 2.1.1 beschriebene, einfache virtuelle Umgebung verwendet. Hierbei war die Erstellung der Landschaften, durch welche die Versuchspersonen navigierten und die Programmierung der dem Versuch zugrunde liegenden Software voneinander getrennt. Die hierfür verwendeten Werkzeuge sollen in diesem Abschnitt kurz vorgestellt werden.

Für die Erstellung der Landschaften wurde *Multigen Creator* verwendet, ein Editor zum erstellen von Echtzeit-3D-Modellen und Umgebungen. Das eigentliche Programm, welches den Versuchsablauf steuerte, wurde unter *OpenSceneGraph* in *C++* programmiert.

### 2.2.1 Multigen Creator

Man kann in der Computergrafik Echtzeitanwendungen von Animationen unterscheiden. Im Gegensatz zu Animationen, welche einen höheren Detailgrad besitzen und vorberechnet ablaufen, sind Echtzeitanwendungen häufig weniger detailliert, bieten dem Nutzer jedoch wesentlich mehr Interaktionsmöglichkeiten. So ist es beispielsweise in Echtzeitanwendungen möglich, sich frei durch eine Szene zu bewegen und Objekte darin zu manipulieren. Diese Möglichkeiten bieten Animationen nicht.

Bei *Multigen Creator* handelt es sich, wie bereits erwähnt, um einen Editor zum Erstellen von Echtzeit-3D-Modellen für Echtzeitanwendungen. Da der hier durchgeführte Versuch eine Interaktion der Versuchspersonen mit der Virtuellen Umgebung voraussetzt, wird zu deren Erstellung *Multigen Creator* verwendet.

*Multigen Creator* verwendet das OpenFlight Dateiformat. Dieses hat zum einen den Vorteil, dass es die Geometrie in Knoten organisiert, welche auf einfache Weise editiert und bewegt werden können und zum anderen bietet es eine Baumstruktur der Szene, welche vom Laufzeitsystem prozessiert werden kann. Auch wird das OpenFlight Format von einer Reihe von Anwendungen unterstützt. *OpenSceneGraph* bietet beispielsweise die Möglichkeit, Objekte im OpenFlight Format zu laden, und als Knoten in den Szenengraphen einzufügen. Diese Knoten und somit die zugehörigen Objekte können dann beliebig verschoben, gedreht oder bearbeitet werden.

### 2.2.2 OpenSceneGraph

Bei *OpenSceneGraph* (*OSG*) handelt es sich um ein sogenanntes Szenengraphensystem, welches in Echtzeit-Grafikanwendungen eingesetzt wird, und welches quelloffen und somit frei zugänglich ist. *OSG* wurde in der Programmiersprache *C++* geschrieben und verwendet die 3D-Programmierschnittstelle *OpenGL* zur eigentlichen Darstellung der 3D-Grafik.

Ein Szenengraph im allgemeinen ist eine objektorientierte Datenstruktur, mit der die logische, in vielen Fällen auch die räumliche Anordnung der darzustellenden dreidimensionalen Szene beschrieben wird. *OSG* verwendet dazu eine hierarchische Baumstruktur, in der die 3D-Objekte als Knoten dargestellt werden und welche ein effizientes Rendern der Szene ermöglicht. Abbildung 2.9 zeigt einen einfachen Szenengraphen, für eine Szene bestehend aus einem Raum mit einem Tisch und zwei Stühlen.

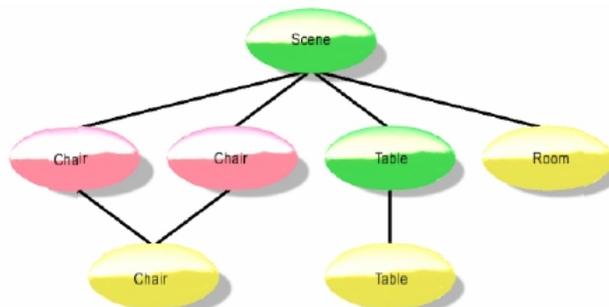


Abbildung 2.9: Ein einfacher Szenengraph, bestehend aus einem Wurzelknoten (Scene), Gruppenknoten (Chair(rot), Table(grün)) und Blattknoten(Chair(gelb), Table(gelb), Room)

Jeder Szenengraph besitzt, wie hier zu sehen ist, einen Wurzelknoten, mit dem die restlichen Knoten eine Szene verknüpft werden.

Neben Wurzelknoten gibt es in Szenengraphen noch zwei weitere wichtige Arten von Knoten: Gruppenknoten und Blattknoten.

- **Gruppenknoten** dienen dazu, die Geometrie einer Szene zu organisieren und anzuordnen, z.B. um Objekte mittels Translationen und Rotationen zu manipulieren.
- **Blattknoten** enthalten die eigentliche Geometrie der Objekte, also das, was letztendlich auf dem Bildschirm gezeichnet wird. In *OSG* gibt es als *Geode* (*Geometry Node*) bezeichnete Knoten, welche den Blattknoten entsprechen. Diese haben zwar keine Kinder, aber enthalten die Klasse *osg::Drawable*, welche wiederum die Basisklasse zur Speicherung geometrischer Informationen darstellt.

*OSG* stellt noch einige weitere Knotentypen zur Verfügung, hier ein Paar Beispiele:

- **LOD-Knoten (Level of Detail)** dienen dazu, den Detailgrad eines Objektes abhängig von der Entfernung zum Blickpunkt zu variieren.
- **MatrixTransform-Knoten** ermöglichen es, die Geometrie ihrer Kinderknoten zu beeinflussen, das bedeutet Translationen, Rotation, Skalierungen etc.
- **Switch-Knoten** bieten die Möglichkeit, die Verarbeitung ihrer Kinderknoten ein- bzw. auszuschalten und somit ein Objekt einfach aus der Szene zu entfernen.

## 2.3 Implementierung

Das im Vorfeld dieser Diplomarbeit durchgeführte Pilotexperiment verwendete zur Versuchsdurchführung ein Programm, welches mit *OpenGL Performer* programmiert war. Eines der Ziele dieser Diplomarbeit war es nun, die Umstellung des Projektes, von *OpenGL Performer* auf *OpenSceneGraph* zu realisieren. Hierzu war eine komplette Neuimplementierung erforderlich, welche im Folgenden erläutert werden soll, ohne dabei jedoch zu sehr ins Detail zu gehen.

Im Wesentlichen gliederte sich das verwendete Programm in zwei Teile:

Der erste Teil bestand aus einer Funktion, welche dazu diente die 3D-Szene zu erstellen, durch die sich die Versuchspersonen bewegten. Dabei lag das Hauptaugenmerk auf dem im folgenden Abschnitt beschriebenen randomisierten Aufbau der verschiedenen Strecken.

Der zweite Teil bestand dann aus dem eigentlichen Hauptprogramm, welches zunächst die unter 2.3.1 beschriebene Funktion aufrief und anschließend den Versuch startete. Abschnitt 2.3.2 fasst den Ablauf des Hauptprogrammes kurz zusammen.

### 2.3.1 Randomisierter Aufbau der Strecken

Wie bereits in Abschnitt 2.1.3 beschrieben wurde, war es ein Ziel der Neuimplementierung des Experimentes, die Routen stärker zu randomisieren. Das bedeutet, jede Versuchsperson sollte ihre eigene Konfiguration an Strecken bekommen, jeweils mit einer individuellen Verteilung der Plätze auf die verschiedenen Versuchsbedingungen. Des Weiteren sollten die Plätze an jeder der 10 möglichen Positionen innerhalb einer Strecke platziert werden können. Daher wurden für die Landschaften und die Plätze jeweils getrennte Modelle verwendet. Für jeden Platz wurden drei Bilder als Texturen auf die Landmarken gelegt und dieser Platz dann

als 3D-Modell gespeichert. Zusätzlich musste zu jedem Platz ein passender Name, sowie ein passendes Symbol gefunden werden. Während die Namen jeweils in einer einfachen Textdatei abgelegt wurden, musste für jedes Symbol eine schwarz-weiß Grafik erstellt werden.

Für die 30 Plätze des Experimentes wurden somit bei 3 Landmarken pro Platz insgesamt 90 verschiedene Texturen, sowie ein passender Name und ein passendes Icon für jeden Platz benötigt. Während das Finden eines Namens noch relativ problemlos war, so war ein zum Thema des Platzes passendes Icon zu finden nicht immer trivial. Deshalb gab es folgende Einschränkung: 5 Plätze der Baseline-Bedingung waren fest an diese Bedingung gebunden, wodurch für diese Plätze keine Icons und Namen erforderlich waren. Die Platzierung dieser 5 Plätze innerhalb der Strecke jedoch war variabel. Insgesamt ergaben sich somit 30 verschiedene 3D-Modelle für die Plätze und jeweils 25 Namen und Icons. Die Dateinamen der Textdateien und der Icongrafiken entsprachen den Dateinamen der 3D-Modelle, um eine einfachere Zuordnung innerhalb des Programmes zu ermöglichen.

Für jede Versuchsperson wurden dann mittels eines weiteren Programmes aus einer Textdatei, welche alle möglichen Platznamen enthielt, drei Konfigurationsdateien, mit je 10 zufälligen Platznamen für die drei Bedingungen erstellt. Dabei konnte jeder Platz nur in einer der drei Bedingungen vorkommen.

Für jede Versuchsbedingung gab es eine eigene Funktion, welche den Aufbau der Strecken dann wie folgt realisierte:

- Laden des zur jeweiligen Versuchsbedingungen gehörigen 3D-Modells der Strecke, welches noch keine Plätze enthielt.
- Einlesen der Konfigurationsdatei, welche die Platznamen für die aktuelle Bedingung enthielt.
- Laden und Platzieren der 3D-Modelle für die Plätze. Für die Platzierung gab es hierbei für jede Bedingung eine Menge von Koordinaten, welche die Positionen der Plätze innerhalb der Strecke beschrieb. Die Reihenfolge der Plätze innerhalb einer Strecke entsprach der Reihenfolge innerhalb der Konfigurationsdatei.
- Um die Strecken weiter zu randomisieren, war auch die Rotation der Plätze nicht festgelegt, sondern konnte um jeweils  $120^\circ$  variiert werden.

Nach diesen Schritten, war die für jede Versuchspersonen individuelle Strecke fertig. Als nächstes mussten nun die Symbole bzw. Namen ausgewählt und in einer Liste dargestellt werden.

Im Falle der Namen wurde einfach der Platzname aus der entsprechenden Textdatei ausgelesen und in einen Array geschrieben. Dieser Array enthielt somit alle Platznamen einer Strecke, jedoch wurde beim Erstellen des Arrays darauf geachtet, dass die Reihenfolge der Einträge ebenfalls randomisiert war. In der Assoziationsphase der Word-Bedingung wurde dieser Array dann der Versuchsperson als Auswahlliste präsentiert (Abbildung 2.6).

Um die Auswahlliste für die Symbole zu erstellen, wurde die dem Platznamen entsprechende Grafik geladen und als Textur auf ein weißes Quadrat gelegt. Zehn dieser Quadrate, angeordnet in zwei Spalten zu je fünf Elementen bildeten dann die Auswahlliste für die Icon-Bedingung (Abbildung 2.7). Auch hier war, wie bei der Namensliste, die Reihenfolge der Elemente randomisiert.

Damit hatte jede Versuchsperson eine eigene, zu den Plätzen passende Auswahl an Symbolen bzw. Namen entsprechend der jeweiligen Bedingung. Die Auswahl der Platznamen bzw.

der Symbole, welche eine Versuchsperson während der Assoziationsphase getroffen hatte, wurde dann wiederum in einer Konfigurationsdatei abgespeichert. Zu Beginn der Lernphase konnte diese Konfigurationsdatei dann geladen und so die Namen und Symbole den Plätzen entsprechend zugeordnet werden, so dass die Versuchspersonen nun die zuvor ausgewählten Bezeichnungen sahen.

### 2.3.2 Hauptprogramm

Zunächst wurde im Hauptprogramm ein Wurzelknoten erzeugt und die Funktion *CreateScene* aufgerufen, welche, wie im vorangegangenen Abschnitt beschrieben, eine randomisierte Strecke aufbaute. Diese 3D-Szene wurde dann als Kind an den Wurzelknoten angefügt.

Als nächstes wurden die Einblendungen hinzugefügt. Diese wurden als *HUDD* (*Head-up Display*) realisiert und über einen Switch-Knoten mit dem Wurzelknoten verbunden, so dass sie je nach Bedarf ein- und ausgeblendet werden konnten.

Im nächsten Schritt wurde dann ein *osgViewer::Viewer* Objekt erzeugt und die zuvor erstellte Szene, also der Wurzelknoten, an den Viewer übergeben. Dieser Viewer diente dann zur eigentlichen Darstellung der 3D-Szene. Hierfür wurde der Viewer in einer *while-Schleife* aufgerufen, in welcher dann der eigentliche Versuchsablauf geregelt war. Diese *while-Schleife* lief dann solange, bis das Abbruchkriterium, nämlich das Erreichen des Zielplatzes im letzten Durchlauf der Testphase, erreicht war, oder bis das Programm mittels *ESC*-Taste beendet wurde.

Innerhalb dieser *while-Schleife* liefen dann nacheinander die einzelnen Phasen des Versuches (Assoziation, Lern, Test) ab. Dazu konnte sich das Programm in einem von drei Modi (a,b,c) befinden, die jeweils einer Phase entsprachen. Zu Beginn befand sich das Programm im Modus a, also in der Assoziationsphase. Diese lief dann bis zum Erreichen eines Abbruchkriteriums, in diesem Falle einfach das Erreichen des Zielplatzes. Dann wurde der Modus gewechselt und das Programm befand sich nun in der Lernphase. Auch hier gab es wiederum ein Abbruchkriterium, welches erfüllt sein musste, um in die nächste Phase zu gelangen. Realisiert wurde dieses Abbruchkriterium in Form einer Zählvariablen, welche nach jedem fehlerfreien Durchlauf um 1 erhöht wurde und im Falle eines Fehlers wieder auf 0 zurückgesetzt wurde. Erreichte die Zählvariable den Wert 2, was zwei fehlerfreien Durchläufen in der Lernphase entsprach, so war dieser Modus beendet und das Programm wechselte in die Testphase. In dieser lief wiederum eine Zählvariable, welche dafür sorgte, dass die 5 in der Testphase vorgesehen Durchläufe ausgeführt wurden. Dabei wurde die Zählvariable beim Erreichen des Zieles jeweils herabgesetzt, erreichte sie den Wert 0 und befand sich die Versuchsperson im Ziel, so war der Versuch beendet.



# Kapitel 3

## Ergebnisse

Zunächst sollen hier die Ergebnisse des in Abschnitt 2.1.3 beschriebenen Pilotexperimentes präsentiert werden, um einen Vergleich mit den hier erzielten Ergebnissen zu ermöglichen. Daran anschließend werden dann die Ergebnisse dieser Arbeit präsentiert.

### 3.1 Ergebnisse Pilotexperiment

Am Pilotexperiment nahmen insgesamt 20 Versuchspersonen teil, 5 Versuchspersonen wurden aufgrund des Deckeneffektes, welcher unter 3.2.2 näher erläutert wird, nicht ausgewertet, weil für sie der Versuch zu einfach war. Für jede Versuchsperson wurde für jeden Durchlauf vom Start- zum Zielpunkt die jeweils zurückgelegte Wegstrecke, die benötigte Zeit sowie die Anzahl der falschen Abbiegungen gespeichert. Zusätzlich wurden für jede Versuchsperson die Anzahl der benötigten Versuche für jede Phase gespeichert, dieser Wert ist jedoch nur in der Lernphase von Interesse, da in den anderen beiden Phasen die Anzahl der Versuche fest vorgegeben ist.

#### 3.1.1 Zurückgelegte Wegstrecke

Die zurückgelegte Wegstrecke wurde zunächst für jede Versuchsperson über die einzelnen Durchläufe einer Phase aufsummiert, so dass sich pro Versuchsperson für jede Bedingung und für jede Phase eine Gesamtwegstrecke ergab. Für diese Werte wurde dann für alle Bedingungen und für alle Phasen über alle Versuchspersonen der Mittelwert errechnet. Daraus ergaben sich für drei Bedingungen mit jeweils drei Phasen insgesamt neun Mittelwerte. Das Ergebnis ist in Abbildung 3.1 zu sehen.

Wie man hier erkennen kann, zeigt sich in der Assoziationsphase kein Unterschied in der zurückgelegten Weglänge, zwischen den drei Bedingungen. In der Lernphase hingegen zeigt sich, dass die zurückgelegte Weglänge in der Word-Bedingung erkennbar kürzer ist, im Vergleich zu den anderen beiden Bedingungen. Dieser Unterschied ist jedoch nicht signifikant. In der Testphase wiederum zeigt sich eine geringfügig längere zurückgelegte Wegstrecke in der Baseline-Bedingung im Vergleich zu den anderen beiden Bedingungen, welche in etwa gleich auf liegen. Auch dieser Unterschied ist nicht signifikant.

