

Abruf räumlicher Information aus dem Arbeits- und
Langzeitgedächtnis von vertrauten Orten in
virtueller Umgebung

Bachelorarbeit der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen
Fakultät der Eberhard Karls Universität Tübingen

vorgelegt von

Nils Brehm

Tübingen, Juli 2015

Erklärung:

Hiermit erkläre ich,

- dass ich diese Arbeit selbst verfasst und keine anderen als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe.
- dass die eingereichte Arbeit weder vollständig noch in wesentlichen Teilen Gegenstand eines anderen Prüfungsverfahrens gewesen ist.

Tübingen, den _____

Danksagung

Ich möchte mich sehr herzlich bei allen bedanken, die mir bei meiner Bachelorarbeit zur Seite standen und mich unterstützt haben.

Vor allem möchte ich mich bei Marc Halfmann für die große Hilfe und die viele Zeit, die er immer für mich hatte, bedanken. Auch bei Professor Hanspeter Mallot und seiner AG bedanke ich mich für die hilfreichen Ratschläge und für den fachlichen und emotionalen Beistand. Eine Konstellation von so freundlichen, hilfsbereiten und aufrichtigen Mitarbeitern ist sicher keine Selbstverständlichkeit und es hat mir viel Freude bereitet in solch einer Umgebung zu arbeiten.

Nils Brehm, im Juli 2015.

Inhaltsverzeichnis

Danksagung	3
Inhaltsverzeichnis	4
Abbildungsverzeichnis	5
Tabellenverzeichnis	6
Zusammenfassung	7
Abstract	7
1 Einleitung	8
1.1 Mentale Karten.....	8
1.2 Kanonische Ansichten.....	8
1.3 Egozentrische und Allozentrische Repräsentation.....	9
1.4 Einfluss des Standortes auf den Abruf räumlicher Information	10
1.5 Konflikt zwischen Körperausrichtung und Luftlinie.....	11
1.6 Arbeits- und Langzeitgedächtnis	11
1.7 Beeinflussung durch Laufrichtung	12
1.8 Virtuelle Realität und Simulationen.....	12
1.9 Fragestellung	13
2 Material und Methoden	14
2.1 Versuchspersonen	15
2.2 Apparatur	15
2.3 Prozedur	16
3 Ergebnisse	21
3.1 Fragebogen.....	21
3.2 Skizzen	22
3.3 Krumme Brücke	23
3.4 Marktplatz	28
3.5 Nonnenhaus.....	32
3.6 Neue Aula	36
4 Diskussion	38
4.1 Zusammenfassung der Ergebnisse.....	38
4.2 Laufrichtung	39

4.3	Körperausrichtung.....	42
4.4	Luftlinie.....	43
4.5	Konflikt Luftlinie vs. Körperausrichtung.....	43
4.6	Virtuelle Realität.....	44
4.7	Schlussfolgerung.....	45
5	Literaturverzeichnis	46
6	Anhang.....	48

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Karte der Stadt Tübingen (Deutschland).....	14
Abbildung 2:	Impressionen aus der Virtual Tübingen Simulation	15
Abbildung 3:	Exemplarische Skizzen.....	16
Abbildung 4:	Route der Übungsphase.....	17
Abbildung 5:	Route der Testphase	18
Abbildung 6:	Wohndauer	21
Abbildung 7:	Absolute Histogramme für den Zielort Krumme Brücke.....	24
Abbildung 8:	Kartenausschnitt von Tübingen mit Zielort Krumme Brücke	25
Abbildung 9:	Absolute Histogramme für den Zielort Marktplatz.....	29
Abbildung 10:	Kartenausschnitt von Tübingen mit Zielort Marktplatz.	30
Abbildung 11:	Absolute Histogramme für den Zielort Nonnenhaus.....	33
Abbildung 12:	Kartenausschnitt von Tübingen mit Zielort Nonnenhaus.	34
Abbildung 13:	Absolute Histogramme für den Zielort Neue Aula	37
Abbildung 14:	Kreishistogramme für den Zielort Neue Aula.....	37
Abbildung 15:	Interaktion von Standort und Laufrichtung beim Zielort Marktplatz	41
Abbildung 16:	Kreishistogramme für östlichen und westlichen Startpunkt.....	42

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Fragebogen.	15
Tabelle 2: Startpunkte und Abfrageorte der vier verschiedenen Versuchsgruppen.....	19
Tabelle 3: Einfaktorielle ANOVA für Wohndauer.....	22
Tabelle 4: Einfaktorielle ANOVA für alle Skizzen.	22
Tabelle 5: Reihenfolgeeffekt: V-Test.....	22
Tabelle 6 : Einfaktorielle ANOVA für Skizzen mit Zielort Krumme Brücke.....	24
Tabelle 7: V-Tests für den Zielort Krumme Brücke.	27
Tabelle 8: Einfaktorielle ANOVA für A-Ost gegen A-West mit Zielort Krumme Brücke.....	27
Tabelle 9: Einfaktorielle ANOVA für B-Ost gegen B-West mit Zielort Krumme Brücke.....	27
Tabelle 10: Zweifaktorielle ANOVA für den Zielort Krumme Brücke.....	28
Tabelle 11: Einfaktorielle ANOVA für Skizzen mit Zielort Marktplatz.....	29
Tabelle 12: V-Tests für den Zielort Marktplatz	31
Tabelle 13: Einfaktorielle ANOVA für A-Ost gegen A-West mit Zielort Marktplatz.....	31
Tabelle 14: Einfaktorielle ANOVA für B-Ost gegen B-West mit Zielort Marktplatz.....	31
Tabelle 15: Zweifaktorielle ANOVA für den Zielort Marktplatz.....	32
Tabelle 16: Einfaktorielle ANOVA für Skizzen mit Zielort Nonnenhaus	32
Tabelle 17: V-Tests für den Zielort Nonnenhaus.....	35
Tabelle 18: Einfaktorielle ANOVA für A-Ost gegen A-West mit Zielort Nonnenhaus	35
Tabelle 19: Einfaktorielle ANOVA für B-Ost gegen B-West mit Zielort Nonnenhaus	35
Tabelle 20: Zweifaktorielle ANOVA für den Zielort Nonnenhaus.....	36
Tabelle 21: Einfaktorielle ANOVA für Skizzen mit Zielort Neue Aula.....	36
Tabelle 22: Zweifaktorielle ANOVA für Wohndauer mit Zielort Krumme Brücke.....	48
Tabelle 23: Zweifaktorielle ANOVA für Wohndauer mit Zielort Marktplatz.....	48
Tabelle 24: Zweifaktorielle ANOVA für Wohndauer mit Zielort Nonnenhaus.....	48

Zusammenfassung

Um sich in der Umwelt zu orientieren müssen ständig räumliche Informationen aus dem Langzeitgedächtnis ins Arbeitsgedächtnis abgerufen und dort bearbeitet werden. Dieser Abruf kann je nach Aufgabe und Situation beeinflusst werden und die mentalen Karten, die bei solchen Abrufen entstehen, können unterschiedliche Orientierungen vorweisen. Um zu untersuchen welche Faktoren auf diese Orientierung einwirken, wurden Versuchspersonen, die sich innerhalb einer Computersimulation der Innenstadt von Tübingen, Deutschland, fortbewegen konnten, gebeten Kartenskizzen von ihnen vertrauten Orten in ihrer näheren Umgebung anzufertigen. Dabei hat sich vor allem ein Effekt der Laufrichtung hervorgehoben. Aber auch der Standort und die Körperausrichtung nahmen Einfluss auf die Skizzenorientierung. Es zeigte sich also deutlich, dass je nach Aufgabenstellung und aktueller Situation die Einflussfaktoren variieren können und die menschliche Orientierungsfähigkeit äußerst dynamischen Prozessen unterliegt. Außerdem wurde deutlich, dass eine virtuelle Simulation eine gut zu kontrollierende Untersuchungsmethode raumkognitiver Fragestellungen darstellt.

Abstract

For navigational tasks it is necessary to constantly recall spatial information from long-term memory and subsequently transfer it to the working memory, where it can be manipulated further. Depending on situation and task this recall can be affected by various factors. Mental maps, created alongside the recall of spatial information, can show different orientations. In order to investigate those factors, participants were asked to draw sketches of familiar places while walking through a virtual simulation of downtown Tübingen, Germany. Most notably was the effect of walking direction. Furthermore there was an influence of body orientation and local perspective on the sketch orientation. The results indicate that depending on situation and task influencing factors can vary and that there is a dynamic process underlying human navigation. Moreover this study shows that virtual reality has great potential in investigating problems in spatial cognition.

1 Einleitung

„Alles Leben ist Problemlösen“. Diese bekannte Aussage stammt vom berühmten Philosoph und Wissenschaftstheoretiker Karl Popper. Eines der größten Probleme, das im Leben der meisten Organismen, insbesondere des Menschen, gelöst werden muss, ist die Orientierung in der Umwelt in der sie leben und sich fortbewegen. Man kann die Feststellung Poppers deshalb auch zu Recht in „Alles Leben ist Navigation“ umformulieren. Ein wichtiger Bestandteil der Navigation ist das Abspeichern und spätere Abrufen von räumlicher Information in und aus dem Langzeitgedächtnis. Wenn Menschen beispielsweise einen bestimmten Zielort erreichen möchten, müssen sie sich ihrer aktuellen Position bewusst werden, und dann anschließend die Orientierung und Lage dieses Zielortes in Bezug zu dem eigenen Aufenthaltsort abrufen. Wie dieser Abruf ins Arbeitsgedächtnis aussieht hängt von vielen Faktoren ab. Einige dieser Faktoren werden in der vorliegenden Arbeit behandelt, wobei besonderes Augenmerk auf den Einfluss von Standort, Körperausrichtung und Eigenbewegung auf die Orientierung der mentalen Karten gelegt wurde.

1.1 Mentale Karten

Als kognitive oder mentale Karte wird die räumliche Repräsentation der Umwelt im Gehirn bezeichnet. Dabei kann es sich um eine Karte im wörtlichen Sinne handeln, d.h. die mentale Karte ist eine geographische Karte, wie beispielsweise eine Stadt- oder Landkarte, die von Neuronen im Hippocampus repräsentiert wird (O'Keefe und Nadel, 1978). Es wird jedoch angenommen, dass es sich bei einer mentalen Karte nicht unbedingt um eine geographische Karte handeln muss. Häufig wird der Analogiecharakter der Bezeichnung Karte betont. Demnach sieht eine mentale Karte so ähnlich aus wie eine Landkarte und funktioniert auch so ähnlich. Es können jedoch neben der rein geographischen auch zusätzliche Informationen enthalten sein und auch eine direkte neuronale Repräsentation der Landkarte im Hippocampus wird eher kritisch gesehen. Teilweise wird die mentale Karte sogar rein metaphorisch betrachtet, so als ob Menschen eine Karte im Kopf hätten an der sie sich orientieren (Kitchin, 1994). Lohmann konnte jedoch zeigen, dass skizzierte Karten, die von Versuchspersonen angefertigt wurden, zur Messung des Abrufes räumlicher Information aus dem Gedächtnis geeignet sind und diese Informationen auch akkurat darstellen (Lohmann, 2011).

1.2 Kanonische Ansichten

Werden Versuchspersonen nach Objekten oder Orten befragt weisen diese häufig typische Ansichten auf, die sich zwischen den Versuchspersonen nicht unterscheiden (Palmer et al., 1981). Diese auch kanonisch genannten Ansichten können durch verschiedene Faktoren entstehen. Saliente Eigenschaften und geometrische Strukturen eines Gebäudes oder Ortes,

beispielsweise die Eingangstüre einer Kirche, können eine kanonische Repräsentation im Langzeitgedächtnis erzeugen (Blanz et al., 1999). Diese salienten Eigenschaften können sich jedoch zwischen Personen unterscheiden, je nachdem welche Präferenzen vorliegen. Ein weiterer wichtiger Faktor stellt die Stabilität der Repräsentation in Bezug auf kleine Veränderungen dar. Es wird angenommen, dass Ansichten, die sich nur sehr gering bei Eigenbewegung des Betrachters verändern, bevorzugt gespeichert und abgerufen werden (Koenderink und van Doorn, 1982). Außerdem scheint die Anzahl an verdeckten Teilen wichtig zu sein. Je mehr vom Objekt oder Gebäude bei der aktuellen Ansicht verdeckt ist, desto schwieriger ist es diese zu speichern und für einen späteren Abruf zur Verfügung zu haben (Biederman und Gerhardstein, 1993). Von großer Bedeutung ist jedoch sicher auch die Bekanntheit einer bestimmten Ansicht. Viele Gebäude werden meistens aus einer ganz bestimmten Richtung aus betrachtet. Diese häufige Ansicht kann dann eine Art Trainingseffekt hervorrufen (Edelman und Bühlhoff, 1992). So wird z.B. die Stiftskirche in Tübingen aufgrund der Lage des Platzes auf dem sie sich befindet, meistens nur in Südrichtung von den Passanten angelaufen und gesehen (Röhrich et al., 2014). Röhrich et al. gehen davon aus, dass solche häufigen salienten Ansichten sich in vielen Kopien in der räumlichen Repräsentation im Sinne eines view-based-graph widerspiegeln. Aber auch die Funktionalität der kanonischen Ansicht ist ausschlaggebend. So zeigte sich, dass die jeweils gestellte Aufgabe und die Interaktion mit dem Objekt oder Ort in Zusammenhang mit der kanonischen Ansicht stehen (Blanz et al., 1999). Insgesamt scheint es eine komplexe Interaktion zwischen den genannten Faktoren zu geben, die dann schließlich eine kanonische Ansicht hervorbringen. Dabei wird von einem Zusammenspiel von Erfahrung, Aufgabe und Geometrie ausgegangen (Blanz et al., 1999).

1.3 Egozentrische und Allozentrische Repräsentation

Menschen bedienen sich zur Orientierung verschiedener Referenzsysteme. Hierbei werden in der Raumkognition hauptsächlich zwei Systeme unterschieden. Der egozentrische Referenzrahmen stellt die Person selbst ins Zentrum. Jegliche Orientierung geht von diesem beim Betrachter liegenden Ursprung aus. Dies bedeutet auch, dass sich alle räumlichen Informationen während der Eigenbewegung des Betrachters ändern und nicht konstant bleiben, sondern sich immer an der Blick- und Bewegungsrichtung orientieren (Klatzky, 1998). Aussagen wie „rechts von mir liegt das Rathaus“ sind typisch für egozentrische Koordinatensysteme. Im Gegensatz zu diesem Koordinatensystem mit dem Körper als Zentrum, schlagen Meilinger und Vosgerau noch ein weiteres egozentrisches Referenzsystem vor. Menschen können aufgrund von sich ändernden sensorischen Eindrücken sich in ihrer Umwelt orientieren. So verändert sich beispielsweise das Bild auf der Retina des Auges während der Fortbewegung. Diese Veränderungen werden teilweise schon vorab vom Gehirn

erwartet und es kann dann entsprechend darauf reagiert werden. Diese sensomotorische Kontingenz zwischen sensorischen Eindrücken und motorischen Handlungen stellt die räumliche Repräsentation eines Ortes dar (Meilinger und Vosgerau, 2010). Neben egozentrischen Repräsentationen der Umwelt gibt es noch allozentrische. Hier liegt der Ursprung des Koordinatensystems nicht beim Betrachter selbst, sondern an einem arbiträren Ort in der Umwelt. Dies hat zur Folge, dass sich das Referenzsystem nicht ändert, wenn sich die Person fortbewegt. Als Ursprung dienen häufig saliente Objekte, wie beispielsweise eine Kirche in der Stadt oder eine farbige Wand in einem Raum. Die Orientierung ist demnach in der Außenwelt verankert (May und Kluwe, 2000). „Zwischen Rathaus und Brunnen“, wäre eine allozentrische Ortsbeschreibung. Die beiden eben erwähnten Referenzsysteme werden jedoch häufig nicht getrennt voneinander, sondern kombiniert verwendet (Meilinger und Vosgerau, 2010). Dabei besteht eine gewisse hierarchische Struktur von egozentrischen und allozentrischen Repräsentationen, die aufeinander abgestimmt werden und die bei der Orientierung im Raum gleichzeitig zum Tragen kommen können (May und Kluwe, 2000). Ein anschauliches Beispiel bei dem sowohl allozentrische als auch egozentrische Repräsentationen mit einfließen, geben Meilinger und Vosgerau. Die Aussage „das Ziel ist links vom Baum“ enthält allozentrische Information in Form des Abstandes zwischen Ziel und Baum und egozentrische Information durch den Bezug links vom Baum, der sich je nach Köperausrichtung auch ändern könnte. In welchen Situationen welches Referenzsystem präferiert wird oder wie die Gewichtung einer möglichen Kombination ausfällt hängt unter anderem von der Eigenbewegung zwischen Präsentation des Ortes und dem Abruf aus dem Gedächtnis, der Größe und Struktur der Umgebung und der Erfahrung, die die Person in dieser Umgebung schon gemacht hat, zusammen (Burgess, 2006).

1.4 Einfluss des Standortes auf den Abruf räumlicher Information

Der Standort, an dem Versuchspersonen Skizzen von Orten außerhalb der Sichtweite zeichnen, wirkt sich teilweise erheblich auf die gewählte Orientierung der Zeichnung aus. Dies bedeutet, dass der Abruf von räumlichen Informationen über den Zielort aus dem Langzeitgedächtnis und die Übertragung in das Arbeitsgedächtnis von der Luftlinie zwischen Standort und Zielort beeinflusst wird (Röhrich et al., 2014). Röhrich et al. befragten Passanten an zehn verschiedenen Stellen in der Tübinger Innenstadt und baten sie im ersten Experiment eine Skizze des Holzmarktes und im zweiten eine Skizze des Marktplatzes anzufertigen. Die Abfrageorte wurden so gewählt, dass sie sich gleichmäßig um den Zielort verteilten. Die Zeichnungen fast aller Standorte zeigten dabei eine deutliche Beeinflussung durch die Luftlinie, d.h. die Skizzenorientierung entsprach der Richtung in die die Versuchspersonen laufen müssten, um zum Zielort zu gelangen. Außerdem konnte gezeigt werden, dass für den Holzmarkt und den Marktplatz eine kanonische Ansicht vorhanden ist. Der gefundene Effekt

tritt jedoch nur bei Zielorten in unmittelbarer Nähe auf. Bei Orten die weit entfernt liegen gibt es keinen Einfluss der Luftlinie mehr, hier überwiegt dann die kanonische Ansicht des Ortes. Ein ähnlicher Befund liegt auch bei Meilinger et al. vor. Versuchspersonen wurden an verschiedenen Orten in Tübingen gebeten, Karten von bestimmten Zielorten mit Hilfe von Karteikarten zu rekonstruieren. Auf den Karteikarten standen Bezeichnungen von prominenten Landmarken der Zielorte. Auch hier zeigte sich bei vielen Kartenrekonstruktionen eine Orientierung anhand der Luftlinie (Meilinger et al., 2015). Frankenstein et al. zeigten jedoch, dass gerade bei sehr vertrauten Orten auch eine Nordausrichtung, wie sie auf westlichen Landkarten zu finden ist, einen Einfluss auf die Orientierung in der Umwelt hat. Dies war sogar bei Versuchspersonen der Fall, die angegeben haben schon seit Jahren keine Landkarte ihrer Heimatstadt mehr in der Hand gehabt zu haben (Frankenstein et al., 2012).

