

Standortabhängige Repräsentation entfernter Orte

Zulassungsarbeit
der Mathematisch-Naturwissenschaftlichen
Fakultät der Eberhard Karls Universität
Tübingen

Kognitive Neurowissenschaft

Betreuer:
Prof. Dr. H. A. Mallot

Vorgelegt von:

Julia Mayer

Tübingen, den 25. März 2013

Erklärung

Ich erkläre, dass ich die Arbeit selbstständig angefertigt und nur die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Alle Stellen, die dem Wortlaut oder dem Sinn nach anderen Werken, gegebenenfalls auch elektronischen Medien, entnommen sind, sind von mir durch Angabe der Quelle als Entlehnung kenntlich gemacht. Entlehnungen aus dem Internet sind durch Angabe der Quelle und dem Zugriffsdatum sowie dem Ausdruck der ersten Seite belegt; sie liegen zudem für den Zeitraum von zwei Jahren entweder auf einem elektronischen Speichermedium im PDF-Format oder in gedruckter Form vor.

Tübingen, den 25.03.2013

Inhaltsverzeichnis

Erklärung	2
Abbildungsverzeichnis.....	6
Tabellenverzeichnis.....	7
Zusammenfassung	8
1. Einleitung	9
1.1 Interaktion zwischen Kurz- und Langzeitgedächtnis.....	9
1.2 Repräsentationen und Ansichten der räumlichen Darstellung.....	11
1.2.1 Egozentrische und allozentrische Repräsentation.....	11
1.2.2 Kanonische Ansichten	11
1.3 Routenplanung anhand von Landmarken.....	12
1.3.1 Aufgabenhierarchie des räumlichen Verhaltens.....	12
1.3.2 Routenplanung in Honigbienen	13
1.3.3. Routenplanung beim Menschen.....	14
1.3.4 Landmarken als Ankerpunkte	15
1.3.5 Kosten der Routenplanung	15
1.3.6 ‚Fine-to-coarse‘-Strategie der Routenplanung	16
1.4 Ergebnisse des Experiments von Basten et. al.....	17
1.5 Ergebnisse des Experiments von Binder	19
1.6 Fragestellung zu dieser Studie	20
2. Methoden.....	22
2.1 Experiment 1 - nahe Bedingung.....	22
2.2 Experiment 2 - entfernte Bedingung.....	24
2.3 Auswertungsmethoden.....	26
2.3.1 Bestimmung der UTM-Koordinaten der Standorte	26

2.3.2 Bestimmung des rechnerischen Schwerpunktes des Marktplatzes.....	26
2.3.3 Auswertung und Darstellung der Messdaten	28
2.3.4 Abzug des Mittelwertes aus den Rohdaten	28
2.3.5 Bestimmung der Endvektoren	30
2.3.6 Bestimmung der Standardabweichung der Endvektorlänge	30
2.3.7 Chi ² -Test	31
2.3.8 Zusammenhang zwischen Endvektor und Luftlinie	32
2.3.9 Abweichung zwischen Endvektor und Luftlinie als Winkel.....	32
2.3.10 Abweichung zwischen Endvektor und Schwerpunkt als Distanz	33
2.3.11 Vergleich des Endvektors mit dem jeweiligen Anmarschwinkel auf den Marktplatz	33
2.3.12 Schnittpunkte aller Endvektoren miteinander.....	34
3. Ergebnisse	35
3.1 Experiment 1	35
3.1.1 Akkumulierte Rohdaten	35
3.1.2 Datenverteilung nach Abzug des Mittelwerts	36
3.1.3 Endvektoren	40
3.1.4 Standardabweichung der Endvektorlänge.....	42
3.1.5 Chi ² -Test	43
3.1.6 Zusammenhang zwischen Endvektor und Luftlinie	44
3.1.7 Abweichung zwischen Endvektor und Luftlinie als Winkel.....	46
3.1.8 Abweichung zwischen Endvektor und Schwerpunkt als Distanz	46
3.1.9 Vergleich zwischen Endvektor und Anmarschwinkel auf den Marktplatz.....	48
3.1.10 Schnittpunkte aller Endvektoren miteinander.....	49
3.2 Experiment 2 – entfernte Bedingung.....	51
3.2.1 Akkumulierte Rohdaten	51
3.2.2 Datenverteilung nach Abzug des Mittelwerts	53
3.2.3 Endvektoren	55
3.2.4 Standardabweichung der Endvektorlänge.....	56
3.2.5 Chi ² -Test	57
3.2.6 Zusammenhang zwischen Endvektor und Luftlinie	58
3.2.7 Abweichung zwischen Endvektor und Luftlinie als Winkel.....	59

3.2.8 Abweichung zwischen Endvektor und Schwerpunkt als Distanz	60
3.2.9 Schnittpunkte aller Endvektoren miteinander.....	60
4. Diskussion.....	61
4.1 Einfluss des aktuellen Aufenthaltsortes auf die Skizzen	61
4.2 Einfluss von Distanz auf die Skizzen	62
4.3 Bestätigung der Ergebnisse von Binder	63
4.4 Kritische Betrachtung der Ergebnisse	64
Quellenverzeichnis.....	66
Anhang	68

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Ergebnisse der Studie von Basten et al. (2012)	18
Abbildung 2: Karte der Tübinger Innenstadt mit den acht Standorten (Standort 1 (A) bis Standort 8 (H) aus Experiment 1-nahe Bedingung	22
Abbildung 3: Standorte aus Experiment 2 - entfernte Bedingung.....	25
Abbildung 4: Eckpunkte des Marktplatzes (A-E) und Schwerpunkt des Marktplatzes (F).....	27
Abbildung 5: Akkumulierte Zeichenrichtungen von Experiment 1 in Prozent („Mittelwert“).....	29
Abbildung 6: Akkumulierte Zeichenrichtungen von Experiment 2 in Prozent („Mittelwert“).....	29
Abbildung 7: Punkte, ab denen der Marktplatz bei darauf zulaufen gesehen werden kann (A-C)	34
Abbildung 8: Absolutes Verhältnis der Himmelsrichtungen in Diagrammen aufgetragen an den acht Standorten aus Experiment 1	36
Abbildung 9: Relatives Verhältnis der Himmelsrichtungen zueinander nach Abzug des Mittelwerts an den acht Standorten aus Experiment 1	39
Abbildung 10: Endvektoren der gemittelten Zeichenrichtungen an den acht Standorten aus Experiment 1	41
Abbildung 11: Standardabweichung der Endvektorstärke aus Experiment 1	42
Abbildung 12: Endvektoren der präferierten Zeichenrichtungen an den acht Standorten (rot) und Luftlinien zwischen den Standorten und dem Schwerpunkt (grün) aus Experiment 1	44
Abbildung 13: Zusammenhang zwischen dem Endvektor und der Luftlinie aus Experiment 1 mit Ursprungsgerader	45
Abbildung 14: Schnittpunkte aller Endvektoren miteinander aus Experiment 1	49
Abbildung 15: Ausschnitt aus Abbildung 14 mit den Schnittpunkten der Endvektoren aus Experiment 1, welche in der direkten Umgebung des Marktplatzes liegen.....	50
Abbildung 16: Diagramme der akkumulierten Rohdaten aus Experiment 2	51
Abbildung 17: Diagramme mit den Daten von denen der Mittelwert abgezogen wurde aus Experiment 2	53
Abbildung 18: Diagramme der Endvektoren als gemittelte Zeichenrichtung aus Experiment 2	55
Abbildung 19: Mittlere Endvektorstärke mit Standardabweichung aus Experiment 2	56
Abbildung 20: Diagramme mit Endvektoren und Luftlinien aus Experiment 2	58
Abbildung 21: Zusammenhang zwischen Endvektor und Luftlinie aus Experiment 2	59
Abbildung 22: Schnittpunkte der Endvektoren miteinander aus Experiment 2	60
Abbildung 23: Skizze von Standort 1 mit Ausrichtung 'Süd'	68
Abbildung 24: Skizze von Standort 2 mit Ausrichtung 'West'	68
Abbildung 25: Skizze von Standort 3 mit Ausrichtung 'West'	69
Abbildung 26: Skizze von Standort 4 mit Ausrichtung 'West'	69
Abbildung 27: Skizze von Standort 5 mit Ausrichtung 'West'	70
Abbildung 28: Skizze von Standort 6 mit Ausrichtung 'West'	70
Abbildung 29: Skizze von Standort 7 mit Ausrichtung 'Süd'	71
Abbildung 30: Skizze von Standort 8 mit Ausrichtung 'West'	71

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zusammenfassung der Probandendaten aus Experiment 1 an allen Standorten.....	24
Tabelle 2: Zusammenfassung der Probandendaten aus Experiment 2 an allen Standorten.....	25
Tabelle 3: Absolute Zahlen der Ausrichtungen der Skizzenen an den acht Standorten aus Experiment 1.....	35
Tabelle 4: absolute Anzahlen der Ausrichtungen der Skizzenen in die verschiedenen Richtungen nach Abzug des Mittelwertes aus Experiment 1	37
Tabelle 5: Ergebnisse des Chi ² -Tests für Experiment 1 an den einzelnen Standorten	43
Tabelle 6: Größe des Fehlers zwischen dem Schnittpunkt der Orthogonalen mit dem Endvektor und dem Schwerpunkt des Marktplatzes aus Experiment 1 als Winkel und als Distanz.....	47
Tabelle 7: Vergleich zwischen den Winkeln zwischen dem Endvektor und dem Nullvektor und dem Anmarschwinkel und dem Nullvektor aus Experiment 1.....	48
Tabelle 8: Daten der Verteilung der Zeichenrichtungen der akkumulierten Rohdaten aus Experiment 2.....	52
Tabelle 9: Werte der Zeichenrichtungen nach Abzug des Mittelwerts aus Experiment 2	54
Tabelle 10: Ergebnisse Chi ² -Test und p-Wert aus Experiment 2 für die einzelnen Standorte	57
Tabelle 11: Größe des Fehlers zwischen Endvektor und Schwerpunkt des Marktplatzes aus Experiment 2	60
Tabelle 12: UTM-Koordinaten der Standorte aus Experiment 1	72
Tabelle 13: UTM-Koordinaten der Standorte aus Experiment 2	72
Tabelle 14: UTM-Koordinaten der Eckpunkte des Marktplatzes.....	73
Tabelle 15: UTM-Koordinaten der Anmarschpunkte, ab denen der Marktplatz gesehen werden kann.....	73
Tabelle 16: UTM-Koordinaten der Schnittpunkte der Orthogonalen mit dem Endvektor	74
Tabelle 17: UTM-Koordinaten der Schnittpunkte zwischen den Endvektoren der jeweiligen Standorte.....	75

Zusammenfassung

Basierend auf den Studien von Basten, Meilinger und Mallot (2012) und Binder (2012) untersuchte diese Studie, ob ein von Binder hergestellter Zusammenhang zwischen der Position der Probanden und der von ihnen bevorzugten Ausrichtung der gezeichneten Skizzen (vom Holzmarkt in Tübingen) bestätigt werden kann. Die Experimente wurden in dieser Studie mit dem Tübinger Marktplatz als Platz durchgeführt. Es wurde in Experiment 1 die nahe Bedingung gemessen und in Experiment 2 die entfernte. Hierbei konnte mit Experiment 1 bestätigt werden, dass es in der nahen Bedingung eine Vorzugsrichtung der Skizzenausrichtung gibt. Diese zeigt in die Richtung des Platzes vom Standort aus gesehen. In Experiment 2 konnte diese Vorzugsrichtung nicht mehr gefunden und bestätigt werden, die Ausrichtungen der Skizzen wiesen nicht in die Richtung des Marktplatzes. Also gibt es nur bei der nahen Bedingung (Experiment 1) eine Handlungsrelevanz, wie beispielsweise die Nähe zum Platz, beim Abruf von Informationen aus dem Langzeitgedächtnis und bei der Weiterverarbeitung im Kurzzeitgedächtnis.

1. Einleitung

Jeden Tag ist der Mensch in seiner Umwelt damit konfrontiert, dass er sich zurecht und auch seinen Weg finden muss. Teilweise sind die Routen bereits bekannt, weil schon oft begangen, doch teilweise sind die Wege neu und unbekannt. Man hat noch keine wirklichen Anhaltspunkte für diese neuen Wege und oft auch nur wenig Wissen über die Umgebung. Trotzdem findet man sich zurecht, kommt an das gewünschte Ziel und kann am Ende sogar die Verbindung zu den schon bekannten Teilen der Umgebung herstellen.

So ist es beispielsweise auch beim Skifahren. Kommt man in ein zunächst neues Skigebiet, muss man sich zuerst orientieren und einen Überblick gewinnen. Nach der ersten Abfahrt hat man sich schon einige Wegpunkte gemerkt, anhand derer man sich dann bei den folgenden Abfahrten orientieren kann. Das Wissen über das Wegenetz und die Umgebung wird immer besser und immer mehr, bis man sich am Ende auch durch die Vernetzung dieses Wissens immer weitere Möglichkeiten für Abfahrten erschließen kann. Man hat sich mit der Zeit quasi eine Karte im Gedächtnis erstellt, welche Piste sich wo im Skigebiet befindet und kann das Wissen darüber dann bei Bedarf, also bei der nächsten Abfahrt, wieder abrufen und nutzen. Man könnte auch, bei Bedarf, eine zumindest grobe Karte des Skigebietes zeichnen, wenn man am Ende des Tages danach gefragt werden würde.

1.1 Interaktion zwischen Kurz- und Langzeitgedächtnis

Um eine Karte oder ein Abbild eines bestimmten Ortes zeichnen zu können, muss zuerst die spezifische Information über diesen Ort und seine Lage in der Umwelt aus dem Langzeitgedächtnis in das Arbeitsgedächtnis übertragen werden, um zur weiteren Verarbeitung zur Verfügung zu stehen.

Jedoch hängt die Abrufung von egozentrischen Arbeitsgedächtnisinhalten aus dem Langzeitgedächtnis von der Struktur desselben ab, wobei das Langzeitgedächtnis ansichtenbasiert, von einer Orientierung abhängig oder völlig unabhängig davon sein kann. Es ist somit auch immer ein unterschiedlicher Grad an Arbeitsleistung nötig. Zudem hängt die erhaltene Orientierung des Ortes nicht nur vom Inhalt des Langzeitgedächtnisses ab, sondern sie beruht auch auf der jeweiligen Planungsaufgabe (Basten, Meilinger und Mallot 2012).

McNamara (1986) beschrieb die Art der Speicherung von Inhalten im Langzeitgedächtnis als partiell hierarchisch.

Diese Theorie der partiell hierarchischen Speicherung sagt eine gewisse Redundanz in der Repräsentation voraus, sodass viele räumliche Beziehungen, welche berechnet werden können, dann auch explizit gespeichert werden.

Bei einer partiell hierarchischen Speicherung der räumlichen Beziehungen können diese zwischen den Orten in verschiedenen Umgebungen der Umwelt kodiert werden und müssen nicht aus räumlichem Wissen höherer Ordnung berechnet werden.

So werden beispielsweise Orte bei der Speicherung im räumlichen Gedächtnis zu Regionen zusammengefasst, welche dann Knoten auf einem höheren Level in einer diagrammähnlichen Darstellung des Raumes bilden (Wiener und Mallot 2003).

Dies resultiert in einer erhöhten Geschwindigkeit und Genauigkeit mit welcher gewisse räumliche Beurteilungen vorgenommen werden können, da Wissen, welches im Gedächtnis kodiert ist, schneller und akkurater abgerufen werden kann als Wissen, welches zuerst aus anderem Wissen im Gedächtnis berechnet werden muss (McNamara 1986).

Die Abhängigkeit der Orientierung und Ausrichtung der erhaltenen Karte bei unterschiedlichen Aufgaben wurde auch bei Patienten mit einem linksseitigen *Neglect* nachgewiesen. Sollten diese Patienten einen ihnen gut bekannten Platz beschreiben, so lösten sie diese Aufgabe für die Dinge und Merkmale auf der rechten Seite und in der Mitte des Gesichtsfeldes sehr gut, die auf der linken Seite ließen sie jedoch völlig außer Acht und beendeten die Aufgabe nach der rechtsseitigen Beschreibung. Wurden sie anschließend gebeten, den Platz aus der gegenüberliegenden Perspektive zu beschreiben, zählten sie alles auf, was auf der ehemals linken Seite lag, die nun ihre rechte war, und ließen in der Beschreibung die nun linke Seite aus. Sie beschrieben also nur die jeweils rechte Hälfte. Die Mechanismen, welche der mentalen Repräsentation der Umwelt unterliegen, sind in dem Sinne topologisch strukturiert, dass der Prozess, durch welchen ein visuelles Abbild durch den Verstand ins Gedächtnis gerufen wird, zwischen den beiden Großhirnhemisphären aufgeteilt werden könnte (Bisiach und Luzzatti 1978).

So ist zwar das Wissen über den gesamten Aufbau des Platzes im Langzeitgedächtnis gespeichert, jedoch geht beim Abruf und Übertragen der Information in das Arbeitsgedächtnis durch den linksseitigen *Neglect* ein Teil davon, nämlich die linke Hälfte, verloren.

1.2 Repräsentationen und Ansichten der räumlichen Darstellung

1.2.1 Egozentrische und allozentrische Repräsentation

In der Raumkognition und auch in der Literatur über Navigation wird zwischen egozentrischen und allozentrischen Repräsentationen unterschieden.

Bei einer egozentrischen Repräsentation wird die Umwelt im Verhältnis zum eigenen Körper, also im Verhältnis zum eigenen Standort und der eigenen Perspektive dargestellt. Das Ego dient als Ankerpunkt, anhand dessen die Entfernungen und die Lage der Orte zum Ego in der umgebenden Umwelt eingeschätzt und auch abgespeichert werden. Bei einer Standortveränderung muss hierbei die gesamte räumliche Repräsentation aktualisiert werden. Geht man jedoch von einer allozentrischen Darstellung des Raumes aus, so werden Objekte in der Umwelt unabhängig von der eigenen Position in ein Verhältnis zueinander gesetzt. Die Umwelt ist hierbei immer gleich ausgerichtet und der Beobachter bewegt sich in ihr (Klatzky 1998, Burgess 2006).

Auch wenn frühere Theorien von einem Modell des räumlichen Gedächtnisses ausgingen, welches aus Gesichtspunktspezifischen Repräsentationen, egozentrischen räumlichen Aktualisierungen und einem geometrischen Modul für die Neuausrichtung besteht, muss dieses Modell nach neuen Erkenntnissen nochmals überdacht werden. Diese weisen darauf hin, dass sowohl egozentrische wie auch allozentrische Repräsentationen parallel zueinander existieren und je nach Aufgabe entsprechend kombiniert werden, um das Verhalten entsprechend zu unterstützen oder hervorzurufen (Burgess 2006).

1.2.2 Kanonische Ansichten

Da Stadtplätze wahrscheinlich kanonische Ansichten haben, muss man davon ausgehen, dass diese wohl ebenfalls eine wichtige Rolle bei der Repräsentation der Plätze einnehmen.

Kanonische Ansichten sind Ansichten, mit denen der Beobachter bei einem Objekt am meisten vertraut ist. Von einem Objekt werden mehrere Ansichten gespeichert, jedoch ruft nur die charakteristische Ansicht, also die kanonische, die kürzesten Erkennungszeiten hervor. So gehen Freeman, Weinshall und Werman (genannt in Hall und Owen 2005) bei den kanonischen Ansichten von Objekten von den Ansichten aus, welche höchstwahrscheinlich im Gedächtnis abgespeichert werden, da bei ihnen kleine Abweichungen den geringsten Unterschied ausmachen.

Blanz, Tarr und Bühlhoff (1999) stellen die Vermutung an, dass kanonische Ansichten, ebenso wie es im Normalfall für sichtbasierte Repräsentationen der Fall ist, das Produkt einer komplexen Interaktion zwischen Erfahrung, Aufgabe und Geometrie darstellen, da diese drei Faktoren zur Organisation der Repräsentation beitragen.

1.3 Routenplanung anhand von Landmarken

1.3.1 Aufgabenhierarchie des räumlichen Verhaltens

Gillner und Mallot (2008) schlagen eine Aufgabenhierarchie des räumlichen Verhaltens vor, welche bei der Wiedererkennung von speziellen Orten (wie beispielsweise ‚Daheim‘) beginnt und zu Exkursionen von und wieder zu diesem Ort führt. Hierbei werden mehr Orte hinzugefügt, einzelne Exkursionen zu Routen zusammengesetzt, Segmente bekannter Routen zu neuen Routen zusammengefügt, alternative Routen geplant und großflächige Räume genutzt.

In diesem räumlichen Verhalten ist die (Wieder-) Erkennung von Orten die grundsätzlichs-te Funktion. Die Erkennung derselben basiert auf einer bestimmten Art von Landmarke als Orientierungspunkt, wie zum Beispiel charakteristischen Daten eines Ortes, einer anschaulichen Wegmarke oder einer Besonderheit, da das Ziel ja erkannt werden muss, sobald es erreicht wird (Gillner und Mallot 2008).

Eine Landmarke kann als ein Stück sensorischer Information definiert werden, welches charakteristisch für einen Ort ist, im Gedächtnis gespeichert wird und für die Erkennung eines Ortes verwendet wird. Damit ein Objekt jedoch als Landmarke dienen kann, muss es drei Kriterien erfüllen: Erstens muss eine Landmarke auffällig sein und aus der Umgebung hervorstechen, sodass sie gut erkennbar ist. Zweitens sollte sie eine gewisse Bedeutung aufweisen, da man sich normalerweise bei Landmarken an Stellen erinnert, an denen eine navigationstechnische Entscheidung getroffen werden muss. Die Beständigkeit ist das dritte Kriterium, da sowohl die Landmarke selbst, als auch ihre Position über die Zeit hinweg Bestand haben sollten. (Mallot und Basten 2009; Gillner, Weiß und Mallot 2008).

Wie funktioniert die Routenplanung also? Man benötigt dazu Landmarken und auch, wie von Gillner und Mallot (2008) vorgeschlagen, eine gewisse Hierarchie in der Aufgabenverteilung.

1.3.2 Routenplanung in Honigbienen

Bei Honigbienen wurde anhand von Experimenten von Gould (1986) vorgeschlagen, dass diese mehr als nur reine ‚Routenkarten‘ besitzen würden. Aus seinen Experimenten hat er geschlossen, dass Honigbienen gewissermaßen ‚kognitive Karten‘ ihrer Umgebung besitzen.

Cartwright und Collett (1987) haben auf der Grundlage der Überlegungen von Gould ein Modell erstellt. Dieses versucht zu zeigen, welche Information in einer solchen Karte gespeichert wird, wie diese Karte zusammengesetzt ist und wie sie von den Bienen genutzt wird. Zudem versucht es zu erläutern, wie Bienen hiermit nahe gelegene Landmarken nutzen, um ein Ziel zu erreichen.

