

Eberhard Karls Universität Tübingen

Wissenschaftliche Arbeit im Fach Biologie

# **Bildliche Vorstellungen von nahen und entfernten Orten**

Eine Studie zum räumlichen Arbeitsgedächtnis

Prüfer:

Prof. Dr. H. A. Mallot

Vorgelegt von:

**Verena Rath**

Beim Herbstenhof 36

72076 Tübingen

Matrikelnummer 3769746

Lehramt Biologie und Deutsch

Vorgelegt am:

13. Oktober 2018

## Inhalt

|     |   |    |
|-----|---|----|
| 1.  | Einleitung.....   | 2  |
| 1.1 | Das Gedächtnis.....                                     | 2  |
| 1.2 | Repräsentationen von Raum im Gedächtnis.....            | 3  |
| 1.3 | Kognitive Leistungen des räumlichen Gedächtnisses ..... | 4  |
| 1.4 | Ausrichtung von Umweltrepräsentationen.....             | 7  |
| 1.5 | Ziel der hier vorliegenden Studie .....                 | 14 |
| 2.  | Versuchsordnung und Durchführung.....                   | 16 |
| 2.1 | Vorgehen .....  | 16 |
| 2.2 | Befragungsorte .....                                    | 18 |
| 2.3 | Auswertung .....  | 21 |
| 3.  | Ergebnisse.....   | 24 |
| 3.1 | Rohdaten .....  | 24 |
| 3.2 | Bereinigung der Daten.....                              | 31 |
| 3.3 | Berechnung von Vektoren und zirkuläre Statistik.....    | 32 |
| 4.  | Diskussion der Ergebnisse .....                         | 35 |
| 5.  | Zusammenfassung.....                                    | 43 |
| 6.  | Anhang.....   | 44 |
| 7.  | Quellenverzeichnis .....                                | 45 |
| 7.1 | Literaturverzeichnis.....                               | 45 |
| 7.2 | Abbildungsverzeichnis.....                              | 49 |
| 8.  | Selbstständigkeitserklärung .....                       | 50 |

## 1. Einleitung

Obwohl wir unser räumliches Gedächtnis meistens nicht bewusst nutzen, spielt es in unserem Alltag eine enorme Rolle: es ermöglicht uns, das Badezimmer in unserer Wohnung zu finden, zu wissen, welchen Schrank im Bad wir öffnen müssen, um das Duschgel zu greifen, sowie während des Duschens das Restaurant für unsere spätere Verabredung vor unserem inneren Auge zu sehen, unseren Weg dahin zu planen und diesen Weg später auch befahren zu können. Wie ein räumliches Gedächtnis aufgebaut ist, welche kognitiven Leistungen es erbringen kann und speziell wie es die Umwelt repräsentiert, soll im Folgenden näher beleuchtet werden.

### 1.1 Das Gedächtnis

Das menschliche Gedächtnis lässt sich in verschiedene Formen einteilen: Der sensorische Speicher beinhaltet die Informationen aus den Reizen der Sinnesorgane und kann diese maximal ein paar Sekunden speichern.

Im sogenannten Kurzzeitgedächtnis werden die zuvor gefilterten Informationen aus dem sensorischen Speicher über eine kurze Zeitspanne gespeichert und anschließend wieder vergessen oder ins Langzeitgedächtnis überführt.

Das Kurzzeitgedächtnis beinhaltet das Arbeitsgedächtnis, in welchem Informationen für die momentane kognitive Aufgabe gehalten und manipuliert werden können. Es fungiert sozusagen als Verbindungsstelle zwischen der aktuellen Situation und bereits Gelerntem, welches aus dem Langzeitgedächtnis abgerufen und für die momentane kognitive Aufgabe genutzt werden kann [1].

Im Hippocampus sind letztlich die durch Veränderung der neuronalen Verschaltung längerfristig gespeicherten Gedächtnisinhalte im Langzeitgedächtnis abgelegt. Im Gegensatz zum Kurzzeitgedächtnis sind Inhalte hier deutlich weniger störanfällig und können auch Schädeltraumata und oft sogar Hirnschädigungen fast ohne Verlust überstehen [2].

## 1.2 Repräsentationen von Raum im Gedächtnis

Raum wird von Montello [35] in sogenannte *psychological spaces* eingeteilt: *Figurale Räume* sind kleiner als wir selbst und schließen Objekte und Bilder ein. *Vista spaces* sind größer als wir selbst und umfassen all das, was wir von einem Blickpunkt aus sehen können, wie beispielsweise Räume und Plätze. *Enviromental spaces* erfassen die Umgebung, welche ein Mensch theoretisch zu Fuß erkunden kann, während *Geographical Spaces* über das Erkundungsvermögen eines einzelnen Individuums hinausgehen. Grüsser [34] hingegen unterscheidet nur zwischen einem „Greifraum“, einem nahen und einem entfernten Aktionsbereich sowie einem visuellen Hintergrund.

Räumliche Gedächtnisinhalte im Langzeitgedächtnis ermöglichen es uns beispielsweise, bekannte Plätze zu erkennen oder Routen in vertrauter Umgebung zu planen; im Arbeitsgedächtnis können wir hingegen räumliche Anordnungen imaginieren, sie mental transformieren und uns darin bewegen [2] [5]. Inhalte können sowohl vom Arbeitsgedächtnis in das Langzeitgedächtnis übertragen werden als auch umgekehrt. [6] Daraus folgernd können räumliche Inhalte im Arbeitsgedächtnis entweder direkt durch Wahrnehmung entstehen oder aus dem Langzeitgedächtnis abgerufen werden. [7]

Bei der Überlegung, wie Raum im Gedächtnis repräsentiert wird, ist zunächst die Referenz der Repräsentation ein Differenzierungsmerkmal. Es werden zwei verschiedene Modelle, *egozentrisch* und *allozentrisch*, angenommen. Nach der Definition von Klatzky und Burgess [8] [9] [15] wird bei der egozentrischen Repräsentation die Umwelt abhängig vom Standort des Betrachters repräsentiert, d.h. die Objekte darin werden im Verhältnis zum Körper abgebildet und ihre Repräsentation bewegt sich dementsprechend mit und wird aktualisiert, wenn der Beobachter sich bewegt. Im Gegensatz dazu sind allozentrische Repräsentation nicht an den Betrachter und seinen Standort gekoppelt, sondern stellen Objekt-zu-Objekt-Relationen her, die sich bei Bewegung des Betrachters nicht ändern.

Wie räumliche Repräsentationen im Gehirn gespeichert werden, ist von mehreren Faktoren abhängig. Während Wang und Spelke [10] davon ausgingen, dass räumliche Erinnerungen immer egozentrisch seien und nur von einem allozentrischen „geometrischen Modul“ unterstützt werden, welches aber nur zur Reorientierung genutzt werde, deuten andere Studien auf ein Existieren beider Repräsentationsformen

hin, mit egozentrischen Repräsentationen im Arbeitsgedächtnis und allozentrischen im Langzeitgedächtnis [3]. Aktuellere Studien liefern sogar starke Hinweise auf eine parallele Nutzung beider Repräsentationsformen, die bei verschiedenen kognitiven Aufgaben zusammenwirken [9] [11]. Ein starkes Argument gegen die Ansicht von Wang und Spelke ist, dass das ständige Aktualisieren der Relationen zwischen dem Betrachter und den Objekten in seiner Umwelt mit steigender Objektanzahl und -distanz zunehmend fehleranfälliger und somit als Quelle für Orientierung und Navigation unzuverlässiger wird [11] [9] [12].

Um allozentrisch gespeicherte Repräsentationen der Umwelt im Arbeitsgedächtnis zu manipulieren und zu nutzen, müssen sie in egozentrische Repräsentationen umgewandelt werden, die dann umweltlich-definierte Richtungen wie „Nord“ oder „Süd“ in körperbasierte Objektpositionen wie „rechts“ oder „links“ übersetzen [9]. Hierbei können auch Informationen aus dem Langzeitgedächtnis in das Arbeitsgedächtnis transferiert werden, die dann eine dortige egozentrische Repräsentation anreichern. [7] [6]

### 1.3 Kognitive Leistungen des räumlichen Gedächtnisses

Wie bereits erwähnt, ist das räumliche Gedächtnis der Bereich des Gehirns, der uns Ortserkennung, Navigation und Routenplanung in unserer Umwelt ermöglicht. Navigation definiert Mallot [13] als das Finden von Wegen zu aktuell nicht sichtbaren Zielen.

Biologische Navigation benötigt keine expliziten Koordinaten für die Eigen- oder Ziellokation, sondern orientiert sich anhand lokaler Positionsinformationen, d.h. sensorischen Informationen, die an einem bestimmten Punkt wahrgenommen werden können.

Für das Navigieren können mehrere Mechanismen genutzt (bzw. in höheren Lebewesen kombiniert werden), die ich im Folgenden kurz erläutern möchte.

Die grundlegendste Leistung des räumlichen Gedächtnisses ist das Wiedererkennen von bereits besuchten Orten, bei Tieren beispielweise Futterquellen. Hierfür speichert das Individuum eine Repräsentation von lokalen Positionsinformationen, die den Ort

charakterisieren und es so ermöglichen, ihn wiederzuerkennen, wenn man ihn erreicht. Solche Charakteristika bezeichnet man als *Landmarken*. Sie sind gut wahrnehmbare, oft hervorstechende, und verlässliche Umwelteigenschaften mit hohem Wiedererkennungswert, z.B. Gebäude, Bäume, aber auch umwelt-intrinsische Achsen und Tiefeninformationen. Obwohl Landmarken nicht beschränkt sind auf visuelle Charakteristika, sind lokale Ansichten oder Schnappschüsse doch oft der wichtigste Typ solcher lokalen Positionsinfos.

Um nach einer Exkursion den Weg zurück zu finden, wird (auf der elementaren Ebene der kognitiven Leistungen) eine Zielführung durch weit sichtbare und mit dem Startpunkt assoziierte Landmarken oder *Wegintegration* benötigt. Als Wegintegration bezeichnet man die Fähigkeit, den Weg zurück zu einem Ausgangspunkt anhand der Informationen über geleistete Bewegungen zu finden. Hierbei wird kontinuierlich die Eigenbewegung mit Hilfe des Vestibularsystems, der Propriozeption der Muskulatur und visuellen Informationsquellen bestimmt und über Verrechnung dieser Eigenbewegung im Arbeitsgedächtnis eine ständige Aktualisierung des Heimvektors, d.h. der Luftlinie zwischen der aktuellen Position und dem Startpunkt, erreicht. Wegintegration geschieht also in einem egozentrischen Referenzrahmen. Zu den egozentrischen kognitiven Leistungen des Gedächtnisses gehört außerdem das sogenannte *Spatial Updating*, das eine komplexere Form der Wegintegration darstellt und bei dem eine Fortschreibung von Objektpositionen relativ zum Betrachter geschieht. Updating von egozentrischen Repräsentationen führt allerdings bereits nach relativ kurzen Wegen zu einer steigenden Abweichung durch Anhäufung von Fehlern. Aus diesem Grund empfiehlt es sich im Langzeitgedächtnis Repräsentationen der Umwelt abzulegen, die auch das Nutzen von Routen ermöglichen.

Routen sind im Allgemeinen zusammengesetzt aus einzelnen Entscheidungspunkten, die vom Langzeitgedächtnis durch dort angesiedelte Landmarken erkannt werden müssen. Erlernen Routen zu folgen ist eine höher angesiedelte kognitive Leistung, da hier Zwischenziele existieren, die jeweils mit bestimmten motorischen Aktionen assoziiert sein müssen, sodass sie zum nächsten (Zwischen-)Ziel führen. Das Karten-Level von räumlicher Gedächtnisorganisation ist erreicht, wenn das Individuum in der

Lage ist, Teile von bekannten Routen zu rekombinieren und so eine neue Route zu bilden. Das erfordert, dass man Entscheidungspunkte durch Netzwerke oder Graphen ersetzt, die Verzweigungen enthalten. In diesem Fall kann ein Entscheidungspunkt nicht mehr mit einer einfachen motorischen Aktion assoziiert sein, da ein Punkt je nach Ziel mehrere Aktionen erlaubt. Es muss also eine Planungsstufe vorhanden sein, die auch metrisches Wissen, wie Distanzen und Winkel, in einer *kognitiven Karte* beinhaltet, um die Lage der einzelnen Routenelemente zueinander einschätzen zu können und zielabhängige Flexibilität bei Navigationsentscheidungen zu bieten. Eine kognitive Karte kann definiert werden als ein im Gedächtnis liegendes Netzwerk aus Orten, welches die Lage von Landmarken zueinander unabhängig vom aktuellen Standort des Individuums darstellt.

Räumliche kognitive Leistungen müssen aber nicht immer mit aktuellem oder darauffolgendem Handeln verbunden sein, so kann man Eigenbewegungen im Raum oder eine neue Betrachterposition in derselben oder einer entfernten Umwelt mit der dazugehörigen Umweltansicht auch nur imaginieren (*Perspektivwechsel* bzw. *Mental travelling*) oder mental Objekte oder Objektanordnungen bewegen und sie sich aus einem neuen Blickwinkel vorstellen (*Mental Rotation*). [13] [14] [5] [15] [16]

## 1.4 Ausrichtung von Umweltrepräsentationen

Viele Studien beschäftigten sich mit dem Thema, in welcher Ausrichtung allozentrische (nach der Definition von Klatzky [8]) Umweltrepräsentationen im Gedächtnis abgespeichert sind. Es wurde diskutiert, ob alle Repräsentationen eines Gebiets (zum Beispiel einer Stadt) in derselben Orientierung, einem sogenannten *global-Reference-Frame*, abgespeichert sind [17] [18] oder in verschiedenen ausgerichteten Referenzrahmen, sogenannten *local-Reference-Frames*, die jeweils nur kleinere Bereiche der Umgebung umfassen [19] [10]. Für die Frage, wodurch die Ausrichtung solcher global- oder local-Reference-Frames festgelegt wird, wurden mehrere Faktoren in Erwägung gezogen: der Einfluss von (meist Nord-orientierten) physischen Karten [12], intrinsische Achsen der Umwelt [8] [20], Landmarken-Positionen [9] [4], individuelle Erfahrungen einer Person und der Einfluss der Blickrichtung beim Wahrnehmen und Kodieren [21]. Empirische Studien deuten darauf hin, dass bei local-Reference-Frames intrinsische Umweltachsen eine zentrale Rolle spielen und bei Abwesenheit solcher Achsen die Blickrichtung des Betrachters das relevante Kriterium ist [22]. Unter der Annahme eines global-Reference-Frames deutete beispielsweise eine Studie von Frankenstein et al [12] auf eine kartenbasierte Nord-Ausrichtung hin. Andere Studien wiederum haben die Frage aufgeworfen, ob Umweltrepräsentationen überhaupt in einer präferierten Ausrichtung gespeichert sind oder im Langzeitgedächtnis keine Orientierung haben [6] oder als eine Kollektion von mehreren Ansichten aus verschiedenen Blickwinkeln vorliegen [5].

