HafenCity Universität Hamburg

Anpassung der Zoom-Stufe in der mobilen Karte für die Selbstlokalisation

Dissertationsschrift zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor-Ingenieur (Dr.-Ing.)
im Fachbereich Geodäsie und Geoinformatik
der HafenCity Universität Hamburg

vorgelegt von

Bonan Wei

angefertigt unter Betreuung von

Univ.-Prof. Dr.-Ing. habil. **Jochen Schiewe**
HafenCity Universität Hamburg

Univ.-Prof. Dr. rer. nat. habil. **Frank Dickmann**
Ruhr-Universität Bochum

Disputation: 30.6.2020

Vorsitzende des Prüfungsausschusses

Prof. Dr.-Ing. **Annette Eicker**
HafenCity Universität Hamburg

Zusammenfassung

Selbstlokalisation ist ein wichtiger Prozess für die kartengestützte Navigation in einem unbekannten Umgebungsraum. Der Nutzer des Navigationssystems muss sich mittels der Darstellung vergewissern, wo er sich in diesem Raum befindet und in welcher Beziehung er und die umliegenden Objekte zueinander stehen. Zu diesem Zweck werden das erworbene Standortwissen aus der direkten Quelle (Realraum im Umblickfeld) und das erworbene Standortwissen aus der indirekten Quelle (mobile Karte) miteinander abgeglichen, wodurch die räumliche Entscheidung und Fortbewegung abgeleitet werden können. Die Selbstlokalisation verläuft nur erfolgreich, wenn beide Wissensmodalitäten übereinstimmen.

Bei den aktuellen Fußgänger-Navigationsapplikationen ist zwischen beiden Wissensmodalitäten nicht selten eine **Diskrepanz** zu beobachten, die auf die inadäquate Zoom-Stufe zurückzuführen ist. Um dieser Diskrepanz entgegenzuwirken, ist die Skalierung der Darstellung seitens des Nutzers erforderlich. Möglicherweise kann dies aber dazu führen, dass der Nutzer die Darstellung fehlinterpretiert und infolgedessen den falschen Weg einschlägt.

Zur Behebung dieses Problems ist die standortangepasste Zoom-Stufe untersuchungsbedürftig. Insofern lag das **Erkenntnisinteresse** dieser Arbeit auf der Ermittlung der Einflussfaktoren auf die Zoom-Stufe. **Ziel** war es, den optimalen Kartenausschnitt mittels einer standortbezogenen Zoom-Stufe zu automatisieren. Zum Erreichen dieses Ziels wurde die leitende **Forschungsfrage** gestellt:

> Welche Parameter sind ausschlaggebend zur Anpassung der Zoom-Stufe in der mobilen Karte, um einen optimalen Kartenausschnitt zum Zweck der Selbstlokalisation zu bestimmen?

Aufgrund der fehlenden bzw. unzureichenden Kenntnisse über diese Thematik im Bereich der Kartographie erfolgte die Erkenntnisgewinnung durch exploratives, fächerübergreifendes Vorgehen. **Untersuchungszweck** waren die theoretische Herleitung und die empirische Identifizierung der Einflussfaktoren auf die zur Selbstlokalisation geeignete Zoom-Stufe. Da die raumbezogenen Faktoren (physikalische und beobachtbare Umweltmerkmale) und kartenbezogenen Faktoren (gestalterische Komponenten) Repräsentationen des erworbenen Standortwissens determinieren und sich aus diesen wiederum das Zoom-Verhalten ableitet, wurde angenommen, dass diese Faktoren einen Einfluss auf die Zoom-Stufen haben. Die angenommenen Faktoren waren: Größe und geometrische Form des sichtbaren Bereichs, Distanz zur fern liegenden Globalen Landmarke, Distanz zum ersten Abbiegepunkt in Blickrichtung sowie die Smartphone-Displaygröße. Die Frage, ob und inwiefern der einzelne angenommene Faktor die Zoom-Stufe beeinflusst, war die Aufgabe der zwei aufeinander aufbauenden empirischen **Feldexperimente**.

Bei der Bestimmung der Variablen lag der Fokus der empirischen Untersuchung auf der Raumgeometrie. Als wichtigste Einflussfaktoren stellten sich der Flächeninhalt des Umblickfeld-Polygons und die Distanz zum nächsten Abbiegepunkt heraus. Aus diesem **Ergebnis** wurde eine **handlungsleitende Empfehlung für die Gestaltungspraxis** in Form eines strukturierten Programmentwurfs (Nassi-Shneiderman-Diagramm) abgeleitet. Im Anschluss daran wurden die Gestaltung einer Evaluierungsstudie und künftige Themenschwerpunkte vorgeschlagen.

Diese angewandte Forschungsarbeit leistet einen **Beitrag** im Hinblick auf die Identifizierung der Zusammenhänge zwischen Wahrnehmungsraum im Umblickfeld und Zoom-Stufe beim Lösen der Selbstlokalisationsaufgabe.

Ferner stellt diese Erkenntnis in Verbindung mit dem entwickelten Prototyp einen großen Schritt in Richtung des Ziels dar, zu einer nutzerorientierten Gestaltung des Fußgänger-Navigationssystems zu gelangen.

Summary (Kurzfassung auf Englisch)

***Self-localisation** is an important process in map-based navigation in an unknown environmental space. With the help of graphic depictions (mobile maps) the user is supposed to comprehend where he is and how he and the surrounding objects are spatially related to each other. For this purpose, the acquired knowledge from direct and indirect sources (perception of object features in the viewing field as well as perception of depictions on the mobile map) should be matched to each other in order to deduce spatial decision and locomotion. A self-localisation task can only be solved successfully if these two sources of spatial knowledge correspond to each other.*

*Due to an inadequate zoom level, a discrepancy between these two sources can be observed in contemporary pedestrian navigation applications. In order to overcome the **discrepancy** between the location-related viewing field and the map display area on a smartphone screen, the user has to zoom in or zoom out the mobile map. However, it cannot be excluded that this zooming process lead to a misinterpretation of the graphic depictions. As a consequence, the user may choose the wrong direction during the navigation process.*

*In order to solve this problem, the location-adapted zoom level needs to be examined. Therefore, the **research interest** of this thesis was to determine factors having an influence on the zoom level. The **ultimate goal** was to design a map display area adjusting automatically by means of location-related zoom levels. The **central question** is:*

> *Which parameters are decisive in view of adjusting the zoom level in the mobile map to determine an optimum map display area for the purpose of self-localisation?*

*Due to a lack of research findings in the field of applied mobile cartographic, knowledge was achieved through an explorative interdisciplinary approach. The **purpose** was the theoretical derivation and empirical identification of factors influencing the zoom level in the context of a self-localisation task. It was assumed that not only spatial factors (environmental cues) but also cartographical factors (design components on mobile map displays) do have an influence on the location-related zoom level since both factors determine the cognitive representations of the acquired location-related knowledge. The zoom behaviour in particular is depending on these representations. The assumed factors were the following: size and geometric shape of the viewing field, distance to a distant global landmark, distance to the nearest turning point in walking direction and finally the smartphone display size. Answering the question, whether and to what extent each assumed factor influences the zoom level, was the task of the two consecutive empirical **field experiments**.*

*The variables applied in the empirical field experiments were derived from spatial geometry. The **results** showed that the most important factors were the area of the viewing field polygon and the distance to the nearest turning point. On the basis of this, a structogram was generated as a **guideline recommendation** for the design practice. Finally, an evaluation research design pointing to the future questions has been suggested.*

*This applied research can **contribute** to identifying the link between perception space in the viewing field and zoom level in the context of a self-localisation task. Furthermore, this finding combined with the developed prototype represents a big step towards achieving the goal of a user-centered design of pedestrian navigation systems.*

Vorwort und Danksagung

Seit fast 20 Jahren interessiere ich mich für die räumliche Orientierung und Navigation. Bis heute kann ich mich gut erinnern, dass ich im Alter von 19 Jahren die Reiseführerserien *«Getting Around China»* geschrieben und veröffentlicht habe. Damals habe ich mich über das positive Feedback sehr gefreut, wenn meine Leserinnen und Leser sich durch meine handgemalten Karten an ihren Urlaubsorten besser orientieren und navigieren konnten. Dieses Interesse begleitete mich sowohl in meinem Studium als auch in meinem Berufsleben, weiterhin beschäftigte ich mich mit der räumlichen Orientierung und Navigation die durch Karten, *signage* sowie Infografiken ermöglicht werden.

Der Kartenmaßstab ist eine der wichtigsten Komponenten des kartographischen Designs, denn es geht bei jeder Kartenerstellung stets zuerst um die Schlüsselfrage, welcher Kartenmaßstab gewählt werden sollte. Zur Beantwortung dieser Frage ergeben sich einige Kriterien bzw. Parameter in der kartographischen Gestaltungslehre, z. B. geographische Ausdehnung, graphische Generalisierung, Kartenzweck, Bedürfnis des Kartennutzers sowie Kartenausschnitt. Hingegen kommt es im Zusammenhang mit dem ursprünglichen Zweck der Karte – Navigation in einer unbekannten Gegend – nicht selten vor, dass ein von Kartographen definierter Kartenmaßstab den Nutzer nicht zufriedenstellt, sogar zu einer negativen Nutzungserfahrung oder zum Misslingen der Navigation führt.

> *„I dumped my pack and searched through it for my trail map. Appalachian Trail maps [...] vary somewhat, but most are on an abysmal scale of 1:000,000, which ludicrously compresses every kilometre of real world into a mere centimetre of map. Imagine a square kilometre of physical landscape and all that it might contain – logging roads, streams, a mountain top or two, perhaps a fire tower, a knob or grassy bald, the wandering AT and maybe a pair of important side trails – and imagine trying to convey all that information on an area the size of the nail on your little finger."*
>
> *Bill Bryson*

In Brysons Roman *«A Walk in the Woods»* ist der Wanderer wegen des Kartenmaßstabes frustriert, denn die schöne landschaftliche Gegend mit ihren Orientierungspunkten, die er während der Wanderung sieht und zum Zweck der Navigation benötigt, ist aufgrund des inadäquaten Kartenmaßstabes nicht dargestellt. In der Tat ist der Kartenmaßstab einer Printkarte nicht in der Lage, allen Zwecken zu dienen und jeden Kartennutzer zufriedenzustellen. Unmöglich ist es auch, alle von einem Individuum gewünschten Inhalte in Verbindung mit dem entsprechenden Ausschnitt des physikalischen Raums auf einem Stück Papier darzustellen, zumal der vordefinierte Kartenmaßstab in der Printkarte nicht nach Wunsch bzw. flexibel gewechselt werden kann.

Dank der Technik besteht heutzutage die Möglichkeit, dem Nutzer des Navigationssystems eine standortbezogene, sogar situative Zoom-Stufe anzubieten und in Echtzeit das Nutzerbedürfnis an die Informationen automatisch anzupassen. Obwohl dies bei den Auto-Navigationssystemen bereits weiter fortgeschritten ist, herrscht bei den kartengestützten Fußgänger-Navigationssystemen bislang immer noch Unklarheit, welche Faktoren die Auswahl der Zoom-Stufe in der mobilen Darstellung bedingen. Das Thema ist insofern forschungswürdig und forschungsbedürftig, als zum einen die Gebrauchstauglichkeit und die Nutzererfahrung der mobilen Karte durch das praxisnahe Ergebnis verbessert werden können und zum anderen der interdisziplinäre Ansatz zur Erkenntnisgewinnung für die Schaffung der Schnittstelle zwischen Kartengestaltung und Raumkognition von Nutzen sein kann. Insofern

war die Erstellung dieser Arbeit für mich eine große Herausforderung und persönlich bereichernde Erfahrung zugleich.

Die vorliegende Dissertationsschrift wurde von 2014 bis 2019 im Bereich der Geodäsie und Geoinformatik an der HafenCity Universität Hamburg verfasst. Während der Erstellung erhielt ich von vielen Seiten wertvolle Hilfe. Ganz herzlichen Dank all jenen, die mich auf vielfältige Weise unterstützt haben.

Mein besonderen herzlichen Dank gilt vorerst meinem sehr verehrten Doktorvater Prof. Dr.-Ing. habil. Jochen Schiewe von der HafenCity Universität Hamburg, der mich in sein Forschungsteam aufnahm und mein Promotionsvorhaben ermöglichte. Sein professionelles und konstruktives Vorgehen nehme ich mir stets zum Vorbild. Die zahlreichen Gespräche trugen nicht nur zu meiner Wissensbereicherung bei, sondern ermutigten mich auch immer wieder in den Phasen der Stagnation und des Zweifelns. Sowohl in der Zeit vor der Promotion als auch bei der Durchführung der Promotion stand er mir in den vergangenen sieben Jahren jederzeit mit Rat und Tat zur Seite. Ohne all dies wäre diese Arbeit gar nicht möglich gewesen.

Mein ganz besonders herzlicher Dank geht ebenfalls an meinen zweiten Betreuer Prof. Dr. rer. nat. habil. Frank Dickmann und seinen wissenschaftlichen Mitarbeiter Dr. rer. nat. Dennis Edler vom Geographischen Institut der Ruhr-Universität Bochum für die engagierte Betreuung und die vielfältige wissenschaftliche Unterstützung in den vergangenen fünf Jahren. Während der Fachtagungen und meiner Besuche an der Ruhr-Universität ergaben sich fachliche Diskussionen, die für jeden Forschungsfortschritt meiner Dissertation von großer Bedeutung waren. Ihre wertvollen Anregungen, nützlichen Vorschläge und konstruktiven Kritiken trugen zum guten Gelingen dieser Arbeit ausschlaggebend bei.

Herzlichen Dank an Diplom-Ingenieur Detlef Maiwald †, ehemaliger Vorsitzender der Sektion Hamburg/Schleswig-Holstein der Deutschen Gesellschaft für Kartographie e.V., für die Ermutigung, den Schritt zur Promotion zu wagen. Die zahlreichen Gespräche über die „zukünftige Kartographie“ werden mir immer als inspirierender Austausch in Erinnerung bleiben. Herzlichen Dank an Dr. Haosheng Huang, *Chair of Commission on Location-Based Services of International Cartographic Association* für eine Reihe fachlicher Diskussionen, die in die Gestaltung des Themas einflossen. Herzlichen Dank an alle jetzige und ehemalige Kolleginnen und Kollegen im *Lab for Geoinformatics and Geovisualization*, Dr.-Ing. Beate Tomio, Dr.-Ing. Christoph Kinkeldey, Johannes Kröger, Juiwen Chang, Inga Schlegel, Maike Schotten, Thomas Mensing, Annemarie Wisbar, Martin Knura, Anna-Lisa Tschirschwitz für die außerordentlich gute Zusammenarbeit, die Hilfe bei Problemen, die inspirierenden Diskussionen und die hervorragende Arbeitsatmosphäre. Insbesondere Johannes Kröger und Juiwen Chang bin ich sehr dankbar für die Programmierung zum Zweck der Datenerhebung. Ebenfalls ein ganz besonderer Dank geht an Dr.-Ing. Beate Tomio für die Durchsicht dieser Arbeit. Herzlichen Dank an Zoe Auberson von der schweizerischen Hochschule für Technik Rapperswil für die Durchführung der weiterführenden Evaluierungsstudie. Herzlichen Dank an die Dozentin Christiane Lomb Pelaia und den Diplom-Übersetzer und Dozenten Bruno Pelaia der Universität des Saarlandes für das sehr kritische sprachliche Korrekturlesen. Herzlichen Dank an zahlreiche Studentinnen und Studenten, Kolleginnen und Kollegen, Freundinnen und Freunden, meine empirische Feldexperimente mit der Teilnahme als Testpersonen unterstützt zu haben. Herzlichen Dank an Diplom-Ingenieur Gerhard Schlüter, den Geschäftsführer der *sis sign information system* GmbH, für das Verständnis meines Promotionsvorhabens und das Angebot der flexiblen Arbeitszeiten. Ganz herzlich bedanke ich mich bei der Hansestadt Hamburg und HafenCity Universität Hamburg, die mich durch das Stipendium und unterschiedliche finanzielle Förderungen unterstützten. Mein Dank gilt auch Gabriele Maiwald und Maria-Sander Ballnath für eine ständige, liebevolle Ermutigung.

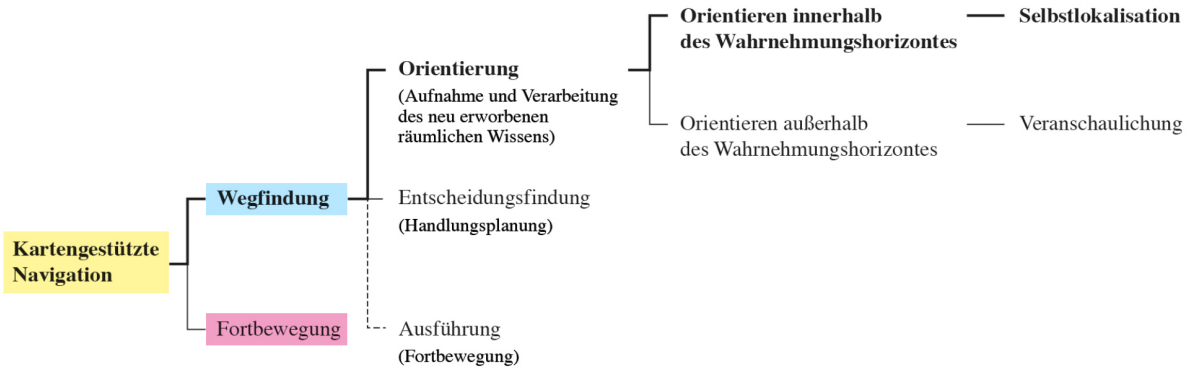
Schließlich möchte ich auch meinen Eltern und meiner Frau Zhun Zhong meinen herzlichen Dank aussprechen, die mich während dieser wichtigen Lebensphase stets unermüdlich unterstützten und mit vollen Kräften in unserem privaten Leben zur Seite standen.

Lesehinweise

Zur Erleichterung der Lesbarkeit und zur Erhöhung der inhaltlichen Verständlichkeit ist es empfehlenswert, dass die Leserinnen und Leser vorerst die folgenden Hinweise zur Kenntnis nehmen, bevor die Arbeit in vollem Umfang gelesen wird.

- **Strukturierung und Darstellung der Komplexität**

  Die inhaltliche Struktur wurde in einigen Abschnitten schematisch dargestellt (siehe Abbildung unten). Solche schematischen Darstellungen wurden in der Regel an den Anfang des jeweiligen Abschnitts positioniert. Ferner sind die betroffenen Kernbegriffe im Fließtext durch Fettschrift hervorgehoben. Ziel war es, die thematische Komplexität nachvollziehbar und anschaulich zu vermitteln und für einen roten Faden zu sorgen. Auch wenn sich der Forschungsfokus verengt, sollte der große, übergeordnete Forschungszusammenhang nicht verloren gehen.



Darken und Peterson (2002) sind der Auffassung, dass Fortbewegung und Wegfindung als zwei essentielle Bestandteile bezeichnet werden müssen, welche die **Navigation** ausmachen (vgl. Wiener et al. 2009). In Anbetracht dieser Grundannahme definiert Montello (2005) den Begriff Navigation wie folgt:

> *„Navigation is coordinated and goal-directed movement through the environment by organismus or intelligent machines" (Montello 2005, S. 257).*

Bei der **Fortbewegung** sind grundsätzlich die aktive Bewegung des eigenen Körpers (z. B. Laufen) und die passive Bewegung mit Unterstützung von Maschinen (z. B. mit dem Bus fahren) zu unterscheiden, wobei die aktive Bewegung ebenfalls durch Maschinen erfolgen kann (z. B. Autofahren) (Elias 2006). Hierbei entscheidet die Fortbewegungsart, wie Informationen visuell wahrgenommen und kognitiv verarbeitet werden (Elias 2006). Beispielsweise stellten Goldin und Thorndyke (1982) fest, dass das erworbene räumliche Wissen von Autofahrern verglichen mit Busreisenden unterschiedlich ausfällt. Um die koordinierte und zielorientierte Bewegung (Montello, 2005) des eigenen Körpers in einem Umgebungsraum zu ermöglichen, ist die **Wegfindung** unentbehrlich. Hierzu argumentierten Darken und Peterson (2002):

> *„Wayfinding is the cognitive element of navigation. It does not involve movement of any kind but only the tactical and strategic parts that guide movement. [...] wayfinding is not merely a planning stage*

- **Blockzitat**

  Die Zitate in Englisch wurden typografisch als Blockzitate dargestellt und einheitlich kursiv geschrieben. Die zitierten Inhalte aus der deutschsprachigen Literatur wurden überwiegend in den Fließtext integriert.

- **Kursivschrift**

  Im Kontext der Kartographie wurden einige Grundbegriffe, z. B. *you-are-here map*, in Englisch ausgedrückt, deshalb wurden sie nicht ins Deutsche übersetzt. Diese englischen Begriffe wurden durchgängig kursiv geschrieben.

- **Geschlechteridentitäten**

  Das generische Maskulinum wurde durchgängig verwendet. Dabei wurden weibliche und andere Geschlechteridentitäten ausdrücklich mitgemeint.

- **Verringerung redundanter Informationen**

  Die gleichen oder vergleichbaren Inhalte wurden mit einem Verweis in der Fußnote auf die entsprechende Textstelle des vorangegangenen Kapitels versehen.

- **Hinweise zur weiterführenden Literatur**

  Da die Gewinnung neuer Erkenntnisse mittels der empirischen Maßstäbe im Vordergrund stand, entfiel die wiederholende Darstellung der Forschungserkenntnisse, die ohnehin immer wieder thematisiert werden, z. B. Ausrichtungseffekt in Verbindung mit der mentalen Rotation. Dies wurde entweder durch Hinweise zur einschlägigen bzw. weiterführenden Literatur in den Fußnoten gegeben, oder durch Begriffserläuterung in diesen Lesehinweisen prägnant erläutert.

- **Platzierung der Abbildungen und Tabellen**

  Die Abbildungen und Tabellen, welche ummittelbar mit den Inhalten in Verbindung stehen und die inhaltliche Komplexität veranschaulichen sollen, wurden in den fließenden Text integriert. Die Tabellen, die der Darstellung der erhobenen Daten oder der statistischen Datenauswertung dienen (z. B. Test der Normalverteilung), befinden sich im Appendix.

- **Umgang mit der begrifflichen Unstimmigkeit**

  In dieser Arbeit wurden die geläufigen Begriffe der Kartographie verwendet und in der gesamten Arbeit einheitlich gehalten. Aufgrund der Heranziehung der Aspekte aus anderen Disziplinen sind begriffliche Unstimmigkeiten unvermeidlich. Um die Originalität der Aussagen des jeweiligen Wissenschaftlers möglichst wiederzugeben, wurden die autorenbezogenen Begriffe in den direkten und indirekten Zitaten unverändert beibehalten. Im Falle dessen wurden die in dieser Arbeit durchgehend verwendeten Begriffe in eckige Klammern gesetzt, z. B. Wegmarke [Lokale Landmarke].

- **Vorwissen über Kognition**

  Da die vorliegende Arbeit sich mit der Schnittstelle zwischen Kartographie und Raumkognition beim Lösen der Selbstlokalisationsaufgabe befasste, wurden Grundkenntnisse der Kognition beim Lesen dieser Arbeit vorausgesetzt; die Grundbegriffe, z. B. Kognition, kognitive Wahrnehmung, Repräsentationsformat, Prozess der Repräsentationen, Mentale Rotation, wurden im Rahmen dieser Arbeit nicht erklärt.

- **Standort, Standpunkt und Blickpunkt**

  In dieser Arbeit wurden drei Begriffe – Standort, Standpunkt und Blickpunkt – je nach inhaltlicher Betonung verwendet. Ein Standort ist ein geographischer Bereich, weshalb er an unterschiedlichen Standpunkten visuell wahrgenommen werden kann. Der Standpunkt ist mit dem *you-are-here* Punkt vergleichbar und weist

darauf hin, wo sich der Raumbetrachter aktuell befindet. Dabei werden die geographischen Koordinaten dieser Position betont. Der Blickpunkt (in Anlehnung an Herrmann et al. 1998) kann als egozentrischer Bezugspunkt (Weiß 2005) verstanden werden. Dabei steht der Raumbetrachter in Verbindung mit seiner Blickrichtung im Vordergrund, obwohl die geographischen Koordinaten des Blickpunktes und Standpunktes identisch sind.