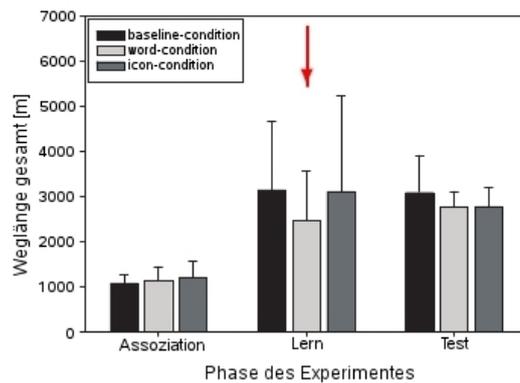


Abbildung 3.1: Durchschnittlich gelaufene Wegstrecke für alle Bedingungen (Baseline=schwarz, Word=hellgrau, Icon=dunkelgrau) in Metern in den jeweiligen Phasen (Assoziation, Lern, Test). Für jede Phase wurde für alle drei Bedingungen pro Versuchsperson die Wegstrecke aller Durchläufe aufsummiert und dann über alle Versuchspersonen gemittelt. Angegeben ist jeweils der Mittelwert sowie die Standardabweichung

### 3.1.2 Benötigte Zeit

Um die Gesamtdauer, die eine Versuchsperson benötigte um vom Start zum Ziel zu gelangen auszuwerten wurden die selben Rechnungen wie in 3.1.1 verwendet. Auch hier wurde zunächst für jede Phase jeder Bedingung die einzelnen Werte aufsummiert und anschließend über alle Versuchspersonen gemittelt, so dass sich hier ebenfalls neun Mittelwerte ergaben (drei Bedingungen mit je drei Phasen). Die Grafik in Abbildung 3.2 zeigt dieses Ergebnis.

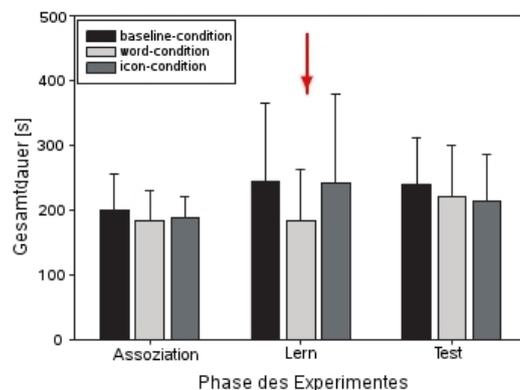


Abbildung 3.2: Durchschnittlich benötigte Zeit für alle Bedingungen (Baseline=schwarz, Word=hellgrau, Icon=dunkelgrau) in Sekunden in den jeweiligen Phasen (Assoziation, Lern, Test). Für jede Phase wurde für alle drei Bedingungen pro Versuchsperson die benötigte Zeit aller Durchläufe aufsummiert und dann über alle Versuchspersonen gemittelt. Angegeben ist jeweils der Mittelwert sowie die Standardabweichung

Wie aus dieser Abbildung ersichtlich ist, lässt sich über das Verhältnis der Bedingungen zueinander im Bezug auf die benötigte Zeit ähnliches sagen, wie im Bezug auf die zurückgelegte Wegstrecke.

Auch hier sind die Werte in der Assoziationsphase für alle drei Bedingungen nahezu identisch. In der Lernphase dagegen liegt der Mittelwert der benötigten Zeit für die Word-Bedingung

niedriger als der Mittelwert der beiden anderen Bedingungen, jedoch ist dieser Unterschied, ebenso wie bei der Wegstrecke, nicht signifikant. In der Testphase schließlich liegt der Mittelwert der Baseline-Bedingung leicht höher, im Vergleich zur Word- und zur Icon-Bedingung, jedoch ebenfalls nicht signifikant.

### 3.1.3 Benötigte Anzahl Versuche

Für jede Versuchsperson wurde die Anzahl der Durchläufe, die sie in der Lernphase einer Versuchsbedingung benötigte, gezählt und diese Werte dann für jede Bedingung über alle Versuchspersonen gemittelt. Daraus ergaben sich die drei Ergebnisse, welche in Abbildung 3.3 grafisch dargestellt sind.

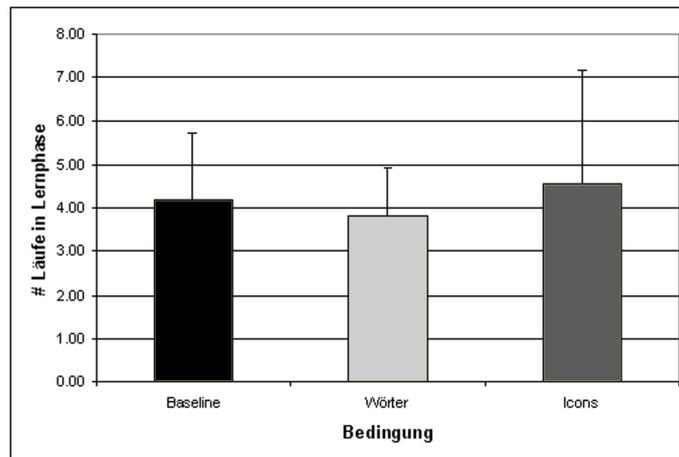


Abbildung 3.3: Durchschnittliche Anzahl benötigter Durchläufe für alle Bedingungen (Baseline=schwarz, Word=hellgrau, Icon=dunkelgrau) in der Lernphase. Für jede Bedingung wurde pro Versuchsperson die in der Lernphase benötigten Durchläufe gezählt und dann über alle Versuchspersonen gemittelt wobei die minimale Anzahl 3 betrug. Angegeben ist jeweils der Mittelwert sowie die Standardabweichung

Hierbei ist zunächst zu beachten, dass die Lernphase dann beendet war, wenn eine Versuchsperson drei fehlerfreie Durchläufe nacheinander absolviert hatte, wodurch sich ein Mindestwert von drei Versuchen ergibt. Somit zeigt sich, wenn man Abbildung 3.3 betrachtet, dass die Leistung aller Versuchspersonen sehr gut war, dass sie jedoch in der Word-Bedingung im Schnitt die wenigsten Versuche benötigten. Die meisten Versuche wurden in der Icon-Bedingung benötigt. Diese Unterschiede waren jedoch nicht signifikant.

## 3.2 Ergebnisse Diplomarbeit

Wie bereits unter 2.1.2 erwähnt, konnten nur 38 der insgesamt 41 teilnehmenden Versuchspersonen den Versuch komplett absolvieren. Für jede dieser 38 Versuchsperson wurden während eines Versuchsdurchlaufes die folgenden Parameter protokolliert:

- **zurückgelegte Wegstrecke:** für jede Versuchsperson wurde die jeweils für einen Durchlauf vom Start- bis zum Zielpunkt gelaufene Wegstrecke gemessen.
- **benötigte Zeit:** ebenso wie die zurückgelegte Wegstrecke wurde auch die Zeit, welche eine Versuchsperson vom Start- bis zum Zielpunkt benötigte, gemessen.
- **Anzahl Versuche:** für jede Phase wurde die Anzahl der Versuchsdurchläufe bestimmt, die die Versuchsperson benötigte, um diese Phase zu beenden. In der Assoziations- sowie der Testphase war diese Anzahl an Durchläufen fest vorgegeben, weshalb dieser Wert nicht in die Auswertung eingeht. In der Lernphase betrug die Mindestanzahl an Versuchen zwei.
- **Anzahl falscher Abbiegungen:** für jede Versuchsperson wurde ein Verlassen eines Platzes in Richtung einer Sackgasse, oder in Richtung des vorangegangenen Platzes als falsches Abbiegen und somit als Fehler gewertet. Diese Fehler wurden pro Versuchsperson für jeden Durchlauf gezählt.
- **Verweildauer auf den Plätzen:** für jeden Platz, den eine Versuchsperson innerhalb eines Durchlaufes passierte, wurde die Zeit ermittelt, die sich die Versuchsperson auf diesem Platz befand.
- **Trajektorien:** pro Durchlauf wurden mit jeweils 60Hz die X- und Y-Koordinaten der Versuchsperson gespeichert, woraus sich 60 Koordinatenpaare pro Sekunde ergaben. Aus diesen Koordinaten wurden dann die Trajektorien für jeden Durchlauf errechnet, welche genauen Aufschluss über die von den Versuchspersonen zurückgelegten Wege geben. Abbildung 3.4 zeigt exemplarisch eine solche Trajektorie aus der Lernphase in der Baseline-Bedingung von VP16.

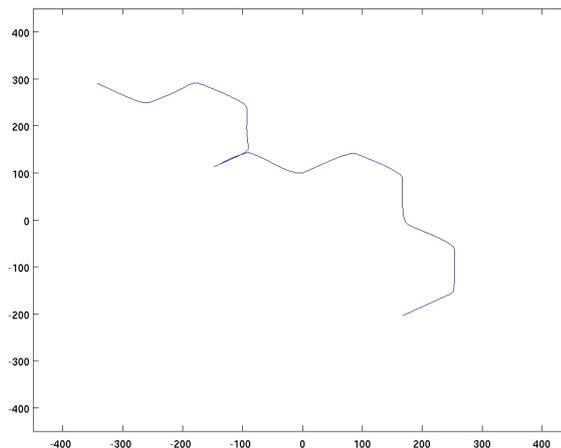


Abbildung 3.4: Beispiel einer Trajektorie, die aus den X- und Y-Koordinaten berechnet und als Grafiken gespeichert wurden. Hier ist die Trajektorie von VP16 aus der Lernphase der Baseline-Bedingung zu sehen.

- **Geschwindigkeitsprofil:** aus den für jede Versuchsperson mit einer Frequenz von 60Hz gespeicherten X- und Y-Koordinaten wurde ein Geschwindigkeitsprofil errechnet, welches pro Sekunde eines Durchlaufs jeweils die aktuelle Geschwindigkeit in Metern pro Sekunde angibt. Als Beispiel ist in Abbildung 3.5 das zur Trajektorie aus Abbildung 3.4 gehörende Geschwindigkeitsprofil von VP16 aus der Lernphase der Baseline-Bedingung dargestellt.

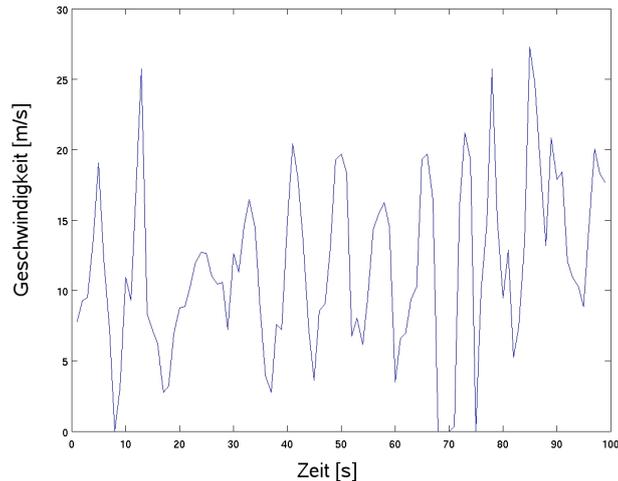


Abbildung 3.5: Beispiel eines aus den mit 60Hz gespeicherten Koordinaten berechneten Geschwindigkeitsprofils. Hier zu sehen ist das zur Trajektorie aus Abbildung 3.4 gehörende Geschwindigkeitsprofil von VP16 aus der Lernphase der Baseline-Bedingung.

Für alle Parameter sind in den folgenden Grafiken neben den errechneten Mittelwerten auch die Standardabweichung (roter Fehlerbalken), sowie jeweils die Signifikanz des Unterschiedes zweier Mittelwerte (\*\*\*) ( $\hat{=} p < 0,001$ , \*\*) ( $\hat{=} p < 0,01$ , \*) ( $\hat{=} p < 0,05$ , n.p.  $\hat{=} p \geq 0,05$ )) angegeben.

### 3.2.1 Lerneffekt

Jede Versuchsperson musste, wie in 2.1.2 erwähnt, jede der drei Versuchsbedingungen absolvieren, jedoch in unterschiedlicher Reihenfolge. Deshalb sollte zunächst festgestellt werden, ob es eine Abhängigkeit der Leistung von der Reihenfolge der Bedingungen gab. Das bedeutet, ob es einen Lerneffekt gab, sodass die Leistung in der zuerst absolvierten Bedingung immer schlechter war im Vergleich zu den nachfolgenden Bedingungen, unabhängig davon, welche Bedingung zuerst absolviert wurde.

Hierfür wurde für die jeweils erste, zweite und dritte Strecke, die die Versuchspersonen absolvierten, die zurückgelegte Weglänge, die benötigte Zeit, die Anzahl benötigter Versuche und die Anzahl der Fehler in der Lernphase betrachtet. Diese Parameter wurden für jede der drei Positionen (erste, zweite, dritte) pro Versuchsperson über alle Durchläufe der Lernphase aufsummiert und dann über alle Versuchspersonen gemittelt, so dass sich für jede der Positionen ein Mittelwert ergab. Abbildung 3.6 zeigt das Ergebnis für die zurückgelegte Weglänge.

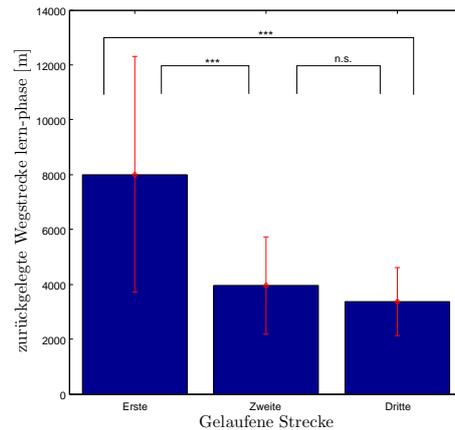


Abbildung 3.6: Durchschnittlich zurückgelegte Wegstrecke für die erst-, zweit- und dritt-gelaufene Strecke. Angegeben ist jeweils der Mittelwert der Wegstrecke in Metern aus der Lernphase über alle Versuchspersonen gemittelt, die Standardabweichung (roter Fehlerbalken), sowie die Signifikanz des Unterschiedes zweier Positionen (\*\*\*)  $\hat{=}$   $p < 0,001$ , \*\*  $\hat{=}$   $p < 0,01$ , \*  $\hat{=}$   $p < 0,05$ , n.p  $\hat{=}$  nicht signifikant ( $p \geq 0,05$ )).

Wie man aus dieser Grafik erkennen kann, liegt die durchschnittlich zurückgelegte Wegstrecke in der ersten Strecke (8000m) deutlich über der zweiten Strecke (3971m) und der dritten Strecke (3371m). Dieser Unterschied ist signifikant (Einfaktorielle ANOVA  $F(2, 113)=31,16$ ,  $p < 0,001$ ).

Das Ergebnis für die benötigte Zeit ist in der folgenden Abbildung zu sehen.

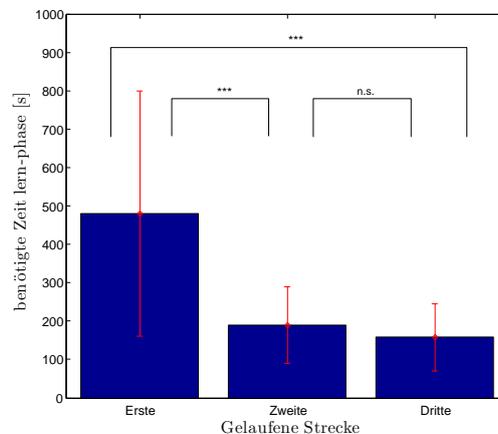


Abbildung 3.7: Durchschnittlich benötigte Zeit in Sekunden für die erst-, zweit- und dritt-gelaufene Strecke. Angegeben ist jeweils der Mittelwert der Zeit aus der Lernphase über alle Versuchspersonen gemittelt, die Standardabweichung (roter Fehlerbalken), sowie die Signifikanz des Unterschiedes zweier Positionen (\*\*\*)  $\hat{=}$   $p < 0,001$ , \*\*  $\hat{=}$   $p < 0,01$ , \*  $\hat{=}$   $p < 0,05$ , n.p  $\hat{=}$  nicht signifikant ( $p \geq 0,05$ )).

Die durchschnittlich benötigte Zeit für die zuerst gelaufene Strecke (479s) liegt deutlich über dem Wert der beiden anderen Strecken (zweite Strecke: 189s, dritte Strecke: 157,5s). Dieser Unterschied ist signifikant (Einfaktorielle ANOVA  $F(2, 113)=31,1$ ,  $p < 0,001$ ).

Die folgende Abbildung zeigt die in der ersten, zweiten und dritten Strecke jeweils durchschnittlich benötigte Anzahl von Versuchen.