Eine weitere Frage ist, ob die Ausrichtung von abgerufenen Umweltrepräsentationen situations- und standortabhängig ist. Geht man von einer Langzeit-Speicherung ohne festgelegte Orientierung aus, so müsste diese bei Abruf der Repräsentation in das Arbeitsgedächtnis hinzukommen. Ebenso wäre es bei Speicherung einer Kollektion von Ansichten, wo dann entweder die am besten eingeprägte oder eine situationsabhängige Ansicht abgerufen werden würde [4] [23].

Um die situationsabhängige Komponente zu testen, wurde in einer Studie von Basten, Meilinger und Mallot [23] ein Vergleich zwischen abgerufener Ausrichtung ohne besondere Voraussetzung und der Ausrichtung bei vorherigem *Priming* (durch Aktivierung von *Mental Travelling*) gezogen.



Hierfür wurden in 2,5km Entfernung vom Zielort (Holzmarkt Tübingen) in einer ersten Versuchsanordnung mehrere mit der Stadt vertraute Passanten gebeten, eine Karte des Holzmarktes zu skizzieren. In einer zweiten Versuchsanordnung wurden Passanten zunächst gebeten, sich vorzustellen, wie sie von der Neckarbrücke über den Holzmarkt zum Marktplatz oder andersherum laufen, und dann aufgefordert eine Karte des Holzmarktes zu zeichnen.

Die resultierenden Ergebnisse zeigten große Unterschiede in der Wahl der Kartenausrichtung: während bei der ersten Versuchsanordnung ohne vorheriges Priming 80% die Süd-Ausrichtung, 10% die West-Ausrichtung und jeweils ca. 5% die Nord- und Ost-Ausrichtung wählten, richteten bei der Versuchsanordnung mit vorherigem *Priming* durch *Mental Travelling* Richtung Rathaus (westwärts) 49% der Versuchspersonen ihre Skizzen nach Westen aus, 24% nach Norden, 22% nach Süden und ähnlich wie bei Versuchsanordnung 1 5% nach Osten. Bei vorherigem *Priming* Richtung Neckarbrücke (ostwärts) hatten 45% der Skizzen eine Ost-Ausrichtung, 50% eine Süd-Ausrichtung, 2,5% eine Nord-Ausrichtung und ebenso 2,5% eine West-Ausrichtung.

Basten et al schlossen aus diesen Ergebnissen, dass bei der Versuchsanordnung ohne *Priming* hauptsächlich das geometrische Layout bzw. die intrinsische Achse des Zielortes (Ost-West-Richtung) und die deutlich hervorstechende Stiftskirche im Süden als Landmarke eine große Rolle bei der Wahl der abgerufenen Ausrichtung spielten, während bei vorherigem *Mental Travelling* die imaginierte Anmarschrichtung die abgerufene Ausrichtung stark beeinflusste. Die Wahl der Ausrichtung ist somit als situationsabhängig zu bewerten.

Ob das Anpassen der Ausrichtung allerdings bereits durch die Auswahl einer passenden Ansicht aus einer Kollektion im Langzeitgedächtnis geschieht oder erst bei Abruf im Arbeitsgedächtnis durch *Mental Rotation* entsteht, blieb unklar. Als möglichen Grund für den beobachteten *Priming*-Effekt nannten Basten et al den daraus resultierenden Vorteil, bei späterem Ablaufen der Route benötigte kognitive Prozesse zu erleichtern, da passende Umweltrepräsentationen bereits im Arbeitsgedächtnis zur Verfügung stünden.

Eine offene Frage der Studie von Basten et al ist allerdings, ob die Wahl der Ausrichtung bei Abruf auch standortabhängig ist. Aus den Ergebnissen der Studie kann dahingehend keine Folgerung gezogen werden, da der Befragungsort nord-westlich liegt, sodass bei einer standortabhängigen Skizzenausrichtung (ohne *Priming*) ebenso die Süd-Ausrichtung präferiert wäre, die allerdings auch aufgrund der gegebenen intrinsischen Achse und der Landmarken-Lage am häufigsten gewählt worden sein könnte. Welcher Effekt bzw. ob eine Kombination der Effekte also nun letztlich dafür verantwortlich war, konnte nicht differenziert werden.

Eine ebenfalls 2012 erschienene Studie von Frankenstein, Mohler, Bühlhoff und Meilinger [6] liefert zumindest einen ersten Hinweis darauf, ob standort-bedingte Effekte bei der Umweltrepräsentation im Arbeitsgedächtnis eine Rolle spielen. Das Hauptziel der Studie von Frankenstein et al lag darin, festzustellen, ob räumliche Repräsentationen von Tübingen in *local-Reference-Frames* oder in einem *global-Reference-Frame* gespeichert sind und, falls letzteres zutrifft, die eventuelle Ausrichtung dieses *global-Reference-Frames* zu bestimmen. Hierfür wurden die Versuchsteilnehmer unter anderem aufgefordert, eine Karte der Tübinger Innenstadt zu zeichnen. Würde es einen (in diesem Fall allerdings auf der höheren Gebietsebene des *configurational knowledge* liegenden) Standort-Effekt geben, müssten die Karten eine Süd-Ausrichtung zeigen, da sich die Versuchsteilnehmer während des Versuchs im Norden von Tübingen befanden. Die Ergebnisse bei der Ausrichtungsverteilung der skizzierten Karten deuten zumindest darauf hin: 17 Versuchspersonen wählten die Süd-Ausrichtung, 5 die Nord-Ausrichtung und 4 die West-Ausrichtung, was auf einen Standort-Effekt hindeutet. Auch die Tatsache, dass die Studie eigentlich einen anhand der Leistung der Versuchsteilnehmer ermittelten *global-Reference-Frame* mit Nordausrichtung ergab, von dem die Teilnehmer somit in ihren Skizzen abwichen, könnte ein Hinweis auf einen Standort-Effekt sein.

Allerdings muss bedacht werden, dass nicht auszuschließen ist, dass die Versuchspersonen durch andere Faktoren, wie eine intrinsische Achse der Innenstadt oder persönliche Prägungen wie Wohnort, Anfahrt zur Innenstadt etc., beeinflusst waren. Außerdem ist zu bedenken, dass die Südpräferenz aufgrund der geringen

Teilnehmerzahl oder durch die Verwendung einer virtuellen Abbildung der Orte eventuell einfach nicht signifikant sein könnte.

Um der Frage nach Standort-Effekten auf abgerufene Umweltrepräsentationen auf den Grund zu gehen, führten Röhrich, Hardiess und Mallot 2014 [4] eine Studie durch, die genau dieses Thema adressierte.

Röhrich et al gingen von der von Mallot und Schölkopf [24] entwickelten Theorie aus, die die zugrundeliegende Gedächtnis-Struktur für die Repräsentation unserer Umgebung als hierarchisch aufgebauten Graphen mit zwei Knotentypen für Orte und Regionen sowie Verbindungen dazwischen darstellt. Knoten werden hier als Behältnisse verstanden, die verschiedene Arten von Informationen, sogenannte *Labels*, beinhalten.

Der einfachste Graph ist ein *Place-Graph*, bei dem jeder Knoten einen Ort repräsentiert und die Verbindungen die Routen dazwischen darstellen (siehe *Abbildung 1*). Ein komplexerer *View-Graph* basiert auf der Speicherung von sogenannten *Views*, die jeweils einer Pose des Betrachters entsprechen, d.h. der

Kombination aus seinem Standort und seiner Blickrichtung an einem bestimmten Ort (siehe *Abbildung 2*).

In den Labels der Knoten eines View-Graphen sind verfügbare Views des entsprechenden Ortes beherbergt, die egozentrisch wahrgenommen und gespeichert wurden, aber nun als allozentrische Referenzen der Umwelt im Langzeitgedächtnis abgelegt sind. Gespeicherte Views können hierbei überlappen und hervorstechende Blickrichtungen (kanonische Views) können häufiger vorliegen. Alle Views eines Ortes

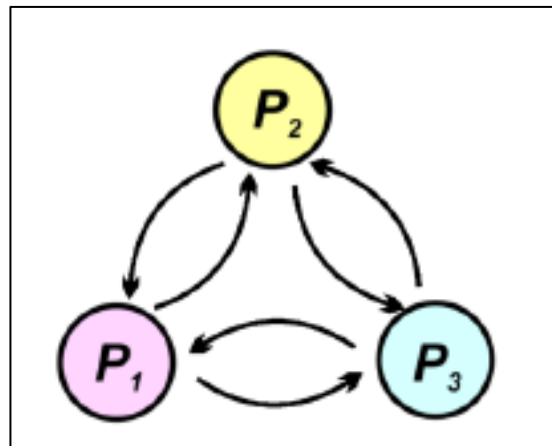


Abbildung 1: Einfacher Place-Graph nach Mallot

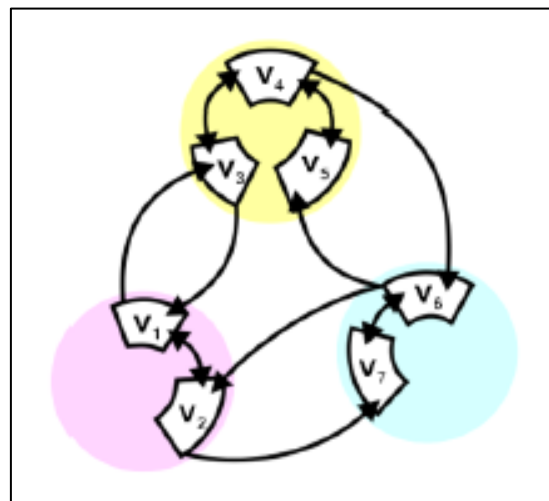


Abbildung 2: View-Graph nach Mallot

formen gemeinsam mit ihren Verbindungen einen View-Graphen in Ringform, der an den Verbindungen Labels mit egozentrischen Richtungsanweisungen trägt. Eine View aus dem View-Graphen eines Standortes kann über eine solche Verbindung mit Label zu einem anderen View-Graphen führen und endet dort wiederum an einer View, die der Ansicht entspricht, die man beim Betreten des Ortes aus dieser Richtung hätte.

Die Übersetzung einer View-basierten allozentrischen Repräsentation in eine egozentrische Repräsentation geschieht, indem eine der gespeicherten Views, die der aktuellen Blickrichtung entspricht, herausgepickt wird und in das Arbeitsgedächtnis geladen wird.

Wenn man sich bewegt, ändert sich die aktuelle Ansicht und dadurch auch ihre Repräsentation im Arbeitsgedächtnis und die angrenzenden View-Graphen. Das kann entweder durch das Abrufen der nun aktuellen View und ihrer Nachbarschaft aus dem Langzeitgedächtnis geschehen (*Preactivation*), oder in kleineren Umwelten durch automatisches *spatial Updating* [16] im Arbeitsgedächtnis.

Geht man also von diesem Modell aus, dann befinden sich im Arbeitsgedächtnis jeweils nur die aktuelle View und angrenzende Views, die sich dem Betrachter nach wenigen Schritten vom aktuellen Standort aus darbieten würden. Für die Frage nach Standort-Effekten bedeutet dies Folgendes: In räumlicher Nähe zum Befragungsort sollte bei der Aufgabe, einen Zielort zu skizzieren, also eine View aus dem Arbeitsgedächtnis abgerufen werden können, die der Ansicht entspricht, die sich dem Befragten beim Navigieren vom Befragungs- zum Zielort dort als erstes bieten würde.

Wenn der Befragungsort allerdings weiter vom Zielort entfernt liegt, befindet sich aktuell keine View des Zielortes im Arbeitsgedächtnis, sodass eine der im Langzeitgedächtnis gespeicherten Views abgerufen werden muss. Hierbei wird wahrscheinlich eine kanonische View gewählt, da diese im Gedächtnis prominenter vertreten sein müsste. [4] [5]

Röhrich et al. baten in einem ersten Experiment an 10 nahen und 4 weiter vom Zielort Holzmarkt entfernten Orten (*siehe Abbildung 3*) jeweils ca. 20 Einwohner Tübingens darum, den Holzmarkt auf einem DIN-A4-Papier zu skizzieren.

Die nahen Befragungsorte waren außer Sicht des Holzmarktes in ca. 150m Entfernung und rund darum angeordnet, die entfernten Befragungsorte lagen jeweils ca. 2km entfernt im Norden, Süden, Osten und Westen.

Die Ergebnisse deuteten stark auf einen Standort-Effekt auf die Skizzenausrichtung hin: Die jeweilige Ausrichtungsverteilung unterschied sich an allen nahen Orten deutlich voneinander. Obwohl an 9 von 10 Befragungsorten die Süd-Ausrichtung deutlich bis sehr stark dominierte, konnte an 8 Orten ein Anstieg der Ausrichtungen in Luftlinie Holzmarkt beobachtet werden.

Im Gegensatz dazu zeigten die Ausrichtungsverteilungen an den entfernten Orten keine bedeutenden Unterschiede zueinander, sodass ein signifikanter Standort-Effekt in dieser Entfernung ausgeschlossen werden konnte. Das Verhältnis der Ausrichtungen lag hier im Schnitt bei ca. 80% Süden, 15% Westen, 5% Norden und 0% Osten.