- **Kartenmaßstab und Zoom-Stufe**

  In dieser Arbeit wurde der kartographische Maßstab (auch Kartenmaßstab) verwendet, um allgemeine Aussagen im Kontext der Kartographie zu treffen. Dabei wurde der Bildschirmmaßstab bzw. die Zoom-Stufe ausdrücklich einbezogen. Wenn es aber ausschließlich um den Bildschirmmaßstab in der mobilen Darstellung ging, wurde der kartographische Maßstab durch die Zoom-Stufe eindeutig ausgedrückt. Obgleich die Zoom-Stufe und der Kartenmaßstab in einer engen Verbindung stehen, dürfen sie nicht gleichgesetzt werden, da die Zoom-Stufe insbesondere von der Auflösung des Displays und von der Kartenprojektion abhängt.

- **Begriffserläuterung: Mentale Rotation**

  Das Paradigma der Mentalen Rotation wurde im Experiment von Shepard und Metzler (1971) in die kognitive Psychologie eingeführt. „Bei der mentalen Rotation (MR) handelt es sich [...] um eine spezielle kognitive Fähigkeit, räumliche Informationen mental zu repräsentieren und diese Repräsentation durch Drehung um die drei Raumachsen zu transformieren“ (Kaltner 2015, S. 6; vgl. Wiedenbauer 2006). Bei der kartengestützten räumlichen Orientierung kommt der Mentalen Rotation eine Schlüsselfunktion zu; es ist unabdingbar, „Objekte im Verhältnis zu sich selbst wahrzunehmen, Positionen einzuschätzen und die dreidimensionale Position im Raum auf eine zweidimensionale Perspektive zu übertragen“ (Pellkofer 2016, S. 8). Nach Linn und Petersen (1985) gehört Mentale Rotation neben räumlicher Veranschaulichung (*spatial visualization*) und räumlicher Orientierung (*spatial perception*) zu einer der Hauptfaktoren der räumlichen Fähigkeit.

- **Vorveröffentlichungen**

  In Zustimmung mit dem Promotionsausschuss der HafenCity Universität wurde diese Dissertation in den folgenden *peer-reviewed scientific journals* teilweise veröffentlicht:

  > Wei, B. und Schiewe, J. (2019): Influence of Viewing Field on Zoom Levels in Pedestrian Orientation Task Using Smartphones. In: H. Fujita (Hg.), Proceedings of the International Cartographic Association, Bd. 2, 144.
  >
  > Wei, B. und Schiewe, J. (2017): Anpassung des Kartenausschnitts an das Umblickfeld zur verbesserten Fußgänger-Navigation mit dem Smartphone. Kartographische Nachrichten, 66(4): 192-201.
  >
  > Wei, B. (2014): Entwicklung eines Fußgänger-Orientierungssystems auf der Basis gruppenkommunikativer Geoinformationen. Kartographische Nachrichten, 64 (6): 316-324.

  Eine Evaluierungsstudie, welche die wesentlichen Erkenntnisse dieser Arbeit überprüft, wurde bereits mit Koautor Jochen Schiewe (HafenCity Universität Hamburg) und Koautorin Zoe Auberson (Hochschule für Technik Rapperswil) durchgeführt und ausgewertet. Das Forschungsergebnis mit dem Titel *„Evaluation of the Optimal Zoom Levels for Self-Localization“* wurde beim Deutschen Kartographie Kongress 2019 im Rahmen der INTERGEO in Stuttgart präsentiert und wird voraussichtlich Ende des Jahres 2020 veröffentlicht werden.

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung i

Vorwort und Danksagung iii

Lesehinweise v

Abbildungsverzeichnis xiii

Tabellenverzeichnis xv

1 Einleitung 1

1.1 Forschungsthema 2

1.2 Problemstellung 5

1.3 Untersuchungsgegenstand 7

1.4 Zielsetzung und leitende Forschungsfrage 9

1.5 Weg der Erkenntnisgewinnung 9

1.5.1 Untersuchungszweck 9

1.5.2 Forschungsrahmen 10

1.5.3 Methode der Erkenntnisgewinnung 12

1.6 Struktur und Gliederung 13

2 Forschungslage und Herleitung der Thesen 15

2.1 Einordnung der Selbstlokalisation in den Untersuchungszusammenhang 16

2.2 Erwerb des räumlichen Wissens 21

2.2.1 Stufen des räumlichen Wissens 21

2.2.2 Räumliches Wissen aufgrund unterschiedlicher Modalitäten 23

2.2.3 Direkterwerb des räumlichen Wissens 25

2.2.4 Indirekterwerb des räumlichen Wissens 32

2.3 Forschungsdefizit und Erkenntnisinteresse 35

2.4 Verständnis der Repräsentationen 39

2.5 Herleitung der Thesen 41

2.5.1 Größe des sichtbaren Bereichs 42

2.5.2 Geometrische Form des sichtbaren Bereichs 44

2.5.3 Landmarke 47

2.5.4 Abbiegepunkt 51

2.5.5 Displaygröße 54

3 Konzipierung der Untersuchungsreihe . . . 55
3.1 Voraussetzungen und Grundannahmen . . . 56
3.2 Konzept des Umblickfeld-Polygons und Bestimmung der Variablen . . . 62
3.2.1 Definieren der abhängigen und unabhängigen Variablen . . . 62
3.2.2 Kontrollvariablen und Störfaktoren . . . 68
3.3 Forschungsfragen und methodenexterne Triangulation . . . 70
3.3.1 Methodenexterne Triangulation . . . 71
3.3.2 Quantitative Datenerhebung und Datenauswertung . . . 72
3.3.3 Qualitative Datenerhebung und Datenauswertung . . . 74
3.4 Aufbau der Untersuchungsreihe . . . 75

4 Feldexperiment A: Einfluss der Umblickfeld-Parameter auf die Zoom-Stufe . . . 77
4.1 Aufbau . . . 78
4.1.1 Auswahl der Umblickfeld-Polygone . . . 78
4.1.2 Forschungsfragen, Auswertungsmethoden und Variablen . . . 80
4.1.3 Forschungsdesign . . . 82
4.1.4 Aufgaben . . . 83
4.1.5 Erhebungsmethoden und Erhebungsinstrumente . . . 84
4.2 Rekrutierung der Testpersonen und Durchführung . . . 85
4.2.1 Rekrutierung der Testpersonen . . . 85
4.2.2 Durchführung . . . 85
4.3 Ergebnisse . . . 87
4.3.1 Ergebnis A1 . . . 87
4.3.2 Ergebnis A2 . . . 89
4.3.3 Ergebnis A3 . . . 95
4.3.4 Ergebnis A4 . . . 98
4.4 Ergebniszusammenfassung und zukünftige Fragen . . . 103
4.4.1 Ergebniszusammenfassung . . . 103
4.4.2 Zukünftige Fragen . . . 104

5 Feldexperiment B1: Einfluss der Displaygröße auf die Zoom-Stufe . . . 107
5.1 Aufbau . . . 107
5.1.1 Forschungsfragen und Variablen . . . 107
5.1.2 Forschungsdesign und Auswertungsmethode . . . 108
5.1.3 Erhebungsmethode, Erhebungsinstrument und Aufgaben . . . 110
5.2 Rekrutierung der Testpersonen und Durchführung . . . 111
5.3 Ergebnis . . . 112
5.3.1 Ergebnis der statistischen Analyse . . . 112
5.3.2 Exemplarische Auswertung der qualitativen Daten . . . 116
5.4 Beantwortung der Forschungsfragen und zukünftige Fragen . . . 117

6 Feldexperiment B2: Einfluss des nächsten Abbiegepunktes auf die Zoom-Stufe . . . 121
6.1 Aufbau . . . 121
6.1.1 Forschungsfrage und Variablen . . . 121
6.1.2 Forschungsdesign und Auswertungsmethode . . . 122

6.1.3 Erhebungsmethode, Erhebungsinstrument und Aufgaben . . . 123
6.2 Rekrutierung der Testpersonen und Durchführung . . . 124
6.3 Ergebnis und Beantwortung der Forschungsfrage . . . 125
6.3.1 Ergebnis der statistischen Analyse . . . 125
6.3.2 Exemplarische Ergebnisvalidierung . . . 127
6.4 Diskussion über zukünftige Fragen . . . 128
7 Gesamtdiskussion und Ausblick . . . 131
7.1 Ergebniszusammenfassung und Limitationen . . . 132
7.2 Gesamtdiskussion . . . 136
7.2.1 Konzept der Umblickfeld-Parameter . . . 136
7.2.2 Übertragbarkeit der Ergebnisse . . . 138
7.2.3 Angewandte Methoden . . . 139
7.3 Handlungsleitende Empfehlung für die Gestaltungspraxis . . . 141
7.3.1 Konstruktion des Nassi-Shneiderman-Diagramms . . . 141
7.3.2 Vorschlag für das Design der Evaluierungsstudie und beispielhafte Datenerhebung . . . 143
7.4 Zukünftige Fragen . . . 146
7.5 Forschungsbeiträge . . . 151
7.6 Forschungsperspektive . . . 152
Literaturverzeichnis . . . 153
Appendix . . . 173

Abbildungsverzeichnis

1 Herangehensweise an das Thema . . . 10
2 Kernpunkte der Forschungsinhalte . . . 14

3 Einordnung der Selbstlokalisation in den Untersuchungszusammenhang . . . 16
4 Erwerb des Navigationswissens in einer Mischform . . . 23
5 Einordnung des Raumbegriffs in den Untersuchungszusammenhang . . . 25
6 Kategorisierung von Räumen (Freundschuh und Egenhofer 1997) . . . 28
7 Wechsel zwischen Raumtypen (graphisch angepasst nach Freundschuh und Egenhofer 1997) . . . 30
8 Ein Stadtraumtypus in drei verschiedenen Maßstäben (Krier 1975) . . . 30
9 Einteilung des Vista Raums (Ausschnitt) . . . 31
10 *fullview*, *39% view* und *13% view* (Dillemuth 2008) . . . 34
11 Diskrepanz zwischen direkt und indirekt erworbenem Wissen infolge inadäquater Zoom-Stufen . . . 38
12 Mentale Repräsentationen (graphisch interpretiert nach Herrmann 1988) . . . 39
13 Herleitung der Forschungsthesen . . . 40
14 Blick-Tendenz auf die längste Sichtachse (Wiener et al. 2012) . . . 43
15 Bivariate Anayse (Emo 2014) . . . 44
16 Unterschiedliche Erscheinung der Lokalen Landmarken je nach Blickpunkt (Wei 2014) . . . 49
17 Entscheidungspunkte und Abbiegepunkte . . . 52
18 Hippocampus kodiert räumliche Metriken (Javadi et al. 2017 zitiert in Epstein et al. 2017) . . . 53

19 *isovist* wird beschrieben durch Ortsvektoren $r = [x, v']$ der Länge $l_{x,\theta}$ (Benedikt 1979) . . . 63
20 Drei *isovists* (Benedikt 1979) . . . 63
21 Konzept des Umblickfeld-Polygons (in Anlehnung an Wei und Schiewe 2017) . . . 65
22 Methodenexterne Triangulation in diesem Untersuchungszusammenhang . . . 72
23 Aufzeichnung und Auswertung des maximalen Kartenausschnitts . . . 74

24 Ausgewählte Blickpunkte bzw. Umblickfeld-Polygone (Feldexperiment A) . . . 78
25 Standardansichten in Zoom-Stufe 17 für acht ausgewählte Blickpunkte (Feldexperiment A) . . . 84
26 Mittelwertvergleich der Zoom-Stufen an acht ausgewählten Blickpunkten (Feldexperiment A) . . . 90
27 Gegenüberstellung des einzelnen Umblickfeld-Parameters und der Zoom-Stufe (Feldexperiment A) 91
28 Vergleich zwischen Zoom-Stufen 18 und 19 (Blickpunkt 1) . . . 93
29 Vergleich zwischen Zoom-Stufen 18 und 18,5 (Blickpunkt 2) . . . 93
30 Beispielhafte qualitative Auswertung an Blickpunkt 8 (Feldexperiment A) . . . 94
31 Schematische Darstellung der Kartenausschnitte (Feldexperiment A) . . . 96
32 Bildanalyse (Feldexperiment A) . . . 97
33 Ergebnis des *t*-Tests (Feldexperiment A) . . . 99
34 Zeitdauer zur Entscheidung einer Zoom-Stufe seitens der Testpersonen . . . 100

35 Vergleich der Entscheidungsbezogenen Objekte zwischen Blickpunkten 3 und 6 101

36 Standardansichten auf zwei Smartphone-Displays an gleichen Blickpunkten (Feldexperiment B1) . 110
37 Paarvergleiche (Feldexperiment B1) 112
38 Kein nachweisbarer Unterschied der Zoom-Stufe zwischen Nutzung des 4" und 6,2" Displays . . 113
39 Mittelwertvergleich der eingestellten Zoom-Stufen an fünf Blickpunkten (Feldexperiment B1) . . 114
40 Exemplarische Ergebnisvalidierung (Feldexperiment B1) 117
41 Diskussion über die Positionierung des *you-are-here* Punktes 118
42 Übertragbarkeit des Ergebnisses auf andere Displaygröße 119

43 Zur Verfügung stehende Kartenausschnitte an Blickpunkt 9 (Feldexperiment B2) 124
44 Vergleich der Orientierungspunkte (Feldexperiment B2) 127
45 Betreten der gleichen Kreuzung je nach Laufrichtung (Janzen 2000) 129
46 Betreten ähnlicher Kreuzungen mit unterschiedlichen Abbiegemöglichkeiten (Klippel 2003) . . . 129

47 Theoretische Reflexion 135
48 Programmablauf zur Automatisierung der standortbezogenen Zoom-Stufe 142
49 Benutzeroberfläche der programmierten Webapplikation 144
50 Beispielhaftes Evaluierungsergebnis 1 145
51 Beispielhaftes Evaluierungsergebnis 2 145
52 Beispielhaftes Evaluierungsergebnis 3 146
53 Einflussfaktoren auf die Zoom-Stufe (in Anlehnung an Ahmadpoor und Shahab 2019) 147
54 Landmarke *on-screen* und *off-screen* (Li et al. 2014b) 149
55 Programmiercode (Teil I) 179
56 Programmiercode (Teil II) 180

Tabellenverzeichnis

1 Aufzeigen der Forschungslücke 37

2 Übersicht der angewandten Methoden in der Untersuchungsreihe 76

3 Umblickfeld-Parameter der ausgewählten Umblickfeld-Polygone (Feldexperiment A) 79
4 Reihenfolge der Blickpunkte bei der Durchführung (Feldexperiment A) 82
5 Qualitative Auswertung des Einflusses von Globalen Landmarken (Feldexperiment A) 98
6 Mittelwert der Zeitdauer bei der Aufgabenerledigung (Feldexperiment A) 99
7 Anzahl der Erledigung ohne Änderung der Zoom-Stufe (Feldexperiment A) 102

8 Forschungsdesign (Feldexperiment B1) 109
9 Studienübergreifende Diskussion 115

10 Forschungsdesign (Feldexperiment B2) 122
11 Ränge (Feldexperiment B2) 125
12 Paarweise Vergleiche (Feldexperiment B2) 126
13 Studienübergreifende Diskussion 126

14 Limitationen der empirischen Ergebnisse 134
15 Ausgewählte Umblickfeld-Polygone und die damit verbundenen Umblickfeld-Parameter 175
16 Erhobene demographische Daten der Testpersonen (Feldexperiment A) 175
17 Korrelationsanalyse (Feldexperiment A) 176
18 Test auf Normalverteilung (Feldexperiment A) 176
19 Test auf Normalverteilung (Feldexperiment A) 176
20 Test auf Normalverteilung (Feldexperiment A) 177
21 Test auf Normalverteilung (Experiment B1) 177
22 Levene-Test auf Varianzgleichheit und *t*-Test für die Mittelwertgleichheit (Experiment B1) 177
23 Test auf Normalverteilung (Experiment B1) 177
24 Test auf Normalverteilung (Feldexperiment B1) 178
25 Rangkorrelationskoeffizient (Feldexperiment B2) 178

1

Einleitung

Ursprung des kartographischen Wirkens ist es, die Orientierung in einem unbekannten Umgebungsraum, eines der wichtigsten menschlichen Bedürfnisse, durch die entsprechenden Darstellungen zu ermöglichen (in Anlehnung an Kohlstock 2018). Aufgrund der *state-of-the-art* Technologie ist die Fußgänger-Orientierung heute wesentlich durch die *turn-by-turn* Navigationsapplikationen auf Smartphones geprägt. Dennoch ist diese vermeintlich einfache Aufgabe ein facettenreicher Untersuchungsgegenstand, der eine Schnittstelle zwischen mehreren Wissenschaftsdisziplinen bildet. Neben den Erkenntnissen der Geoinformatik und Kartographie werden dabei auch solche aus Architektur, Geographie, Interaktionsdesign, Kognitionswissenschaft (z. B. Psychologie, Neurokognitionpsychologie und Sprachpsychologie) sowie Mensch-Computer-Interaktion herangezogen (in Anlehnung an Schlender 2008).

Ungeachtet der vielfältigen technischen Einsatzmöglichkeiten, z. B. visuelle, auditive (Maaß und Schmauks 1998; Jones et al. 2008) und taktile Ansätze (Pielot et al. 2012) sowie *augmented reality* (Kluge 2012) liegen der Orientierung kognitive Leistungen zugrunde (Schlender 2008). Daher sollten Erkenntnisse aus dem Bereich der Raumkognition als fundamental für die Entwicklung aller Arten von Orientierungssystemen erachtet werden.

Ausgehend von dieser Grundannahme wird die vorliegende fächerübergreifende Arbeit auf die Schnittstelle zwischen dem Kartendesign und der Raumkognition beim Lösen der Fußgänger-Selbstlokalisationsaufgabe eingegrenzt. Hierbei liegt der Schwerpunkt insbesondere auf der Identifizierung der raumbezogenen und kartenbezogenen Faktoren, die einen Einfluss auf die standortbezogene Zoom-Stufe in der mobilen Karte haben. Aufgrund dieser Überlegung gliedert sich das anschließende Kapitel wie folgt:

- **Forschungsthema** (Abschnitt 1.1)

  Als Einstieg wird das Forschungsthema Selbstlokalisation (Abgleichsprozess) vorgestellt.

- **Problemstellung** (Abschnitt 1.2)

  Zur Bestimmung der Zoom-Stufe mangelt es bei aktuellen Navigationsapplikationen an der Berücksichtigung des kognitiven Prozesses des Fußgängers. Die inadäquate Zoom-Stufe erschwert das Lösen der Selbstlokalisationsaufgabe und erhöht somit die Gefahr des sich Verlaufens.

- **Untersuchungsgegenstand** (Abschnitt 1.3)

  Ausgehend von dieser Problemstellung wird die Zoom-Stufe in der mobilen Karte als Untersuchungsgegenstand festgelegt, weil sie vom Nutzer der Navigationsapplikation zum Zweck der Selbstlokalisation benötigt wird. Diese Zoom-Stufe bestimmt, welcher Ausschnitt des physikalischen Raums standortbezogen auf dem Smartphone-Display dargestellt werden sollte.

- **Zielsetzung und forschungsleitende Frage** (Abschnitt 1.4)

  Um das oben genannte Problem zu beheben, zielt die vorliegende Forschungsarbeit darauf ab, die standortbezogene Zoom-Stufe zu automatisieren. Zum Erreichen dieses Ziels stellt sich die zentrale Forschungsfrage: Welche Parameter sind ausschlaggebend zur Anpassung der Zoom-Stufe in der mobilen Karte, um einen optimalen Kartenausschnitt zum Zweck der Selbstlokalisation zu bestimmen?

- **Untersuchungszweck und Weg zur Erkenntnisgewinnung** (Abschnitt 1.5)

  Der Untersuchungszweck ist die Identifizierung der Einflussfaktoren auf die Zoom-Stufe, die von den Erkenntnissen der Raumkognition und der kognitiven Kartographie hergeleitet sind. Um diesen Zweck zu erfüllen, wird der Forschungsrahmen vorgestellt und die methodologische Vorentscheidung getroffen.

- **Gliederung und Struktur** (Abschnitt 1.6)

  Um den Lesern einen besser strukturierten Überblick zu verschaffen, wird die Gliederung dieser Arbeit vorgestellt. Ferner werden die inhaltlich-thematische Struktur und die Zusammenhänge einzelner Kapitel durch eine Graphik anschaulich dargestellt.

1.1 Forschungsthema

Orientierung mit Karten in einem unbekannten Umgebungsraum beginnt mit einem Abgleichsprozess (*matching process*, Schäfer 1984; Warren 1994; Bollmann und Uthe 2002; Wrenger 2015) zwischen dem wahrgenommenen Raum im Umblickfeld und der wahrgenommenen Darstellung in der Karte. Hierbei hoben Warren et al. (1990) hervor:

> *„Most generally, it is clear that a full account of the use of a map to orient oneself in a spatial environment will depend on an understanding of two areas. These are: (a) the perception of features of environments as well as of maps, and (b) the cognitive processes involved in understanding the correspondence between the spatial array of an environment and the representation of that array on the map“ (Warren et al. 1990, S. 150*).

Schniotalle (2003) sprach hier von zwei Wahrnehmungsprozessen: Wahrnehmen des Geländes und Wahrnehmen der Karte. Levine et al. (1982) bezeichneten dies als *structure matching*. Warren (1994) beschrieb dies als *„compare feature of our surrounding with features of a map“*.

„Die Fähigkeit, räumliche Informationen zwischen Karte und Bezugsraum in wechselseitiger Richtung miteinander abzugleichen, wird als Fähigkeit zur wechselseitigen Transformation bezeichnet [...]“ (Wrenger 2015, S. 21 f). Dabei werden die physisch-situativen Raummerkmale mental[1] mit entsprechenden, in der Karte angebotenen, abstrakteren Informationen verknüpft oder vice versa (Bollmann und Uthe 2002; Wrenger 2015). Durch die Verknüpfung der kognitiv wahrgenommenen Informationen aus beiden Wissensmodalitäten weiß der Kartennutzer, wo er sich in diesem Raum befindet und in welcher Beziehung er und die umliegenden Objekte zueinander stehen. Darum ist dieser Abgleichsprozess mit der kognitiven Wahrnehmungsfähigkeit unmittelbar verknüpft und als Vorgang der Problemlösung zu betrachten (Lobben 2004). In dieser Arbeit wird dieser Abgleichsprozess als Selbstlokalisation bezeichnet.

[1] Der Begriff „mental“ in Verbindung mit Repräsentationen ist erläuterungsbedürftig (Herrmann 1988). Aufgrund des umstrittenen Begriffsverständnisses geht diese Arbeit ausschließlich von der Auffassung von Herrmann (1988) aus. Weitergehende Betrachtung des Themas siehe Abschnitt 2.4, S. 39 ff

In diesem Prozess ist es erforderlich, dass der Kartennutzer „einerseits versteht, wie die örtliche Realität kartographisch abgebildet ist, um sich mithilfe der Kartendarstellung ein Landschaftsobjekt realitätsbezogen vorzustellen oder wieder zu erkennen, andererseits muss er in der Lage sein, dies vor Ort zuzuordnen“ (Wei 2014, S. 316 f). Hierbei setzt der gelungene Abgleichsprozess voraus, dass das visuell kognitiv Wahrgenommene und das kartographisch Dargestellte übereinstimmen. Darum bezeichneten Warren et al. (1990) dieses Kongruenz-Sein als *map-environment correspondence*. Obgleich dieser Abgleichsprozess nur einen kleinen Teil der kartengestützten Orientierung ist, hat er eine ausschlaggebende Bedeutung für eine gelungene Navigation und für die Nutzungserfahrung mit Karten (in Anlehnung an Lobben 2007).

Bei Lobben (2004) werden **Veranschaulichung** (*visualization*) und **Selbstlokalisation** (*self-localization*) unterschieden, wobei beide in einem Navigationsprozess wechselseitig voneinander abhängig sind, einander wechselseitig stützen und beeinflussen.