Röhrich et al. schlagen ein ansichtsabhängiges Modell der Interaktion von Arbeits- und Langzeitgedächtnis vor. Hierbei entspricht eine allozentrische räumliche Repräsentation im Langzeitgedächtnis einer Sammlung von verschiedenen perspektivischen Ansichten. Als diese Ansichten abgespeichert wurden, waren sie vorerst egozentrischer Natur. Diese abgelegten Ansichten werden zur Orientierung abgerufen und können mit den aktuellen verglichen werden. In diesem Modell ist demnach keine Transformation von allozentrische in egozentrische Koordinaten beim Abruf notwendig. Ein Ort kann dann durch Abgleichen der Ansichten aus dem Langzeitgedächtnis und dem visuellen System wiedererkannt werden (Röhrich et al., 2014).

1.5 Konflikt zwischen Körperausrichtung und Luftlinie

Wie schon beschrieben, übt die Luftlinie einen Effekt auf den räumlichen Abruf aus. Aber auch andere Faktoren, wie die Körperausrichtung, können Einfluss darauf nehmen. So orientieren sich Versuchspersonen je nach Situation anhand der Luftlinie oder anhand der eigenen Körperausrichtung (Meilinger et al., 2015). Die Wahl scheint stark von der aktuellen Position der Versuchsperson in Bezug zum Zielort abzuhängen. Bei einer gleichen Ausrichtung von Körper und Luftlinie kann natürlich nicht unterschieden werden, welche Strategie angewendet wurde. Bei einer orthogonalen Ausrichtung des Körpers zum Zielort, bevorzugen die Versuchspersonen jedoch die eigene Körperausrichtung zur Orientierung. Bei einer genau entgegengesetzten Ausrichtung von Körper und Zielort überwiegt wiederum die Orientierung an der Luftlinie, die auch als lokale Perspektive bezeichnet wird (Meilinger et al., 2015).

1.6 Arbeits- und Langzeitgedächtnis

Im Langzeitgedächtnis werden Informationen über längere Zeiträume gespeichert und stehen zum Abruf und zur weiteren Manipulation zur Verfügung. Bei der räumlichen Repräsentation der Außenwelt wird von einer zumindest teilweisen hierarchischen Struktur des

Langzeitgedächtnisses ausgegangen (McNamara, 1986). So konnten Wiener und Mallot zeigen, dass räumliche Information hierarchisch in Regionen zusammengefasst wird und so auch explizit im räumlichen Gedächtnis vorliegt. Außerdem vermuten sie eine „Fine-to-Coarse“ Strategie bei der Routenplanung. D.h. Probanden gehen bei der Routenplanung schrittweise vor und rufen für die unmittelbare Umgebung detaillierte Informationen aus dem Langzeitgedächtnis ab aber nur sehr grobe für entfernte Orte (Wiener und Mallot, 2003). Das Arbeitsgedächtnis zeichnet sich durch eine nur temporäre Speicherung und Manipulation von Informationen aus. Diese Informationen können direkt aus der Umwelt oder aus dem Langzeitgedächtnis stammen. Beim Arbeitsgedächtnismodell von Baddeley wird eine weitere Unterteilung in eine Zentrale Exekutive, einen räumlich-visuellen Teil und eine phonologische Schleife (phonological loop) vorgenommen. Die Zentrale Exekutive steuert die Aufmerksamkeit und die phonologische Schleife speichert und verarbeitet Sprache. Der räumlich-visuelle Teil des Arbeitsgedächtnisses speichert und manipuliert Bilder, die entweder vom visuellen System stammen oder aus dem Langzeitgedächtnis abgerufen wurden (Baddeley, 1992). Dieser visuelle Teil spielt wiederum auch eine wichtige Rolle in der Ausbildung des räumlichen Langzeitgedächtnisses (Nikolić und Singer, 2007). Es zeigte sich, dass maximal vier verschiedene Zielorte gleichzeitig im Arbeitsgedächtnis gespeichert werden können. Abhängig von der Situation und der Aufgabestellung kann sich diese Speicherkapazität sogar auf einen Zielort reduzieren (Nikolić und Singer, 2007).

1.7 Beeinflussung durch Laufrichtung

Basten et al. konnten zeigen, dass die Skizzenorientierung von Probanden, die sich vorab vorstellen sollten, sie würden eine Route in der Tübinger Innenstadt ablaufen, durch diese mentale Reise beeinflusst werden können. So zeichneten die Versuchspersonen anschließend meist die entsprechende Orientierung, die sie auch während der mentalen Reise „gesehen“ haben. Dieser Effekt trat auf, obwohl sich die Probanden die ganze Zeit über auf der Morgenstelle an der Universität Tübingen befanden (Basten et al., 2012). Allein die mentale Vorstellung hatte schon ausgereicht und zeigt, dass nicht unbedingt eine reale Konstellation gegeben sein muss, um einen Effekt auf den Abruf von Ortsinformationen zu haben.

1.8 Virtuelle Realität und Simulationen

Demnach können auch Situationen und Reize aus virtuellen Simulationen zur Untersuchung solcher Effekte herangezogen werden. Der klare Vorteil virtueller Umgebungen besteht darin, dass eine sehr exakte Kontrolle der Versuchsbedingungen möglich ist und so eine gezielte Manipulation vorgenommen werden kann (Wiener und Mallot, 2003). Vor allem für visuelle und akustische Experimente sind virtuelle Simulationen gut geeignet. So kann natürliches

Verhalten unter quasi Laborbedingungen untersucht werden. Außerdem können auch Situationen erzeugt werden, die in der „Realität“ nicht umsetzbar wären oder ethischen Vorstellungen widersprechen würden (Bohil et al., 2011). Der technische Aufwand zur Realisierung solcher Simulationen ist momentan noch relativ hoch doch er sinkt von Jahr zu Jahr und schon heute sind eine Vielzahl an speziell für solche Zwecke angefertigter Computerprogramme vorhanden, einige sogar kostenlos. Bei virtuellen Simulationen ist der Immersions- oder Präsenzeffekt von entscheidender Rolle. Die Immersion beschreibt die physischen Reize, die auf die Versuchsperson eingehen. Dies können visuelle, akustische, somatosensorische und andere Stimuli sein. Umso mehr solcher Reize die Simulation abdeckt, d.h. umso näher sie der „Wirklichkeit“ kommt, desto stärker fällt die Präsenz aus. Mit Präsenz ist das Gefühl des „wirklich anwesend seins“ gemeint, welches bei genügend hoher Immersion dazu führen kann, dass Versuchspersonen zeitweise sogar vergessen, dass sie sich in einer Simulation befinden (Bohil et al., 2011). Bei einem Konflikt zwischen Reizen, die von der Simulation ausgehen und Reizen, die aus der „realen“ Umgebung kommen, kann es zur so genannten ‚Cybersickness‘ (Bohil et al., 2011) kommen. Typische Symptome sind Schwindel und Übelkeit. Durch eine Erhöhung der Immersion, beispielsweise durch das Laufen auf einem Laufband, anstatt nur der virtuellen Bewegung mit Hilfe einer Fernsteuerung, könnten solche unangenehmen Empfindungen vermieden werden.

1.9 Fragestellung

In der vorliegenden Arbeit soll untersucht werden, ob sich die Effekte auf die Skizzenorientierung die schon Röhrich et al., Basten et al. und Meilinger et al. zeigen konnten, auch in virtueller Umgebung finden lassen und ob möglicherweise Unterschiede zwischen „Realität“ und „Virtualität“ bestehen. Es wird angenommen, dass sich ein Einfluss der Luftlinie (H1), der Köperausrichtung (H2) und der Laufrichtung (H3) auf den Abruf von räumlichen Informationen aus dem Langzeitgedächtnis in das Arbeitsgedächtnis einstellt und sich in den resultierenden Skizzenorientierungen widerspiegelt. Der Einfluss der drei verschiedenen Effekte sollte je nach Situation unterschiedlich ausfallen und eine verschiedene Gewichtung aufweisen. Das hier beschriebene Experiment ist eines der ersten, die in dieser Form durchgeführt wurden. Die Versuchspersonen befanden sich die ganze Zeit über innerhalb der Simulation und haben diese erst nach Beendigung des Experimentes verlassen.

2 Material und Methoden

Um den Abruf von Ortsinformationen aus dem Langzeitgedächtnis in virtueller Umgebung zu untersuchen, wurden Probanden gebeten eine Karte ihnen vertrauter Orte der Tübinger Innenstadt zu zeichnen. Die Probanden befanden sich bei dem Experiment jedoch nicht in der Innenstadt Tübingens, sondern immer in einem Versuchsraum der Universität Tübingen, der sich auf der Morgenstelle in Tübingen befand (Abbildung 1). Um sich durch die Stadt bewegen zu können, wurde eine Computersimulation namens Virtual-Tübingen, die vom *Max Planck Institute for Biological Cybernetics* entwickelt wurde, verwendet (Abbildung 2). Der begehbare Bereich dieser Simulation beschränkt sich jedoch auf einen kleinen Teil der Innenstadt (Abbildung 1). Zusätzlich zu den angefertigten Skizzen wurden über einen Fragebogen am Ende des Experiments Daten über Alter, Geschlecht und Wohndauer aufgenommen. Außerdem musste jede Versuchsperson eine Selbsteinschätzung der eigenen Orientierungsfähigkeit und Ortskenntnis auf einer Skala von 1 (sehr schlecht) bis 9 (sehr gut) abgeben. Abschließend wurden die Probanden auf dem Fragebogen nach dem empfundenen Schwierigkeitsgrad des Versuches (1 = sehr schwer, 9 = sehr einfach) und dem dabei erlebten Spaß (1 = überhaupt nicht, 9 = sehr viel Spaß) befragt.

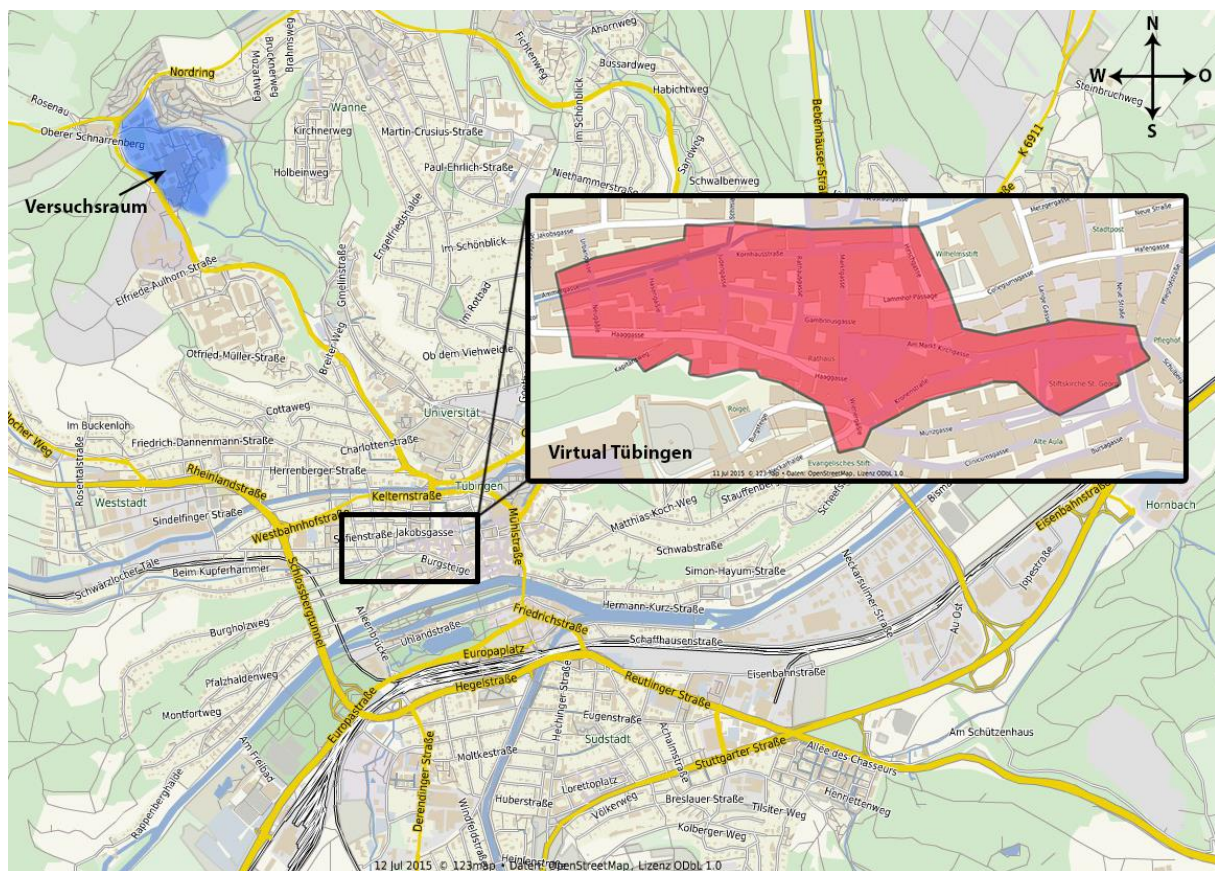


Abbildung 1: Karte der Stadt Tübingen in Deutschland. Der Blaue Bereich markiert die Morgenstelle, ein Teil des Universitäts-Campus, auf dem das Experiment durchgeführt wurde. Der Pfeil deutet die Lage des Versuchsraumes an. Die vergrößerte rote Fläche zeigt den begehbaren Bereich der ‚Virtual Tübingen‘ Simulation. Kartenmaterial: © OpenStreetMap



Abbildung 2: Impressionen aus der Virtual Tübingen Simulation. Links: Blick vom Rathaus auf den Marktplatz. Rechts: Blick auf die Stiftskirche auf dem Holzmarkt.

2.1 Versuchspersonen

An dem Experiment nahmen 41 Versuchspersonen teil. Die Teilnahme war unentgeltlich und fand freiwillig statt. Die meisten Probanden meldeten sich aufgrund einer universitätsinternen Rundmail. Deshalb waren viele Versuchspersonen aus dem Umfeld der Universität Tübingen. Von den 41 Versuchspersonen waren 24 männlich und 17 weiblich. Das durchschnittliche Alter betrug 26.7 Jahre ± 11.6 Jahre (SD). Die Versuchspersonen lebten im Mittel schon 130 Monate ± 137.5 Monate (SD) in Tübingen. Die Selbsteinschätzung ergab im Durchschnitt eine Orientierungsfähigkeit von 6.1 ± 2.3 (SD), eine Ortskenntnis von 6.5 ± 1.6 (SD), eine Schwierigkeit von 6.3 ± 1.5 (SD) und einen Spaßfaktor von 8.4 ± 0.9 (SD) (Tabelle 1).

Tabelle 1: Zusammenfassung aller über den Fragebogen erhobenen Daten. Mittleres Alter in Jahren, mittlere Wohndauer in Monaten und Geschlecht. Außerdem mittlere Orientierungsfähigkeit, mittlere Ortskenntnisse, mittlere Schwierigkeit und mittlerer Spaß (auf einer Skala von 1 bis 9). Alle Mittelwerte sind zusätzlich mit der Standardabweichung angegeben (\pm SD).

	Alter [Jahre]	Wohndauer [Monate]	Männlich	Weiblich	Orientierungsfähigkeit	Ortskenntnisse	Schwierigkeit	Spaß
A Ost	26.4 ± 10.9	170.8 ± 147.5	8	3	7.3 ± 0.8	$7.1v \pm 1.1$	6.9 ± 1.2	7.9 ± 1.5
A West	23.6 ± 7.8	51.1 ± 82.4	4	6	4.6 ± 2.5	5.6 ± 1.7	5.5 ± 1.6	8.5 ± 0.5
B Ost	26.9 ± 13.7	165.5 ± 145.2	6	4	6.4 ± 2.2	6.6 ± 1.6	6.3 ± 1.9	8.5 ± 0.7
B West	30.1 ± 16.4	128.5 ± 152.2	6	4	5.9 ± 2.6	6.5 ± 1.9	6.6 ± 1.2	8.6 ± 0.5
Gesamt	26.7 ± 11.6	130 ± 137.5	24	17	6.1 ± 2.3	6.5 ± 1.6	6.3 ± 1.5	8.4 ± 0.9

2.2 Apparatur

Um die Simulation für dieses Experiment einsetzen zu können, wurde sie in die Computerspiel-Engine Unity des Unternehmens Unity Technologies implementiert und teilweise modifiziert. So wurden unter anderem ein Model der Stiftskirche auf dem Holzmarkt (Marc Halfmann) und ein Model eines Lastwagens, der als Sichtblockade fungierte, eingefügt. Zur Darstellung der Simulation diente ein Head-Mounted-Device (Oculus Rift Development Kit 2: Crystal Cove) der Firma Oculus VR. Auf diesem wurde über zwei Bildschirme, je einer pro Auge, eine Ego-Perspektive der Umwelt erzeugt, so als ob die Versuchsperson diese wirklich selbst mit eigenen Augen sehen würde. Dieses Head-Mounted-Device (HMD) wurde von den Probanden

kurz vor Beginn des Experiments im Stehen aufgesetzt und den gesamten Versuch hindurch aufbehalten. Um sich fortbewegen zu können, mussten die Probanden eine Fernsteuerung (X-Box Gamepad der Firma Microsoft) benutzen. Mit der Hilfe des Sticks der Fernsteuerung konnten sie sich entweder vorwärts oder rückwärts bewegen. Die Richtung der Bewegung wurde dabei durch die momentane Blickrichtung der Versuchsperson vorgegeben. Durch Drehen des Kopfes konnte demnach die Bewegungsrichtung verändert werden. Die Zeichnungen wurden innerhalb der virtuellen Umgebung angefertigt. Das bedeutete, die Probanden mussten zu keiner Zeit das HMD abnehmen. Dadurch wurde die Immersion während des Zeichnens aufrechterhalten und ein Hin- und Herspringen zwischen Simulation und Versuchsraum verhindert. Gezeichnet wurde auf weißen DIN A4 Papier. Das Papier befand sich auf einem Pult, das mit einer digitalen Videokamera ausgestattet war. Das Bild dieser Kamera wurde in die Simulation übermittelt und auf einem Oval auf Tischhöhe direkt vor der Versuchsperson angezeigt. Diese ovale Darstellung sollte die Versuchspersonen daran hindern sich an Ecken und rechten Winkeln des Papiers zu orientieren und eine differenziertere räumliche Darstellung hervorrufen. Immer wenn die Versuchsperson zeichnen sollte, wurde ihr das Pult hingestellt. Sie konnte nun ihre Hände darauf ablegen, wodurch diese über die Kamera in der Simulation sichtbar wurden. Anschließend konnte so der Stift ergriffen werden und die Versuchsperson konnte anfangen eine Skizze des gefragten Ortes anzufertigen. Das Bild auf dem HMD wurde zusätzlich auch auf dem Bildschirm des Computers, auf dem die Simulation lief, angezeigt. So war es dem Versuchsleiter möglich, alle Aktionen der Probanden innerhalb der Simulation zu verfolgen.