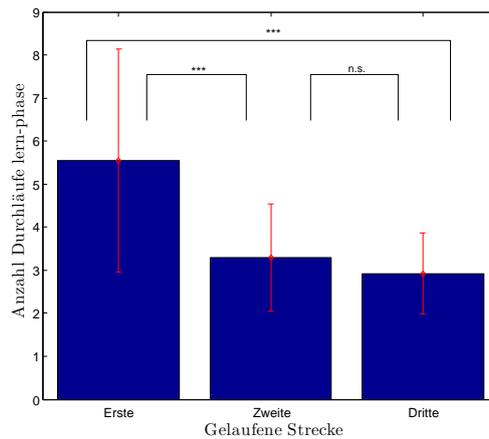


Abbildung 3.8: Durchschnittlich benötigte Anzahl Versuche für die erst-, zweit- und dritt-gelaufene Strecke. Angegeben ist jeweils der Mittelwert der Versuchsanzahl aus der Lernphase über alle Versuchspersonen gemittelt, die Standardabweichung (roter Fehlerbalken), sowie die Signifikanz des Unterschiedes zweier Positionen (\*\*\*)  $\hat{=}$   $p < 0,001$ , \*\*  $\hat{=}$   $p < 0,01$ , \*  $\hat{=}$   $p < 0,05$ , n.p  $\hat{=}$  nicht signifikant ( $p \geq 0,05$ )).

Diese Abbildung zeigt, dass auch die Anzahl der in der Lernphase benötigten Versuche in der ersten Strecke (5,5 Versuche) deutlich über der Anzahl in der zweiten Strecke (3,3 Versuche) und in der dritten Strecke (2,9 Versuche) liegt. Dieser Unterschied ist signifikant (Einfaktorielle ANOVA  $F(2, 113) = 25,19$ ,  $p < 0,001$ ).

Abbildung 3.9 schließlich zeigt die durchschnittliche Anzahl Fehler in der erst-, zweit-, und dritt-gelaufenen Strecke.

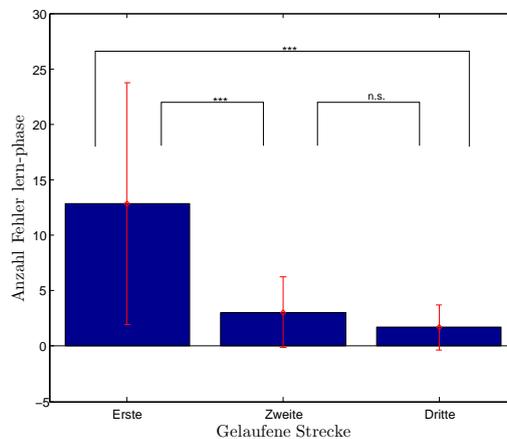


Abbildung 3.9: Durchschnittlich Anzahl Fehler für die erst-, zweit- und dritt-gelaufene Strecke. Angegeben ist jeweils der Mittelwert der Fehleranzahl aus der Lernphase über alle Versuchspersonen gemittelt, die Standardabweichung (roter Fehlerbalken), sowie die Signifikanz des Unterschiedes zweier Positionen (\*\*\*)  $\hat{=}$   $p < 0,001$ , \*\*  $\hat{=}$   $p < 0,01$ , \*  $\hat{=}$   $p < 0,05$ , n.p  $\hat{=}$  nicht signifikant ( $p \geq 0,05$ )).

Auch für die Anzahl der Fehler, die die Versuchspersonen in der Lernphase machten, gilt vergleichbares wie für die anderen Parameter. Hier liegt ebenfalls, wie in Abbildung 3.9 erkennbar, der Mittelwert für die erste Strecke (12,8 Fehler) deutlich höher als für die zweite

(3 Fehler) und für die dritte Strecke (1,7 Fehler). Dieser Unterschied ist signifikant (Einfaktorielle ANOVA  $F(2, 113)=31,46, p<0,001$ ).

Wie diese Ergebnisse zeigen, ist die Leistung aller Versuchspersonen in der zuerst gelaufenen Strecke deutlich schlechter, im Vergleich zu den nachfolgenden Strecken, unabhängig von der Versuchsbedingung. Dies lässt auf einen Lerneffekt schließen, welcher zwischen der ersten und zweiten Strecke besonders stark auftritt, zwischen der zweiten und dritten Strecke aber keine merkliche Verbesserung der Leistung bewirkt. Offensichtlich benötigen die Versuchspersonen, trotz der schriftlichen und mündlichen Erklärung, sowie der Trainingsphase, zunächst einen “richtigen” Versuchsdurchlauf, um mit der Aufgabenstellung und der Navigation am Computer vertraut zu sein.

Dieser Lerneffekt fällt von Versuchsperson zu Versuchsperson unterschiedlich stark aus, was unter anderem daran liegt, dass die Versuchspersonen unterschiedliche Erfahrungen bezüglich der Steuerung mittels Joystick, oder der Navigation in virtuellen Umgebungen im Allgemeinen haben. Daher lässt sich die Leistung zweier Versuchspersonen in der ersten Strecke nur schwer miteinander vergleichen. Für die zweiten und dritten Strecken jedoch kann man davon ausgehen, dass alle Versuchspersonen ausreichend mit der Steuerung und der Aufgabenstellung vertraut sind und sich in etwa auf einem Level befinden. Für die weiteren Ergebnisse sollen daher nur die an zweiter und dritter Stelle gelaufenen Strecken ausgewertet werden.

### 3.2.2 Deckeneffekt

Ein weiterer Effekt, der bei dieser Versuchsreihe beachtet werden muss, ist der sogenannte Deckeneffekt (*engl. ceiling effect*).

Im Allgemeinen spricht man von einem Deckeneffekt, wenn ein Test so einfach ist, dass viele Versuchspersonen das optimale Ergebnis erzielen, obwohl ihre Leistungsfähigkeit verschieden ist.

Im hier vorliegenden Experiment bedeutet ein optimales Ergebnis, dass Versuchspersonen in den Lernphasen der beiden ausgewerteten Strecken jeweils keine Fehler machten, also die minimale Anzahl an Durchläufen benötigen. Für diese Versuchspersonen ist das Experiment zu einfach, ein Vergleich dieser Versuchspersonen ist nicht möglich, da sie trotz unterschiedlicher Leistungsfähigkeit dasselbe Ergebnis erzielen.

Unter den 38 Versuchspersonen, welche den Versuch komplett absolvierten, waren 9 Personen, welche ein optimales Ergebnis erzielten, d.h. in beiden Lernphasen keine Fehler machten, was einem Anteil von 23% entspricht. Diese 9 Versuchspersonen wurden für die weiteren Ergebnisse nicht ausgewertet.

Da für jede der 29 verbliebenen Versuchspersonen nur zwei der absolvierten Strecken ausgewertet wurden und die Auswahl dieser Versuchspersonen nach den oben beschriebenen Kriterien erfolgte, ergibt sich für die Anzahl der Versuchspersonen pro Bedingung in den nachfolgenden Grafiken, die hier in Tabelle 3.1 zu sehende Verteilung.

Bedingung	Baseline	Icons	Words
Anzahl Versuchspersonen	19	20	19

Tabelle 3.1: Anzahl der Versuchspersonen pro Bedingung (Baseline, Icon, Word), das bedeutet, wieviele Versuchspersonen letztendlich für jede Bedingung ausgewertet werden konnten.

### 3.2.3 Zurückgelegte Wegstrecke

Die durchschnittlich zurückgelegte Wegstrecke wurde für die Assoziationsphase, Lernphase und Testphase getrennt betrachtet. Hierfür wurde für jede Versuchsperson die in der jeweiligen Phase gelaufene Wegstrecke aller Durchläufe aufsummiert und dann über alle Versuchspersonen gemittelt.

Dieser Mittelwert wurde für jede Bedingung errechnet, wodurch sich pro Phase drei Mittelwerte ergaben, einer für jede Versuchsbedingung, welche in den folgenden Abbildungen grafisch dargestellt sind.

- **Assoziationsphase:** Abbildung 3.10 zeigt die durchschnittlich zurückgelegte Weglänge in Metern in der Assoziationsphase für alle drei Bedingungen.

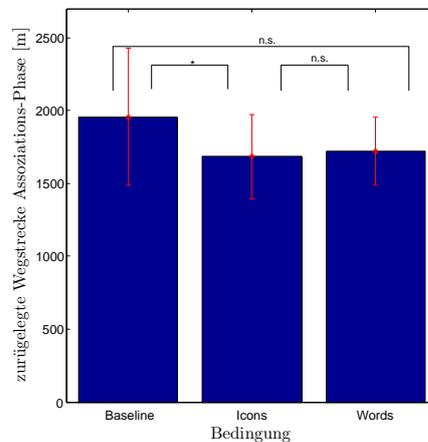


Abbildung 3.10: Durchschnittlich zurückgelegte Wegstrecke in Metern in der Assoziationsphase für alle drei Bedingungen. Angegeben sind die Mittelwerte für jede Versuchsbedingung, gemittelt über die Gesamtwegstrecke aller Versuchspersonen, die Standardabweichung (roter Fehlerbalken), sowie die Signifikanz des Unterschiedes zweier Bedingungen (\*\* $\hat{=}$   $p < 0,001$ , \*\*  $\hat{=}$   $p < 0,01$ , \*  $\hat{=}$   $p < 0,05$ , n.p  $\hat{=}$  nicht signifikant ( $p \geq 0,05$ )).

Wie diese Abbildung zeigt, liegt die durchschnittliche in der Assoziationsphase zurückgelegte Wegstrecke in der Baseline-Bedingung (1956,7m) über der zurückgelegten Wegstrecke in der Icon-Bedingung (1685,8m) und der Word-Bedingung (1722,2m). Hierbei unterscheiden sich Baseline- und Icon-Bedingung signifikant (Einfaktorielle ANOVA  $F(2, 57)=3,5$   $p < 0,05$ ). Der Unterschied zwischen Baseline- und Word-Bedingung (Einfaktorielle ANOVA  $F(2, 57)=3,5$   $p=0,591$ ), sowie zwischen Icon- und Word-Bedingung (Einfaktorielle ANOVA  $F(2, 57)=3,5$   $p=0,6686$ ) ist hingegen nicht signifikant.

- **Lernphase:** Abbildung 3.11 zeigt die durchschnittlich zurückgelegte Weglänge in Metern in der Lernphase für alle drei Bedingungen.

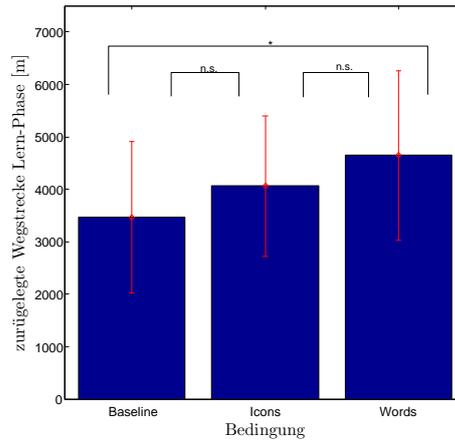


Abbildung 3.11: Durchschnittlich zurückgelegte Wegstrecke in Metern in der Lernphase für alle drei Bedingungen. Angegeben sind die Mittelwerte für jede Versuchsbedingung, gemittelt über die Gesamtwegstrecke aller Versuchspersonen, die Standardabweichung (roter Fehlerbalken), sowie die Signifikanz des Unterschiedes zweier Bedingungen (\*\*\*)  $\hat{=}$   $p < 0,001$ , \*\*  $\hat{=}$   $p < 0,01$ , \*  $\hat{=}$   $p < 0,05$ , n.p  $\hat{=}$  nicht signifikant ( $p \geq 0,05$ )).

In der Lernphase legten die Versuchspersonen in der Baseline-Bedingung mit einem Durchschnitt von 3462,5m die kürzeste Wegstrecke zurück. Im Vergleich dazu liefen sie in der Icon-Bedingung mit durchschnittlich 4060,9m deutlich längere Wege. In der Word-Bedingung schließlich legten die Versuchspersonen mit durchschnittlich 4648,5m die längsten Strecken zurück. Der Unterschied zwischen Baseline- und Word-Bedingung ist dabei signifikant (Einfaktorielle ANOVA  $F(2, 57)=3,1$   $p < 0,05$ ). Dagegen unterscheiden sich sowohl Baseline- und Icon-Bedingung (Einfaktorielle ANOVA  $F(2, 57)=3,1$   $p=0,1871$ ), als auch Icon- und Word-Bedingung (Einfaktorielle ANOVA  $F(2, 57)=3,1$   $p=0,2232$ ) nicht signifikant.

- **Testphase:** Abbildung 3.12 zeigt die durchschnittlich zurückgelegte Weglänge in Metern in der Testphase für alle drei Bedingungen.

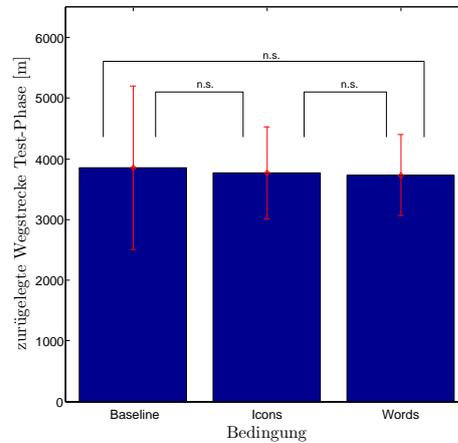


Abbildung 3.12: Durchschnittlich zurückgelegte Wegstrecke in Metern in der Testphase für alle drei Bedingungen. Angegeben sind die Mittelwerte für jede Versuchsbedingung, gemittelt über die Gesamtwegstrecke aller Versuchspersonen, die Standardabweichung (roter Fehlerbalken), sowie die Signifikanz des Unterschiedes zweier Bedingungen (\*\*\*)  $\hat{=}$   $p < 0,001$ , \*\*  $\hat{=}$   $p < 0,01$ , \*  $\hat{=}$   $p < 0,05$ , n.p  $\hat{=}$  nicht signifikant ( $p \geq 0,05$ )).

Wie in dieser Abbildung zu erkennen ist, liegt in der Testphase die durchschnittlich zurückgelegte Wegstrecke für alle drei Bedingungen in etwa gleichauf (Baseline: 3855,2m, Icons: 3763,8m, Words: 3729,6m) und unterscheidet sich nicht signifikant (Einfaktorielle ANOVA  $F(2, 57)=0,09$ ,  $p=0,9184$ ).

### 3.2.4 Benötigte Zeit

Die durchschnittlich benötigte Zeit wurde für die Assoziationsphase, Lernphase und Testphase getrennt betrachtet. Hierfür wurde für jede Versuchsperson, ebenso wie für die Weglänge, die in der jeweiligen Phase benötigte Zeit aller Durchläufe aufsummiert und dann über alle Versuchspersonen gemittelt.

Dieser Mittelwert wurde für jede Bedingung errechnet, wodurch sich pro Phase drei Mittelwerte ergaben, einer für jede Versuchsbedingung, welche in den folgenden Abbildungen grafisch dargestellt sind.

- **Assoziationsphase:** Abbildung 3.13 zeigt die durchschnittlich benötigte Zeit in Sekunden in der Assoziationsphase für alle drei Bedingungen.

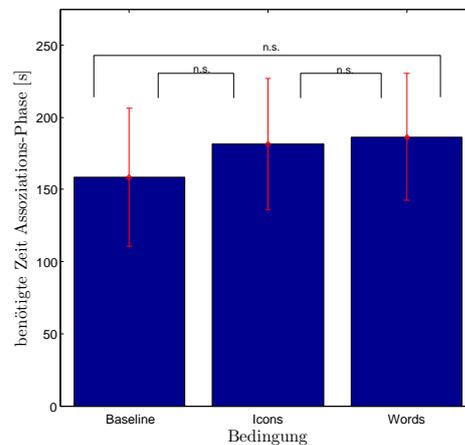


Abbildung 3.13: Durchschnittlich benötigte Zeit in Sekunden in der Assoziationsphase für alle drei Bedingungen. Angegeben sind die Mittelwerte für jede Versuchsbedingung, gemittelt über die Gesamtzeit aller Versuchspersonen, die Standardabweichung (roter Fehlerbalken), sowie die Signifikanz des Unterschiedes zweier Bedingungen (\*\*\*)  $\hat{=}$   $p < 0,001$ , \*\*  $\hat{=}$   $p < 0,01$ , \*  $\hat{=}$   $p < 0,05$ , n.p  $\hat{=}$  nicht signifikant ( $p \geq 0,05$ )).