> *„This act of seeing with the mind's eye, or developing a mental representation as a result of seeing a visual image, will be referred to as **visualization**. [...] The process involves encoding spatial information acquired from the source (in this case, the navigation map) and comparing the encoded data to the environment to determine upcoming consequences (what the map reader will see in the environment as he travels one mile down the road). [...] The term **self-location** refers to a person's ability to effectively relate the clues on the map to the represented real-world. Map readers solve the problem of determining their location on the map by recognizing real-world landmarks and relationships (clues), putting those clues together, and placing themselves on the map. [...] Self-location is similar to visualization in that both require the reader to work between the two-dimensional map and the threedimensional world. But, while visualization is associated with the map-to-environment task, requiring the map user to refer to the map during navigation and then to visualize or predict what lies ahead, self-location is associated with the environment-to-map task and is essentially a problem-solving act. Unlike visualization, which is presumably a continuous process occurring while the map reader is in the process of navigating, self-location is discrete and will take place at the start of navigation when locating oneself on the map, at the end of navigation, and in between at critical junctures such as when ‚double-checking' location or correcting erroneous decisions (getting lost)“ (Lobben 2004, S. 276 f).*

Die Veranschaulichung als *map-to-environment relationship* (Lobben 2004) ist ein klassischer Forschungsgegenstand der kognitiven Kartographie mit dem Schwerpunkt der kartographischen Kommunikation. Dabei handelt es sich um eine symbolische Transformation bzw. um eine mentale Transformation (Crampton 1992). Es wird angestrebt, dass die von Kartographen transformierte Realität in Form der graphischen Darstellung und die vom Kartennutzer extrahierte (mental repräsentierte) Realität möglichst in Einklang gebracht werden (in Anlehnung an Freitag 2001: Kommunikation der kartographischen Information).

Der Begriff Selbstlokalisation wird in der deutschen Literatur nur selten verwendet und in der englischen Literatur nicht einheitlich gebraucht. Während einige Wissenschaftler den Begriff als *self-location* oder *self-localization* (Warren 1994; Lobben 2004, 2007) bezeichnen, verwenden andere Wissenschaftler die Bezeichnung *reorientation* (Hermer und Spelke 1994; Wang et al. 1999; Lee und Spelke 2010; Radoczky 2007; Meilinger 2007, 2008a) oder *geo-identification* (Delikostidis und van Elzakker 2009). Trotz der begrifflichen Unstimmigkeiten ähneln sich die Definitionen von unterschiedlichen Wissenschaftlern:

> *„[...] we define reorientation as trying to regain one's position, i.e., location and heading, with respect to an internal or external representation of an environment“ (Meilinger 2007, S. 26).*

> *„Personal geo-identification is the understanding of "where am I?" in geographic space in terms of a mentally translated and identified personal location in the real world. In case of mobile map users, the main information sources are the environment, the representation thereof in terms of (carto)graphics on the interface of the mobile device and the mental maps of the users" (Delikostidis und van Elzakker 2009, S. 187).*

Die klassische Selbstlokalisationsaufgabe ist, dass es dem Kartennutzer möglich ist, seinen aktuellen Standpunkt in einer Printkarte zu verorten bzw. wiederzuerkennen (Warren 1994; Meilinger et al. 2007; Liben et al. 2010). Levine et al. (1982) schlugen ein so genanntes *two-point theorem* vor: Der Bezug zwischen Karte und Raum lässt sich mindestens durch zwei Referenzpunkte herstellen. Aretz (1991) stellte fest, dass der Standpunkt durch einen einzelnen Referenzpunkt nicht eindeutig in der Karte lokalisiert werden kann; durch einen zweiten Referenzpunkt kann die Mehrdeutigkeit verringert werden. Wenn dies gelingt, ist der Standpunkt bestimmt, anders ausgedrückt: der Kartennutzer hat sich lokalisiert. Daher wurde der Selbstlokalisationsprozess von Aretz (1991) auch als *triangulation* bezeichnet.

Vermeintlich wird die Selbstlokalisation häufig als eine zu einfache Aufgabe angesehen. Denn diese Aufgabe wird als die Suche des eigenen Standpunktes in der Karte interpretiert, welcher heutzutage in der Regel durch ein *you-are-here* Symbol dargestellt ist. Jedoch bedeutet eine Selbstlokalisationsaufgabe nicht bloß, den aktuellen Standpunkt anhand der Orientierungspunkte in der Karte zu markieren; es kann auch sein, dass die von einem Blickpunkt aus wahrgenommenen Orientierungspunkte anhand des vorgegebenen *you-are-here* Symbols wiederzuerkennen sind (in Anlehnung an Lobben 2004, 2007). Ungeachtet dessen handelt es sich dabei um einen kognitiven Prozess im Hinblick auf das Erstellen der Verbindung zwischen dem direkt erworbenen Standortwissen durch die Raumwahrnehmung und dem indirekt erworbenen Standortwissen durch das Kartenlesen.

Lobben (2004) bezeichnete die Selbstlokalisation als die *environment-to-map relationship*, denn der Wahrnehmungsraum im Umblickfeld als Bezugsraum bei der Selbstlokalisation steht an erster Stelle.

> *„[...] the subject has to relate his or her location in the environment to the corresponding location on the map, and vice versa. To accomplish this task, the person could observe objects in the environment (intersections, bridges, buildings) and identify corresponding patterns of objects in the map in order to determine correct location on the map" (Lobben 2007, S. 68).*

Im Rahmen eines *navigational map reading ability test* ist Lobben (2007) zu dem Schluss gekommen, dass sich die Fähigkeit der Selbstlokalisation als der einflussreichste Prozess beim Kartenlesen im Vergleich zu ihren anderen vier Fähigkeiten (*wayfinding, route memory, place recognition, map rotation*) identifizieren lässt.

> *„Self-location [...] was identified [...] as being the most influential process in map reading. As a result, self-location may be not only a means to discriminate between good and poor map navigation but one of the keys to teaching better navigational map reading" (Lobben 2007, S. 83).*

Die Selbstlokalisation ist zwar beim Lösen einer Orientierungs- und Navigationsaufgabe von essenzieller Bedeutung, wurde aber selbst in der Raumkognition nur ansatzweise behandelt (Lobben 2004). Die raumkognitiven Erkenntnisse über die Selbstlokalisation wurden zwar mehrfach im Kontext der kartengestützten Orientierung und Navigation hinterfragt, bislang jedoch nur wenig dazu genutzt, um die kartographischen Gestaltungsprinzipien auszubauen.

1.2 Problemstellung

Bereits vor mehr als 15 Jahren wurde der Einfluss des situativen Kartenausschnitts in Verbindung mit unterschiedlichen Zoom-Stufen auf das Navigations- bzw. Orientierungsverhalten bei der Auto-Navigation thematisiert (Uang und Hwang 2002; Li und Ho 2004; Lee et al. 2008). Das Wort situativ bezeichnet hier den räumlichen Zustand in der Wahrnehmung, d. h. es umfasst nicht nur die geometrische Lage der Objekte im physikalischen Raum, sondern auch die zeitlichen, dynamischen Aspekte sowie situative Rahmenbedingungen (z. B. Baustellen und Tempo-30-Zonen).

In Anlehnung an die Zeitgeographie[2] untersuchten Dillemuth et al. (2007) die Einflussfaktoren auf die Zoom-Stufe in Verbindung mit situativen Kartenausschnitten. Durch die Ergebnisse kann konstatiert werden, dass die Zoom-Stufe durch einen oder mehrere Faktoren wie Geschwindigkeit, Straßentyp, Kreuzung und Länge der definierten Route, bestimmt werden kann (Dillemuth et al. 2007). Dabei spielen die Abbiegepunkte (*key decision-making points*, Wu und Zhang 2009) ebenfalls eine wichtige Rolle. Durch bedeutungsvolle Zoom-Stufen in Verbindung mit den Kartenausschnitten, die auch zeitliche und verhaltensbedingte Aspekte einbeziehen, können entsprechende bzw. situationsspezifische Informationen an Autofahrer übermittelt werden (Dillemuth et al. 2007). Beispielsweise wird ein Kartenausschnitt mit einer kleineren Zoom-Stufe (groß dargestelltes Gebiet) bei höheren Geschwindigkeiten erzeugt. Die Karte wird automatisch heranzoomt (größere Zoom-Stufe bzw. klein dargestelltes Gebiet), wenn das Fahrzeug nahe an einen Abbiegepunkt (z. B. Verkehrsinsel, Kreuzung oder Einmündung) fährt. Ramos et al. (2016) belegten, dass Kartenmaßstäbe 1:6.000 und 1:3.000 häufig je nach Situation von Autofahrern verwendet wurden. Es ist Ramos et al. (2016) ein besonderes Anliegen, dass Navigationssysteme dem Autofahrer mehrere Zoom-Stufen bieten, Informationen über die Route liefern und so dem Autofahrer helfen, die Fahrrichtung in einer sehr kurzen Zeit zu identifizieren. Die situative Zoom-Stufe mittels der identifizierten Parameter ist heutzutage in den meisten kommerziellen Auto-Navigationssystemen integriert und trägt in hohem Maße zur Erleichterung der Orientierung bei. Allerdings ist die Bedeutung der standortbezogenen Zoom-Stufe bei der Fußgänger-Orientierung vernachlässigt bzw. gänzlich ignoriert.

Im Vergleich zum Orientierungsverhalten des Autofahrers hat der Fußgänger eine große Freiheit im Speziellen von Fortbewegung (Kluge 2012; Bauer et al. 2014) und Blickverhalten (Tetzner 2008). Aufgrund dessen wird ein identischer Ausschnitt des physikalischen Raums vom Fußgänger visuell anders wahrgenommen als vom Autofahrer:

- **Fortbewegung**

  Da die Laufroute des Fußgängers nicht streng an den Straßenverlauf bzw. nur teilweise an ein festes Wegenetz gebunden ist, kann eine vorgesehene Navigationsstrecke abgekürzt werden (Radoczky 2007; Bauer et al. 2014). Ferner kann der Fußgänger sich wechselnd zwischen Innen- und Außenraum bewegen (Rehrl et al. 2005; Radoczky 2007). Da das Lauftempo auf unterschiedlichen Strecken sich nur geringfügig oder überhaupt nicht verändert, ist die Fortbewegungsgeschwindigkeit als Parameter zur Bestimmung des Kartenmaßstabes wohl überflüssig (Barnard et al. 2005; Radoczky 2007).

- **Blickverhalten**

  Während der Autofahrer sich primär auf den Straßenverlauf, die Abbiegepunkte sowie die Fahrgeschwindigkeit konzentriert, verfügt der Fußgänger über einen kleinen, gleichzeitig aber weitaus flexibleren Aktionsradius (Tetzner 2008). Daher hat der Fußgänger eine breite Auswahl an Orientierungspunkten, die je nach Betrachtungsentfernung und -winkel bis ins baulichen Detail (z. B. Eingangstür) oder einen kleinen Gegenstand (z. B. Beschilderung der Haltestelle) wahrgenommen werden können (Elias und Sester 2002; Radoczky 2007; Millonig und Schechtner 2007; Selvi et al. 2016; Delikostidis et al. 2016).

[2] Bei Kraak (2008) wird ein Überblick über die Zeitgeographie gegeben.

All dies kennzeichnet den Unterschied zwischen Autofahrern und Fußgängern bzgl. des erworbenen räumlichen Wissens. Lynch (1960) nahm fünf *image*-Elemente *paths*, *edges*, *nodes*, *landmarks* und *districts* an. Darken und Peterson (2002) kommentierten, dass ein *image*-Element je nach Kontext anderes klassifiziert werden kann. Lynch (1960) hat sich selbst auch dazu geäußert: „Das Bild einer gegebenen physischen Realität kann sich im Typ ändern – je nach der Anschauung: So kann ein Schnellverkehrsweg für den Fahrer eine Straße sein, während der Fußgänger ihn als Begrenzung ansieht“ (Lynch 1960, S. 62 f). Aufgrund des Unterschieds beim Erwerb des Standortwissens zwischen Autofahrer und Fußgänger dürfte davon ausgegangen werden, dass der Fußgänger beim Lösen einer Selbstlokalisationsaufgabe andere Informationen von der mobilen Karte erwartet als der Autofahrer.

Obwohl die Bedeutung der Zoom-Stufe beim Erwerb des räumlichen Wissens bzw. bei der Entscheidungsfindung immer wieder betont wurde (Kray et al. 2003; Dillemuth et al. 2007; Radoczky 2007; Ishikawa et al. 2008; Delikostidis und van Elzakker 2009), werden die raumkognitiven Aspekte in der angewandten Fußgänger-Navigationsforschung bislang kaum verwendet, um den optimalen Kartenausschnitt mittels der standortbezogenen Zoom-Stufe zum Zweck der Selbstlokalisation zu erzielen. Insbesondere mit der Automatisierung der standortbezogenen Zoom-Stufe liegt bislang keine praxisbezogene Forschungsarbeit im Kontext der kartengestützten Fußgänger-Navigation vor.

> *„The possibility to change the scale by the user himself must not necessarily be given, but could also be started automatically by the system in situations where a change of scale is reasonable according to the situation and the underlying data. [...] In a combined indoor and outdoor navigation system, problems occur when the user enters or steps out of a building. The swap of the different presentation forms, the floor plan and the map, should look as seamless as possible to avoid reorientation problems on the user side. Again dynamic zooming has shown to be a highly effective method to overcome this problem“ (Radoczky 2007, S. 311 f).*

> *„However, wayfinding support systems might target different task such as spatial learning and the orientation within the local or global context of the route. While the scale changes support the identification of decision points, they are not systematically chosen based on their benefit in spatial knowledge acquisition and orientation. Current research is ignoring that the relevance of environmental features for wayfinding and orientation support might depend on different goals users have during wayfinding, that are best supported at particular scales“ (Löwen et al. 2019a, S. 1).*

In der jetzigen Designpraxis wird entweder die Zoom-Stufe je nach Anbieter von Navigationssystemen beliebig vordefiniert (und bleibt konstant während des Navigationsvorgangs), oder es werden die Designprinzipien zur Bestimmung der Zoom-Stufe von den Auto-Navigationssystemen auf die Fußgänger-Navigationssysteme unverändert übertragen, z. B. Bestimmung der Zoom-Stufe durch die Entfernung zum nächsten Abbiegepunkt (Straßenkreuzung). Daraus ergibt sich möglicherweise ein inadäquater Kartenausschnitt für die Fußgänger, der zum Zweck der Selbstlokalisation zu Verwirrung führen könnte. Infolge der Fehlinterpretation der Darstellung könnte es vorkommen, dass der Nutzer des Fußgänger-Navigationssystems einen falschen Weg einschlägt. Aufgrund dessen sind die Identifizierung der Einflussfaktoren aus der kognitiven Perspektive auf die Zoom-Stufe zum Zweck der Selbstlokalisation untersuchungswürdig und untersuchungsbedürftig.

1.3 Untersuchungsgegenstand

Der Untersuchungsgegenstand ist der kartographische Maßstab in der mobilen Darstellung. Er ist als Bildschirmmaßstab zu verstehen und wird durch die Zoom-Stufe wiedergegeben. Ob und inwiefern diese Zoom-Stufe und der Wahrnehmungsraum im Umblickfeld beim Lösen einer Selbstlokalisationsaufgabe in einem wechselseitigen Zusammenhang stehen, ist der Gegenstand der empirischen Untersuchung.

Im klassischen Sinne lassen sich der geographische Maßstab und der kartographische Maßstab unterscheiden (Slocum et al. 2014). Wenn der Fokus aber auf das Raumerlebnis aus der Betrachter-Perspektive gelegt wird, ist der Maßstab des Wahrnehmungsraums von großer Bedeutung. Daher sind die drei folgenden Maßstäbe in dieser Arbeit zu unterscheiden:

- **Geographischer Maßstab**

  Geographen und Sozialwissenschaftler verwenden den Maßstab in der Regel, um die Ausdehnung eines Untersuchungsgebietes zu beschreiben (Slocum et al. 2014). Je nach definierter absoluter Raumgröße des physischen Raums deutet ein großer geographischer Maßstab beispielsweise auf ein Land hin; im Vergleich dazu zeigt ein kleiner geographischer Maßstab ein kleines Untersuchungsgebiet, z. B. ein Stadtviertel (Slocum et al. 2014). Neben diesem räumlichen Maßstab kann der geographische Maßstab auch als zeitlicher Maßstab sowie als thematischer Maßstab angesehen werden (Montello 2001). Da es in dieser Arbeit nicht um die Raumanalyse ging, wurde der geographische Maßstab nicht thematisiert.

- **Kartographischer Maßstab**

  Der Kartenmaßstab beschreibt das Verhältnis der abgebildeten verkleinerten Strecke zur natürlichen Ausdehnung (Wilhelmy 1990). Montello (2001) nannte ihn *visualization scale*. Traditionell lassen sich die kartographischen Maßstabsangaben durch den numerischen Maßstab (*representative fraction*), den graphischen Maßstab in Form einer Maßstabsleiste oder Maßstabskala *(graphic scale, bar scale, linear scale)* und/oder den verbalen Maßstab *(verbal scale)* ausdrücken (Dent et al. 2009; Tyner 2010; Montello 2001). Für die digitale Kartendarstellung auf dem Display ist ausschließlich der graphische Maßstab geeignet, denn die Darstellungsfläche ist von der Displaygröße abhängig, welche wiederum je nach Display individuell sein kann (Tyner 2010).

- **Psychologischer Maßstab**

  Viele Psychologen unterstreichen die maßgebliche Bedeutung des psychologischen Maßstabes (Ittelson 1973; Kuipers 1978; Siegel 1981; Kolars und Nystuen 1987; Zubin 1989; Montello 1993; Freundschuh und Egenhofer 1997) für die effektive Kommunikation und Interaktion mit den raumbezogenen Informationen – dazu gehören insbesondere auch Navigation und Orientierung (Montello 1993). Da die Selbstlokalisation mittels der Kartendarstellung einen kognitiven Prozess darstellt (Warren 1994; Lobben 2004), ist der psychologische Maßstab in dieser Arbeit insbesondere von Bedeutung.

  Der psychologische Maßstab ist die Grundlage für die Raumkognitionsforschung. Dem psychologischen Maßstab liegt das Verhältnis von projektiver Raumgröße und menschlichem Körper zugrunde (Montello 1993), daher ist die Raumgröße relativ. Ein großes Gebiet wie ein Staat kann als kleiner Raum betrachtet und somit in einem kleinen Maßstab beschrieben werden (Kuipers 1978; Siegel 1981), denn dieses Gebiet kann nur anhand der Darstellung wahrgenommen werden, welche im Verhältnis zur menschlichen Körpergröße klein ist (Montello 1993).

  Der psychologische Maßstab bleibt nicht auf visuelle Raumwahrnehmung begrenzt. Aus anderen Wahrnehmungsfähigkeiten (z. B. akustische Raumwahrnehmung) kann sich ebenfalls ein psychologischer Maßstab ergeben. Da es in dieser Arbeit ausschließlich um die Kartendarstellung geht, welche überwiegend mit

der visuellen Wahrnehmung in Verbindung steht, ist der psychologische Maßstab im Folgenden nur als Maßstab des visuellen Wahrnehmungsraums zu betrachten.

Nach klassischer Auffassung hängt die Auswahl des Kartenmaßstabes vom Kartenzweck und von der physikalischen Größe der Darstellungsfläche ab (Dent et al. 2009). „Der Maßstab einer Karte ist mitbestimmend für die Genauigkeit der Darstellung, die Vollständigkeit bzw. die Detailwiedergabe, d. h. je größer der Maßstab, desto genauer und vollständiger die Karte“ (Kohlstock 2018, S. 146). Insofern steht der Kartenmaßstab mit einer Reihe von kartographischen Themen in Verbindung, z. B. Generalisierungsstufe, Detaillierungsgrad (*levels of detail*), Kartenausschnitt, graphische Variable sowie Symbolisierung. Zwischen dem Kartenmaßstab und anderen Komponenten besteht ein wechselseitiger Zusammenhang, daher ist ein ausgewählter Kartenmaßstab in den meisten Fällen als Kompromiss (Dent et al. 2009) anzusehen.

Als Folge der Skalierung kommt die Änderung diverser kartographischer Elemente zum Tragen. Der Kartenmaßstab mit all seiner Komplexität und seinen Interdependenzen mit anderen Komponenten ist unmöglich innerhalb einer Arbeit zu behandeln. Aufgrund dessen steht in dieser Forschungsarbeit der Kartenausschnitt im Vordergrund, den der Nutzer eines Navigationssystems durch die Skalierung auf dem Smartphone-Touchscreen zum Zweck der Selbstlokalisation bestimmt. Anders ausgedrückt: Die Zoom-Stufe in dieser Arbeit ist ausschließlich als eine Möglichkeit anzusehen, um den optimal darzustellenden Ausschnitt des physischen Raums auf dem Smartphone-Display festzuhalten.

Aufgrund des begrenzten Umfangs werden die folgenden Einflüsse auf den Kartenausschnitt im Rahmen dieser Arbeit nicht behandelt:

1. Einfluss von anderen GUI-Funktionen

   Neben der Skalierung kann eine Änderung des Kartenausschnitts durch andere GUI-Funktionen (z. B. Schwenken, Neigen und Rotieren) vorgenommen werden. Es könnten auch Wechselwirkungseffekte zwischen allen GUI-Funktionen bestehen, die einen Kartenausschnitt beeinflussen.

2. Einfluss einer generalisierten und skalierbaren Graphik

   Während der Skalierung kommt insbesondere die inhaltliche und graphische Generalisierung zum Tragen. Daher sind die Detailgenauigkeit der Karte (Bruehlmeier 2000) sowie die hierarchischen räumlichen Datenstrukturen (*content zooming*) zweckdienlich anzupassen (Bereuter et al. 2012). Dies ist zwar diskutabel, steht aber nicht im Forschungsvordergrund dieser Arbeit.

3. Einfluss unterschiedlicher Zoom-Funktionen

   Im Hinblick auf die Verbesserung der Mensch-Computer-Interaktion und die Gebrauchstauglichkeit der digitalen Karten ist das Design des Zooming-Tools[3] unerlässlich (Harrower und Sheesley 2005).

[3] Bewertung der *zoom*- und *pan*-Funktionen in der mobilen Karte (Vergleich zwischen *original-center-zooming* und *recenter-zooming*) siehe You et al. (2007)

1.4 Zielsetzung und leitende Forschungsfrage

Im Zusammenhang mit der Selbstlokalisation setzt sich diese angewandte Forschungsarbeit zum übergeordneten **Ziel**, die standortbezogene Zoom-Stufe zu automatisieren. Diese Zoom-Stufe bestimmt den optimalen Kartenausschnitt an einem Blickpunkt, so dass sich das erworbene Standortwissen aus der indirekten Quelle (Mobile Karte) dem erworbenen Standortwissen aus der direkten Quelle (Realraum im Umblickfeld) möglichst annähern kann[4]. Dies sollte dem Fußgänger das Lösen einer Selbstlokalisationsaufgabe erleichtern und unnötige Zoom-Prozesse verringern.

Zum Erreichen dieses Ziels steht die Identifizierung der raumbezogenen und kartenbezogenen Einflussfaktoren auf die Zoom-Stufe im Forschungsvordergrund. Darum wird die **explorative, forschungsleitende Frage** gestellt:

> **Welche Parameter sind ausschlaggebend zur Anpassung der Zoom-Stufe in der mobilen Karte, um einen optimalen Kartenausschnitt zum Zweck der Selbstlokalisation zu bestimmen?**

1.5 Weg der Erkenntnisgewinnung

Bezogen auf die leitende Forschungsfrage besteht der Untersuchungszweck darin, die Einflussfaktoren auf die Zoom-Stufe theoretisch herzuleiten und empirisch zu identifizieren (Unterabschnitt 1.5.1). Um diesen Zweck zu erfüllen, werden der Forschungsrahmen vorgestellt (Unterabschnitt 1.5.2) und die methodische Vorentscheidung getroffen (Unterabschnitt 1.5.3).