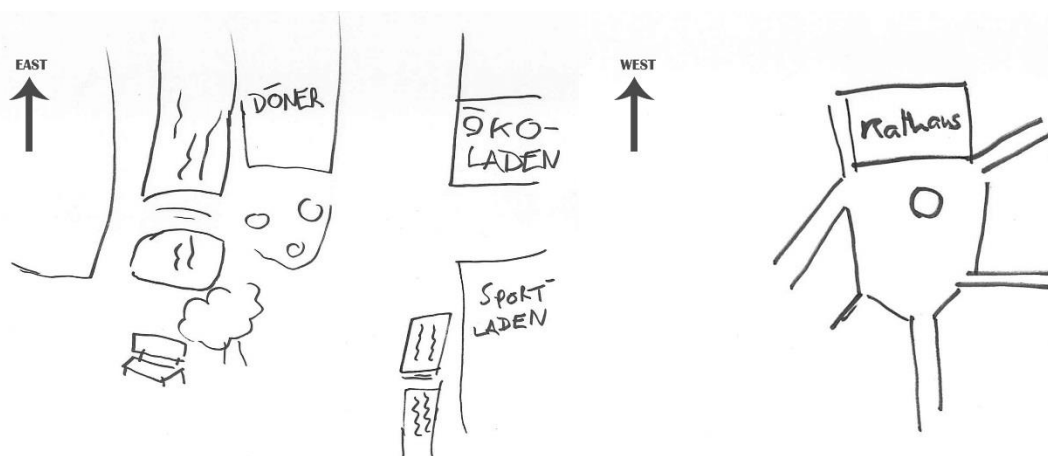


Abbildung 3: Exemplarische Skizzen. Links: Skizze der Krümmen Brücke. Rechts: Skizze des Marktplatzes. Der Pfeil gibt die von den Ratern vergebene Orientierung der Zeichnung an.

2.3 Prozedur

Jeder Versuchsdurchlauf begann damit, dass die Versuchsperson eine schriftliche Belehrung und Versuchsanleitung in Papierform vorgelegt bekam. Darin wurde sie über den Versuchsablauf und die möglichen Risiken informiert. Danach zog die Versuchsperson das

HMD auf und bekam vom Versuchsleiter ein Gamepad in die Hand. Der ganze Versuch wurde im Stehen durchgeführt und konnte zu jedem beliebigen Zeitpunkt von der Versuchsperson abgebrochen werden, ohne irgendwelche Gründe angeben zu müssen. Es wurde jedoch keiner der Versuchsdurchläufe abgebrochen, lediglich zwei Probanden mussten das Experiment im Sitzen beenden.

Als erstes folgte eine Übungsphase, in der sich die Versuchsperson an die Computersimulation und die dabei entstehenden visuellen Eindrücke gewöhnen konnte. Diese Übungsphase beinhaltete immer die gleiche Route durch Tübingen (Abbildung 4). Die Probanden wurden durch den Versuchsleiter verbal angeleitet und durch Angaben, wie „hier bitte rechts“, die Route entlang geführt. Am Ende der Übungsphase musste jede Versuchsperson eine Zeichnung des Platzes bei der Neuen Aula in der Wilhelmstraße in Tübingen anfertigen. Dabei handelt es sich, vor allem bei Studenten, um einen sehr bekannten und häufig besuchten Platz.

Erreichte die Versuchsperson die Stelle in der Simulation, an der eine Skizze angefertigt werden sollte, wurde sie durch die Aufforderung des Versuchsleiters: „Bitte fertigen sie eine Kartenskizze von dem Platz bei der Neuen Aula an“ gebeten eine Skizze zu zeichnen. Dabei wurde kein Zeitdruck ausgeübt. Jeder Proband konnte sich so viel Zeit zum Skizzieren lassen, wie er wollte. Nachdem die Skizze fertiggestellt war, wurde die Versuchsperson an ihren jeweiligen Startort für die folgende Testphase teleportiert. Der Startpunkt hing von der jeweiligen Versuchsgruppe ab.

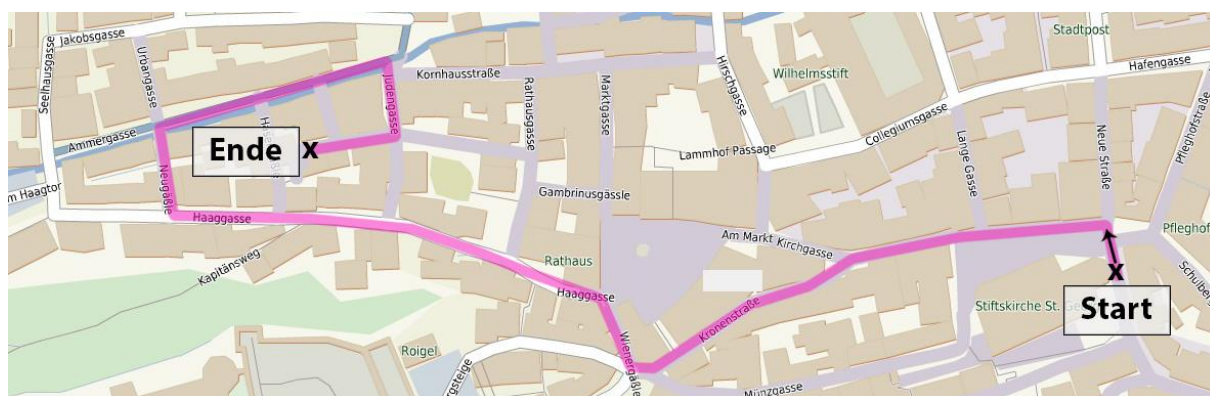


Abbildung 4: Route der Übungsphase (pink unterlegt). Der Startpunkt lag im Osten der Simulation bei der Stiftskirche auf dem Holzmarkt. Das Ziel der Übungsphase lag in einer kleinen Gasse namens Süßenloch.

Die Probanden wurden alternierend in vier verschiedene Versuchsgruppen mit je unterschiedlichen Bedingungen eingeteilt. Zwei Versuchsgruppen begannen die Testphase beim östlichen Startpunkt. Die zwei anderen Versuchsgruppen begannen beim westlichen. Als Zielorte dienten der Platz bei der Krumpfen Brücke, das Nonnenhaus und der Marktplatz. Jede Versuchsperson musste diese drei Zielorte während der Testphase zeichnen. Als Standorte,

an denen diese Zeichnungen angefertigt wurden, dienten drei Stellen in Tübingen. Eine Stelle befand sich beim Holzmarkt, eine beim Café Hirsch und eine im Neugäßle (Abbildung 5). Der Zielort Krumme Brücke stellte den einzigen Zielort dar, der von den Versuchspersonen tatsächlich besucht und überquert werden konnte. Die beiden anderen Zielorte waren für die Versuchspersonen nicht begehbar und außer Sichtweite. Das Nonnenhaus lag nicht im begehbaren Bereich der Simulation und der Marktplatz war nicht Teil der Route. Um den Versuchspersonen beim Vorbeigehen am Marktplatz die Sicht zu verdecken, wurde ein Lastwagenmodell in den Weg gestellt.

Die zwei schon erwähnten Versuchsgruppen wurden jeweils in zwei weitere Untergruppen aufgeteilt. Jeder Zielort wurde von zwei verschiedenen Stellen aus gezeichnet. Deshalb ergaben sich pro Startposition nochmal je zwei weitere Bedingungen. Eine Versuchsgruppe zeichnete immer von Position A aus und die andere von B aus. Dadurch ergaben sich insgesamt vier Versuchsgruppen. Der Einfachheit halber wurden diese als A-Ost, A-West, B-Ost und B-West bezeichnet. Dabei starteten die Probanden aus der Versuchsgruppe A-Ost am östlichen Startpunkt und mussten die drei Zielorte beim entsprechenden Zeichenort A skizzieren. Genauso verhielt es sich entsprechend für die anderen Versuchsgruppen (Tabelle 2).

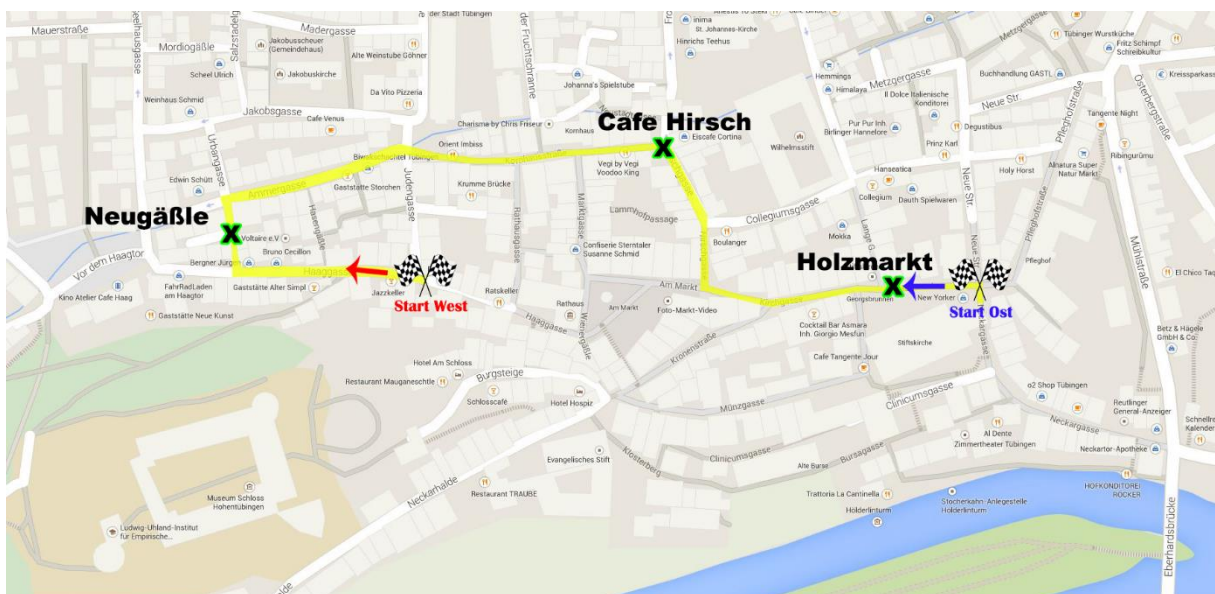


Abbildung 5: Route der Testphase (gelb unterlegt). Eingetragen sind die beiden Startpunkte Ost und West. Der Startpunkt Ost lag bei der Stiftskirche auf dem Holzmarkt. Der Startpunkt West lag in der Haaggasse. Die mit x-markierten Stellen sind Abfrageorte, an denen jeweils ein Zielort skizziert werden sollte. Dabei handelte es sich um eine Stelle auf dem Holzmarkt, eine beim Café Hirsch und eine im Neugäßle.

Tabelle 2: Startpunkte und Abfrageorte der vier verschiedenen Versuchsgruppen.

	Versuchsgruppe			
	A-Ost	A-West	B-Ost	B-West
Startpunkt	Ost	West	Ost	West
Krumme Brücke	A (Café Hirsch)	A (Café Hirsch)	B (Neugäßle)	B (Neugäßle)
Marktplatz	A (Neugäßle)	A (Neugäßle)	B (Holzmarkt)	B (Holzmarkt)
Nonnenhaus	A (Holzmarkt)	A (Holzmarkt)	B (Café Hirsch)	B (Café Hirsch)
Neue Aula	X (Süßenloch)	X (Süßenloch)	X (Süßenloch)	X (Süßenloch)

Ein Proband startete an der jeweiligen Startposition und musste dann einer Route, die durch dreidimensionale Pfeile angezeigt wurde, folgen. An den jeweiligen Zeichenorten wurde die Versuchsperson durch das Einblenden des ovalen Blattes angehalten. Sie konnte sich nun nicht mehr fortbewegen, lediglich Umschauen durch Kopfbewegung war noch möglich. Nun wurde sie durch den Versuchsleiter aufgefordert einen bestimmten Ort zu zeichnen. Beim Zielort Krumme Brücke war der Wortlaut: „Bitte fertigen Sie eine Kartenskizze des Platzes bei der Krümmen Brücke an.“ Dementsprechend war der Wortlaut beim Marktplatz: „Bitte fertigen Sie eine Kartenskizze des Marktplatzes an“, und beim Nonnenhaus: „Bitte fertigen Sie eine Kartenskizze des Nonnenhauses und seiner Cafés an“.

Nach Beendigen der Testphase, durfte die Versuchsperson das HMD abnehmen und wurde gebeten einen Fragebogen auszufüllen. Über den gesamten Verlauf des Experiments wurden die Positionskordinaten und die Körperausrichtung der Probanden geloggt und anschließend abgespeichert. Die von den Versuchspersonen angefertigten Skizzen wurden von drei unabhängigen Ratern bewertet. Jeder Skizze wurde eine Ausrichtung bzw. Orientierung in Form einer Himmelsrichtung zugeteilt. In Betracht gezogen wurden ausschließlich die Himmelsrichtungen Nord, Nordost, Ost, Südost, Süd, Südwest, West und Nordwest. Das Rating der Skizzen orientierte sich an der Himmelsrichtung, die oben auf der Kartenskizze zu finden war. Zeichnete ein Proband beispielsweise das Rathaus auf dem Marktplatz an oberer Stelle auf das Papier, dann wurde die Skizze als West-up eingestuft, da sich das Rathaus im Westen des Marktplatzes befindet. Bei den drei Zielorten Krumme Brücke, Nonnenhaus und Marktplatz ergab sich eine absolute Übereinstimmung der drei Rater bei 60 % der Zeichnungen (74 von 123). In Abbildung 3 sind beispielhaft zwei solche Kartenskizzen dargestellt. Das Fleiss' Kappa diente als Maß für die Interrater-Reliabilität und lag bei 0.68 (Konfidenzintervall: 0.67-.070). Damit lag eine ‚beachtliche Übereinstimmung‘ vor (Landis und Koch, 1977). Dennoch würden so 40 % aller Zeichnungen aus der abschließenden Auswertung rausfallen. Deshalb wurden alle Zeichnungen behalten, bei denen zumindest eine

zweidrittel Übereinstimmung vorlag. Es wurden demnach 99 % (122 von 123) aller Zeichnungen der drei Zielorte übernommen. Die Skizzen der Neuen Aula wurden nur von zwei unabhängigen Ratern begutachtet. Dabei kam es bei 85 % (35 von 41) der Zeichnungen zu einer Übereinstimmung. Da nur zwei Rater beteiligt waren wurde der Cohen's Kappa berechnet. Dieser lag bei 0.83. Es wurden nur die 35 Zeichnungen in der weiteren Auswertung übernommen, bei denen sich beide Rater einig waren.

Um die Skizzenorientierungen weiter analysieren zu können, wurden die Himmelsrichtungen in Gradzahlen und Radiant umgewandelt. Eine Ost-Orientierung entsprach dabei einem Winkel von 0° . Die weiteren Himmelsrichtungen wurden dann gegen den Uhrzeigersinn in Grad konvertiert. Demnach entsprach eine Nord-Orientierung 90° und eine Südost-Orientierung 315° usw.

Zur Auswertung der erhobenen Daten wurden die Programme MatLab der Firma MathWorks und Microsoft Excel 2013 verwendet. Aufgrund des Vorliegens von zirkulären Daten wurde auf Methoden der zirkulären Statistik zurückgegriffen. Dazu diente vor allem die ‚Circular Statistics MatLab Toolbox‘ von Philipp Berens (Berens, 2009). Zur Analyse der Verteilung der absoluten Histogramme der Skizzenorientierungen wurden ein χ^2 -Test nach Pearson und zur Untersuchung der zirkulären Histogramme der Watson-Williams Test (Einfaktorielle ANOVA), der Harrison-Kanji Test (Zweifaktorielle ANOVA), der Rayleigh Test und der V-Test verwendet (Berens, 2009).

3 Ergebnisse

Um zu untersuchen, wie Menschen räumliche Informationen von vertrauten Orten aus dem Langzeitgedächtnis in das Arbeitsgedächtnis abrufen, wurden Versuchspersonen aus der Stadt Tübingen in Deutschland gebeten Kartenskizzen von bekannten Orten und Plätzen in Tübingen anzufertigen. Diese Skizzen dienten anschließend zur Auswertung der Orientierung der kognitiven Repräsentation dieser Orte im Arbeitsgedächtnis.

3.1 Fragebogen

Mit Hilfe eines Fragebogens wurden das Alter, Geschlecht, Wohndauer, die Orientierungsfähigkeit, Ortskenntnisse, Schwierigkeit und Spaß der jeweiligen Versuchsperson ermittelt (Tabelle 1). Alle erhobenen Daten verteilten sich gleichmäßig auf die vier Versuchsgruppen. Nur die Wohndauer zeigte eine Abweichung bei Versuchsgruppe A-West. Der geringste Unterschied lag dabei zwischen A-West und B-West. Dieser betrug ca. 77 Monate (Tabelle 1). Die Standardabweichungen (Abbildung 6) der einzelnen Gruppen lagen jedoch sehr hoch und eine einfaktorielle ANOVA ergab keinen signifikanten Unterschied zwischen den vier Versuchsgruppen (Tabelle 3).