Bienen und andere Insekten ‚lernen‘ die Verteilung der Landmarken um das Ziel herum, indem sie einen sogenannten ‚Snapshot‘ anfertigen. Dies ist ein zweidimensionales Bild, welches von dem Punkt aus aufgenommen wird, an den die Bienen später zurückkehren möchten. Dieser Snapshot enthält jedoch keinerlei Informationen über die Distanzen, sondern ist lediglich ein gespeichertes Abbild der Verteilung der Landmarken. Um anschließend zu einem Ziel zurückzukehren vergleicht die Biene nun kontinuierlich den gespeicherten Snapshot mit ihrem aktuellen Bild auf der Netzhaut und bewegt sich so, dass die Diskrepanz zwischen diesen beiden Abbildern geringer wird. Jedoch werden Bienen nur bei einem geringen Unterschied zwischen aktueller Ansicht und Snapshot in die richtige Richtung geführt. Ist die Diskrepanz zu groß, findet die Biene den richtigen Weg nicht mehr. Um den Bereich zu vergrößern, in dem die Biene anhand dieses Modells agieren kann, werden unterschiedliche Snapshots angefertigt. Einer nahe am Ziel, welcher die Landmarken beinhaltet und einer, bei dem die Landmarken herausgefiltert wurden, da dieser die Biene auch aus einer größeren Entfernung in die Richtung des Ziels führen kann. Ist die Biene dann in der näheren Region des Ziels angekommen, wechselt sie auf den Snapshot, bei dem die Landmarken nicht herausgefiltert wurden, um zum Ziel zu gelangen (Cartwright und Collett 1987).

Um von unterschiedlichen Punkten aus starten und sofort losfliegen zu können, benötigt eine Biene ein räumliches Gedächtnis mit mehreren Snapshots, welche alle an unterschiedlichen Stellen aufgenommen worden sind. Es findet wieder der Vergleich zwischen dem aktuellen Abbild auf der Netzhaut und dem Snapshot statt und es wird der am besten passende ausgewählt. Damit Snapshots für die Navigation genutzt werden können, ist jedem davon ein Vektor zugeordnet, welcher die Richtung und Distanz vom Bienenstock festlegt.

Wenn an einem bestimmten Punkt ein anderer Snapshot besser zum aktuellen Abbild passt, wird er gewechselt.

Bei einer Biene finden also zwei Phasen der Zielfindung statt: Zuerst fliegt die Biene in die nähere Umgebung des Ziels und anschließend wird das Ziel genau lokalisiert (Cartwright und Collett 1987).

Jedoch lernen Bienen auch die tatsächliche Größe von Landmarken, um ihr angestrebtes Ziel wieder zu finden, wobei sie drei Eigenschaften der Landmarke verwenden, um ihr angestrebtes Ziel wieder zu erreichen. Zuerst wird die Geschwindigkeit, mit welcher sich die Landmarke über die Retina verschiebt (Bewegungsparallaxe), genutzt. Zudem wird die scheinbare Größe der Landmarke bei einer Ansicht vom Ziel aus (Größe des Netzhautabbildes) verwendet. Und als drittes dient die Änderungsrate der Winkelgröße der Landmarke bei einer Annäherung ans Ziel noch als Kriterium (Cartwright und Collett 1983).

1.3.3. Routenplanung beim Menschen

Beim Menschen laufen die Zielfindung und somit auch die Routenplanung unterschiedlich zu derjenigen von Bienen ab. Menschen können sich an Orte auf offenen Flächen erinnern, denen nahe Hinweise fehlen, indem sie sich an die Anordnung von fernen Hinweisen erinnern. Dies könnte auf einer kartenähnlichen Information basieren, in der gespeichert wird, wo sich welche Landmarken befinden im Zusammenspiel mit dem Ziel befinden. Die Wegfindung zum Ziel ist auch in einer nichtssagenden Umgebung möglich, jedoch wird die Leistung der Zielfindung mit der Einführung von Landmarken verbessert. Als zweite große Quelle der räumlichen Information, neben den Landmarken, dient die Eigenbewegung des Menschen, welche für die sogenannte Pfadintegration eine Rolle spielt, die auf der Eigenbewegung basiert. Im Gegensatz zu Bienen erinnern sich Menschen auch an mehr als die bloßen Vektoren in die Richtung der Heimatposition. So werden bei einer Eigenbewegung nicht nur die Distanzen in einem Teil des Langzeitgedächtnisses gespeichert, sondern auch die zeitliche Information, ebenso wie beispielsweise Informationen über die Geschwindigkeit, mit der man sich fortbewegt (Gillner und Mallot 2008).

Nach der Erkennung des Heimatplatzes führen Gillner und Mallot (2008) als nächsten Schritt in der Aufgabenhierarchie der räumlichen Wahrnehmung die Abspeicherung und darauf folgende Wiederherstellung von mehrteiligen Routen an. Ein Verhalten, das beispielsweise in Bienen nicht mehr gefunden wird. Bei mehrteiligen Routen kann jeder Schritt als Anpeilung eines Ortes gesehen werden, welcher für diesen Schritt als Zwischenziel dient. Jedoch ist die genutzte Information von Landmarken in der Routenführung scheinbar abhängig von der jeweiligen Sicht- und Reiserichtung.

1.3.4 Landmarken als Ankerpunkte

Landmarken, die unter anderem auch zur Routenplanung verwendet werden, werden in der Umwelt als anfängliche Ankerpunkte genutzt und anhand dieses ursprünglichen Netzwerks werden dann Pfadstrukturen entwickelt. Auch wenn sich die ursprüngliche ordinale Genauigkeit der Landmarken mit zunehmender Erfahrung nicht verändert, so verbessert sich doch ihre exakte Lokalisierung im Raum (Evans et al. 1981).

Dies spiegelt sich auch in einem Experiment von Evans et al. wieder, bei dem gezeigt wurde, dass die Versuchsteilnehmer nach einem Jahr Erfahrung in der Stadt/am Ort zwar mehr Wege gekannt und gezeichnet haben, als nach ein paar Wochen, dass sie aber jedoch nicht mehr Landmarken als zu Beginn gezeichnet hatten. Es wurden auch nach einem Jahr Erfahrung immer noch die gleichen Landmarken genutzt wie nach einigen Wochen.

Anhand dieser Ergebnisse zeigt sich, dass die anfangs codierten Landmarken als Anker für den anschließenden Wissenserwerb der Umwelt dienen. Das Lernen neuer Routen findet also innerhalb des Kontexts der ursprünglichen Landmarken statt (Evans et al.).

Um sich jedoch in einer sich ständig verändernden Umwelt zurecht zu finden, müssen Menschen neue Routen planen können, indem sie Teile von bekannten Routen neu kombinieren und indem aus metrischen Informationen Rückschlüsse über Abkürzungen und Umgehungen gezogen werden. Für diese flexible Routen-Planung ist eine Gedächtnisstruktur nötig, die sich ‚cognitive map‘, also kognitive Karte nennt (Gillner und Mallot 2008).

Laut der Definition von O’Keefe und Nadel (1978) ist die kognitive Karte keine Darstellung oder Abbildung, die so aussieht, wie das, was sie repräsentiert. Es ist eher eine Informationsstruktur von welcher kartenähnliche Abbildungen rekonstruiert und verhaltensabhängige Informationen am Platz generiert werden können.

1.3.5 Kosten der Routenplanung

Auch versuchen Menschen die Kosten während der Routenplanung, sowohl die physischen als auch die kognitiven, so gering wie möglich zu halten. So wird bei einer Routenplanung die Route bevorzugt, welche das ursprünglich längste Segment in der richtigen Richtung hat und auch eine Entscheidung über eine Drehung wird möglichst lange aufgeschoben, um die kognitiven Kosten gering zu halten (Gillner und Mallot 2008).

Um Abkürzungen und Umwege nutzen zu können, wenn dies nötig sein sollte, muss der Mensch über die metrischen Beziehungen in seiner Umwelt Bescheid wissen. Um dies zu gewährleisten, sind Menschen in der Lage metrische Informationen zu erfassen, welche in einer beständigen Art und Weise, beispielsweise im Langzeitgedächtnis, gespeichert werden. Jedoch sind metrische Informationen nur in Kombination mit anderen räumlichen Hinweisen nützlich (Gillner und Mallot 2008).

1.3.6 ‚Fine-to-coarse‘-Strategie der Routenplanung

Bei der Routenplanung anhand von Landmarken können noch zwei unterschiedliche Strategien der Planung unterschieden werden. Zum einen gibt es die ‚coarse-to-fine‘-Strategie, bei welcher ein kompletter Plan der gesamten Route, auch teils nur sehr grob, zu Beginn der Reise erstellt und dann im Gedächtnis gespeichert wird. Dieser Plan wird dann Schritt für Schritt ausgeführt.

Dieser Plan ist jedoch sehr grob und auch betreffs der einzelnen Punkte ungenau, an denen Entscheidungen getroffen werden müssen. Hierdurch muss jeder Schritt eines groben Plans nochmals herunter gebrochen, ein genauer Plan, welcher die Navigation erlaubt, erstellt werden und bis zum Erreichen des nächsten Punktes des groben Plans im Gedächtnis behalten werden.

Bei dieser Strategie der Routenplanung tritt eine hohe Gedächtnislastung auf, während der Verarbeitungsaufwand eher gering ist. Wenn man jedoch annimmt, dass die Verarbeitung mit der Navigation fortschreitet, wäre ein Algorithmus mit einer niedrigen Gedächtnislastung und einem höheren Verarbeitungsaufwand attraktiver. Dies ist bei der zweiten Strategie der Routenplanung, der ‚fine-to-coarse‘-Strategie, der Fall. Hierbei wird jeweils nur ein Schritt nach dem anderen geplant und somit ist die Gedächtnislastung minimiert. Der Algorithmus beruht auf einer Arbeitsgedächtnisstufe, welche für die aktuelle Position eine detaillierte Repräsentation enthält und eine Grobe für entfernte Positionen (Wiener und Mallot 2003).

Bei der ‚fine-to-coarse‘-Strategie werden verschiedene hierarchische Level des räumlichen Gedächtnisses gleichzeitig anstelle von nacheinander, wie bei der ‚coarse-to-fine‘-Strategie, genutzt (Wiener und Mallot 2003).

1.4 Ergebnisse des Experiments von Basten et. al

Basten, Meilinger und Mallot (2012) führten eine Studie durch, um den Zusammenhang zwischen dem räumlichen Langzeitgedächtnis und dem Arbeitsgedächtnis, sowie der Rolle von orientierten und orientierungsunabhängigen Repräsentation besser zu verstehen. In dieser Studie demonstrierten sie, dass Codes des räumlichen Arbeitsgedächtnisses von einem gegebenen Ort von vorhergehenden Aufgaben, wie beispielsweise einem mentalen Durchgang abhängen. Somit sind sie in einen verhaltensbezogenen Kontext eingebunden.

Die Autoren vertreten die Hypothese, dass die Ansicht von Skizzen eines bekannten Platzes durch die Richtung eines vorhergehenden mentalen Gehen über den Platz „geprimed“ werden, was somit auch einer Priming der Skizzenausrichtung durch die vorherige egozentrische Repräsentation im Arbeitsgedächtnis entspricht. Priming bedeutet, dass quasi eine vorhergehende Prägung der egozentrischen Repräsentation im Arbeitsgedächtnis stattfindet. Durch das mentale Gehen über den Platz in einer bestimmten Richtung (beispielsweise nach Westen), wird auch die Orientierung der Skizzen öfter nach Westen ausgerichtet (Vgl. Abbildung 1). Man ist vor dem Zeichnen gezwungen sich den Platz in einer bestimmten Orientierung vorzustellen und hierdurch orientiert man sich auch später dann an dieser Ausrichtung.

Um diese Hypothese zu überprüfen, ließen sie Probanden in einem Abstand von 2,5km zum Platz (Holzmarkt) in Experiment 1 den Platz ohne vorheriges Priming zeichnen und in Experiment 2 mit vorangehendem Priming, indem sie sich vorstellen sollten, dass sie den Platz entweder in westlicher oder in östlicher Richtung überqueren. Die erhaltenen Skizzen wurden dann nach ihrer Orientierung nach den vier Haupthimmelsrichtungen ausgewertet.

Die Ergebnisse aus Experiment 1 und 2 sind in Abbildung 1 zu erkennen.

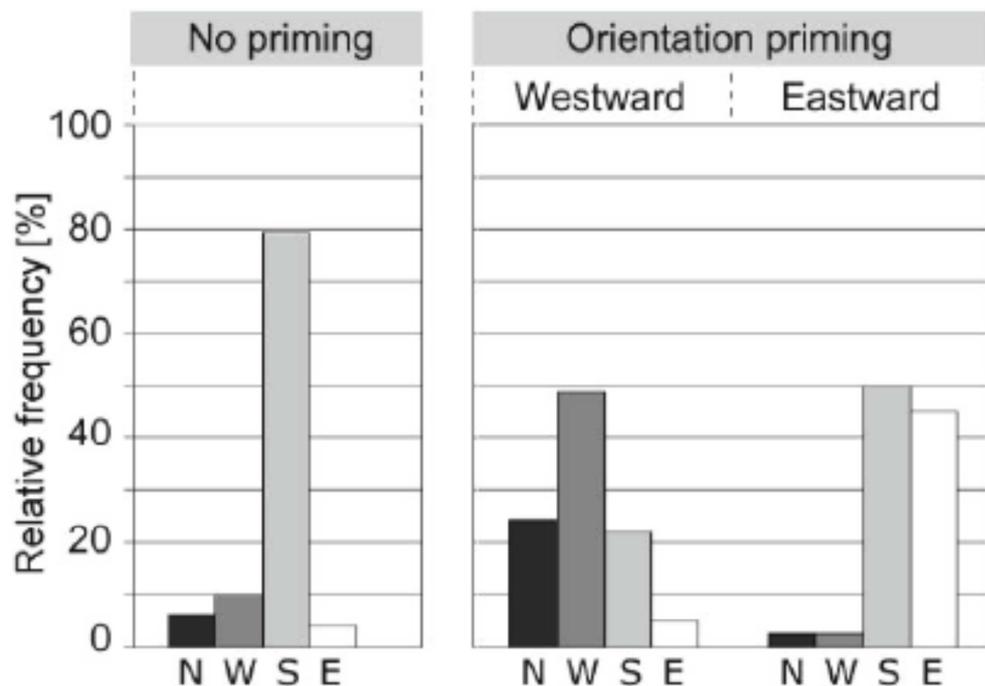


Abbildung 1: Ergebnisse der Studie von Basten et al. (2012)
Quelle: Basten et al. 2012

Die Balken in Abbildung 1 zeigen die jeweiligen relativen Verteilungen der Skizzenausrichtungen in die vier Haupthimmelsrichtungen auf, einmal ohne vorhergehendes Priming und einmal mit Priming (Richtung Westen und Richtung Osten).

Ohne vorhergehendes Priming (Experiment 1) werden die Skizzen vor allem in Richtung Süden ausgerichtet gezeichnet, die anderen Himmelsrichtungen waren jeweils mit weniger als 25% vertreten.

Für diese Präferenz der südlichen Richtung führen Basten, Meilinger und Mallot (2012) mehrere mögliche Gründe an. Zum einen könnte es an der typischen Landmarke der Kirche im Süden des Platzes liegen oder auch an der Abschrägung des Platzes, bei der die südliche Seite etwas nach oben geneigt ist. Auch das geometrische Layout des Platzes von Ost nach West könnte eine Rolle gespielt haben (Basten et al. 2012).

Nachdem die Probanden sich für Experiment 2 vor dem Zeichnen vorstellen mussten, entweder in östlicher respektive westlicher Richtung eine Route über den Holzmarkt zu nehmen, wurden die Skizzen eher in der Richtung des vorangegangenen Primings ausgerichtet.

In der Bedingung des westlichen Primings zeichneten die Probanden eher Skizzen mit westlicher oder auch nördlicher Ausrichtung, wohingegen die südliche Ausrichtung weniger oft gezeichnet wurde.

In der östlichen Priming Bedingung zeichneten die Probanden öfters Skizzen, welche nach Osten ausgerichtet waren als in der Bedingung ohne Priming.

Dies erklärten Basten et al. (2012) so, dass die Orientierung, in welcher ein Ort wieder abgerufen wurde, durch den Vorgang, die Route mental vor dem Zeichnen zu gehen, geprimed wurde. Somit veränderte das Priming der Orientierung die Zugänglichkeit der Orientierung eines im Gedächtnis gespeicherten Ortes.

1.5 Ergebnisse des Experiments von Binder

Binder führte 2012 eine Studie durch, die auf der von Basten et al. (2012) basiert. Binder wollte in seiner Studie den Zusammenhang zwischen dem Standort der Probanden und der von ihnen bevorzugten Zeichenrichtung besser ergründen, da in der Studie von Basten et al. 2012 vor allem die südliche Ausrichtung der Skizzen bevorzugt wurde. Um den Zusammenhang besser zu verstehen, wurden Passanten an verschiedenen Standorten rund um den Holzmarkt in Tübingen herum in ca. 500-700m Entfernung gebeten, diesen Platz zu skizzieren (Binder).

Die Daten von Binder unterstützen weitgehend die These von Basten et al., in der Hinsicht, dass an den befragten Standorten die Südrichtung am häufigsten gewählt wird. Jedoch „werden an den Orten westlich beziehungsweise östlich oder südlich des Platzes mehr Skizzen in der jeweils entgegengesetzten Richtung gezeichnet.

Zwar ist die Südrichtung immer noch dominanter als die anderen, aber offensichtlich gibt es einen Zusammenhang zwischen dem Zeichenort und der Ausrichtung der Skizze“ (Binder). Dies hat Binder damit erklärt, dass wohl neben der Standardansicht der Skizze auch noch eine ortsabhängige Komponente bei der Erstellung einer Skizze eines Platzes eine Rolle spielt.

Um zu überprüfen, ob wirklich nur das Verhältnis des Aufenthaltsortes der Probanden zum Zielort eine Rolle spielt, oder ob auch die jeweilige Handlungsrelevanz wie beispielsweise die räumliche Nähe zum Zielort wichtig ist für die Erstellung der Skizzen des Holzmarktes, hat Binder noch ein zweites Experiment in einem Abstand von etwa 2 km vom Holzmarkt entfernt durchgeführt.

Spielt die Handlungsrelevanz keine Rolle, so müssten auch hier die Skizzen alle wieder in die ungefähre Richtung des Holzmarktes zeigen. Ist die Distanz zum Zielort jedoch eine beeinflussende Größe, wäre die Ausrichtung der Skizzen eine andere.

Da jedoch an den vier gemessenen Standorten von Binder alle Skizzen vornehmlich in südlicher Ausrichtung gezeichnet wurden, schließt er darauf, dass „tatsächlich ein handlungsrelevanter Kontext für die Drehung der mentalen Karte benötigt wird“ (Binder). Somit dürfte das alleinige Verhältnis vom Aufenthaltsort zum Zielort nicht für den Abruf der Inhalte aus dem Langzeitgedächtnis genügen.

1.6 Fragestellung zu dieser Studie

Basten et al. (2012) konnten in ihrer Studie zeigen, dass die Informationen, welche aus dem Langzeitgedächtnis ins Arbeitsgedächtnis extrahiert werden, von der jeweiligen Situation und Aufgabe abhängen. So veränderte beispielsweise vorhergehendes Priming die Zugänglichkeit der Orientierung eines im Gedächtnis gespeicherten Ortes.

Binder (2012) stellte in seiner Studie fest, dass „tatsächlich ein handlungsrelevanter Kontext für die Drehung der mentalen Karte benötigt wird“ (Binder) und folgerte daraus, dass das alleinige Verhältnis vom Aufenthaltsort zum Zielort nicht für den Abruf der Inhalte aus dem Langzeitgedächtnis genügt. Um zu überprüfen, ob die von ihm postulierte Handlungsrelevanz beim Abruf der Inhalte aus dem Langzeitgedächtnis ins Arbeitsgedächtnis auch bei anderen Plätzen eine Rolle spielt, wurden die gleichen Experimente unter den gleichen Bedingungen an einem anderen bekannten Platz in Tübingen, dem Marktplatz vor dem Rathaus durchgeführt. Auch der Marktplatz hat eine sehr prägnante Landmarke, nämlich das Rathaus, wobei die kanonische Ansicht hierbei meiner Meinung nach die mit frontalem Blick auf das Rathaus ist.

Entgegen der Theorie von Basten et al. (2012), nach der an jedem Standort stets die kanonische Ansicht des Platzes gewählt werden würde, wird davon ausgegangen, dass sich auch beim Marktplatz die Ergebnisse von Binder bestätigen und dass der Abruf der Informationen aus dem Langzeitgedächtnis ins Arbeitsgedächtnis handlungsrelevant, also beispielsweise durch die Nähe der Person zum Platz, bestimmt wird.

Es wird erwartet, dass es wieder die systematische Drehung in Abhängigkeit vom Aufenthaltsort gibt und dass sich dieser Effekt mit zunehmender Distanz verliert.

Zudem kann dies auch mit den Eigenarten des Platzes, seiner Ausrichtung, den Landmarken, etc. zusammenhängen.

Aus diesem Grund ist eine weitere Prüfung wichtig, um heraus zu finden, ob es eine generelle Regel für die erwartete systematische Drehung der Skizzen in Abhängigkeit vom Aufenthaltsort gibt.

2. Methoden

2.1 Experiment 1 - nahe Bedingung

Für Experiment 1 wurden acht Standorte in der Tübinger Altstadt gewählt, die alle einen Abstand von ungefähr 200 Meter zum Marktplatz hatten und an diesen wurde jeweils die Befragung durchgeführt. Die acht Standorte wurden so gewählt, dass sie, unter Berücksichtigung der Gegebenheiten der Altstadt, nach den vier Haupthimmelsrichtungen (also Nord, Ost, Süd und West) und zusätzlich nach den vier Nebenhimmelsrichtungen (also Nordost, Nordwest, Südost und Südwest) ausgerichtet waren. Diese Standorte sind in der Karte in Abbildung 2 dargestellt, wobei die Karte in der Abbildung nach Norden ausgerichtet ist.



Abbildung 2: Karte der Tübinger Innenstadt mit den acht Standorten (Standort 1 (A) bis Standort 8 (H) aus Experiment 1-nahe Bedingung; die rote Fläche stellt den Marktplatz dar
Quelle: Karte von GPS-Geoplaner (www.gps.de, 12.01.13)

An den acht Standorten wurden jeweils 30 Probanden gefragt, ob sie an einem Experiment zur räumlichen Orientierung für eine Zulassungsarbeit in Biologie teilnehmen würden. Anschließend wurden sie mit der Aufgabe „Skizzieren Sie hier bitte den Grundriss des Marktplatzes“ gebeten, eine Skizze auf einem weißen DIN A4-Blatt Papier anzufertigen. Hierbei wurde den Probanden das Blatt ohne vorherige Orientierung gereicht. Sie mussten es also zuerst nach ihrem eigenen Gutdünken orientieren.

Es wurden auch keine Angaben dazu gemacht, was und wie gezeichnet werden soll. Zur Anonymisierung wurde jedem Proband eine laufende Nummer zugeteilt, welche auch auf den Skizzen vermerkt wurde.