1.5.1 Untersuchungszweck

Der Untersuchungszweck ist die empirische Identifizierung der Einflussfaktoren auf die zur Selbstlokalisation geeignete Zoom-Stufe. Die empirischen Nachweise sollten einerseits die Erkenntnisbasis für die Aufstellung der ersten Hypothese zur Anpassung der Zoom-Stufe zum Zweck der Selbstlokalisation liefern, andererseits sollte eine handlungsleitende, praxisorientierte Empfehlung für die Gestaltungspraxis abgeleitet werden.

Bei dieser angewandten Forschung wird angestrebt, die Automatisierung der Zoom-Stufe mittels eines Programmentwurfs zu ermöglichen. Daher handelt es sich primär um das Ein- und Ausgabeverhalten gemäß der Ingenieurperspektive (Maaß und Schmauks 1998). Konkret in diesem Untersuchungszusammenhang bedeutet dies, dass diese Arbeit sich ausschließlich mit dem Einfluss der raumbezogenen und kartenbezogenen Faktoren auf die Zoom-Stufe befasst. Die Faktoren können quantitativ bzw. geometrisch transformiert und als Eingabe-Parameter bei der Programmierung angewendet werden, wodurch der Ausgabe-Parameter (Zoom-Stufe) bestimmt werden kann. Die automatisierte Zoom-Stufe soll dem Nutzer des Fußgänger-Navigationssystems ermöglichen, die benötigten Karteninformationen auf einem optimal standortangepassten Kartenausschnitt für die Selbstlokalisation zu erhalten.

Dieser konzeptionellen Grundentscheidung und der damit verbundenen Herangehensweise liegen die Ausführungen von Maaß und Schmauks (1998) zugrunde. Dabei steht das von verarbeiteten Repräsentationen[5] abgeleitete Verhalten – Änderung der Zoom-Stufe – im Vordergrund, nicht jedoch Repräsentationen selbst.

[4] Detaillierte Beschreibung siehe Zusammenfassung
[5] Weitergehende Betrachtung des Themas Repräsentationen siehe Abschnitt 2.4, S. 39 ff

„Durch Prozesse werden Repräsentationen verarbeitet, oder anders ausgedrückt: ein Prozeß formatiert, in welcher Weise Repräsentationen verarbeitet werden. Statt zu fragen, wie Informationen verarbeitet werden, fragt man also, was für Informationen verarbeitet werden. Zwischen dem Konzept des Prozesses und dem der Repräsentation gibt es einen engen Zusammenhang. Nahezu alles, was in einer Repräsentation enthalten ist, kann durch Prozesse formalisiert werden und umgekehrt. Bei der Konzeption eines informationsverarbeitenden Systems muß ein Ausgleich zwischen Repräsentationen und Prozessen gefunden werden, der den Anforderungen entspricht. Gemäß einer Ingenieurperspektive ist in erster Linie das Ein- und Ausgabeverhalten entscheidend“ (Maaß und Schmauks 1998, S. 111).

Daher liegt der Fokus dieser angewandten Forschungsarbeit nicht auf der Grundforschung der Repräsentationen des erworbenen räumlichen Wissens durch das Kartenlesen oder durch das Wahrnehmen des Raums, welches als eines der Hauptanliegen der Kognitionsforschung anzusehen ist. Anders ausgedrückt: Die Themen wie Repräsentationsformat, Prozess der Repräsentationen und kognitiver Abgleichsprozess zwischen Repräsentationen aus unterschiedlichen Modalitäten wurden im Rahmen dieser Arbeit nicht behandelt.

1.5.2 Forschungsrahmen

Der Forschungsrahmen beinhaltet die Forschungsgrundlage, die Herleitung der Thesen, die empirische Untersuchungsreihe und die abgeleitete handlungsleitende Empfehlung für die Gestaltungspraxis (Abbildung 1, S. 10).

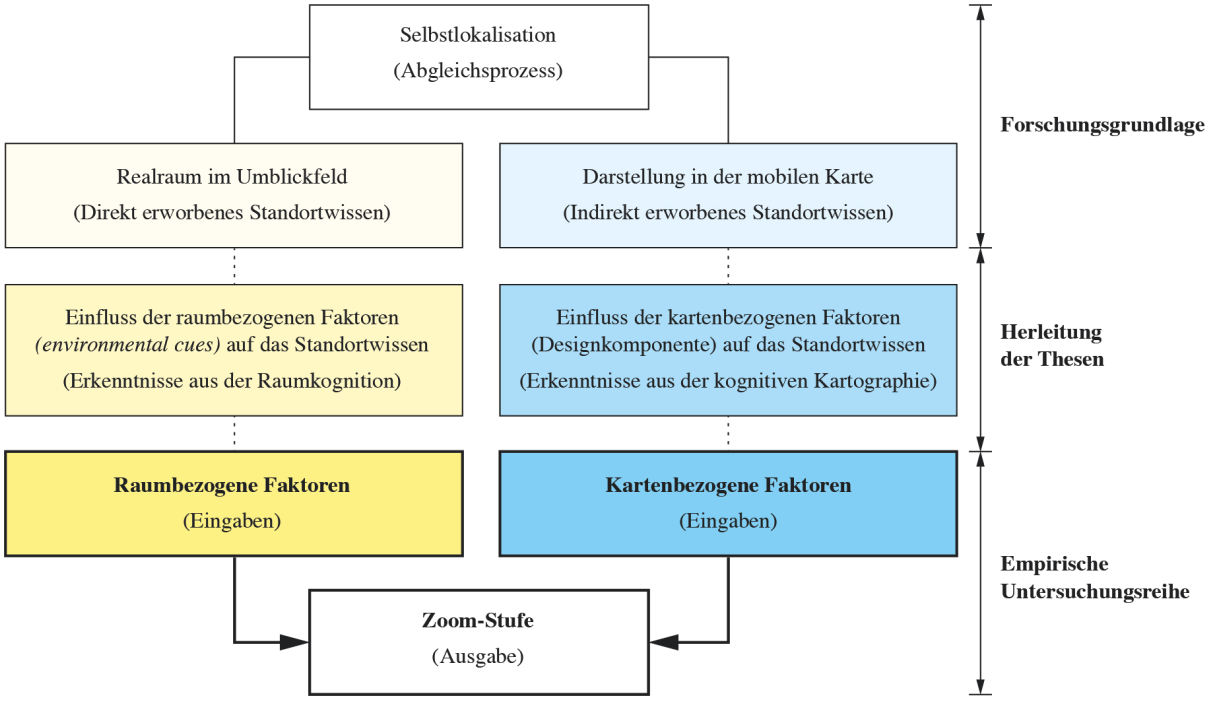


Abbildung 1: Herangehensweise an das Thema

Die Selbstlokalisation als kognitiver Prozess (Warren 1994) beruht auf dem Erwerb des Standortwissens; dieser Prozess erfolgt auf unterschiedliche Weise. Die Fragen, welche Stufe des räumlichen Wissens mit der Selbstlokalisation in Verbindung steht und wie dieses Wissen aufgrund unterschiedlicher Modalitäten sich zusammensetzt, bilden die Forschungsgrundlage. Hierbei konzentriert sich diese Arbeit ausschließlich auf zwei Wissensquellen,

die unmittelbar mit der Selbstlokalisation mittels der mobilen Karte verknüpft sind: Realraum im Umblickfeld und Darstellung in der mobilen Karte.

Aufgrund dieser bislang unzureichenden Forschungsthematik und der interdisziplinären Forschungsausrichtung kann diese Arbeit nicht auf vorhandenen, einschlägigen Untersuchungsergebnissen aufgebaut werden. Um einen ersten Einblick in dieses unbekannte, unstrukturierte Forschungsthema zu gewinnen, erfolgt die Erkenntnisgewinnung durch das explorative Vorgehen (hypothesengenerierende Untersuchung). Hierbei werden die Erkenntnisse aus der Raumkognition und aus der kognitiven Kartographie herangezogen, um die Thesen herzuleiten.

- **Raumbezogene Faktoren**

  Die raumbezogenen Faktoren sind die physikalischen und beobachtbaren Umweltmerkmale im Umblickfeld. Die raumbezogenen Faktoren sind mit den Marken vergleichbar, welche zwischen Globaler Landmarke, Lokaler Landmarke und Entscheidungsbezogener Landmarke unterscheidet (Herrmann et al. 1998). In der englischen Literatur ist der Begriff raumbezogene Faktoren durch *environmental cues* (Wolbers und Hegarty 2010), *salient spatial elements (cues)* (Couclelis et al. 1987), *navigation cues* (May et al. 2003) ausgedrückt oder allgemein als *cues* (Davies und Peebles 2010; Montello 2017), *clues* (Meilinger 2007; Lobben 2004), *links* (Liben und Downs 1993) bezeichnet. Hierbei ist es wichtig, dass die raumbezogenen Faktoren nicht bloß im engeren Sinne als Landmarken (Tom und Denis 2003; Elias 2006; Millonig und Schechtner 2007) verstanden werden, sondern im weiteren Sinne als geometrische Eigenschaften des sichtbaren Bereiches (Siegel und White 1975; Wang et al. 1999; Wang und Spelke 2002), als geometrische Anordnung der Objekte (Beziehung zwischen Landmarken und Objekten aus einem Blickpunkt) sowie als räumliche Struktur (z. B. Entscheidungspunkt im Sinne der Straßenkreuzung, Meilinger 2007).

  Die Erkenntnisse der Raumkognition besagen, dass die raumbezogenen Faktoren einen Einfluss auf Repräsentationen des erworbenen Standortwissens haben. Obwohl viele Psychologen die Implikationen des Wahrnehmungsraums für die effektive Kommunikation von Geoinformationen und die Verbesserung des Kartendesigns mit Nachdruck betont haben (Montello 1993), ist dies im Bereich der Fußgänger-Navigation bislang nicht ausreichend thematisiert und die Erkenntnisse aus der Raumkognition bleiben weitgehend unberücksichtigt, wenn es um die Optimierung des mobilen Kartendesigns geht. Insbesondere zum Zweck der Selbstlokalisation war der Zusammenhang zwischen dem Wahrnehmungsraum im Umblickfeld und der Zoom-Stufe wenig bekannt.

- **Kartenbezogene Faktoren**

  Die Erkenntnisse der kognitiven Kartographie zeigen, dass die kartenbezogenen Faktoren (kartographische Designelemente) einen Einfluss auf das erworbene räumliche Wissen haben, z. B. Graphische Variable, Kartenausschnitt sowie *level of details*. Aufgrund des begrenzten Umfangs untersucht diese Arbeit ausschließlich den Einfluss des darzustellenden Ausschnitts des physikalischen Raums auf das erworbene räumliche Wissen. In der Tat ist insbesondere in pragmatischer Hinsicht zu berücksichtigen, dass der Wahrnehmungsraum im Umblickfeld aufgrund des Smartphone-Displayformats nur begrenzt dargestellt werden kann. Konkret bedeutet dies: Trotz gleicher Zoom-Stufe variiert der dargestellte Ausschnitt des physikalischen Raums je nach Modell des Smartphones. Die anderen kartenbezogenen Faktoren beeinflussen zwar ebenfalls das erworbene Standortwissen, werden aber aufgrund des begrenzten Arbeitsumfangs als Kontrollvariablen behandelt. Insofern ist es ein besonderes Anliegen dieser Arbeit, den Einfluss der Displaygröße auf die Zoom-Stufe zu untersuchen.

Da die raumbezogenen und kartenbezogenen Faktoren Repräsentationen des erworbenen Standortwissens beeinflussen, und diese Repräsentationen wiederum das Zoom-Verhalten bestimmen, wird angenommen, dass solche Faktoren einen Einfluss auf die Zoom-Stufen haben. Möglicherweise besteht auch ein Interaktionseffekt zwischen beiden Faktoren auf die Zoom-Stufe. Dies sollte im Rahmen dieser Arbeit ebenfalls thematisiert werden.

Durch die Heranziehung von Erkenntnissen aus der Raumkognition und der kognitiven Kartographie werden fünf Forschungsthesen hergeleitet, die wiederum empirisch überprüft werden müssen.

Im Rahmen der empirischen Untersuchungsreihe werden die angenommenen Einflussfaktoren auf die Zoom-Stufe durch Einzelbeobachtungen überprüft. Anhand dessen lässt sich die erste praktische Aussage in Form einer handlungsleitenden Empfehlung für die Gestaltungspraxis zur Anpassung der standortbezogenen Zoom-Stufe zum Zweck der Selbstlokalisation treffen.

1.5.3 Methode der Erkenntnisgewinnung

Da das Erreichen der optimalen bzw. wünschenswerten Zoom-Stufe für den Nutzer des Fußgänger-Navigationssystems im Fokus steht, muss der Nutzer im Forschungsvordergrund stehen. Daher folgt die Erkenntnisgewinnung mittels empirischer Methoden im Kontext der Kartographie, welche auch als **empirische Kartographie** bezeichnet wird.

> *„Empirical cartography [...] combines rational use and map design theory with targeted questions of map use and established experimental methods. The results can help to judge how efficient and effective maps are designed for particular examples and scenarios of map use“ (Edler 2015, S. 7).*

Methodisch gesehen erfolgt die empirische Kartographie entweder mittels experimentell-psychologischer Untersuchungen oder mittels Befragungen, die mit den Methoden in den Sozialwissenschaften vergleichbar sind (Bollmann 2000). In dieser Arbeit werden beide Methoden in Form einer **Methodentriangulation** kombiniert. Konkret bedeutet das, dass sowohl die quantitative Datenerhebung der Zoom-Stufe mittels der programmierten Webapplikation als auch die qualitative Datenerhebung über den gleichen Sachverhalt durch Befragung erfolgt sind.

Angesichts des Forschungszweckes und der Praxisanforderungen können die Untersuchungen nicht unter Laborbedingungen erfolgen, daher werden **Feldexperimente** konzipiert bzw. durchgeführt. Diese Vorentscheidung dürfte als angemessen empfunden werden, auch wenn zahlreiche Störfaktoren unvermeidlich sind und die Testbedingungen im Vergleich zu Laborbedingungen nur bedingt kontrolliert werden können: Die kognitive Wahrnehmung eines simulierten Raums kann niemals mit der Wahrnehmung des Realraums gleichgesetzt werden. Die Simulation eines Umblickfeldes im Labor, das eine große räumliche Ausdehnung besitzt, könnte schwierig und aufwändig sein. Das gilt umso mehr, als die Distanzwahrnehmung nicht durch ein zweidimensionales fotorealistisches Bild wiedergegeben werden kann. In diesem Untersuchungszusammenhang handelt es sich um die Beziehung zwischen Umblickfeld (Vista Raum[6]) und Kartendarstellung (Figuraler Raum[7]). Wenn der Vista Raum durch einen Figuralen Raum als Stimulus (z. B. Fotos oder Videos auf dem Computerbildschirm unter Laborbedingungen) ersetzt wird, könnte das Ergebnis fragwürdig sein (in Anlehnung an Montello 1993). Im Falle dessen handelt es sich um die Beziehung zwischen zwei Figuralen Räumen. Diesbezüglich argumentierte Montello (1993) wie folgt:

> *„What are the implications for the validity of spatial simulations if space at different scales is processed differently? [...] [R]esearch that uses maps, models, or other figural spaces to study the psychology of environmental space may be questionable [...] considerations of scales suggest that computer screens are not environments“ (Montello 1993, S. 318).*

[6] Vista Raum ist größer und kann sogar wesentlich größer als der menschliche Körper sein (Montello 1993). Ein Vista Raum kann ohne zusätzliche Fortbewegung von einem Blickpunkt aus wahrgenommen werden (Montello 1993). Weitergehende Betrachtung des Themas siehe Unterabschnitt 2.2.3, S. 29

[7] Figuraler Raum ist kleiner als der menschliche Körper und kann von einem Blickpunkt aus ohne Eigenbewegung wahrgenommen werden (Montello 1993). Weitergehende Betrachtung des Themas siehe Unterabschnitt 2.2.3, S. 29

1.6 Struktur und Gliederung

Diese Arbeit gliedert sich in sieben Kapitel. Ihre inhaltlich-thematische Struktur und die Kernpunkte der Forschungsinhalte werden zusätzlich graphisch dargestellt (Abbildung 2, S.14).

- **Einleitung** (Kapitel 1)

  Als Einstieg wird ein Überblick gegeben. Dazu gehören Forschungsthema, Problemstellung, Untersuchungsgegenstand, forschungsleitende Frage, Zielsetzung, Forschungszweck sowie Weg der Erkenntnisgewinnung.

- **Forschungslage und Thesenbildung** (Kapitel 2)

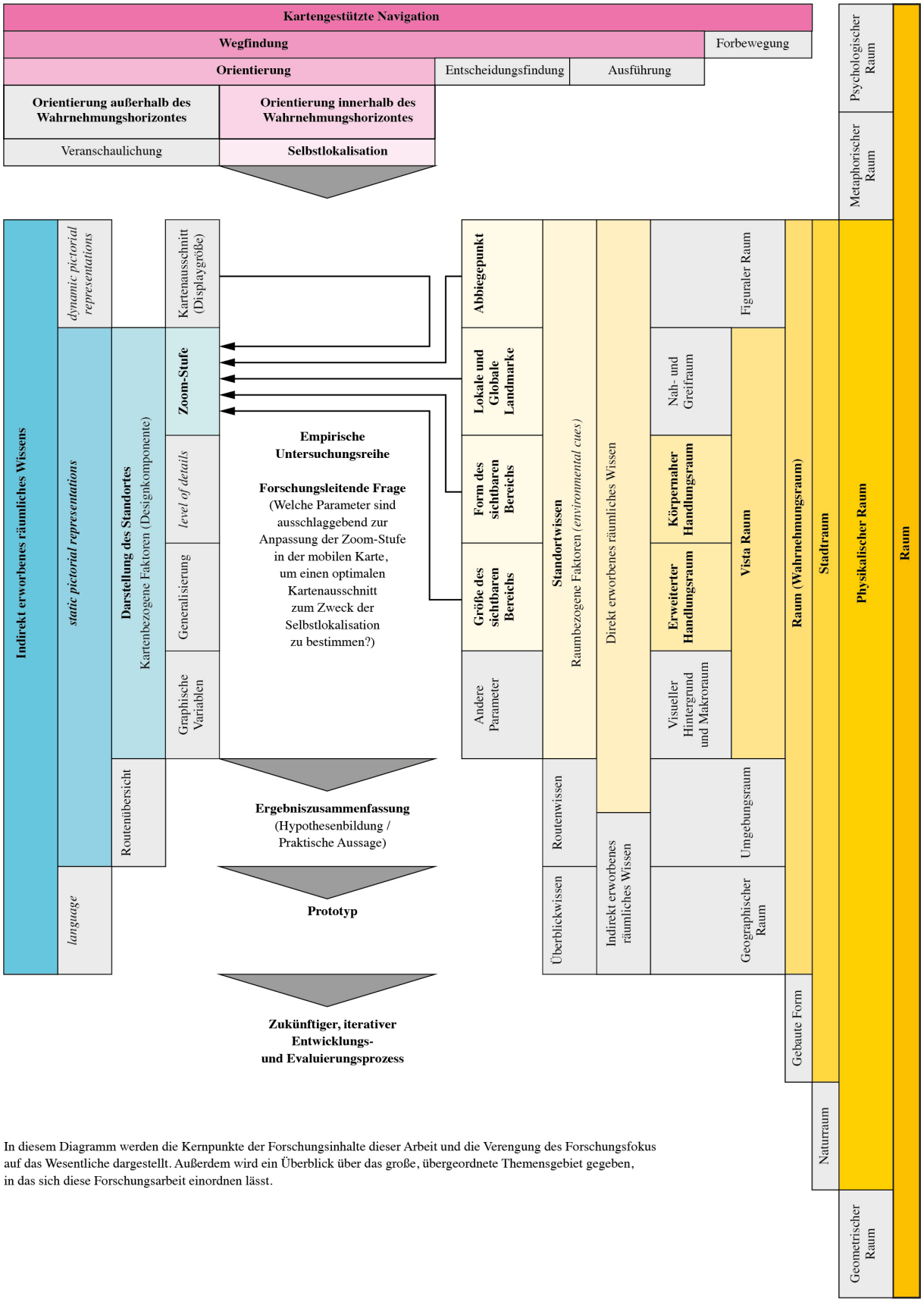
  Als ein kognitiver Teilprozess der kartengestützten Navigation liegt der Selbstlokalisation in einem fremden Umgebungsraum der Erwerb des Standortwissens zugrunde und zeigt, wie sich dieses Wissen aufgrund unterschiedlicher Modalitäten zusammensetzt. Die Selbstlokalisation verläuft nur erfolgreich, wenn das erworbene Standortwissen aus der direkten Quelle (Realraum im Umblickfeld) und das erworbene Standortwissen aus der indirekten Quelle (mobile Karte) übereinstimmen. Um das von verarbeiteten Repräsentationen abgeleitete Zoom-Verhalten zu prognostizieren, bildet die Suche nach den raum- und kartenbezogenen Einflussfaktoren auf die Repräsentationen des Standortwissens die Forschungsgrundlage, aus welcher wiederum die zu untersuchenden Thesen hergeleitet werden.

- **Konzipierung und Durchführung der Feldexperimente** (Kapitel 3, 4, 5 und 6)

  Anhand des entwickelten Konzeptes Umblickfeld-Polygon werden zwei aufeinander aufbauende Feldexperimente konzipiert. Die sich daraus ergebenden Ergebnisse können nicht nur als Bestätigung oder Widerlegung der aufgestellten Thesen ausgewiesen werden, sondern auch als die Erkenntnisbasis für die Aufstellung der ersten Hypothese, für das Treffen der ersten praktischen Aussagen sowie für den Aufbau des Prototyps angesehen werden.

- **Gesamtdiskussion und Prototyping** (Kapitel 7)

  Zum Zweck der Selbstlokalisation wird eine handlungsleitende Empfehlung für die Gestaltungspraxis in Form eines Programmentwurfs (Nassi-Shneiderman-Diagramm) erstellt. Zum Schluss werden eine Empfehlung für die Evaluierungsstudie und Vorschläge für zukünftige Forschungsschwerpunkte gegeben.



In diesem Diagramm werden die Kernpunkte der Forschungsinhalte dieser Arbeit und die Verengung des Forschungsfokus auf das Wesentliche dargestellt. Außerdem wird ein Überblick über das große, übergeordnete Themensgebiet gegeben, in das sich diese Forschungsarbeit einordnen lässt.

Abbildung 2: Kernpunkte der Forschungsinhalte

2

Forschungslage und Herleitung der Thesen

Die Selbstlokalisation ist mit der kognitiven Leistung untrennbar verknüpft (Warren 1994; Lobben 2004) und ist ein unentbehrlicher Teil der räumlichen Orientierung. Darum liegt der Selbstlokalisation der Erwerb des räumlichen Wissens zugrunde. Insofern soll das Verständnis darüber, wie das räumliche Wissen erworben wird, die Forschungsgrundlage bilden, die wiederum die Identifizierung der Forschungslücke und Herleitung der Forschungsthesen begründet.

Aufgrund dieser Überlegung gliedert sich das anschließende Kapitel wie folgt:

- **Einordnung des Themas** (Abschnitt 2.1)

  Um zu einem besseren Verständnis über die Selbstlokalisation und die Interdependenzen zwischen Selbstlokalisation und anderen Orientierungsprozessen zu gelangen, wird die Selbstlokalisation in den übergeordneten Bereich der kartengestützten Navigation eingeordnet.

- **Forschungsgrundlage** (Abschnitt 2.2)

  Die tiefergehende Betrachtung des Erwerbs räumlichen Wissens gibt den Rahmen für die theoretische Vorgehensweise vor. Dabei handelt es sich zum einen um den Direkterwerb des Standortwissens durch die Raumwahrnehmung, zum anderen um den Indirekterwerb des Standortwissens durch das Kartenlesen.

- **Forschungsdefizit und Erkenntnisinteresse** (Abschnitt 2.3)

  Aufgrund der inadäquaten Zoom-Stufe bei den aktuellen Fußgänger-Navigationsapplikationen besteht eine Diskrepanz zwischen direkt und indirekt erworbenem Standortwissen. Dadurch wird das Lösen einer Selbstlokalisationsaufgabe in der mobilen Karte erschwert und folglich könnte die Navigation scheitern. Zum Gelingen der Selbstlokalisation sind beide Wissensarten aufeinander abzustimmen. Ausgehend davon wird angenommen, dass das erworbene Standortwissen überwiegend bestimmt, welcher Ausschnitt des physikalischen Raums dargestellt werden soll. Diese Forschungslücke begründet das Erkenntnisinteresse zu ermitteln, welchen Einfluss das erworbene Standortwissen auf die Zoom-Stufe hat.