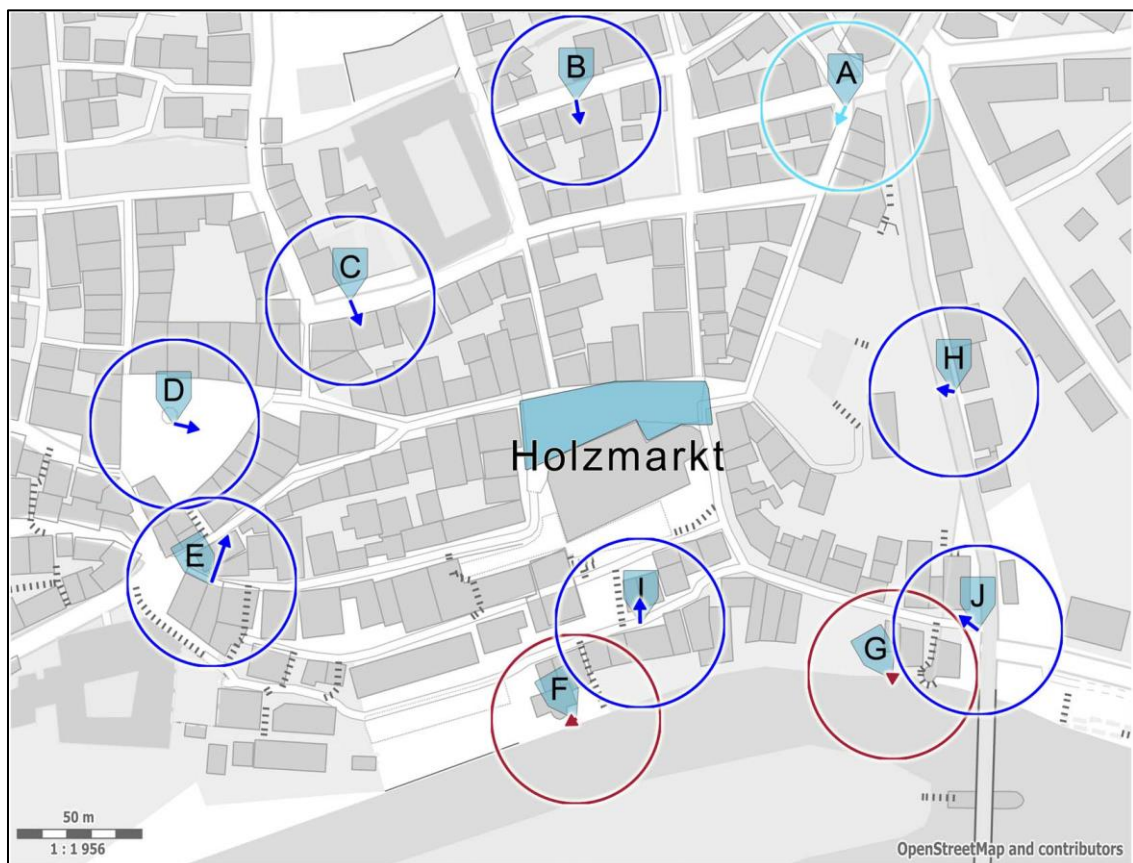


Abbildung 3: nahe Befragungsorte für den Holzmarkt aus der Studie von Röhrich et al [4]

Die Studie zeigte hiermit, dass zum einen die abgerufene Repräsentation in Nähe des Zielortes tatsächlich vom Befragungsort abhängig ist und dass bei entfernten Befragungsorten ein solcher Effekt nicht auftritt, sondern für gewöhnlich ein Abruf der kanonischen View aus dem Langzeitgedächtnis geschieht, die für den Holzmarkt einer Süd-Ausrichtung entspricht.

Als Ursache hierfür ist sowohl denkbar, dass im Nahbereich zum Zielort die passende View durch automatisches *Spatial Updating* [16] bereits vorliegt, als auch dass sie durch *Mental Travelling* im Experiment erst zustande kommt. Allerdings wird letzteres von Röhrich et al im Sinne des View-Graph-Modells für wahrscheinlicher gehalten. Dafür spricht auch, dass bei *Mental Travelling* statt einem direkten, der Luftlinie entsprechendem Vektor von der Versuchsperson zum Zielort, eine Anmarschrichtung imaginiert wird, die je nach Zugangsmöglichkeiten zum Zielort auch nicht der Luftlinie entspricht. Dadurch könnten nämlich die beiden nicht zum Gesamtbild passenden Befragungsorte erklärt werden, da von dort aus jeweils zwei in etwa gleich lange Routen zum Holzmarkt mit jeweils gegenüberliegenden Zugängen (und somit auch gegenüberliegenden Views) auf den Holzmarkt existieren, sodass keine der beiden entsprechenden Ausrichtungen signifikant vertreten ist.

In einem zweiten Experiment der Studie wurde die Versuchsanordnung nochmals mit dem Marktplatz als Zielort und entsprechenden Befragungsorten durchgeführt, wobei sich auch ein deutlicher Standort-Effekt und ein Einfluss von zwei kanonischen Views gezeigt haben.

In einer weiteren Studie von Meilinger, Frankenstein, Simon, Bühlhoff und Bresciani [25] wurde der Frage nach der Ursache genauer nachgegangen. Anstatt einen bestimmten Ort zu skizzieren, sollten Passanten hier an jeweils einem nördlich, östlich, südlich und westlich der Stadtmitte gelegenem Standortort sowie einem Befragungsort innerhalb der Stadtmitte auf einem Papier zehn kleine Schildchen mit dem Namen bekannter Zielorte im Stadtzentrum in einer korrekten Lage zueinander anordnen. Ihre Körperorientierung durften die Versuchspersonen dabei nicht verändern.

Da hier aufgrund der Mehrzahl von Zielen ein *konfigurationales* Umweltwissen abgefragt wurde und daher kein *Mental Travelling*-Effekt innerhalb eines View-

Graphens vorkommen konnte, wurde durch eine solche Experimentkondition nur der Einfluss von *Mental Rotation* auf die Repräsentation erforscht. Meilinger et al stellten sich nun die Frage, welcher Faktor den größten Einfluss auf die Ausrichtung der Schildchen-Anordnung hatte: also entweder die Lage des Zielorts in Relation zum Befragungsort, die Körperausrichtung der Passanten während der Befragung, die Lage des Zuhauses der Versuchspersonen relativ zur Zielumgebung oder eine prinzipielle Nord-Ausrichtung, wie sie in der Studie von Frankenstein, Mohler, Bühlhoff und Meilinger [12] gefunden wurde.

Die Ergebnisse deuteten darauf hin, dass für die Ausrichtung der getesteten Umweltrepräsentation hauptsächlich Standort- und Körperausrichtungs-Aspekte verantwortlich waren und bei einem orthogonalen Verhältnis dieser Aspekte die Körperausrichtung eine größere Rolle spielte, während bei einem gegenüberliegenden Verhältnis dieser Aspekte der Standort-Aspekt über den Aspekt der Körperausrichtung dominierte. Die Ergebnisse der Studie zeigen außerdem, dass Standort-Effekte in so einem Fall durch *Mental Rotation* statt *Mental Travelling* bzw. *Preactivation* zustande kommen.

### 1.5 Ziel der hier vorliegenden Studie

Trotz der Studien von Röhrich et al [4] und Frankenstein et al [12] ist es weiterhin unklar, welche Reichweite der Standort-Effekt beim Abruf einzelner Zielorte besitzt. In der Studie von Röhrich et al wurde nur das Vorhandensein eines Standort-Effekts in der nahen Umgebung und der Wegfall dieses Effekts bei Befragungsorten in ca. 2km Entfernung gezeigt. Somit kann keine genauere Aussage über die Reichweite des Effekts getroffen werden, als dass dieser irgendwo vor oder bei einer Entfernung von 2km scheinbar nicht mehr zu finden ist.

Zur Klärung dieser Frage nach der Reichweite möchte ich nun mit der vorliegenden Studie beitragen. Hierfür wurden mehrere Orte in einem Bereich von 70-600m um den Holzmarkt als Befragungsorte gewählt. Damit unterschieden werden kann, ob die Ergebnisse aus der von Frankenstein et al entdeckten prinzipiellen Nordausrichtung bei konfiguralen Anordnungen bzw. einer kanonischen Südausrichtung des Holzmarktes herrühren oder standort-bedingt sind, wurden für die Erforschung der

Reichweite nur unterschiedlich weit entfernte Befragungsorte westlich und östlich des Holzmarktes gewählt.

Da das Experiment mit einer neuartigen Methode, einem Magnetboard, auf dem die Teilnehmer den Holzmarkt mit vorgegebenen Elementen anordnen sollen, durchgeführt wurde, musste zunächst geprüft werden, ob diese Methode, ebenso wie gezeichnete Skizzen, für den Test der Ausrichtungen überhaupt signifikante Ergebnisse liefern kann. Das wurde überprüft, indem zusätzlich zu den Befragungsorten in Ost- und Westrichtung zwei Punkte aus der Studie von Röhrich et al [4] nochmals als Befragungsorte gewählt wurden und kontrolliert wurde, ob die dort erhaltenen Ergebnisse mit den Ergebnissen von Röhrich et al im Einklang stehen.

Die Kernfragen und Forschungsziele meiner Studie lassen sich also wie folgt zusammenfassen:

1. Ist das Anordnen vorgegebener Elemente auf einem Magnetboard eine geeignete Methode zum Überprüfen der Ausrichtung der abgerufenen Ortsrepräsentation? Wenn dies zutrifft:
2. Bis zu welcher Entfernung vom Zielort ist ein Standort-Effekt bei der Wahl der Ausrichtung zu beobachten?
3. Gibt es eine graduelle Abnahme dieses Standort-Effekts mit steigender Entfernung zum Zielort?
4. Unterscheiden sich die Ost- und Westrichtung hinsichtlich der Reichweite des Effekts, d.h. gibt es Hinweise auf andere Faktoren neben der metrischen Distanz, die für die Wahl der abgerufenen Ortsrepräsentation bedeutend zu sein scheinen?



## 2. Versuchsanordnung und Durchführung

Für die vorliegende Studie wurden an verschiedenen Orten der Tübinger Innenstadt Passanten gebeten, auf einem Magnetboard mit verschiedenen magnetischen Bauklötzen den Tübinger Holzmarkt anzuordnen.

Um die Teilnahme verlockender zu gestalten, erhielten die Versuchspersonen nach Absolvierung des Versuchs kleine Tüten mit Gummibärchen oder ähnliche Süßigkeiten.

Die einzige Teilnahmevoraussetzung war, dass die Versuchsperson bereits 2 Jahre oder länger in Tübingen lebt. Wurden zwei oder mehr Passanten zusammen angesprochen und erklärten sich bereit, am Experiment teilzunehmen, so wurde darauf geachtet, dass sich die noch folgenden Teilnehmer während der Teilnahme der aktuellen Versuchsperson umdrehten und etwas abseits standen, sodass keine Beeinflussung stattfinden konnte.

### 2.1 Vorgehen

Insgesamt wurde der Versuch an 8 Orten in der Tübinger Altstadt sowie im näheren Umkreis der Innenstadt mit jeweils 20 Versuchspersonen pro Ort zu Tageslichtzeiten durchgeführt. Die Gesamtteilnehmerzahl betrug demnach 160 Personen.

Von den acht Befragungsorten lagen drei Stück im Westen des Holzmarktes, drei Stück im Osten sowie je ein Befragungsort im Süden und Norden. Die Befragungsorte im Westen und Osten lagen jeweils grob auf einer Linie und ihre Distanz zum Zentrum des Holzmarkts betrug ca. 70m, 200m und 600m. Der Befragungsort im Süden war etwa 70m entfernt und der Befragungsort im Norden ca. 140m entfernt. Es wurde darauf geachtet, dass der Holzmarkt bzw. der Turm der Stiftskirche an den Befragungsorten nicht sichtbar waren.

Die Versuchspersonen wurden so angesprochen, dass sie an 6 von 8 Befragungsorten während des Versuchs eine Körper- und Kopfausrichtung zum Holzmarkt hin zeigten, d.h. bei Befragungsorten westlich vom Holzmarkt nach Osten und östlich vom Holzmarkt nach Westen ausgerichtet waren. Die Himmelsrichtungen wurden an jedem Befragungsort vor Beginn des Versuchs mit einem Kompass festgestellt.

Die beiden Befragungsorte im Süden und Norden des Holmarktes dienten als Referenzpunkte, an denen bereits in der Studie von Röhrich, Hardiess und Mallot [4] Befragungen durchgeführt wurden, um zu prüfen, ob bei einer Versuchsdurchführung mit dem beschriebenen Magnetboard vergleichbare Ergebnisse erzielt werden wie bei der Studie von Röhrich et al mit Anfertigung einer skizzierten Karte durch die Versuchspersonen. An diesen Befragungsorten wurden die Versuchspersonen so angesprochen, dass pro Ort bei der einen Hälfte der Versuchspersonen die Körperausrichtung nach Westen ging und bei der anderen Hälfte nach Osten.

## 2.2 Befragungsorte

Im Folgenden sowie auf der Karte von *Abbildung 13* sind die Befragungsorte genauer aufgeführt:

Referenzpunkte, entsprechend Befragungsorten B und I aus der Studie von Röhrich, Hardiess und Mallot [4]:

Befragungsort 1: auf Höhe Metzgergasse 4 (vor Kichererbse)  
Distanz zum Holzmarkt ca. 140m  
ungefähre Koordinaten: 48°31'17.3 N 9°03'21.3 E

Befragungsort 2: auf Höhe Bursagasse 12-18 (gegenüber Zimmertheater)  
Distanz zum Holzmarkt ca. 70m  
ungefähre Koordinaten: 48°31'10.8 N 9°03'22.6 E

### Befragungsorte in Ost-West-Richtung:

Befragungsort 3: auf Höhe Kreuzung Kirchgasse 2-4 /Kronenstraße  
Distanz zum Holzmarkt ca. 70m  
ungefähre Koordinaten: 48°31'13.1 N 9°03'17.5 E

Befragungsort 4: auf Höhe Kreuzung Neckarhalde 2/Klosterberg (Faules Eck)  
Distanz zum Holzmarkt ca. 170m  
ungefähre Koordinaten: 48°31'11.1 N 9°03'12.3 E

Befragungsort 5: auf Höhe Kreuzung Fahrradunnel/Neckarhalde  
Distanz zum Holzmarkt ca. 620m  
ungefähre Koordinaten: 48°31'04.3 N 9°03'53.1 E

### Befragungsorte in West-Ost-Richtung:

- Befragungsort 6: auf Höhe Pflughofstr. 3 (vor Friseursalon)  
Distanz zum Holzmarkt ca. 90m  
ungefähre Koordinaten: 48°31'14.2 N 9°03'24.8 E
- Befragungsort 7: auf Höhe Österbergstr. 2-4 (Ende Germanenstaffel)  
Distanz zum Holzmarkt ca. 200m  
ungefähre Koordinaten: 48°31'13.2 N 9°03'31.9 E
- Befragungsort 8: Kreuzung Stauffenbergstr. 18/Hauffstr.  
Distanz zum Holzmarkt ca. 590m  
ungefähre Koordinaten: 48°31'16.8 N 9°03'49.5 E

Das Magnetboard, auf dem die Versuchspersonen den Holzmarkt mit magnetischen Bauklötzen nachstellen sollten, war rechteckig und hatte die Maße 40x30 cm, wobei ein Teil der Magnetfläche mit Papier überklebt wurde, sodass sich eine quadratische Fläche zur Anordnung der Bauklötze ergab. Der Holzmarkt sollte aus folgenden fünf Klötzen angeordnet werden:

- Kirche mit der Beschriftung „Stiftskirche“
- Brunnen vor der Stiftskirche mit der Beschriftung „Brunnen“
- Ladenzeile Mühlstraße mit der Beschriftung „Vodafone, Lush, Reisebüro“;
- Ladenzeile Holzmarkt mit der Beschriftung „Osiander, Antiquariat, New Yorker“
- Ladenzeile Richtung Münzgasse mit der Beschriftung: „Bäcker, Confiserie, Café, Münzen“

Die Bauklötze waren zu Beginn des Versuchs rechts auf der Tafel (aus Sicht der Versuchsperson) am abgeklebten Rand zufällig angeordnet (*siehe Abbildung 4*).