Nach Fertigstellung der Skizze wurden den Probanden noch einige Fragen gestellt hinsichtlich Alter, Geschlecht, Wohnort, Wohndauer im Raum Tübingen (in Jahren), selbst eingeschätzter Ortskenntnis und Frequentierung des Marktplatzes. Die Angaben wurden jeweils in zuvor definierten Schritten erhoben.

Das Alter von >20 über 20-29, 30-39, 40-49, 50-59, 60-69 bis <70, der Wohnort nach Vierteln aufgeteilt, die geschätzte Ortskenntnis auf einer Skala von eins (--) bis fünf (++) und die Frequentierung des Marktplatzes in Schritten von täglich über mehrmals die Woche, 1x die Woche, 1x im Monat bis seltener. Alle diese Angaben waren freiwillig, wurden jedoch auch von keinem Probanden verweigert.

Die Befragung und Datenerhebung für Experiment 1 wurde von 29.10. bis 14.11.2012 jeweils von 10.00 Uhr bis 17.00 Uhr durchgeführt und ca. 4/5 der angesprochenen Passanten willigten ein, eine Skizze anzufertigen. Insgesamt waren 240 Passanten dazu bereit, an diesem Experiment teilzunehmen, wovon 91 männlich und 129 weiblich waren. Diese waren im Durchschnitt 37,17 Jahre alt und lebten seit 11,82 Jahren in Tübingen.

Sie schätzten ihre Ortskenntnis mit einem Wert von 3,51 eher gut ein und frequentierten den Marktplatz im Schnitt ca. einmal in der Woche (Durchschnittswert von 2,7, ein Wert von 3 würde einmal in der Woche entsprechen). Die Zusammenfassung der erhobenen Daten für jeden Standort aus Experiment 1 ist in Tabelle 1 dargestellt, wobei für die Anzahl und die Geschlechterverteilung jeweils die Gesamtwerte angegeben sind und für das Alter, die Wohndauer, die Ortskenntnis und die Frequentierung des Platzes jeweils die gemittelten Werte. Die gemittelten Werte für das Alter wurden berechnet, indem für jeden Altersbereich stellvertretend der mittlere Alterswert für die Berechnung verwendet wurde.

Tabelle 1: Zusammenfassung der Probandendaten aus Experiment 1 an allen Standorten (inklusive der akkumulierten Anzahl sowie der Anzahl der männlichen und weiblichen Teilnehmer; gemittelte Werte für das Alter, gemittelte Werte für die Wohndauer, die Ortskenntnis (auf einer Skala von 1 (--) bis 5 (++)) und die Frequentierung (auf einer Skala von täglich, mehrmals in der Woche, mehrmals im Monat, 1x im Monat, seltener))

Ort	Anzahl	Alter (Jahre)	Geschlecht (m / w)		Wohndauer (Jahre)	Ortskenntnis	Frequentierung
Haaggasse	25	40,62	14	11	15,16	3,72	2,64
Neckarhalde	27	45,83	11	16	24,55	4,14	2,18
Bursagasse	28	25,64	14	14	3,5	3,03	2,57
Münzgasse	28	30,57	10	18	4	3,35	3
Holzmarkt	29	30,98	8	21	6,68	3,31	2,82
Lange Gasse	26	47,69	7	19	17,88	3,76	3,03
Kornhausstraße	28	40,21	13	15	14,21	3,39	3,0
Schmiedtorstraße	29	35,84	14	15	8,58	3,37	2,86
Durchschnitt / gesamt	220	37,17	91	129	11,82	3,51	2,77

Die Skizzen wurden von drei Bewertern unabhängig voneinander ausgewertet und in die Himmelsrichtungen Norden, Osten, Süden, Westen, Nordosten, Nordwesten, Südosten und Südwesten bewertet. Wurde die Skizze gleich bewertet, wurde sie weiter für die Auswertung verwendet und bei Unstimmigkeiten wurde die Skizze aus der Auswertung heraus genommen. Insgesamt mussten 20 Skizzen ausgeschlossen werden.

Bei der Zuordnung einer Skizze zu einer der vier Haupthimmelsrichtungen wurde ein Punkt vergeben, bei Zuordnung zu einer Nebenhimmelsrichtung wurde jeweils ein halber Punkt für die entsprechenden Haupthimmelsrichtungen vergeben.

Exemplarische Beispiele von Skizzen sind in den Abbildungen 23-30 im Anhang dargestellt.

2.2 Experiment 2 - entfernte Bedingung

Um in Experiment 2 die entfernte Bedingung zu messen, wurden vier Standorte in einem Abstand zwischen ca. zwei und drei Kilometer Entfernung zum Marktplatz ausgewählt. Auch diese Orte wurden unter Berücksichtigung der örtlichen Gegebenheiten nach den vier Haupthimmelsrichtungen ausgewählt. Die vier Standorte, die sich in den Stadtteilen Weststadt, Waldhäuser Ost, Lustnau und Derendingen befinden, sind in der Karte in Abbildung 3 aufgezeigt (vgl. auch Binder 2012).



Abbildung 3: Standorte aus Experiment 2 - entfernte Bedingung
 Quelle: Karte von Google Maps (<http://maps.google.de/maps?hl=de&tab=wl>, 12.01.13)

An den vier Standorten wurde jeweils ein stark frequentiertes Einkaufszentrum (zum Beispiel ALDI oder Rewe) für die Befragung ausgesucht. Es wurden pro Standort wieder 30 Probanden gebeten, den Marktplatz zu skizzieren, sowie deren Alter, Ortskenntnis etc. erhoben (Details siehe Experiment 1).

Leider konnte keine Datenerhebung am südlichen Befragungsort (Derendingen) durchgeführt werden, weil außerhalb des ALDI-Geländes kein geeigneter Standort gefunden werden konnte, da auf dem ALDI-Gelände nicht befragt werden durfte. Für die Auswertung werden aus diesem Grund nur die drei Standorte Waldhäuser Ost, Lustnau und Weststadt berücksichtigt.

Eine Zusammenfassung der erhobenen Probandendaten ist in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2: Zusammenfassung der Probandendaten aus Experiment 2 an allen Standorten (inklusive der akkumulierten Anzahl sowie der Anzahl der männlichen und weiblichen Teilnehmer; gemittelte Werte für das Alter, gemittelte Werte für die Wohndauer, die Ortskenntnis (auf einer Skala von 1 (--) bis 5 (++)) und die Frequentierung (auf einer Skala von täglich, mehrmals in der Woche, mehrmals im Monat, 1x im Monat, seltener))

Ort	Anzahl	Alter (Jahre)	Geschlecht (m / w)		Wohndauer (Jahre)	Ortskenntnis	Frequentierung
WHO	29	25,47	18	11	3,14	2,72	3,34
Lustnau	28	42,57	12	16	18,46	3,46	3,79
Weststadt	29	47,95	10	19	24,55	3,66	3,76
Durchschnitt / gesamt	86	38,66	40	46	15,38	3,28	3,63

2.3 Auswertungsmethoden

In beiden Experimenten wurden zur Auswertung die gleichen Methoden angewendet.

2.3.1 Bestimmung der UTM-Koordinaten der Standorte

Zu Beginn wurden die jeweiligen UTM-Koordinaten der Standorte mit Hilfe des GPS-Geoplaners (www.gpso.de) ermittelt, da diese die Grundlage für weitere Berechnungen darstellen.

Der GPS-Geoplaner ist ein Routenplaner aus dem Internet, der die gewünschten Koordinaten in verschiedenen Koordinatensystemen, unter anderem auch als UTM-Koordinaten, angibt oder auch geographische Längen- und Breitengrade konvertiert.

Die UTM-Koordinaten werden jeweils in Metern angegeben und setzen sich aus dem X- (Rechts-) Wert und dem Y- (Hoch-) Wert zusammen. Hierbei lässt sich aus dem X-Wert die Entfernung zum Mittelmeridian und aus dem Y-Wert die Entfernung zum Äquator bestimmen. Allerdings wird der Mittelmeridian per Definition um 500.000m versetzt, um westlich davon negative Werte zu vermeiden. Aus diesem Grund wurden die UTM-Koordinaten als Koordinatensystem für diese Arbeit gewählt, da eine Umrechnung der Koordinaten durch die Angaben in Metern einfach ist.

Alle in dieser Arbeit angegebenen UTM-Koordinaten liegen innerhalb Deutschlands, in Baden-Württemberg und haben somit jeweils die Lageskizzen „32 U“ vor dem Rechts- (X) bzw. dem Hochwert (Y) vorangestellt. Diese vollständige Bezeichnung wird jedoch nicht jedes Mal komplett aufgeführt. So lauten beispielsweise die Koordinaten-Punkte von Standort eins für den Rechtswert „32 U 503780“ und für den Hochwert „32 U 5374153“.

Die UTM-Koordinaten der Standorte aus Experiment 1 – nahe Bedingung können im Anhang in Tabelle 12 und aus Experiment 2 – entfernte Bedingung in Tabelle 13 eingesehen werden.

2.3.2 Bestimmung des rechnerischen Schwerpunktes des Marktplatzes

Nach der Feststellung der UTM-Koordinaten der 11 Standorte, wurde der rechnerische Schwerpunkt des Marktplatzes bestimmt, da man für die weiteren Berechnungen einen einheitlichen Bezugspunkt benötigt.

Hierfür wurde dann der Schwerpunkt des Marktplatzes gewählt, da der Mittelpunkt des Platzes aufgrund der unregelmäßigen Form nicht gut bestimmt werden konnte und der Schwerpunkt einer Fläche rechnerisch eindeutig bestimmt werden kann. Dieser wurde berechnet, indem die Eckpunkte des Platzes als UTM-Koordinaten mit Hilfe des GPS-Geoplaners bestimmt wurden.

Die Lage der Eckpunkte des Platzes ist in Abbildung 4 zu erkennen, wobei die UTM-Koordinaten der Eckpunkte in Tabelle 14 im Anhang aufgelistet sind.

Anschließend wurde der Platz in zwei Dreiecke unterteilt, um die jeweiligen Schwerpunkte und den gemeinsamen Schwerpunkt zu errechnen, welcher ebenfalls in Abbildung 4 zu erkennen ist.

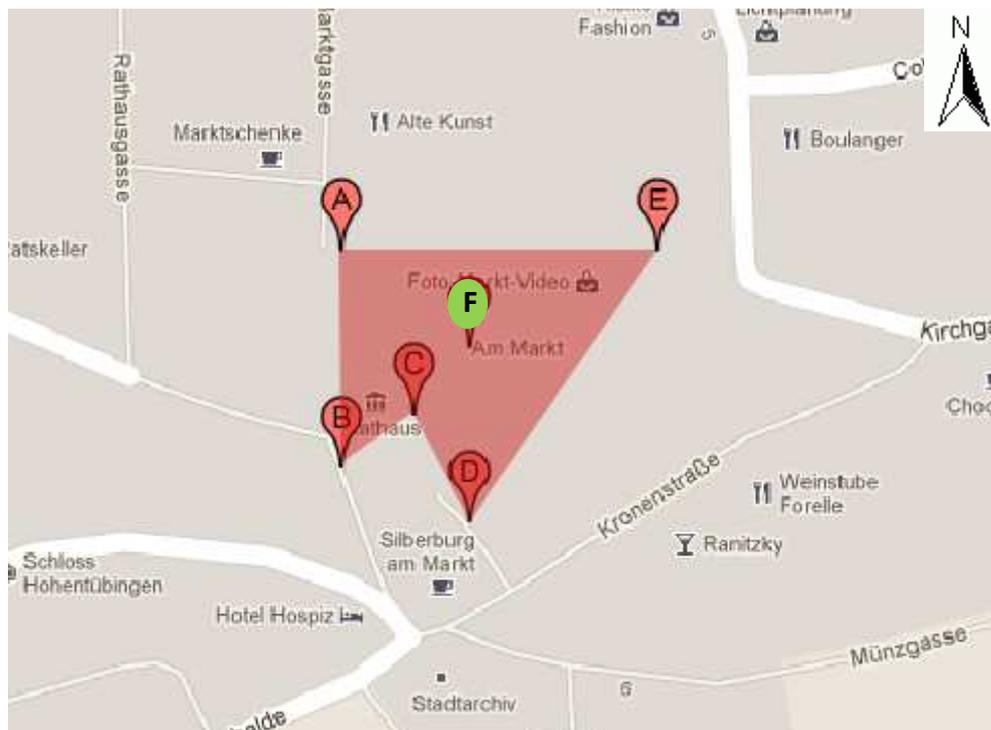


Abbildung 4: Eckpunkte des Marktplatzes (A-E) und Schwerpunkt des Marktplatzes (F); die rote Fläche stellt den Marktplatz dar

Quelle: eigene Darstellung mit Karte von GPS-Geoplaner (14.01.2013)

Die einzelnen Schwerpunkte der Marktplatzflächen wurden errechnet über die Formeln

$$x_{S1} = \frac{x_1+x_2+x_3}{3} \text{ und } y_{S1} = \frac{y_1+y_2+y_3}{3} .$$

Nach Berechnung der einzelnen Schwerpunkte wurde der gemeinsame Schwerpunkt über

$$x_S = \frac{\sum A_i * x_i}{A} \text{ und } y_S = \frac{\sum A_i * y_i}{A}$$

errechnet.

Dieser liegt auf den UTM-Koordinaten: X: 32 U 503961 und Y: 32 U 5374137.

2.3.3 Auswertung und Darstellung der Messdaten

Zuerst wurden die akkumulierten Rohdaten in Diagrammen mit einer Kompass-Darstellung aufgetragen. Da die Skizzen je nach den vier Haupt- und den vier Nebenhimmelsrichtungen ausgewertet wurden, mussten die ausgewerteten Zeichenrichtungen noch quantifiziert werden. Bei einer Bewertung in eine der vier Haupthimmelsrichtungen, wurde jeweils ein Punkt in die jeweilige Richtung pro Skizzen vergeben. Bei einer Bewertung in eine der vier Nebenhimmelsrichtungen, wurde pro anteilige Haupthimmelsrichtung jeweils ein halber Punkt vergeben. So gab eine Bewertung der Skizzen in die Richtung NW je einen halben Punkt für die Ausrichtung nach Norden und einen halben Punkt für die Ausrichtung nach Westen.

Bei dieser Art der Darstellung werden die jeweiligen Anzahlen der Skizzenausrichtungen in die jeweilige Himmelsrichtung aufgetragen, in welcher sie auch bei einem Kompass liegen würden.

Die Länge des jeweiligen Vektors gibt Auskunft über die Anzahl der Skizzen mit Ausrichtung in die entsprechende Himmelsrichtung. Je länger der Vektor ist, desto mehr Skizzen wurden an diesem Standort in diese Richtung ausgerichtet.

2.3.4 Abzug des Mittelwertes aus den Rohdaten

Da es in den Daten einen vermuteten Bias durch die Landmarken auf dem Platz beziehungsweise durch die Geometrie des Platzes gibt, wird der Mittelwert von den jeweiligen Daten abgezogen.

Diese Werte sind für Experiment 1 in Abbildung 5 und für Experiment 2 in Abbildung 6 aufgetragen.

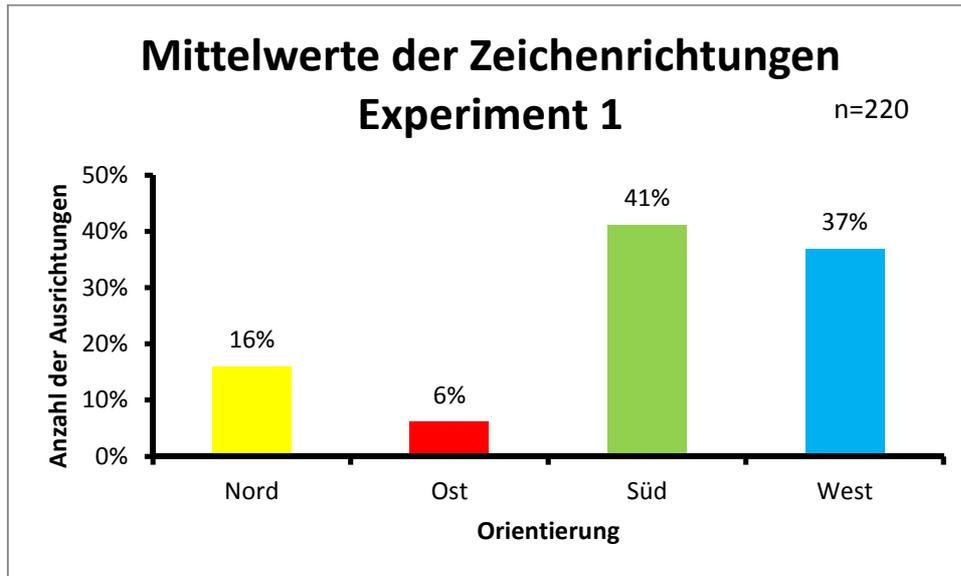


Abbildung 5: Akkumulierte Zeichenrichtungen von Experiment 1 in Prozent („Mittelwert“)

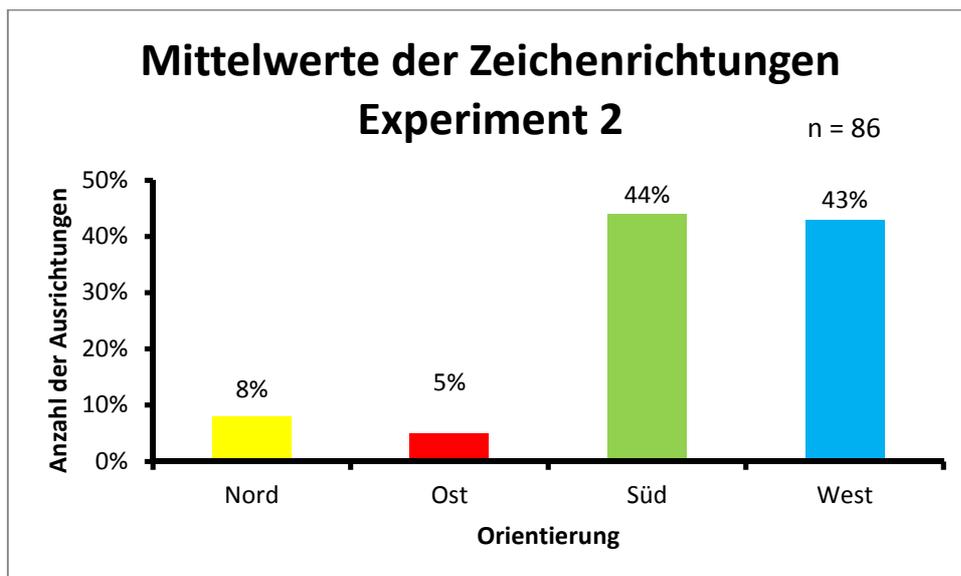


Abbildung 6: Akkumulierte Zeichenrichtungen von Experiment 2 in Prozent („Mittelwert“)

Auch von den erhaltenen Daten der zwölf Standorte wurde der Mittelwert abgezogen, um einen möglichen Bias zu vermeiden. Diese Daten wurden ebenfalls in ein Diagramm aufgetragen, wobei negative Werte in südlicher Richtung zu positiven Werten in nördlicher Richtung wurden etc..

2.3.5 Bestimmung der Endvektoren

Um eine mittlere Zeichenrichtung der jeweiligen Diagramme zu bestimmen, wurden pro Standort die Ost- und Westwerte zu einem X-Wert und die Nord- und Südwerte zu einem Y-Wert zusammengerechnet. Der X- und Y-Wert wurden als Steigungswerte für eine Vektorberechnung verwendet, bei der der Gesamtvektor der gemittelten Zeichenrichtung bestimmt wurde. Um eine Vergleichbarkeit der einzelnen Diagramme zu gewährleisten, wurde jeweils die gleiche Skala verwendet. Die Endvektoren wurden normiert. Hierbei gilt, dass die Streuung der Zeichenrichtungen umso größer ist, je kürzer der Gesamtvektor ist. Auch die Endvektordiagramme wurden in einer Karte an den jeweiligen Standorten aufgetragen und verglichen. Der Endvektor verdeutlicht die Ausrichtung der Skizzen an diesem Standort.

2.3.6 Bestimmung der Standardabweichung der Endvektorenlänge

Um die Streuung der Gesamtvektorenlänge der gemittelten Zeichenrichtungen genauer bestimmen zu können als nur über die Länge, wurde noch die Standardabweichung der Endvektoren berechnet. Da bei Vektoren zur Berechnung der Standardabweichung jedoch nicht die normale, deskriptive Statistik verwendet werden kann, wird hierzu zirkuläre Statistik angewendet.

Jedoch weist die Rechnung mit Vektoren einige Besonderheiten auf, da die Referenzrichtung des Modus, also der häufigste Wert einer Häufigkeitsverteilung, nicht durch das normalerweise übliche arithmetische Mittel berechnet werden kann. Nimmt man beispielsweise die Winkel 358° und 2° auf dem Einheitskreis, so haben diese beiden Winkel zwar den gleichen Abstand von jeweils 2° zum Winkel von 0° . Jedoch liegt das arithmetische Mittel, also der Mittelwert, der beiden Winkel nicht bei 1° sondern bei 180° . Aus diesem Grund ist es üblich, Vektoraddition anzuwenden, um Winkel miteinander zu kombinieren.

Zur Berechnung der Standardabweichung durch zirkuläre Statistik wurde somit Vektoraddition verwendet, welche schon bei der Berechnung der Endvektoren als Grundlage diente. Hierbei gilt, dass der Vektor umso länger ist, je mehr Einzelbeobachtungen in dieselbe Richtung zeigen. Somit kann über die resultierende Länge eines Vektors eine Aussage über die Streuung der Daten getroffen werden. Je länger der Vektor ist, desto weniger Varianz weisen die Daten auf und je kürzer der Vektor ist, desto mehr streuen die Daten (Fisher 1993).

Auf der Grundlage dieser Tatsachen kann die Standardabweichung v (wie beschrieben in Fisher 1993) über folgende Formel berechnet werden:

$$v = \sqrt{(-2 * \log(-R))}$$

In dieser Formel ist R die mittlere resultierende Länge des Endvektors, welche zuvor über Vektoraddition bestimmt worden ist.

2.3.7 Chi²-Test

Abschließend wurden noch zwei Chi²-Tests durchgeführt, um zu überprüfen, ob sich die mittleren Zeichenrichtungen an den einzelnen Standorten wirklich unterscheiden und nicht nur zufällig sind. Wenn es eine nicht zufällige Unterscheidung der Himmelsrichtungen gibt, müssten auch die Verteilungen von der Gleichverteilung mit jeweils 25 % abweichen.

Dieser Test wurde auf die Daten mit abgezogenem Mittelwert angewendet, da anhand dieser Daten auch später der Endvektor bestimmt wurde, welcher die Grundlage des Chi²-Tests bildet.