- **Herleitung der Forschungsthesen** (Abschnitt 2.5)

  Einerseits wird unter Einbeziehung von Erkenntnissen aus der Raumkognition dargelegt, welche raumbezogenen Faktoren das direkt erworbene Standortwissen prägen; andererseits wird dargestellt, dass die Displaygröße als kartenbezogener Faktor einen Einfluss auf das indirekt erworbene Standortwissen haben könnte. Aufgrund dieser Feststellung ist anzunehmen, dass sowohl die raumbezogenen als auch kartenbezogenen Faktoren mit der Zoom-Stufe korrelieren, wodurch der optimal darzustellende Ausschnitt des physikalischen Raums auf dem Display bestimmt wird.

2.1 Einordnung der Selbstlokalisation in den Untersuchungszusammenhang

Die Selbstlokalisation ist eine der wichtigsten Komponenten der räumlichen Orientierung. Zu den Begriffen Orientierung, Wegfindung und Navigation gibt es eine Vielzahl von Definitionen. Aufgrund der unterschiedlichen Paradigmen, die nicht immer eindeutig zwischen Orientierung, Wegfindung und Navigation unterscheiden, kann es möglicherweise zu einem verwirrenden empirischen Forschungsergebnis kommen (Hinrichs 2008). Deshalb sind die unterschiedlichen Studien über den gleichen Untersuchungsgegenstand nicht miteinander vergleichbar (Wiener et al. 2009). Aufgrund dieser Überlegung folgt eine Darstellung des übergeordneten Themengebietes (kartengestützte Navigation), in das sich das Thema Selbstlokalisation einordnen lässt (Abbildung 3, S. 16). Dabei erscheint unerlässlich, dass eine terminologische Annäherung an den Begriff Orientierung vorgenommen wird. Als relevant wird die Frage erachtet, in welchen wechselseitigen Zusammenhängen die Orientierungsprozesse und das erworbene Wissen stehen und mit welchem Orientierungsprozess die Selbstlokalisation verknüpft ist.

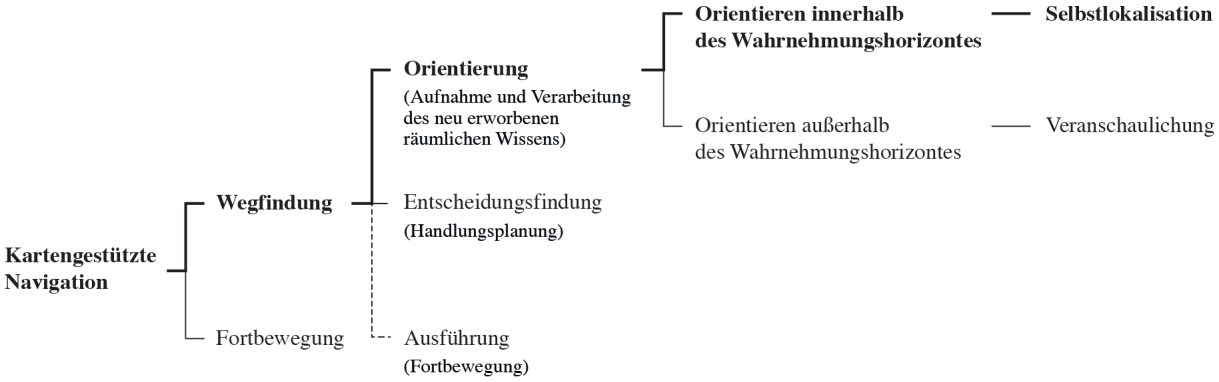


Abbildung 3: Einordnung der Selbstlokalisation in den Untersuchungszusammenhang

Diese hierarchische Klassifikation wird in Anlehnung an Downs und Stea 1982; Passini 1984; Darken und Peterson 2002; Lobben 2004; Montello 2005; Hinrichs 2008 erstellt und ist auf den Untersuchungszusammenhang der kartengestützten Navigation mittels der mobilen Kartendarstellung in einem unbekannten Umgebungsraum begrenzt.

Darken und Peterson (2002) sind der Auffassung, dass Fortbewegung und Wegfindung als zwei essentielle Bestandteile bezeichnet werden müssen, welche die **Navigation** ausmachen (vgl. Wiener et al. 2009). In Anbetracht dieser Grundannahme definiert Montello (2005) den Begriff Navigation wie folgt:

> *„Navigation is coordinated and goal-directed movement through the environment by organismus or intelligent machines“ (Montello 2005, S. 257).*

Bei der **Fortbewegung** sind grundsätzlich die aktive Bewegung des eigenen Körpers (z. B. Laufen) und die passive Bewegung mit Unterstützung von Maschinen (z. B. mit dem Bus fahren) zu unterscheiden, wobei die aktive Bewegung ebenfalls durch Maschinen erfolgen kann (z. B. Autofahren) (Elias 2006). Hierbei entscheidet die Fortbewegungsart, wie Informationen visuell wahrgenommen und kognitiv verarbeitet werden (Elias 2006). Beispielsweise stellten Goldin und Thorndyke (1982) fest, dass das erworbene räumliche Wissen von Autofahrern verglichen mit Busreisenden unterschiedlich ausfällt. Um die koordinierte und zielorientierte Bewegung (Montello, 2005) des eigenen Körpers in einem Umgebungsraum zu ermöglichen, ist die **Wegfindung** unentbehrlich. Hierzu argumentierten Darken und Peterson (2002):

> *„Wayfinding is the cognitive element of navigation. It does not involve movement of any kind but only the tactical and strategic parts that guide movement. [...] wayfinding is not merely a planning stage that precedes motion. Wayfinding and motion are intimately tied together in a complex negotiation that is navigation“ (Darken und Peterson 2002, S. 1).*

Golledge (1999) definiert die Wegfindung wie folgt:

> *„[Wayfinding is] the process of determining and following a path or route between an origin and a destination. It is a purposive, directed and motivated activity" (Golledge 1999, S. 6).*

Trotz der Vielzahl an Definitionen bezüglich der Wegfindung ähneln sich die Grundnahmen von verschiedenen Wissenschaftern (vgl. Montello 2005; Meilinger 2007). In Anlehnung an Montello (2005) und Meilinger (2007) lässt sich die Wegfindung durch die folgenden drei Merkmale identifizieren:

- **Zielgebundenheit**

  Zielgebundenheit bedeutet, dass der Mensch weiß, wo er hingehen will. Andernfalls kann das Verhalten nicht als Wegfindung bezeichnet werden.

- **Routengebundenheit**

  Um den Zielort zu erreichen, wählt der Mensch eine Route nach bestimmten Kriterien aus und verfolgt möglichst diese Route. Bei Wiener et al. (2009) werden Wegfindung mit Unterstützung (*aided wayfinding*) und explorative Wegfindung (*unaided wayfinding*) unterschieden, wobei die Unterstützung die Kartendarstellung, die verbale Beschreibung oder das Vorwissen (Kognitive Karte) sein kann. Wenn der Mensch in einem ihm unbekannten Umgebungsraum ein gewünschtes Ziel sucht, aber keine Unterstützung hat, erfolgt das Wegfindung-Verhalten ungebunden mit einer ausgewählten oder vorgegebenen Route; dieses Verhalten kann allerdings nicht mit dem zuvor beschriebenen Navigationsverhalten gleichgesetzt werden.

- **Kognitive Leistung**

  Wegfindung ist die geplante, effiziente Fortbewegung des eigenen Körpers in einem Umgebungsraum (in Anlehnung an Montello 1993, 2005). Wegfindung kann auch als Interaktion zwischen Mensch und Raum angesehen werden, bei der ein Mensch – ausgehend von dem Wissen, wo er das Ziel findet – selbst entscheidet, wie er dort hingelangt (Meilinger 2007). Daher ist die Wegfindung untrennbar mit dem räumlichen Wissen verknüpft. Dieses räumliche Wissen ist entweder bereits vorhanden, oder wird vor der Wegfindung neu erworben. Bei Ersterem handelt es sich um die Wegfindung in einem bekannten Umgebungsraum, bei Letzterem geht es darum, dass der Mensch sich in einem ihm fremden Umgebungsraum zurechtfindet. Ungeachtet dessen manifestiert sich in dieser engen Verbindung zwischen Wegfindung und räumlichem Wissen die menschliche kognitive Leistung. Im Unterschied dazu ist das Verhalten *signage-following* mit geringfügigem kognitivem Aufwand gebunden und dürfte als Task der Fortbewegung behandelt werden (Wiener et al. 2009).

Die Frage, ob die Wegfindung die Fortbewegung beinhaltet, ist bislang umstritten. Passini (1984) argumentierte, dass die Fortbewegung als *decision execution* ein Teilprozess der Wegfindung ist. Anders ausgedrückt: Wegfindung umfasst sowohl eine kognitive als auch physische Komponente (Passini 1984). Eine ähnliche Auffassung vertritt auch Hinrichs (2008). „Wegefinden bedeutet das Erstellen eines Handlungsplanes, wie man vom Ausgangspunkt zum Ziel gelangt. Dies geschieht auch, wenn man diesen Weg noch nie beschritten ist und ihn sich vielmehr aufgrund des Wissens um die räumliche Umgebung erschließt" (Hinrichs 2008, S. 3). Passini (1984) gliederte die Wegfindung in drei Teilprozesse, wobei in jedem einzelnen Teilprozess eine entsprechende Fähigkeit im Vordergrund steht:

> *„[...]* ***a cognitive-mapping or information-generating ability*** *that allows us to understand the world around us;* ***a decision-making ability*** *that allows us to plan actions and to structure them into an overall plan; and* ***a decision-executing ability*** *that transforms decisions into behaviroral actions. Both decision making and decision execution are based on information generated by cognitive mapping" (Passini 1984, S. 46).*

Wang (2012) kommentierte das Begriffsverständnis der Wegfindung von Passini (1984): „Die Definition berücksichtigt die kognitive Fähigkeit der Person zur Aufnahme und Verarbeitung räumlicher Informationen, auf Basis derer sowohl Feststellung über den eigenen Aufenthaltsort im physischen Raum getroffen werden wie auch Entscheidungen darüber, welche weiteren Orientierungshandlungen durchzuführen sind, um einen gegebenen Zielpunkt zu erreichen“ (Wang 2012, S. 11 f).

Ausgehend von Passini (1984) und Wang (2012) liegt der Fokus dieser Arbeit lediglich auf dem ersten Teilprozess der Wegfindung, d. h. auf der Aufnahme und Verarbeitung neu erworbener orientierungsrelevanter räumlicher Informationen in einem unbekannten Umgebungsraum. Dieser Prozess beinhaltet „die Identifikation des eigenen Aufenthaltsortes und eine Einschätzung der Beziehung des Aufenthaltsortes mit der [zur] Umwelt, was anhand der Identifikation von Umweltelementen geschieht. Dieser Teilprozess kann gleichermaßen als Aufbau einer kognitiven Repräsentation der Umwelt verstanden werden. [...] Im Ergebnis basiert die Orientierung daher auf informationsverarbeitenden Operationen“ (Wang 2012, S. 15 f; in Anlehnung an Meilinger 2008b und Gärling et al. 1986). Diese visuell aufgenommenen, kognitiv verarbeiteten Informationen sind die Basis für die weiteren Teilprozesse der Wegfindung und werden im Folgenden als **Orientierung** definiert.

Orientierung in dieser Arbeit ist also ausschließlich als kognitiver Prozess an einem Standort ohne Fortbewegung zu verstehen, welcher durch das erworbene räumliche Wissen ermöglicht wird. Darum werden Orientierung und Wegfindung eindeutig unterschieden: Die Orientierung ist als die statische Relation zwischen Mensch und Raum anzusehen und mit der Aufnahme und Verarbeitung der Informationen verknüpft; die Wegfindung wird als dynamische Relation zwischen Mensch und Raum betrachtet, welche direkt mit dem Erstellen eines Handlungsplanes verbunden ist und Fortbewegung ableitet (Arthur und Passini 1992; Passini 1996; Hinrichs 2008).

> *„The definition of spatial orientation as being the ability of a person to determine where he is within a physical setting has to be extended to include an alternative ability that consists in determining what to do in order to reach a place. Instead of relying on a spatial representation of the physical environment to situate himself, the person may rely on a plan of action or a strategy to go some where. The first definition can be called static in nature, while the second is dynamic. Only if deprived of both, will the person have the sensation of being lost or disoriented. One definition does not exclude the other; rather, they have to be seen as complementary. The first emphasizes mental representation, cognitive maps or images; the second, actions or behaviors“ (Passini 1984, S. 43 f).*

Während einige Wissenschaftler (z. B. Passini 1984) die Auffassung vertreten, dass Orientierung ein Teilprozess der Wegfindung ist, argumentierte Bitgood (1988) im speziellen Zusammenhang der Orientierung in einem Museum, dass die Wegfindung als Teilprozess der Orientierung anzusehen ist. Dieser Aspekt ist nachvollziehbar, denn die räumliche Orientierung muss nicht zwangsläufig mit einem Ziel verbunden sein (May und Klatzky 2000; Hinrichs 2008); ebenso muss sie nicht unbedingt die Fortbewegung ableiten, wenn die Orientierung nicht dem Zweck der Navigation dient. Anders ausgedrückt: Die räumliche Orientierung kann als eine kognitive Leistung, also als Summe von Repräsentationen neu erworbenen räumlichen Wissens betrachtet werden.

Bei Hayward und Brydon-Miller (1983) werden räumliche (standortbezogene) Orientierung und konzeptuelle (thematische) Orientierung unterschieden.

> *„Spatial (or locational) orientation helps visitors to find their way around, and locate exhibits and services. Conceptual (or thematic) orientation provides an introduction to significant themes and helps visitors to assimilate knowledge on these topics during their visit. [...] The importance of providing adequate spatial orientation has been emphasized by a growing body of literature on directional signage (map use, and the use of architectural cues as aids in orientation). [...] Conceptual orientation may be attempted through brochures, films, slide shows, maps, displays, and information desks staffed by museum personnel“ (Hayward und Brydon-Miller 1983, S. 318 f).*

Daher schlugen Hayward und Brydon-Miller (1983) die „*on-site orientation experience*“ und „*off-site orientation experience*“ vor. Loomis (1987) und Bitgood (1988) vertreten ebenfalls die Auffassung, dass die räumliche Orientierung im Sinne von „*pre-visit*“ oder „*off-site experiences*“ (Bitgood 1988, S. 159) ohne Bezug zum aktuellen Standort erfolgen kann. Aufgrund dessen könnte die räumliche Orientierung der Wegfindung bzw. der Navigation untergeordnet werden, wenn die räumliche Orientierung ausschließlich vor Ort betrachtet wird.

Ungeachtet der begrifflich-terminologischen Unstimmigkeiten ist festzuhalten, dass der räumlichen Orientierung in einem fremden Umgebungsraum das neu aufgenommene, kognitiv verarbeitete und im Gedächtnis repräsentierte räumliche Wissen zugrunde liegt (in Anlehnung an Hinrichs 2008), denn das erworbene und gespeicherte räumliche Wissen im Gedächtnis ist die Voraussetzung für eine erfolgreiche Interaktion zwischen Raum und Mensch (in Anlehnung an Janzen 2000). Fast alle Wissenschaftler sind sich darüber einig, dass Orientierung die Voraussetzung für Wegfindung bzw. Navigation ist (in Anlehnung an Montello 2005; Meilinger 2007; Taylor et al. 2008). Daher argumentierte Hinrichs (2008): „Orientierung ist vielmehr ein notwendiger Teil des Navigationsprozesses. Während Orientierung ohne Navigation denkbar ist, ist Navigation ohne Orientierung nicht möglich“ (Hinrichs 2008, S. 2). Da diese Arbeit sich ausschließlich mit der Orientierung in einem unbekannten Umfeld ohne Vorwissen befasst, sind die Unstimmigkeiten beim Verständnis der Begriffe und die damit verbundene Taxonomie in diesem Untersuchungszusammenhang nicht relevant.

In dieser Arbeit werden sowohl die räumliche Orientierung als auch die Wegfindung als kognitive Komponente der kartengestützten Navigation betrachtet. Die räumliche Orientierung wird ausschließlich als Aufnahme und Verarbeitung des neu erworbenen räumlichen Wissens angesehen, welches die notwendige Grundlage für die räumliche Entscheidung liefern soll, wobei die Wege des Erwerbs des räumlichen Wissens vielfältig sein können. Dieses erworbene räumliche Wissen ist jedoch ohne Zweifel die Voraussetzung für die Wegfindung. Aus diesem Wissen wird die Orientierungsentscheidung bzw. die Frage abgeleitet, welcher Weg eingeschlagen werden soll, um zum gewünschten Ziel zu gelangen. Orientierung und Wegfindung bedingen zwar die Fortbewegung, werden allerdings in diesem Untersuchungszusammenhang als kognitive Leistung betrachtet und nicht als physischer Standortwechsel.

Im Kontext der kartengestützten Navigation erfolgt das neu erworbene räumliche Wissen mittels der mobilen Karte und/oder mittels der kognitiven Raumwahrnehmung an einem Standpunkt. Wenn die Kartendarstellung dieses orientierungsspezifische räumliche Wissen darstellen soll, ist die Erkenntnis unentbehrlich, wie die Orientierung anhand des neu erworbenen räumlichen Wissens erfolgt und in welchem Zusammenhang die Orientierung und dieses räumliche Wissen stehen. Aufgrund dieser Überlegung werden zwei Typen vom Orientierungsverhalten wie folgt unterschieden: Orientieren innerhalb und außerhalb des Wahrnehmungshorizontes.

- **Orientieren innerhalb des Wahrnehmungshorizontes**

  „Orientierung bezieht sich auf den Zusammenhang zwischen unserer Kenntnis der räumlichen Umwelt und dieser selbst, also den zwischen unserer kognitiven Karte und der realen Welt“ (Downs und Stea 1982, S. 79 f). Ähnliche Auffassung vertreten Péruch und Lapin (1993) und Wrenger (2015):

  > *„Spatial orientation can be described as the process of establishing a correspondence between the perception of the environment and spatial knowledge of that environment, which is either stored in the mind as a cognitive representation, or presented on a map, in a diagram, and so on“ (Péruch und Lapin 1993, S. 253).*
  >
  > *„Räumliche Orientierung wird [...] als kognitiver Vorgang des Abgleichens von internen (mentalen) räumlichen Informationen mit externen räumlichen Informationen aus der Umwelt angesehen, der über die erste Phase [Bestimmung des eigenen Standortes] hinaus auch in den anderen Phasen [Routenauswahl bis zum Erkennen des Zielpunktes], insbesondere während*

der Fortbewegung, zum Tragen kommt. Während der Fortbewegung vollziehen sich Prozesse des Abgleichens in iterativer Weise, indem die Route, z. B. nach einer Richtungsänderung, wiederholt überprüft wird [...]. Die Bewegungsrichtung wird dabei entweder als korrekt bestätigt und beibehalten oder, bei Abweichung von der Route, entsprechend korrigiert" (Wrenger 2015, S. 11 f).

In Anlehnung daran ist festzuhalten, dass während der Orientierung das kognitiv Wahrgenommene an einem Standpunkt mit dem entsprechenden, zur Verfügung stehenden räumlichen Wissen in Verbindung gebracht wird. Wird diese Verbindung nicht hergestellt oder unterbrochen, kommt es zur Orientierungslosigkeit. Dieser Orientierungsprozess wird in dieser Arbeit als Orientieren innerhalb des Wahrnehmungshorizontes bezeichnet und ist unmittelbar mit der **Selbstlokalisation** (Abgleichsprozess) verknüpft.

Befindet sich der Mensch in einem bekannten Umgebungsraum, können das Vorwissen (Kognitive Karte) und das kognitiv Wahrgenommene vor Ort miteinander abgeglichen werden. Befindet der Mensch sich aber in einem ihm fremden Umgebungsraum, sind Orientierungshilfen wie Karten oder sprachliche Beschreibung unentbehrlich, denn es kann kein Vorwissen abgerufen werden. Hierbei kann der Abgleichsprozess nur erfolgreich verlaufen, wenn die zu übermittelnden Informationen dem kognitiv Wahrgenommenen vor Ort entsprechen.

- **Orientieren außerhalb des Wahrnehmungshorizontes**

  Um sich in einem Umgebungsraum zielgerichtet bewegen zu können, reicht das bloße Orientieren innerhalb des Wahrnehmungshorizontes nicht aus. Denn die Wegfindung bezieht sich nicht „auf die Anwendung in der direkt zugänglichen Umgebung innerhalb der aktuellen Sichtweite sondern in entfernten, nicht sichtbaren Bereichen. Daher werden zur Unterstützung Erinnerungen aus dem Gedächtnis oder künstlich erzeugte Hilfsmittel wie Karten benötigt" (Elias 2006, S. 4, vgl. Montello 2005).

  In einem unbekannten Umgebungsraum kann das Wissen über den Raum, der an einem Standpunkt ohne zusätzliche Fortbewegung nicht unmittelbar wahrgenommen werden kann, nur mittels Orientierungshilfen erworben werden. Wissen und geistige Vorstellung stehen in wechselseitiger Beziehung und führen zu einer mentalen Transformation des Umgebungsraums. Dieser kognitive Prozess und die sich daraus ergebenden Repräsentationen des räumlichen Wissens sind die Basis für die Wegfindung, woraus sich wiederum die räumliche Entscheidungsfindung und die Ausführung der Entscheidung (Fortbewegung) ableiten. Danach wird der Mensch diesen Raum durchwandern und schrittweise wahrnehmen. Aufgrund des begrenzten Arbeitsumfangs wird das Orientieren außerhalb des Wahrnehmungshorizontes in Verbindung mit der **Veranschaulichung**[8] im Rahmen dieser Dissertation nicht behandelt.

Beide Orientierungsprozesse sind miteinander verbunden, sie beeinflussen und unterstützen sich wechselseitig. Dabei muss der Kartenbenutzer in der Lage sein, einerseits den aktuellen Standpunkt in der Kartendarstellung zu lokalisieren, andererseits die weiteren Laufwege auszuwählen, um die Bewegung in Richtung des Zielortes fortzusetzen (Schneider 2016). Hierbei argumentierten Downs und Stea (1982): „Wir besitzen die Orientierung, wenn wir wissen, wo wir im Augenblick sind (momentaner Standort), und diesen Standort mit einer Reihe anderer Standorte in einen Zusammenhang bringen können" (Downs und Stea 1982, S. 79 f).

[8] Veranschaulichung siehe Unterabschnitt 1.1, S. 3

2.2 Erwerb des räumlichen Wissens

Als Teilprozess der räumlichen Orientierung, wie im vorangegangenen Abschnitt dargelegt, liegt der Selbstlokalisation der Erwerb des räumlichen Wissens zugrunde. Je nach Orientierungsprozess ist das entsprechende räumliche Wissen erforderlich, welches wiederum aus unterschiedlichen Modalitäten erworben werden kann. Daher ist es erläuterungsbedürftig, in welchem Zusammenhang die Selbstlokalisation mit dem erworbenen räumlichen Wissen steht und wie dieses räumliche Wissen erworben wird.

Zur Beantwortung dieser Fragen wird die Grundlage der räumlichen Wissensstufen (Landmarkenwissen, Routenwissen und Überblickwissen, Siegel und White 1975) zuerst prägnant dargelegt (Unterabschnitt 2.2.1). Danach werden zwei Wege der räumlichen Wissensgewinnung, die beim Lösen der Selbstlokalisationsaufgabe erforderlich sind, in den Fokus gerückt (Unterabschnitt 2.2.2). Hierbei handelt es sich zum einen um den Wissenserwerb aus der direkten Quelle (Visuelles Wahrnehmen des physikalischen Raums) (Unterabschnitt 2.2.3), zum anderen um den Wissenserwerb aus der indirekten Quelle (Lesen der mobilen Kartendarstellung) (Unterabschnitt 2.2.4). Eine Erläuterung beider Wege der räumlichen Wissensgewinnung ist notwendig, denn die Übereinstimmung zwischen beiden Wissensmodalitäten ist als Voraussetzung zur Lösung der Selbstlokalisationsaufgabe anzusehen (in Anlehnung an Péruch und Lapin 1993).