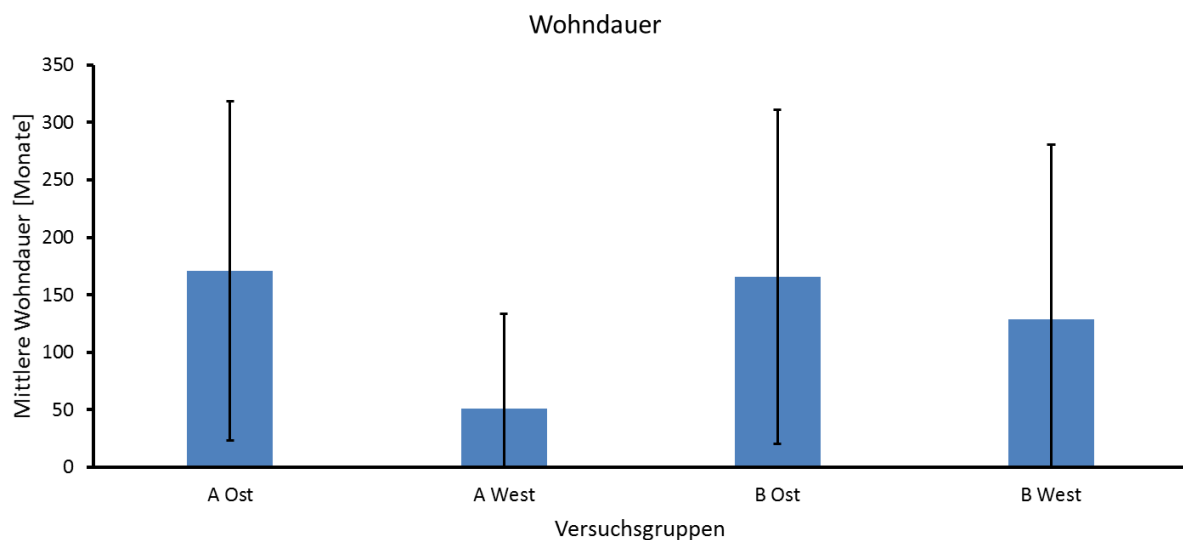


Abbildung 6: Mittlere Wohndauer in Monaten der vier Versuchsgruppen A-Ost, A-West, B-Ost und B-West. X-Achse: Versuchsgruppe. Y-Achse Mittlere Wohndauer [Monate]. Fehlerbalken entsprechen der Standardabweichung

Tabelle 3: Einfaktorielle ANOVA Tabelle. Getestet wurde der Unterschied der Wohndauer der vier verschiedenen Versuchsgruppen A-Ost, A-West, B-Ost und B-West. d.f.: degrees of freedom SS: Sum of Squares. MS = Mean Square. F: F-Statistik.

Quelle	d.f.	SS	MS	F	p
Versuchsgruppen	93204.46	3.00	31068.15	1.70	0.18
Fehler	676871.54	37.00	18293.83	[]	[]
Total	770076.00	40.00	[]	[]	[]

Trotzdem wurde untersucht, ob es einen möglichen Effekt der Wohndauer auf die Skizzenorientierungen gab. Dazu wurden die Versuchspersonen in zwei Kategorien aufgeteilt. Eine Kategorie enthielt Probanden, die weniger als 48 Monate in Tübingen gelebt haben und eine Kategorie Probanden die länger als 48 Monate in Tübingen wohnhaft waren. Ein Harrison-Kanjii Test für zirkuläre Daten (Berens, 2009), der wie eine zweifaktorielle ANOVA angewendet werden kann, ergab keinen signifikanten Effekt der Wohndauer auf die Skizzenorientierung (Krumme Brücke: $p = 0.57$, Marktplatz: $p = 0.36$, Nonnenhaus: $p = 0.39$, für die ANOVA siehe Tabelle 22, Tabelle 23 und Tabelle 24 in Anhang).

3.2 Skizzen

Die Verteilung der Skizzenorientierungen der Zielorte Krumme Brücke, Marktplatz und Nonnenhaus wich signifikant von einer Gleichverteilung ab ($\chi^2(7, N = 123) = 39.43; p < 0.001$) und unterscheidet sich auch signifikant zwischen allen Zielorten (Tabelle 4).

Tabelle 4: Einfaktorielle ANOVA Tabelle nach Watson-Williams. Getestet wurde der Unterschied der Skizzenorientierungen für alle Zielorte zwischen den vier Versuchsgruppen A-Ost, A-West, B-Ost und B-West. d.f. = degrees of freedom. SS = Sum of Squares. MS = Mean Square. F = F-Statistik.

Quelle	d.f.	SS	MS	F	p
Versuchsgruppen	11.00	53.15	4.83	14.38	1.11E-16
Residual	110.00	45.49	0.41	[]	[]
Total	121.00	98.64	[]	[]	[]

Die erste Zeichnung, die eine Versuchsperson anfertigen musste, könnte sich auf die Orientierung der weitem Skizzen auswirken. Es gab außer bei B-Ost keinen solchen Reihenfolgeeffekt (Tabelle 5).

Tabelle 5: Reihenfolgeeffekt. V-Test der vier Versuchsgruppen A-Ost, A-West, B-Ost und B-West gegen die mittlere Richtung der ersten Skizze.

	A Ost	A West	B Ost	B West
p	0.183	0.814	0.001	0.290
V-Statistik	2.924	-2.828	9.583	1.746

3.3 Krumme Brücke

Die Krumme Brücke ist ein öffentlicher und rege besuchter Platz in der Tübinger Innenstadt. Dort befinden sich viele Geschäfte und Restaurants und er ist den meisten Tübingern gut vertraut. Die beiden Abfrageorte, an denen die Versuchspersonen die Krumme Brücke zeichnen sollten, lagen beim Café Hirsch (A siehe Abbildung 8) und im Neugäßle (B siehe Abbildung 8).

Die absoluten Häufigkeiten der Skizzenorientierungen, angegeben in Himmelsrichtungen, sind als Histogramme in Abbildung 7 zu sehen. Auf dem Kartenausschnitt, der den begehbaren Bereich der Simulation zeigt, wurden die Kreishistogramme der jeweiligen Versuchsgruppe abgebildet (Abbildung 8). Hierbei handelt es sich nun um die Histogramme der in Gradangaben umgewandelten Skizzenorientierungen. Mit drei Skizzen war die Orientierung Nordwest bei der Versuchsgruppe A-Ost am häufigsten. Bei A-West war es Osten mit sechs Skizzen. Bei B-Ost waren Nordwesten und Westen mit vier Skizzen gleich häufig und bei B-West war Osten mit vier Skizzen am stärksten vertreten (Abbildung 7).

Die Hauptrichtung der Kreishistogramme wird durch den ‚Resultant Vector‘ wieder gegeben (rote Linie in Abbildung 8). Er ist das Ergebnis einer Vektoraddition aller Skizzenorientierungen. Die Richtung dieses Vektors wird durch den zirkulären Mittelwert des Kreishistogramms bestimmt. Die Länge ist ein Maß dafür, wie konzentriert die Werte um diese Hauptrichtung liegen. Ein langer Resultant Vector \vec{r} zeugt von einer hohen Konzentration, d.h. einer geringen Abweichung der Daten von der Hauptrichtung. Dementsprechend kann auch die Varianz über die Länge des Resultant Vectors angegeben werden (Varianz = $1-R$). Aufgrund dieses Zusammenhangs wurde im Folgenden nur noch die Resultant Vector Länge R angegeben. Die Hauptrichtung bei A-Ost lag ungefähr in Nordwest Richtung ($R = 0.45$). Bei A-West in Nordost Richtung ($R = 0.58$), bei B-Ost in Nordwest Richtung ($R = 0.58$) und bei B-West in Nordost Richtung ($R = 0.69$).

Die Verteilungen der Skizzenorientierungen von A-West ($z = 3.4$, $p = 0.03$), B-Ost ($z = 3.34$, $p = 0.03$) und B-West ($z = 4.72$, $p < 0.01$) unterschieden sich alle signifikant von einer Gleichverteilung um den Kreis (Rayleigh Test). A-Ost war nicht signifikant ungleichmäßig verteilt ($z = 2.05$, $p = 0.13$).

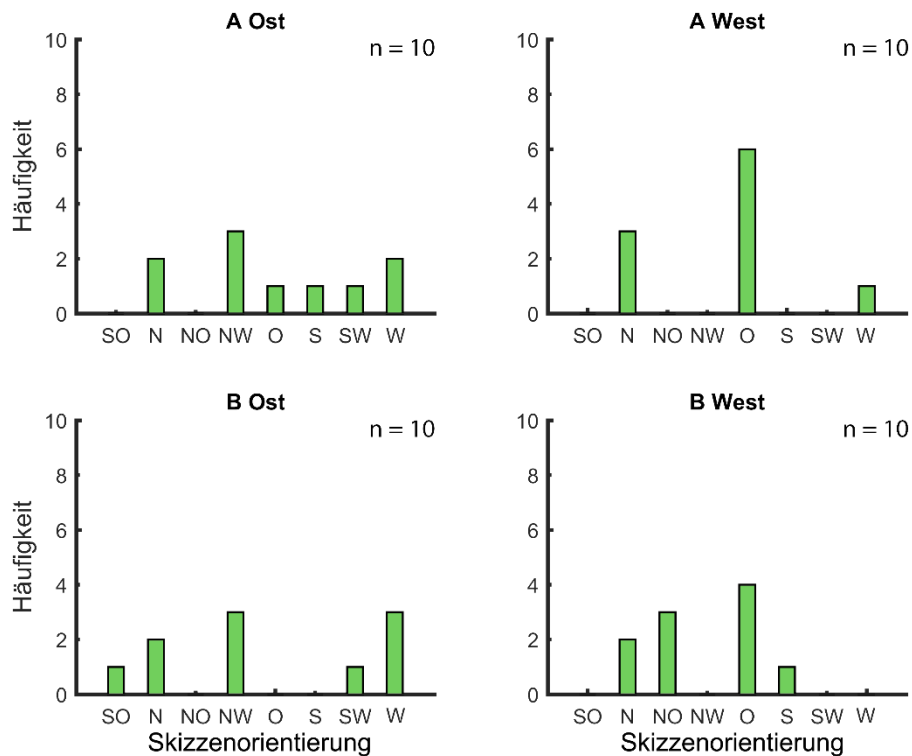


Abbildung 7: Absolute Histogramme für den Zielort Krumme Brücke. Links Oben: A-Ost. Links Unten: B-Ost. Rechts Oben: A-West. Rechts Unten: B-West. X-Achse: Skizzenorientierung in Himmelsrichtungen. Y-Achse: Absolute Häufigkeit. Die Stichprobengröße lag bei allen Versuchsgruppen bei $n = 10$.

Die Skizzenorientierungen zwischen den vier Versuchsgruppen waren signifikant unterschiedlich (Tabelle 6).

Tabelle 6 : Einfaktorielle ANOVA Tabelle nach Watson-Williams. Getestet wurde die Skizzenorientierung der Versuchsgruppen A-Ost, A-West, B-Ost und B-West. Zielort war die Krumme Brücke. d.f. = degrees of freedom. SS = Sum of Squares. MS = Mean Square. F = F-Statistik.

Quelle	d.f.	SS	MS	F	p
Versuchsgruppen	3.00	11.57	3.86	10.35	0.00005
Residual	36.00	16.98	0.47	[]	[]
Total	39.00	28.55	[]	[]	[]

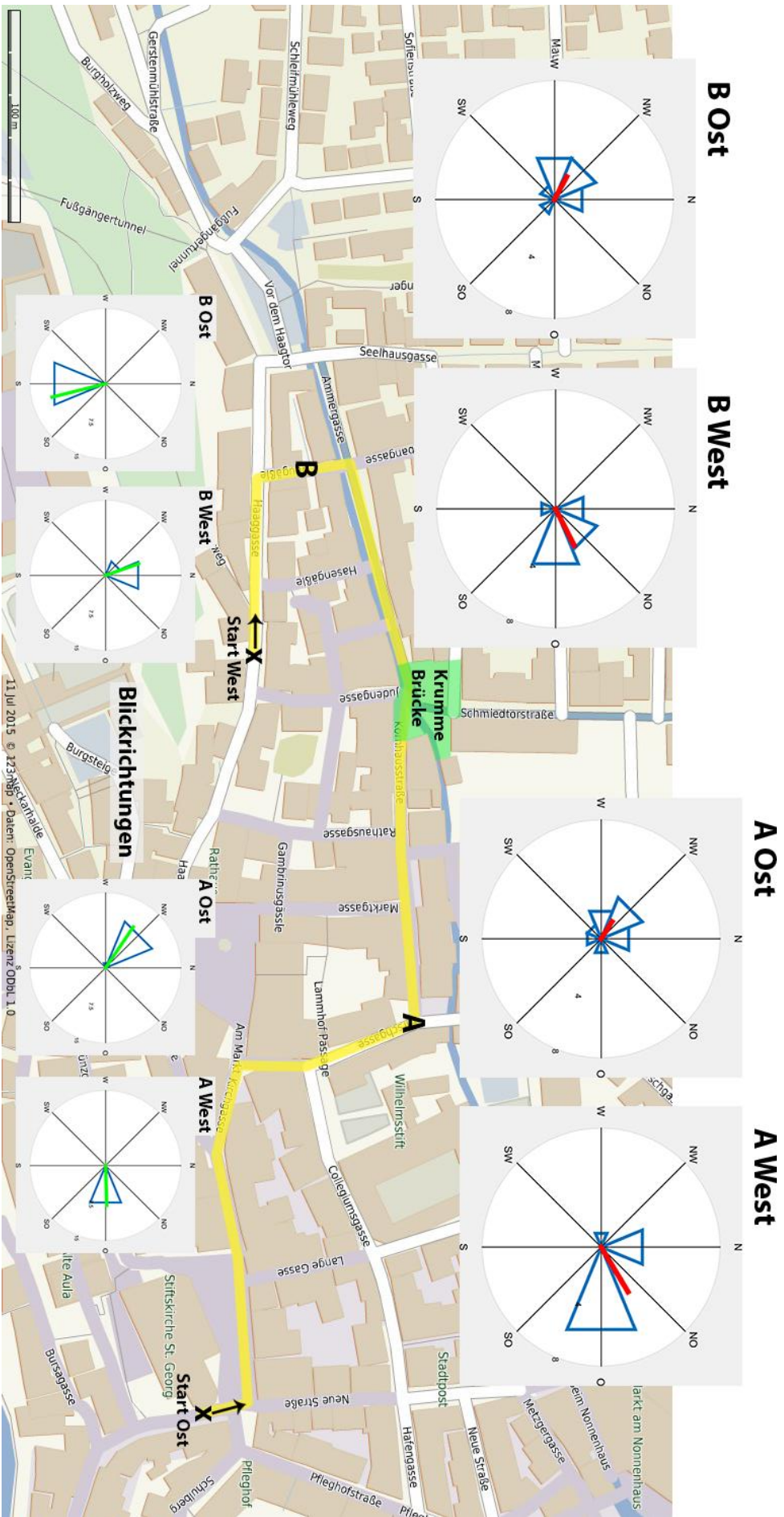


Abbildung 8: Kartenausschnitt von Tübingen, der dem begehbaren Bereich der Simulation entspricht. Gelb unterlegt ist die abgelaufene Route. Der Zielort Krumme Brücke ist grün markiert. Zeichenort A: Café Hirsch. Zeichenort B: Neugäßle. Eingetragen sind die Kreisdiagramme der Versuchsruppen A-Ost, A-West, B-Ost und B-West. Die rote Linie in den Kreisdiagrammen stellt den Resultant Vector dar. Die Richtung dieses Vektors entspricht der mittleren Skizzenorientierung. Die unteren Kreisdiagramme mit grünen Resultant Vector zeigen die Blickrichtung der Versuchspersonen der Versuchsruppen A-Ost, A-West, B-Ost und B-West.

Um eine mögliche Beeinflussung der Skizzenorientierung durch den jeweiligen Startpunkt, die Luftlinie zum Zielort, die Blickrichtung der Probanden während dem Zeichnen und die Anmarschrichtung, in der die Probanden die Krumme Brücke vor dem Zeichnen überquert haben (A-West und B-Ost) oder kurz danach überqueren mussten (A-Ost und B-West), zu überprüfen wurde ein V-Test verwendet (Berens, 2009). Die Blickrichtung der Versuchspersonen wurde anhand der geloggtten Positionsdaten ermittelt und ist in Abbildung 8 als Kreishistogramm mit grünem Resultant Vector dargestellt worden. Bei A-Ost lag sie bei 146° (\cong Nordwest), bei A-West 1.7° (\cong Ost), bei B-Ost 284.4° (\cong Südsüdost) und bei B-West bei 109.5° (\cong Nordnordwest). Die Anmarschrichtung auf die Krumme Brücke stellte den Winkel dar, mit dem die Probanden auf die Krumme Brücke zu liefen. Dieser wurde anhand der Karte mit Hilfe eines Bildbearbeitungsprogramms gemessen und betrug für den Zeichenort A-Ost und B-Ost 170° (\cong West) und bei A-West und B-West 20° (\cong Nordnordost). Genauso wurde auch mit der Luftlinie verfahren. Sie lag beim Zeichenort A (Café Hirsch) 178° (\cong West) und beim Zeichenort B (Neugäßle) 1.7° (\cong O). Hierbei wurde der Winkel zwischen Zeichenposition und Mittelpunkt des Areals der Krummen Brücke gemessen. Der Mittelpunkt wurde dabei mit Hilfe des Bildbearbeitungsprogramms geschätzt. Bedingt durch die Vorgehensweise des V-Tests wurde immer eine Verteilung der Skizzenorientierung pro Zeichenort mit einer vorgegebenen Mittleren Richtung verglichen. Deshalb ergaben sich beim Vergleich der einzelnen Standorte auch immer zwei Testergebnisse. Einmal wurde die Verteilung des ersten Standortes mit der Hauptrichtung des zweiten verglichen und einmal umgekehrt. A-Ost und B-Ost zeigten die gleiche Hauptrichtung ($p = 0.022$ und $p = 0.005$). Genauso verhielt es sich bei A-West und B-West ($p = 0.005$ und $p = 0.001$). Die Skizzenorientierungen von A-Ost wurden durch die Luftlinie ($p = 0.04$), die Blickrichtung ($p = 0.02$) und die Anmarschrichtung ($p = 0.03$) beeinflusst. A-West wurde durch die Blickrichtung ($p = 0.01$) und die Anmarschrichtung ($p = 0.005$), B-Ost durch die Anmarschrichtung ($p = 0.007$) und B-West durch die Luftlinie ($p = 0.001$) und die Anmarschrichtung ($p = 0.001$) beeinflusst (Tabelle 7).