Für den Test wurde angenommen, dass die vier Hauptzeichenrichtungen pro Standort gleichmäßig verteilt sein müssten; also mit einer Wahrscheinlichkeit von 0,25 pro Standort auftreten. Diese Verteilung stellt die erwartete Verteilung der Himmelsrichtungen dar. Für den Chi²-Test der einzelnen Standorte wurden dann noch die beobachteten Verteilungen anhand der zuvor bestimmten Werte der Ausrichtungen der Skizzen und schließlich der Chi²-Wert über folgende Formel berechnet:

$$X^2 = \sum_i \frac{(B_i - E_i)^2}{E_i}$$

B_i = beobachtete Häufigkeit

E_i = erwartete Häufigkeit

Beim zweiten Chi²-Test wurden alle Standorte miteinander verglichen, um zu überprüfen, ob alle Endvektoren in die gleiche Richtung zeigen, oder ob es einen Unterschied in den Richtungen der Standorte gibt.

Ist der Chi²-Test signifikant, gibt es einen Unterschied zwischen den Richtungen der Endvektoren und sie zeigen nicht alle in die gleiche Richtung. Der Test wird mit der gleichen Formel berechnet wie der Chi²-Test der einzelnen Standorte, nur dass dieses Mal die Daten aller Standorte genommen und die erwartete Verteilung zuerst berechnet wurde.

2.3.8 Zusammenhang zwischen Endvektor und Luftlinie

Als nächstes wurde der Vektor der Luftlinie zwischen dem jeweiligen Standort und dem Schwerpunkt des Marktplatzes bestimmt. Dies geschah, indem bei allen Standorten die Koordinaten des Standortes von denen des Marktplatz-Schwerpunktes abgezogen wurden, um einen X- und einen Y-Wert des Vektors zu erhalten. Anhand von diesen Werten wurde dann der Vektor der Luftlinie aufgespannt und auch in die Diagramme mit den Endvektoren eingetragen.

Um dann anschließend den Zusammenhang zwischen dem Endvektor und der Luftlinie zu bestimmen, wurde die jeweilige Abweichung der beiden Vektoren von der Nord-Ausrichtung bestimmt, welche als Nullvektor ($\cong 0^\circ$) festgelegt wurde. Die ermittelten Werte wurden in einen Endvektor/Luftlinie-Diagramm aufgetragen, wobei die Skalierung jeweils mit 360° gegeben war. Anschließend wurde noch eine Ursprungsgerade in die Werte gelegt, um zu überprüfen, ob der Endvektor und die Luftlinie miteinander korrelieren oder nicht. Bei einem Zusammenhang der beiden Vektoren, müssten die Werte auf der Ursprungsgeraden liegen.

2.3.9 Abweichung zwischen Endvektor und Luftlinie als Winkel

Anhand der erhaltenen Vektorkoordinaten des Endvektors und des Luftlinienvektors wurde zuerst der Fehler der Abweichung zwischen diesen beiden Vektoren als Winkel berechnet. Im optimalen Fall beträgt der Fehler zwischen Endvektor und Luftlinie 0° , da der Endvektor, also die gemittelte Zeichenrichtung, somit direkt in Richtung des Schwerpunktes des Marktplatzes zeigen würde.

Der Fehler als Winkel wurde berechnet über die Formel:

$$\gamma = \cos^{-1} \left(\frac{|\vec{r}_1 * \vec{r}_2|}{|\vec{r}_1| * |\vec{r}_2|} \right)$$

$\vec{r}_1 =$ Endvektor des jeweiligen Standortes

$\vec{r}_2 =$ Vektor der Luftlinie

2.3.10 Abweichung zwischen Endvektor und Schwerpunkt als Distanz

Um die Abweichung zwischen dem Endvektor und dem Schwerpunkt des Marktplatzes als Distanz zu ermitteln, wurde die Orthogonale zum Endvektor durch den Schwerpunkt des Marktplatzes gelegt und dann der Schnittpunkt zwischen dem Endvektor und der Orthogonalen berechnet - also der kleinste Abstand zwischen Endvektor und Marktplatz bestimmt. Hierzu wurden die jeweiligen UTM-Koordinaten der Schnittpunkte und des Schwerpunktes benutzt und über den Satz des Pythagoras wurde die Orthogonalenlänge bestimmt.

2.3.11 Vergleich des Endvektors mit dem jeweiligen Anmarschwinkel auf den Marktplatz

Bei der Erhebung der Daten wurde angenommen, dass die meisten Probanden ihre Skizzen so ausrichten, als ob sie überlegen würden, wie sie vom jeweiligen Standort auf den Marktplatz laufen könnten und dass sie dann diese gedachte Ansicht zeichnen.

Zur Überprüfung dieser Annahme, wurde der Winkel, in welchem man auf den Marktplatz zulaufen würde, im Vergleich zum Nullvektor berechnet. Dieser Winkel wurde dann mit dem Winkel verglichen, welcher zwischen dem Endvektor und dem Nullvektor liegt. Diese Berechnung wurde nur mit den Daten aus Experiment 1 durchgeführt, da anzunehmen ist, dass ein etwaig auftretender Effekt zwischen dem Anmarschwinkel und dem Endvektor in der entfernten Bedingung nicht mehr auftritt.

Es gab insgesamt drei Punkte, ab denen man den Marktplatz bei einem Anmarsch sehen konnte. Anhand dieser wurde dann der Anmarschwinkel berechnet, indem der Vektor zwischen dem Standort und dem Punkt, ab dem der Marktplatz gesehen werden kann, bestimmt wurde. Diese drei Punkte sind in Abbildung 7 aufgezeigt und in Tabelle 15 im Anhang mit ihren UTM-Koordinaten aufgeführt.

Bei den Standorten, bei denen mehrere Anmarschwege möglich waren, wurde der Weg und somit auch der Winkel als „Winkel 1“ gewählt, der von den Probanden häufiger als Weg der Wahl, um auf den Marktplatz zu kommen, genannt wurde. Die andere Möglichkeit um auf den Marktplatz zu gelangen wurde dann als „Winkel 2“ betitelt.

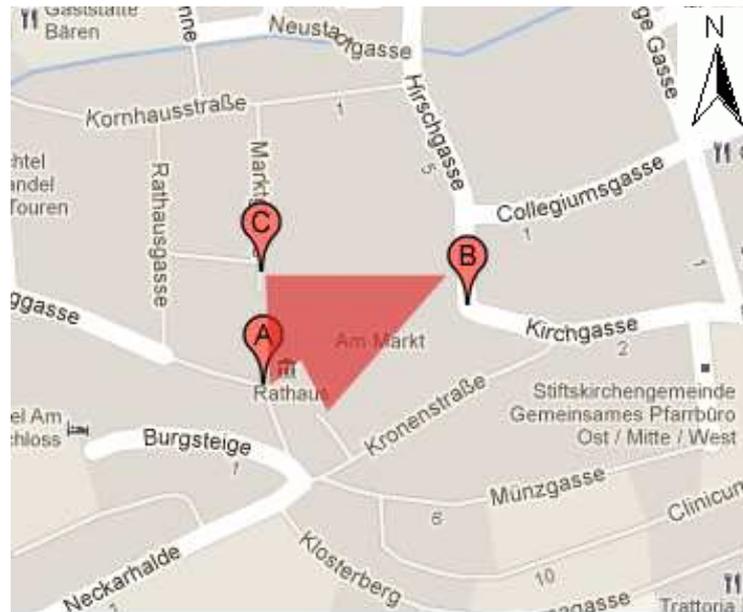


Abbildung 7: Punkte, ab denen der Marktplatz bei darauf zulaufen gesehen werden kann (A-C); die rote Fläche stellt den Marktplatz dar

Quelle: Karte von GPS-Geoplaner (www.gpso.de; 14.01.2013)

2.3.12 Schnittpunkte aller Endvektoren miteinander

Theoretisch könnte die „gefühlte Lage“ des Marktplatzes von der tatsächlichen Lage abweichen. Um dies zu überprüfen, wurde pro Experiment jeder Endvektor mit jedem anderen geschnitten und die Schnittpunkte in einer Karte aufgetragen.

Zusätzlich wurde noch der Mittelpunkt aller Endvektorschnittpunkte berechnet, um eine eventuell abweichende Lage des Marktplatzes zu bestimmen.

Der Mittelpunkt wurde bestimmt, indem die Rechtswerte aller Schnittpunkte miteinander addiert und dann durch die Anzahl der Schnittpunkte geteilt wurde, um den Rechtswert des Mittelpunktes zu erhalten. Das gleiche Prinzip wurde angewandt, um den Hochwert des Mittelpunktes zu bestimmen.

3. Ergebnisse

3.1 Experiment 1

3.1.1 Akkumulierte Rohdaten

In Abbildung 8 sind die akkumulierten Rohdaten der Zeichenrichtungen der acht Standorte aus Experiment 1 in Diagrammen dargestellt. Ein einzelner Vektor stellt die Anzahl der Skizzen in die jeweilige Himmelsrichtung dar und die Zahl in den Diagrammen ist die Höchstzahl der Ausrichtungen der Skizzen. Dies ist bei allen Diagrammen mit Kompass-Form der Fall.

Bei den rein akkumulierten Rohdaten ist zu erkennen, dass es meistens pro Standort eine Richtung gibt, in die die meisten Skizzen ausgerichtet sind und die anderen Richtungen sind mehr oder weniger gleich stark vertreten.

Tabelle 3: Absolute Zahlen der Ausrichtungen der Skizzen an den acht Standorten aus Experiment 1

Standort \ Ausrichtung	1 (Haaggasse)	2 (Neckarhalde)	3 (Bursagasse)	4 (Münzgasse)	5 (Holzmarkt)	6 (Lange Gasse)	7 (Kornhausstraße)	8 (Schmiedtorstraße)
Norden	10,5	14	2	4	1,5	0	1	2
Osten	4	2	1	3	0	2	0	1,5
Süden	6	5,5	9	6	8,5	16	19,5	20
Westen	4,5	5,5	16	15	19	8	7,5	5,5
gesamt	25	27	28	28	29	26	28	29

Der oben beschriebene Trend ist auch in Tabelle 3 zu erkennen; die Höchstwerte sind hervorgehoben. Bei den Standorten eins und zwei hat die Ausrichtung nach Norden die meisten Skizzen, also die höchsten Werte, bei Standort drei, vier und fünf dominiert die West-Ausrichtung und bei den restlichen drei Standorten sechs bis acht ist die südliche Ausrichtung mit den größten Werten vertreten. Teilweise wurde bei den Skizzen eine Himmelsrichtung auch gar nicht verwendet, so wie es bei den Standorten fünf, sechs und sieben geschehen ist.

Hier wurden die Skizzen nicht nach Osten respektive Norden ausgerichtet, sondern nur in die jeweils drei anderen Himmelsrichtungen.

Die Ausrichtung der Skizzen in die restlichen drei Himmelsrichtungen, abgesehen von der bevorzugten, weist an den einzelnen Standorten sehr unterschiedliche Verteilungen auf.

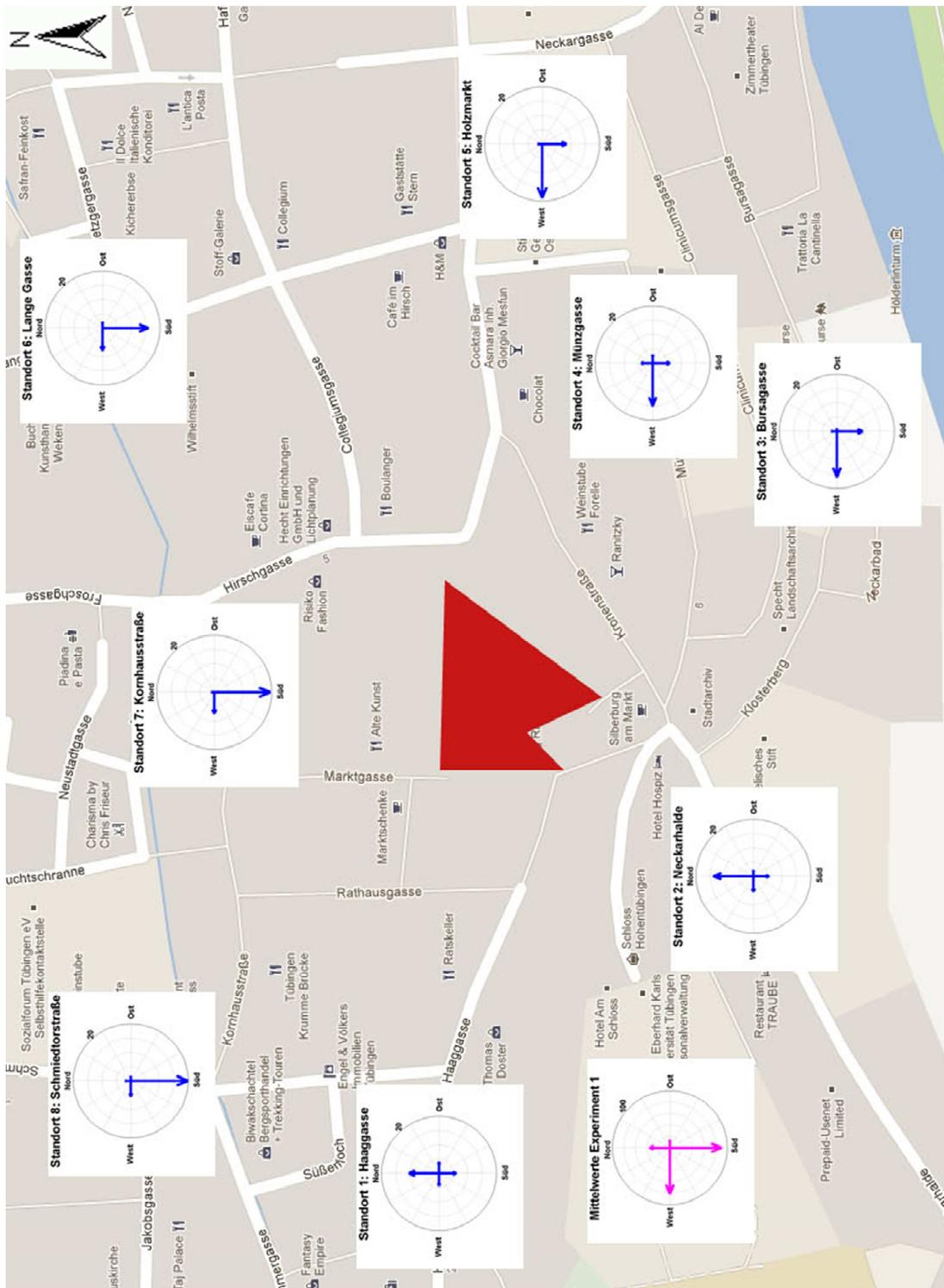


Abbildung 8: Absolutes Verhältnis der Himmelsrichtungen in Diagrammen aufgetragen an den acht Standorten aus Experiment 1; die rote Fläche stellt den Marktplatz dar

Quelle: Karte: Google Maps 2012 (<http://maps.google.de/maps?hl=de&tab=wl>; 12.01.13)

Nachdem der Mittelwert aus den Daten abgezogen wurde, wurden sie, wie beschrieben, wieder in Diagrammen aufgetragen und in eine Karte der Tübingen Innenstadt eingefügt. Die erhaltenen Ergebnisse sind als Diagramme in Abbildung 9 dargestellt und als Daten in Tabelle 4 aufgetragen.

Tabelle 4: absolute Anzahlen der Ausrichtungen der Skizzen in die verschiedenen Richtungen nach Abzug des Mittelwertes aus Experiment 1

Standort Aus- richtung	1	2	3	4	5	6	7	8
Norden	10,8	15,31	2,52	5,52	3,43	0	0	0
Osten	7,17	4,78	0	1,28	0	1,97	2,81	4,81
Süden	0	0	2,45	0,45	3,11	9,44	11,43	10,93
Westen	0	0	6,41	4,69	10,03	0	1,73	0,22
gesamt	17,97	20,09	11,38	11,94	16,57	11,41	15,97	15,96

Aus Abbildung 9 und Tabelle 4 kann man erkennen, dass sich die Richtungen, in welche die meisten der Skizzen ausgerichtet waren, in den meisten Fällen nicht geändert haben. So ist ein Großteil der Skizzen an den Standorten eins und zwei auch nach Abzug des Mittelwertes immer noch nach Norden ausgerichtet. Genauso wie es sich bei den anderen Standorten mit der Hauptrichtung auch nach Abzug des Mittelwertes immer noch so verhält, wie bei den akkumulierten Rohdaten. Nur bei Standort vier zeigt sich nun ein deutlicher Unterschied zu vorher, da er nun zwei Hauptrichtungen der Zeichenausrichtung aufweist, nämlich Norden und Westen, während es bei den akkumulierten Rohdaten nur Westen war.

Auch bei der Verteilung der Nebenrichtungen gibt es einige Unterschiede zu den akkumulierten Rohdaten. In den meisten Fällen haben sich die Ausprägungen der anderen Richtungen im Vergleich zu vorher reduziert und weisen nun kleinere Vektoren auf, welche sich zudem gleichmäßiger auf die anderen Richtungen verteilen.

Beispielsweise in der Bursagasse an Standort 3 gab es bei den akkumulierten Rohdaten einen ausgeprägten Vektor in die südliche Richtung, und je einen kleinen in die nördliche und östliche Richtung, welche sich nach Abzug des Mittelwerts in zwei fast gleich große Vektoren in die nördliche und südliche Richtung gewandelt haben, wobei die östliche Ausrichtung nun ganz heraus gefallen ist.

Teilweise sind auch Vektoren weggefallen, die zuvor noch vorhanden waren. Bei Standort eins und zwei sind die südliche und westliche Richtung nicht mehr vorhanden, bei Standort drei die östliche und bei Standort sechs die westliche Zeichenausrichtung. Ebenso fallen bei den Standorten sieben und acht die nördliche beziehungsweise die nördliche und westliche Ausrichtung weg.

Auch wenn die Gesamtanzahl der Skizzen in einer Richtung im Vergleich zu den akkumulierten Rohdaten bei den meisten Standorten geringer ausfällt als zuvor, kann doch immer noch der Trend beobachtet werden, dass eine Richtung in den meisten Fällen stark bevorzugt wird und dass die Anzahl der Skizzen in die anderen Richtungen im Vergleich zu dieser Hauptrichtung eher gering ausfielen.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass die Hauptrichtung der Skizzen meistens in die Richtung geht, in der der Marktplatz vom Betrachter aus gesehen liegt. Bei Standorten, welche nördlich, nordwestlich oder nordöstlich vom Marktplatz liegen, wie die Schmiedtorstraße (Standort 8), die Kornhausstraße (Standort 7) und die Lange Gasse (Standort 6) wurde jeweils mit großer Mehrheit die südliche Zeichenrichtung präferiert. Am Holzmarkt (Standort 5), welcher im Osten des Marktplatzes liegt, wurde die westlich ausgerichtete Skizze am häufigsten gezeichnet. Ähnliche Tendenzen lassen sich auch an Standort 2, der Neckarhalde, feststellen, welcher im Südwesten des Marktplatzes liegt und wobei die nördliche Richtung am häufigsten gezeichnet wurde.

Abweichungen von dieser Tendenz weisen drei Standorte auf, nämlich Standort 1 in der Haaggasse, Standort 3 in der Bursagasse und Standort 4 in der Münzgasse.

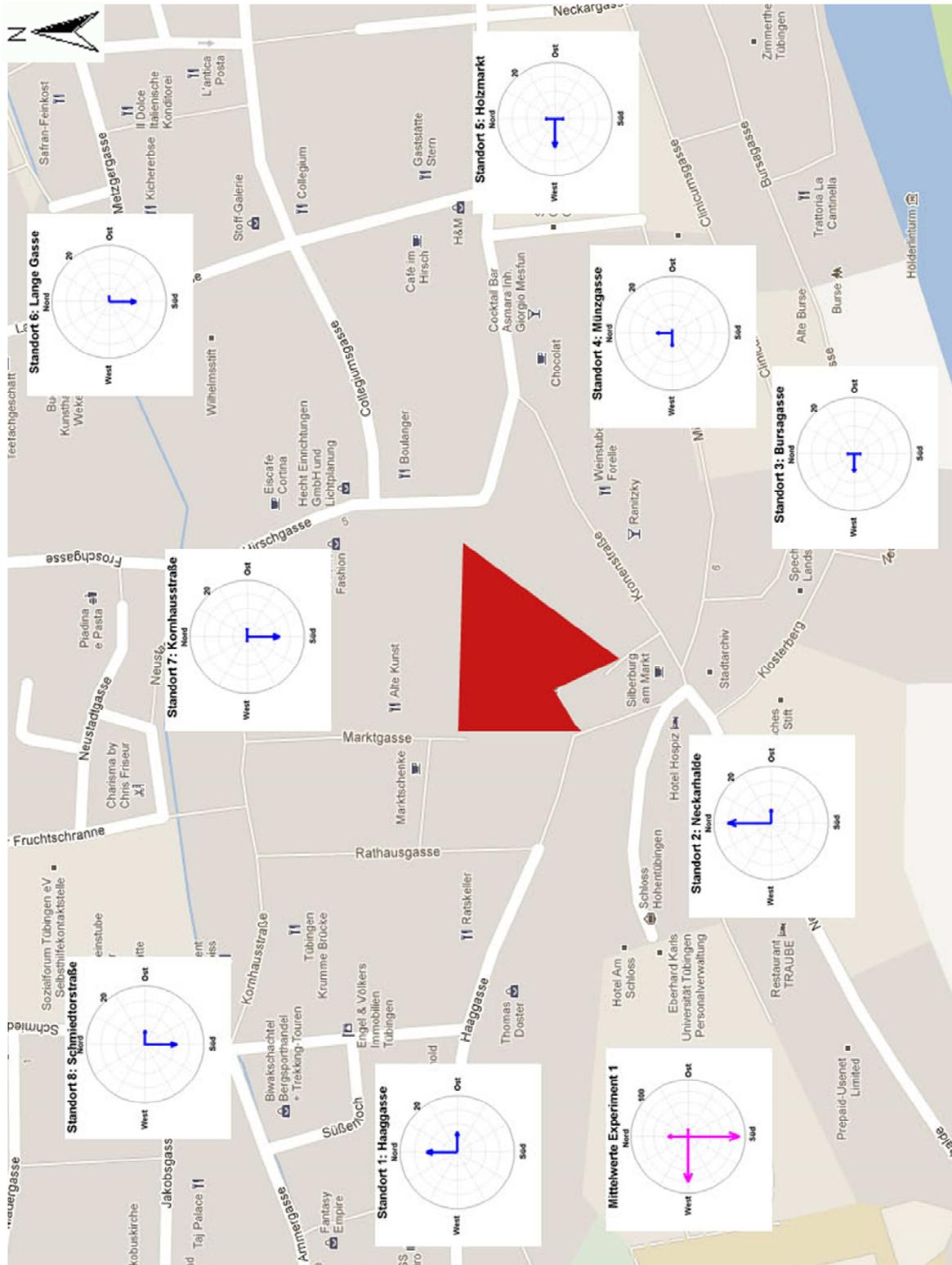


Abbildung 9: Relatives Verhältnis der Himmelsrichtungen zueinander nach Abzug des Mittelwerts an den acht Standorten aus Experiment 1; die rote Fläche stellt den Marktplatz dar
 Quelle: Karte von Google Maps 2012 (<http://maps.google.de/maps?hl=de&tab=wl>; 12.01.13)

3.1.3 Endvektoren

Auch aus der Darstellung der Endvektoren als gemittelte Zeichenrichtungen in Abbildung 10 wird der zuvor schon ersichtliche Trend noch einmal verdeutlicht, dass die gemittelten Zeichenrichtungen der Standorte die Tendenz haben, in Richtung des Marktplatzes zu zeigen. So zeigen die Endvektoren der Standorte zwei, vier, fünf, sieben und acht zumindest grob in die Richtung des Marktplatzes, vom jeweiligen Standort aus gesehen. Wenn man also die Ausrichtungen aller Skizzen an diesem Standort mittelt und in einem Diagramm aufträgt, zeigt der resultierende Vektor in die Richtung, in die der Marktplatz vom Betrachter aus gesehen liegt. Dies wäre also an Standort 2 eine nordöstliche Richtung, da der Marktplatz im Nordosten des Standortes in der Neckarhalde liegt, was auch der Fall ist.