2.2.1 Stufen des räumlichen Wissens

Mehrere Wissenschaftler argumentierten, dass das räumliche Wissen im Gedächtnis hierarchisch oder kategorisiert aufgebaut ist (Hart und Moore 1973; Siegel und White 1975; Couclelis et al. 1987; Chown et al. 1995; Taylor und Tversky 1996; Tversky 2000; Wiener und Mallot 2003). „Hierarchische Strukturen finden sich jedoch auch in der Organisation der kognitiven Karte wieder“ (Hartl 1990, S. 40), und gemäß Weiß (2005) werden die kognitiv aufgefassten Informationen nicht vollständig repräsentiert, so dass in dieser Struktur im Sinne von *cognitive collage* mit Verzerrungen zu rechnen ist (Tversky 1992; Tversky 1993); diese geometrischen Verzerrungen sind mehr systematisch als zufälliger Natur (Dickmann und Kestermann 2011).

Um sich in einem Umgebungsraum zu orientieren und um zu navigieren, benötigt der Mensch **das räumliche Wissen auf verschiedenen Stufen** aus der Kognitiven Karte (Tversky 2000). Während *overview level* das Wissen über den Standort, den Zielort sowie die Regionen dazwischen und unmittelbar angeschlossene umfasst, beinhaltet *view level* das lokale räumliche Wissen (z. B. Entscheidungspunkt). *Action level* ist sozusagen der Handlungsbereich, der z. B. Hindernisse einschließt (Tversky 2000).

> *„Each of these levels, and they are by no means all, calls up different sorts of information from the world and the mind and joins them in ways judged appropriate to the task at hand“ (Tversky 2000, o.S.)*

Bei May (1992) werden Knotenpunktwissen, Streckenwissen und Überblickwissen unterschieden. Bei Siegel und White (1975) lässt sich das erworbene räumliche Wissen in drei Wissensstufen bzw. Wissensarten untergliedern: Landmarkenwissen (*landmark knowledge*), Routenwissen (*route knowledge*) und Überblickwissen (*survey knowledge*) (vgl. Montello 1998b; Schlender 2008):

> *„[...] landmark knowledge is knowledge of distinctive objects or scenes stored in memory. Route knowledge is knowledge of travel paths connecting landmarks. Survey knowledge is configurational knowledge of the locations and extents of features in some part of the environment that is not limited to particular travel paths“ (Montello 1998b, S. 143).*

Bei Herrmann et al. (1998) werden lediglich Routenwissen und Überblickwissen unterschieden. Herrmann et al. (1998) argumentierten, dass die Grenzziehung zwischen Landmarkenwissen und Routenwissen häufig schwierig sein dürfte. „Es sei lediglich angemerkt, daß das Wegmarkenwissen [Landmarkenwissen] als eine beim üblichen Erwerb räumlichen Wissens auftretende hypothetische Vorform des Routenwissens betrachtet werden kann; es enthält in der Regel einige nicht seriell geordnete Wegmarken (und allenfalls noch rudimentäre Entfernungsinformationen zu einzelnen Wegmarkenpaaren)“ (Herrmann et al. 1998, S. 149).

Obwohl die Grundannahmen von Siegel und White (1975), May (1992), Herrmann et al. (1998) und Tversky (2000) Berührungspunkte aufweisen, sind dennoch unterschiedliche Auffassungen erkenntbar. Das Landmarkenwissen ist mit *view level* vergleichbar und das Routenwissen ist mit *overview level* vergleichbar. *Action level* wäre die niedrigste Stufe des räumlichen Wissens. Die höchste Stufe des räumlichen Wissens wäre dann das Überblickwissen. Aufgrund der terminologisch-begrifflichen Unstimmigkeiten werden Standortwissen, Routenwissen und Überblickwissen in dieser Arbeit unterschieden:

- **Standortwissen**

  Der Begriff Standortwissen bezeichnet das Wissen über den Ausschnitt des physikalischen Raums, welchen der Raumbetrachter an einem vorgegebenen Blickpunkt (ohne Fortbewegung) visuell, kognitiv wahrgenommen hat. In dieser Arbeit unterstreicht der Begriff Standortwissen den punktuellen Wissenserwerb an den einzelnen Blickpunkten, darum ist es mit der Orientierung innerhalb des Wahrnehmungshorizontes bzw. der Selbstlokalisation untrennbar verknüpft. Dieses Standortwissen ist mit *view level* (Tversky 2000) und Landmarkenwissen (Siegel und White 1975) vergleichbar, wobei das Standortwissen wiederum in weitere Stufen unterteilt werden kann[9].

- **Routenwissen**

  Das Routenwissen ist das lineare Streckenwissen und hängt somit davon ab, wie das Standortwissen sich mengenmäßig entlang einer Route verändert. Daher steht das Routenwissen mit der Orientierung außerhalb des Wahrnehmungshorizontes bzw. der Wegfindung (Routenplanung) in Verbindung. Allerdings sollte das Routenwissen nicht einfach als Addition des Standortwissens verstanden werden, denn das Routenwissen als Ganzes ist viel mehr als die Summe seiner Teile.

- **Überblickwissen**

  Herrmann et al. (1998) bestimmten „Überblickwissen als das Ergebnis der mentalen Integration zweier oder mehrerer Routen und trennen dieses Wissen vom Routenwissen, das auf jeweils eine Route bezogen ist. Das von uns untersuchte Überblickwissen kann somit auch als (Routen-) Integrationswissen bezeichnet werden“ (Herrmann et al. 1998, S. 149)[10]. Darum wird das Überblickwissen häufig als mentale Repräsentation bzw. kognitive Karte bezeichnet (Janzen 2000).

Um die Selbstlokalisation und den damit verbundenen Erwerb des Standortwissens immer im größeren Zusammenhang zu betrachten, wurden das Routenwissen und das Überblickwissen bei der Erläuterung zum Erwerb des räumlichen Wissens einbezogen, obgleich beide Wissensarten nicht im Fokus dieser Arbeit standen.

[9] Weitergehende Betrachtung des Themas siehe Unterabschnitt 2.2.3, S. 31 f

[10] Modell zum Übergang von Routen- zu Überblickwissen siehe Herrmann et al. (1998); Janzen (2000)

2.2.2 Räumliches Wissen aufgrund unterschiedlicher Modalitäten

Im folgenden Unterabschnitt wird ein Überblick darüber gegeben, wie das räumliche Wissen aus unterschiedlichen Modalitäten erworben wird (Abbildung 4, S. 23). Der Hauptfokus wird auf die Mischform des Wissenserwerbs gelegt, welcher mit der Selbstlokalisation im Zusammenhang steht.

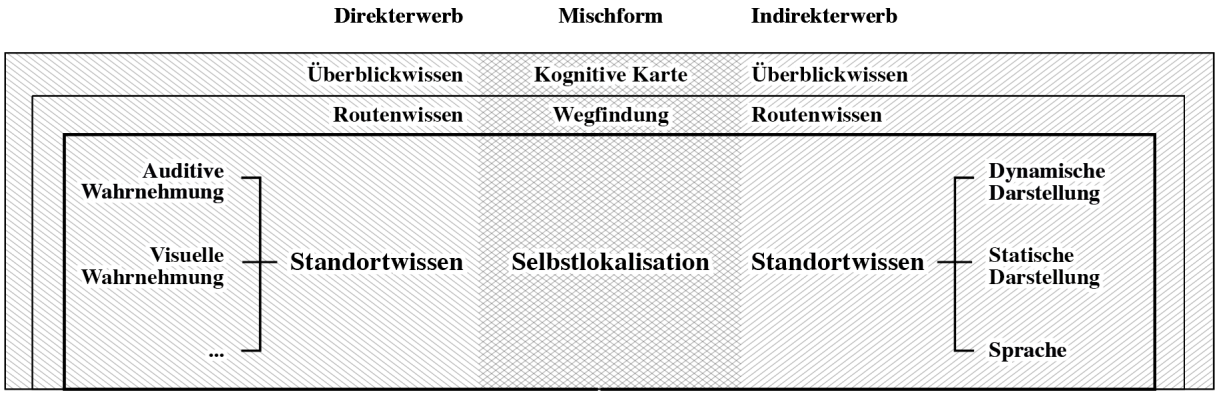


Abbildung 4: Erwerb des Navigationswissens in einer Mischform

Generell kann jede Stufe des räumlichen Wissens durch zwei Wege erworben werden: **Direkterwerb** und **Indirekterwerb** des räumlichen Wissens (in Anlehnung an Thorndyke und Hayes-Roth 1982; Downs und Stea 1973; Herrmann et al. 1998; Janzen 2000; Darken und Peterson 2002; Bollmann und Uthe 2002; Lobben 2004). Anstatt die Wissensstufen durch die Begriffe Routenwissen und Überblickwissen auszudrücken, hoben einige Wissenschaftler die Modalitäten bei der Wissensgewinnung besonderes hervor:

> „***Route knowledge*** *results from the user ‚seeing' the environment from an on-the-ground perspective and is gathered by traveling in the environment without a map (exploring, or continuous exposure). [...]* ***Survey knowledge*** *provides a user with a bird's-eye view of the geometry of the environment and is gathered through graphic representations (maps) or verbal representations (such as written or oral directions)" (Lobben 2004, S. 274).*

Aufgrund der begrifflich-terminologischen Unstimmigkeiten sind die Wege der Wissensgewinnung mit der Stufen des räumlichen Wissens leicht zu verwechseln. Beim Weg der Wissensgewinnung geht es darum, wie das Wissen erworben wird. Im Vergleich dazu liegt den Wissensstufen der hierarchische Aufbau des räumlichen Wissens zugrunde. Hierbei geht es darum, welche Wissensart erworben wird.

Zwei Hauptwege der Wissensgewinnung – direkter und indirekter Erwerb des räumlichen Wissens – sind nicht nur mit den unterschiedlichen Wahrnehmungsprozessen, sondern auch mit den unterschiedlichen Wissensquellen verknüpft. Darum werden das erworbene **Wissen aus direkten Quellen** und das erworbene **Wissen aus indirekten Quellen** bei einigen Wissenschaftlern unterschieden (Willis et al. 2009; Schniotalle 2003). Mit einer besonderen Hervorhebung des Wahrnehmungsraums als Bezugsraum unterscheiden sich die Wege der Wissensgewinnung in **primärer Wissenserwerb** und **sekundärer Wissenserwerb** (in Anlehnung an Montello 2009; Willis et al. 2009; Dickmann und Kestermann 2011; Dickmann 2012):

> „*Memory of spaces can be differentiated depending on whether it has come from direct or indirect sources. Direct sources involve navigational experience of a space though walking or standing, whereas indirect sources include maps and other navigational aids that offer external representations of the environment to which they refer" (Willis et al. 2009, S. 101).*

Trotz der unterschiedlichen begrifflich-terminologischen Vorschläge ähnelt sich die Grundannahme, dass der Erwerb des räumlichen Wissens durch zwei Hauptwege erfolgen kann. Über den Einsatz des Wissens bei der Orientierung argumentierten Dickmann und Kestermann (2011), dass die räumliche Orientierung auf direktem Weg erfolgt, wenn der Aktionsraum zur Lösung des räumlichen Problems dabei gänzlich eingesehen werden kann. „Sobald das räumliche Problem aber das Sichtfeld übersteigt, müssen Menschen sich auf indirektem Weg mittels ihrer mentalen Landkarte orientieren oder sich eines externen, meist kartographischen Hilfsmittels bedienen“ (Dickmann und Kestermann 2011, S. 184). Grundsätzlich unterstützt diese Argumentation die Unterteilung zwischen Orientierung innerhalb und außerhalb des Wahrnehmungshorizontes (Standortwissen für die Selbstlokalisation und Routenwissen für die Wegfindung), wobei die Orientierung innerhalb des Wahrnehmungshorizontes ohne das indirekt erworbene räumliche Wissen nur möglich sei, wenn das Vorwissen vorhanden ist oder als *perceptual orientation* (Downs und Stea 1977; Wang 2012) anzusehen ist. Ansonsten handelt es sich dabei um eine explorative Suche. Daher darf argumentiert werden, dass das indirekt erworbene Standortwissen bei einem zielgerichteten Orientierungs- und Navigationsverhalten in einem unbekannten Raum unter keinen Umständen fehlen darf.

Zum Zweck der räumlichen Orientierung kann eine Wissensart (sie muss jedoch nicht) sowohl auf direktem als auch auf indirektem Weg erworben werden. Wenn ein Umgebungsraum „nie aus der Feldperspektive gesehen wurde, sondern die Informationsquellen wie Karten, Luftbilder oder verbale Beschreibungen vermittelt wurden“ (Schlender 2008, S. 37), kann eine Form vom Routenwissen oder Überblickwissen gebildet werden (Schlender 2008). Durchaus kann das Routenwissen durch explorative Wegfindung (Wiener et al. 2009) – ohne externe Orientierungshilfe erworben werden. Wenn mehrere Routen in dieser Art und Weise erworben sind, kann das Überblickwissen ebenfalls gebildet werden[11]. „Da die Wissensarten auf unterschiedliche Weise erworben werden, wird allgemein angenommen, daß verschiedene mentale Repräsentationen resultieren“ (Janzen 2000, S. 11). All dies resultierte die sogenannte Kognitive Karte, also die räumliche Wissensrepräsentationen (in Anlehnung an Downs und Stea 1982).

Jede räumliche Wissensart kann auf unterschiedliche Weise erworben werden. Hierbei handelt es sich um verschiedene **Wissensmodalitäten**. Sowohl direktes als auch indirektes räumliches Wissen werden durch alle menschlichen Wahrnehmungsfähigkeiten (z. B. **visuelle, auditive, taktile und olfaktorische Wahrnehmung**) erworben. Dieses indirekte räumliche Wissen unterteilten Montello und Freundschuh (1995) in drei Kategorien: **Statische Darstellung** (*static pictorial representations*), **Dynamische Darstellung** (*dynamic pictorial representations*) und **Sprache** (*language*), wobei das direkte Raumerlebnis (*direct environmental experience*) als ursprüngliche Quelle des räumlichen Wissens anzusehen ist. „Natürlich können auch verschiedene Arten des Wissenserwerbs miteinander kombiniert werden, d. h. man kann Routenwissen erwerben und sich zwischendurch eine Karte anschauen bzw. jemandem nach dem Weg fragen“ (Janzen 1998, S. 17). Dies ist in der Regel der Fall bei der Nutzung eines Navigationsgerätes in einem unbekannten Umgebungsraum.

Im Unterschied zur Forschung der Orientierung in einem Geographischen Raum (Orientierung außerhalb des Wahrnehmungshorizontes), welche nur auf das indirekt erworbene räumliche Wissen ausgerichtet ist, stellt das Lösen einer Selbstlokalisationsaufgabe in einem unbekannten Raum (Orientierung innerhalb des Wahrnehmungshorizontes) eine große Herausforderung dar, weil unterschiedliche Wissensmodalitäten einbezogen werden müssen. Daraus ergibt sich eine besondere **Mischform** der Wissensmodalität.

> *„Bei der Mischform wurde sowohl Kartenwissen erworben als auch eine Verknüpfung mit Landmarken- und Routenwissen über die betreffende Raumkonstellation durchgeführt“ (Schlender 2008, S. 37).*

Diese Mischform ist mit jeder Wissensstufe unmittelbar verknüpft (Abbildung 4, S. 23). Während der Selbstlokalisation die Mischform unterschiedlicher Wissensmodalitäten des Standortes zugrunde liegt, kann die Kognitive

[11] Über die unterschiedlichen Möglichkeiten des Erwerbs des Routen- und Überblickwissens siehe Herrmann et al. (1998)

Karte als die Mischform vieler räumlicher Wissensmodalitäten erachtet werden. Wichtig ist, dass die Wissensarten nicht isoliert voneinander betrachtet werden, denn alle Wissensarten in einem Navigationsprozess sind wechselseitig voneinander abhängig, stützen einander und beeinflussen sich wechselseitig. Darum beinhaltet *geo-identification* [Selbstlokalisation] nicht bloß das direkt und indirekt erworbene Wissen, sondern ist mit der mentalen Repräsentation des Überblickwissens (Kognitive Karte) untrennbar verflochten (Delikostidis und van Elzakker 2009). Dabei spielen das Vorwissen, die Erfahrung, die Individualität sowie die Subjektivität eine wichtige Rolle. Im Hinblick auf die Selbstlokalisation mit der mobilen Karte wird die Mischform in dieser Arbeit auf das Standortwissen aus der visuellen Raumwahrnehmung und aus der Interpretation der Kartendarstellung begrenzt.

2.2.3 Direkterwerb des räumlichen Wissens

Im folgenden Unterabschnitt wird das visuell erworbene Wissen aus der direkten Quelle (physikalischer Raum) näher erläutert. Zwei Aspekte – Maßstab des psychologischen Raums (Kuipers 1977; Montello 1993; Freundschuh und Egenhofer 1997) und Unterteilung des Umraums (Grüsser 1983; Cutting 1997; May 2000; Schlender 2008; Ketschau 2013) – bilden dabei die Grundlagen zur Identifizierung des zu untersuchenden Raums, in dem das Lösen der Selbstlokalisationsaufgabe erfolgt und das Standortwissen erworben wird. Wenn der Raum, auf den der Untersuchungsgegenstand sich bezieht, nicht von vornherein definiert ist, könnten die daraus resultierenden Ergebnisse sinnlos sein. Daher ist diese Grundlage aus der Raumkognition äußerst wichtig.

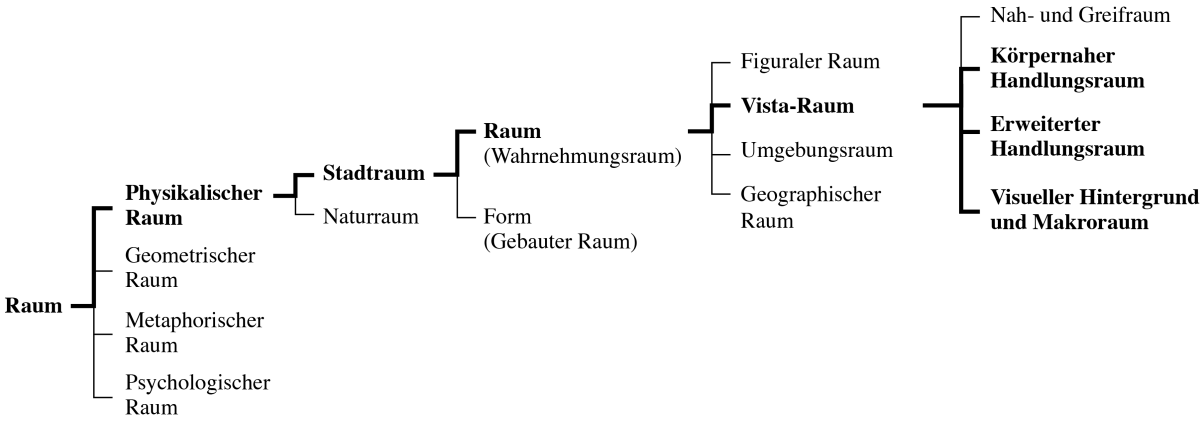


Abbildung 5: Einordnung des Raumbegriffs in den Untersuchungszusammenhang

Diese Einordnung des Raumbegriffs wird in Anlehnung an Freksa und Habel (1990), Carol (1946, 1956), Montello (2005), Joedicke (1968, 1985), Schneider (2016), Schäfers (2003), Grütter (2015), Ketschau (2013), Montello (1993), May (2000) erstellt.

Raum, seine Darstellung und Verarbeitung räumlichen Wissens sind für die Kognitionsforschung von besonderem Interesse (Freksa und Habel 1990). Jedoch wird der Raumbegriff je nach Teildisziplin anders verankert. Bei Freksa und Habel (1990) werden **geometrischer Raum**, **physikalischer Raum**, **psychologischer Raum** sowie **metaphorischer Raum** unterschieden, wobei der physikalische Raum „als Bezugswelt für die Interpretation von (nicht-physischen) Konzepten eine zentrale Rolle spielt“ (Freksa und Habel 1990, S. 1). In dieser Arbeit geht es um einen kleinen Ausschnitt des physikalischen Raums, in dem die Selbstlokalisation mit der mobilen Karte erfolgt. Durch die kognitive Wahrnehmung dieses kleinen Raumausschnitts werden die Repräsentationen des Standortwissens ausgebildet, die wiederum das Zoom-Verhalten ableiten. Daher war es nicht notwendig, auf eine umfangreiche Diskussion über die Begriffsbestimmung des Raums in unterschiedlichen Fachdisziplinen einzuge-

hen, vielmehr erschien es zweckmäßig, die Betrachtung des Raums auf die physikalischen und beobachtbaren Umweltmerkmale im Umblickfeld einzugrenzen (Abbildung 5, S. 25).

Die Unterscheidung zwischen Naturraum und Stadtraum in Bezug auf die Orientierung wurde im folgenden *peer-reviewed paper* veröffentlicht.

Wei, B. (2014): Entwicklung eines Fußgänger-Orientierungssystems auf der Basis gruppenkommunikativer Geoinformationen. Kartographische Nachrichten, 64 (6): 316-324.

Generell sind **Naturraum** und **Stadtraum** zu unterscheiden. Im **Naturraum** sind alle landschaftlichen Elemente in den kausalen Funktionen der naturgesetzlichen Abläufe begründet (Carol 1946; Carol 1956). „Der Mensch hat im Rahmen dieser Gesetzmäßigkeiten seine Wahrnehmungsfähigkeit und das Verständnis für seine Lebenswelt entwickelt“ (Wei 2014, S. 318). Diese Wahrnehmungsfähigkeit gewährleistet den größten Teil der veranlagten Überlebensstrategie, z. B. feuchte Landschaften liegen unten im Tal und trockene Areale oben, oder der Sonnenlauf im Osten, welcher mit dem Sonnenaufgang beginnt. „Diese gesetzmäßige, ständige Wiederholung aller Vorkommnisse in der Natur bildet die Grundlage für die Wiedererkennungs- und die Orientierungsfähigkeit“ (Wei 2014, S. 318). Der **Stadtraum** ist von Menschen konzipiert und kann als der anthropogene Raum bezeichnet werden. Im Stadtraum orientiert sich der Mensch somit anders als im Naturraum. Für das Auffinden des gesuchten Ziels in einem städtischen Raum, der durch die menschliche Vorstellung individuell konzipiert wurde, ist der Mensch nur unzureichend ausgestattet, da die anthropogenen Objekte nicht miteinander kausal zusammenhängen (Wei 2014). Bezüglich des Unterschiedes zwischen der Wahrnehmung des Naturraums und der Wahrnehmung des Stadtraums argumentierte Montello (2005) wie folgt:

> *„The presence of more curved, irregular, and asymmetric shapes in natural environments gives them a greater visual complexity in one sense, but at some point, this creates visual homogeneity as compared to the more minimalist character of built environment. Structures in built environments can vary capriciously in terms of color and height in ways that violate “natural logic”; in contrast, and unfortunately for the navigator, built environments sometimes capriciously lack variation“ (Montello 2005, S. 275).*

Aufgrund der fehlenden natürlichen Gesetzmäßigkeiten (*natural logic*, Montello 2005) „erfordert die Orientierung im Stadtraum eine besondere Fähigkeit, die Orientierungspunkte (Straßennamen, Ortsbezeichnungen, Objekte oder Koordinaten) zu kennen. Da ein nicht Ortskundiger sie nicht kennt, kann er sich nur in der Straßenrichtung orientieren. Wenn er zu einem bestimmten Zielort gelangen möchte, ist eine Orientierungshilfe notwendig. Die anthropogenen Orientierungspunkte, wie z. B. einzelne, besonders bezeichnete Gebäude an der Straße und von Suchenden wiedererkannte Landmarken oder hohe und weit sichtbare Landmarken, dienen einer guten Orientierung und erscheinen je nach Betrachtungswinkel bzw. Betrachtungsstandort variabel und individuell, deren Kartendarstellungen bleiben jedoch konstant“ (Wei 2014, S. 318). Eine Kluft zwischen Wahrgenommenem und Dargestelltem ist somit entstanden. Aufgrund dessen muss der Kartennutzer das vor Ort Wahrgenommene ständig mit dem in der Karte Dargestellten vergleichen, bis beides übereinstimmt, deshalb besteht auch die Gefahr, dass die Orientierung misslingt.