Um den Effekt der Laufrichtung weiter zu untersuchen, wurde ein Watson-Williams Test angewandt. Getestet wurde Versuchsgruppe A-Ost gegen Versuchsgruppe A-West und außerdem Versuchsgruppe B-Ost gegen Versuchsgruppe B-West. Sowohl A-Ost und A-West ($p < 0.01$) als auch B-Ost und B-West ($p < 0.001$) unterscheiden sich signifikant (Tabelle 7, Tabelle 8 und Tabelle 9).

Tabelle 7: V-Test der Versuchsgruppen untereinander und gegen die Richtung der Luftlinie, der Körperausrichtung und der Anmarschrichtung. Zielort war die Krumme Brücke. * $p < 0.05$. ** $p < 0.01$. *** $p < 0.001$.

Vergleichswert	Versuchsgruppe							
	A Ost		A West		B Ost		B West	
	p	z	p	z	p	z	p	z
A Ost	-	-	0.88	-2.63	0.005 **	5.8	-	-
A West	0.82	2.04	-	-	-	-	0.001 **	6.85
B Ost	0.02 *	4.51	-	-	-	-	0.961	-4
B West	-	-	0.005 **	5.82	0.932	-3.3	-	-
Luftlinie	0.04 *	3.91	0.986	-4.89	0.937	-3.4	0.001 **	6.87
Körperausrichtung	0.02 *	4.52	0.011 *	5.09	0.959	-3.9	0.343	0.9
Anmarschrichtung	0.03 *	4.19	0.005 **	5.72	0.007 **	5.5	0.001 **	6.82

Tabelle 8: Einfaktorielle ANOVA nach Watson-Williams. Getestet wurden die Versuchsgruppen A-Ost und A-West. Zielort war die Krumme Brücke. d.f. = degrees of freedom. SS = Sum of Squares. MS = Mean Square. F = F-Statistik.

Quelle	d.f.	SS	MS	F	p
A-Ost vs. A-West	1.00	4.82	4.82	11.79	0.00296
Residual	18.00	9.64	0.54	[]	[]
Total	19.00	14.46	[]	[]	[]

Tabelle 9: Einfaktorielle ANOVA nach Watson-Williams. Getestet wurden die Versuchsgruppen B-Ost und B-West. Zielort war die Krumme Brücke. d.f. = degrees of freedom. SS = Sum of Squares. MS = Mean Square. F = F-Statistik.

Quelle	d.f.	SS	MS	F	p
B-Ost vs. B-West	1.00	6.75	6.75	20.32	0.00027
Residual	18.00	7.34	0.41	[]	[]
Total	19.00	14.09	[]	[]	[]

Zur genaueren Betrachtung der Effekte des Standorts, an dem gezeichnet wurde und der Laufrichtung (d.h. der jeweilige östliche oder westliche Startpunkt der Versuchspersonen) und deren Interaktion wurde ein Harrison-Kanji Test durchgeführt. Dieser zeigte einen deutlichen signifikanten Unterschied zwischen der Bewegungsrichtung ($p < 0.001$), also dem Startpunkt Ost und West aber keinen Effekt des Standortes ($p = 0.95$). Eine Interaktion ($p = 0.57$) zwischen Standort und Laufrichtung lag nicht vor (Tabelle 10).

Tabelle 10: Zweifaktorielle ANOVA Tabelle nach Harrison-Kanji. Getestet wurden die Startposition (Osten oder Westen) und der Standort (A oder B). d.f. = degrees of freedom. Chi² = Chi²-Statistik. Zielort war die Krumme Brücke.

Quelle	d.f.	Chi ²	p
Laufrichtung	2.00	21.99	0.000017
Standort	2.00	0.01	0.99
Interaktion	1.00	0.32	0.57

3.4 Marktplatz

Der Marktplatz ist einer der bekanntesten Orte in Tübingen. Die zentrale Lage und die regelmäßigen Märkte und Veranstaltungen sorgen dafür, dass sich immer viele Menschen dort aufhalten. Außerdem befindet sich auf diesem Platz das Tübinger Rathaus, ein Gebäude mit einer reichlich verzierten Fassade, das unter Tübingern sehr bekannt und beliebt ist. Der Marktplatz ist aus verschiedenen Himmelsrichtungen erreichbar und wird von den meisten Tübingern regelmäßig besucht. In der Simulation wurde dafür gesorgt, dass die Probanden während der Testphase den Marktplatz weder begehen noch einen Blick auf das Rathaus werfen konnten. Die Abfrageorte befanden sich im Neugäßle (A) und auf dem Holzmarkt (B) (Abbildung 10).

Die absolute Häufigkeit der Skizzenorientierung ist in Abbildung 9 und Abbildung 10 zu sehen. Bei A-Ost waren Süd und West mit fünf Skizzen gleich häufig. Bei A-West war es West mit fünf Skizzen, bei B-Ost West mit sieben Skizzen und bei B-West waren es Süd und Südwest mit je 3 Skizzen. A-West und B-West wiesen eine deutlich gleichmäßigere Verteilung auf als A-Ost und B-Ost (Abbildung 10). Die Hauptrichtung (Resultant Vector R) bei A-Ost lag ungefähr in Südwest Richtung ($R = 0.73$). Bei A-West in Nordwest Richtung ($R = 0.28$), bei B-Ost in West Richtung ($R = 0.91$) und bei B-West in Süd Richtung ($R = 0.58$). Die Verteilung bei A-Ost fiel auf West und Süd, wodurch sich eine mittlere Richtung von Südwest ergab.

Die Skizzenorientierungen von A-Ost ($z = 5.9$, $p < 0.01$), B-Ost ($z = 8.4$, $p < 0.001$) und B-West ($z = 3.4$, $p = 0.03$) unterschieden sich alle von einer Gleichverteilung um den Kreis (Rayleigh Test). Lediglich A-West war nicht signifikant ungleichverteilt ($z = 0.8$, $p = 0.46$).

Die Skizzenorientierungen zwischen den vier Versuchsgruppen waren signifikant unterschiedlich (Tabelle 11).

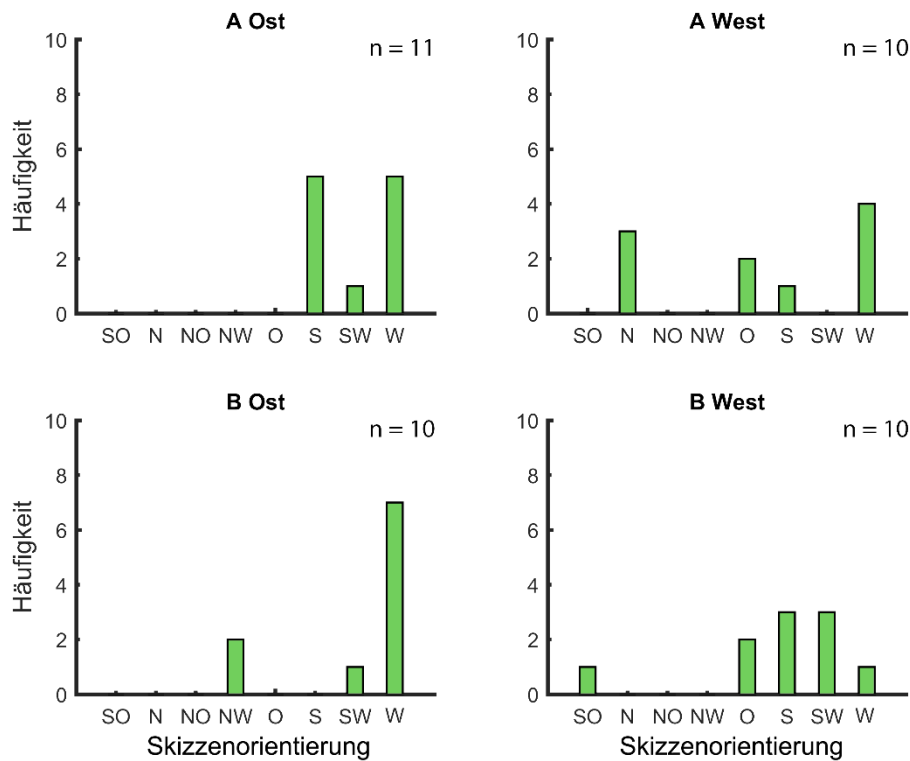


Abbildung 9: Absolute Histogramme für den Zielort Marktplatz. Links Oben: A-Ost. Links Unten: B-Ost. Rechts Oben: A-West. Rechts Unten: B-West. X-Achse: Skizzenorientierung in Himmelsrichtungen. Y-Achse: Absolute Häufigkeit. Die Stichprobengröße lag bei den Versuchsgruppen A-West, B-Ost und B-West bei $n = 10$. Bei A-Ost war $n = 11$.

Tabelle 11: Einfaktorielle ANOVA Tabelle nach Watson-Williams. Getestet wurde die Skizzenorientierung der Versuchsgruppen A-Ost, A-West, B-Ost und B-West. Zielort war der Marktplatz. d.f. = degrees of freedom. SS = Sum of Squares. MS = Mean Square. F = F-Statistik.

Quelle	d.f.	SS	MS	F	p
Versuchsgruppen	3.00	6.52	2.17	6.54	0.00117
Residual	37.00	15.11	0.41	∅	∅
Total	40.00	21.63	∅	∅	∅

Die Blickrichtung wurde über die geloggteten Positionen der Versuchspersonen ermittelt. Sie lag bei A-Ost bei ca. 281° (\cong Süd), bei A-West bei ca. 111° (\cong Nordnordwest), bei B-Ost bei ca. 191° (\cong West) und bei B-West bei ca. 11° (\cong Ost) (Abbildung 10). Die Luftlinie wurde wie bei der Krumpfen Brücke bestimmt und lag beim Zeichenort A bei ungefähr 349° (\cong Südost) und bei B bei ungefähr 184° (\cong West). Der V-Test gegen die Mittlere Blickrichtung ergab für A-Ost eine signifikante Beeinflussung ($p = 0.03$). Ebenso bei B-Ost ($p < 0.001$). Bei den anderen Versuchsgruppen lag keine Beeinflussung vor. Ein Effekt der Luftlinie zeigte sich nur bei B-Ost ($p < 0.001$). Jedoch waren hier Luftlinie und Blickwinkel relativ ähnlich (184° und 191°). A-Ost und B-Ost hatten die gleiche Mittlere Richtung ($p < 0.01$ und $p = 0.02$). B-West zeigte die gleiche Mittlere Richtung wie A-West ($p < 0.001$). Der Vergleich von A-West mit der Mittleren Richtung von B-West zeigte jedoch keine Signifikanz ($p = 0.17$). Sonst zeigte kein weiterer Vergleich eine Signifikanz. Ein Überblick ist in Tabelle 12 zu sehen.

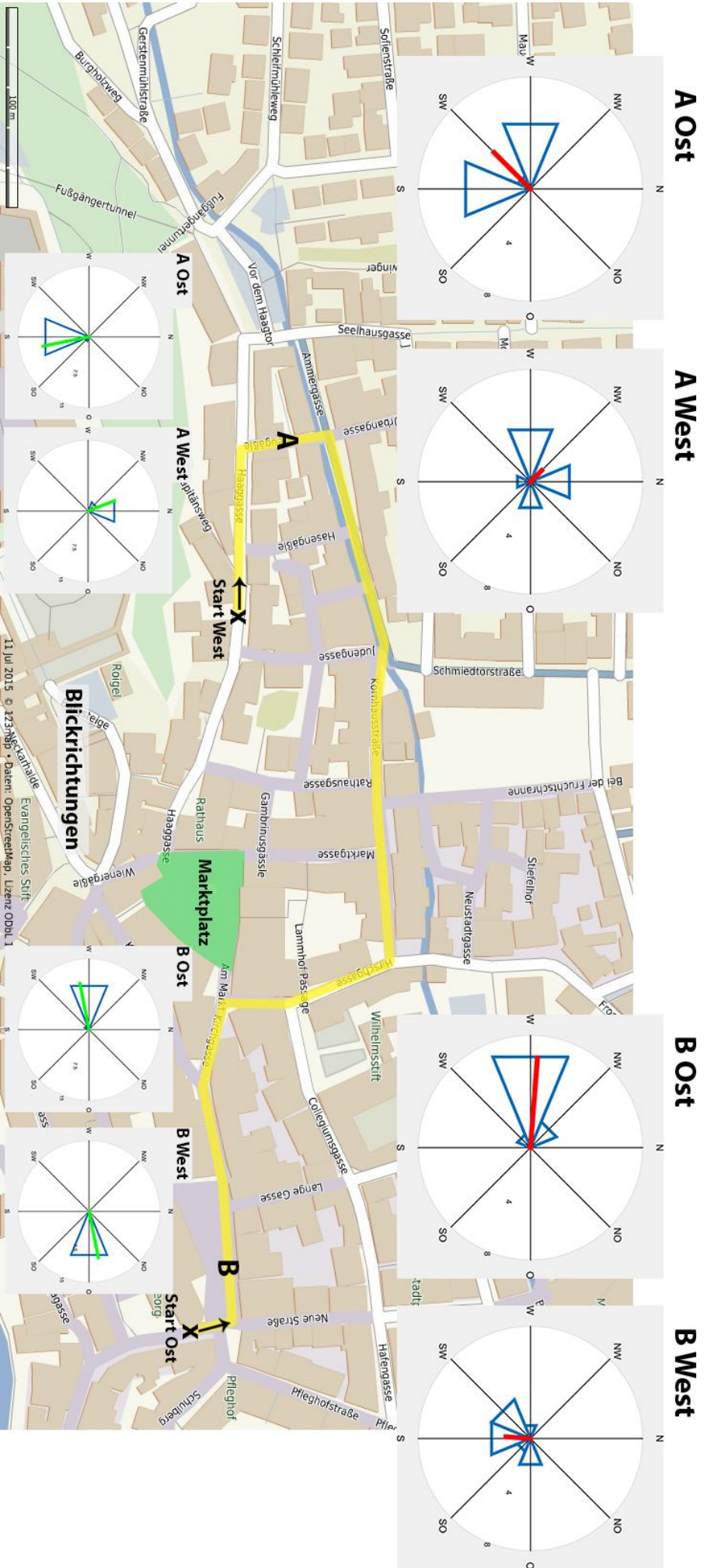


Abbildung 10: Kartenausschnitt von Tübingen, der dem begehbaren Bereich der Simulation entspricht. Gelb unterlegt ist die abgelaufene Route. Der Zielort Marktplatz ist grün markiert. Zeichenort A: Neugäble. Zeichenort B: Holzmarkt. Eingetragen sind die Kreisdiagramme der Versuchsgruppen A-Ost, A-West, B-Ost und B-West. Die rote Linie in den Kreisdiagrammen stellt den Resultant Vector dar. Die Richtung dieses Vektors entspricht der mittleren Skizzenorientierung. Die unteren Kreisdiagramme mit grünen Resultant Vector zeigen die Blickrichtung der Versuchspersonen der Versuchsgruppen A-Ost, A-West, B-Ost und B-West.

Tabelle 12: V-Test der Versuchsgruppen untereinander und gegen die Richtung der Luftlinie, der Körperausrichtung und der Anmarschrichtung. Zielort war der Marktplatz. * $p < 0.05$. ** $p < 0.01$. *** $p < 0.001$.

Vergleichswert	Versuchsgruppe							
	A Ost		A West		B Ost		B West	
	p	z	p	z	p	z	p	z
A Ost	-	-	0.50	-5.20E-16	0.02 *	4.41	0.16	2.23
A West	0.50	-1.48E-15	-	-	0.55	-0.30	0.001 ***	6.95
B Ost	0.01 **	6.10	1.00	-8.89	-	-	0.51	-0.04
B West	0.94	-3.66	0.17	2.15	0.51	-0.06	-	-
Luftlinie	0.97	-4.51	0.85	-2.34	0.00003 ***	9.05	0.36	0.82
Körperausrichtung	0.03 *	4.47	0.12	2.59	0.00004 ***	8.81	0.76	-1.56

Ein Watson-Williams Test ergab einen signifikanten Unterschied zwischen A-Ost und A-West ($p = 0.03$) und zwischen B-Ost und B-West ($p < 0.001$) (Tabelle 13 und Tabelle 14).

Tabelle 13: Einfaktorielle ANOVA nach Watson-Williams. Getestet wurden die Versuchsgruppen A-Ost und A-West. Zielort war der Marktplatz. d.f. = degrees of freedom. SS = Sum of Squares. MS = Mean Square. F = F-Statistik.

Quelle	d.f.	SS	MS	F	p
A-Ost vs. A-West	1.00	2.35	2.35	5.78	0.027
Residual	19.00	10.10	0.53	∅	∅
Total	20.00	12.45	∅	∅	∅

Tabelle 14: Einfaktorielle ANOVA nach Watson-Williams. Getestet wurden die Versuchsgruppen B-Ost und B-West. Zielort war der Marktplatz. d.f. = degrees of freedom. SS = Sum of Squares. MS = Mean Square. F = F-Statistik.

Quelle	d.f.	SS	MS	F	p
B-Ost vs. B-West	1.00	4.17	4.17	17.36	0.00058
Residual	18.00	5.01	0.28	∅	∅
Total	19.00	9.18	∅	∅	∅

Ein Harrison-Kanji Test zeigte einen signifikanten Haupteffekt der Laufrichtung ($p = 0.01$) aber keinen Haupteffekt des Standortes ($p = 0.79$). Außerdem lag eine hoch signifikante Interaktion zwischen Laufrichtung und Standort vor ($p < 0.001$) (Tabelle 15).

Tabelle 15: Zweifaktorielle ANOVA Tabelle nach Harrison-Kanji. Getestet wurden die Startposition (Osten oder Westen) und der Standort (A oder B). d.f. = degrees of freedom. χ^2 = χ^2 -Statistik. Zielort war der Marktplatz.