Hieraus lässt sich erkennen, dass die durchschnittlich in der Assoziationsphase benötigte Zeit in der Baseline-Bedingung mit 158,5s am niedrigsten war. Für die beiden anderen Bedingungen hingegen benötigten die Versuchspersonen im Durchschnitt länger und zwar 181,4s in der Icon-Bedingung und 186,3s in der Word-Bedingung. Die Unterschiede zwischen den drei Bedingungen sind nicht signifikant (Einfaktorielle ANOVA  $F(2, 57)=2$ ,  $p=0,1447$ ).

- **Lernphase:** Abbildung 3.14 zeigt die durchschnittlich benötigte Zeit in Sekunden in der Lernphase für alle drei Bedingungen.

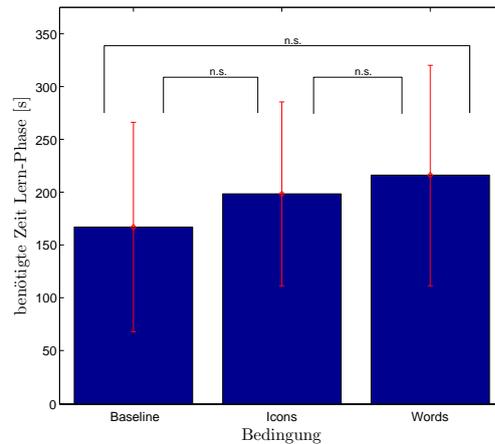


Abbildung 3.14: Durchschnittlich benötigte Zeit in Sekunden in der Lernphase für alle drei Bedingungen. Angegeben sind die Mittelwerte für jede Versuchsbedingung, gemittelt über die Gesamtzeit aller Versuchspersonen, die Standardabweichung (roter Fehlerbalken), sowie die Signifikanz des Unterschiedes zweier Bedingungen (\*\*\*)  $\hat{=}$   $p < 0,001$ , \*\*  $\hat{=}$   $p < 0,01$ , \*  $\hat{=}$   $p < 0,05$ , n.p  $\hat{=}$  nicht signifikant ( $p \geq 0,05$ )).

Auch in der Lernphase war die für die Baseline-Bedingung durchschnittlich benötigte Zeit kürzer (167s), verglichen mit der Icon-Bedingung (198,1s) und der Word-Bedingung (215,7s). Die Unterschiede zwischen den drei Bedingungen sind jedoch nicht signifikant (Einfaktorielle ANOVA  $F(2, 57)=1,24$   $p=0,2983$ ).

- **Testphase:** Abbildung 3.15 zeigt die durchschnittlich benötigte Zeit in Sekunden in der Testphase für alle drei Bedingungen.

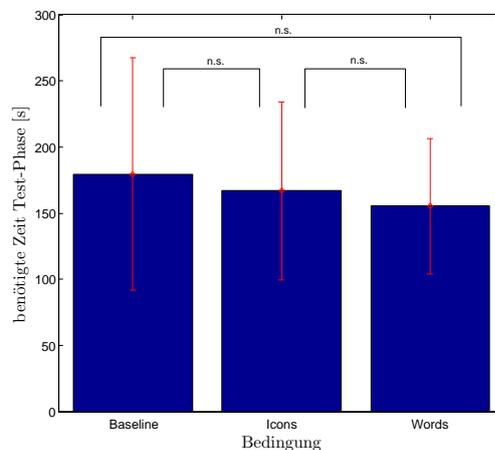


Abbildung 3.15: Durchschnittlich benötigte Zeit in Sekunden in der Testphase für alle drei Bedingungen. Angegeben sind die Mittelwerte für jede Versuchsbedingung, gemittelt über die Gesamtzeit aller Versuchspersonen, die Standardabweichung (roter Fehlerbalken), sowie die Signifikanz des Unterschiedes zweier Bedingungen (\*\*\*)  $\hat{=}$   $p < 0,001$ , \*\*  $\hat{=}$   $p < 0,01$ , \*  $\hat{=}$   $p < 0,05$ , n.p  $\hat{=}$  nicht signifikant ( $p \geq 0,05$ )).

Wie diese Abbildung zeigt, liegt die in der Testphase durchschnittlich benötigte Zeit mit 179,5s in der Baseline-Bedingung höher im Vergleich zu 166,8s in der Icon-Bedingung. Die kürzeste Zeit benötigten die Versuchspersonen im Durchschnitt für die Word-

Bedingung mit 155,3s. Die Unterschiede zwischen den drei Bedingungen sind jedoch nicht signifikant (Einfaktorielle ANOVA  $F(2, 57)=0,57$   $p=0,5694$ ).

### 3.2.5 Benötigte Anzahl Versuche

Wie bereits zu Beginn von Kapitel 3.2 erwähnt wurde, sind die Anzahl der Durchläufe in der Assoziationsphase (ein Durchlauf) und in der Testphase (fünf Durchläufe) fest vorgegeben, so dass nur die Anzahl der Versuche, die die Versuchspersonen benötigten, um die Lernphase zu absolvieren, hier zur Auswertung herangezogen werden soll.

Hierfür wurde für jede Versuchsperson die in der Lernphase benötigte Anzahl an Durchläufen aufsummiert und dann für jede Versuchsbedingung (Baseline, Icons, Words) über alle Versuchspersonen innerhalb dieser Bedingung gemittelt.

Dadurch ergaben sich drei Mittelwerte, einer für jede Versuchsbedingung, die in der folgenden Abbildung grafisch dargestellt sind.

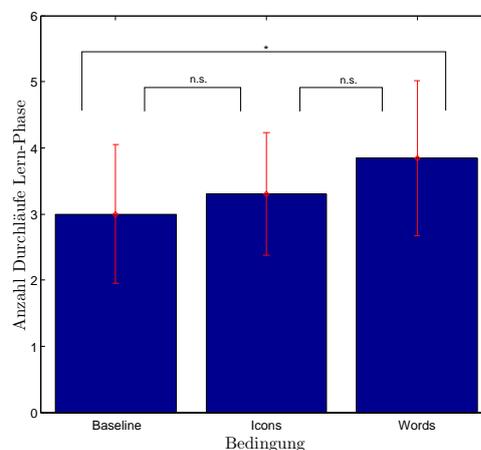


Abbildung 3.16: Durchschnittlich benötigte Anzahl Versuche in der Lernphase für alle drei Bedingungen. Angegeben sind die Mittelwerte für jede Versuchsbedingung, gemittelt über die Gesamtanzahl Versuche aller Versuchspersonen, die Standardabweichung (roter Fehlerbalken), sowie die Signifikanz des Unterschiedes zweier Bedingungen (\*\*\*)  $\hat{=}$   $p < 0,001$ , \*\*  $\hat{=}$   $p < 0,01$ , \*  $\hat{=}$   $p < 0,05$ , n.p  $\hat{=}$  nicht signifikant ( $p \geq 0,05$ )).

Diese Abbildung zeigt, dass die Versuchspersonen in der Lernphase der Baseline-Bedingung im Durchschnitt 3 Durchläufe benötigten. In der Icon-Bedingung lag dieser Wert höher und zwar bei 3,3 Durchläufen. Die meisten Durchläufe benötigten die Versuchspersonen in der Word-Bedingung mit durchschnittlich 3,84 Durchläufen. Der Unterschied zwischen der Baseline- und der Word-Bedingung ist signifikant (Einfaktorielle ANOVA  $F(2, 57)=3,14$   $p < 0,05$ ). Baseline- und Icon-Bedingung (Einfaktorielle ANOVA  $F(2, 57)=3,14$   $p=0,3499$ ), sowie Icon- und Word-Bedingung (Einfaktorielle ANOVA  $F(2, 57)=3,14$   $p=0,1153$ ) unterscheiden sich hingegen nicht signifikant.

### 3.2.6 Anzahl Fehler

Auch die durchschnittliche Anzahl Fehler, also die Anzahl falscher Abbiegungen einer Versuchsperson, wurde für die Assoziationsphase, Lernphase und Testphase getrennt betrachtet.

Hierfür wurden pro Versuchsperson in jedem Durchlauf die falschen Abbiegungen gezählt und über alle Durchläufe innerhalb einer Phase aufsummiert. Dieser Wert wurde für jede Versuchsbedingung (Baseline, Icons, Words) über alle Versuchspersonen innerhalb dieser Bedingung gemittelt.

Dadurch ergaben sich pro Phase drei Mittelwerte, einer für jede Versuchsbedingung, die in den folgenden Abbildungen grafisch dargestellt sind.

- **Assoziationsphase:** Abbildung 3.17 zeigt die durchschnittliche Anzahl an Fehlern in der Assoziationsphase für alle drei Bedingungen.

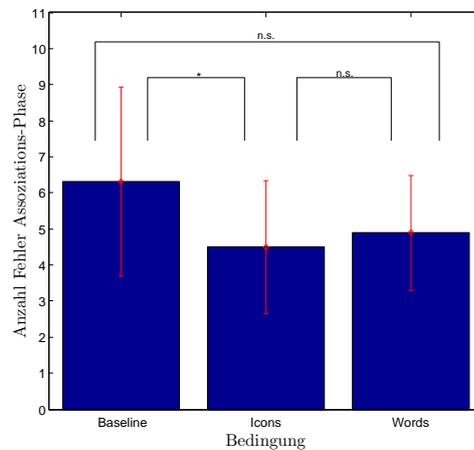


Abbildung 3.17: Durchschnittliche Anzahl Fehler in der Assoziationsphase für alle drei Bedingungen. Angegeben sind die Mittelwerte für jede Versuchsbedingung, gemittelt über Gesamtanzahl Fehler aller Versuchspersonen, die Standardabweichung (roter Fehlerbalken), sowie die Signifikanz des Unterschiedes zweier Bedingungen (\*\*\*)  $\hat{=}$   $p < 0,001$ , \*\*  $\hat{=}$   $p < 0,01$ , \*  $\hat{=}$   $p < 0,05$ , n.p.  $\hat{=}$  nicht signifikant ( $p \geq 0,05$ )).

Wie man aus dieser Abbildung erkennen kann, lag in der Assoziationsphase die durchschnittliche Anzahl Fehler in der Baseline-Bedingung höher (6,3 Fehler) im Vergleich zur Icon-Bedingung (4,5 Fehler) und der Word-Bedingung (4,9 Fehler). Hier ist der Unterschied zwischen Baseline- und Icon-Bedingung signifikant (Einfaktorielle ANOVA  $F(2, 57) = 4,12$   $p < 0,05$ ). Die Unterschiede zwischen Baseline- und Word-Bedingung und zwischen Icon- und Word-Bedingung sind jedoch nicht signifikant.

- **Lernphase:** Abbildung 3.18 zeigt die durchschnittliche Anzahl an Fehlern in der Lernphase für alle drei Bedingungen.

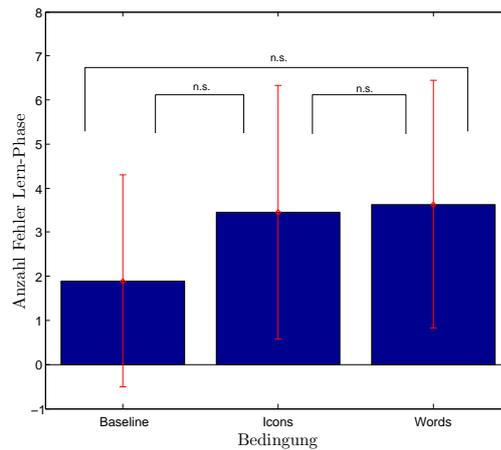


Abbildung 3.18: Durchschnittliche Anzahl Fehler in der Lernphase für alle drei Bedingungen. Angegeben sind die Mittelwerte für jede Versuchsbedingung, gemittelt über Gesamtanzahl Fehler aller Versuchspersonen, die Standardabweichung (roter Fehlerbalken), sowie die Signifikanz des Unterschiedes zweier Bedingungen (\*\* $\hat{=}$   $p < 0,001$ , \*\*  $\hat{=}$   $p < 0,01$ , \*  $\hat{=}$   $p < 0,05$ , n.p  $\hat{=}$  nicht signifikant ( $p \geq 0,05$ )).

In der Lernphase machten die Versuchspersonen in der Baseline-Bedingung im Durchschnitt 1,9 Fehler. Dahingegen lag die Anzahl der Fehler in den beiden anderen Bedingungen höher, wobei die durchschnittliche Anzahl der Fehler für die Icon-Bedingung (3,45 Fehler) und für die Word-Bedingung (3,6 Fehler) in etwa gleichauf lagen. Die Unterschiede zwischen den drei Bedingungen sind jedoch nicht signifikant (Einfaktorielle ANOVA  $F(2, 57) = 2,38$   $p = 0,1024$ ).

- **Testphase:** Abbildung 3.19 zeigt die durchschnittliche Anzahl an Fehlern in der Testphase für alle drei Bedingungen.

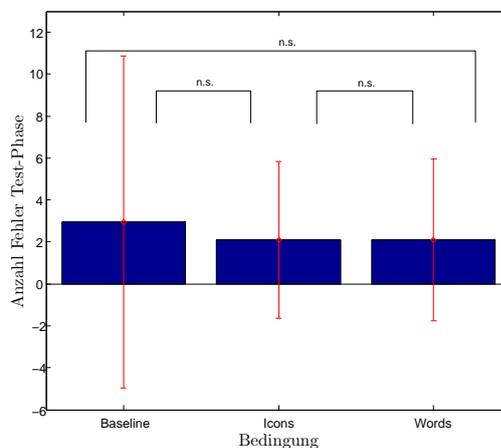


Abbildung 3.19: Durchschnittliche Anzahl Fehler in der Testphase für alle drei Bedingungen. Angegeben sind die Mittelwerte für jede Versuchsbedingung, gemittelt über die Gesamtanzahl Fehler aller Versuchspersonen, die Standardabweichung (roter Fehlerbalken), sowie die Signifikanz des Unterschiedes zweier Bedingungen (\*\* $\hat{=}$   $p < 0,001$ , \*\*  $\hat{=}$   $p < 0,01$ , \*  $\hat{=}$   $p < 0,05$ , n.p  $\hat{=}$  nicht signifikant ( $p \geq 0,05$ )).

Hier kann man erkennen, dass die Versuchspersonen in der Testphase der Baseline-Bedingung mit durchschnittlich 2,9 Fehlern die meisten Fehler machten. Dahingegen war die durchschnittliche Anzahl der in Fehler in der Icon-Bedingung (2,1 Fehler) und

der Word-Bedingung (2,1 Fehler) identisch. Die drei Bedingungen unterscheiden sich nicht signifikant (Einfaktorielle ANOVA  $F(2, 57)=0,15$   $p=0,8605$ ).

### 3.2.7 Verweildauer

Die durchschnittliche Verweildauer der Versuchspersonen wurde für die Assoziationsphase, Lernphase und Testphase getrennt betrachtet. Hierfür wurde pro Versuchsperson für jeden Durchlauf einer Phase die Zeiten gemessen, die sich die Versuchsperson auf jedem Platz aufhielt. Diese Zeiten wurden dann pro Durchlauf aufsummiert, und über die Anzahl aller besuchten Plätze gemittelt, so dass sich für jeden Durchlauf eine durchschnittliche Verweildauer ergab. Diese wurden dann pro Versuchsperson über alle Durchläufe einer Phase und anschließend pro Phase über alle Versuchspersonen gemittelt. Diese mittlere Verweildauer einer Phase wurde für jede Bedingung errechnet, so dass jeder Phase drei Mittelwerte zugeordnet wurden.

Diese drei Mittelwerte für jede Phase sind in den folgenden Abbildungen grafisch dargestellt.

- **Assoziationsphase:** Abbildung 3.20 zeigt die durchschnittliche Verweildauer in Sekunden in der Assoziationsphase für alle drei Bedingungen.

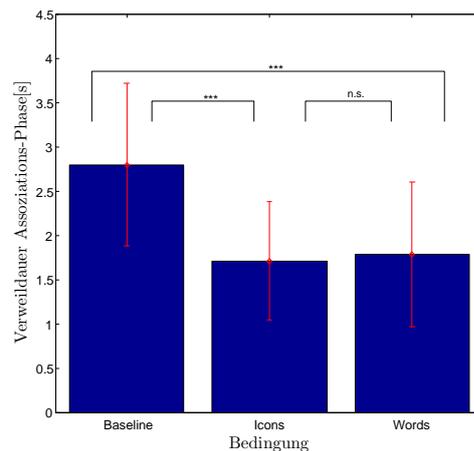


Abbildung 3.20: Durchschnittliche Verweildauer in der Assoziationsphase in Sekunden für alle drei Bedingungen. Angegeben sind die Mittelwerte für jede Versuchsbedingung, gemittelt über die durchschnittliche Verweildauer aller Versuchspersonen, die Standardabweichung (roter Fehlerbalken), sowie die Signifikanz des Unterschiedes zweier Bedingungen (\*\*\*)  $\hat{=}$   $p < 0,001$ , \*\*  $\hat{=}$   $p < 0,01$ , \*  $\hat{=}$   $p < 0,05$ , n.p  $\hat{=}$  nicht signifikant ( $p \geq 0,05$ )).