Diese Arbeit konzentriert sich auf das Lösen der Selbstlokalisationsaufgabe im städtischen bzw. architektonischen Raum. Aufgrund dessen liegen der Raumdefinition die Grundannahmen im Architekturzusammenhang zugrunde. Generell ist die Architektur „gebauter bzw. umbauter Raum“ (Schäfers 2003, S. 30). Je nach Betrachtungsweise sind **Raum** und **Form** zu unterscheiden (Schneider 2016):

> *„In der Architektur bzw. im Städtebau wird unter Raum der Bereich zwischen Oberflächen/Raumbegrenzungen verstanden. Form und Raum stehen somit in engem Zusammenhang, da sich das*

*eine direkt aus dem anderen ableiteten lässt [...]. **Form** bezeichnet die Gestalt und Anordnung räumlicher Elemente (wie Wände oder Gebäudevolumen). **Raum** hingegen bezeichnet das, was sich zwischen diesen Elementen befindet [...] Ob man sich in Gebäuden befindet oder außerhalb – man ist immer von Oberflächen umgeben, die den Raum formen. Der Raum ist der Bereich, innerhalb dessen sich Menschen aufhalten und bewegen [...] Die Form des Raumes bestimmt, wie weit man sich bewegen kann, wie viel man sehen kann, mit wem man interagieren kann [...] Das Ziel der Formerzeugung liegt demnach in der Schaffung von Räumen" (Schneider 2016, S. 19).*

Joedicke (1985) definierte, der architektonische Raum sei „ein Innenraum – ein Wohnraum in einem Gebäude, ein städtischer Raum, der von Gebäuden begrenzt ist, und beides umschlossen von natürlichen Raum" (Joedicke 1985, S. 20). In dieser Definition wird die räumliche Geschlossenheit hervorgehoben und somit steht die räumliche Begrenzung im Mittelpunkt. „Wenn vom Raum als etwas Umschlossenem gesprochen wird, so ist diese Aussage die Folge einer Wahrnehmung" (Joedicke 1968, S. 341).

„Der Raum ist wahrnehmbar an seiner Begrenzung. Wäre keine Begrenzung vorhanden, könnte auch kein Raum wahrgenommen werden. Das, was wir als architektonischen Raum bezeichnen, ist also erst dann für den Betrachter existent, wenn die Begrenzung errichtet ist und wahrgenommen werden kann" (Joedicke 1968, S. 341).

In der Architektur liegt den Forschungen die Beziehung zwischen Körper (vgl. Form) und Raum zugrunde und ist in seiner Existenz stets von der Wahrnehmung des Betrachters abhängig (Joedicke 1985). Anders ausgedrückt: Die Form entspricht der Vorstellung des Architekten und des Stadtplaners und der Raum ist das Wahrgenommene aus der Beobachterperspektive. Die Form bestimmt den Raum, der wiederum eine emotionale Wirkung auf die Raumbetrachter ausübt (Franz 2005). Daher streben die Architekten an, eine zu erwartende Raumwirkung aus den konkreten Raumeigenschaften zu erzielen (in Anlehnung an Franz 2005). In diesem Zusammenhang bezeichnete Joedicke (1968, 1985) den architektonischen Raum als einen **Wahrnehmungsraum** und er kann somit als die Summe aufeinander folgender wahrgenommener Beziehungen von Orten bezeichnet werden.

„Indem architektonischer Raum als Summe der wahrnehmbaren Beziehungen zwischen architektonischen Orten definiert wird, ist zugleich dargelegt, dass Raum nicht als etwas Seiendes verstanden wird, sondern als eine Folge der Wahrnehmung" (Joedicke 1968, S. 343).

Der Raum steht demnach mit der visuellen Wahrnehmung und zugleich mit dem Raumerlebnis in Beziehung (in Anlehnung an Joedicke 1968, 1985). Daraus ergibt sich ein visueller Geschehensverlauf eines Betrachters, der in der Architektur von zentraler Bedeutung ist. Darum kann der Architekturraum auch als Erlebnisraum bezeichnet werden (Esser 1938; Thomae 1940). Trotz der Unstimmigkeiten der Begrifflichkeiten und Betrachtungswinkeln manifestiert sich die übereinstimmende Auffassung, dass der Raum als „Korrelat" (Bollnow 2010, S. 20) an den Menschen und seine Wahrnehmung gebunden ist (Joedicke 1985), wenn der Raum aus dem psychischen Aspekt bzw. Wahrnehmungsaspekt betrachtet wird. Der Raum ist insofern existent, als er wahrgenommen wird (in Anlehnung an Joedicke 1985). Somit gibt es eine Diskrepanz zwischen dem wahrgenommenen Raum und den kartographisch dargestellten räumlichen Formen, denn die Raumwahrnehmung ist abhängig vom jeweiligen Standpunkt des Wahrnehmenden und verändert sich gemäß den Änderungen des Blickpunktes; die Raumgeometrie ist dagegen unabhängig vom zufälligen Blickpunkt und gibt eine objektive Darstellung der Beziehungen zwischen den architektonischen Körpern wieder (Joedicke 1985). Anders ausgedrückt: Die kartographische Darstellung beschreibt in der Regel die städtebaulichen und architektonischen Formen (z. B. Gebäude, Straßen). Die Darstellung der Räume, die durch solche räumlichen Elemente geformt sind und je nach Raumbetrachter und Beobachtungsstandpunkt individuell wahrgenommen sind, werden häufig vernachlässigt.

Bollnow (2010) und Grütter (2015) unterstrichen, dass der Wahrnehmungsraum keinesfalls vergleichbar den drei Dimensionen des Raumes ist. „Der Raum an sich ist in der Raumkognitionsforschung nicht der Untersuchungs-

gegenstand. Im Mittelpunkt stehen vielmehr Abbildungsrelationen zwischen einer physikalisch beschreibbaren Außenwelt und den mit deren Verarbeitung befassten organismusinternen Mechanismen und Prozessen“ (Ketschau 2013, S. 8). Darum werden Raum und Raumfülle unterschieden (Schäfers 2003; Joedicke 1985). Die Raumfülle resultiert somit aus dem jeweiligen Wahrnehmungsprozess – „weit, tief, hoch, nah, fern, unten und oben, rechts und links usw. – in spezifischer Weise“ (Schäfers 2003, S. 30). „Ein Raum wird nur durch Wahrnehmung und Interpretation zur Situation“ (Hamm und Neumann 1996, S. 254). Hierbei sind Aspekte wie Selektivität, Individualität, Raum-Zeit einbezogen. Diese Aspekte besitzen hinsichtlich der Wahrnehmung durchaus ihre Gültigkeit, werden jedoch aufgrund des begrenzten Umfangs dieser Arbeit nicht spezifisch thematisiert. Ebenfalls wird nicht auf architektonische Formen in Verbindung mit dem Prozess des Entwerfens eingegangen. Obwohl im Prozess des Entwerfens in der Baukunst ebenfalls angestrebt wird, die kognitionspsychologischen Aspekte zu berücksichtigen, steht die Vorstellung des Menschen im Vordergrund und auch die ästhetischen, kulturellen Aspekte fließen mit in den Prozess ein. In dieser Arbeit geht es hauptsächlich um die Wirkung eines Raums, welche unmittelbar mit der kognitiven Wahrnehmung eines Nutzers des Navigationssystems zum Zweck der Selbstlokalisation in Verbindung steht.

Der Wahrnehmungsraum ist ein Teil des psychologischen Raums, welcher sich auch auf Denkraum, Gedächtnisraum sowie Verhaltensraum beziehen kann (Montello 1993). Bei der **Typisierung des Wahrnehmungsraums** (Abbildung 6, S. 28) gibt es eine Reihe von Forschungsarbeiten und unterschiedlichen Sichtweisen (Lynch 1960; Ittelson 1973; Canter 1977; Downs und Stea 1977; Kuipers 1977, 1978; Mandler 1983; Montello 1993; Freundschuh und Egenhofer 1997). Trotz der begrifflichen Unstimmigkeiten und der unterschiedlichen Auffassungen einigen sich die meisten Wissenschafter darauf, dass der Wahrnehmungsraum – im Unterschied zum physikalischen Raum – nicht als absolute, sondern als relative Raumgröße anzusehen ist. So kann ein großer Raum, der aus einer gewissen Entfernung betrachtet wird, als kleiner Raum wahrgenommen werden.

> *„Large-scale space is defined by the perceptual mechanisms for exploring the space, rather than by its physical size. A large-scale space is defined as a space which cannot be perceived at once: its global structure must be derived from local observations gathered over time. For example, a drawing is a large-scale space when viewed through a small movable hole, while a city can be small-scale when viewed from an airplane“ (Kuipers 1977, S. 12).*

Darum hat der Maßstab des Wahrnehmungsraums einen signifikanten Einfluss darauf, wie der Mensch mit räumlichen Informationen umgeht (Montello 1993).

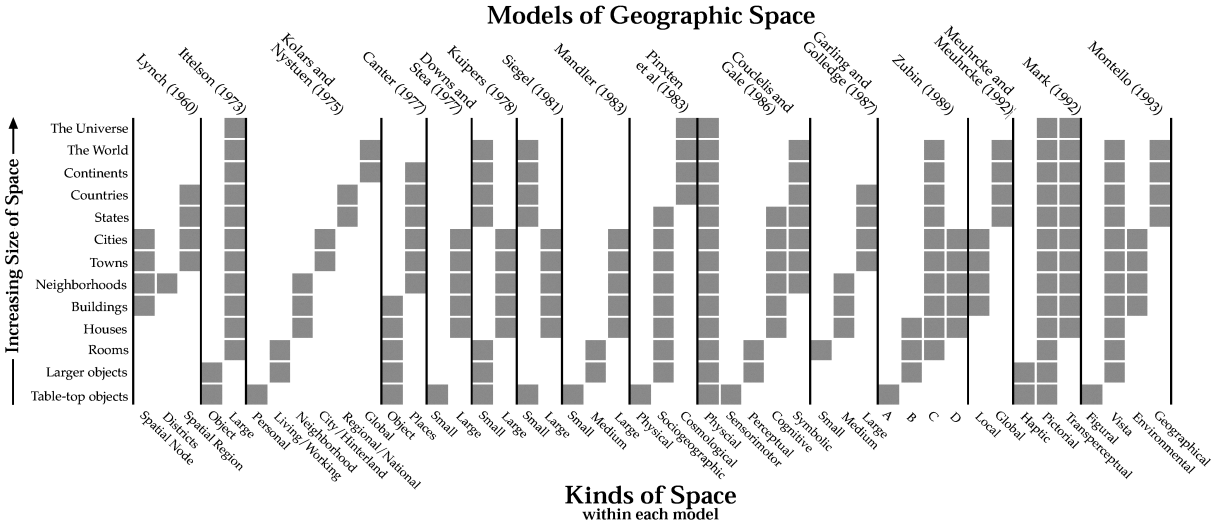


Abbildung 6: Kategorisierung von Räumen (Freundschuh und Egenhofer 1997)

„[...] properties of space, or relations between objects in space, are typically treated as scale-independent when studied as formal problem and, for the most part, as geographic problems. But when studied as a problem for human perception, thought and behavior [...], it is the thesis of the present essay that space is not scale-independent“ (Montello 1993, S. 312).

Diese Arbeit beruht auf der Typisierung des Wahrnehmungsraums, die von Montello (1993) vorgenommen wurde. Dieser Typisierung liegt die projektive Raumgröße im Verhältnis zum menschlichen Körper zugrunde:

- **Figuraler Raum**

  Figuraler Raum (*figural space*) ist kleiner als der menschliche Körper und kann von einem Blickpunkt aus ohne Eigenbewegung wahrgenommen werden.

- **Vista Raum**

  Vista Raum (*vista space*) ist größer und kann sogar wesentlich größer als der menschliche Körper sein. Ein Vista Raum kann ein Zimmer, ein Platz, ein kleines Tal oder sogar der Horizont sein und er kann ohne zusätzliche Fortbewegung von einem Blickpunkt aus wahrgenommen werden.

- **Umgebungsraum**

  Umgebungsraum (*environmental space*) ist größer als der menschliche Körper und kann nur durch Fortbewegung wahrgenommen werden.

- **Geographischer Raum**

  Geographischer Raum (*geographical space*) ist viel größer als Umgebungsraum. Geographischer Raum kann nur mittels Karte erfasst werden.

Ähnlich wie *large-scale space* und *small-scale space* (Kuipers 1977) kann ein Vista-Raum vom absoluten Flächeninhalt her viel größer sein als ein Umgebungsraum. Vista Raum, Geographischer Raum und Umgebungsraum können durch Karten dargestellt werden, wobei Geographischer Raum im Unterschied zu den beiden übrigen nicht ummittelbar erlebt werden kann. Nach der Auffassung von Montello (1993) kommen nur Vista Raum und Umgebungsraum bei einer Fußgänger-Navigationsaufgabe in Betracht. Während die Selbstlokalisation sich auf Vista Raum bezieht, finden Routenplanung und Navigation im Umgebungsraum statt.

Auf der Grundlage der oben vorgenommenen Typisierung ist der Umgebungsraum eine Summe mehrerer Vista Räume, welche sich auf die Wahrnehmungsräume an mehreren Standorten beziehen (Meilinger 2007). Diese Auffassung spiegelt sich in der folgenden Raumdefinition von Joedicke (1985) wider: Der architektonische Raum als Summe der wahrnehmbaren Beziehungen zwischen Orten. Der architektonische Raum als Umgebungsraum summiert Vista Räume durch die Fortbewegung eines Raumbetrachters. Im Hinblick auf die Verbindung zwischen unterschiedlichen Wahrnehmungsräumen haben Freundschuh und Egenhofer (1997) ein Modell entwickelt. Sie argumentierten, dass sowohl die Größe des Wahrnehmungsraums als auch die Fortbewegung durch das Verschieben der x Achse und y Achse verändert werden können, gleichsam von einem Vista Raum hin zu einem Umgebungsraum (Abbildung 7, S. 30).

„When navigating an environmental space, it is definition experienced piecewise, as only local vista spaces are visible during navigation, but never the whole environment. [...] As environmental spaces can [...] only be experienced by integrating information from travelling through local vista spaces, it is conceivable that the orientation of the local reference frames of vista spaces is somehow extended towards environmental spaces“ (Meilinger et al. 2014, S. 543).

„You-Are-Here! But “here” changes as we move. We must update our spatial representations, keeping track of “here”. Additionally “here”, even without movement, differs as a function of

spatial scales. "In my chair" or "in my apartment" could be the same "here", but one for vista space and the other for environmental space" (Bilge und Taylor 2010, S. 179).

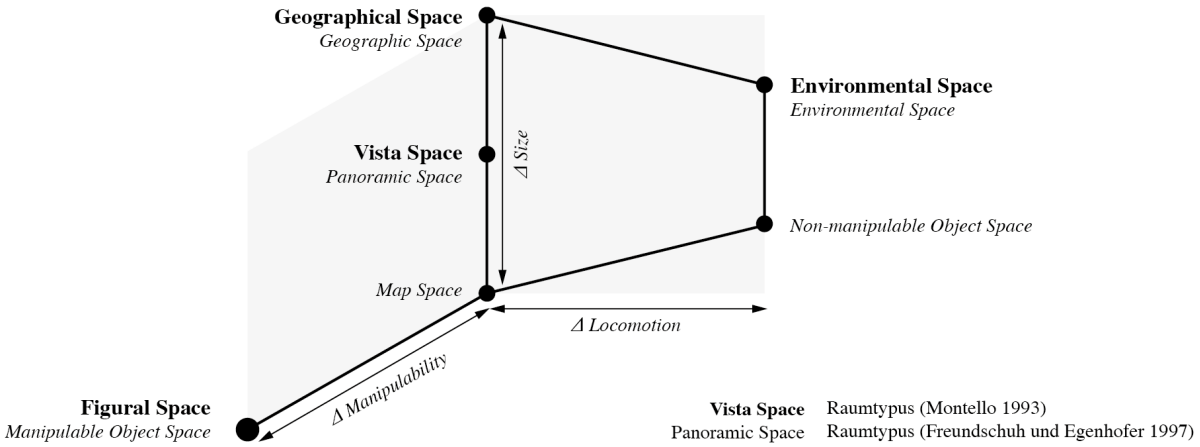


Abbildung 7: Wechsel zwischen Raumtypen (graphisch angepasst nach Freundschuh und Egenhofer 1997)

Montello (1993), Freundschuh und Egenhofer (1997) wiesen darauf hin, dass der Maßstab des psychologischen Raums einerseits einen signifikanten Einfluss auf die effektive Kommunikation zwischen Kartennutzer und GIS (*geographic information system*) hat, andererseits auch die Gestaltung des kartenbasierten Navigationssystems optimieren könnte.

„Clearly, differences between spatial scales should have implications for spatial communication and the optimal design of a variety of spatial information systems. Examples include maps, other navigation guides such as personal navigation system, and effective user-interfaces for GIS" (Montello 1993, S. 318).

Nach Montello (1993) bezeichnet Vista Raum den Raum, der ohne zusätzliche Fortbewegung von einem Blickpunkt aus visuell wahrgenommen werden kann. Je nach Raumkonzipierung kann ein Vista Raum sehr groß oder aber klein sein (Abbildung 8, S. 30). Der Raum ist wesentlich durch die Gestalt und Anordnung räumlicher Elemente geformt und hat somit einen Einfluss auf die Raumwahrnehmung. Allerdings dürften Maßstab und Typologie von Straßen- und Platzräumen separat betrachtet werden (Krier 1975). Hierbei argumentierte Krier (1975):

„Without doubt the scale of an urban space is also related to its geometrical qualities. [...] They [scale] do not affect the arrangement of my typology. [...] In the case of all spatial forms, the differentiation of scale plays a particularly important role, as does the effect of various architectural styles on the urban space. [...] as long as man needs two arms and two legs, the scale of his body must be the measure of size for all building. That concerns not only staircases or ceiling height, but also the design of public space in the urban context. In this respect, town-planning in our century has been a miserable failure" (Krier 1975, S. 41, 52 und 90).

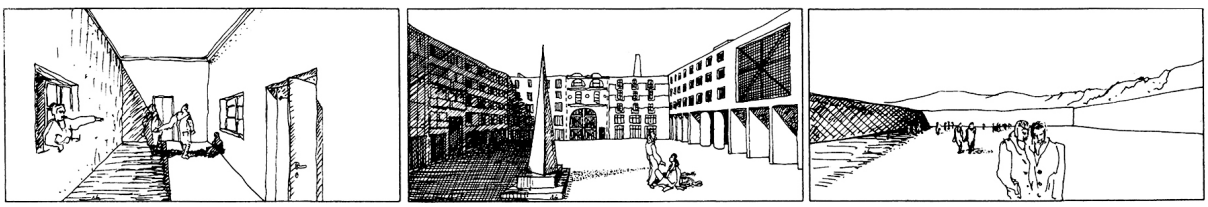


Abbildung 8: Ein Stadtraumtypus in drei verschiedenen Maßstäben (Krier 1975)

Einige Forschungen in der Raumkognition befassen sich mit der tiefergehenden Betrachtung des Vista Raums. Nach Grüsser (1978, 1983) ist zwischen personalem und extrapersonalem Raum zu unterscheiden. Cutting (1997) unterschied zwischen *personal space* (personalem Raum), *action space* (Handlungsraum) und *vista space* (Vista Raum). Anlehnend an Grüsser (1978, 1983) hat May (2000) die Raumbereiche des Vista Raums weiterentwickelt und den Begriff Umraum in der deutschen Literatur eingeführt:

> *Der Umraum umfasst „den Bereich von etwa einem bis zu – je nach Umweltbedingungen – 100 oder mehr Meter. Es handelt es sich um denjenigen Ausschnitt des Raums, in welchem Personen Informationen über Lokalisation, Distanzen und Richtungen von verhaltensrelevanten Objekten über körperliche Bewegungen hinweg aktualisieren, kognitiv verwalten und in ihr räumliches Handeln einbeziehen“ (May 2000, S. 9).*

Bei Schlender (2008) wurde der Begriff „Erfassungsbereich“ gebraucht, um den durch „Kopfbewegungen und Körperdrehnungen von der aktuellen Position aus beobachtbaren Gesamtbereich“ zu definieren (Schlender 2008, S. 10). Der Umraum kann in mehrere Bereiche – Greifraum, Handlungsraum (Körpernaher Handlungsraum und Erweiterter Handlungsraum) sowie visuellen Hintergrund (Makroraum) – je nach Auffassung des jeweiligen Forschers unterteilt werden (Grüsser 1983; Cutting 1997; May 2000; Schlender 2008; Ketschau 2013; Abbildung 9, S. 31).

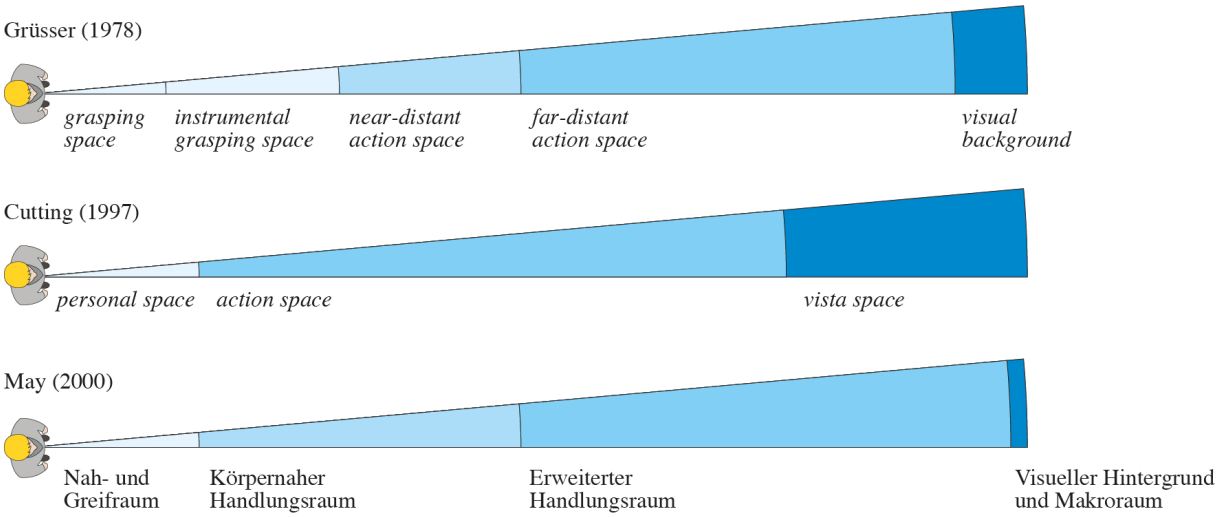


Abbildung 9: Einteilung des Vista Raums (Ausschnitt)

- **Nah- und Greifraum**

  Nah- und Greifraum entsprechen „in etwa der Reichweite der Gliedmaßen einer Person im Stand, hat [haben] also je nach Körperbau einen Radius von knapp einem Meter in alle Richtungen um die Person herum“ (May 2000, S. 8).

- **Körpernaher Handlungsraum**

  Körpernaher Handlungsraum ist „der Raum der ersten 6 bis 15 Schritte (ca. 4 bis 8 m), in dem man sich auch ohne Sicht und Gehör sicher (z. B. ohne Angst vor Kollisionen mit Gegenständen) bewegt“ (May 2000, S. 8).

- **Erweiterter Handlungsraum**

  Erweiterter Handlungsraum entspricht „dem Raum jenseits des körpernahen Handlungsraums und reicht, je nach Umweltgegebenheiten und situativen Anforderungen, bis hundert oder mehr Meter; es ist derjenige Raumausschnitt, zu dem man direkten visuellen, akustischen oder olfaktorischen Zugang hat bzw. über den man aufgrund von Gedächtnismechanismen auch ohne unmittelbare sensorische Unterstützung (z. B. bei der Navigation) verfügt“ (May 2000, S. 8).