Quelle	d.f.	Chi ²	p
Laufrichtung	2.00	9.08	0.01
Standort	2.00	0.48	0.79
Interaktion	1.00	14.47	0.00014

3.5 Nonnenhaus

Beim Nonnenhaus handelt es sich um ein Einkaufszentrum an dessen Außenfassade sich mehrere Eisdielen und Cafés befinden. Offiziell wird mit Nonnenhaus jedoch ein Fachwerkgebäude, das sich ganz in der Nähe befindet und in der gleichen Straße liegt, bezeichnet. Unter Tübingern ist es jedoch gebräuchlich von diesem Einkaufszentrum und dessen Umgebung einfach von dem Nonnenhaus zu sprechen. Aufgrund des Einkaufszentrums, der Cafés und der Nähe zu einer wichtigen Bushaltestelle ist auch das Nonnenhaus ein viel besuchter Ort in Tübingen. Die Abfrageorte lagen auf dem Holzmarkt (A) und beim Café Hirsch (B) (Abbildung 12).

Die häufigsten Skizzenorientierungen bei A-Ost waren Nord und West mit drei Skizzen, jedoch verteilten sich die Werte relativ gleichmäßig. Bei A-West war mit acht Skizzen die Nordost Richtung am häufigsten vertreten. Bei B-Ost war es Nordwest mit vier Skizzen und bei B-West war es Osten auch mit vier Skizzen. B-Ost und West zeigten jedoch auch eine gleichmäßigere Verteilung als A-West (Abbildung 11). Die Hauptrichtung (Resultant Vector) bei A-Ost lag ungefähr in Nordwest Richtung. A-West lag in Nordost Richtung ($R = 0.95$), B-Ost in Nordwest Richtung ($R = 0.70$) und bei B-West in Ostnordost Richtung ($R = 0.48$). Die Skizzenorientierungen von A-Ost ($z = 3.63$, $p = 0.02$), B-West ($z = 9.06$, $p < 0.001$) und B-Ost ($z = 4.86$, $p < 0.01$) unterschieden sich alle von einer Gleichverteilung um den Kreis (Rayleigh Test). B-West zeigte keine signifikante Ungleichverteilung ($z = 2.28$, $p = 0.1$). Die Skizzenorientierungen zwischen den vier Versuchsgruppen waren signifikant unterschiedlich (Tabelle 16).

Tabelle 16: Einfaktorielle ANOVA Tabelle nach Watson-Williams. Getestet wurde die Skizzenorientierung der Versuchsgruppen A-Ost, A-West, B-Ost und B-West. Zielort war das Nonnenhaus. d.f. = degrees of freedom. SS = Sum of Squares. MS = Mean Square. F = F-Statistik.

Quelle	d.f.	SS	MS	F	p
Versuchsgruppen	3.00	8.61	2.87	9.52	0.000085
Residual	37.00	13.41	0.36	[]	[]
Total	40.00	22.02	[]	[]	[]

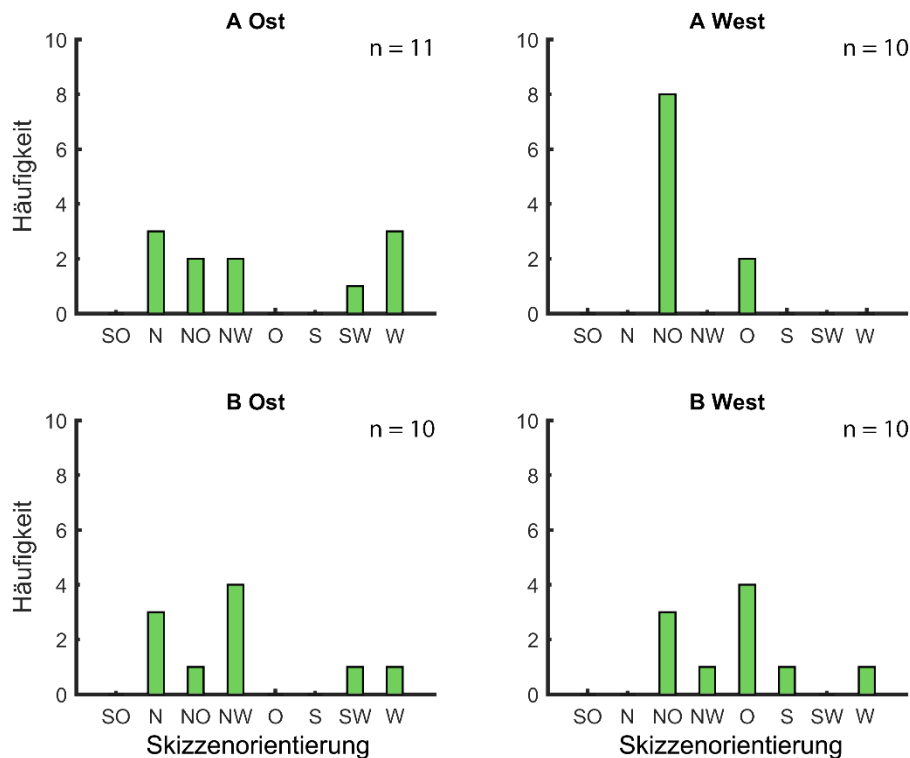


Abbildung 11: Absolute Histogramme für den Zielort Nonnenhaus. Links Oben: A-Ost. Links Unten: B-Ost. Rechts Oben: A-West. Rechts Unten: B-West. X-Achse: Skizzenorientierung in Himmelsrichtungen. Y-Achse: Absolute Häufigkeit. Die Stichprobengröße lag bei den Versuchsgruppen A-West, B-Ost und B-West bei $n = 10$. Bei A-Ost war $n = 11$.

Die Blickrichtung wurde über die geloggteten Positionen der Versuchspersonen ermittelt. Sie lag bei A-Ost bei ca. 183° (\cong West), bei A-West bei ca. 13° (\cong Ost), bei B-Ost bei ca. 154° (\cong Nordwestwest) und bei B-West bei ca. 10° (\cong Ost) (Abbildung 12). Die Luftlinie wurde wie bei der Krumpfen Brücke und beim Nonnenhaus bestimmt und lag beim Zeichenort A bei ungefähr 84° (\cong Nord) und bei B bei ungefähr 27° (\cong Nordnordost).

Der V-Test gegen die Mittlere Blickrichtung ergab für A-Ost keine Beeinflussung ($p = 0.07$). Die Versuchsgruppen A-West ($p < 0.001$), B-Ost ($p = 0.004$) und B-West ($p = 0.02$) wurden signifikant von der Mittleren Blickrichtung beeinflusst. Ein Effekt der Luftlinie lag bei A-West ($p = 0.002$) und bei B-West ($p = 0.02$) vor. Luftlinie und Blickrichtung waren bei B-West jedoch sehr ähnlich (27° und 10°), nicht aber bei A-West (84° und 13°). A-Ost und B-Ost hatten die gleiche Mittlere Richtung ($p < 0.01$ und $p < 0.001$). Genauso verhielt es sich bei A-West und B-West ($p < 0.001$ und $p = 0.02$). Sonst ergaben sich keine weiteren Beeinflussungen. Eine Übersicht der angewendeten V-Tests ist in Tabelle 17 zu finden.

Ein Watson-Williams Test ergab einen signifikanten Unterschied zwischen A-Ost und A-West ($p < 0.001$) und zwischen B-Ost und B-West ($p < 0.001$) (Tabelle 17).

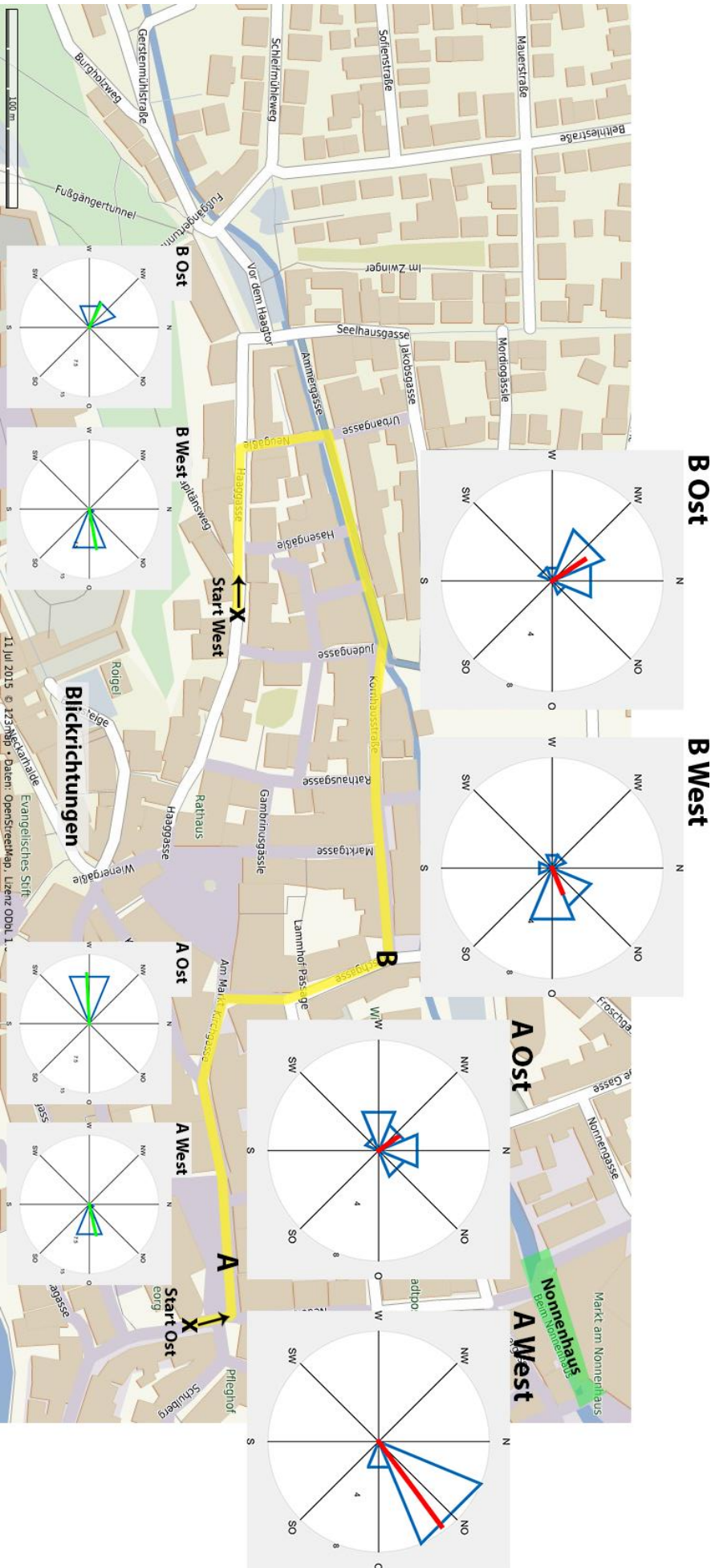


Abbildung 12: Kartenausschnitt von Tübingen, der dem begehbaren Bereich der Simulation entspricht. Gelb unterlegt ist die abgelaufene Route. Der Zielort Nonnenhaus ist grün markiert. Zeichenort A: Holzmarkt. Zeichenort B: Café Hirsch. Eingetragen sind die Kreisdiagramme der Versuchsruppen A-Ost, A-West, B-Ost und B-West. Die rote Linie in den Kreisdiagrammen stellt den Resultant Vector dar. Die Richtung dieses Vektors entspricht der mittleren Skizzenorientierung. Die unteren Kreisdiagramme mit grünen Resultant Vector zeigen die Blickrichtung der Versuchspersonen der Versuchsruppen A-Ost, A-West, B-Ost und B-West.

Tabelle 17: V-Test der Versuchsgruppen untereinander und gegen die Richtung der Luftlinie, der Körperausrichtung und der Anmarschrichtung. Zielort war das Nonnenhaus. * $p < 0.05$. ** $p < 0.01$. *** $p < 0.001$.

Vergleichswert	Versuchsgruppe											
	A Ost		A West		B Ost		B West					
	p	z	p	z	p	z	p	z				
A Ost	-	-	0.48	0.09	0.0009	***	6.97	0.69	-1.11			
A West	0.49	0.06	-	-	0.43		0.38	0.02	*	4.64		
B Ost	0.004	**	6.32	0.41	0.52		-	0.66		-0.90		
B West	0.73		-1.47	0.00002	***	9.24	0.72	-1.31		-		
Luftlinie	0.02	*	6.19	0.002	**	2.05	0.63	-1.25	0.02	*	4.78	
Körperausrichtung	0.07		3.44	0.00005	***	8.70	0.004	**	5.99	0.02	*	4.67

Tabelle 18: Einfaktorielle ANOVA nach Watson-Williams. Getestet wurden die Versuchsgruppen A-Ost und A-West. Zielort war das Nonnenhaus. d.f. = degrees of freedom. SS = Sum of Squares. MS = Mean Square. F = F-Statistik.

Quelle	d.f.	SS	MS	F	p
A-Ost vs. A-West	1.00	4.36	4.36	18.58	0.00038
Residual	19.00	5.16	0.27	[]	[]
Total	20.00	9.52	[]	[]	[]

Tabelle 19: Einfaktorielle ANOVA nach Watson-Williams. Getestet wurden die Versuchsgruppen B-Ost und B-West. Zielort war das Nonnenhaus. d.f. = degrees of freedom. SS = Sum of Squares. MS = Mean Square. F = F-Statistik.

Quelle	d.f.	SS	MS	F	p
B-Ost vs. B-West	1.00	4.07	4.07	11.17	0.00363
Residual	18.00	8.25	0.46	[]	[]
Total	19.00	12.32	[]	[]	[]

Ein Harrison-Kanji Test zeigte einen hoch signifikanten Haupteffekt der Laufrichtung ($p < 0.001$) aber keinen Haupteffekt des Standortes ($p = 0.58$). Es ergab sich keine Interaktion ($p = 0.13$) (Tabelle 18 und Tabelle 19).

Tabelle 20: Zweifaktorielle ANOVA Tabelle nach Harrison-Kanji. Getestet wurden die Startposition (Osten oder Westen) und der Standort (A oder B). d.f. = degrees of freedom. Chi² = Chi²-Statistik. Zielort war das Nonnenhaus.

Quelle	d.f.	Chi ²	p
Laufrichtung	2.00	24.67	0.000004
Standort	2.00	1.10	0.58
Interaktion	1.00	2.31	0.13

3.6 Neue Aula

Die Neue Aula ist eines der bekanntesten Universitätsgebäude in Tübingen, in dem viele Veranstaltungen und Vorlesungen stattfinden. Vor der Neuen Aula liegt der Geschwister Scholl Platz, auf dem sich zwei Springbrunnen befinden. Vor allem bei Studenten ist dieser Ort beliebt. Der Platz bei der Neue Aula wurde in der Übungsphase gezeichnet und war nicht Teil der Testphase. Diese Skizze diente in erster Linie nur der Zeichenübung, da das Zeichnen mit der beschriebenen Apparatur sich in virtueller Umgebung etwas ungewohnt anfühlen kann. Trotzdem wurden die erhobenen Daten ausgewertet und dienten in gewisser Weise auch als eine Art ‚within-subject‘ Kontrolle. Die Neue Aula wurde von allen Versuchspersonen am Ende der Übungsphase am gleichen Abfrageort gezeichnet. Die spätere Einteilung der Probanden in die vier Versuchsgruppen spielte hier keine Rolle. Es ergab sich demnach auch kein Unterschied zwischen ihnen (Tabelle 21). Insgesamt war Nordwest die häufigste Skizzenorientierung (Abbildung 13). Alle Skizzenorientierungen waren ungleichmäßig um den Kreis verteilt ($\chi^2(7, N = 35) = 94.60; p < 0.001$) und hatten eine gemeinsame mittlere Richtung (V-Test: $z = 23.3, p < 0.001$). Die Luftlinie vom Zeichenort zur Neuen Aula lag schätzungsweise in Nordost Richtung.

Tabelle 21: Einfaktorielle ANOVA nach Watson-Williams. Getestet wurden alle Versuchsgruppen. Zielort war die Neue Aula. d.f. = degrees of freedom. SS = Sum of Squares. MS = Mean Square. F = F-Statistik.

Quelle	d.f.	SS	MS	F	p
Versuchsgruppen	3.00	0.23	0.08	0.24	0.86454
Residual	31.00	11.44	0.37	[]	[]
Total	34.00	11.67	[]	[]	[]

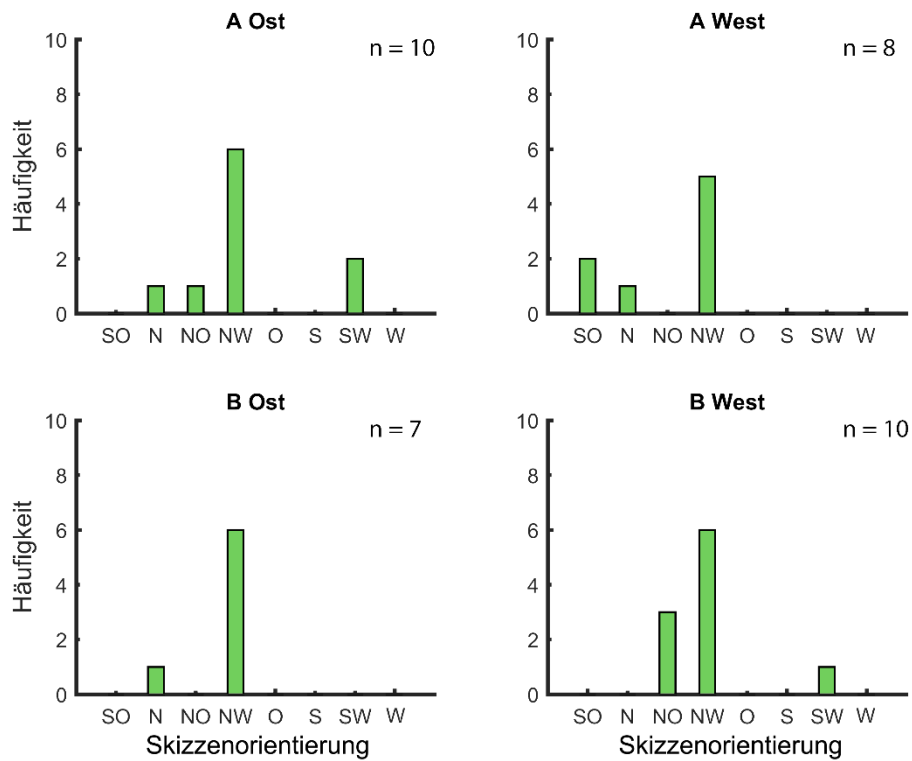


Abbildung 13: Absolute Histogramme für den Zielort Neue Aula. Links Oben: A-Ost. Links Unten: B-Ost. Rechts Oben: A-West. Rechts Unten: B-West. X-Achse: Skizzenorientierung in Himmelsrichtungen. Y-Achse: Absolute Häufigkeit. Die Stichprobengröße lag bei den Versuchsgruppen A-Ost und B-West bei $n = 10$, bei A-West war $n = 8$ und bei B-Ost $n = 7$.