Bei Standort fünf ist es sogar der Fall, dass der Vektor fast genau in die Richtung zeigt, in der auch der Marktplatz liegt, nämlich nach Westen, wobei der Vektor nur eine sehr geringe Auslenkung in west-west-nördlicher Richtung aufweist.

An den Standorten eins, drei und sechs jedoch zeigt der Vektor in eine andere Richtung, als in diejenige, in der der Marktplatz liegt. Bei Standort eins liegt der Marktplatz im Osten des Standortes, der Vektor zeigt jedoch in Richtung Nord-Ost. Auch bei Standort drei, bei welchem der Marktplatz im Nord-Westen liegt, zeigt der Vektor in eine andere Richtung, nämlich nach Westen. Und bei Standort sechs sollte der Vektor bei einer Ausrichtung in Richtung des Marktplatzes nach Südwesten zeigen. In Wirklichkeit zeigt er jedoch in Richtung Süd-Süd-Ost. Bei diesen drei Standorten weichen die Endvektoren jeweils unterschiedlich stark von den Richtungen zum Marktplatz hin ab und auch wenn bei allen anderen Standorten die Vektoren von den Richtungen zum Marktplatz hin abweichen, sind die Abweichungen bei diesen drei am größten.

Allerdings gibt die Vektorlänge der Endvektoren auch die Streuung der jeweiligen Verteilung der Zeichenrichtungen an. Je kürzer der Vektor ist, desto mehr Varianz gibt es in der Verteilung der Zeichenrichtungen an diesem Standort. Genauso gilt dann auch, dass es, je länger der Vektor ist, umso weniger Streuung der Daten dieses Standortes gibt.

Die geringste Streuung der Zeichenrichtungen gibt es an Standort 2 in der Neckargasse, da der Endvektor hier die größte Länge aller Endvektoren aufweist. Die größte Streuung weist Standort 3 in der Bursagasse auf.

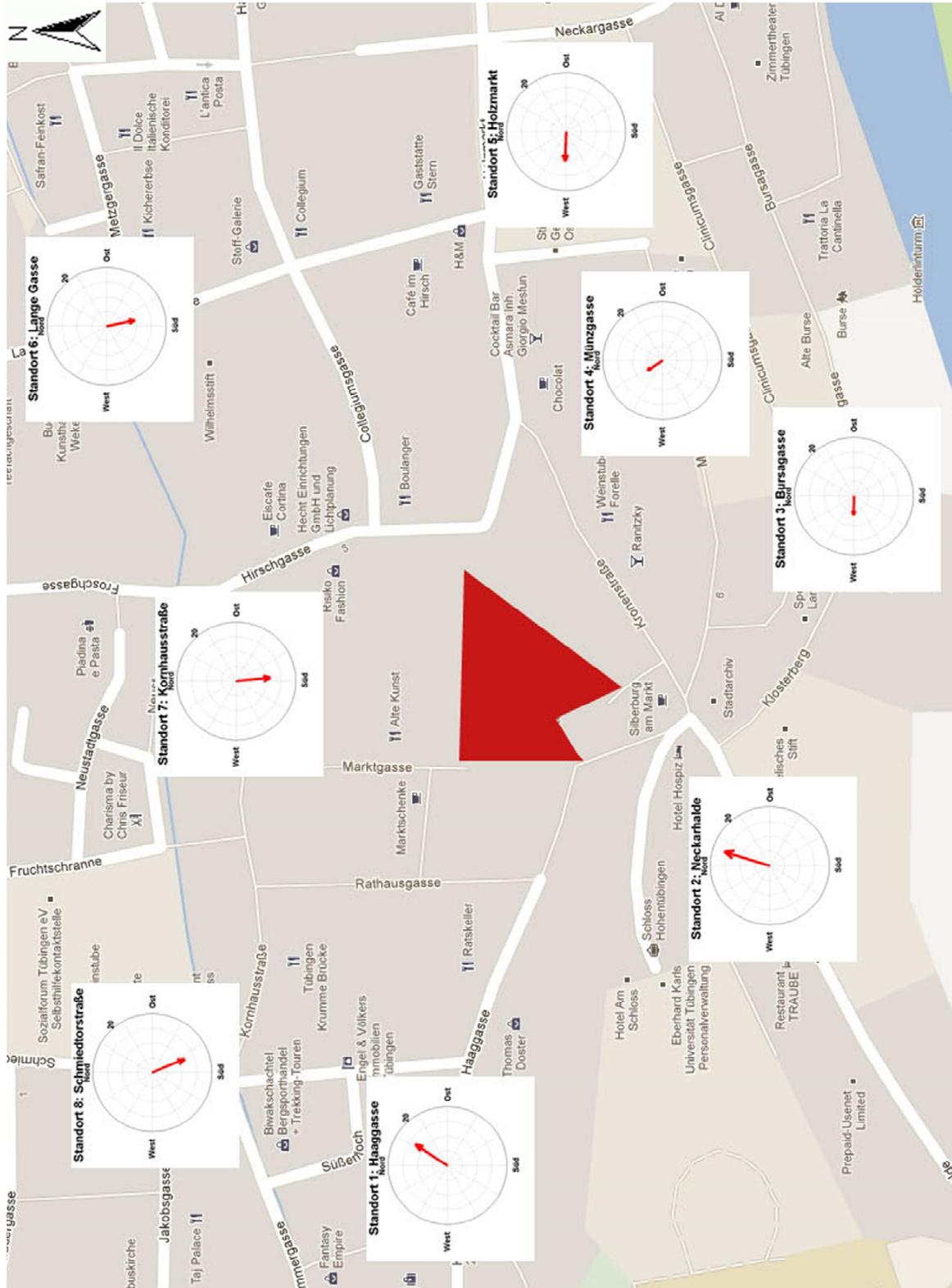


Abbildung 10: Endvektoren der gemittelten Zeichenrichtungen an den acht Standorten aus Experiment 1; die rote Fläche stellt den Marktplatz dar

Quelle: Karte von Google Maps (<http://maps.google.de/maps?hl=de&tab=wl>; 12.01.13)

3.1.4 Standardabweichung der Endvektoriänge

Die Standardabweichungen der Endvektoriänge wurde wie beschrieben (s. Seite 29f.) durch zirkuläre Statistik berechnet und anschließend in einem Diagramm aufgetragen. Die Ergebnisse sind in Abbildung 11 aufgetragen, wobei die Striche die Größe der Standardabweichung darstellen und die Punkte die mittlere Vektoriänge der Endvektoren.

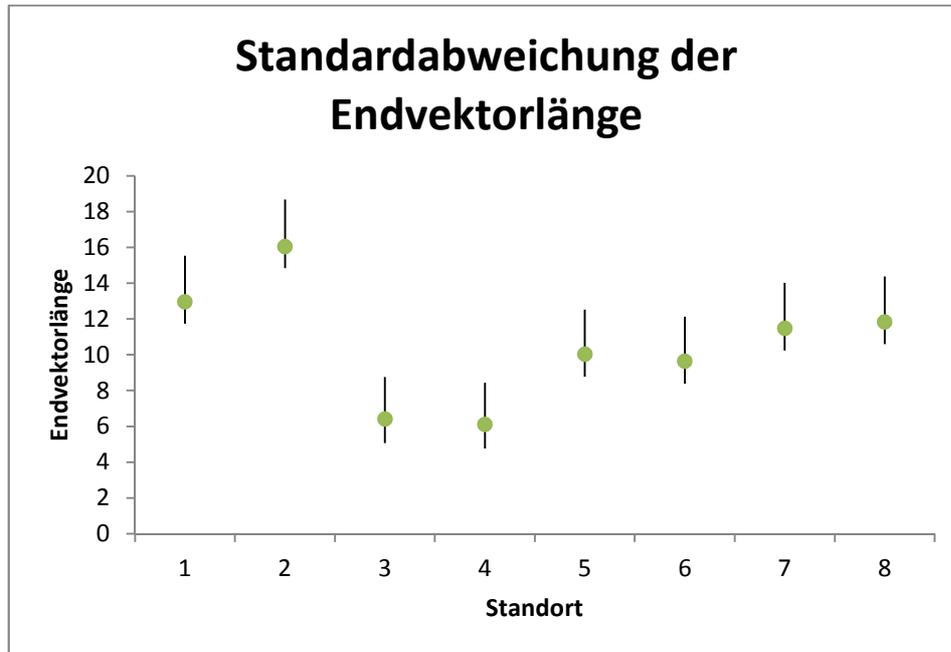


Abbildung 11: Standardabweichung der Endvektoriänge aus Experiment 1

Aus Abbildung 11 ist zum einen erkennbar, dass die mittlere Vektoriänge der Endvektoren an den verschiedenen Standorten sehr unterschiedlich ausfällt. Standort 2 weist die geringste Streuung in den Daten auf, da an diesem Standort die höchste mittlere Vektoriänge bestimmt wurde. Somit ist die Streuung der Daten an den Standorten 3 und 4 am größten, da diese beiden Standorte die geringste mittlere Vektoriänge aufweisen.

Die Standardabweichung der Endvektoriänge ist an den acht Standorten fast immer gleich groß und liegt in einem Bereich zwischen 1,263-2,491 um die Endvektoriänge verteilt.

3.1.5 Chi²-Test

Die Ergebnisse des durchgeführten Chi²-Tests der einzelnen Standorte sind in Tabelle 5 aufgeführt.

Tabelle 5: Ergebnisse des Chi²-Tests für Experiment 1 an den einzelnen Standorten

Ort	Standort 1 (Haaggasse)	Standort 2 (Neckarhalde)	Standort 3 (Bursagasse)	Standort 4 (Münzgasse)
Chi ² -Wert	19,437	31,128	7,404	6,251
p-Wert	0.0002***	7.987x 10 ⁻⁷ ***	0.0601	0.1*

Ort	Standort 5 (Holzmarkt)	Standort 6 (Lange Gasse)	Standort 7 (Kornhausstraße)	Standort 8 (Schmiedtorstraße)
Chi ² -Wert	12,89	21,191	19,48	19,792
p-Wert	0.0049**	9.608x10 ⁻⁵ ***	0.0002***	0.0001***

Aus Tabelle 5 wird ersichtlich, dass die Standorte 1 ($X^2(3) = 19,43$; $p < 0,001$), 2 ($X^2(3) = 31,128$; $p < 0,001$), 5 ($X^2(3) = 12,89$; $p < 0,01$), 6 ($X^2(3) = 21,191$; $p < 0,001$), 7 ($X^2(3) = 19,48$; $p < 0,001$) und 8 ($X^2(3) = 19,792$; $p < 0,001$) mit einem Signifikanzniveau von $< 1\%$ signifikant von der angenommenen Gleichverteilung der Zeichenrichtungen an den einzelnen Standorten abweichen. An diesen Standorten hat die gemittelte Zeichenrichtung der Endvektoren eine Richtung und ist nicht nur ein Zufallsprodukt. Ob diese Richtungen sich jedoch auch voneinander unterscheiden, oder ob sie alle in die gleiche Richtung zeigen, wird mit dem Chi²-Test über alle Standorte gemeinsam getestet. Die Ergebnisse der Standorte 3 ($X^2(3) = 7,404$; $p > 0,5$) und 4 ($X^2(3) = 6,251$; $p > 0,5$) liegen nicht im Bereich des Signifikanzniveaus von 5%. Somit geht die Richtung der Endvektoren dieser Standorte nicht auf einen signifikanten Effekt zurück, sondern ist Zufall. Um zu überprüfen, ob alle Vektoren in die gleiche Richtung zeigen oder nicht, wurde der Chi²-Test über die gesamten Standorte gemeinsam angewendet. Auch der Chi²-Test über alle Standorte ($X^2(21) = 124,524$; $p < 0,001$) ist hoch signifikant auf einem Niveau von $< 1\%$. Somit zeigen die Endvektoren nicht alle in die gleiche Richtung, sondern sie sind auf ein anderes Ziel gerichtet.

3.1.6 Zusammenhang zwischen Endvektor und Luftlinie

Die Luftlinien sind zusammen mit den zuvor schon berechneten Endvektoren in Abbildung 12 eingezeichnet und zeigen teilweise erhebliche Abweichungen zwischen den Endvektoren und den zugehörigen Luftlinien auf.

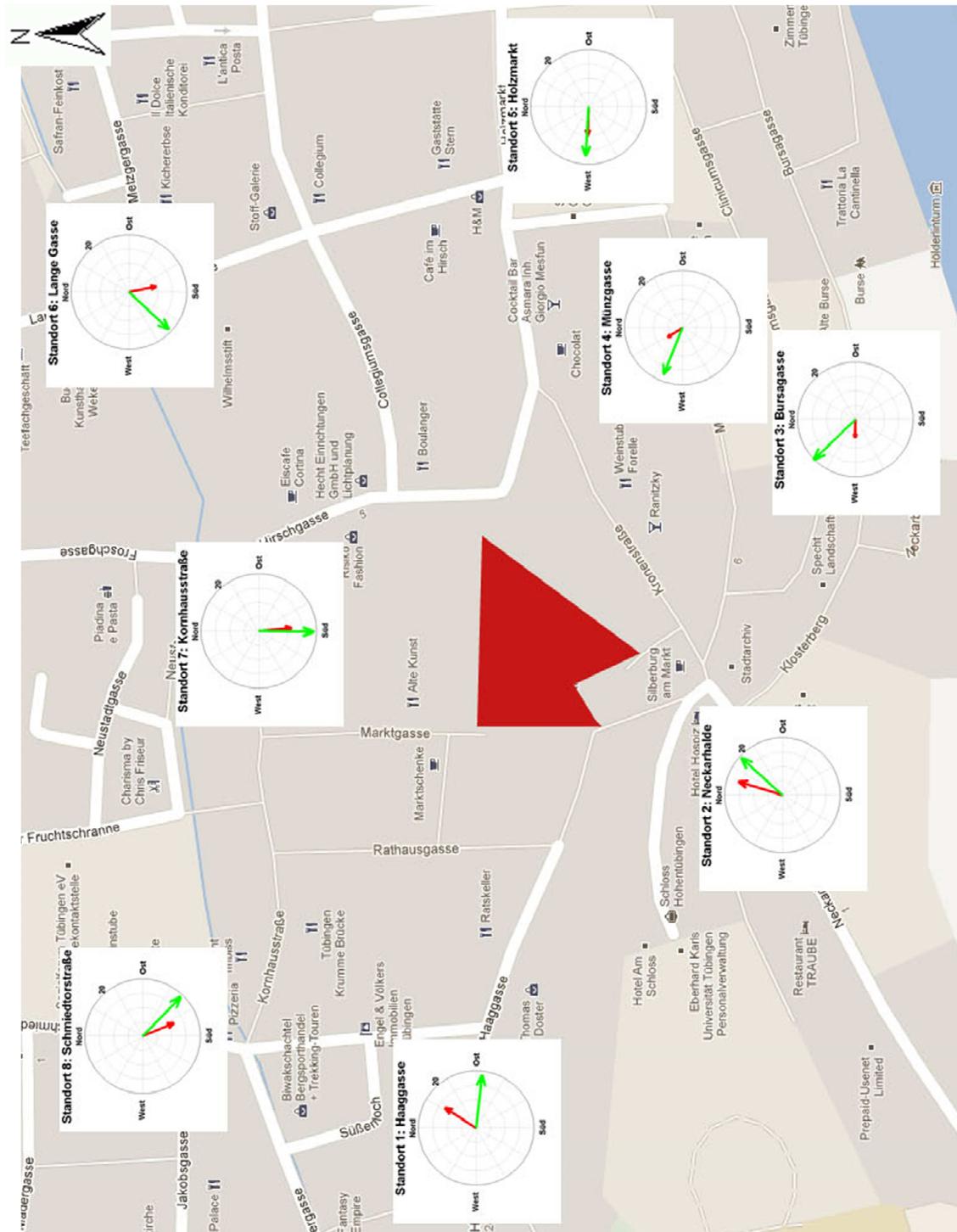


Abbildung 12: Endvektoren an den acht Standorten (rot) und Luftlinien zwischen den Standorten und dem Schwerpunkt (grün) aus Experiment 1; die rote Fläche stellt den Marktplatz dar
Quelle: Karte von Google Maps (<http://maps.google.de/maps?hl=de&tab=w1>; 12.01.13)

Der Zusammenhang zwischen dem Endvektor und der Luftlinie an den einzelnen Standorten ist in Abbildung 13 aufgezeigt. Mit dem Zusammenhang soll überprüft werden, ob die Ausrichtung der Skizze mit der Luftlinie des Standortes korreliert oder nicht. Hierzu wurden die jeweiligen Abstände zum Nullvektor in ein Diagramm aufgetragen und zusätzlich der Korrelationskoeffizient berechnet.

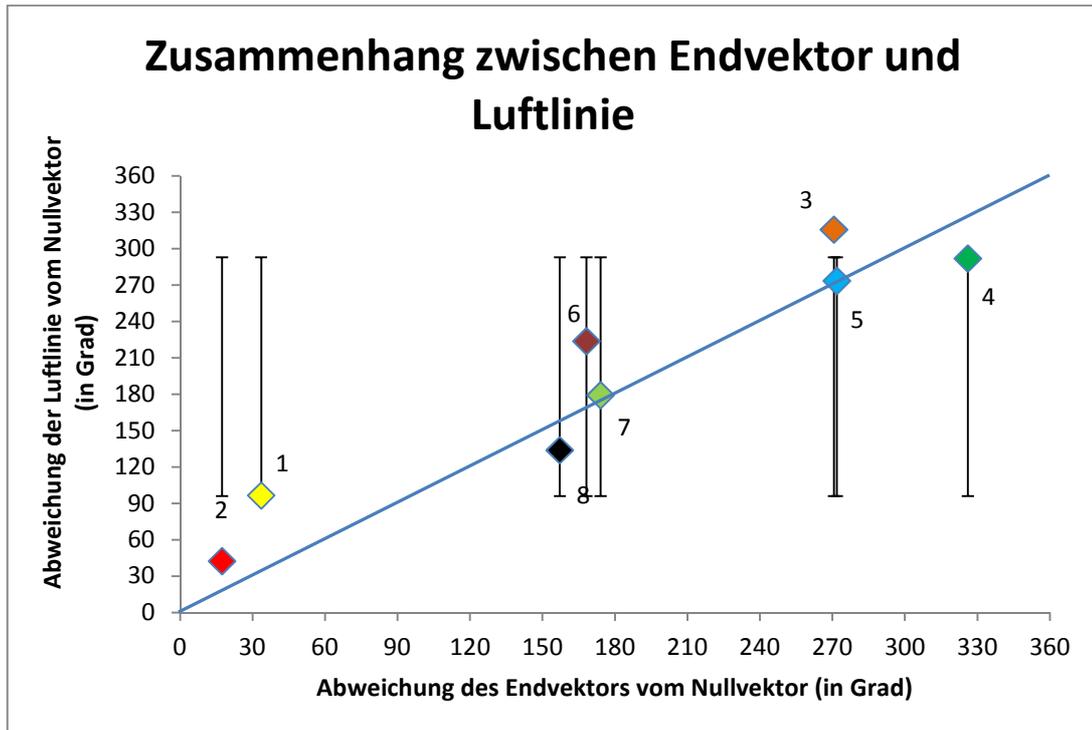


Abbildung 13: Zusammenhang zwischen dem Endvektor und der Luftlinie aus Experiment 1 mit Ursprungsgeraden; die Zahlen bezeichnen die Standorte; die Standardabweichung ist eingetragen

Aus Abbildung 13 wird erkennbar, dass bei allen Standorten ein ziemlich starker Zusammenhang zwischen den Endvektoren und den Luftlinien besteht. Bei den Standorten 5 und 7 besteht ein fast 100%iger Zusammenhang, da diese beiden Punkte fast komplett auf der Ursprungsgeraden liegen. Der geringste Zusammenhang besteht an Standort 1, da dieser Punkt am weitesten von der Geraden entfernt ist.

Je größer der Zusammenhang, desto mehr liegt der Endvektor auch auf der Luftlinie, die den Standort mit dem Schwerpunkt des Marktplatzes liegt. Dies bedeutet also auch, dass die gemittelte Zeichenrichtung in Richtung des Schwerpunktes des Marktplatzes und nicht daran vorbei weist. Dieser Zusammenhang wird durch den Korrelationskoeffizienten nochmals bestätigt, da dieser in Experiment 1 0,9482 beträgt. Somit weisen die Endvektoren und Luftlinien eine sehr starke positive Korrelation auf.

3.1.7 Abweichung zwischen Endvektor und Luftlinie als Winkel

Wie in Abbildung 12 und in Tabelle 6 zu erkennen ist, weichen die Endvektoren der Zeichenrichtungen teilweise sehr stark von den Luftlinien zwischen dem Standort und dem Schwerpunkt des Marktplatzes ab. Jedoch gibt es auch Fälle in denen der Fehler, also die Abweichung zwischen der Luftlinie und dem Endvektor als Winkel, nur wenige Grad beträgt und somit gering ausfällt.

Auch in der Berechnung des Fehlers als Winkel wird somit die Korrelation der Luftlinie mit dem Endvektor aufgezeigt. Je kleiner der Winkel, desto größer die Korrelation, da die beiden Vektoren somit weniger voneinander abweichen. Aus Tabelle 6 wird noch einmal deutlich, dass an Standort 5 die geringste Abweichung zwischen den beiden Vektoren vorliegt. Die gemittelte Zeichenrichtung zeigt wirklich in Richtung des Schwerpunktes des Marktplatzes. Auch die zuvor getroffene Aussage der hohen Korrelation an Standort 7 wird noch einmal bestätigt. Die mit Abstand geringste Korrelation und somit auch den größten Fehler als Winkel weist, wie zuvor schon angedeutet, Standort 1 auf. Der Punkt war am weitesten von der Ursprungsgeraden entfernt und zudem weisen die beiden Vektoren an Standort 1 den größten Fehler als Winkel aller Standorte in der Innenstadt auf.