Wie diese Abbildung zeigt, liegt die durchschnittliche Verweildauer in der Assoziationsphase in der Baseline-Bedingung (2,8s) über der Verweildauer in der Icon-Bedingung (1,7s) und der Word-Bedingung (1,79s). Hierbei sind die Unterschiede zwischen Baseline- und Icon-Bedingung (Einfaktorielle ANOVA  $F(2, 57)=10,93$   $p < 0,001$ ), sowie zwischen Baseline- und Word-Bedingung (Einfaktorielle ANOVA  $F(2, 57)=16,2$   $p < 0,001$ ) signifikant. Icon- und Word-Bedingung unterscheiden sich hingegen nicht signifikant (Einfaktorielle ANOVA  $F(2, 57)=16,2$   $p=0,7522$ ).

- **Lernphase:** Abbildung 3.21 zeigt die durchschnittliche Verweildauer in Sekunden in der Lernphase für alle drei Bedingungen.

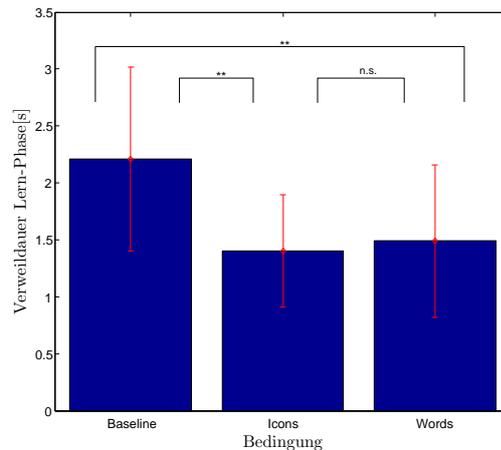


Abbildung 3.21: Durchschnittliche Verweildauer in der Lernphase in Sekunden für alle drei Bedingungen. Angegeben sind die Mittelwerte für jede Versuchsbedingung, gemittelt über die durchschnittliche Verweildauer aller Versuchspersonen, die Standardabweichung (roter Fehlerbalken), sowie die Signifikanz des Unterschiedes zweier Bedingungen (\*\* $\hat{=}$   $p < 0,001$ , \*\*  $\hat{=}$   $p < 0,01$ , \*  $\hat{=}$   $p < 0,05$ , n.p  $\hat{=}$  nicht signifikant ( $p \geq 0,05$ )).

In der Lernphase hielten sich die Versuchspersonen in der Baseline-Bedingung mit einem Durchschnitt von 2,2s am längsten auf den Plätzen auf. Im Vergleich dazu lag die Verweildauer in der Icon-Bedingung mit durchschnittlich 1,4s und in der Word-Bedingung mit durchschnittlich 1,49s in etwa gleichauf. Baseline- und Icon-Bedingung (Einfaktorielle ANOVA  $F(2, 57)=8,48$   $p < 0,01$ ) sowie Baseline- und Word-Bedingung (Einfaktorielle ANOVA  $F(2, 57)=8,48$   $p < 0,01$ ) unterscheiden sich dabei signifikant. Der Unterschied zwischen Icon- und Word-Bedingung ist nicht signifikant (Einfaktorielle ANOVA  $F(2, 57)=8,48$   $p=0,6339$ ).

- **Testphase:** Abbildung 3.22 zeigt die durchschnittliche Verweildauer in Sekunden in der Testphase für alle drei Bedingungen.

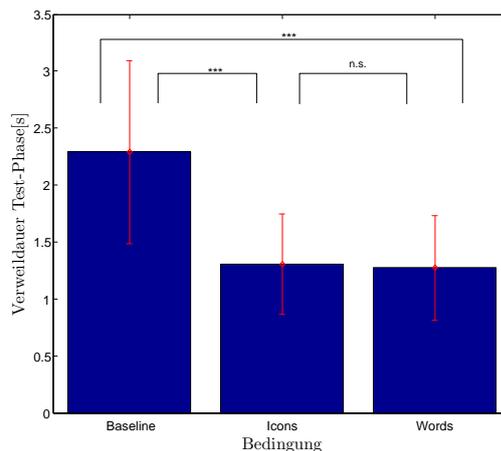


Abbildung 3.22: Durchschnittliche Verweildauer in der Testphase in Sekunden für alle drei Bedingungen. Angegeben sind die Mittelwerte für jede Versuchsbedingung, gemittelt über die durchschnittliche Verweildauer aller Versuchspersonen, die Standardabweichung (roter Fehlerbalken), sowie die Signifikanz des Unterschiedes zweier Bedingungen (\*\* $\hat{=}$   $p < 0,001$ , \*\*  $\hat{=}$   $p < 0,01$ , \*  $\hat{=}$   $p < 0,05$ , n.p  $\hat{=}$  nicht signifikant ( $p \geq 0,05$ )).

Wie in dieser Abbildung zu erkennen ist, liegt in der Testphase die durchschnittliche Verweildauer in der Baseline-Bedingung bei 2,29s. Dahingegen war die durchschnittliche Verweildauer in den beiden anderen Bedingungen deutlich kürzer (Icon 1,3s, Word 1,27s). Auch hier unterscheiden sich Baseline- und Icon-Bedingung (Einfaktorielle ANOVA  $F(2, 57)=18,34$   $p<0,001$ ), sowie Baseline- und Word-Bedingung (Einfaktorielle ANOVA  $F(2, 57)=18,34$   $p<0,001$ ) signifikant, wohingegen der Unterschied zwischen Icon- und Word-Bedingung nicht signifikant ist (Einfaktorielle ANOVA  $F(2, 57)=18,34$   $p=0,807$ ).

### 3.2.8 Auswertung Fragebögen

Wie in 2.1.2 erwähnt, bekamen alle Versuchspersonen im Anschluss an die letzte Strecke einen kurzen Fragebogen (A.2), den sie ausfüllen sollten.

In diesem Abschnitt sollen die Ergebnisse der beiden folgenden Fragen betrachtet werden:

- “Fandest du die Zuteilung der Wörter zu den Plätzen hilfreich?”
- “Fandest du die Zuteilung der Symbole(Icons) zu den Plätzen hilfreich?”

Die Versuchspersonen hatten dabei die Möglichkeit, ihren subjektiven Eindruck auf einer Skala von 1-7 anzugeben, wobei 7 bedeutete, dass die Worte bzw. Icons als sehr hilfreich empfunden wurden und 1 bedeutete, dass diese praktisch keine Hilfe darstellten.

Abbildung 3.23 zeigt die absolute Häufigkeitsverteilung dieser Bewertungen. Hierfür wurden die einzelnen Bewertungen jeder Versuchsperson in eine Tabelle eingetragen und anschließend ausgezählt, wie häufig welche Bewertung vergeben wurde. Die vollständige Tabelle mit allen Bewertungen für alle Fragen ist in Anhang A (Tabelle A.3) zu sehen.

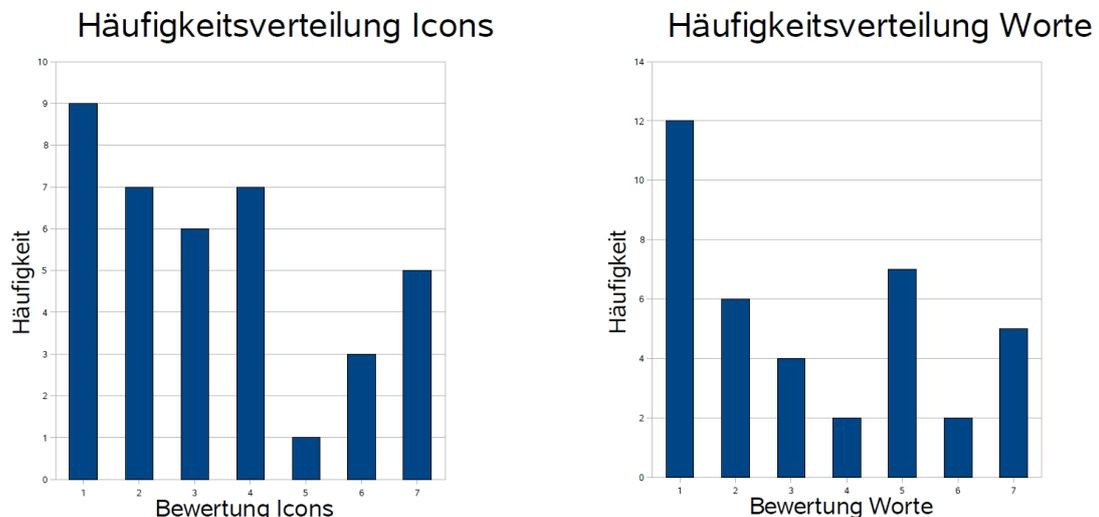


Abbildung 3.23: Absolute Häufigkeiten der Bewertungen der Icons (linkes Histogramm) und Worte (rechtes Histogramm) von sehr wenig hilfreich (1) bis sehr hilfreich (7).

Wie in dieser Abbildung im linken Histogramm zu erkennen ist, bewerteten neun Versuchspersonen die Icons mit 1, sieben Versuchspersonen vergaben eine 2 und sechs Versuchspersonen eine 3. Das bedeutet, dass insgesamt 22 der 38 ausgewerteten Versuchspersonen die Icons als wenig bis sehr wenig hilfreich empfanden. Dahingegen bewertete nur eine Versuchsperson mit 5, drei mit 6 und fünf vergaben ein 7. Damit empfanden 9 der 38 Versuchspersonen die

Icons als hilfreich bis sehr hilfreich. Der Durchschnitt der Bewertungen für die Icons lag bei 3,32.

Im rechten Histogramm zeigt sich, dass zwölf Versuchspersonen die Worte mit einer 1 bewerteten, sechs Versuchspersonen mit 2 und vier Versuchspersonen mit 3. Die Worte wurden somit von insgesamt 22 der 38 Versuchspersonen als wenig bis sehr wenig hilfreich empfunden. Sieben Versuchspersonen bewerteten die Worte mit einer 5, zwei Versuchspersonen vergaben eine 6 und fünf vergaben eine 7. Damit wurden die Worte von insgesamt 14 der 38 Versuchspersonen als hilfreich bis sehr hilfreich empfunden. Der Durchschnitt der Bewertungen für die Worte lag bei 3,34.

Die folgende Tabelle zeigt für die verschiedenen Bewertungsstufen den jeweiligen Anteil der Versuchspersonen in Prozent.

<b>Bewertung</b>	<b>Icons</b>	<b>Worte</b>
<b>1</b>	23,7%	31,6%
<b>2</b>	18,4%	15,8%
<b>3</b>	15,8%	10,5%
<b>4</b>	18,4%	5,3%
<b>5</b>	2,6%	18,4%
<b>6</b>	8%	5,3%
<b>7</b>	13,1%	13,1%

Tabelle 3.2: Relativer Anteil der Bewertungen der Icons und Worte von sehr wenig hilfreich (1) bis sehr hilfreich(7) als prozentualer Anteil aller Versuchspersonen.

Hieraus lässt sich erkennen, dass ein großer Anteil der Versuchspersonen sowohl die Icons als auch die Worte als wenig bis sehr wenig hilfreich empfanden. Knapp ein Drittel aller Versuchspersonen bewertete die Worte mit 1, also als sehr wenig hilfreich.

Neben den Fragen, die mit 1-7 bewertet wurden und welche unter A.3 aufgelistet sind, wurden die Versuchspersonen auch gefragt, ob sie eine bestimmte Strategie beim Lösen der Navigationsaufgabe hatten. Wenn sie ein Strategie hatten, so sollten sie diese in kurzen Sätzen erläutern. Viele Versuchspersonen verwendeten recht ähnliche Strategien, von denen die häufigsten hier kurz beschrieben werden sollen:

- Eine Strategie, die von vielen Versuchspersonen angewendet wurde beruhte darauf, dass sie das erste mal, wenn sie einen neuen Platz sahen, in die Richtung der Landmarke abbogen welche ihnen “am besten gefiel”. War die Entscheidung richtig, so merkten sie sich, dass sie in Richtung des Bildes abbiegen mussten, welches ihnen “sympathischer” erschien. War die Entscheidung falsch, so merkten sie sich, dass sie in Richtung des Bildes abbiegen mussten, das ihnen “nicht so gut gefiel”.
- Einige Versuchspersonen gaben an, den Landmarken und Plätzen eigene Begriffe zugeordnet zu haben, unabhängig von den angebotenen Namen und Symbolen und unabhängig von der Bedingung.
- Viele Versuchspersonen verwendeten eine Strategie, die darauf aufbaute, dass sie die Bilder mit persönlichen Emotionen, Ereignissen, kleinen Geschichten oder ähnlichem assoziierten. Zwei Versuchspersonen gaben beispielsweise an, die Plätze je nach Richtung in die sie abbiegen mussten mit politischen Orientierungen zu assoziieren. Eine

Versuchsperson sprach während des gesamten Versuches und erzählte sich eine Geschichte, in die die Plätze und Landmarken eingebunden waren.

- Einige Versuchspersonen bildeten sich für jeden Platz eigene Begriffe, die entweder ein "R" für "rechts" oder ein "L" für "links" enthielten.
- Wiederum einige Versuchspersonen gaben einfach an, sich das Bild gemerkt zu haben, in dessen Richtung sie abbiegen mussten, oder die beiden Bilder, zwischen denen sie hindurchlaufen mussten.



# Kapitel 4

## Diskussion

### 4.1 Diskussion Pilotexperiment

#### 4.1.1 Assoziationsphase

Die Ergebnisse des Pilotexperimentes zeigten zunächst, dass in der Assoziationsphase für alle drei Bedingungen die Leistungen der Versuchspersonen in etwa gleichauf lagen. Dies gilt sowohl für die durchschnittlich gelaufene Wegstrecke (Abbildung 3.1), als auch für die durchschnittlich benötigte Zeit (Abbildung 3.2). Dies war auch zu erwarten, da sich die drei Bedingungen in der Assoziationsphase im Bezug auf die Navigationsaufgabe nicht wesentlich unterschieden. In allen drei Fällen wurde auf einem neuen Platz, den eine Versuchsperson zum ersten mal betrat, zunächst weder ein Name noch ein Icon angezeigt, die Versuchsperson wählte diesen erst nach Verlassen des Platzes in die richtige Richtung aus und bewegte sich dann weiter zum nächsten Platz. Im Falle einer falschen Entscheidung lief sie einfach in eine Sackgasse. Die Versuchspersonen hatten somit keinen Vorteil durch die Auswahl eines Namens oder eines Icons für die Navigation in dieser Phase.

#### 4.1.2 Lernphase

In der Lernphase des Pilotexperimentes zeigten die Versuchspersonen sowohl bei der gelaufenen Wegstrecke (Abbildung 3.1), als auch bei der benötigten Zeit (Abbildung 3.2) eine bessere Leistung in der Word-Bedingung im Vergleich zur Baseline- und zur Icon-Bedingung. Dieser Unterschied war in beiden Fällen deutlich erkennbar, jedoch nicht signifikant.

Auch die Anzahl der benötigten Durchläufe in der Lernphase war in der Word-Bedingung am niedrigsten, jedoch war auch hier der Unterschied zur Baseline-Bedingung und zur Icon-Bedingung ebenfalls nicht signifikant.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse des Pilotexperimentes zwar keinen signifikanten Effekt, allerdings zeigt sich, alle drei beobachteten Parameter zusammen genommen, ein deutlicher Trend. Die bessere Leistung in der Word-Bedingung lässt den Schluss zu, dass die Platznamen eine Hilfe beim Lösen der Navigationsaufgabe und beim Lernen der Strecke darstellten. Die Tatsache, dass die Leistung in der Icon-Bedingung in etwa gleich auf mit der Leistung in der Baseline-Bedingung lag zeigt, dass es sich hier um einen sprachlichen Effekt handelt und nicht eine einfache "Beschilderung" der Plätze ausreicht, die Leistung zu verbessern.

Dass der Effekt allerdings nicht signifikant war, kann unter anderem daran liegen, dass die Anzahl der Versuchspersonen, welche ausgewertet wurden, relativ gering war. Insgesamt nahmen an dem Pilotexperiment 20 Versuchspersonen teil, jedoch gab es auch hier einen wie unter 3.2.2 beschriebenen Deckeneffekt. Aufgrund dessen fielen 5 Versuchspersonen raus,

für die der Versuch zu einfach war. Die verblieben 15 Versuchspersonen reichen nicht aus, einen signifikanten Effekt zu zeigen. Der deutlich erkennbare Trend lässt jedoch den Schluss zu, dass eine Versuchsdurchführung mit einer erhöhten Anzahl an Versuchspersonen einen signifikanten Effekt zeigt.