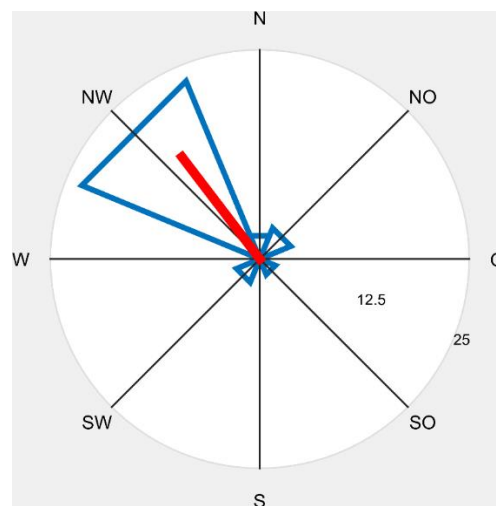


Abbildung 14: Kreishistogramm der Skizzenorientierungen aller Versuchspersonen des Zielortes Neue Aula. Rote Linie: Resultant Vector. Die Werte 12.5 und 25 stellen absolute Häufigkeiten dar.

4 Diskussion

Die Versuchspersonen zeichneten vier verschiedene Zielorte, die Neue Aula, die Krumme Brücke, den Marktplatz und das Nonnenhaus. Jeder Zielort wurde insgesamt von je zwei unterschiedlichen Orten aus skizziert. Nur die Neue Aula wurde von allen Versuchspersonen am Ende der Übungsphase von dem gleichen Ort aus zu Papier gebracht.

Menschen verwenden verschiedene Anhaltspunkte um sich in ihrer Umgebung zurecht zu finden. Je nach Situation orientieren sie sich anhand ihrer eigenen Körperausrichtung, der Luftlinie zum Zielort (Meilinger et al., 2015 und Röhrich et al, 2014) oder werden durch ihre Eigenbewegung, sprich ihre Laufrichtung beeinflusst (Basten et al., 2012). Diese drei Effekte werden im Folgenden anhand der im Experiment erhobenen Daten beleuchtet und diskutiert.

4.1 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die 41 Versuchspersonen verteilten sich in Bezug ihrer Eigenschaften relativ gleichmäßig auf die vier Versuchsgruppen. Zu diesen Eigenschaften gehörten Alter, Geschlecht, Orientierungsfähigkeit, Ortskenntnisse, Schwierigkeits- und Spaßfaktor. Lediglich die Wohndauer lag bei der Versuchsgruppe A-West deutlich niedriger als bei den anderen Gruppen. Passend hierzu lag auch die selbsteingeschätzte Ortskenntnis etwas unterhalb der anderen Gruppen (Tabelle 1). Dieser Unterschied war jedoch ziemlich gering. Die Wohndauer stellt einen ausschlaggebenden Faktor in Bezug auf die räumliche Repräsentation der Stadt Tübingen dar, wenn man annimmt, dass Menschen, die schön länger in Tübingen wohnen auch die verschiedensten Orte räumlich besser im Langzeitgedächtnis gespeichert haben. Dies könnte sich dann auf die Ausrichtung der Skizzen auswirken. Es zeigte sich allerdings kein signifikanter Unterschied der Wohndauer zwischen den Versuchsgruppen und es gab auch keinerlei Effekte auf die Ergebnisse des Experiments (Tabelle 3 und Tabelle 22, Tabelle 23 und Tabelle 24 im Anhang). Es könnte vermutet werden, dass sich die Orientierung der ersten Skizze, die die Probanden anfertigen mussten, auf die folgenden Skizzen auswirkt. Die Versuchsperson könnte also durch den ersten Zielort und die abgerufene Orientierung beeinflusst werden. Im Sinne einer Einsparung an Ressourcen würde diese Orientierung dann bei allen weiteren Aufgaben als Referenz herangezogen werden. Bis auf die Versuchsgruppe B-Ost konnte jedoch kein solcher Reihenfolgeeffekt nachgewiesen werden (Tabelle 5). Bei B-Ost entsprach die Ausrichtung der ersten Zeichnung (vom Marktplatz) wiederum immer der Laufrichtung (Nonnenhaus) und der Anmarschrichtung (Krumme Brücke). Deshalb ist es schwer zu sagen, ob wirklich ein Priming der ersten Skizze vorliegt oder nicht. Die anderen Versuchsgruppen zeigten jedoch keinen Effekt. Deshalb kann man annehmen, dass der Einfluss der ersten Zeichnung gering ist.

Die meisten Versuchspersonen waren Studenten und deshalb eher jung. Da aber gerade Studenten sich viel in Tübingen bewegen und ziemlich aktiv am öffentlichen Leben teilhaben, dürfte dies keine Einschränkung darstellen.

Die angefertigten Skizzenorientierungen waren nicht gleichmäßig verteilt und unterschieden sich außerdem untereinander (Tabelle 4). Bei Abwesenheit von irgendeinem Effekt wäre dies nicht der Fall. Es scheint demnach einen Einfluss der jeweiligen Bedingungen im Experiment auf die Skizzenorientierung zu geben. Dies zeigt, dass solche Experimente auch in virtueller Realität durchführbar sind und die Versuchspersonen sich auf die ihnen präsentierte Situation einlassen und tatsächlich dynamisch Informationen aus dem Arbeitsgedächtnis abrufen und nicht nur eine kanonische Ansicht aus dem Langzeitgedächtnis heranziehen. Unterstützend dazu waren die Skizzen der Neuen Aula zwar ungleichverteilt, unterschieden sich aber nicht signifikant voneinander (Tabelle 21). Hier gab es keinen Unterschied zwischen den Versuchsgruppen und demnach auch keinen in der Skizzenorientierung. Die verschiedenen Skizzenorientierungen aus der Testphase kamen deshalb nicht aufgrund irgendwelcher Unterschiede zwischen den Versuchspersonen zustande, sondern durch die jeweils anderen Bedingungen bei denen sie zeichnen mussten.

Im Mittel zeichneten alle Probanden die Neue Aula in Nordwest Richtung (Abbildung 14). Da die Neue Aula relativ weit entfernt vom Abfrageort war, und vergleichsweise eher der ‚distance condition‘ bei Röhrich et al. entsprach, handelte es sich bei dieser Orientierung eher um eine prominent bzw. kanonische Ansicht dieses Platzes aus dem Langzeitgedächtnis.

4.2 Laufrichtung

Mit Laufrichtung wird die Richtung aus der die Versuchspersonen kommen bezeichnet. Diese hängt demnach davon ab, ob sie am westlichen oder am östlichen Startpunkt die Testphase begonnen haben. Etwas mehr Information enthält die Anmarschrichtung. Sie ist die Richtung in der die Probanden den Zielort betraten. Da bis auf die Krumme Brücke alle anderen Zielorte nicht von den Versuchspersonen betreten wurden, war sie auch nur hier von Relevanz.

Vor allem bei dem Zielort Krumme Brücke spielte die Laufrichtung bzw. die Anmarschrichtung eine wichtige Rolle, da dieser Platz von den Versuchspersonen während der Testphase tatsächlich überquert werden musste. Kamen diese aus Ost Richtung (A-Ost und B-Ost) so zeichneten sie die Krumme Brücke mit einer Nordwest Ausrichtung. Genau umgekehrt verhielt es sich mit den Probanden, die am westlichen Startpunkt die Testphase begonnen haben (A-West und B-West). Sie zeichneten die Krumme Brücke demnach mit einer Nordost Ausrichtung. Dies zeigt sich unter anderem an dem Harrison-Kanji Test. Die Laufrichtung ist höchst signifikant, wohingegen der Standort keinen Effekt zeigt (Tabelle 10). Außerdem sind die Skizzen bei allen vier Versuchsgruppen durch die Anmarschrichtung beeinflusst (Tabelle 7). Die Tendenz der nördlichen Skizzenorientierung lässt sich möglicherweise dadurch

erklären, dass sich beide Abfrageorte etwas südlich der Krummen Brücke befinden, die Körperausrichtung während des Zeichnens zumindest bei A-Ost und B-West nördlich war und eine Nordorientierung, wie sie typisch ist für westliche Landkarten, einen Einfluss gehabt haben könnte (Frankenstein et al. 2012). Vor allem bei B-Ost und A-West ist jedoch erstaunlich, dass hier trotz der abweichenden Ausrichtung des Körpers nach Süden, respektive nach Osten, eine deutliche Nord-Tendenz zu erkennen ist. Die Ausrichtung des Körpers, wie später noch ausführlicher diskutiert wird, spielt bei den meisten anderen Skizzen eine ausschlaggebende Rolle. Der Priming-Effekt der Laufrichtung ist besonders bei B-Ost und B-West gut zu erkennen, da hier die Ausrichtung des Körpers keinen signifikanten Einfluss auf die Skizzenorientierung hat (Tabelle 7). Deshalb kann davon ausgegangen werden, dass hier wahrscheinlich nur die Laufrichtung einen Effekt ausübt und die Ausrichtung des Körpers keine Rolle spielt. Dies gilt umso mehr für B-Ost, da hier auch nicht von einem Standorteffekt wie bei Röhrich et al., sprich einem Einfluss der Luftlinie, gesprochen werden kann.

Es könnte angenommen werden, dass der Priming-Effekt durch das kurzvorherige Passieren des Platzes eine deutlich stärkere Beeinflussung hervorruft, als das ungewisse zukünftige Betreten. Dem ist bei genauerer Betrachtung der Daten aber nicht so. Die Varianz bei den Versuchspersonen, die nachdem sie die Krumme Brücke überquert hatten (A-West: $V = 0.42$, B-Ost: $V = 0.42$) zeichneten, ist zusammen nicht niedriger als bei den Versuchspersonen, die bevor sie die Krumme Brücke überqueren mussten (A-Ost: $V = 0.55$, B-West: $V = 0.31$), die Skizze anfertigten. Dies könnte daran liegen, dass die Versuchspersonen vielleicht schon davon ausgegangen sind, dass die Krumme Brücke im Anschluss überqueren werden, wie sie es ja auch schon vorher in der Übungsphase getan haben. Der Einfluss der Übungsphase ist wahrscheinlich bei B-West am stärksten, da für diese Versuchsgruppe die Krumme Brücke der erste Zielort war, der skizziert werden sollte. Bei den anderen Versuchsgruppen kann jedoch davon ausgegangen werden, dass ein möglicher Priming-Effekt der Übungsphase nicht mehr auf die Skizzenorientierung auswirkt.

Die Laufrichtung erzeugt scheinbar auch beim Marktplatz und beim Nonnenhaus einen signifikanten Effekt (Tabelle 12 und Tabelle 17). Beim Marktplatz waren alle Zeichnungen mehr oder weniger westlich ausgerichtet. Nur die Ausrichtung auf der Nord-Süd-Achse unterscheidet sich und ist wahrscheinlich der Grund für einen signifikanten Laufrichtungseffekt. Bei westlicher Ausrichtung des Marktplatzes liegt das Rathaus oben auf der Skizze. Das Rathaus ist das bekannteste und eindrucksvollste Gebäude auf diesem Platz. Es kann deswegen vermutet werden, dass es sich bei der Westorientierung um eine kanonische Ansicht handelt. Eine westliche kanonische Ansicht des Marktplatzes konnten auch schon Röhrich et al. feststellen. Lediglich die Versuchsgruppe B-West scheint davon abzuweichen (Abbildung 10). Ost- und West-Bedingung sind bei beiden Standorten signifikant unterschiedlich (Tabelle 13 und Tabelle 14). Jedoch scheint eher ein Zusammenhang mit der Nord-Süd-Achse zu

bestehen als mit der Laufrichtung. Hier wäre eine deutlichere Einteilung in Ost- und West-Ausrichtungen zu erwarten. Zwischen Standort und Laufrichtung liegt außerdem eine signifikante Interaktion vor. Aus Abbildung 15 ist zu erkennen, dass sich der im Harrison-Kanji Test signifikante Laufrichtungseffekt nicht global interpretieren lässt, da es sich um eine disordinale Interaktion handelt. Das bedeutet ein Effekt der Laufrichtung kann beim Marktplatz eher ausgeschlossen werden.

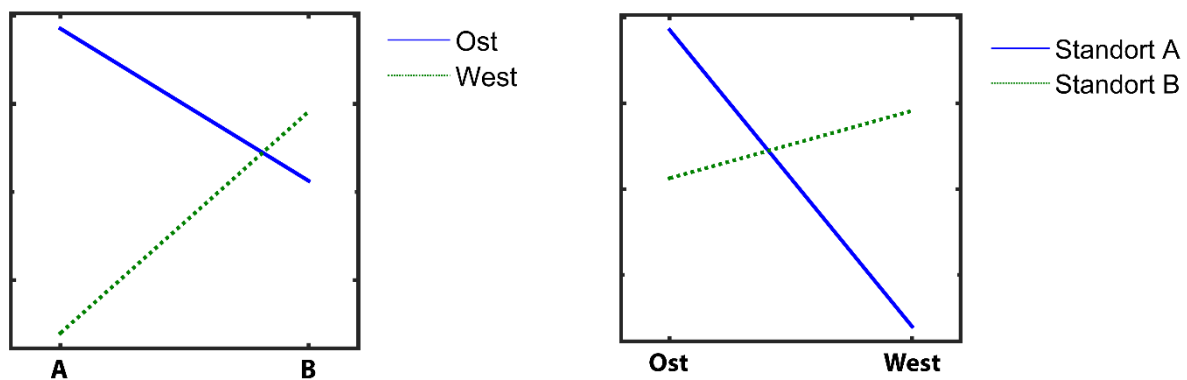


Abbildung 15: Interaktionsdiagramme von Standort und Laufrichtung beim Zielort Marktplatz. Links: Faktor Standort mit den beiden Standorten A und B auf der X-Achse. Rechts: Faktor Laufrichtung mit den beiden Laufrichtungen Ost und West auf der X-Achse. Die Y-Achse stellt relative Zusammenhänge dar, und enthält deshalb keine diskreten Werte.

Bei dem Zielort Nonnenhaus gibt es auch einen signifikanten Unterschied zwischen den Versuchsgruppen, die am östlichen Startpunkt die Testphase anfangen und denen die westlich starteten. Hier ist aber ein starker Zusammenhang mit der Ausrichtung des Körpers zu vermuten, wie im Abschnitt über die Körperausrichtung noch genauer erläutert werden wird. Es ist schwer im Falle des Nonnenhauses diese beiden Effekte zu trennen. Da der Platz beim Nonnenhaus jedoch weder eingesehen noch betreten werden kann und sich außerdem ein Stückchen weiter entfernt befindet als die anderen Zielorte, kann man davon ausgehen, dass hier hauptsächlich die Körperausrichtung zu tragen kommt. Auch beim Nonnenhaus ist, wie bei der Krumpfen Brücke, eine Nord-Tendenz zu erkennen. Die Gründe hierfür mögen die gleichen sein. Beide Abfrageorte befinden sich südlich vom Nonnenhaus und auch die typische Nordausrichtung von Landkarten wird hier mit eingeflossen sein. Lediglich die Ausrichtung des Körpers während des Zeichens war nie in Nordrichtung, im Gegensatz zu den Versuchsgruppen A-Ost und B-West bei der Krumpfen Brücke. Desweiteren kann auch hier eine kanonische Ansicht des Nonnenhauses nicht ausgeschlossen werden. Durch das Erwähnen der Cafés in der Aufgabenstellung und dadurch, dass diese Cafés und Eisdielen sehr bekannt und beliebt unter Tübingern sind, ist es durchaus möglich, dass hier ein gewisses Priming in diese Richtung stattgefunden hat.

Der Effekt des Primings durch die Laufrichtung bei der Krumpfen Brücke deckt sich mit den Ergebnissen von Basten et al., die einen solchen Effekt beim mentalen Abgehen einer solchen Route feststellen konnten. Insgesamt ist ein deutlicher Unterschied zwischen Ost- und

Weststartpunkt vorhanden (Abbildung 16), der wie oben beschrieben, auf verschiedenen möglichen Ursachen fußen könnte.

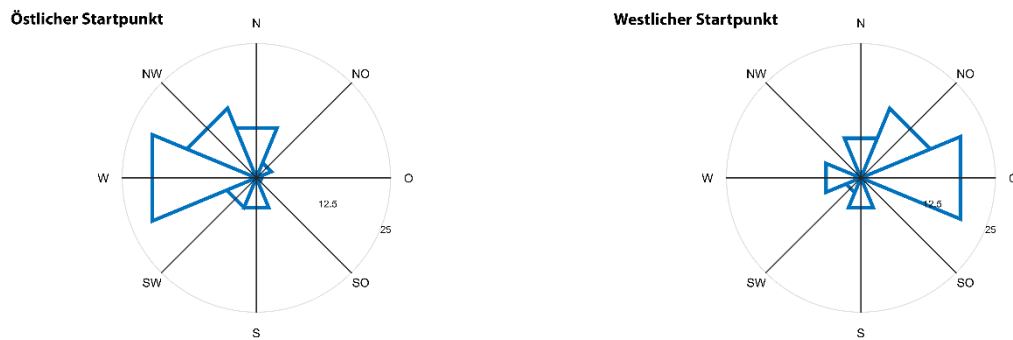


Abbildung 16: Kreishistogramme der Skizzenorientierungen von allen Versuchspersonen die am östlichen Startpunkt (links) und am westlichen Startpunkt (rechts) in die Testphase starteten.