3.1.8 Abweichung zwischen Endvektor und Schwerpunkt als Distanz

Nach der Bestimmung des Fehlers zwischen den Endvektoren, also den gemittelten Zeichenrichtungen, und den Luftlinien zwischen den Zeichenstandorten und dem Schwerpunkt des Marktplatzes als Winkel, wurde der Fehler noch als Distanz ermittelt. Die Schnittpunkte der jeweiligen Orthogonalen mit den Endvektoren sind als UTM-Koordinaten in Tabelle 16 im Anhang aufgeführt.

Um eine bessere Vergleichbarkeit zu gewährleisten wurden die Fehler auch noch als Distanz in Tabelle 6 aufgeführt.

Tabelle 6: Größe des Fehlers zwischen dem Schnittpunkt der Orthogonalen mit dem Endvektor und dem Schwerpunkt des Marktplatzes aus Experiment 1 als Winkel und als Distanz

Standort	Größe des Fehlers als Winkel (in °)	Größe des Fehlers als Distanz (in m)
1 (Haaggasse)	62,9°	165,74 m
2 (Neckarhalde)	25,09°	53,42 m
3 (Bursagasse)	44,95°	99,91 m
4 (Münzgasse)	34,28°	69,76 m
5 (Holzmarkt)	1,52°	4,54 m
6 (Lange Gasse)	55,37°	140,84 m
7 (Kornhausstraße)	6,25°	10,74 m
8 (Schmiedtorstraße)	23,34°	68,10 m

Für eine Ausrichtung der Skizzen in die Richtung des Marktplatzes an den Standorten 5 und 7 sprechen beides Mal die geringen Winkelfehler und auch die geringen Distanzfehler. Diese beiden Standorte weisen die geringsten Fehler auf und haben somit auch die größte Übereinstimmung zwischen Endvektor und Luftlinie – die Skizzen weisen stark in die Richtung des Marktplatzes.

Gegen eine Ausrichtung der Skizzen in die Richtung des Marktplatzes an den Standorten 1 und 6 spricht, dass diese die größten Distanz- und Winkelfehler aller Standorte aus Experiment 1 aufweisen. Der Endvektor und die Luftlinie haben die geringste Übereinstimmung und somit zeigen die Skizzen auch am wenigsten in die Richtung des Marktplatzes.

Zusammenfassend lässt sich aus den letzten drei Berechnungen sagen, dass die Übereinstimmung zwischen Endvektor und Luftlinie von Standort 1 über 6, 3, 4, 8, 2 und 7 bis hin zu Standort 5 immer weiter zunimmt, dass die mittlere Zeichenrichtung im Verlauf dieser Standorte also immer mehr in die Richtung des Schwerpunktes des Marktplatzes zeigt.

3.1.9 Vergleich zwischen Endvektor und Anmarschwinkel auf den Marktplatz

Tabelle 7: Vergleich zwischen den Winkeln zwischen dem Endvektor und dem Nullvektor und dem Anmarschwinkel und dem Nullvektor aus Experiment 1

Standort	Winkel zwischen Endvektor und Nullvektor	Winkel zwischen Anmarschwinkel und Nullvektor	Differenz der beiden Winkel
1 (Haaggasse)	33,58°	57,38°	23,8°
2 (Neckarhalde)	17,34°	57,38°	40,04°
3 (Bursagasse)	270,63°	Winkel 1: 57,38° Winkel 2: 254,65°	Winkel 1: 213,25° Winkel 2: 15,98°
4 (Münzgasse)	326,08°	Winkel 1: 57,38° Winkel 2: 254,65°	Winkel 1: 268,7° Winkel 2: 71,43°
5 (Holzmarkt)	271,83°	254,65°	17,18°
6 (Lange Gasse)	168,21°	254,65°	86,44°
7 (Kornhausstraße)	174,06°	Winkel 1: 135° Winkel 2: 254,65°	Winkel 1: 39,06° Winkel 2: 80,59°
8 (Schmiedtorstraße)	157,16°	135°	22,16°

Die Winkeldifferenz zwischen den Endvektoren und den jeweiligen Anmarschpunkten auf den Marktplatz sind in Tabelle 7 aufgeführt.

Die Annahme, dass die Skizzen in der Richtung gezeichnet werden, in der die Probanden theoretisch auf den Marktplatz zulaufen würden, konnte nicht bestätigt werden. Die kleinste Differenz zwischen den Winkeln weist Standort 5 auf. Jedoch zeigt der Endvektor hier schon einigermaßen in die Richtung des Marktplatzes, weshalb sich die Annahme, dass die Probanden ihre Skizzen anhand ihrer Laufrichtung ausrichten würden, erübrigt. An Standort 1 wäre die Ausrichtung der Skizzen in Laufrichtung eine plausible Erklärung, da hier die Differenz zwischen den Winkeln des Endvektors und des Nullvektors 23,8° beträgt. Somit zeigt der Endvektor ungefähr in die Richtung der Anmarschrichtung auf den Marktplatz. Das gleiche trifft auch bei Standort 3 zu, hier beträgt die Differenz zwischen den Winkeln 15,98° und ebenso bei Standort 8, an welchem die Differenz 22,16° beträgt. An allen anderen Standorten ist die Differenz meistens so groß (> 30°), dass man nicht mehr unbedingt von einem Zusammenhang zwischen der Anmarschrichtung auf den Marktplatz und der Zeichenrichtung des Endvektors sprechen kann.

3.1.10 Schnittpunkte aller Endvektoren miteinander

Die Schnittpunkte eines jeden Endvektors mit allen anderen Endvektoren sind in den Abbildungen 14 (im Gesamten) und 15 (im Ausschnitt) zu erkennen.



Abbildung 14: Schnittpunkte aller Endvektoren miteinander aus Experiment 1
Quelle: Karte von GPS-Geoplaner (www.gpso.de; 12.01.13)

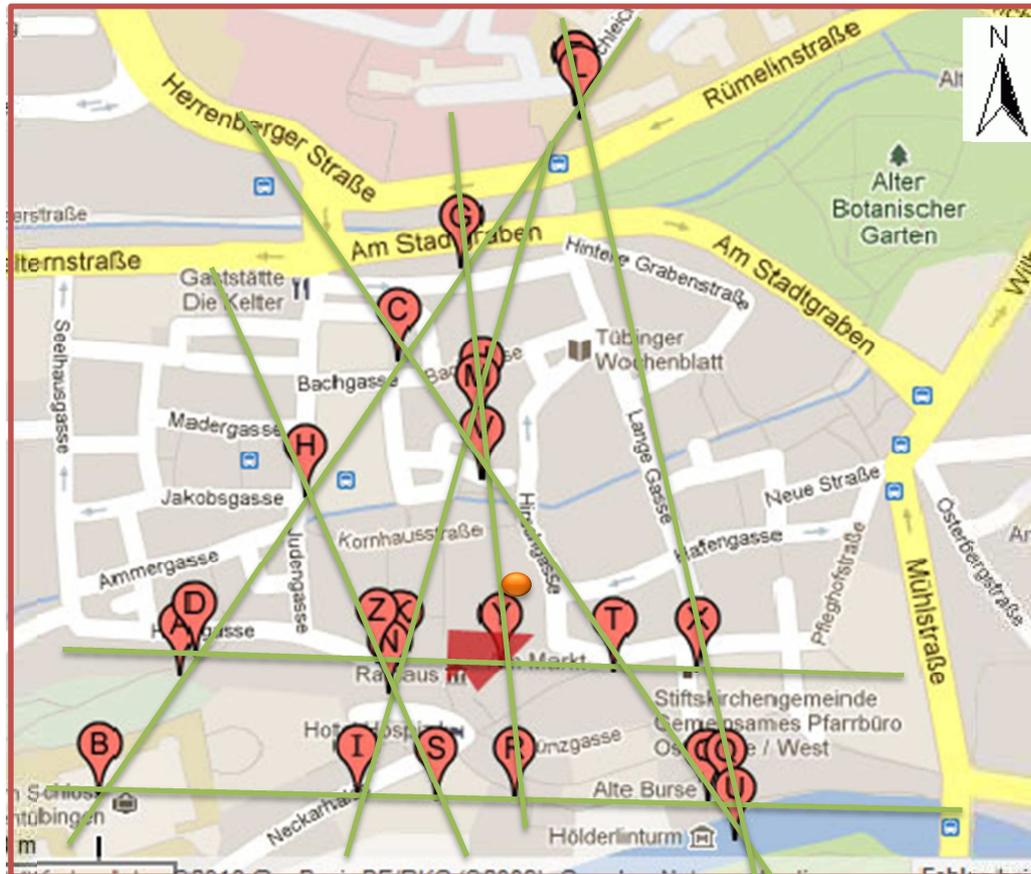


Abbildung 15: Ausschnitt aus Abbildung X mit den Schnittpunkten der Endvektoren aus Experiment 1, welche in der direkten Umgebung des Marktplatzes liegen. Die rote Fläche stellt den Marktplatz dar, die grünen Linien zeichnen die Verläufe der Endvektoren nach, der orange Punkt stellt den Mittelpunkt der Schnittpunkte der Endvektoren und die roten Symbole die Schnittpunkte dar
Quelle: Karte von GPS-Geoplaner (www.gps0.de; 12.01.13)

In den Abbildungen 14 und 15 kann man erkennen, dass die meisten Schnittpunkte der Endvektoren miteinander rund um den Marktplatz herum verteilt liegen, bis auf 4 Ausnahmen (P, W, α und β) die in der weiteren Entfernung vom Marktplatz zu finden sind. Sie wurden für die Betrachtung einer eventuellen systematischen Abweichung außer Betracht gelassen, da sie zu weit vom Marktplatz entfernt liegen und wahrscheinlich eher eine zufällige als eine systematische Abweichung darstellen.

Durch die gegebene Verteilung der Schnittpunkte der Endvektoren und durch den Mittelpunkt der Schnittpunkte, würde sich der Marktplatz bei einer systematischen Abweichung im Vergleich zu seiner wahren Position „gefühl“ ein kleines Stück weiter im Norden befinden; angedeutet durch den blauen Punkt in Abbildung 15.

Die Schnittpunkte der Endvektoren der jeweiligen Standorte liegen auf folgenden UTM-Koordinaten (Tabelle 17 im Anhang)).

3.2 Experiment 2 – entfernte Bedingung

In Experiment 2 wurden die gleichen Daten erhoben und die gleichen Berechnungen durchgeführt wie in Experiment 1 in der nahen Bedingung, allerdings in der entfernten Bedingung.

3.2.1 Akkumulierte Rohdaten

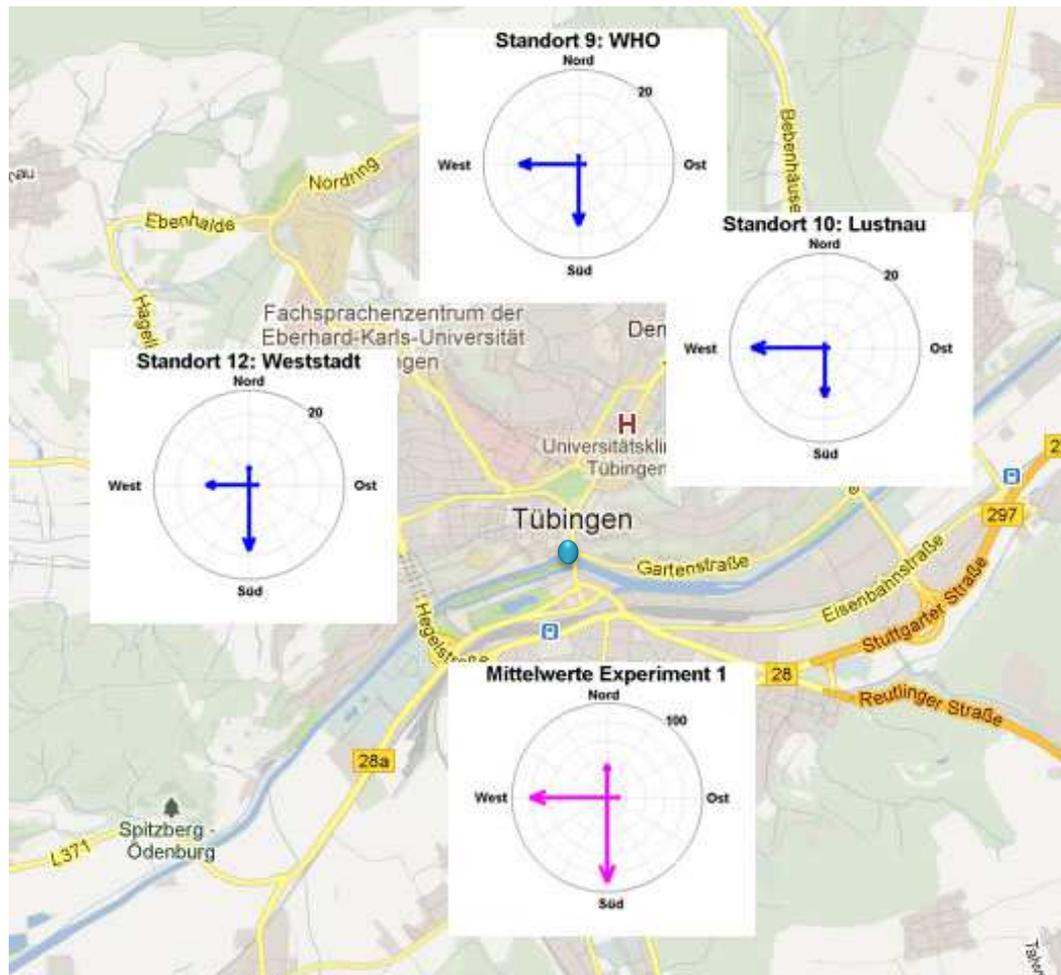


Abbildung 16: Diagramme der akkumulierten Rohdaten aus Experiment 2; der blaue Punkt markiert die Position des Marktplatzes

Quelle: Karte von Google Maps (<http://maps.google.de/maps?hl=de&tab=wI>; 12.01.13)

In Abbildung 16 sind die akkumulierten Rohdaten aus Experiment 2 in Diagrammen aufgetragen. Aus diesen Diagrammen ist zu erkennen, dass bei den drei entfernten Standorten vor allem die südliche und die westliche Zeichenausrichtung von den Probanden bevorzugt wurde. Diese beiden Richtungen treten bei allen drei Standorten am häufigsten auf.

Vergleicht man die südliche und westliche Richtung, so sind beide ungefähr gleich häufig vertreten, auch wenn es hierbei minimale Schwankungen an den einzelnen Standorten gibt.

So sind an Standort 11 beispielsweise etwas mehr Skizzen nach Süden ausgerichtet als nach Osten, was bei Standort 10 jedoch wiederum genau anders herum der Fall ist. Im Mittel ist die Verteilung der beiden Zeichenrichtungen also ziemlich ausgeglichen (Tabelle 8).

Tabelle 8: Daten der Verteilung der Zeichenrichtungen der akkumulierten Rohdaten aus Experiment 2

Standort Aus- richtung	9	10	11
Norden	2	1	4
Osten	1,5	1	2
Süden	13	10,5	14
Westen	12,5	15,5	9
gesamt	29	28	29

3.2.2 Datenverteilung nach Abzug des Mittelwerts

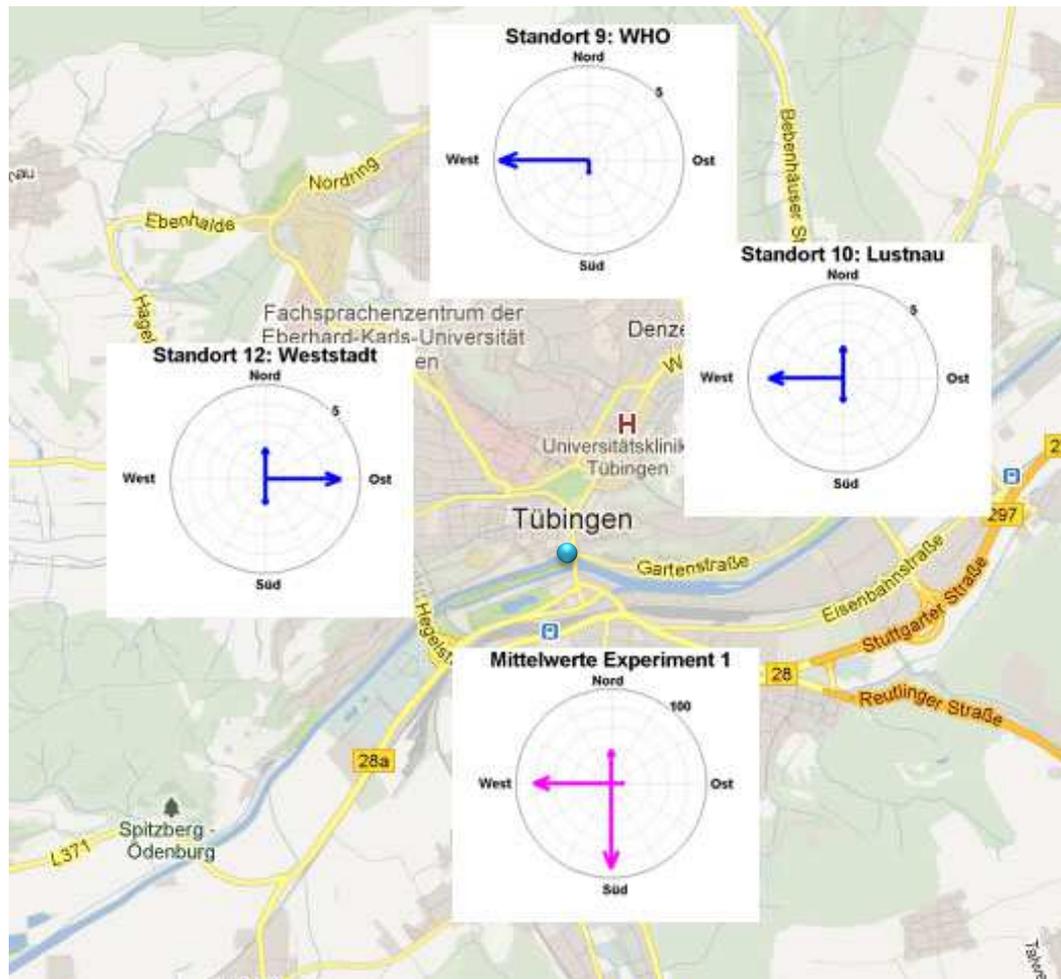


Abbildung 17: Diagramme mit den Daten von denen der Mittelwert abgezogen wurde aus Experiment 2; der blaue Punkt markiert die Position des Marktplatzes
Quelle: Karte von Google Maps (<http://maps.google.de/maps?hl=de&tab=wl; 12.01.13>)

Werden die Zeichenrichtungen nach Abzug des Mittelwerts wieder in Diagrammen aufgetragen, zu sehen in Abbildung 17, ist ein klarer Unterschied zu erkennen. Nach dem Abzug des Mittelwertes aus den Daten dominieren bei den Zeichenrichtungen nicht mehr die südliche und die westliche Richtung bei allen drei Standorten, sondern es hat eine Umverteilung stattgefunden. Bei Standort 9 dominiert zwar immer noch die westliche Ausrichtung der Skizzen, jedoch spielt die Ausrichtung nach Süden kaum noch eine Rolle und Norden und Osten sind völlig aus den Daten verschwunden. Auch bei den Standorten 10 und 11 sieht die Verteilung unterschiedlich zu dem aus, was vor dem Abzug des Mittelwertes noch zu erkennen war.

An Standort 10 hat zwar immer noch die westliche Ausrichtung den größten Anteil an den Skizzen, jedoch gleichen sich nun auch die nördliche und die südliche Zeichenrichtung in ihren Anzahlen fast, wobei die nördliche Richtung nun mehr Datenpunkte aufweist als die südliche. Skizzen mit Ausrichtung nach Osten sind an diesem Standort nun nicht mehr vertreten. Ganz anders ist die Datenverteilung nach Abzug des Mittelwerts an Standort 11 in der Weststadt: Wo vorher noch die südliche und westliche Richtung dominierte, dominiert nun ganz eindeutig die östliche Ausrichtung. Zeichenrichtungen nach Westen findet man nun nicht mehr an diesem Standort und auch die südliche Richtung hat stark an Datenpunkten verloren und weist nun etwas weniger auf, als es die nördliche Richtung tut. Insgesamt kann man sagen, dass die Hauptrichtungen der Skizzen nach Abzug des Mittelwerts sehr grob in Richtung des Marktplatzes zeigen. Der Standort im Westen des Marktplatzes zeigt mit der Hauptausrichtung der Skizzen nach Osten und beim Standort im Osten geht die größte Anzahl der Skizzen Richtung Westen. Nur der Standort im Norden weist diese Tendenz nicht auf, da hier die meisten Zeichenrichtungen ebenfalls nach Westen weisen.

Allerdings sind die Werte der gemittelten Zeichenrichtungen (Tabelle 9) insgesamt so gering, dass sie nicht aussagekräftig sind. Sie weisen einen Höchstwert von 3,96 in der östlichen Zeichenausrichtung bei Standort 11 auf.

Tabelle 9: Werte der Zeichenrichtungen nach Abzug des Mittelwerts aus Experiment 2

Standort Aus- richtung	9	10	11
Norden	0	1,71	1,64
Osten	0	0	3,96
Süden	0,71	1,28	1,35
Westen	0,04	3,92	0
gesamt	0,75	6,91	6,95

3.2.3 Endvektoren

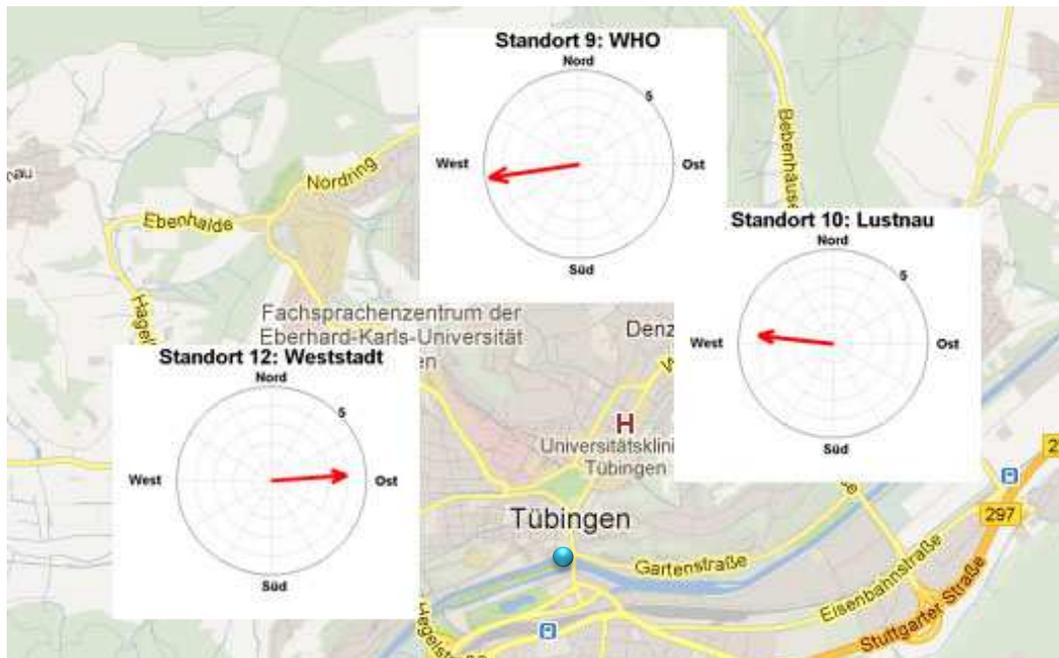


Abbildung 18: Diagramme der Endvektoren (rot) als gemittelte Zeichenrichtung aus Experiment 2; der blaue Punkt markiert die Position des Marktplatzes
Quelle: Karte von Google Maps (<http://maps.google.de/maps?hl=de&tab=wl>; 12.01.13)

Auch bei der Auftragung der berechneten Endvektoren (Abbildung 18) wird die zuvor beschriebene Tendenz noch einmal deutlich. Auch die Endvektoren weisen sehr grob die Tendenz auf in die ungefähre Richtung des Marktplatzes zu zeigen, wie auch schon die Zeichenrichtungen nach Abzug des Mittelwertes an Standort 10 und 11. Betrachtet man jedoch die genaue Position des Marktplatzes, so unterscheiden sich die Richtungen der Endvektoren erheblich davon. Da die Standorte nicht genau im Westen und im Osten des Platzes liegen, sondern etwas nordöstlich und nordwestlich verschoben sind und zudem die Endvektoren auch noch jeweils an den beiden Standorten 10 und 11 leicht Richtung Norden abweichen, zeigen sie bei einer genauen Betrachtung nicht in die Richtung des Marktplatzes. Und auch der Endvektor von Standort 9 weist keinerlei Tendenz in Richtung Marktplatz auf. Der Standort liegt im Norden des Platzes und der Vektor weist in eine westliche Richtung, geht also völlig am Marktplatz vorbei.