Abbildung 4: Magnetboard zu Beginn der Befragung

Die Passanten wurden zunächst gefragt, ob und wie lange sie schon in Tübingen leben, um zu überprüfen, ob sie das Einschlusskriterium von zwei oder mehr Jahren Ansässigkeit erfüllen. War dies der Fall und erklärten sich die Passanten bereit teilzunehmen, wurden sie mit dem Satz „Bitte bauen Sie auf der weißen, quadratischen Fläche den Holzmarkt mit den vorliegenden Bausteinen nach“ instruiert. Bei Unsicherheit bezüglich der Bedeutung der Beschriftung wurden Hilfestellungen gegeben, z.B. dass mit „Café“ die „Tangente jour“ oder mit „Bäcker“ die „Hopfsterei“ gemeint ist. Etwaige Nachfragen bezüglich des Zwecks des Versuchs wurden erst nach der Durchführung beantwortet. Zusätzlich wurden die Versuchspersonen nach ihrem Geschlecht, ihrer Altersklasse, der genauen Dauer ihrer Ansässigkeit in Tübingen, ihrer Selbsteinschätzung in Bezug auf ihre Ortskenntnis der Altstadt und ihrer Schätzung über die Entfernung vom aktuellen Standort zum Holzmarkt gefragt.

Während der Durchführung wurde das Board den Versuchspersonen als ebene Fläche hingehalten. Die Körperorientierung durfte nicht verändert werden, aber Drehungen des Kopfes waren den Versuchspersonen erlaubt.

Den Versuchspersonen stand es frei, ihre Teilnahme jederzeit zu widerrufen und den Versuch ohne Angabe von Gründen abzubrechen.

## 2.3 Auswertung

Im Anschluss an die Versuchsdurchführung wurde jedem Versuchsteilnehmer eine Nummer zugeordnet, die zusammen mit der Blickrichtung der Versuchsperson (als Pfeil) und einem Standortkürzel auf die Tafel geschrieben wurde, und die Tafel abfotografiert (siehe als Beispiel Abbildung 5). Die Antworten der Versuchspersonen auf die gestellten Fragen wurden unter Angabe derselben Nummer separat notiert.

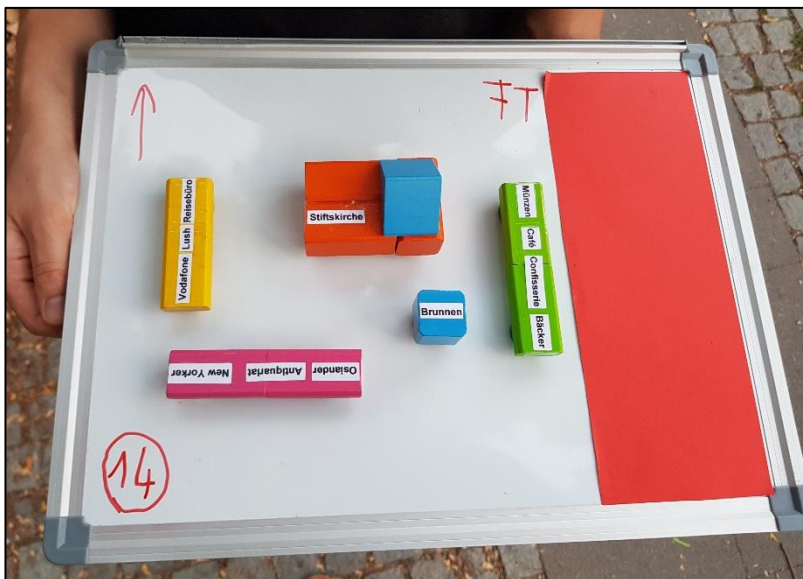


Abbildung 5: abfotografiertes Magnetboard nach Befragung

Die fotografierten Tafelbilder wurden anschließend für jeden der acht Punkte nach ihrer Ausrichtung (north-up, east-up, south-up, west-up) kategorisiert durch zwei voneinander unabhängige Bewertungen von verschiedenen Personen. War die Anordnung auf der Tafel schräg und somit keiner Himmelsrichtung eindeutig zuordenbar (siehe als Beispiel Abbildung 6), wurde jeweils ein halber Punkt an die Häufigkeitsstatistik der beiden diskutablen Richtungen vergeben.



Abbildung 6: Beispiel für eine schräge Anordnung

Insgesamt wurden die Tafelbilder von 154 der 160 Teilnehmer letztlich in die Auswertung aufgenommen. Bei kleineren Fehlern bei einer ansonsten planmäßigen Anordnung der Bauklötze, wie beispielsweise das umgedrehte Anordnen einer Ladenzeile oder das Vertauschen zweier Häuserzeilen, wurde die Anordnung trotzdem in die Auswertung aufgenommen, während Anordnungen, die nicht dem Grundriss des Holzmarktes entsprachen, aussortiert und nicht gewertet wurden.

Das Geschlechterverhältnis der ausgewerteten Tafelbilder war mit 53% männlichen und 47% weiblichen Teilnehmern annähernd ausgeglichen. 51% der Teilnehmer waren im Alter zwischen 20-30, 15% zwischen 30-40, 13% zwischen 50-60, 8% zwischen 60-70, jeweils 6% zwischen 40-50 und unter 20, sowie 1% zwischen 70-80.

Ihre durchschnittliche Ansässigkeit in Tübingen lag bei 13,23 Jahren und ihre Ortskenntnis der Altstadt schätzen sie im Schnitt auf sehr gut (49% der Teilnehmer) bis gut (36% der Teilnehmer). Je nach Befragungsort gingen die Schätzungen der Entfernung vom Holzmarkt stark auseinander (s. Tabelle 8 im Ergebnisteil).

Um die bereits in der Studie von *Röhrich et al* ermittelte deutliche Tendenz zur kanonischen Ansicht (south-up) für die Betrachtung der Ausrichtungsverteilung zu relativieren, wurden die dort auf Basis des Durchschnitts aller nahen Befragungsorte ermittelten Häufigkeiten als Standardverteilung angesehen und aus den absoluten Verteilungsergebnissen der vorliegenden Studie zur genaueren Analyse herausgerechnet. Die so korrigierten Werte konnten dann in Vektorform auf der Karte des Holzmarkts dargestellt werden.

Um die Signifikanz der Ergebnisse zu prüfen, wurde anschließend ein Chi<sup>2</sup>-Test zur Berechnung des p-Wertes durchgeführt.



### 3. Ergebnisse

#### 3.1 Rohdaten

Wie im nachfolgenden Balkendiagramm in *Abbildung 7* zu sehen ist, weichen die ermittelten Ausrichtungen der Holzmarkt-Anordnungen auf dem Magnetboard an den unterschiedlichen Befragungsorten deutlich voneinander ab.

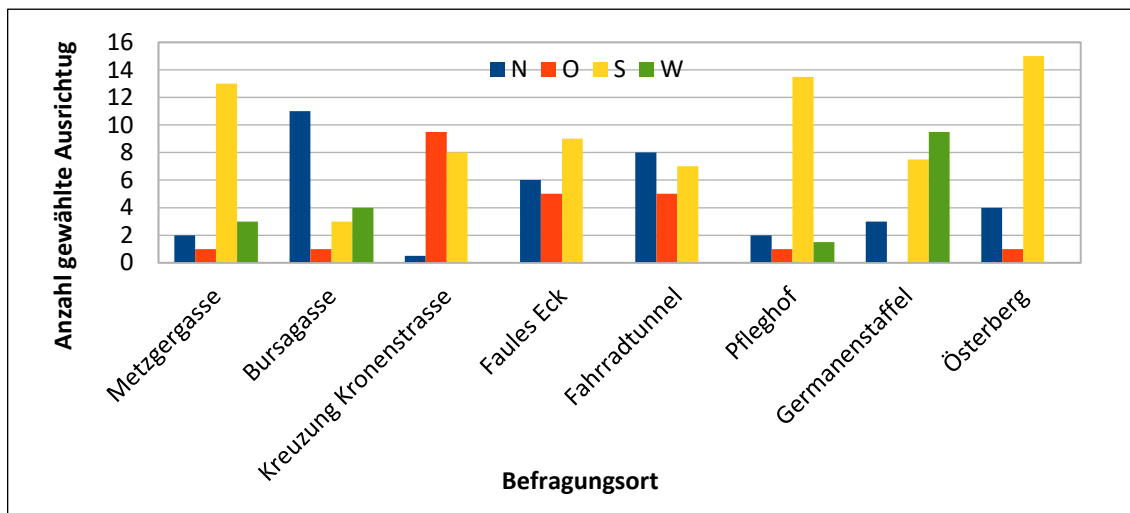


Abbildung 7: Absolute Verteilung der Ausrichtungen nach Befragungsorten

Die absolute Anzahl der Ausrichtungen am jeweiligen Ort kann aus *Abbildung 7* entnommen werden, der prozentuale Anteil jeder Ausrichtung ist in *Tabelle 1* vermerkt und in *Abbildung 8* graphisch dargestellt.

| Lage zum Holzmarkt | Befragungsort         | N     | O     | S     | W     |
|--------------------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|
| nördlich           | Metzgergasse          | 10,5% | 5,3%  | 68,4% | 15,8% |
| südlich            | Bursagasse            | 57,9% | 5,3%  | 15,8% | 21,1% |
| westlich           | Kreuzung Kronenstraße | 2,8%  | 52,8% | 44,4% | -     |
|                    | Faules Eck            | 30%   | 25%   | 45%   | -     |
|                    | Fahrradunnel          | 40%   | 25%   | 35%   | -     |
| östlich            | Pflegehof             | 11,8% | 5,9%  | 73,5% | 8,8%  |
|                    | Germanenstaffel       | 15%   | -     | 37,5% | 47,5% |
|                    | Österberg             | 20%   | 5%    | 75%   | -     |

Tabelle 1: Prozentuale Verteilung der Ausrichtungen nach Befragungsort

Die Ergebnisse zeigen, dass die Süd-Ausrichtung an vier Befragungsorten (*Metzgergasse*, *Faulles Eck*, *Pfleghof*, *Österberg*) deutlich dominierte und an drei weiteren Orten (*Kronenstraße*, *Fahrradtunnel*, *Germanenstaffel*) zumindest die zweithäufigste Ausrichtung der Tafelbilder darstellte. Nur die südlich vom Holzmarkt liegende und sehr nahe *Bursagasse* zeigte kaum Süd-Ausrichtungen der Tafelbilder.

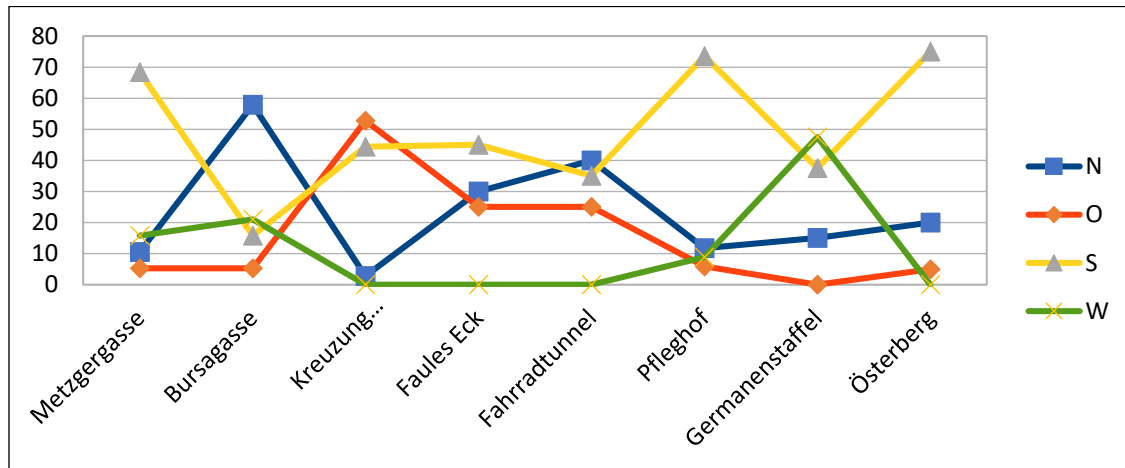


Abbildung 8: Prozentuale Verteilung der Ausrichtungen nach Standorten

Die nahen Befragungsorte in Süd- und Nord-Richtung zeigten jeweils eine starke Dominanz derjenigen Ausrichtung, die der tatsächlichen Lage des Holzmarktes von dort aus entspricht.

Die im Westen liegenden Befragungsorte zeigten teils voneinander abweichende und teils aber auch (trotz unterschiedlichen Distanzen) relativ einheitliche Ausrichtungsverteilungen. An der Kreuzung *Kronenstraße* wurde mit fast 53% eine Ost-Ausrichtung gewählt, die der tatsächlichen Lage des Holzmarkts im Raum entspricht. Am *Faulen Eck* und am *Fahrradtunnel* hingegen wählten diese Ausrichtung allerdings nur 25%. Die Südausrichtung wurde an allen drei Befragungsorten vergleichsweise ähnlich oft gewählt, mit 44% an der *Kronenstraße*, 45% am *Faulen Eck* und 35% am *Fahrradtunnel*. Eine absolute Übereinstimmung aller westlichen Befragungsorte konnte bei der West-Ausrichtung gefunden werden, da diese an jedem der drei Orte nicht vorhanden war und somit 0% darstellte. Eine große Abweichung zeigte sich bei der

Anzahl der Nord-Ausrichtungen: während sie an der *Kronenstraße* nur knapp 3% aller Anordnungen ausmachte, waren es am *Faulen Eck* 30% und dem *Fahrradtunnel* 40%.

An östlich liegenden Befragungsorten wurde die tatsächliche Lage des Holzmarktes im Raum, die einer West-Ausrichtung der Tafelbilder entspricht, je nach Ort mit stark unterschiedlicher Häufigkeit gewählt, mit ca. 9% am *Pfleghof*, 47% an der *Germanenstaffel* und 0% am *Österberg*. Weniger Differenz gab es bei der Anzahl der Nord-Ausrichtungen, die an allen 3 Befragungsorten zwischen 12% und 20% lagen und bei der Anzahl der Ost-Ausrichtungen, die 0% bis 5% ausmachten. Stärkere Abweichungen waren bei der Süd-Ausrichtung zu finden, die am *Pfleghof* und am *Österberg* jeweils ca. 75% aller Anordnungen zugrunde lag, aber nur ca. 37% an der *Germanenstaffel*.

An allen Befragungsorten im Westen und Osten entsprach die Körperausrichtung der Versuchspersonen auch der Richtung, in welcher der Holzmarkt von dort aus in Luftlinie liegt. An den Befragungsorten *Metzgergasse* und *Bursagasse* allerdings hatten die Versuchspersonen entweder eine Körperausrichtung nach Osten oder Westen.