### 4.1.3 Testphase

In der Testphase zeigten sich keine wesentlichen Unterschiede in der Leistung der Versuchspersonen zwischen den drei Bedingungen. Dies galt sowohl für die gelaufene Strecke (3.1.1), als auch für die benötigte Zeit (3.1.2). Zwar lag in beiden Fällen der Wert in der Baseline-Bedingung höher im Vergleich zu den anderen Bedingungen, dieser Unterschied war jedoch gering.

Diese gleichbleibende Leistung über alle drei Bedingungen lässt sich durch folgende Überlegung erklären. Zum einen scheint die Navigationsaufgabe mit nur 6 Plätzen pro Strecke relativ leicht zu lösen zu sein, was sich auch durch den stark ausgeprägten Deckeneffekt (5 von 20 Versuchspersonen) zeigt, zum anderen mussten die die Versuchspersonen die Strecke in der Lernphase drei mal in Folge fehlerfrei absolvieren, um in die nächste Phase zu kommen. Durch dieses Abbruchkriterium lernten die Versuchspersonen die Strecke in allen drei Bedingungen so gut, dass der Effekt, der sich in der Lernphase gezeigt hatte, ausgeglichen wurde.

## 4.2 Diskussion Diplomarbeit

### 4.2.1 Assoziationsphase

Die Ergebnisse dieser Diplomarbeit zeigen in der Assoziationsphase eine längere zurückgelegte Wegstrecke (Abbildung 3.10) in der Baseline-Bedingung, im Vergleich zu den beiden anderen Bedingungen. Im Vergleich der Baseline- mit der Icon-Bedingung ist dieser Unterschied signifikant.

Das bedeutet zunächst, dass die Versuchspersonen in der Baseline-Bedingung öfter falsch abgebogen und in Sackgassen gelaufen sind, als in den anderen Bedingungen. Da hier jedoch gleiches gilt, wie für die Assoziationsphase im Pilotexperiment (4.2.1) bereits erläutert wurde, nämlich dass die Namen bzw. die Icons erst noch vergeben werden mussten und somit die Navigation nicht unterstützen konnten, ist daher nicht direkt ersichtlich, woraus diese längeren Wegstrecken resultieren. Der Grund liegt sehr wahrscheinlich in folgender Situation: einige Versuchspersonen liefen, nachdem sie falsch abgebogen waren, nicht nach dem Zurücklaufen zum Platz in die richtige Richtung weiter, sondern bogen ein zweites Mal falsch ab. Diese Versuchspersonen liefen somit quasi zurück in Richtung des Startplatzes. In diesem Fall kommt nun der Unterschied zwischen den Versuchsbedingungen zum tragen. Während Versuchspersonen sowohl in der Word- als auch in der Icon-Bedingung, beim Zurücklaufen in Richtung des Startplatzes auf Plätze stießen, denen sie bereits einen Namen bzw. ein Icon zugewiesen hatten und diese auch bereits eingeblendet wurden, war dies in der Baseline-Bedingung nicht der Fall. Somit fiel es Versuchspersonen in der Baseline-Bedingung schwerer, diese falsche Richtung zu erkennen, wodurch sie im Vergleich zu den anderen Bedingungen längere Wegstrecken zurücklegten, bevor sie ihren Irrtum bemerkten.

Die durchschnittlich benötigte Zeit (Abbildung 3.13) liegt in der Baseline-Bedingung niedriger, im Vergleich zu den anderen beiden Bedingungen, jedoch nicht signifikant.

Dieser Unterschied war auch zu erwarten, da in der Baseline-Bedingung, im Gegensatz zu den anderen Bedingungen, keine Namen oder Icons ausgewählt wurden. Zwar bekamen die Versuchspersonen auch hier eine Einblendung gezeigt und mussten die Leertaste drücken, um sich weiterbewegen zu können, allerdings war für die Auswahl der Namen und Icons ein längeres Nachdenken und eventuell ein wiederholtes Betrachten des Platzes notwendig. Dies erklärt die kürzeren Zeiten in der Baseline-Bedingung.

Für die durchschnittliche Anzahl der Fehler in der Assoziationsphase lässt sich ähnliches sagen, wie für die zurückgelegte Wegstrecke. Auch hier liegt, wie in Abbildung 3.17 zu sehen ist, die Fehleranzahl in der Baseline-Bedingung höher als in den beiden anderen Bedingungen, wobei der Unterschied zwischen der Baseline- und der Icon-Bedingung signifikant ist. Die Anzahl der Fehler korreliert natürlich mit der zurückgelegten Wegstrecke, da jede falsche Abbiegung eine Verlängerung des gelaufenen Weges bewirkt. Die Erklärung hierfür ist die gleiche, wie im Falle der Wegstrecken. Auch hier fiel es in der Baseline-Bedingung schwerer, ein Zurücklaufen zum Startplatz zu erkennen, was zu einer höheren Anzahl Fehlern führte. Die durchschnittliche Verweildauer auf den Plätzen in der Assoziationsphase war in der Baseline-Bedingung länger, als in den beiden anderen Bedingungen, wie in Abbildung 3.20 zu sehen ist. Dabei ist der Unterschied zwischen Baseline- und Icon-Bedingung, sowie zwischen Baseline- und Word-Bedingung signifikant.

Dieser Unterschied überrascht, da sich die drei Bedingungen in der Assoziationsphase zunächst nicht unterschieden. Erst nach Verlassen eines Platzes vergaben die Versuchspersonen die Namen bzw. Icons und erst ab dann unterschieden sich die Versuchsbedingungen. Erst wenn über den Plätzen ein Name bzw. ein Icon eingeblendet wurde, war eine unterschiedliche Verweildauer auf den Plätzen zu erwarten. Dennoch hielten sich Versuchspersonen in der Baseline-Bedingung länger auf den Plätzen auf, selbst wenn sie einen Platz zum ersten mal betraten.

Ein Versuch diesen Effekt zu erklären könnte in Betracht ziehen, dass die Versuchspersonen wussten, dass sie sich in der Baseline-Bedingung befanden, ob bewusst oder vielleicht auch unterbewusst. Davon ausgehend könnte man annehmen, dass die Versuchspersonen wussten, dass ihnen zum Lernen der Route und zum Lösen der Navigationsaufgabe weder die Namen, noch die Icons zur Verfügung standen. Dies könnte dazu führen, dass sich die Versuchspersonen in der Baseline-Bedingung die Plätze "aufmerksamer" und somit länger anschauten, um die Route zu lernen. Möglich ist auch, dass sich die Versuchspersonen hierbei selbst eigene Namen für die Plätze überlegten, wissend, dass es in dieser Bedingung keine Liste mit Vorschlägen gab.

Wenn dies zutreffend wäre, so wäre zu erwarten, dass die Versuchspersonen sich in der Baseline-Bedingung auf dem ersten besuchten Platz kürzer aufhielten, als durchschnittlich auf den restlichen Plätzen. Dies war jedoch nicht der Fall. Auch wäre zu erwarten, dass Versuchspersonen in den anderen Bedingungen, ohne vorher die Baseline-Bedingung gesehen zu haben sich länger auf dem ersten Platz aufhielten, im Vergleich zur durchschnittlichen Zeit auf den restlichen Plätzen. Wenn man nun über alle in Frage kommenden Versuchspersonen mittelt, so kann man durchaus eine leicht höhere Verweildauer auf dem ersten Platz erkennen. Allerdings zeigt ein Blick in die Rohdaten dieser Versuchspersonen zum einen, dass die Verweildauer völlig ungleichmäßig über alle Plätze verteilt ist, es also immer wieder Ausreißer nach oben oder unten gibt, zum anderen ist der Unterschied zwischen der Verweildauer

auf dem ersten Platz und dem Mittelwert der restlichen Plätze zu gering.

Es muss also eine andere Erklärung für diesen Effekt geben. Wie bereits erwähnt waren die drei Bedingungen in der Assoziationsphase zunächst identisch, alle Plätze besaßen zu Beginn weder einen Namen noch ein Icon. Der einzige Unterschied lag im Aufbau der Strecken und in der Umgebung.

Der Streckenverlauf war von Bedingung zu Bedingung verschieden, wie in Abbildung 2.3 zu sehen ist. Dabei unterschieden sich die Strecken jedoch lediglich in der Sequenz der rechts-links Abbiegungen, die vom Start zum Ziel führten, wobei alle Strecken in etwa ähnlich verliefen. Eine längere Verweildauer auf den Plätzen, als Resultat unterschiedlicher Strecken erscheint sehr unwahrscheinlich, zumal nicht ersichtlich ist, warum dies gerade die Strecke der Baseline-Bedingung betreffen sollte.

Ein weiterer Unterschied zwischen der Baseline-Bedingung und den anderen Bedingungen, lag darin, dass wie weiter oben erwähnt, 5 der 10 Plätze dieser Strecke exklusiv in der Baseline-Bedingung vorkamen und durch 5 zufällige Plätze ergänzt wurden. Des Weiteren unterschieden sich die drei Bedingungen in der Umgebung. Während in der Icon-Bedingung eine grüne Wiese als Bodentextur zusammen mit grünen Bäumen und Büschen die Umgebung bildeten und in der Word-Bedingung eine Wüste mit rötlich-gelben Sandboden und Kakteen als Landschaft zu sehen war, bestand die Baseline-Bedingung aus einer Winterlandschaft. Diese besaß eine weiße, teilweise leicht bläuliche Bodentextur, sowie mit Schnee bedeckte Pflanzen mit einem grün-bläulichem Farbton. Wenn man sich nun die in der Baseline-Bedingung exklusiv vorkommenden Plätze betrachtet, in Tabelle A.1 sind dies die letzten 5 Plätze, welche kein Icon und keinen Namen haben, so stellt man fest, dass diese zum großen Teil einen weißen Hintergrund bzw. einen ins leicht grau-blaue gehenden Farbton besitzen. Dies trifft für die große Mehrheit der anderen Plätze welche zufällig auf alle Bedingungen verteilt wurden nicht zu. Es wäre demnach möglich, dass der etwas schlechtere Kontrast zwischen diesen 5 Plätzen der Baseline-Bedingung und der Umgebung dazu führt, dass die Versuchspersonen diese Plätzen mehr Aufmerksamkeit schenkten und sich somit länger auf diesen aufhielten. Dies zu überprüfen ist Ziel weiterführender Arbeiten.

In diesem Zusammenhang muss noch erwähnt werden, dass leider in der hier durchgeführten Studie keine Daten darüber existieren, was die Versuchspersonen tatsächlich angeschaut haben. Hier wäre in den nachfolgenden Arbeiten die Verwendung eines Eyetrackers interessant, um zu sehen, wo die Aufmerksamkeit der Versuchspersonen liegt.

#### 4.2.2 Lernphase

In der Lernphase legten die Versuchspersonen im Durchschnitt in der Baseline-Bedingung die kürzeste Wegstrecke zurück (Abbildung 3.11). In beiden anderen Bedingungen legten sie längere Strecken zurück, wobei in der Word-Bedingung die längsten Wege gelaufen wurden. Dabei ist der Unterschied zwischen der Baseline- und der Word-Bedingung auch signifikant. Dasselbe Bild zeigt sich bei der durchschnittlich benötigten Zeit in der Lernphase (Abbildung 3.14). Am längsten benötigten die Versuchspersonen zum Absolvieren der Word-Bedingung, die kürzeste Zeit in der Baseline-Bedingung. Die benötigte Zeit für die Icon-Bedingung lag zwischen den beiden anderen Bedingungen, allerdings war hierbei keiner der Unterschiede signifikant.

Diese beiden Parameter zeigen bereits, dass die Leistung der Versuchspersonen in der Baseline-Bedingung am besten war.

Wenn man sich nun die Anzahl der Versuche betrachtet, welche die Versuchspersonen benötigten, um die Lernphase zu absolvieren (Abbildung 3.16), so zeigt sich hier, dass die in der Baseline-Bedingung benötigte Anzahl Versuche mit 3 Versuchen im Durchschnitt am niedrigsten lag. Hierbei ist anzumerken, dass, wie bereits erwähnt, die minimale Anzahl an Versuchen bedingt durch das Versuchsdesign bei 2 lag, die Leistung der Versuchspersonen somit erstaunlich gut war. Etwas höher lag die Anzahl Versuche in der Icon-Bedingung, die meisten Versuche benötigten die Versuchspersonen in der Word-Bedingung. Der Unterschied zwischen Baseline- und Word-Bedingung war dabei auch signifikant

Dies zeigt, ebenso wie die zurückgelegte Wegstrecke und die benötigte Zeit, eine erkennbar bessere Leistung der Versuchspersonen in der Baseline-Bedingung im Vergleich zu den anderen Bedingungen, insbesondere gegenüber der Word-Bedingung.

Die Auswertung der durchschnittlichen Anzahl Fehler in der Lernphase (Abbildung 3.18) zeigt, dass die Versuchspersonen in der Baseline-Bedingung die wenigsten Fehler machten. In beiden anderen Bedingungen bogen die Versuchspersonen im Durchschnitt häufiger falsch ab, wobei die Fehleranzahl hier in etwa gleichauf lag. Zwar lag die Anzahl Fehler in der Baseline-Bedingung (1,9 Fehler) fast um die Hälfte niedriger, als in der Word-Bedingung (3,6 Fehler), der Unterschied war jedoch nicht signifikant.

Auch die Anzahl der Fehler zeigt somit, wenn auch nicht signifikant, aber dennoch deutlich erkennbar eine bessere Leistung der Versuchspersonen in der Baseline-Bedingung gegenüber den anderen Bedingungen.

Zuletzt soll noch für die Lernphase die Verweildauer auf den Plätzen (Abbildung 3.21) betrachtet werden. Hier lässt sich erkennen, dass sich die Versuchspersonen in der Baseline-Bedingung im Durchschnitt am längsten auf den Plätzen aufhielten. In der Icon- und in der Word-Bedingung hielten sie sich in etwa gleich lange auf den Plätzen auf, in beiden Fällen signifikant kürzer, verglichen mit der Verweildauer in der Baseline-Bedingung.

Dieser Unterschied mag zunächst überraschend erscheinen, wenn man annimmt, dass die Versuchspersonen in der Icon- und in der Word-Bedingung die Namen bzw. Icons betrachten und verarbeiten mussten und somit die erwartete Verweildauer auf den Plätzen höher war, als in der Baseline-Bedingung. Eine mögliche Erklärung für die dennoch längere Verweildauer in der Baseline-Bedingung könnte darin liegen, dass die eingeblendeten Namen bzw. Icons den Versuchspersonen halfen, sich an einem Platz schneller zu entscheiden, wohingegen in der Baseline-Bedingung ein längeres Nachdenken erforderlich war. Dies sagt jedoch nichts über die Leistung der Versuchspersonen und folglich auch nichts über eine mögliche Unterstützung der Navigationsaufgabe durch die Sprache aus, da die Entscheidungen zwar schneller getroffen wurden, nicht aber zwangsweise richtig waren.

Abgesehen von der Verweildauer, zeigen alle anderen gemessenen Parameter eine bessere Leistung der Versuchspersonen in der Baseline-Bedingung im Vergleich zu den beiden anderen Bedingungen. Dies gilt vor allem für den Unterschied zwischen der Baseline- und der Word-Bedingung, der für zwei der vier Parameter signifikant war (Wegstrecke, Anzahl Versuche).

Für die nicht-signifikanten Parameter lässt sich sagen, dass es sich bei der benötigten Zeit, im Gegensatz zur zurückgelegten Wegstrecke, um einen etwas schwächeres Maß für die Leistungsfähigkeit einer Versuchsperson bezüglich der Navigationsaufgabe handelt. Das liegt daran, dass die Geschwindigkeit sowohl zwischen zwei Versuchspersonen, als auch bei einer Versuchsperson zwischen zwei Bedingungen oder auch zwischen zwei Durchläufen (z.B. aufgrund von Ermüdung) variieren kann. Dahingegen bleibt die gelaufene Wegstrecke immer

die gleiche und ermöglicht somit einen besseren Vergleich der Leistungsfähigkeit. Für die Anzahl der Fehler, lässt sich sagen, dass der Unterschied zwar nicht signifikant aber sehr deutlich war.

Wenn man diese Überlegungen berücksichtigt, so zeigt sich ein deutlicher Effekt, der jedoch dem im Pilotexperiment gefundenen Trend widerspricht. Während dieser Trend noch darauf schließen ließ, dass die Platznamen die Leistung verbesserten und somit Sprache einen unterstützenden Einfluss auf die Navigationsleistung hat, so geht der hier erkennbare Effekt in die entgegengesetzte Richtung. Das bedeutet, dass hier scheinbar der Schluss naheliegt, dass die Platznamen die Leistung verringern, folglich Sprache in der hier eingesetzten Form einen hemmenden Einfluss auf die Navigationsleistung hat.

Warum das so ist und weshalb das Pilotexperiment einen anderen Trend zeigte, soll in Abschnitt 4.2.4 zu erläutern versucht werden. Zunächst sollen jedoch die Ergebnisse der Testphase diskutiert werden.