3.2.4 Standardabweichung der Endvektorstärke

Bei Berechnung der Standardabweichung der mittleren Endvektorstärke, welche in Abbildung 19 aufgetragen wurde, wird als Erstes ersichtlich, dass die mittleren Vektorstärken alle sehr ähnlich sind. Im Vergleich zwischen den drei mittleren Vektorstärken als Maß für die Streuung der Daten fällt auf, dass die Daten der drei Vektoren stark streuen, da die mittleren Vektorstärken nicht allzu groß sind.

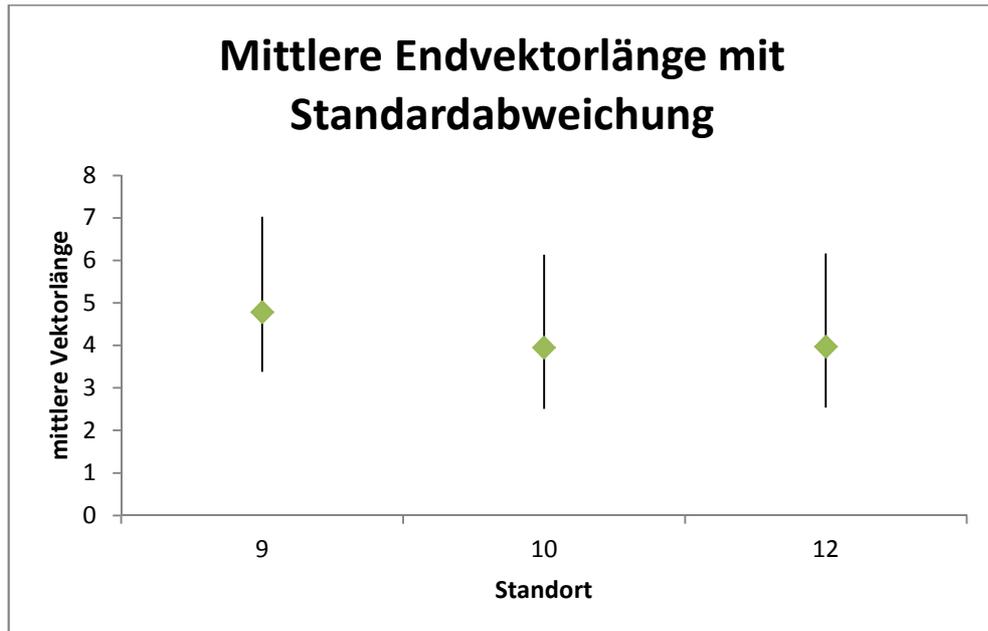


Abbildung 19: Mittlere Endvektorstärke mit Standardabweichung aus Experiment 2

Die Standardabweichungen der mittleren Endvektorstärken aus Experiment 2 streuen alle in einem sehr ähnlichen Bereich.

3.2.5 Chi²-Test

Tabelle 10: Ergebnisse Chi²-Test und p-Wert aus Experiment 2 für die einzelnen Standorte

Ort	Standort 9 (WHO)	Standort 10 (Lustnau)	Standort 11 (Weststadt)
Chi ² -Wert	11,342	4,625	4,666
p-Wert	0,01*	0,201	0,198

Anhand der Ergebnisse des Chi²-Tests für die einzelnen Standorte in der entfernten Bedingung (Tabelle 10) kann man erkennen, dass es in Experiment 2 nur einmal eine signifikante Abweichung von der hypothetischen Gleichverteilung der Zeichenausrichtungen gibt, und zwar an Standort 9. Der Chi²-Test der einzelnen Standorte ist nur an Standort 9 auf dem 5%-Niveau signifikant ($X^2(3) = 11,342$; $p < 0,5$). Die Verteilung der Richtungen an den anderen beiden Standorten weist keine signifikante Abweichung von der Gleichverteilung auf Standort 10 ($X^2(3) = 4,625$; $p > 0,05$) und Standort 11 ($X^2(3) = 4,666$; $p > 0,05$).

Somit sind auch die Ausrichtungen der Endvektoren an den Standorten 10 und 12 nur scheinbar in die Richtung des Marktplatzes ausgerichtet.

Durch den Chi²-Test für die einzelnen Standorte der entfernten Bedingung aus Experiment 2 wurde deutlich, dass zwei der drei Vektoren aus Experiment 2 nur Rauschen sind und es bei ihnen keine eindeutige Richtung gibt. Den Chi²-Test für die drei Standorte der entfernten Bedingung gemeinsam wurde noch durchgeführt, um zu testen, ob die Vektoren trotz Rauschen in die gleiche Richtung zeigen oder nicht. Die Ergebnisse sind in Tabelle 10 aufgeführt.

Führt man den Chi²-Test noch für alle Standorte der entfernten Bedingung im Gesamten durch, wird ersichtlich, dass die Endvektoren aus Experiment 2 alle signifikant in verschiedene Richtungen zeigen, da die Ergebnisse des Chi²-Tests ($X^2(6) = 13,906$; $p < 0,05$) auf dem 5%-Niveau signifikant sind. Dies bedeutet also, dass die Vektoren untereinander nicht gleich, sondern verschieden sind.

Da auch beim Chi²-Test für alle Standorte aus Experiment 2 kein signifikanter Unterschied zwischen den Vektoren festgestellt werden konnte, wurde die folgende Auswertung nur noch aus Interesse durchgeführt, ob sich vielleicht doch noch zufällig etwas ergibt und ohne jegliche Erwartungshaltung.

3.2.6 Zusammenhang zwischen Endvektor und Luftlinie

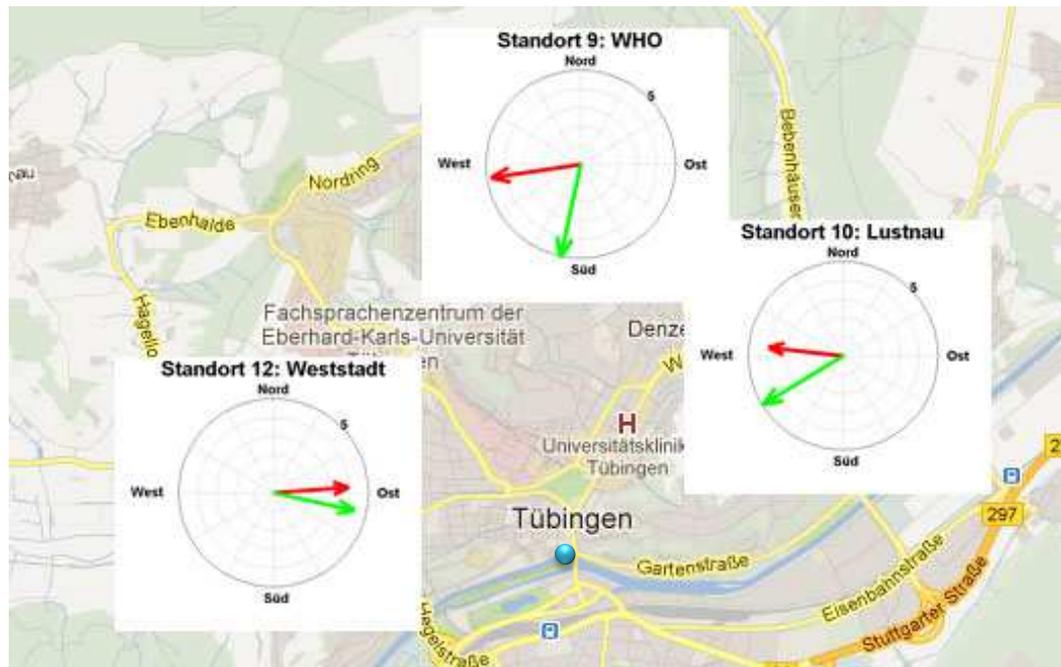


Abbildung 20: Diagramme mit Endvektoren (rot) und Luftlinien (grün) aus Experiment 2; der blaue Punkt markiert die Position des Marktplatzes

Quelle: Karte von Google Maps (<http://maps.google.de/maps?hl=de&tab=wj>; 12.01.13)

Wie auch schon in der nahen Bedingung (Abbildung 12) zeigt auch Abbildung 20 noch einmal, dass die Endvektoren und die Luftlinien der drei entfernten Standorte mehr oder weniger stark voneinander abweichen. Die geringste Abweichung weist Standort 11 auf. Der Endvektor zeigt ungefähr in die Richtung des Marktplatzes.

Jedoch korrelieren auch die Endvektoren und Luftlinien aus Experiment 2 stark positiv miteinander – der Korrelationskoeffizient beträgt 0,9636. Dies sagt jedoch nur aus, dass diese beiden Vektoren stark linear voneinander abhängen. Ein Zusammenhang zwischen dem Endvektor und der Luftlinie ist also nicht zwangsläufig gegeben.

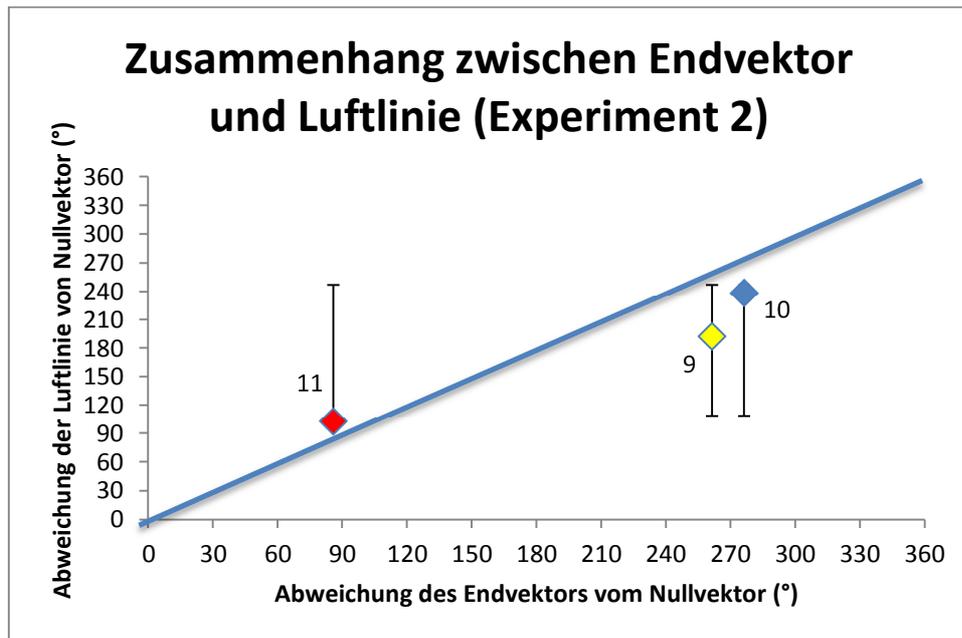


Abbildung 21: Zusammenhang zwischen Endvektor und Luftlinie aus Experiment 2; die blaue Linie stellt die Ursprungsgerade dar; die Standardabweichung ist aufgetragen

3.2.7 Abweichung zwischen Endvektor und Luftlinie als Winkel

Die Abweichung zwischen dem Endvektor und der Luftlinie kann auch, wie schon zuvor, in Experiment 2 als Winkel angegeben werden, aufgezeigt sind diese in Tabelle 11.

Auch aus der Abweichung als Winkel wird noch einmal ersichtlich, dass der Endvektor an Standort 11 von allen Endvektoren der entfernten Bedingung noch am ehesten in Richtung des Marktplatzes zeigt, da an diesem Standort auch der kleinste Winkel zwischen dem Endvektor und der Luftlinie gemessen werden kann. Der Winkel ist im Vergleich zu Standort 11 an Standort 10 schon mehr als doppelt so groß und bei Standort 9 ist der Winkel im Vergleich zu Standort 11 mehr als viermal so groß. Der Abstand wird immer größer, also wird die Korrelation immer geringer, wie auch schon zuvor aufgezeigt. Die Ergebnisse werden also durch die Winkel noch einmal bestätigt.

3.2.8 Abweichung zwischen Endvektor und Schwerpunkt als Distanz

Tabelle 11: Größe des Fehlers zwischen Endvektor und Schwerpunkt des Marktplatzes aus Experiment 2

Standort	Größe des Fehlers als Winkel (in °)	Größe des Fehlers als Distanz (in m)
9 (WHO)	69,14°	2360,89 m
10 (Lustnau)	37,77°	1367,81 m
11 (Weststadt)	16,52°	497,65 m

Betrachtet man die Abweichung schließlich noch als Distanz zwischen Endvektor und Schwerpunkt, so werden die vorherigen Ergebnisse noch einmal bestätigt (Tabelle 11). Die Distanzen zwischen den Endvektoren und dem Schwerpunkt des Marktplatzes weisen zu große Werte auf.

3.2.9 Schnittpunkte aller Endvektoren miteinander



Abbildung 22: Schnittpunkte der Endvektoren miteinander aus Experiment 2; D ist der Mittelpunkt der Schnittpunkte

Quelle: Karte von GPS-Geoplaner (www.gps.de; 12.01.13)

Die Schnittpunkte aller Endvektoren miteinander liegen fast auf einer Linie (Abbildung 22, A-C = Schnittpunkte, D = Mittelpunkt aller Schnittpunkte). Die Schnittpunkte liegen in einem weiten Gebiet um Tübingen herum verstreut und es lässt sich keine sinnvolle Aussage über einen eventuell verschobenen Marktplatz treffen.

4. Diskussion

4.1 Einfluss des aktuellen Aufenthaltsortes auf die Skizzen

In dieser Studie wurden in Experiment 1 Probanden in einer Entfernung von ungefähr 500 m vom Marktplatz darum gebeten ebendiesen zu skizzieren. Nach Auswertung der Skizzen entsprechend der Himmelsrichtung und dem Abzug des Mittelwertes aus den Daten, wurde ersichtlich, dass die Endvektoren der gemittelten Zeichenrichtungen meistens (in 6 von 8 Fällen) in die ungefähre Richtung des Marktplatzes zeigen. Somit muss also je nach Standort eine andere Ansicht des Platzes aus dem Langzeitgedächtnis ins Arbeitsgedächtnis abgerufen werden, als eine reine Standardansicht, welche dann auch an den unterschiedlichen Standorten immer gleich repräsentiert wird. Diese Änderung der Zeichenrichtung von der Standardrichtung wurde durch einen Chi²-Test überprüft, welcher eine signifikante Änderung an sechs von acht Standorten bestätigte. Lediglich die Standorte 3 (Bursagasse) und 4 (Münzgasse), wiesen keine signifikante Abweichung von einer Gleichverteilung auf.

Auch bei der Betrachtung des Zusammenhangs zwischen den Endvektoren und den Luftlinien in Richtung Marktplatz der einzelnen Standorte wurde ersichtlich, dass der ermittelte Endvektor an allen Standorten in der Innenstadt ursprünglich stark mit der Luftlinie vom Standort in Richtung des Schwerpunktes des Marktplatzes zusammenhängt.

Aus diesen Ergebnissen kann geschlossen werden, dass eine Standardansicht bei der Erstellung der Skizzen an der einzelnen Standorten keine Rolle spielt, sondern dass die jeweils benötigten Informationen pro Standort spezifisch aus dem Langzeitgedächtnis in das Arbeitsgedächtnis extrahiert werden müssen. Hierbei spielt dann die ortsabhängige Komponente eine Rolle, da die Probanden zunächst Wissen darüber benötigen, wo sie sich befinden und anhand dieses Wissens müssen sie dann die Informationen, welche sie zur Erstellung der Skizze benötigen, aus dem Langzeitgedächtnis extrahieren. Die Skizzen werden dann, im Mittel, in die Richtung ausgerichtet, in der sich der Marktplatz, vom aktuellen Standort aus gesehen, befindet. Also müssen auch die Informationen aus dem Langzeitgedächtnis in die jeweilige Richtung ausgerichtet werden.

4.2 Einfluss von Distanz auf die Skizzen

Im zweiten Experiment wurden ebenfalls Probanden gebeten, eine Skizze des Marktplatzes anzufertigen. Hierbei befanden sich die Befragungsstandorte jedoch in einer Entfernung von ungefähr 2 km vom Marktplatz und somit dürfte, nach den Annahmen von Binder (2012), eine Handlungsrelevanz wie die Nähe zum Marktplatz, keine Rolle mehr spielen.

Betrachtet man die Ergebnisse aus Experiment 2, so fällt auf, dass alle drei Endvektoren der gemittelten Zeichenrichtung nicht in die Richtung des Marktplatzes zeigen. Zudem weist auch nur der Endvektor von Standort 11 (Weststadt) eine hohe Korrelation mit der Luftlinie des Standortes auf. Bei den anderen beiden Standorten der entfernten Bedingung ist dies nicht der Fall.

Auch durch die Ergebnisse des Chi²-Tests wird nochmals ersichtlich, dass es nur an einem Standort, nämlich Standort 9 (WHO), eine signifikante Abweichung der gemittelten Zeichenrichtungen von der hypothetischen Gleichverteilung gibt. Der Endvektor weist allerdings nicht in Richtung Marktplatz.

Da in Experiment 2 die ortsbezogene Komponente keine Rolle mehr für den Abruf von Informationen aus dem Langzeitgedächtnis spielt, da die Entfernung zum Marktplatz zu groß ist, muss darüber nachgedacht werden, ob nun die Standardansicht das bestimmende Element hierbei ist. Wäre dies der Fall, wären die Skizzen nach Westen ausgerichtet, da das Rathaus im Westen des Marktplatzes steht und wahrscheinlich die bestimmende Landmarke auf dem Platz darstellt, da es eines der prägnantesten und bekanntesten Gebäude ist. Tatsächlich weisen die Endvektoren der Standorte 9 und 10 in westliche Richtung, was aber nicht nur mit der Standardansicht erklärt werden kann. Der Endvektor an Standort 11 weist hingegen in östliche Richtung, was diesem Modell überhaupt nicht entspricht.

An Standort 9 am WHO wäre die Standardansicht des Platzes mit Westen eine mögliche Erklärung für die Ausrichtung des Endvektors in diese Richtung. Allerdings wäre es auch möglich, dass das WHO gefühlt weiter in Richtung Nordosten beziehungsweise Osten von Tübingen liegt und nicht in nördlicher Lage, wie es eigentlich der Fall ist. Gefühlt müsste man die ganze Karte um Tübingen herum ein wenig in östliche Richtung drehen. Somit würde das WHO auch wieder eher in eine Lage kommen, in der der Marktplatz dann von dort aus gesehen in ungefähr westlicher Richtung liegen würde.

Standort 10 in Lustnau liegt zwar tatsächlich im Osten der Stadt und somit westlich vom Marktplatz, jedoch waren die Werte so gering, dass auch der Chi²-Test nicht signifikant war. Die Ausrichtung des Endvektors kann also reiner Zufall sein.

Dasselbe gilt auch für Standort 11 in der Weststadt, an dem der Endvektor zwar in östliche Richtung, also in die ungefähre Richtung des Marktplatzes zeigt, jedoch keine Signifikanz aufweist.

Dies könnte daran liegen, dass in der entfernten Bedingung noch kein aktueller Bedarf besteht, sich Gedanken über den eigentlichen Zielort zu machen, da der Marktplatz noch zu weit entfernt ist. Wiener und Mallot (2003) beschrieben dieses Phänomen mit ihrem Vorschlag der ‚fine-to-coarse‘-Routenplanung, bei der für die gesamte Route nur ein grober Plan zur Verfügung steht und für die jeweiligen einzelnen Schritte dann je bei Bedarf eine genaue Route ausgearbeitet wird.

Somit werden erst in näherer Umgebung zum Marktplatz, also wenn auch schon eine gewisse Handlungsrelevanz besteht, genauere Informationen über das Ziel aus dem Langzeitgedächtnis abgerufen und verarbeitet, da sie zu früheren Zeitpunkten ja noch nicht benötigt wurden. In größerer Entfernung zum Ziel reicht eine grobe Skizze davon aus, die auch nicht zwingend zu 100% mit den wirklichen Gegebenheiten am Zielort stimmen muss. Durch diese Strategie hält das Gehirn den Arbeitsaufwand geringer, da nicht die ganze Zeit die genaue Route erinnert werden muss und somit kann es wichtige Ressourcen durch das Nicht-Abrufen von im Moment irrelevanten Informationen sparen.

4.3 Bestätigung der Ergebnisse von Binder

Binder (2012) untersuchte in seiner Studie den Zusammenhang zwischen der Position der Probanden und der von ihnen bevorzugten Zeichenrichtung. Er fand heraus, dass nach Abzug des Mittelwerts aus den Daten die Endvektoren der gemittelten Zeichenrichtungen vornehmlich in die Richtung des Holzmarktes, seines ‚Zielplatzes‘, zeigten. Binder folgerte daraus, dass es einen Zusammenhang zwischen dem Zeichenort und der mittleren Zeichenrichtung geben muss. In dieser Studie wurde die entfernte Bedingung ebenfalls gemessen und die Ergebnisse zeigten hierbei nun eine deutliche Präferenz der südlichen Ausrichtung gegenüber den anderen drei nach Norden, Osten oder Westen.