Die Aufschlüsselung am Befragungsort *Metzgergasse* (siehe Tabelle 2) zeigte bis auf eine stärkere West-Tendenz bei einer Körperausrichtung nach Osten kaum Unterschiede. Am Befragungspunkt *Bursagasse* (siehe Tabelle 3) zeigte sich, dass die Nord-Ausrichtung häufiger von Versuchspersonen mit einer Körperausrichtung nach Westen gewählt wurde.

| Standort Metzgergasse         | Ausrichtungsverteilung der Tafelbilder |   |   |   |
|-------------------------------|--|---|---|---|
|                               | N                                      | O | S | W |
| Körperausrichtung nach Osten  | 1                                      | - | 6 | 3 |
| Körperausrichtung nach Westen | 1                                      | 1 | 7 | - |

Tabelle 2: gewählte Ausrichtungen in Relation zu Körperorientierung am Befragungsort Metzgergasse

| Standort Bursagasse           | Ausrichtungsverteilung der Tafelbilder |   |   |   |
|-------------------------------|--|---|---|---|
|                               | N                                      | O | S | W |
| Körperausrichtung nach Osten  | 3                                      | 2 | 2 | 3 |
| Körperausrichtung nach Westen | 8                                      | - | 1 | 1 |

Tabelle 3: gewählte Ausrichtungen in Relation zu Körperorientierung am Befragungsort Bursagasse

Wie bereits angesprochen, wurde das absolute Verhältnis der Zeichenrichtungen aller nahen Befragungsorte aus der Studie von Röhrich et al [4] als Standardverteilung genutzt, da hier Befragungen an 10 Orten rund um den Holzmarkt herum durchgeführt wurden. Prozentual gesehen wurden von Röhrich et al dabei 14% Nord-Ausrichtungen, 6,5% Ost-Ausrichtungen, 68% Süd-Ausrichtungen und 11,5% West-Ausrichtungen ermittelt (siehe Abbildung 9).

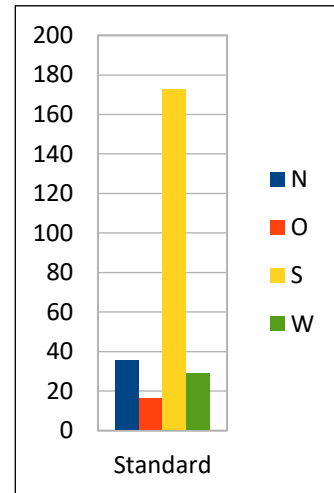


Abbildung 9: Ausrichtungsverteilung der nahen Befragungsorte aus der Studie von Röhrich et al [4], hier als Standardverteilung genutzt

Nimmt man dieses Verhältnis und wendet es auf die Stichprobengröße eines Befragungsorts an, so erhält man die erwartete Verteilung der Ausrichtungen an diesem Ort (siehe Tabelle 4). Dies wurde für alle Befragungsorte durchgeführt, um anhand des Chi<sup>2</sup>-Tests und der Berechnung der p-Werte die Signifikanz der ermittelten Ausrichtungsverteilungen an den einzelnen Orten festzustellen.

| Standort                 | Erwartete Anzahl der jeweiligen Ausrichtungen |       |       |       |
|--------------------------|---|-------|-------|-------|
|                          | N   | O     | S     | W     |
| Metzgergasse             | 2,66  | 1,235 | 12,92 | 2,185 |
| Bursagasse               | 2,66  | 1,235 | 12,92 | 2,185 |
| Kreuzung<br>Kronenstraße | 2,52  | 1,17  | 12,24 | 2,07  |
| Faules Eck               | 2,8   | 1,3   | 13,6  | 2,3   |
| Fahrradtunnel            | 2,8   | 1,3   | 13,6  | 2,3   |
| Pfleghof                 | 2,25  | 1,17  | 12,24 | 2,07  |
| Germanenstaffel          | 2,8   | 1,3   | 13,6  | 2,3   |
| Österberg oben           | 2,8   | 1,3   | 13,6  | 2,3   |

Tabelle 4: erwartete absolute Anzahl der jeweiligen Ausrichtungen je Standort

| Chi <sup>2</sup> -Tests: | N      | S       | O       | W         | Summe    |
|--------------------------|--------|---------|---------|-----------|----------|
|                          |        |         |         |           |          |
| Metzgergasse             | 0,163  | 0,0447  | 0,00049 | 0,3039931 | 0,51296  |
| Bursagasse               | 26,148 | 0,0447  | 7,61659 | 1,5076544 | 35,31768 |
| Kreuzung Kronenstrasse   | 1,6192 | 59,3067 | 1,46875 | 2,07      | 64,46471 |
| Faules Eck               | 3,6571 | 10,5307 | 1,55588 | 2,3       | 18,04379 |
| Fahrradtunnel            | 9,6571 | 10,5307 | 3,20294 | 2,3       | 25,69085 |
| Pfleghof                 | 0,1073 | 0,02470 | 0,12970 | 0,1569565 | 0,418664 |
| Germanenstaffel          | 0,0142 | 1,3     | 2,73602 | 22,539130 | 26,58944 |
| Österberg                | 0,5142 | 0,06923 | 0,14411 | 2,3       | 3,027634 |

Tabelle 5: Berechnung des Chi<sup>2</sup>-Werts je Befragungsort

Für den Chi<sup>2</sup>-Test wurde jeweils für Norden, Osten, Süden und Westen folgende Formel angewendet und die Ergebnisse addiert (siehe Tabelle 5):

$$\frac{(\text{ermittelter Wert} - \text{erwarteter Wert})^2}{\text{erwarteter Wert}}$$

Nimmt man als Signifikanzgrenze 5% (p=0,05) an, zeigt der Chi<sup>2</sup>-Test eine sehr hohe Daten-Signifikanz für alle Standorte außer *Österberg*, *Metzgergasse* und *Pfleghof*, wo die Daten dem p-Wert nach nicht mehr als signifikant zu werten sind (siehe Tabelle 6).

| Standort              | Distanz   | Chi-Wert | p-Wert    |
|-----------------------|-----------|----------|-----------|
|                       | Holzmarkt |          |           |
| Kreuzung Kronenstraße | 70m       | 64,464   | < 0,0001  |
| Bursagasse            | 70m       | 35,317   | <0,0001   |
| Fahrradtunnel         | 620m      | 25,69    | <0,0001   |
| Germanenstaffel       | 200m      | 26,58    | <0,0001   |
| Faules Eck            | 180m      | 18,04    | <0,0001   |
| Österberg oben        | 590m      | 3,02     | 0,25-0,5  |
| Metzgergasse          | 140m      | 0,51     | 0,9-0,95  |
| Pfleghof              | 90m       | 0,25     | 0,95-0,99 |

Tabelle 6: Ermittelte p-Werte der Befragungsorte, nach Größe sortiert

Vergleicht man jeweils den vom Holzmarkt aus nahegelegenen nahen West- bzw. den nahen Ost-Befragungsort ( $\approx 80\text{m}$ ) mit dem etwas weiter entfernten Ort ( $\approx 200\text{m}$ ) und dem weit entfernten Ort ( $\approx 600\text{m}$ ), zeigt sich, dass in West-Richtung am nahen Befragungsort 52,8% die Ost-Ausrichtung wählten, die der Lage des Holzmarkts im Raum entspricht, während es an den beiden anderen westlichen Orten jeweils 25% waren. In Ost-Richtung wurde am nahen Befragungsort von 8,8% die der Holzmarkt-Lage entsprechende West-Ausrichtung gewählt und am etwas weiter entfernten Ort von 47,5%. Am weit entfernten Befragungsort wählte keiner der Versuchsteilnehmer die West-Ausrichtung (siehe Abbildung 10).

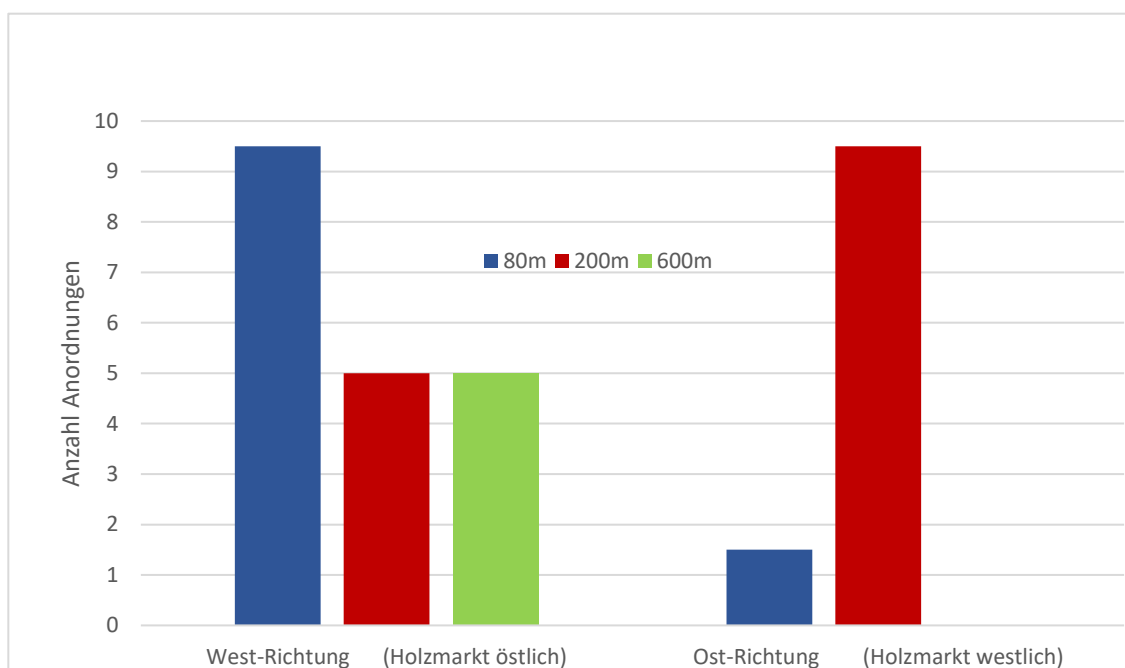


Abbildung 10: Direkter Vergleich der Ausrichtungshäufigkeit in Luftlinie des Holzmarktes

Auch hier kann die Signifikanz der Befragungsorte untereinander anhand des  $\chi^2$ -Tests und des p-Werts beurteilt werden (siehe Tabelle 7). Es zeigt sich eine extrem hohe Signifikanz für den Vergleich vom Befragungsort *Kronenstraße* mit dem Befragungsort *Fahrradtunnel* sowie auch eine sehr hohe Signifikanz für den Vergleich von *Kronenstraße* mit dem *Faulen Eck*. In Ost-Richtung ergibt sich nur zwischen dem Referenzpunkt *Pfleghof* und der *Germanenstaffel* eine sehr hohe Signifikanz, der Vergleich von *Pfleghof* und *Österberg* hingegen zeigt keine ausreichende Signifikanz.

Außerdem wurden von den Versuchspersonen Schätzungen zur Entfernung des Holzmarktes an den verschiedenen Standpunkten abgegeben, deren Ergebnisse in *Tabelle 8* dargestellt werden.

|                        | Anzahl je Ausrichtung |          |       |       | Summe  | p-Wert  |
|------------------------|-----------------------|----------|-------|-------|--------|---------|
|                        | N                     | O        | S     | W     |        |         |
| Referenz= Pflughof     | 2                     | 1        | 13,5  | 1,5   |        |         |
| Germanenstaffel        | 0,5                   | 1        | 2     | 42,67 | 46,17  | <0,0001 |
| Österberg              | 2                     | 0        | 0,5   | 1,5   | 4      | 0,25-05 |
|                        |                       |          |       |       |        |         |
| Referenz=Kronenstrasse | 0,5                   | 9,5      | 8     | 0     |        |         |
| Faules Eck             | 60,5                  | 2,131578 | 0,125 | 0     | 62,76  | <0,0001 |
| Fahrradtunnel          | 112,5                 | 2,131578 | 0,125 | 0     | 114,76 | <0,0001 |

*Tabelle 7: Chi<sup>2</sup>-Tests in Ost- und West-Richtung mit Referenz zueinander*

| Befragungsort         | Tatsächliche Distanz zum Holzmarkt | Geschätzte Distanz zum Holzmarkt |                    |                    |
|-----------------------|------------------------------------|----------------------------------|--------------------|--------------------|
|                       |                                    | Durchschnittswert                | Minimale Schätzung | Maximale Schätzung |
| Metzgergasse          | 140m                               | 237m                             | 50m                | 500m               |
| Bursagasse            | 70m                                | 84m                              | 20m                | 175m               |
| Kreuzung Kronenstraße | 70m                                | 109m                             | 20m                | 350m               |
| Faules Eck            | 170m                               | 236m                             | 20m                | 800m               |
| Fahrradtunnel         | 620m                               | 775m                             | 300m               | 1500m              |
| Pflughof              | 90m                                | 176m                             | 30m                | 400m               |
| Germanenstaffel       | 200m                               | 577m                             | 200m               | 1000m              |
| Österberg             | 590m                               | 919m                             | 450m               | 3000m              |

*Tabelle 8: Distanzschätzungen der Versuchspersonen je nach Befragungsort*

### 3.2 Bereinigung der Daten

Um trotz der starken Präferenz der Süd-Ausrichtung, die sehr deutlich bei Röhrich et al [4] und etwas weniger deutlich auch in der vorliegenden Studie zu sehen war, Effekte des räumlichen Verhältnisses vom Holzmarkt zum Befragungsort klarer sichtbar zu machen und die Daten zu „bereinigen“, wurde die erwartete Standardverteilung jedes Befragungsortes aus der tatsächlichen Verteilung herausgerechnet. Dadurch ergibt sich das hier in den *Abbildungen 11 und 12* dargestellte bereinigte Ausrichtungs-Verhältnis:

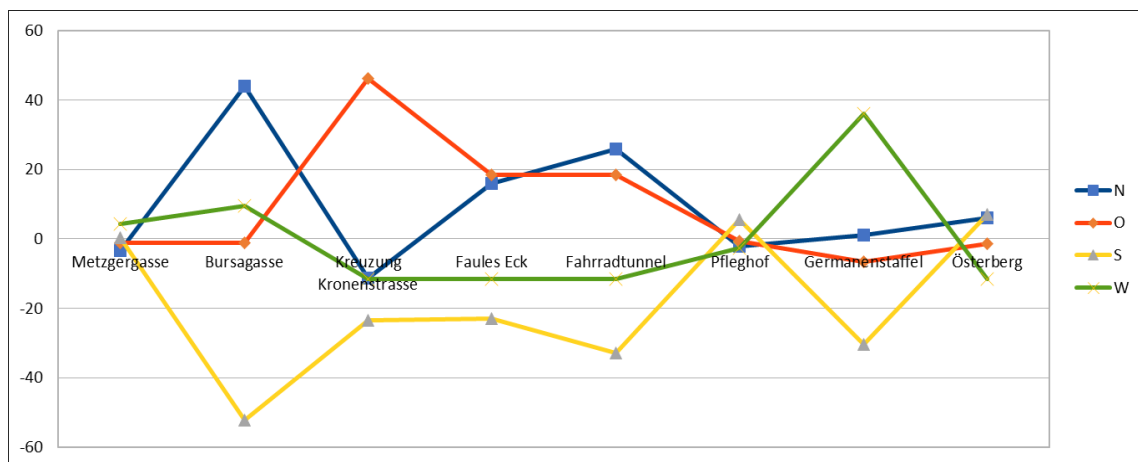


Abbildung 11: Prozentuale Ausrichtungsverteilung nach Abzug der Standardverteilung