### 4.2.3 Testphase

Die zurückgelegte Wegstrecke lag in der Testphase in allen drei Bedingungen in etwa gleichauf, wie in Abbildung 3.12 zu erkennen ist. Dies deutet an, dass die Leistung der Versuchspersonen in der Testphase von der Bedingung unabhängig war.

Wenn man die benötigte Zeit in der Testphase betrachtet (Abbildung 3.15), waren die Unterschiede zwischen den Bedingungen relativ gering, wobei die Versuchspersonen in der Baseline-Bedingung im Durchschnitt mehr Zeit benötigten. Etwas weniger Zeit benötigten sie in der Icon-Bedingung und am wenigsten in der Word-Bedingung. Diese Unterschiede waren jedoch nicht signifikant.

Der Grund für diesen Effekt könnte der folgende sein. In der Lernphase benötigten die Versuchspersonen weniger Zeit und weniger Durchläufe in der Baseline-Bedingung, als in den beiden anderen Bedingungen. Dadurch sahen sie die Plätze weniger oft und weniger lange, konnten sich diese also schlechter einprägen. Deshalb fiel es ihnen möglicherweise in der Testphase, wenn sie einen Platz aus einer anderen Perspektive sahen, schwerer "umzudenken", welche Richtung nun die richtige war. Wenn man die durchschnittlich benötigte Zeit (Abbildung 3.14) in der Lernphase betrachtet und mit der benötigten Zeit in der Testphase vergleicht, so stellt man in der Tat fest, dass je länger die benötigte Zeit in der Lernphase war, desto kürzer war die benötigte Zeit in der Testphase, was diese Vermutung unterstützt. Am häufigsten bogen die Versuchspersonen in der Baseline-Bedingung falsch ab, wohingegen die Anzahl Fehler in der Icon- und in der Word-Bedingung gleichauf lagen (Abbildung 3.19). Der Unterschied der Baseline-Bedingung zu den anderen Bedingungen war jedoch nicht signifikant.

Zunächst scheint die Tatsache, dass die Anzahl der Fehler in der Baseline-Bedingung höher lag, auf einen unterstützenden Effekt sowohl der Sprache als auch der Icons hinzudeuten. Betrachtet man jedoch die Rohdaten der Versuchspersonen, so fällt auf, dass es in der Baseline-Bedingung einen extremen Ausreißer nach oben gab. Zieht man nun zum Vergleich der Bedingungen statt dem Mittelwert den Median heran, so liegt dieser in allen drei Bedingungen bei 1. Damit zeigt sich auch hier keine Abhängigkeit der Leistung von der Versuchsbedingung.

Die geringe Anzahl der Fehler lässt darauf schließen, dass die Versuchspersonen die Routen nicht lediglich als Sequenz von rechts-links Entscheidungen lernten. In der Testphase wäre

dieses Wissen nämlich wenig hilfreich, da zum einen die Versuchspersonen an einer Sackgasse mittendrin begannen und somit erst die korrekte Stelle innerhalb ihrer gelernten Sequenz hätten finden müssen, zum anderen betraten sie den ersten Platz von einer anderen Perspektive aus und somit war die korrekte Abbiegerichtung eine andere als in der Lernphase. Folglich hätten Versuchspersonen, welche lediglich eine Sequenz von rechts-links Entscheidungen gelernt hatten, mehr Fehler machen müssen, als sie es hier getan haben. Die unter 3.2.8 angeführten verschiedenen Strategien belegen, dass die Versuchspersonen tatsächlich andere Methoden anwendeten, die Route zu lernen.

Die Verweildauer auf den Plätzen war in der Testphase im Durchschnitt am längsten in der Baseline-Bedingung und lag in den beiden anderen Bedingungen in etwa gleichauf, wie in Abbildung 3.22 zu sehen ist. Dies liegt vermutlich, wie unter 4.2.2 erläutert daran, dass die eingblendeten Namen bzw. Icons den Versuchspersonen halfen, sich schneller zu entscheiden, wohingegen in der Baseline-Bedingung ein längeres Überlegen und somit eine längere Verweildauer auf den Plätzen erforderlich war. Diese längere Verweildauer in der Baseline trägt selbstverständlich ebenfalls zu dem oben beschriebenen Effekt bei, dass die Versuchspersonen in der Testphase längere Zeit für die Baseline-Bedingung benötigten.

Insgesamt zeigt sich hier, dass es in der Testphase keinen Einfluss der Sprache auf die Navigationsleistung gab. Dies entspricht dem Ergebnis des Pilotexperimentes (4.1.3). Auch dort zeigte sich der in der Lernphase auftretende Effekt nicht in der Testphase. Die Erklärung für das hier vorliegende Ergebnis ist somit ähnlich wie oben erläutert. Offensichtlich lernten die Versuchspersonen durch das Kriterium, dass die Lernphase nach zwei aufeinander folgenden, fehlerfreien Durchläufen beendet war, die Route in allen Bedingungen so gut, dass sich in der Testphase kein signifikanter Effekt zeigte.

Die gute Leistung der Versuchspersonen in allen drei Bedingungen ist durchaus überraschend, wenn man bedenkt, dass der Schwierigkeitsgrad des Experimentes gegenüber dem Pilotexperiment deutlich angehoben wurde. Immerhin mussten die Versuchspersonen eine Strecke mit jeweils 10 Plätzen lernen, im Vergleich zu den 6 Plätzen des Pilotexperimentes. Die gute Leistung ist um so erstaunlicher, wenn man bedenkt, dass bei den hier diskutierten Ergebnissen die Versuchspersonen fehlen, welche aufgrund des Deckeneffektes nicht ausgewertet wurden. Dies betraf 9 von 38 Versuchspersonen, was einem Anteil von 23% entsprach, welche in der Lage waren, eine ihnen völlig unbekannte Route mit 10 Plätzen fehlerfrei zu lernen.

#### 4.2.4 Erklärung des Effektes und des Unterschiedes zum Pilotexperiment

Wie unter 4.2.2 gezeigt wurde, gab es in der Lernphase einen signifikanten Effekt, dass die Leistungen der Versuchspersonen in der Baseline-Bedingung besser waren, im Vergleich zur Word-Bedingung. Dieser Effekt widerspricht jedoch dem im Pilotexperiment gezeigten Trend, dass die Leistung in der Word-Bedingung am besten war.

Dieser Unterschied lässt sich wie folgt erklären:

- Zuerst soll nochmals daran erinnert werden, dass es sich im Pilotexperiment nicht um einen signifikanten Effekt, vielmehr um einen deutlichen Trend handelte. Dies liegt unter anderem an der relativ geringen Anzahl an Versuchspersonen. Von den 20 Versuchspersonen, welche insgesamt teilnahmen, konnten aufgrund des Deckeneffektes nur 15 ausgewertet werden. Diese Anzahl ist zu gering um statistisch signifikante Aussagen zu treffen. Im hier durchgeführten Experiment wurden 29 der insgesamt 38

Versuchspersonen ausgewertet, wodurch sich aufgrund der höheren Anzahl signifikante Unterschiede ergaben.

- Als zweites muss der Lerneffekt berücksichtigt werden, welcher im Pilotexperiment nicht beachtet wurde. Wie unter 3.2.1 gezeigt, gab es einen sehr deutlichen Lerneffekt, welcher bewirkte, dass die Leistungen in der zuerst gelaufenen Strecke immer schlechter waren, im Vergleich zur zweiten und dritten Strecke, unabhängig von der Bedingung. Im Pilotexperiment war die Reihenfolge der Bedingungen derart festgelegt, dass immer als erstes die Baseline-Bedingung zu absolvieren war, die Reihenfolge der beiden anderen Bedingungen war randomisiert (B-I-W oder B-W-I). Dadurch ist zu erklären, weshalb die Leistung der Versuchspersonen in der Baseline-Bedingung schlechter war, als in der Word-Bedingung. Im hier durchgeführten Experiment war zum einen die Reihenfolge stärker randomisiert, d.h. die Baseline-Bedingung kam auch ein zweiter und dritter Stelle vor und zum anderen wurden aufgrund des starken Lerneffektes nur die zweit- und dritt-gelaufenen Strecken ausgewertet.
- Dennoch war im Pilotexperiment nicht nur die Baseline-Bedingung schlechter als die Word-Bedingung sondern auch die Icon-Bedingung, welche in etwa gleich auf mit der Baseline lag. Dies lässt sich durch einen Blick in die Rohdaten erklären. Dabei zeigt sich, dass es in der Icon-Bedingung 2 Ausreißer nach oben gab, also 2 Versuchspersonen welche deutlich schlechter waren. Diese können bei der relativ geringen Anzahl Versuchspersonen dazu führen, dass die Leistung in der Icon-Bedingung im Schnitt schlechter war.
- Auch war das Pilotexperiment weniger stark randomisiert. Für alle drei Strecken waren die jeweiligen Plätze immer fest vorgegeben, jede Bedingung sah somit immer genau gleich aus. Die Leistungsunterschiede zwischen den drei Bedingungen können deshalb zum Teil auch daraus resultieren, dass bestimmte Plätze bzw. bestimmte Landmarken, welche immer in der Word-Bedingung vorkamen, einfacher zu lernen waren, im Vergleich zu den Landmarken der anderen Bedingungen. Dadurch hätte die Word-Bedingung einen Vorteil gegenüber anderen Bedingungen. Durch die stärkere Randomisierung der Strecken, konnte dieser Effekt im hier durchgeführten Experiment vermieden werden.

Nachdem nun erläutert wurde, warum sich der in diesem Experiment auftretende Effekt vom Trend des Pilotexperimentes unterscheidet, bleibt die Frage zu beantworten, wie es zu diesem Effekt kommen kann.

Eigentlich bestand nach den Ergebnissen des Pilotexperimentes ein berechtigter Grund zur Annahme, dass Sprache einen unterstützenden Einfluss beim Lernen neuer Routen hat. Die hier gezeigten Ergebnissen jedoch scheinen zunächst diese Annahme zu widerlegen. In der Bedingung, in der die Versuchspersonen sprachliche "Hilfe" bekamen, waren sie schlechter, obwohl man intuitiv erwarten sollte, dass wir Sprache zum besseren Lernen neuer Routen und zum Lösen von Navigationsaufgaben nutzen.

Eine mögliche Erklärung für diesen Effekt findet man, wenn man sich zunächst einmal die Strategien der Versuchspersonen betrachtet. Viele Versuchspersonen gaben an, sich sprachlicher Hilfsmittel beim Lernen der Route bedient zu haben, unabhängig davon in welcher Bedingung sie sich befanden und auch unabhängig von den angebotenen Namensvorschlägen. Diese sprachlichen Hilfsmittel konnten, wie unter 3.2.8 beschrieben einfach eigene Bezeichnungen sein, die die Versuchspersonen den Plätzen gaben, aber auch komplexe Geschichten,

welche die Plätze miteinander verbanden.

Demzufolge nutzen die Versuchspersonen tatsächlich Sprache, um die Navigationsaufgabe zu lösen. Neben den aufgeschriebenen Strategien gaben viele Versuchspersonen in einem kurzen Gespräch im Anschluss an den Versuch an, sich eigene Begriffe zu den Plätzen bzw. zu den Landmarken gebildet zu haben. Einige gaben sogar explizit an, dass sie die eingeblendeten Namen gar nicht zur Navigation nutzten und in manchen wenigen Fällen die Namen gar als irritierend empfanden. Dies wird auch durch die Auswertung des Fragebogens bestätigt. Wie Tabelle 3.2 zeigt, empfanden 47,4%, also beinahe die Hälfte der Versuchspersonen die Worte als wenig bis sehr wenig hilfreich, wohingegen nur 18,4% die Worte als hilfreich bis sehr hilfreich empfanden.

Um es anschaulich zu formulieren: die Versuchspersonen bedienten sich sprachlicher Hilfsmittel, um die Navigationsaufgabe zu lösen, verwendeten in den meisten Fällen jedoch nicht die von uns angebotenen Platznamen.

Diese Aussagen lassen den Schluss zu, dass die hier eingeblendeten Platznamen möglicherweise mit dem Teil des Arbeitsgedächtnisses interferieren, welcher für die Navigation und das Routenlernen zuständig ist und dadurch die Leistung der Versuchspersonen verschlechterten.

Einen ähnlichen Effekt zeigten auch Meilinger, Knauff und Bühlhoff in ihrer Arbeit *Working Memory in Wayfinding - A Dual Task Experiment in a Virtual City*[1]. Wie in 1.1.2 ausführlicher beschrieben wurde, war der Gegenstand dieser Arbeit ein dual-task Experiment, in dem die Versuchspersonen eine Route in einer virtuellen Stadt lernen sollten, während sie eine Sekundäraufgabe lösten. Dabei gab es eine räumliche, eine verbale und eine visuelle Sekundäraufgabe. Zusätzlich gab es eine Kontrollgruppe, in der es keine Sekundäraufgabe zu lösen gab. Dabei war die Leistung der Versuchspersonen in der Gruppe mit der verbalen Sekundäraufgabe am schlechtesten, etwas besser war die Gruppe mit der räumlichen Sekundäraufgabe, aber am besten waren Versuchspersonen mit visueller Sekundäraufgabe. Die Kontrollgruppe lernte die Route nahezu fehlerfrei.

Nach der Arbeitsgedächtnistheorie von Baddeley[5], besteht das Arbeitsgedächtnis aus einer zentralen Exekutive, welche die Verteilung der Prioritäten der Arbeitsvorgänge regelt, der drei Speichermodule unterstehen:

- die phonologische Schleife (*engl. Phonological Loop*), deren Aufgabe darin besteht, sprachliche Informationen zu speichern und zu verändern. Diese sprachlichen Informationen werden in einer phonetischen Form (Lautform) abgelegt.
- der räumlich-visuelle Notizblock (*engl. Visuospatial Sketchpad*), ein für das vorübergehende Speichern von räumlichen und visuellen Informationen verantwortliches System mit begrenzter Kapazität. Laut Baddeley ist er ebenso zuständig für die Manipulation von visuellen und räumlichen Informationen.
- der episodische Puffer (*engl. Episodic Buffer*). Dabei handelt es sich um ein multimodales Speichersystem mit begrenzter Kapazität, es kann sowohl visuelle als auch phonologische Informationen in Form von "Episoden" speichern.

Die Ergebnisse aus [1] zeigen, dass die verbale Sekundäraufgabe sehr stark mit dem Arbeitsgedächtnis, genauer gesagt mit der phonologischen Schleife interferiert, was auf eine wichtige Rolle der phonologischen Schleife und somit der Sprache beim Lernen der Route schließen lässt. Dagegen war die Interferenz der visuellen Sekundäraufgabe mit dem räumlich-visuellen Notizblock deutlich schwächer.

Wenn man sich nun diese Ergebnisse, wie sie in Abbildung 1.1 dargestellt sind betrachtet, so fällt eine Ähnlichkeit zu den hier gezeigten Ergebnissen aus 3.2.3 und 3.2.5 auf, unter der Annahme, dass die Baseline-Bedingung der Kontrollgruppe, die Icon-Bedingung der visuellen Sekundäraufgabe und die Word-Bedingung der verbalen Sekundäraufgabe entspricht. Damit ließen sich die Erkenntnisse aus [1] auf die hier in unserem Experiment erzielten Ergebnisse anwenden. Das bedeutet, dass die Platznamen in der Word-Bedingung sehr stark mit der phonologischen Schleife interferierten, so dass dadurch die Leistung der Versuchspersonen schlechter wurde im Vergleich zur Baseline-Bedingung, in der keine Interferenz stattfand. Die Icons wiederum interferierten weniger stark mit dem räumlich-visuelle Notizblock wodurch die Leistung in dieser Bedingung nicht ganz so stark gegenüber der Baseline-Bedingung abfiel.

Diese Interpretation der Ergebnisse liefert somit eine gute Erklärung für den hier in der Lernphase auftretenden Effekt. Versuchspersonen nutzten eigene sprachliche Hilfsmittel, um die Navigationsaufgabe zu lösen und die Route zu lernen. Viele Versuchspersonen gaben im Gespräch nach dem Versuch an, bereits beim ersten Sehen eines Platzes eigene Begriffe mit einem Platz oder den Landmarken assoziiert zu haben, noch bevor die Liste mit Vorschlägen eingeblendet wurde. Somit interferierten die von uns angebotenen Namensvorschläge mit den Begriffen, welche sich die Versuchspersonen selbst gebildet hatten, und irritierten im schlimmsten Fall die Versuchspersonen und verschlechtern ihre Leistung. Dieser Effekt ist folglich ein Hinweis darauf, dass Sprache einen unterstützenden Einfluss auf das Lernen neuer Routen hat.