Er nahm an, dass in der entfernten Bedingung die Handlungsrelevanz keine Rolle mehr spielt und dass somit andere Merkmale, wie die „Schiefe“ des Platzes, also die Erhöhung des Platzes in südlicher Richtung, eine Rolle bei der Übertragung der Informationen vom Langzeit- ins Arbeitsgedächtnis und dem Anfertigen der Skizzen spielen müssen. Als mögliche Erklärung hierfür könnte die einprägsame Landmarke der Stiftskirche oder auch der prägnante Grundriss laut Binder eine Rolle spielen.

Wie bei Binder zeigten auch in dieser Studie die Endvektoren der gemittelten Zeichenrichtung in Experiment 1 vornehmlich in die Richtung des skizzierten Platzes, also hier in die Richtung des Marktplatzes. Die resultierenden Ergebnisse aus der Studie bestätigen also grundsätzlich Ergebnisse von Binder (2012), auch wenn hier nie eine eindeutige Präferenzrichtung in den Skizzen festgestellt werden konnte.

In dieser Studie gab es keine eindeutige Präferenzrichtung in der entfernten Bedingung, da zum einen bei den einzelnen Standorten nur einer eine signifikante Abweichung von der Gleichverteilung aufwies und der Chi²-Test für Experiment 2 insgesamt ergab, dass alle Endvektoren signifikant in eine unterschiedliche Richtungen zeigen.

4.4 Kritische Betrachtung der Ergebnisse

In Experiment 1 wiesen die meisten Endvektoren der gemittelten Zeichenrichtung in die ungefähre Richtung des Marktplatzes. An drei Standorten trifft dies jedoch nicht zu und zwar an den Standorten 1, 3 und 6. An diesen Standorten weisen die jeweiligen Endvektoren in eine andere Richtung, die von der des Marktplatzes abweicht. Dies könnte damit begründet werden, dass die Probanden an diesen Standorten in der Richtung gezeichnet haben, in der sie auch auf den Marktplatz vom eigenen Standort aus gesehen zugehen würden. Jedoch ergab ein Vergleich zwischen dem Endvektor und dem Anmarschwinkel auf den Marktplatz kein Ergebnis. Zudem sind die Endvektoren an den Standorten 1 und 6 signifikant unterschiedlich von der erwarteten Gleichverteilung, nur bei Standort 3 ist der Endvektor nicht signifikant. Jedoch weisen auch genau diese drei Standorte die geringste Korrelation zwischen ihren Endvektoren und Luftlinien auf, während alle anderen Standorte höhere Korrelationswerte aufweisen und zudem auch alle signifikant sind. Wie zu erwarten wiesen auch diese drei Standorte, nämlich die Standorte 1, 3 und 6, die größten Fehler der Abweichung zwischen Endvektor und Luftlinie als Winkel und als Distanz auf.

Jedoch bestätigen die gewonnenen Daten im Großen und Ganzen die zuvor aufgestellten Thesen und bestätigen somit auch, dass bei den Standorten in der nahen Bedingung eine Handlungsrelevanz besteht. Es besteht hierbei ein definitiver Zusammenhang zwischen dem Standort und der Zeichenausrichtung, da sich die Zeichenausrichtung je nach Standort verändert.

In Experiment 2 weisen die akkumulierten Rohdaten an allen drei Standorten ähnliche Verteilungen auf, was sich jedoch nach Abzug des Mittelwerts und Bestimmung des Endvektors anders darstellt. Auch wenn es so aussieht, als ob die Endvektoren ungefähr in die Richtung des Marktplatzes zeigen würden, ist dies nicht der Fall.

Nur die Daten von Standort 9 weisen eine signifikante Abweichung von der hypothetischen Gleichverteilung auf, die der anderen beiden Standorte nicht. Zudem sind die Werte für die Standorte 10 und 11 so gering, dass sie nicht von Belang sind.

Da die Ergebnisse aus Experiment 2 zu einem großen Teil nicht signifikant sind und geringe Größen aufweisen, lässt sich mit ihnen aufzeigen, dass die Handlungsrelevanz, welche noch bei Experiment 1 bestanden hat, hier keine Rolle mehr spielt. Somit können die Ergebnisse aus Experiment 1 nochmals belegt werden – am Ende gibt es keinen Effekt in Experiment 2, somit auch keine Handlungsrelevanz und der Unterschied zwischen der nahen und der entfernten Bedingung wurde wie erwartet belegt. Die Skizzenausrichtung ändert sich nicht mehr pro Standort, sondern sie ist vom Standort unabhängig.

Quellenverzeichnis

- Basten, K.; Meilinger, T.; Mallot, H. (2012):** Mental Travel Primes Place Orientation in Spatial Recall. *Spatial Cognition VIII*, Lecture Notes in Computer Science, Volume 7463: 378-385.
- Binder, N. (2012):** Repräsentation mentaler Karten in Abhängigkeit vom aktuellen Standort.
- Bisiach, E.; Luzzatti, C. (1978):** Unilateral neglect of representational space. *Cortex*, 14(1): 129-133.
- Blanz, V.; Tarr, M.; Bühlhoff, H. (1999):** What object attributes determine canonical views?. *Perception*, Volume 28(5): 575-600.
- Burgess, N. (2006):** Spatial memory: how egocentric and allocentric combine. *TRENDS in Cognitive Science*, Volume 10, Number 12.
- Cartwright, B.; Collett, T. (1983):** Landmark Learning in Bees. *Journal of Comparative Physiology*, 151: 521-543.
- Cartwright, B.; Collett, T. (1987):** Landmark Maps for Honeybees. *Biological Cybernetics*, 57: 85-93.
- Evans, G.; Marrero, D.; Butler, P. (1981):** Environmental Learning And Cognitive Mapping. *Environment and Behavior*, 13: 83-104.
- Gillner, S.; Mallot, H. (2008):** These Maps are Made for Walking – Task Hierarchy of Spatial Cognition. *Robotics and Cognitive Approaches to Spatial Mapping, Springer Tracts in Advanced Robotics*, Volume 38: 181-201.
- Gillner, S.; Weiß, A.; Mallot, H. (2008):** Visual homing in the absence of feature-based landmark information. *Cognition* 109: 105-122.
- Google (2012):** Google Maps
<http://maps.google.de/maps?hl=de&tab=wl> (letzter Zugriff: 12.01.13).
- Gould, J. (1986):** The locale map of honey bees: do insects have cognitive maps. *Science*, 232: 861-863.
- Hall, P.; Owen, M. (2005):** Simple canonical views. *British Machine Vision Conference (BMVC) 2007*.
- Klatzky, R. (1998):** Allocentric and Egocentric Spatial Representations: Definitions, Distinctions, and Interconnections. *Spatial Cognition*, Lecture Notes in Computer Science, Volume 1404: 1-17.
- Mallot, H.; Basten, K. (2009):** Embodied Spatial Cognition; Biological and Artificial Systems. *Image and Vision Computing*, Volume 27, Issue 11: 1658-1670.

McNamara, T. (1986): Mental Representations of Spatial Relations. *Cognitive Psychology*, 18: 87-121.

Nathansen, M. (2013): GPS-Geoplaner.
<http://gpso.de/maps/> (letzter Zugriff am 12.01.13).

O'Keefe, J.; Nadel, L. (1978): The hippocampus as a cognitive map. Clarendon, Oxford, England.

Wiener, J.; Mallot, H. (2003): 'Fine-to-Coarse' Route Planning and Navigation in Regionalized Environments. *Spatial Cognition And Computation*, 3(4): 331-358.

Anhang

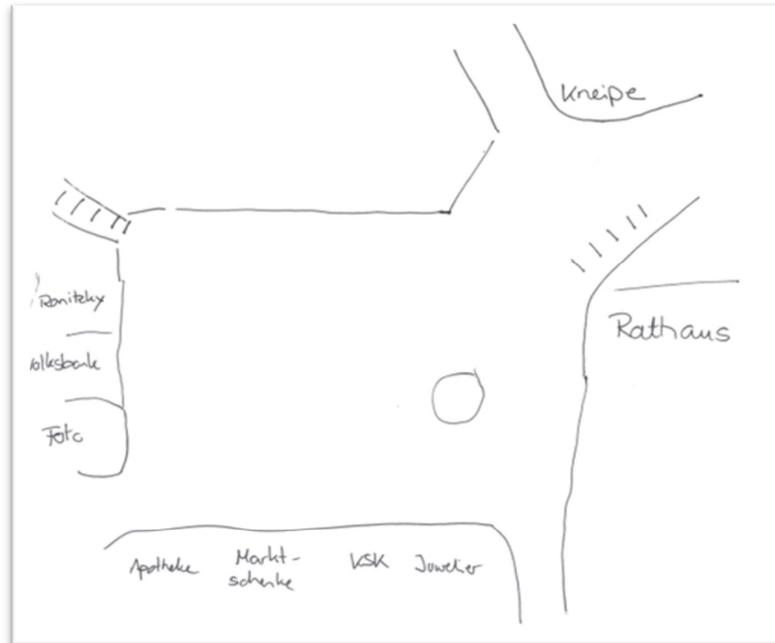


Abbildung 23: Skizze von Standort 1 mit Ausrichtung 'Süd'

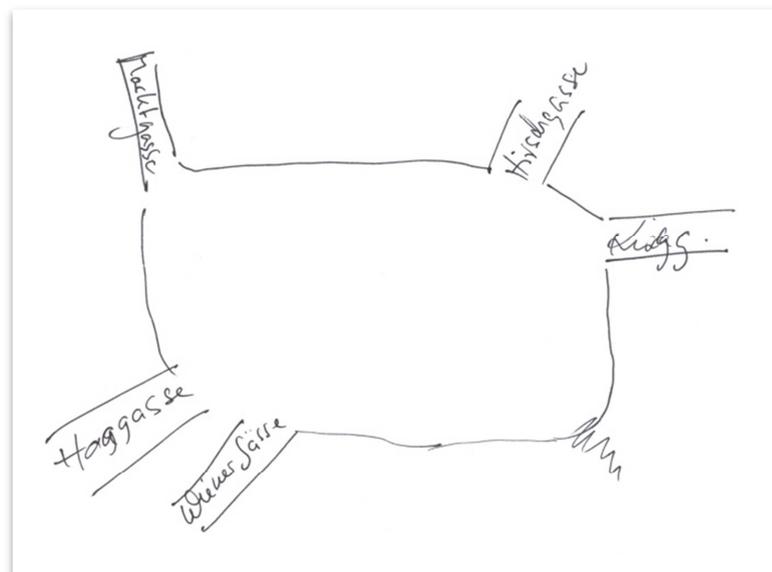


Abbildung 24: Skizze von Standort 2 mit Ausrichtung 'West'

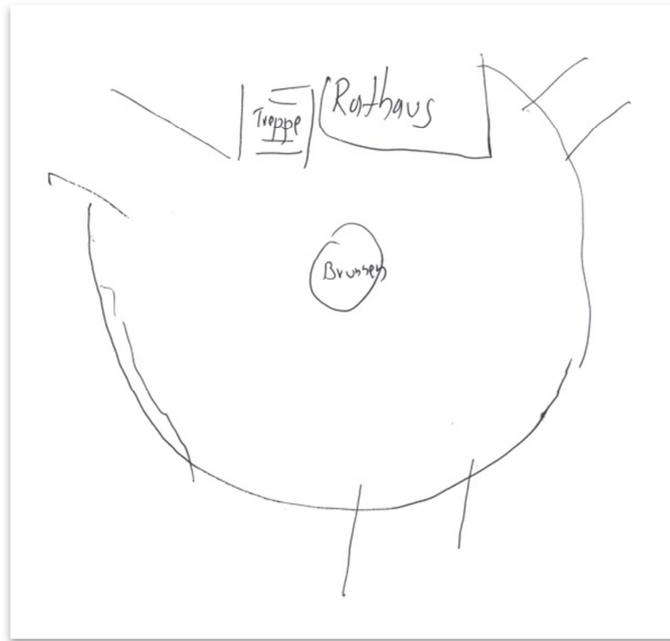


Abbildung 25: Skizze von Standort 3 mit Ausrichtung 'West'

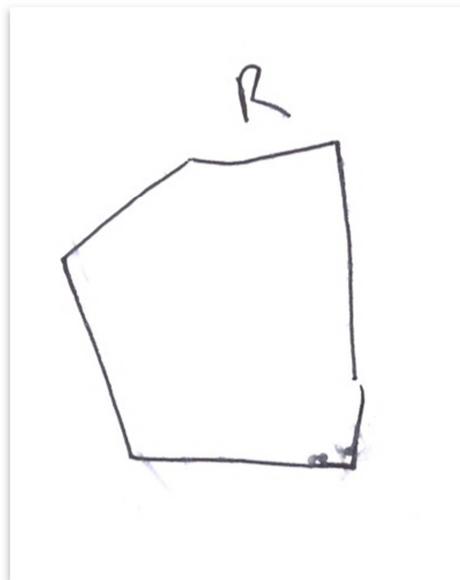


Abbildung 26: Skizze von Standort 4 mit Ausrichtung 'West'

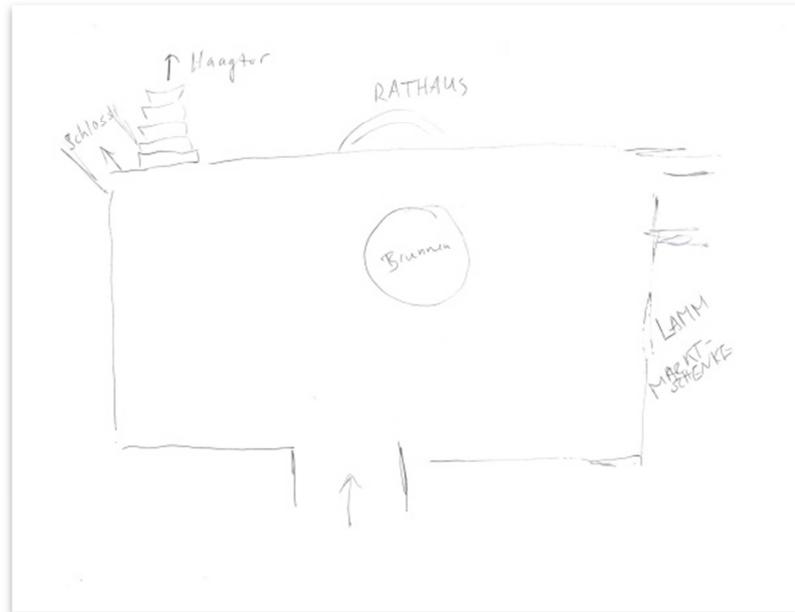


Abbildung 27: Skizze von Standort 5 mit Ausrichtung 'West'

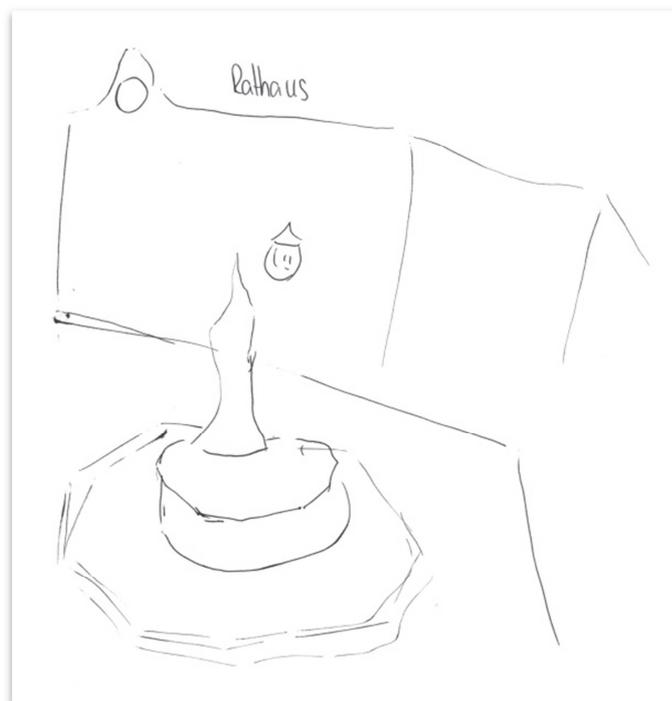


Abbildung 28: Skizze von Standort 6 mit Ausrichtung 'West'

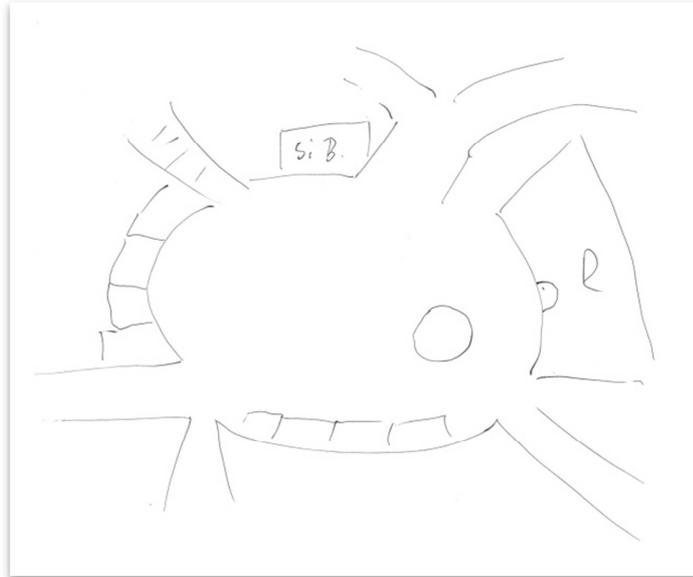


Abbildung 29: Skizze von Standort 7 mit Ausrichtung 'Süd'

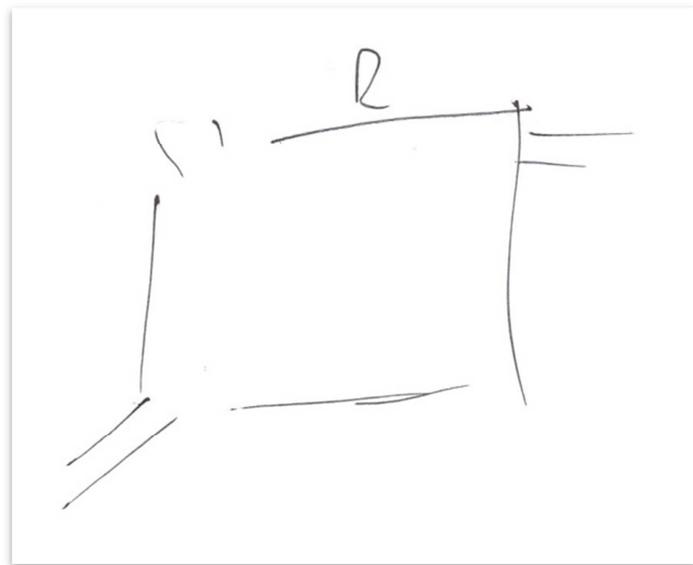


Abbildung 30: Skizze von Standort 8 mit Ausrichtung 'West'

Tabelle 12: UTM-Koordinaten der Standorte aus Experiment 1

Standort	UTM-Koordinaten
	32 U
1 (Haaggasse)	X: 503780 Y: 5374153
2 (Neckarhalde)	X: 503880 Y: 5374039
3 (Bursagasse)	X: 504064 Y: 5374031
4 (Münzgasse)	X: 504080 Y: 5374086
5 (Holzmarkt)	X: 504136 Y: 5374122
6 (Lange Gasse)	X: 504083 Y: 5374256
7 (Kornhausstraße)	X: 503967 Y: 5374225
8 (Schmiedtorstraße)	X: 503841 Y: 5374251

Tabelle 13: UTM-Koordinaten der Standorte aus Experiment 2

Standort	UTM-Koordinaten
	32 U
9 (WHO)	X: 504501 Y: 5376601
10 (Lustnau)	X: 505869 Y: 5375299
11 (Weststadt)	X: 502256 Y: 5374508

Tabelle 14: UTM-Koordinaten der Eckpunkte des Marktplatzes

Eckpunkt	UTM-Koordinaten
	32 U
A	X: 503942 Y: 5374150
B	X: 503942 Y: 5374110
C	X: 503955 Y: 5374120
D	X: 503965 Y: 5374100
E	X: 504000 Y: 5374150

Tabelle 15: UTM-Koordinaten der Anmarschpunkte, ab denen der Marktplatz gesehen werden kann

Anmarschpunkt	UTM-Koordinaten
	32 U
A	X: 503940 Y: 5374116
B	X: 504016 Y: 5374146
C	X: 503938 Y: 5374159

Tabelle 16: UTM-Koordinaten der Schnittpunkte der Orthogonalen mit dem Endvektor

Standort	UTM-Koordinaten der Schnittpunkte der Orthogonalen mit dem Endvektor
	32 U
1 (Haaggasse)	X: 503827 Y: 5374224
2 (Neckarhalde)	X: 503914 Y: 5374148
3 (Bursagasse)	X: 503964 Y: 5374032
4 (Münzgasse)	X: 504023 Y: 5374171
5 (Holzmarkt)	X: 503965 Y: 5374127
6 (Lange Gasse)	X: 504103 Y: 5374161
7 (Kornhausstraße)	X: 503976 Y: 5374133
8 (Schmiedtorstraße)	X: 503902 Y: 5374106

Tabelle 17: UTM-Koordinaten der Schnittpunkte zwischen den Endvektoren der jeweiligen Standorte

Schnittpunkt zwischen Standorten	1 & 2	1 & 3	1 & 4	1 & 5	1 & 6
UTM-Koordinaten: 32 U	X: 503758 Y: 5374120	X: 503702 Y: 5374035	X: 503907 Y: 5374344	X: 503767 Y: 5374384	X: 504027 Y: 5374525
Schnittpunkt zwischen Standorten	1 & 7	1 & 8	2 & 3	2 & 4	2 & 5
UTM-Koordinaten: 32 U	X: 503950 Y: 5374409	X: 503843 Y: 5374247	X: 503878 Y: 5374033	X: 503964 Y: 5374309	X: 503908 Y: 5374129
Schnittpunkt zwischen Standorten	2 & 6	2 & 7	2 & 8	3 & 4	3 & 5
UTM-Koordinaten: 32 U	X: 504029 Y: 5374516	X: 503960 Y: 5374296	X: 503901 Y: 5374108	X: 504117 Y: 5374030	X: 508510 Y: 5373982
Schnittpunkt zwischen Standorten	3 & 6	3 & 7	3 & 8	4 & 5	4 & 6
UTM-Koordinaten: 32 U	X: 504130 Y: 5374030	X: 503985 Y: 5374032	X: 503933 Y: 5374032	X: 504054 Y: 5374125	X: 504136 Y: 5374003
Schnittpunkt zwischen Standorten	4 & 7	4 & 8	5 & 6	5 & 7	5 & 8
UTM-Koordinaten: 32 U	X: 503964 Y: 5374259	X: 503626 Y: 5374761	X: 504111 Y: 5374123	X: 503976 Y: 5374127	X: 503892 Y: 5374130
Schnittpunkt zwischen Standorten	6 & 7	6 & 8	7 & 8		
UTM-Koordinaten: 32 U	X: 503866 Y: 5375297	X: 504323 Y: 5373107	X: 504000 Y: 5373873		