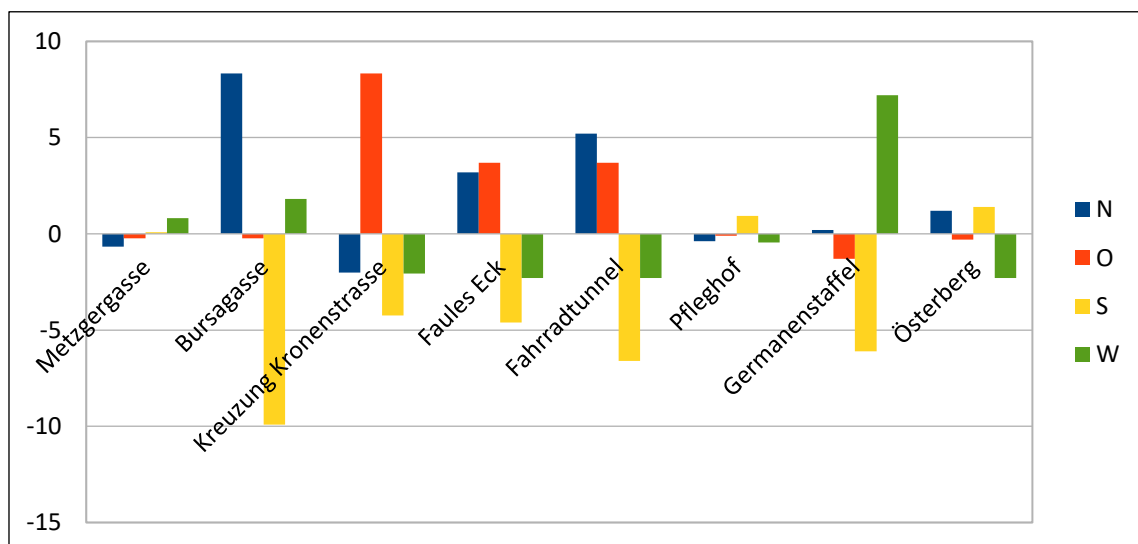


Abbildung 12: Absolute Ausrichtungsverteilung nach Abzug der Standardverteilung



Die Süd-Ausrichtung dominiert nun nicht mehr die Verteilung, sondern spielt nur noch an Befragungsorten mit Süd-Ausrichtungen vergleichbar mit dem Standardwert oder darüberhinausgehender Häufigkeit eine Rolle. Es ist jetzt auch zu sehen, dass geographisch gegenüberliegende Himmelsrichtungen an vielen Stellen negativ miteinander korrelieren. Am Befragungsort *Bursagasse* zeigt sich eine extrem starke negative Korrelation von Nord und Süd. Eine starke Korrelation von Nord-Süd findet sich auch am *Fahrradtunnel*, sowie nur gering schwächer ausgeprägt am *Faulen Eck* und der *Germanenstaffel*.

Für die Richtungen Ost-West zeigt sich eine sehr starke negative Korrelation an der *Kronenstraße*, eine fast genauso starke an der *Germanenstaffel* und ebenfalls starke negative Korrelationen am *Faulen Eck* und dem *Fahrradtunnel*.

### 3.3 Berechnung von Vektoren und zirkuläre Statistik

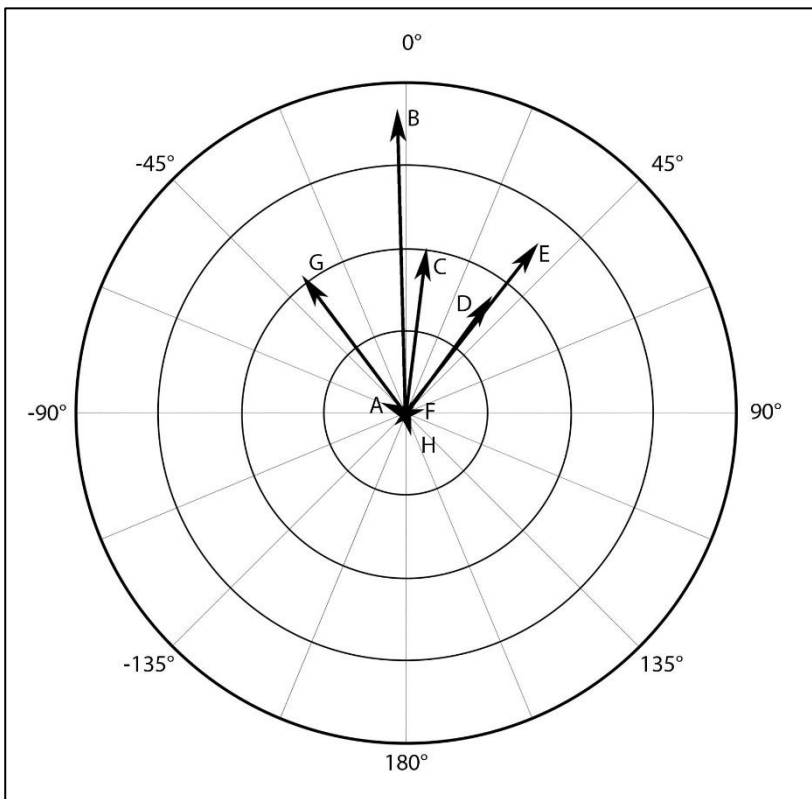
Um nach der Datenbereinigung nun die Aussagekraft der Ausrichtungsverteilungen auch für die Lage der jeweiligen Standorte dazustellen, wurde die daraus resultierende mittlere Zeichenrichtung bestimmt, die alle gewählten Ausrichtungen eines Standorts verrechnet, und daraus ein zweidimensionaler Richtungsvektor erstellt. Zur Berechnung der Vektorkoordinaten wurden die bereinigten Werte genutzt: für den x-Achsen-Wert wurde der Wert der West-Ausrichtung vom Wert der Ost-Ausrichtung subtrahiert und für den y-Achsen-Wert dementsprechend der Wert der Süd-Ausrichtung vom Wert der Nord-Ausrichtung abgezogen.

Setzt man diese Vektoren nun auf einer Tübingen-Karte auf die entsprechenden Befragungsorte, so müssten diese bei einer Ausrichtungs-Verteilung entsprechend des Standort-Effekts in Richtung Holzmarkt zeigen. Die Länge des Vektors zeigt hierbei an, wie deutlich der Standort-Effekt am jeweiligen Befragungsort die Ausrichtungsverteilung bestimmt hat, d.h. ein langer Vektor bedeutet, dass es eine deutliche Präferenz bei der Ausrichtung gab und wenig Datenstreuung vorliegt (*siehe Abbildung 13*).

Um die Differenz zwischen der Lage des Holzmarktes im Raum und der Zeigerichtung der Vektoren nochmal deutlicher darzustellen, wurden die Winkel der Vektorrichtung mit den Winkeln der Befragungsorte im Verhältnis zum Holzmarkt in einer zirkulären Statistik aufgetragen (siehe Abbildung 14)



Abbildung 13: nach Datenbereinigung berechnete Vektoren bei Auftrag auf Befragungsorte



- A= Metzgergasse
- B= Bursagasse
- C= Kreuzung Kronenstr.
- D= Faules Eck
- E= Fahrradunnel
- F=Pfleghof
- G=Germanenstaffel
- H=Österberg

Abbildung 14: Darstellung der Gradabweichungen zwischen Vektorrichtung und Luftlinie zum Holzmarkt- an den einzelnen Befragungsorten

Das Ergebnis zeigt, dass die Vektoren an den Standorten *Bursagasse* (B) und *Kronenstraße* (C) mit einer Abweichung von maximal  $7^\circ$  auf den Holzmarkt zeigen, die Vektoren am Standort *Fahrradtunnel* (E), *Faules Eck* (C) und *Germanenstaffel* (G) mit einer maximalen Abweichung von  $38^\circ$  in Richtung des Holzmarktes weisen, während die Vektoren der *Metzgergasse* (A) mit  $67^\circ$  sowie des *Pfleghofs* (F) mit  $76^\circ$  deutlich abweichen und der Vektor des *Österbergs* (H) mit  $164^\circ$  Abweichung sogar annähernd in die entgegengesetzte Richtung des Holzmarktes zeigt.

Allerdings muss bedacht werden, dass die Vektoren am *Holzmarkt*, *Österberg* und *Metzgergasse* (vergrößert in *Abbildung 15*) im Vergleich zu den anderen Vektoren extrem kurz sind, was auf einen geringen Standort-Effekt und somit eine geringe Aussagekraft hindeutet.

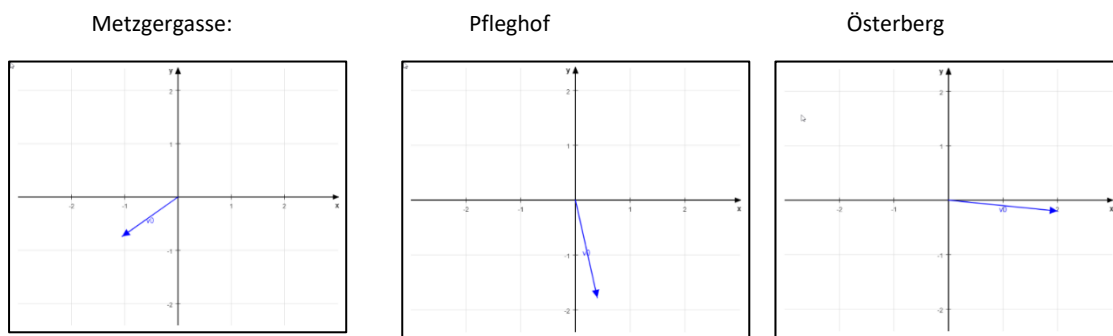


Abbildung 15: Vergrößert dargestellte Vektoren der Befragungsorte Metzgergasse, Pfleghof und Österberg

#### 4. Diskussion der Ergebnisse

Die erste Kernfrage dieser Arbeit war, ob das Anordnen vorgegebener Elemente auf einem Magnetboard eine geeignete Methode zum Überprüfen der Ausrichtung einer abgerufenen Ortsrepräsentation darstellt. Während skizzierte Darstellungen bereits als geeignetes Mittel erforscht und bestätigt wurden [26] [27], ist dies bei der hier genutzten Magnetboard-Methode noch nicht der Fall. Den nun vorliegenden Ergebnissen zufolge und im direkten Vergleich mit den Daten aus der Studie von Röhrich et al [4] kann diese Frage wohl mit Ja beantwortet werden.

Als Ergebnis dieser Studie ergab sich eine Ausrichtungsverteilung, die deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Himmelsrichtungen zeigte und erwartete Ergebnisse lieferte, sodass die Magnetboard-Methode dem Skizzieren des Ortes durch die Versuchspersonen hier in nichts nachzustehen scheint. Des Weiteren zeigten sich an den Befragungspunkten *Metzgergasse* und *Bursagasse*, die ebenso in der Studie von Röhrich et al genutzt wurden, Ergebnisse, die weithin mit den gesammelten Daten von Röhrich et al im Einklang stehen.

Nach Klärung der Eignung der verwendeten Methode zeigte die vorliegende Studie im Gesamten, ebenso wie vorherige Studien zu diesem Thema [4] [25] [12], dass der Befragungsort die Repräsentation eines in ausreichender Nähe liegenden Zielorts beeinflussen kann.

Wie auch bei Röhrich et al [4] hatte die als kanonisch anzusehende south-up-Ansicht einen großen Einfluss auf die gewählte Ausrichtung der Magnetboard-Anordnungen. Röhrich nimmt hierbei an, dass diese south-up-Präferenz zum einen an der Stiftskirche liegt, die als dominante Landmarke im Süden fungiert. Zum anderen verleitet die Schräge des Platzes mit der erhöhten Stellung der Stiftskirche dazu das die Südausrichtung gewählt wird, da man dazu neigt, höhere Punkte auch höher auf einem Blatt anzuordnen [4] [28]. Zusätzlich ist die Geometrie des Holzmarktes eher rechteckig mit einer langen Ost-West-Achse, die gerade bei der Repräsentation auf einem Blatt Papier mit ebenfalls einer längeren Längsseite zur Süd- oder Nord-Ausrichtung verlockt.

Während es bei Röhrich et al 9 von 10 Befragungsorte waren, an denen die Süd-Ausrichtung dominierte, war dies in dieser Studie nur bei 4 von 8 Befragungsorten der Fall, während an den restlichen Befragungsorten eine klare Tendenz zur Ausrichtung der Magnetboard-Anordnungen in Relation zur Lage des Holzmarktes festgestellt werden konnte.

Hierfür können mehrere Faktoren verantwortlich sein:

Zum einen könnte die Lage der Befragungsorte in der vorliegenden Studie schlicht günstiger gewesen sein, um eine Ausrichtung zum Holzmarkt hin zu ergeben: 3 von 8 Punkten lagen mit 70m sehr nah am Zielort, sodass die Versuchsteilnehmer zwar keinen Sichtkontakt mit dem Holzmarkt hatten, aber höchstwahrscheinlich eine sehr klare Vorstellung von seiner Lage in Relation zu ihrem Standort. Von diesen drei Befragungsorten war letztlich an zwei eine starke Bevorzugung der Ausrichtung zum Holzmarkt hin zu beobachten. Bei Röhrich et al waren alle Punkte mit ca. 150m Distanz deutlich weiter entfernt. Außerdem muss bedacht werden, dass viele Punkte bei Röhrich et al schräg, d.h. in Nord-Ost, Nord-West, Süd-Ost. oder Süd-West zum Holzmarkt lagen und prinzipiell nur wenige Personen auf einem rechteckigen Blatt eine schräge Repräsentation zeichnen.

Zum anderen könnte allerdings auch die Anordnung auf einem Magnetbrett eine besser geeignete Methode darstellen, da die Versuchsteilnehmer hier nicht durch Bedenken hinsichtlich ihrer Zeichenkünste oder die Frage, wie sich der Holzmarkt am einfachsten skizzieren lässt, abgelenkt und beeinflusst werden. Andere Faktoren, die hier nicht bedacht wurden, könnten natürlich auch relevant sein.