4.3 Körperausrichtung

Der Blickwinkel bzw. die Körperausrichtung, die die Versuchspersonen während des Anfertigens der Kartenskizzen innehaben, scheint bei bestimmten Versuchsgruppen und Zielorten einen Einfluss auf die Ausrichtung dieser Skizzen zu haben. Bei der Krumpfen Brücke ist dieser Effekt nicht wirklich vertreten oder nicht unterscheidbar zu anderen möglichen Einflüssen, wie beispielsweise der Laufrichtung bzw. der Anmarschrichtung. Versuchsgruppe A-Ost und A-West wurden signifikant von der Körperausrichtung beeinflusst. Jedoch stimmten bei beiden Versuchsgruppen diese mit der Lauf- und Anmarschrichtung überein. Aufgrund des Primings durch die Laufrichtung, das auch schon Basten et al. gezeigt haben, ist es wahrscheinlich zutreffender, dieses Priming als Haupteinflussfaktor anzunehmen, anstatt der Körperausrichtung. Jedoch muss beachtet werden, dass es nicht möglich ist, diese beiden Effekte hier vollständig voneinander zu trennen. Bei B-Ost und B-West spielt die Körperausrichtung keine signifikante Rolle, jedoch die Lauf- bzw. Anmarschrichtung. Dies ist als weiterer Hinweis darauf zusehen, dass der Laufrichtungs-Priming-Effekt eher als Erklärung in Frage kommt. Beim Marktplatz scheint die Körperausrichtung eine prägnantere Rolle zu spielen. A-Ost und B-Ost sind signifikant von dieser beeinflusst. Bei der Versuchsgruppe B-Ost ist wieder nicht zwischen Laufrichtung und Körperausrichtung zu unterscheiden, jedoch sind die Probanden erst ein paar wenige Meter von ihrem Startpunkt aus gelaufen und mussten dann sofort den Marktplatz skizzieren, weshalb vermutet werden kann, dass die Laufrichtung hier nicht so wichtig ist, wie die Körperausrichtung. Bei A-Ost hingegen geht es eher um die Körperausrichtung, da weder Laufrichtung noch die Luftlinie zum Marktplatz einen Einfluss haben zu scheinen. Für den Zielort Nonnenhaus sieht es so aus als ob der Effekt der Körperausrichtung auf den ersten Blick sehr eindeutig ist. Bis auf A-Ost ist der Einfluss dieser bei allen Versuchsgruppen signifikant. Doch ist es hier wieder nicht möglich die Körperausrichtung und die Beeinflussung durch die Luftlinie sauber zu trennen. Insgesamt

scheint die Körperausrichtung aber einen Einfluss zu haben, ähnlich wie bei Meilinger et al., auch wenn nicht genau gesagt werden kann, wie stark dieser Effekt vorliegen könnte.

4.4 Luftlinie

Wie Röhrich et al. zeigen, scheint die Lage vom Abfrageort im Verhältnis zum Zielort den Abruf räumlicher Informationen zu modulieren. Zur Untersuchung dieses Effektes wurden die Skizzenorientierungen mit der Richtung des Vektors von Abfrageort zu Zielort verglichen. Einfachheitshalber wurde in dieser Arbeit immer nur von Luftlinie gesprochen. Die Luftlinie spielt jedoch bei den hier vorliegenden Ergebnissen wohl nur eine untergeordnete Rolle. Bei der Krümmen Brücke ist sie zweimal signifikant, deckt sich aber immer mit der Anmarschrichtung. Die gleiche Situation ist beim Nonnenhaus zu finden. Beim Marktplatz liegt nur einmal eine Signifikanz vor, aber auch hier deckt sich die Luftlinie mit der Körperausrichtung.

Insgesamt konnten die Ergebnisse von Röhrich et al. in Bezug auf die Luftlinie nicht wiederholt werden. Dies mag verschiedene Gründe haben, die schwer genau herauszuheben sind. Auf der einen Seite unterschieden sich teilweise die Aufgabenstellung und die Testsituation erheblich voneinander. Die Versuchspersonen bei Röhrich et al. wurden spontan, während sie in Tübingen unterwegs waren, gefragt eine Skizze vom Marktplatz oder vom Holzmarkt anzufertigen. Sie konnten sich nicht in der Form vorbereiten, wie beim hier vorliegenden Experiment, zu dem die Probanden extra an die Universität eingeladen wurden und schon vorab eine gewisse Erwartungshaltung hatten. Durch das spontane Ansprechen in der Stadt wurde vielleicht eine Art ‚mentale Reise‘ an den Zielort verursacht. So als ob sie ein Fremder nach dem Weg gefragt hätte. Diese Situation lag beim Zeichnen in der virtuellen Simulation sicher nicht vor. Auf der anderen Seite war es bei Röhrich et al. nicht möglich darauf zu achten, wo die Versuchspersonen vorher waren und was ihre Plan war, d.h. was sie vorhatten und wo sie eigentlich hinlaufen wollten. In der virtuellen Umgebung wurde möglicherweise eine andere Gewichtung für die Abfrage aus dem Langzeitgedächtnis vorgenommen als in der realen Situation in Tübingen.

4.5 Konflikt Luftlinie vs. Körperausrichtung

Meilinger et al. berichten von einer je nach Ausrichtung zum Zielort verschiedenen Anwendung von zwei Abrufstrategien. Aufgrund des Versuchsaufbaus wurde jedoch kein Laufrichtungseffekt berücksichtigt. Deshalb können die Ergebnisse von der Krümmen Brücke nicht zu einem Vergleich herangezogen werden. Beim Marktplatz verhält es sich für A-Ost und A-West wie es nach Meilinger et al. zu erwarten wäre. Beide Abfrageorte liegen orthogonal zum Zielort und weisen eher eine Orientierung anhand der Körperausrichtung auf als anhand der Luftlinie (Abbildung 10). B-West liegt entgegengesetzt ausgerichtet zum Marktplatz.

Interessanterweise liegt hier die Ausrichtung jedoch genau zwischen Luftlinie und Körperausrichtung. Entweder spielen hier noch andere Faktoren hinein oder es gibt möglicherweise eine Orientierung mittels beider Strategien, die sich dann im Ergebnis überlagern können. Ähnliches ist beim Zielort Nonnenhaus zu finden. A-Ost und A-West sind beide orthogonal zum Zielort gelegen. Doch auch hier ist eher eine Orientierungsrichtung zwischen Körperausrichtung und Luftlinie vorhanden (Abbildung 12). B-Ost steht wiederum eher in Kontrast zu Meilinger et al., da hier die Ausrichtung zum Nonnenhaus entgegengesetzt ist, dennoch aber eine Tendenz in Richtung Körperausrichtung vorliegt. Im Gegensatz zu den Experimenten von Meilinger et al. wurde der hier verwendete Versuchsaufbau nicht zur Untersuchung dieser Effekte entworfen und deshalb ist es schwierig wirklich konkrete Aussagen machen zu können.

4.6 Virtuelle Realität

Virtuelle Simulationen bieten eine Vielzahl an Vorteilen und Möglichkeiten. Sie bergen aber natürlich auch Nachteile und sind nur ein Abbild der Realität, das ganz von der Qualität der Simulation abhängt. Die Virtual Tübingen Simulation ist grafisch auf hohem Niveau, was 3D Umgebungen für HMDs wie die Oculus Rift angeht. Der visuelle Effekt ist erstaunlich und die Versuchspersonen erweckten den Eindruck, dass sie sich teilweise wirklich so fühlten als ob sie durch Tübingen laufen würden. Eine beliebte Nebenbeschäftigung war hier zum Beispiel die Schaufenster der Geschäfte zu betrachten und sie mit dem aktuellen Zustand im ‚echten‘ Tübingen zu vergleichen. Dies zeigt zum einen, dass die virtuelle Umgebung sehr ernst und als ‚wirklich‘ wahrgenommen wurde, zum anderen den Versuchspersonen aber die meiste Zeit klar war, dass sie sich nur in einer Simulation befinden. Menschen sind sicher fähig sich auf alle mögliche Situationen einzulassen, doch auch fähig dazu zwischen Realität und Virtualität zu unterscheiden. Zumindest so lange die Virtualität nicht nahe genug an die Realität heran kommt. Gut zu erkennen ist dies unter anderem an der so genannten ‚Cybersickness‘ (Bohil et al., 2011). Durch das Fehlen von vestibulären Stimuli, die wichtig sind für den Gleichgewichtssinn, kann es zu Konflikten zwischen der visuellen Wahrnehmung und dem Körpergefühl kommen. Dies führt zu Symptomen wie Übelkeit, Schwindel und Ausgleichsbewegungen (Bohil et al., 2011). Vor allem bei älteren Versuchspersonen kam es zu solchen Symptomen. Die jüngeren Probanden taten sich leichter damit, da diese größere Erfahrung mit anderen digitalen Medien möglicherweise einen gewissen Trainingseffekt nach sich zieht. Dennoch wirken sich solche körperlich unangenehmen Wahrnehmungen negativ auf die Präsenz in der virtuellen Simulation aus und können dadurch einen Einfluss auf die Ergebnisse eines Experiments haben.

Da die Virtual Tübingen Simulation nur einen kleinen Teil der Tübinger Innenstadt abdeckt, war den Versuchspersonen das räumliche Ausmaß der virtuellen Welt sicher relativ schnell

bewusst. Diese räumliche Beschränkung könnte sich möglicherweise auch auf das Präsenzgefühl und somit auch auf das Verhalten und die Orientierungsstrategien auswirken. Des Weiteren erstreckt sich der begehbare Bereich der Simulation stark in Ost-West-Richtung. Dies trifft auch auf den tatsächlichen Aufbau der Tübinger Innenstadt zu. Dadurch ist es weitaus häufiger, dass Tübinger diesen Stadtteil auf einer Ost-West-Achse begehen als in Nord-Süd Richtung. Diese verzerrte Betonung dieser Achse könnte vielleicht auch einen Einfluss auf die Skizzenorientierungen haben.

4.7 Schlussfolgerung

Die Ergebnisse zeigen auf, dass es verschiedene Aspekte und Faktoren gibt, die sich auf den expliziten Abruf von räumlichen Informationen aus dem Langzeitgedächtnis in das Arbeitsgedächtnis auswirken. Die Laufrichtung, die Luftlinie und die Körperausrichtung waren drei Faktoren die sicher einen Einfluss auf diesen Abruf haben. Bei aktiv überquerten Zielorten konnte ein signifikanter Effekt der Laufrichtung gezeigt werden. Befanden sich die Zielorte abseits der gelaufenen Route hatten alle drei Faktoren einen Einfluss auf die Skizzenorientierung. Den konkreten Effekt der einzelnen Faktoren auf diese außerhalb liegenden Zielorte gilt es in weiteren Experimenten zu untersuchen. Der Einsatz von virtuellen Simulationen kann hier sicher äußerst hilfreich sein. Da sich die Effekte scheinbar oft überlagern und schwer getrennt voneinander zu betrachten sind, muss für jeden Effekt ein Versuchsaufbau entwickelt werden, bei dem der zu untersuchende Effekt isoliert betrachtet werden kann. „Die Entdeckung, dass es so einfach nicht ist, wie man gedacht hat, ist als Gewinn anzusehen“, so beschrieb es schon der Physiker Carl Friedrich von Weizsäcker.

5 Literaturverzeichnis

- Baddeley, A. (1992). Working memory. *Science*, 255(5044), 556-559.
- Basten, K., Meilinger, T., & Mallot, H. A. (2012). Mental travel primes place orientation in spatial recall. In *Spatial Cognition VIII* (pp. 378-385). Springer Berlin Heidelberg.
- Berens, P. (2009). CircStat: a MATLAB toolbox for circular statistics. *J Stat Softw*, 31(10), 1-21.
- Biederman, I., & Gerhardstein, P. C. (1993). Recognizing depth-rotated objects: evidence and conditions for three-dimensional viewpoint invariance. *Journal of Experimental Psychology: Human perception and performance*, 19(6), 1162.
- Blanz, V., Tarr, M. J., Bülthoff, H. H., & Vetter, T. (1999). What object attributes determine canonical views?. *Perception-London*, 28(5), 575-600.
- Bohil, C. J., Alicea, B., & Biocca, F. A. (2011). Virtual reality in neuroscience research and therapy. *Nature reviews neuroscience*, 12(12), 752-762.
- Burgess, N. (2006). Spatial memory: how egocentric and allocentric combine. *Trends in cognitive sciences*, 10(12), 551-557.
- Edelman, S., & Bülthoff, H. H. (1992). Orientation dependence in the recognition of familiar and novel views of three-dimensional objects. *Vision research*, 32(12), 2385-2400.
- Frankenstein, J., Mohler, B. J., Bülthoff, H. H., & Meilinger, T. (2012). Is the map in our head oriented north?. *Psychological science*, 23(2), 120-125.
- J. R. Landis, G. G. Koch: The measurement of observer agreement for categorical data. In: *Biometrics*. 33, 1977, 159–174.
- Kitchin, R. M. (1994). Cognitive maps: What are they and why study them?. *Journal of environmental psychology*, 14(1), 1-19.
- Klatzky, R. L. (1998, January). Allocentric and egocentric spatial representations: Definitions, distinctions, and interconnections. In *Spatial cognition* (pp. 1-17). Springer Berlin Heidelberg.
- Koenderink, J. J., & Van Doorn, A. J. (1982). The shape of smooth objects and the way contours end. *Perception*, 11(2), 129-137.
- Lohmann, K. (2011). The use of sketch maps as a basis for measures of spatial knowledge. In *Understanding and Processing Sketch Maps*. In: Proceedings of the COSIT 2011 workshop. AKA Verlag, Heidelberg.
- May, M., & Kluwe, R. H. (2000). *Kognition im Umraum*. Dt. Univ.-Verlag.

- McNamara, T. P. (1986). Mental representations of spatial relations. *Cognitive psychology*, 18(1), 87-121.
- Meilinger, T., & Vosgerau, G. (2010). Putting egocentric and allocentric into perspective. In *Spatial cognition VII* (pp. 207-221). Springer Berlin Heidelberg.
- Meilinger, T., Frankenstein, J., Simon, N., Bühlhoff, H. H., & Bresciani, J. P. (2015). Not all memories are the same: Situational context influences spatial recall within one's city of residency. *Psychonomic bulletin & review*, 1-7.
- Nikolić, D., & Singer, W. (2007). Creation of visual long-term memory. *Perception & psychophysics*, 69(6), 904-912.
- O'Keefe, J., & Nadel, L. (1978). *The hippocampus as a cognitive map* (Vol. 3, pp. 483-484). Oxford: Clarendon Press.
- Palmer, S. E., & Rosch, E. Chase. P.(1981). Canonical perspective and the perception of objects. *Attention and perception IX*, 135-151.
- Röhrich, W. G., Hardiess, G., & Mallot, H. A. (2014). View-Based Organization and Interplay of Spatial Working and Long-Term Memories.
- Wiener, J. M., & Mallot, H. A. (2003). 'Fine-to-coarse' route planning and navigation in regionalized environments. *Spatial cognition and computation*, 3(4), 331-358.

6 Anhang

Tabelle 22: Zweifaktorielle ANOVA Tabelle nach Harrison-Kanji. Getestet wurden die Versuchsgruppen und die Wohndauer (weniger als 48 Monate gegen mehr als 48 Monate Wohndauer). d.f. = degrees of freedom. Chi² = Chi²-Statistik. Zielort war die Krumme Brücke.

Quelle	d.f.	Chi ²	p
Versuchsgruppen	6.00	22.32	0.001058
Wohndauer	2.00	1.02	0.60
Interaktion	3.00	3.26	0.35

Tabelle 23: Zweifaktorielle ANOVA Tabelle nach Harrison-Kanji. Getestet wurden die Versuchsgruppen und die Wohndauer (weniger als 48 Monate gegen mehr als 48 Monate Wohndauer). d.f. = degrees of freedom. Chi² = Chi²-Statistik. Zielort war der Marktplatz.

Quelle	d.f.	Chi ²	p
Versuchsgruppen	6.00	24.03	0.000516
Wohndauer	2.00	2.05	0.36
Interaktion	3.00	6.78	0.08

Tabelle 24: Zweifaktorielle ANOVA Tabelle nach Harrison-Kanji. Getestet wurden die Versuchsgruppen und die Wohndauer (weniger als 48 Monate gegen mehr als 48 Monate Wohndauer). d.f. = degrees of freedom. Chi² = Chi²-Statistik. Zielort war das Nonnenhaus.

Quelle	d.f.	Chi ²	p
Versuchsgruppen	6.00	28.08	0.000091
Wohndauer	2.00	1.86	0.39
Interaktion	3.00	4.17	0.24

Fragebogen

Alter:

Geschlecht:

Wohnhaft in Tübingen für wie lange:

Einschätzung der eigenen Orientierungsfähigkeit (1= sehr schlecht, 9 = sehr gut):

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Einschätzung der eigenen Ortskenntnisse (1= sehr schlecht, 9 = sehr gut):

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Wie schwierig fanden Sie den Versuch (1= sehr schwer, 9 = sehr einfach):

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Hat Ihnen der Versuch Spaß gemacht (1 = überhaupt nicht, 9 = sehr viel Spaß):

1 2 3 4 5 6 7 8 9

Anleitung für das Virtual Tübingen Experiment

Bei dem anstehenden Versuch werden Sie sich mit Hilfe einer HMD-Brille (Head Mounted Device) in einer virtuellen Simulation der Tübinger Innenstadt bewegen. Sie werden zunächst mit einer Übungsphase beginnen, um sich an den Versuchsaufbau zu gewöhnen. Vorwärts- und rückwärtslaufen können Sie mit Hilfe eines Gamepads (Fernsteuerung). Zum Umsehen und Vorgeben der Laufrichtung drehen Sie einfach Ihren Kopf oder Ihren ganzen Körper und schauen Sie in die gewünschte Richtung. Während des ganzen Versuches sollten Sie nicht mit ihren Beinen im ‚realen‘ Raum laufen, sondern möglichst an einer Stelle stehen bleiben.

Während der Übungsphase folgen Sie einfach der Wegbeschreibung des Versuchsleiters. Am Ende dieser Übungsphase werden Sie aufgefordert, eine erste Karte (Lageplan) eines vom Versuchsleiter vorgegebenen Ortes zu zeichnen. Danach startet die Versuchsphase.

Sie werden nun eine vorgegebene Route in Tübingen ablaufen. Diese Route wird durch Pfeile angezeigt. Außerdem gibt der Versuchsleiter mündliche Anweisungen. An bestimmten Stellen auf dieser Route werden Sie gebeten anzuhalten und eine Karte (Lageplan) eines vom Versuchsleiter genannten Ortes zu zeichnen. Die Zeichnungen müssen keine künstlerischen Meisterwerke werden, sondern lediglich eine grobe Übersichtszeichnung darstellen.

Falls Sie sich nicht wohl fühlen, kann der Versuch zu jeder Zeit von Ihnen abgebrochen werden, indem Sie einfach dem Versuchsleiter Bescheid geben.

Viel Spaß beim Versuch!