In eine ganz ähnliche Richtung geht die ebenfalls unter 1.1.2 vorgestellte Arbeit *Sources of Flexibility in Human Cognition: Dual-Task Studies of Space and Language*[3] von Hermer-Vazquez, Spelke und Katsnelson. Das darin durchgeführte Experiment bestand aus einer Reorientierungsaufgabe verbunden mit einer Sekundäraufgabe. Dabei gab es sowohl eine verbale Sekundäraufgabe, bei der die Versuchspersonen einen vorgelesenen Text Silbe für Silbe nachsprechen mussten, als auch eine non-verbale Sekundäraufgabe, bei der die Versuchspersonen einen Rhythmus nachklatschen mussten. Zusätzlich gab es noch eine Kontrollbedingung ohne Sekundäraufgabe.

Während erwachsene Menschen in der Lage sind, sowohl geometrische als auch nichtgeometrische Informationen zur Reorientierung zu verwenden, nutzen Kinder, ebenso wie Ratten, in vielen Fällen lediglich geometrische Informationen. Die Ergebnisse aus [3] zeigen, dass Versuchspersonen ohne Sekundäraufgabe in der Lage waren, nichtgeometrische Informationen zu nutzen und sich normal reorientieren konnten. Versuchspersonen, welche die non-verbale Sekundäraufgabe hatten, zeigten die gleiche Leistung, wie Versuchspersonen ohne Sekundäraufgabe. Dahingegen fiel die Leistung der Versuchspersonen mit verbaler Sekundäraufgabe ab. Diese Versuchspersonen waren nicht in der Lage, nichtgeometrische Informationen zu nutzen, sondern reorientierten sich wie Kinder und Ratten.

Diese Interferenz zwischen der Reorientierungsaufgabe und der verbalen Sekundäraufgabe zeigt einen Einfluss von Sprache auf das Reorientierungsverhalten. Zwar lassen sich diese Ergebnisse nicht eins zu eins auf die unsrigen übertragen, dennoch liefern sie einen Hinweis darauf, dass der Effekt in der Lernphase möglicherweise auf Interferenz der Platznamen mit der Navigationsaufgabe zurückzuführen ist.

Des Weiteren muss auch die Art der verwendeten Sprache berücksichtigt werden. Wir verwendeten einfache, aus den Landmarken abgeleitete Platznamen z.B. Postplatz an einem Platz, an dem ein Postauto, eine Briefmarke und ein Postymbol als Landmarken zu se-

hen waren. Im Gegensatz zu diesen Landmarkenbasierten Bezeichnungen hätte man sich überlegen können, stattdessen Straßensbasierte Bezeichnungen zu verwenden, indem man beispielsweise jeweils den drei von einem Platz wegführenden Straßennamen zuordnet.

Allerdings haben Tom und Denis in ihrer Arbeit *Language and Spatial Cognition: Comparing Roles of Landmarks and Street Names in Route Instructions*[4] gezeigt, dass Landmarkenbasierte Wegbeschreibungen besser gelernt wurden, im Vergleich zu Straßensbasierten Wegbeschreibungen. Im dazu durchgeführten Experiment mussten die Versuchspersonen eine Wegbeschreibung (Abbildung 1.5) lernen die entweder Straßens- (“Biegen Sie nach der Brunnenstraße rechts ab”) oder Landmarkenbasiert (“Biegen Sie nach dem Brunnen rechts ab”) war. Dabei zeigte sich zum einen, dass die Lesezeit bei der Landmarkenbasierten Variante kürzer war und zum anderen, dass trotz des kürzeren Lesens, die Landmarkenbasierten Wegbeschreibungen besser memoriert wurden, als die Straßensbasierten.

Deshalb ist davon auszugehen, dass der Ansatz, hier eine Landmarkenbasierte Beschreibung zu verwenden, in die richtige Richtung geht. Allerdings muss eingeräumt werden, dass die vorgeschlagenen Namen in einigen Fällen etwas befremdlich und ungewohnt wirken mögen. Während z.B. ein Sportplatz oder ein Zeltplatz realitätsnahe Beispiele sind, so wird man einen Werkzeugplatz oder auch einen Uhrenplatz in der Realität eher selten antreffen. Möglicherweise führten solche ungewohnten Platznamen eher dazu, dass die Versuchspersonen sich für diese Plätze dann eigene Begriffe bildeten, welche wiederum mit den tatsächlich eingeblendeten Namen interferierten.

### 4.3 Zusammenfassung

Die im Rahmen dieser Diplomarbeit durchgeführte Versuchsreihe diente dazu zu untersuchen, ob Sprache einen Einfluss auf den Aufbau von Routenwissen hat. Hierzu wurde ein Experiment durchgeführt, in dem jede Versuchsperson drei verschiedene, unbekannte Routen lernen sollte (2.1.1). Dabei gab es drei verschiedene Bedingungen, einmal mit einer verbalen Unterstützung (Word-Bedingung), einer non-verbalen Unterstützung (Icon-Bedingung) und eine Kontrollbedingung ohne Unterstützung (Baseline-Bedingung). Diese Bedingungen waren wiederum in eine Assoziations-, eine Lern- und eine Testphase unterteilt.

Es wurde gezeigt, dass in der Lernphase ein signifikanter Effekt auftrat, welcher jedoch dem in dem von Professor Dr. Hanspeter A. Mallot und Dr. Gregor Hardieß durchgeführten Pilotexperiment gezeigten Trend widersprach. Dieser Unterschied resultiert, wie in 4.2.4 erläutert, aus der geringen Anzahl Versuchspersonen, der geringeren Randomisierung und dem nicht beachteten Lerneffekt im Pilotexperiment.

Während dieser Trend des Pilotexperimentes darauf schließen ließ, dass Sprache einen unterstützenden Einfluss auf die Navigationsleistung hat, so schien die schlechtere Leistung in der Word-Bedingung des hier durchgeführten Experimentes darauf schließen zu lassen, dass Sprache einen hemmenden Effekt auf die Navigationsleistung hat.

Wie jedoch in 4.2.4 mit Verweis auf Ähnliche Experimente dargelegt wurde, resultiert der hier auftretende Effekt sehr wahrscheinlich aus einer Interferenz der vorgegebenen Platznamen, mit Begriffen und sprachlichen Hilfsmitteln, welche die Versuchspersonen selbständig und unabhängig von den angebotenen Vorschlägen bildeten.

Folglich kann dieser Effekt als ein Hinweis gedeutet werden, dass Sprache tatsächlich einen unterstützenden Einfluss auf die Navigationsleistung hat.



# Kapitel 5

## Ausblick

Im Folgenden sollen ein kurzer Ausblick gegeben werden, wie der hier verwendete Versuchsaufbau für zukünftige Arbeiten verändert bzw. verbessert werden kann und welche offen gebliebenen Fragen noch zu klären sind.

Zunächst hat sich gezeigt, dass die Navigationsaufgabe, trotz eines gegenüber des Pilotexperimentes stark angehobenen Schwierigkeitsgrades, immer noch erstaunlich gut von den Versuchspersonen gelöst wurde. Insgesamt wurden aufgrund des Deckeneffektes 23% der Versuchspersonen nicht ausgewertet, ein überraschend hoher Anteil. Daher wäre es eine Überlegung, die Navigationsaufgabe nochmals schwieriger zu gestalten. Die einfachste Methode hierfür wäre eine weitere Erhöhung der Platzzahl. Allerdings war es bereits im hier vorliegenden Experiment sehr schwierig, 30 verschiedene Plätze mit je 3 Landmarken und passendem Symbol zu finden, eine weitere Erhöhung der Platzzahl ist daher kaum zu realisieren, so dass der Schwierigkeitsgrad auf andere Weise erhöht werden muss. Eine weitere Möglichkeit dies zu erreichen wäre, die Anzahl der Straßen, welche von einem Platz wegführen, von 3 auf 4 zu erhöhen, wodurch sich die Entscheidung erschweren würde.

Ebenfalls ein interessantes Ergebnis dieser Diplomarbeit, war der unter 3.2.1 gezeigte Lerneffekt. Ein Ziel zukünftiger Versuche sollte es sein, diesen zu vermeiden, indem die Versuchspersonen vor Beginn des eigentlichen Versuches besser trainiert werden. Hierfür könnte eine komplexere Trainingsumgebung verwendet werden, welche noch stärker den eigentlichen Versuchsumgebungen ähnelt, als es bei der hier verwendeten Trainingsumgebung der Fall war.

Wie unter 4.2 erwähnt, lag in allen Phasen die Verweildauer in der Baseline-Bedingung höher im Vergleich zu den anderen Bedingungen. Während dieser Effekt für die Lern- und Testphase noch plausibel erklärbar ist, so ist die Erklärung für die Assoziationsphase rein spekulativ. Die Vermutung, es könne eventuell am Kontrast zwischen der in der Baseline-Bedingung verwendeten Umgebung und den in dieser Bedingung exklusiv vorkommenden Plätzen liegen, soll in nachfolgenden Untersuchungen überprüft werden.

Um diesen möglichen Effekt in Zukunft auszuschließen, gibt es zum einen die Möglichkeit, die Landschaften ebenfalls zu randomisieren, so dass nicht immer jede Bedingung an eine feste Landschaft gebunden ist, zum anderen könnte man auch einfach eine feste Landschaft für alle drei Bedingungen verwenden und lediglich die Streckenverläufe variieren.

Interessant wäre es auch zu wissen, was die Versuchspersonen auf einem Platz genau angeschaut haben, das bedeutet wo ihre Aufmerksamkeit lag, wenn sie einen Platz betrachteten und sich diesen einprägten. Dafür ist in den folgenden Versuchen die Verwendung eines Eye-trackers geplant. Damit ließe sich z.B. feststellen, ob und wenn ja wieviel Aufmerksamkeit die Versuchspersonen den Worten bzw. den Icons schenkten.

Wenn man sich die in [4] verwendeten Wegbeschreibungen aus Abbildung 1.5 anschaut, so

stellt man fest, dass viele der Anweisungen sprachliche Relationen enthalten. Auch gaben viele Versuchspersonen im hier durchgeführten Experiment an, sprachliche Relationen der Form “beim Postauto links”, oder “zwischen dem Klavier und dem Schlagzeug hindurch” verwendet zu haben. Daher wäre es interessant, in zukünftigen Experimenten verstärkt den Einfluss relationaler Sprache zu untersuchen.

Da viele Versuchspersonen, wie bereits mehrfach erwähnt wurde, eigene Begriffe mit den Plätzen assoziierten, sobald sie das erste mal einen Platz sahen, noch bevor sie die Liste mit den Namen oder Icons gezeigt bekamen, wäre es eine durchaus interessante Idee, die Versuchspersonen die Plätze in der Assoziationsphase frei benennen zu lassen, so dass sie in der Lern- und Testphase ihre selbst gewählten Namen über den Plätzen zu sehen bekommen.

# Anhang A

## A.1 Tabelle: Texturen, Platznamen, Icons

Texturen	Platzname	Icon
  	Sportplatz	
  	Bauplatz	
  	Werkzeugplatz	
  	Zugplatz	
  	Postplatz	
  	Brunnenplatz	
  	Schiffsplatz	

Texturen	Platzname	Icon
	Zeltplatz	
	Uhrenplatz	
	Farmplatz	
	Restaurantplatz	
	Gartenplatz	
	Musikplatz	
	Casinoplatz	
	Kunstplatz	
	Bäckereiplatz	

A.1 Tabelle: Texturen, Platznamen, Icons

Texturen	Platzname	Icon
	Strandplatz	
	Süßwarenplatz	
	Flugplatz	
	Freibadplatz	
	Bibliothekplatz	
	Supermarktplatz	
	Parkplatz	
	Spielplatz	
	Zooplatz	

Texturen	Platzname	Icon
		
		
		
		
		

Tabelle A.1: Auflistung aller verwendeten Plätze:  
 1. Spalte: Texturen der drei Landmarken eines Platzes  
 2. Spalte: Platznamen in der Word-Bedingung  
 3. Spalte: schwarz-weiß Grafiken der Icon-Bedingung



## A.2 Fragebogen

### Fragebogen

Name: \_\_\_\_\_ Datum: \_\_\_\_\_ Geb.Datum: \_\_\_\_\_  
Geschlecht:    m        w

- Bitte kreise die Zahl ein, die am ehesten deiner Antwort entspricht -

- Hat dir das Experiment Spaß gemacht?  
sehr wenig 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 sehr viel
- Warst du motiviert?  
sehr wenig 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 sehr viel
- Wie schwer fandest du das Experiment?  
sehr schwer 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 sehr leicht
- Wie gut schätzt du deine eigene Leistung beim Finden der Ziele ein?  
sehr schlecht 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 sehr gut
- Fandest du die Zuteilung der Wörter zu den Plätzen hilfreich?  
sehr wenig 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 sehr viel
- Fandest du die Zuteilung der Symbole (Icons) zu den Plätzen hilfreich?  
sehr wenig 1 – 2 – 3 – 4 – 5 – 6 – 7 sehr viel
- Hattest du eine Strategie beim Lösen der Navigationsaufgabe?  
Wenn ja, welche? (z.b. Lernen einer Sequenz von rechst/links  
Entscheidungen)

---

---

---

---

---

---

---

---

- Hast du Anregungen, Anmerkungen oder Kritik?

---

---

---

---

## A.3 Tabelle Fragebogen

VP	Spaß?	Motivation?	Schwer?	Leistung?	Wörter?	Icons?
vp2	6	6	5	5	5	4
vp3	6	6	4	5	5	2
vp4	7	7	6	6	3	3
vp6	6	6	3	5	5	4
vp7	7	7	3	4	3	6
vp8	6	7	2	6	1	6
vp9	7	7	4	6	7	7
vp11	6	6	4	6	1	3
vp12	7	7	6	6	2	2
vp13	6	5	3	2	1	1
vp14	6	7	5	6	1	1
vp15	7	7	2	3	2	3
vp16	6	2	7	2	1	1
vp17	6	6	5	2	7	3
vp18	6	5	5	5	4	4
vp19	5	4	4	5	2	2
vp20	3	7	2	2	7	2
vp21	6	6	5	6	1	1
vp22	7	7	5	7	1	1
vp23	6	6	5	6	5	2
vp24	5	6	6	5	6	7
vp25	6	6	7	6	2	2
vp26	6	6	2	5	7	6
vp27	6	6	4	4	1	1
vp28	6	6	4	5	5	4
vp29	5	6	5	3	2	4
vp30	6	6	3	5	3	3
vp31	7	6	7	6	1	1
vp32	7	7	5	5	5	3
vp33	2	2	4	3	1	7
vp34	5	5	3	4	2	7
vp35	6	6	5	5	4	4

VP	Spaß?	Motivation?	Schwer?	Leistung?	Wörter?	Icons?
vp36	5	6,5	5	5,5	5	2
vp37	6	6	3	4	3	4
vp38	7	6	7	7	1	1
vp39	6	7	6	6	1	1
vp40	5	6	5	5	6	5
vp41	7	7	3	7	7	7
Mittelwert	5,92	5,99	4,45	4,88	3,32	3,34

Tabelle A.2: Vollständige Tabelle aller Bewertungen aller Fragen:

1. Spalte: Versuchsperson
  2. Spalte: "Hat dir das Experiment Spaß gemacht?" (sehr wenig 1 - 7 sehr viel)
  3. Spalte: "Warst du motiviert?" (sehr wenig 1 - 7 sehr viel)
  4. Spalte: "Wie schwer fandest du das Experiment?" (sehr schwer 1 - 7 sehr leicht)
  5. Spalte: "Wie gut schätzt du deine eigene Leistung beim Finden der Ziele ein?" (sehr schlecht 1 - 7 sehr gut)
  6. Spalte: "Fandest du die Zuteilung der Wörter zu den Plätzen hilfreich?" (sehr wenig 1 - 7 sehr viel)
  7. Spalte: "Fandest du die Zuteilung der Symbole (Icons) zu den Plätzen hilfreich?" (sehr wenig 1 - 7 sehr viel)
- In der letzten Zeile ist für jede Frage der Mittelwert über alle Versuchspersonen angegeben

# Literaturverzeichnis

- [1] HEINRICH H.BÜLTHOFF, TOBIAS MEILINGER, MARKUS KNAUFF: *Working Memory in Wayfinding - A Dual Task Experiment in a Virtual City*. Cognitive Science, 32:755–770, 2008.
- [2] DEDRE GENTNER, JEFFREY LOEWENSTEIN: *Relational language and the development of relational mapping*. Cognitive Psychology, 50:315–353, 2005.
- [3] HERMER-VAZQUEZ, LINDA: *Sources of Flexibility in Human Cognition: Dual-Task Studies on Space and Language*. Cognitive Psychology, 39:3–36, 1999.
- [4] MICHAEL DENIS, ARIANE TOM: *Language and Spatial Cognition: Comparing Roles of Landmarks and Street Names in Route Instructions*. Applied Cognitive Psychology, 18:1213–1230, 2004.
- [5] BADDELEY, ALAN: *Working memory. Looking back and looking forward*. Nature Reviews Neuroscience, 4:829–839, 2003.