Zu den Befragungspunkten mit deutlicher Mehrheit der Ausrichtung zum Holzmarkt hin gehört zunächst die *Metzgergasse* mit 68,4% Süd-Ausrichtungen. Da hier aber sowohl der Befragungsort als auch die kanonische Süd-Ausrichtung des Holzmarktes für dieses Ergebnis verantwortlich sein könnten, können wenige Rückschlüsse aus dieser Verteilung gezogen werden. Auch der durch den  $\chi^2$ -Test ermittelte p-Wert liegt hier über der festgesetzten Signifikanzgrenze, sodass die Daten als nicht aussagekräftig gewertet werden müssen. Einzig die Tatsache, dass der Süd-Wert nach Abzug der Standardverteilung (berechnet anhand der durchschnittlichen Verteilung bei Röhrich et al) bei 0 liegt, könnte darauf hindeuten, dass zur Ursache der kanonischen Süd-

Ausrichtung in der *Metzgergasse* der Standort-Effekt nur noch wenig zum Ergebnis beigetragen hat.

Betrachtet man hingegen die Ergebnisse aus der südlich vom Holzmarkt liegenden *Bursagasse*, so ist der Standort-Effekt nicht mehr wegzudiskutieren. Es wählten knapp 58% die Nord-Ausrichtung, sodass auch nach Abzug der Standardverteilung ein deutlicher Peak für Nord bestehen bleibt. Die Deutlichkeit des Standort-Effekts ist hier höchstwahrscheinlich der geringen Distanz von nur 70m geschuldet.

In der *Bursagasse* und der *Metzgergasse* wurde zusätzlich noch der Einfluss der Körperausrichtung auf die Orientierung der abgerufenen Repräsentation des Holzmarktes getestet. Hierbei zeigte sich am Befragungsort *Metzgergasse* bis auf eine stärkere West-Tendenz bei einer Körperausrichtung nach Osten kaum Unterschiede zwischen den Körperausrichtungen nach West und Ost. Am Befragungspunkt *Bursagasse* zeigte sich nur, dass die Nord-Ausrichtung häufiger von Versuchspersonen mit einer Körperausrichtung nach Westen gewählt wurde. Betrachtet man dies im Hinblick auf die Ergebnisse von Meilinger et al [25], so scheint es eine Abweichung von diesen zu geben: Während Meilinger bei einer orthogonalen Lage von Körperausrichtung und Zielort die Körperausrichtung als dominant beschreibt, zeigen die Ergebnisse der vorliegenden Studie kaum einen bis gar keinen Einfluss der Körperausrichtung. Allerdings sind sowohl die Differenzen zwischen West- und Ost-Körperausrichtung als auch die Stichprobengröße in der vorliegenden Studie so gering, dass man kaum von einem aussagekräftigen Ergebnis ausgehen kann.

Am ersten westlich gelegenen Befragungsort, der *Kreuzung Kronenstraße*, in ebenfalls nur 70m Entfernung zum Holzmarkt, ist ebenso ein deutlicher Standort-Effekt zu beobachten: knapp 53% der Versuchspersonen wählten hier die der Holzmarkt-Lage entsprechende Ost-Ausrichtung. Nach Abzug der Standardwerte wird dies sogar noch deutlicher sichtbar, da bei Röhrich et al [4] im Schnitt nur knapp 12% die West-Ausrichtung wählten. Der berechnete Vektor zeigt hier auch eine fast luftliniengetreue Zeigerichtung zum Holzmarkt mit nur ca. 7° Abweichung.

Am nächsten westlichen Befragungsort, dem *Faulen Eck*, ist der Standort-Effekt mit 25% Ost-Ausrichtungen ebenso gut zu sehen und dominiert nach Abzug der Standardwerte sogar die Verteilungshäufigkeit. Ebenfalls deutlich ausgeprägt ist die Häufigkeit der Nord-Ausrichtung. Möglicherweise ist das einem Faktor geschuldet, den zumindest ich an mir selbst beobachten konnte: Aufgrund der verwinkelten Anordnung des *Faulen Ecks* fiel mir die Orientierung hier (außer bei Zugang über den Marktplatz oder Sicht auf das Rathaus) immer eher schwer und ich hatte das Gefühl, mich bezüglich der Luftlinie „hinter“ der Stiftskirche, also südlich davon zu befinden. Gegen dieses Argument spricht allerdings, dass die durchschnittliche Ansässigkeit der Versuchspersonen an diesem Befragungsort mit 17,7 Jahren (Durchschnitt aller Befragungsorte: 13,23 Jahre) verhältnismäßig hoch ist und alle Teilnehmer ihre Ortskenntnis als sehr gut oder gut beschrieben haben. Der für diesen Standort berechnete Vektor zeigt eine Abweichung von knapp 36°, was als relativ gering angesehen werden kann.

Trotz der Distanz von 600m zum Holzmarkt, findet man auch am Befragungsort *Fahrradtunnel* einen gut sichtbaren Standort-Effekt mit ebenfalls 25% Ost-Ausrichtungen. Interessanterweise zeigt sich ein stärkerer Anstieg der Nord-Ausrichtungen, die hier bei 40% liegen und auch nach Abzug der Standardwerte noch sichtbar dominieren. Dies wird auch am Vektor sichtbar, der mit 38° von der Luftlinie abweicht.

Eine Erklärung hierfür könnte sein, dass der *Fahrradtunnel* eher im Süd-Westen als im Westen des Holzmarktes liegt. Dementsprechend würde sich der Standort-Effekt somit noch deutlicher zeigen, als wenn man nur die Ost-Ausrichtungen berücksichtigt. Die Stärke des Standort-Effekts trotz der großen Distanz zum Holzmarkt könnte vom Straßenverlauf an dieser Stelle herrühren: aufgrund des langen, geraden Verlaufs der *Neckarhalde* hat man vom *Fahrradtunnel* aus eine Sicht bis fast zum *Faulen Eck*. Somit könnte also der Distanz-Effekt durch ein, zumindest bis zum *Faulen Eck* mögliches, direktes und einfaches *Mental Travelling* ausgeglichen werden.

Den ersten Befragungsort in Ost-Richtung stellte der *Pfleghof* dar. Zunächst muss gesagt werden, dass ursprünglich ein Punkt am *Schulberg* als Befragungsort geplant war, aber nachdem eine Sicht auf den Holzmarkt dort sehr schlecht zu vermeiden war, der

Befragungsort aus Mangel an Alternativen vor dem *Pfleghof* und somit um die Ecke verlegt werden musste.

Hier ergab sich ein Ergebnis, das fast deckungsgleich mit der Standardverteilung ist. Dementsprechend zeigte hier auch der ermittelte p-Wert, dass die Daten als nicht signifikant anzusehen sind. Ebenso findet sich bei dem berechneten Richtungsvektor eine Abweichung von fast  $76^\circ$  und eine sehr geringe Vektorlänge, was ebenfalls auf eine geringe Aussagekraft hindeutet.

Allerdings fällt bei genauerer Betrachtung auf, dass durch die Verschiebung des Befragungsorts eine Tendenz Richtung Nord-Ost gegeben war, wodurch eine stark vertretene Süd-Ausrichtung und die kaum vorhandenen West-Ausrichtungen zumindest teilweise erklärt werden könnte.

Ein gänzlich anderes Bild zeigte sich an der *Germanenstaffel*. Mit fast 48% West-Ausrichtung ist der Standort-Effekt sehr deutlich zu sehen und fast genauso ausgeprägt wie am 130m näher am Holzmarkt liegenden Befragungsort *Kronenstraße*. Eine logische Erklärung könnte die erhöhte Lage des Befragungsortes Germanenstaffel sein, da so die Luftlinie zum Holzmarkt sehr gut zu imaginieren ist und nicht erst die Straßen dazwischen mental ausgeblendet werden müssen. Am berechneten Vektor zeigt sich eine vertretbare Abweichung von  $37^\circ$ , die sich durch die Beteiligung von Süd- und Ost-Ausrichtungen ergibt.

Kein Standort-Effekt konnte am *Österberg* gefunden werden. Während hier eine gehäufte West-Ausrichtung zu erwarten war, wählte keiner der Versuchsteilnehmer diese Ausrichtung. Dies zeigt sich auch am Richtungsvektor, der hier mit  $164^\circ$  Abweichung fast in die entgegengesetzte Richtung des Holzmarktes deutet. Allerdings weist auch hier die sehr geringe Länge des Vektors auf wenig Aussagekraft hin.

Für das Fehlen der West-Ausrichtung kommen mehrere Faktoren in Frage: erstens ist der Österberg aufgrund der gewundenen Auffahrt ein bezüglich der Lage schwierig einzuordnender Punkt und wird aufgrund des steilen Aufstiegs wohl auch bevorzugt mit dem Bus oder dem Auto befahren, anstatt in direkter Linie von der Innenstadt zu Fuß bereist zu werden. Somit könnte vielen Versuchsteilnehmern schlichtweg das Wissen über die Richtung zum Holzmarkt hin gefehlt haben. Zweitens kann auch die von der



Altstadt abgetrennte Lage einen Einfluss auf die Ausrichtungsverteilung gehabt haben. Wie Wiener et al 2004 [29] in ihrer Studie zeigten, werden Orte im Gehirn nicht nur anhand der Distanz organisiert, sondern auch in kognitive „Regionen“ unterteilt. Dementsprechend würde der *Österberg* mental nicht mehr zur Region „Altstadt“ gezählt werden, in welcher allerdings der Holzmarkt liegt, was dazu führt, dass der *Österberg* als abgetrennt betrachtet wird. Interessant sind in diesem Zusammenhang Studien von Holmes und Newcombe [30], Meilinger, Berthoz und Wiener [31], Zhang et al [32] und Adamou et al [33], die untersuchten, wie man die Lage von Objekten zueinander beurteilt, wenn diese in verschiedenen Arrays statt im selben Array präsentiert werden. In diesen Studien konnte festgestellt werden, dass zunächst beide Arrays in unterschiedlichen Referenzrahmen kodiert werden und nur dann die Objekte zweier Arrays in Relation gesetzt werden, wenn es die kognitive Aufgabe erfordert. Allerdings ist das mit „Kosten“, wie einer höheren Fehlerrate oder längerer Latenzzeit, verbunden. Wendet man diese Erkenntnisse nun auf den Befragungsort *Österberg* an, so könnten die Straßen und Gebäude des *Österbergs* in einem anderen Referenzrahmen als die der Altstadt gespeichert sein, wodurch ein einfaches Abrufen der Relation zwischen Befragungsort und Holzmarkt nicht möglich wäre. Da das Gehirn prinzipiell versucht, ressourcenschonend zu arbeiten und Kosten zu vermeiden, wurde eventuell einfach die kanonische Ansicht des Holzmarktes für die Repräsentation abgerufen und keine Relation zum Befragungsort hergestellt.

Letztlich kann natürlich auch schlichtweg die Distanz von 600m eine Rolle spielen. Dafür spricht die Tatsache, dass die Versuchspersonen hier im Schnitt die Entfernung zum Holzmarkt auf 919m geschätzt haben und somit dem Gefühl nach in größerer Entfernung zum Holzmarkt standen, während es am gleich weit entfernten Fahrradunnel nur 775m waren.

Insgesamt betrachtet, konnte die zweite Kernfrage nach der Reichweite des Standort-Effekt zumindest teilweise beantwortet werden. Deutlich ist, dass bei einer Distanz von 200m der Standort-Effekt noch gut zu sehen ist. Bei einer Distanz von 600m widersprechen sich die beiden Befragungspunkte: Während am *Fahrradtunnel* noch ein sehr deutlicher Standort-Effekt festgestellt werden kann, ist am *Österberg* gar kein Effekt mehr zu sehen.

Zur letzten Kernfrage lässt sich also sagen, dass der Standort-Effekt sehr wahrscheinlich nicht anhand der metrischen Distanz zu begrenzen ist, sondern auch andere Faktoren, wie der Grad der Verwinklung, die kognitive Zugehörigkeit zum selben Bereich oder die „gefühlte“ Entfernung eine große Rolle spielen.

Ob es eine graduelle Abnahme des Effekts gibt, wie in der dritten Kernfrage in den Raum gestellt, scheint bei Betrachtung der Unterschiede der Befragungspunkte in West-Richtung zwar durchaus wahrscheinlich, allerdings müssten zur Klärung andere mögliche Einflüsse auf die Ergebnisse so weit wie möglich reduziert werden und zudem ein engmaschigeres Netz aus Befragungsorten mit mehr Zwischendistanzen und einer höheren Stichprobengröße genutzt werden.

Röhrich et al [4] und Meilinger et al [25] stellten in ihren Studien zum Standort-Effekts auch die Frage nach dessen Herkunft. Während Röhrich et al *Mental Travelling* bzw. *Preactivation* entlang eines View-Graphen oder automatisches *Spatial Updating*, wie beschrieben von Wang et al [16] , als mögliche Ursachen sahen und dabei *Mental Travelling* für wahrscheinlicher hielten, sahen Meilinger et al *Mental Rotation* als ursächlich für ihre Ergebnisse an.

Betrachtet man die Daten der vorliegenden Studie genauer, so findet man eher Hinweise auf automatisches *Spatial Updating* oder *Mental Rotation*. Die Tatsache, dass am *Pflehghof* mit großer Mehrheit eine Süd-Ausrichtung gewählt wurde, spricht gegen die Anwendung von *Mental Travelling* bzw. *Preactivation*: Der Befragungsort am *Pflehghof* lag eher nord-östlich als östlich, sodass mit *Spatial Updating* oder *Mental Rotation* die Süd-Ausrichtung zumindest teilweise zu erklären wäre. Geht man aber von *Mental Travelling* aus, dann müsste die West-Ausrichtung deutlich stärker vertreten sein, da der Straßenverlauf vom Befragungspunkt zum Holzmarkt nicht in Luftlinie verläuft, sondern direkt östlich auf den Holzmarkt trifft. Ebenso spricht der Befragungsort *Bursagasse* für *Spatial Updating* oder *Mental Rotation*. Der Standort-Effekt war hier sehr deutlich und signifikant und der berechnete Vektor zeigt mit nur 1,6° Abweichung von der Luftlinie auf den Holzmarkt. Würde man von *Mental Travelling* ausgehen, dürfte das Ergebnis nicht so deutlich sein: Um von der *Bursagasse* auf den Holzmarkt zu gelangen, muss man zunächst nach Osten laufen, anschließend seitlich an der Stiftskirche vorbei und betritt den Holzmarkt letztlich eher am östlichen Ende.

Es müsste also auch die West-Ausrichtung relativ häufig gewählt worden sein. Obwohl sich die West-Ausrichtung am Standort *Bursagasse* nach Abzug der Standardwerte noch im positiven Bereich befindet und somit häufiger als erwartet verwendet wurde, ist die Nord-Ausrichtung doch immer noch etwa viermal so häufig gewählt worden.

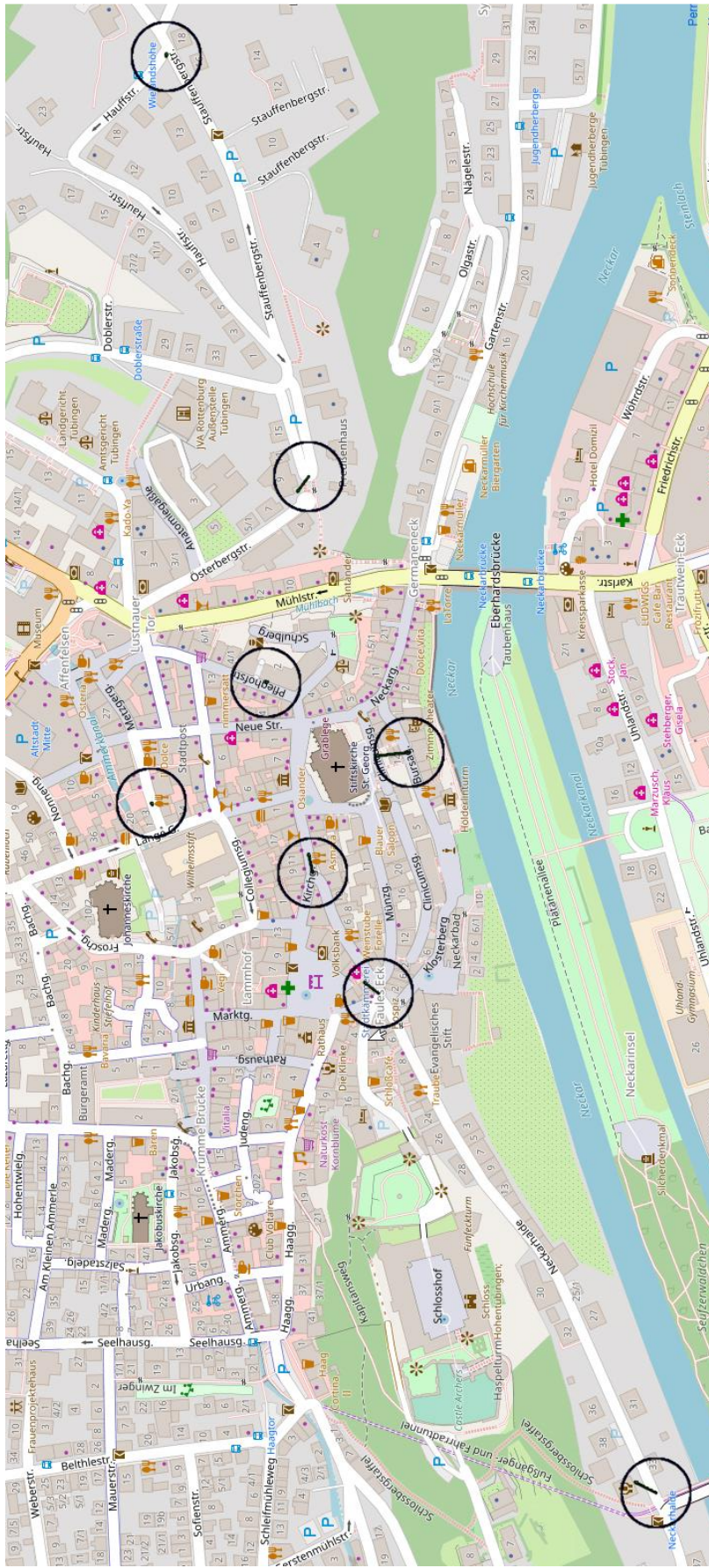
## 5. Zusammenfassung

Wie bereits Röhrich et al [4] in ihrer Studie zeigten, spielt die räumliche Nähe neben der kanonischen Ausrichtung eines Ortes eine sehr große Rolle bei der Wahl der Ausrichtung einer Repräsentation und war in der vorliegenden Studie sogar noch etwas dominanter vertreten als bei Röhrich et al.

Des Weiteren zeigte sich, dass die Verwendung eines Magnetboards eine gut geeignete Methode ist, um die abgerufene Ausrichtung einer Umweltrepräsentation zu testen.

Um aber die Frage nach der Reichweite des Effekts und dem Einfluss anderer Faktoren zufriedenstellend zu beantworten, ist eine umfangreiche zukünftige Forschung nötig, die Befragungen in größerem Umfang und mit mehr Distanzstufen durchführt und die Befragungsorte nicht nur nach Distanz, sondern auch nach den eben genannten Faktoren und anderen möglichen Einflüssen auswählt und diese in der Analyse der Daten berücksichtigt.

## 6. Anhang



## 7. Quellenverzeichnis

### 7.1 Literaturverzeichnis

- [1] Dudel, J., Menzel, R., & Schmidt, R. F. (Eds.), (2001): *Neurowissenschaft: Vom Molekül zur Kognition. Kapitel: Gedächtnis, Plastizität im Nervensystem, Lernen*, Springer-Verlag, Berlin.
- [2] Bird, C.M., Burgess, N. (2008): The hippocampus and memory: insights from spatial processing. In: *Nature Reviews Neuroscience* 9, p. 182–194.
- [3] Tatler, B.W., Land, M.F. (2011): Vision and the representation of the surroundings in spatial memory. In: *Phil. Trans. R. Soc. B* (2011) 366, p. 596–610.
- [4] Röhrich, W.G., Hardiess, G. Mallot, H.A. (2014): View-Based Organization and Interplay of Spatial Working and Long-Term Memories. In: *PLoS One*, Nov 19;9(11).
- [5] Mallot, H.A., Basten, K. (2009): Embodied spatial cognition: Biological and artificial systems. In: *Image and Vision Computing*, 27, p. 1658-1670.
- [6] Byrne, P., Becker, S., Burgess, N. (2007): Remembering the past and imagining the future: a neural model of spatial memory and imagery. In: *Psychological Review* 114 (2), p. 340-375.
- [7] Giudice, N. A., Klatzky, R. L., Bennett, C. R., & Loomis, J. M. (2013): Combining locations from working memory and long-term memory into a common spatial image. In: *Spatial Cognition & Computation*, 13(2), p. 103-128.
- [8] Klatzky, R. L. (1998): Allocentric and egocentric spatial representations: definitions, distinctions, and interconnections. In: C. Freksa & C. Habel (Eds.), *Spatial cognition. An interdisciplinary approach to representing and processing spatial knowledge*, Springer-Verlag, Heidelberg, p. 1–17.
- [9] Burgess, N. (2006): Spatial Memory: How egocentric and allocentric combine. In: *Trends Cogn Sci*, 10(12), p. 551-557.
- [10] Wang, R. F. & Spelke, E. S. (2002): Human spatial representation: Insights from animals. In: *Trends in Cognitive Sciences*, 6, p. 376-382.
- [12] Frankenstein, J., Mohler, B.J., Bühlhoff, H.H. & Meilinger, T. (2012): Is the Map in Our Head Oriented North? In: *Psychological Science* 23(2), p.120-125.
- [13] Mallot, H.A.: *Raumkognition*. In: Karnath, H. O., & Thier, P. (2006): *Neuropsychologie*. Springer-Verlag, Berlin, p. 217-224.

- [14] Zhong, J.Y., Kozhevnikov, M. (2016): Relating allocentric and egocentric survey-based representations to the self-reported use of a navigation strategy of egocentric spatial updating. In: *Journal of Environmental Psychology* 46, p. 154-175.
- [15] Burgess, N. (2008): Spatial cognition and the brain. In: *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1124(1), p. 77-97.
- [16] Wang, R. F. (2004): Between reality and imagination: When is spatial updating automatic? In: *Perception & Psychophysics*, 66, p. 68-76.
- [18] Trullier, O., Wiener, S. I., Berthoz, A., & Meyer, J. A. (1997): Biologically based artificial navigation systems: Review and prospects. In: *Progress in neurobiology*, 51(5), p. 483-544.
- [19] Meilinger, T. (2008): The network of reference frames theory: A synthesis of graphs and cognitive maps. In: *International Conference on Spatial Cognition*, Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg, p. 344-360.
- [20] Mou, W.M., McNamara, T.P. (2002): Intrinsic frames of reference in spatial memory. In: *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition*, 28, p. 162–170.
- [21] Mou, W., Zhao, M., & McNamara, T. P. (2007). Layout geometry in the selection of intrinsic frames of reference from multiple viewpoints. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 33(1), p. 145ff.
- [22] McNamara, T. P. (2002): How are the locations of objects in the environment represented in memory?. In: *International Conference on Spatial Cognition* , Springer-Verlag, Berlin/Heidelberg, p. 174-191.
- [23] Basten, K., Meilinger, T. & Mallot H.A. (2012): Mental Travel Primes Place Orientation in Spatial Recall. In: *Spatial Cognition VIII, International Conference Spatial Cognition (SC 2012)*, Springer-Verlag, Berlin, p. 378-385.
- [24] Schölkopf, B., & Mallot, H. A. (1995). View-based cognitive mapping and path planning. *Adaptive Behavior*, 3(3), 311-348.
- [25] Meilinger, T., Frankenstein, J., Simon, N., Bühlhoff, H.H. & Bresciani, J.P. (2015): Not all memories are the same: Situational context influences spatial recall within one's city of residency. In: *Psychon Bull Rev.*23(1), p. 246-252.
- [26] Blades, M. (1990): The Reliability of Data Collected from Sketchmaps. In: *Journal of Environmental Psychology*, 10(4), p. 327-339..

- [27] Lohmann, K. (2011): The use of sketch maps as measures for spatial knowledge. In: Wang, J., Broelemann, K., Chipofya, M., Schwering, A., Wallgrün, J.O. (Eds.), Proceedings of the COSIT '11 Workshop "An Interdisciplinary Approach to Understanding and Processing Sketch Maps", p. 45-54.
- [28] Restat, J. D., Steck, S. D., Mochnatzki, H. F., & Mallot, H. A. (2004): Geographical slant facilitates navigation and orientation in virtual environments. In: Perception, 33(6), p. 667–687.
- [29] Wiener, J. M., Schnee, A., & Mallot, H. A. (2004). Use and Interaction of Navigation Strategies in Regionalized Environments. In: Journal of Environmental Psychology, 24(4), p. 475 – 493.
- [30] Holmes, C. A., Newcombe, N. S., & Shipley, T. F. (2018): Move to learn: Integrating spatial information from multiple viewpoints. In: Cognition, 178, p. 7-25.
- [31] Meilinger, T., Berthoz, A. & Wiener, J.M. (2011): The integration of spatial information across different viewpoints. In: Memory & Cognition 39.6, p.1042-1054.
- [32] Zhang, H., Mou, W., McNamara, T. P., & Wang, L. (2014): Connecting spatial memories of two nested spaces. In: Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 40(1), p. 191.
- [33] Adamou, C., Avraamides, M.N. & Kelly, J.W. (2013): Integration of visuospatial information encoded from different viewpoints. In: Psychon Bull Rev. 2014 Jun;21(3), p. 659-665
- [34] Grüsser, O.J. (1982): Space perception and the gazemotor system. In: Human Neurobiology 1, p. 73–76.
- [35] Montello, D.R. (1993): Scale and multiple psychologies of space. In: Lecture Notes in Computer Science 716, p. 312–321.

weitere Literatur:

- Bisiach, E., Luzzati, C. (1978): Unilateral neglect of representational space. In: Cortex, 14, p. 129-133.
- Boccia, M., Di Vita, A., Palermo, L., Committeri, G., Piccardi, L. & Guariglia, C. (2018): The way to "left" Piazza del Popolo: damage to white matter tracts in representational neglect for places. In: Brain Imaging and Behavior, p. 1-10



- Guariglia, C., Piccardi, L., Iaria, G., Nico, D., Pizzamiglio, L. (2005): Representational neglect and navigation in real space. In: *Neuropsychologia*. 2005; 43(8), p. 1138-1143.
- Hölscher, C., Jacob, W., & Mallot, H. A. (2004): Learned association of allocentric and egocentric information in the hippocampus. In: *Experimental brain research*, 158(2), p. 233-240.
- Kitchin, R. M. (1994): Cognitive maps: what are they and why do we study them? In: *Environmental Psychology*, 14, p.1-19.
- McCunn, L. J., & Gifford, R. (2018): Spatial navigation and place imageability in sense of place. In: *Cities*, 74, p. 208-218.
- Meilinger, T., Frankenstein, J., Watanabe, K., Bühlhoff, H. H., & Hölscher, C. (2015): Reference frames in learning from maps and navigation. In: *Psychological research*, 79(6), p. 1000-1008.
- Meilinger, T., & Vosgerau, G. (2010): Putting egocentric and allocentric into perspective. In: C. Hölscher, T. F. Shipley, M. O. Belardinelli, J. A. Bateman.
- Meilinger, T., Riecke, B. E., & Bulthoff, H. H. (2007).: Orientation specificity in long-term-memory for environmental spaces. In: *Proceedings of the Annual Meeting of the Cognitive Science Society* (Vol. 29, No. 29).
- Wang, R.F., and Spelke, E. (2000): Updating egocentric representations in human navigation. In: *Cognition* 77, 215–250.
- Wang, R.X.F., Brockmole, J.R. (2003): Human navigation in nested environments. In: *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory and Cognition* 29, p. 398–404.
- Weisberg, S. M., & Newcombe, N. S. (2016): How do (some) people make a cognitive map? Routes, places, and working memory. In: *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 42(5), p. 768.
- Wiener, J. M., & Mallot, H. A. (2003). 'Fine-to-coarse' route planning and navigation in regionalized environments. In: *Spatial Cognition & Computation*, 3, p. 331–358.

## 7.2 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 u. Abbildung 2: Mallot, H.A., Basten, K. (2009): Embodied spatial cognition: Biological and artificial systems. In: Image and Vision Computing, 27, p. 1663.

Abbildung 3: Röhrich, W.G., Hardiess, G. Mallot, H.A. (2014): View-Based Organization and Interplay of Spatial Working and Long-Term Memories. In: PLoS One, Nov 19;9(11), p. 7.

Abbildung 13: Karte von <https://www.openstreetmap.de>

## 8. Selbstständigkeitserklärung

„Ich erkläre, dass ich die Arbeit selbstständig angefertigt und nur die angegebenen Hilfsmittel benutzt habe. Alle Stellen, die dem Wortlaut oder dem Sinne 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 des Zugriffsdatums sowie dem Ausdruck der ersten Seite belegt; sie liegen zudem für den Zeitraum von 2 Jahren entweder auf einem elektronischen Speichermedium im PDF-Format oder in gedruckter Form vor.“

---

Unterschrift