- **Visueller Hintergrund und Makroraum**

  Visueller Hintergrund und Makroraum sind „der Raum jenseits des erweiterten Handlungsraums, also der Ausschnitt, in dem man beispielsweise eine Häuseransammlung am Horizont sieht, aber auch der gedachte Raum jenseits des Horizonts, wie wir ihn in Form von geographischem räumlichen Wissen verfügbar haben (z. B. Richtung, in der das Meer liegt)“ (May 2000, S. 8). Der Visuelle Hintergrund (Makroraum) besteht „sowohl aus entfernt sichtbaren Reizen als auch aus mental verfügbaren Informationen“ (Schlender 2008, S. 10).

Grundsätzlich stimmt der Grundparameter bezüglich der Typisierung des Vista Raums mit der Auffassung von Montello (1993) überein: projektive Raumgröße im Verhältnis zum menschlichen Körper. Während die Größe des Greifraums und des körpernahen Handlungsraums in der Regel konstant bleiben, variiert der erweiterte Handlungsraum je nach Raumgröße. Beispielsweise kann der erweiterte Handlungsraum in einem Innenbereich sehr klein sein, bei einem Panoramablick jedoch sehr groß.

Zusammenfassend erfolgt das Lösen der Selbstlokalisationsaufgabe in einem Vista Raum, der sich in unterschiedliche Teilbereiche gliedern lässt. Dies impliziert, dass das direkt erworbene Standortwissen mit dem Vista Raum als Ganzes oder je nach Handlung mit einem bestimmten Bereich verknüpft werden kann, wobei der Vista Raum als Ganzes wiederum je nach architektonischer Konzipierung groß oder klein sein kann.

2.2.4 Indirekterwerb des räumlichen Wissens

Im vorangegangenen Abschnitt wurde erläutert, dass das direkt erworbene Standortwissen im Vista Raum erfolgt. Die Selbstlokalisation gelingt nur dann, wenn der wahrgenommene Vista Raum durch eine entsprechende Darstellung wiedergegeben ist und der Kartennutzer sie wiedererkennen kann. Anders gesagt: Durch das Kartenlesen soll das indirekte räumliche Wissen erworben werden, welches mit dem direkt erworbenen Standortwissen des entsprechenden Vista Raums übereinstimmt. Darum steht die Frage im Vordergrund, wie das Standortwissen durch kartographische Mittel wiedergegeben werden kann.

Viele Wissenschaftler belegten, dass die Größe des dargestellten physikalischen Raums einen wichtigen Einfluss auf das zu erwerbende bzw. erworbene räumliche Wissen hat (Gartner und Hiller 2009; Delikostidis und van Elzakker 2009; Delikostidis et al. 2016). In praktischer Hinsicht ist insbesondere von Bedeutung, dass der darzustellende Raumausschnitt aufgrund verschiedener Displaygrößen stark differenziert ausfällt, wenn die Zoom-Stufe ungeachtet der verschiedenartigen Smartphone-Modelle konstant bleibt. Aufgrund dieser Überlegung geben zwei Erkenntnisse, die aus bereits vorliegenden empirischen Untersuchungen resultieren, den Rahmen des folgenden Unterabschnitts vor:

Erkenntnis 1

Gemäß der Erkenntnisse im Rahmen empirischer Untersuchungen (Dickmann und Kestermann 2011 und andere) ermöglicht die Entnahme räumlicher Informationen aus einem größeren Kartenausschnitt,

Überblickwissen zu erwerben und die kognitive Karte im Langzeitgedächtnis auszubilden. Im Vergleich dazu führt die Entnahme räumlicher Informationen aus einem kleinen Kartenausschnitt zum Erwerb von schwachem Überblickwissen; dieses Wissen ist vornehmlich im Kurzzeitgedächtnis verankert.

Beim Lösen der Wegfindungs-Aufgabe gibt es eine Vielzahl von Forschungsarbeiten, die empirisch belegen, wie der Kartenausschnitt den Erwerb des räumlichen Wissens beeinflusst. Die meisten Feldstudien wurden so konzipiert, dass Testpersonen entweder mit einer großen Print-Karte (großer Kartenausschnitt) oder mit einer digitalen Karte auf einem mobilen Display (kleiner Kartenausschnitt) eine Navigationsaufgabe auf einer identischen Route absolvieren mussten. In der großen Print-Karte wurde der Umgebungsraum als Ganzes (vom Startpunkt bis zum Zielpunkt) dargestellt. In der mobilen Karte ist dieser Umgebungsraum entweder durch die *pan*-Funktion ausschnittsweise oder durch die Zoom-Funktion in einer kleinen Zoom-Stufe als Ganzes wahrzunehmen. Da jeder Wissenschafter seinen Forschungsschwerpunkt hat, geht es hier nicht primär um die ausführliche Beschreibung der jeweils durchgeführten Studien, sondern um Überschneidungen und studienübergreifende Ergebnisse.

Dickmann und Kestermann (2011), Dickmann (2012) belegten, dass die mobile Kartendarstellung des Navigationsgerätes im Vergleich zum Stadtplan kaum zum Erwerb des räumlichen Wissens und damit zur Bildung des Orientierungswissens im Langzeitgedächtnis beitragen. Gartner und Hiller (2009) stellten fest, dass Papierkarten-Nutzer im Vergleich zu Nutzern des Navigationssystems ein besseres Überblickwissen und einen besseren Richtungssinn erworben haben. Ishikawa und Takahashi (2013) kamen zu dem analogen Schluss, dass die Papierkarte generell einen Vorteil hinsichtlich der besseren kognitiven Szenenerkennung (*scene recognition*) und der kurzen Zeit bei der Karteninterpretation aufweist. Im Vergleich dazu war der Zeitaufwand der Nutzer des Navigationssystems deutlich höher (Ishikawa und Takahashi 2013). Ferner konnten die Nutzer des Navigationssystems die Szenen der gelaufenen Route nicht mehr durch fotorealistische Bilder gut erkennen (Ishikawa und Takahashi 2013). Ähnlich kamen Dillemuth (2009) durch *computer-based map use task* zu dem Schluss, dass kleine Kartenausschnitte die Leistung in Bezug auf Genauigkeit und Reaktionszeit erschwert. Beim Erwerb des räumlichen Wissens wird je nach Bedingungen (*10% extent, 25% extent, 40% extent* und *full extent*) ein Unterschied aufgezeigt, hingegen ergibt sich aus der Kartenskizze-Analyse kein Unterschied (Dillemuth 2009). Wessel et al. (2010) stellten aber fest, dass kein signifikanter Unterschied im Hinblick auf die Anzahl falscher Elemente in der gezeichneten Skizzenkarte zwischen den beiden Bedingungen (GPS und *road map*) ersichtlich war. Allerdings waren die Skizzenkarten der *road map* Nutzer vollständiger und korrekter; es gab weniger fehlende Kurven, Straßenabschnitte und Straßennamen (Wessel et al. 2010).

Hinsichtlich der bei der Navigationsaufgabe angezeigten mobilen Karte kamen Willis et al. (2009) zu dem Schluss, dass defizitäres räumliches Wissen (*poor configurational knowledge*) eine ungenau gezeichnete Kartenskizze nach sich zieht und eine mangelhafte Einschätzung der Distanz zur Folge hat. Ishikawa et al. (2008) haben nachgewiesen, dass die Wegfindung anhand der GPS-basierten Navigation mit höherem Zeitaufwand, Fehlinterpretation der Karte und mehreren Zwischenstopps verbunden ist. Obgleich die Zoom-Funktion zur Verfügung stand, hatten die meisten Testpersonen sie nicht verwendet (Ishikawa et al. 2008). Da die Studie kurz nach der Markteinführung des iPhone mit seiner Multitouch-Bedienoberfläche durchgeführt wurde, lagen möglicherweise die Schwierigkeiten bei der Gruppe von Navigationssystem-Nutzern darin begründet, dass die Testpersonen mit der GUI-Funktion Zoom noch nicht vertraut waren, so Ishikawa et al. (2008). Dessen ungeachtet vermuteten Ishikawa et al. (2008), dass das Problem sich möglicherweise auf die unterschiedlichen Kartenausschnitte in Verbindung mit den Kartenmaßstäben zurückführen lässt (Ishikawa et al. 2008, vgl. Krüger et al. 2004; Aslan et al. 2006; Münzer et al. 2006; Ishikawa 2019).

Erkenntnis 2

Gemäß der Erkenntnisse anderer empirischer Untersuchungen (Dillemuth 2008 und andere) trägt die Darstellung eines kleinen Raumausschnitts mit großer Zoom-Stufe durchaus zum Erwerb des Standortwissens bei und reduziert eine zufällige Suche.

Über den Einfluss eines kleinen dargestellten Ausschnitts des physikalischen Raums auf den Erwerb des Standortwissens gibt es nur wenige Forschungsarbeiten.

Generell ist die Informationsüberflutung als ein großes Problem bei der Karteninterpretation anzusehen (Taylor und Hopkin 1975). Bei einem kleinen Ausschnitt des physikalischen Raums mit großer Zoom-Stufe könnten die Inhalte fokussiert dargestellt werden. Wenn der Nutzer des Navigationssystems einen großen Kartenausschnitt visuell erfassen muss, die zweckdienlichen Informationen jedoch nur ein kleiner Teil davon sind, könnte dies einen zielgerichteten Erwerb des räumlichen Wissens verhindern und die Informationssuche zufällig werden lassen (*stochastic sampling strategy*, Thorndyke und Stasz 1980). Li und Ho (2004) unterstrichen bei der Entscheidungsfindung des Autofahrers, dass sowohl zu viele als auch zu wenige Informationen auf der Karte den Fahrer verwirren könnten.

Dillemuth (2008) untersuchte bei der kartengestützten Navigationsaufgabe den Einfluss des Kartenausschnitts auf das Nutzungsverhalten mit besonderem Fokus auf den Aspekten Zeitdauer der Aufgabenerledigung, Genauigkeit, Anzahl der Zwischenstopps sowie Interaktion zwischen Benutzer und Karte. Dillemuth (2008) verwendete drei Kartenausschnitte: *fullview, 39% view und 13% view* (Abbildung 10, S. 34). Im Hinblick auf die Routenverfolgung gab es bei den Testpersonen keinen Unterschied, obwohl *panning* bei der *13% view*-Gruppe erforderlich war. *Panning* hatte also keinen negativen Einfluss auf die Routenverfolgung. Ein wichtiges Ergebnis war, dass die Ausschnitte (*39% view* und *13% view*) eindeutige Vorteile aufwiesen, z. B. *turn recall*. Dillemuth (2008) argumentierte, dass eine Informationsüberflutung bestand, so dass die Routendarstellung (*fullview*) im Vergleich zu den anderen (*39% view* und *13% view*) nicht in den Fokus gerückt werden konnte. Ferner erleichterten die eingeschränkten Ausschnitte (*39% view* und *13% view*) den Erwerb des Standortwissens.

> *„[...] seeing a part of the map at a time may have facilitated (route) spatial knowledge acquisition either by focusing the participant's attention on a small, cognitively manageable chunk at a time, or by requiring more active cognition on the part of the participant to integrate the discretely viewed sections" (Dillemuth 2008, S. 148).*

Abbildung 10: *fullview*, *39% view* und *13% view* (Dillemuth 2008)

Zusammenfassend hat der Kartenausschnitt in Verbindung mit Kartenmaßstab bzw. Zoom-Stufe einen signifikanten Einfluss auf den Erwerb von räumlichem Wissen. Es kann aber nicht zwingend gefolgert werden, dass ein kleiner Darstellungsausschnitt bei der Orientierungs- bzw. Navigationsaufgabe nachteilig sein muss. Während der Erwerb des Überblickwissens bei der Papierkarte mit kleinem Kartenmaßstab im Vordergrund steht, geht es bei der mobilen Karte eher um den Erwerb des Standortwissens.

In der bisherigen Literatur liegt der methodische Schwerpunkt auf dem Rückruf (*turn recall* oder Kartenskizze-Analyse). Konkret bedeutet dies: Das erworbene räumliche Wissen wird nach der Durchführung der Navigationsaufgabe mental aufgezeichnet. Hierzu existieren zahlreiche fundierte empirische Untersuchungen mit unterschiedlichen Erhebungs- und Auswertungsmethoden. Im Vergleich dazu wird der Erwerb des Standortwissens in Verbindung mit dem Kurzzeitgedächtnis bislang unzureichend bzw. nicht mit einer entsprechenden Methode empirisch untersucht. Dieses Standortwissen im Kurzzeitgedächtnis ist jedoch der Schlüssel zur Lösung einer Selbstlokalisationsaufgabe. Ob das erworbene Standortwissen nach der Erledigung der Navigationsaufgabe im Langzeitgedächtnis aufgezeichnet wird, ist für den vorliegenden Untersuchungszusammenhang unmaßgeblich.

2.3 Forschungsdefizit und Erkenntnisinteresse

Im folgenden Abschnitt wird die Forschungslücke bzgl. der fehlenden Parameter zur Bestimmung der standortbezogenen Zoom-Stufe aufgezeigt. Das Erkenntnisinteresse ist die Identifizierung der Einflussfaktoren auf die zur Selbstlokalisation geeignete Zoom-Stufe.

Im Hinblick auf die Selbstlokalisation sind direkt und indirekt erworbenes räumliches Wissen zu unterscheiden. Die angewandte Kartographie strebt an, dass die Kartendarstellung, d. h. indirekt erworbenes räumliches Wissen, sich möglichst an das direkt erworbene Wissen annähert. Dazu stellen die bestehenden Ansätze[12] zwar einen großen Schritt in Richtung des Ziels dar, offenbaren aber gleichzeitig die Forschungslücke bzgl. der Zoom-Stufe. Um diese Forschungslücke aufzuzeigen, sollte der wichtige Unterschied des Wahrnehmungsprozesses durch beide Wissensmodalitäten dargelegt werden.

> *„Exploration of an environment provides route information, the characteristics of which include a within-environment viewpoint, a viewer-centered reference system, a changing orientation with each turn taken in the environment, and the limitation of information by the visual field. Maps present survey information, characterized by a bird's-eye viewpoint, an objectcentered reference system, a stable orientation, and the significant availability of information [...]" (Taylor et al. 1999, S. 209).*

Nach Taylor et al. (1999) bestehen im Wesentlichen vier Unterschiede zwischen dem direkt erworbenen räumlichen Wissen durch die visuelle Raumwahrnehmung und dem indirekt erworbenen räumlichen Wissen durch das Kartenlesen (Kartenwissen): Blickpunkt, Referenzsystem, Wahrnehmungsvorgang sowie Verfügbarkeit der Informationen. In Anlehnung an Taylor et al. (1999) werden diese vier Unterschiede wie folgt interpretiert:

- **Blickpunkt**

  Beim Blickpunkt handelt es sich um die Feldperspektive im Gegensatz zur Beobachterperspektive. Anders ausgedrückt: *within (route perspective)* und *above (survey perspective)* stehen einander gegenüber (Taylor et al. 1999) (vgl. *observer memory* und *field memory*, Nigro und Neisser 1983; F- und B-Perspektive, Herrmann et al. 1998; *ground-based view* und *bird's-eye view*, Cohen 1989).

[12] Die bestehenden gestalterischen Ansätze z. B. Einsatz des *you-are-here* Punktes, Vorne-oben-Kartenausrichtung siehe Abschnitt 3.1, S. 56 ff

- **Referenzsystem**

  Die Kartendarstellung als ein mathematischer Raum hat „keinen natürlichen Koordinaten-Mittelpunkt, sondern man kann aus Gründen der Zweckmäßigkeit durch eine einfache Koordinaten-Verschiebung jeden beliebigen Punkt zum Koordinaten-Mittelpunkt machen. Man kann durch eine einfache Drehung jede beliebige Richtung im Raum zur Koordinaten-Achse machen“ (Bollnow 2010, S. 17). Im Wahrnehmungsraum gibt es einen festen, erkennbaren Mittelpunkt (Blickpunkt) und ein sich abzeichnendes Achsen-System (Körper und Kopfhaltung) (in Anlehnung an Bollnow 2010). Der Wahrnehmungsraum ist durch die Blickrichtung geprägt und hat damit einen Beobachtungsschwerpunkt (Grütter 2015). In dieser Hinsicht dürfte argumentiert werden, dass die Objekte im Umblickfeld oft als heterogen (verschiedenartig) wahrgenommen werden. Im Gegensatz dazu werden die Objekte in der Darstellung homogen (gleichartig) wahrgenommen. Hier existiert eine umfangreiche Literatur zum Thema Referenzrahmen[13].

- **Wahrnehmungsvorgang**

  Mittels der Kartendarstellung wird die räumliche Anordnung simultan kogniziert, daher kann das Routenwissen oder das Überblickwissen einmalig erworben werden (in Anlehnung an Janzen 2000). Im Vergleich dazu kann das direkte Routenwissen nur sukzessiv erworben werden, „so ist es beispielsweise im Gegensatz zu dem Betrachten eines Modells nicht möglich, die Häuser eines Straßenzuges simultan zu kognizieren“ (Janzen 2000, S. 11).

- **Verfügbarkeit der Informationen**

  Die Karte ist ein maßstabsgebundenes, generalisiertes und inhaltlich begrenztes Modell. „Im mathematischen Raum können Gegenstände [...] problemlos von einem Maßstab in einen anderen transformiert werden. Im Wahrnehmungsraum ändern sich mit einer Maßstabsveränderung nicht nur die absoluten Größen, sondern auch die Relationen im Kontext, die Proportionen [...]. Der mathematische Raum ist in diesem Sinne maßstabsinvariant, der Wahrnehmungsraum nicht“ (Bertram 2000 zitiert in Schwehr 2004, S. 40). Die Menge der verfügbaren Informationen an einem Blickpunkt ist ausschließlich auf das Umblickfeld begrenzt. Diese Menge kann nur vergrößert werden, wenn der Raumbetrachter sich fortbewegt. Im Gegensatz dazu sind die verfügbaren Informationen in der Darstellung räumlich unbegrenzt.

Dank der Gestaltungsprinzipien der *you-are-here map*[14] wurden viele oben genannte Diskrepanzen zwischen beiden Wissensmodalitäten bezogen auf den Wahrnehmungsprozess überwunden (Tabelle 1, S. 37). Die *forward-up egocentric map* und „deren dynamische mobile Darstellung [sorgen] dafür, dass das Egozentrum optisch oder geometrisch auf dem Smartphone-Bildschirm immer möglichst zentriert dargestellt wird und die damit verbundenen semantischen Inhalte entsprechend um dieses Egozentrum herum platziert werden (Meng 2005; Reichenbacher 2005). Basierend auf dem zentriert dargestellten Egozentrum ermöglichen die egozentrischen Karten zwar einen Raumüberblick mit Route und Standort, um sich automatisch in Blickrichtung ausrichten zu können; sie werden jedoch in ihren aufeinanderfolgenden Umblickfeldern des Karten-App-Nutzers nur unzureichend graphisch wiedergegeben. Aus der satellitengestützten Standortbestimmung und dem voreingestellten Maßstab ergibt sich je nach Bildschirmgröße des Smartphones ein standortbezogener Kartenausschnitt. Dieser Kartenausschnitt entspricht aber nicht dem Umblickfeld eines Karten-App-Nutzers. Während sich das Umblickfeld in einer architektonischen Umgebung ständig verändert und die räumlichen Geoobjekte sowohl aus der Nähe als auch aus der Ferne betrachtet werden können, bleibt der Inhalt der Darstellung auf dem Smartphone-Bildschirm konstant. Darüber hinaus bleiben der Maßstab und der mittig platzierte Standort auf dem Bildschirm unverändert“ (Wei und Schiewe 2017, S. 192).

[13] Ein Überblick zum Thema Referenzrahmen (egozentrisches und allozentrisches Referenzsystem) siehe Klatzky (1998)

[14] Weitergehende Erläuterungen zu den Gestaltungsgrundprinzipien der *you-are-here map* siehe Abschnitt 3.1, S. 56

	Räumliche Wissensmodalitäten		Gegenstände	Lösungsansätze
	Direkterwerb	Indirekterwerb		
Perspektive (Blickpunkt)	Feldperspektive	Betrachtersperspektive	kartographische Darstellung	perspektivische Neigung, 3D-Darstellung
Referenzsystem (Egozentrisches Kartendesign)	Betrachterzentriert (Heterogenität)	Objektzentriert (Homogenität)	Kartenausrichtung	*forward-up* egozentrische Kartenausrichtung
			you-are-here Symbol	*you-are-here* Symbol mit Richtungshinweis
				Fixierung des *you-are-here* Symbols in der Displaymitte
Wahrnehmungs-vorgang	verändert (sukzessiver Erwerb)	stabil (simultaner Erwerb)	Kartenausschnitt	*turn-by-turn* Darstellung
Informations-verfügbarkeit	**begrenzt (nicht skaliertbar)**	**unbegrenzt (skalierbar)**	**Zoom-Stufe**	**Anpassung der Zoom-Stufe (Forschungslücke)**

Tabelle 1: Aufzeigen der Forschungslücke

Der Unterschied zwischen beiden dargestellten Wissensmodalitäten (Spalten 1–3) wird in Anlehnung an Taylor et al. (1999) mit inhaltlicher Ergänzung und Interpretation dargestellt. Hierbei beschränkt sich der Direkterwerb des räumlichen Wissens nur auf die visuelle Raumwahrnehmung. Die Indirekterwerb des räumlichen Wissen begrenzt sich auf das Lesen der mobilen Karte.

Aufgrund der diversen Parameter zur Bestimmung der Zoom-Stufe, welche nicht auf dem Wahrnehmungsaspekt beruht, offenbart sich ein deutlicher Unterschied der zur Verfügung stehenden Informationsmenge zwischen dem Wahrgenommen im Umblickfeld und dem Dargestellten in der mobilen Karte. Dies hat zur Folge, dass das erworbene Wissen hinsichtlich der beiden unterschiedlichen Modalitäten differenziert ausfällt (Abbildung 11, S. 38). Entweder wird das Überblickwissen durch Erfassung eines großen Kartenausschnitts erworben, welches aber zum Zweck der Selbstlokalisation nicht notwendig ist, oder aber das indirekt erworbene Standortwissen stimmt nicht mit dem direkt erworbenen Standortwissen überein, weil zum Beispiel der dargestellte Ausschnitt des physikalischen Raums nicht den wahrgenommenen Ausschnitt umfassen kann.

Ausgehend davon, dass Selbstlokalisation den Erwerb von Standortwissen voraussetzt, muss das Standortwissen sowohl aus der direkten als auch aus der indirekten Quelle erworben werden. Wird diese Verbindung (*correspondence*) nicht hergestellt oder unterbrochen, so scheitert die Selbstlokalisation und es kommt folglich zur Orientierungslosigkeit (in Anlehnung an Downs und Stea 1982; Péruch und Lapin 1993; Wrenger 2015). Daher ist anzunehmen, dass die Selbstlokalisation als Abgleichsprozess nur erfolgreich verläuft, wenn die Stufen des räumlichen Wissens aus beiden Modalitäten – Direkterwerb des Standortwissens durch visuelle Raumwahrnehmung und Indirekterwerb des Standortwissens durch das Kartenlesen – übereinstimmen können. Anders ausgedrückt: Die Anpassung der Zoom-Stufe in der mobilen Karte sollte dazu führen, dass das erworbene Indirektwissen aus der Karte dem Direktwissen aus dem Umblickfeld entspricht. Wenn die mobile Karte eine inadäquate Stufe des räumlichen Wissens liefert, könnte dies die Selbstlokalisation erschweren. Um der Diskrepanz zwischen beiden Wissensstufen entgegenzuwirken, müsste der KartenApp-Nutzer die Karte entweder skalieren oder verschieben, um einen optimalen Kartenausschnitt zu erhalten. Möglicherweise kann das dazu führen, dass die kartographischen Darstellungen fehlinterpretiert werden und der KartenApp-Benutzer infolgedessen nicht den richtigen Weg einschlägt (Wei und Schiewe 2017).

„Given a symbolic source of spatial knowledge, a question is whether the space of the representation is at the same scale as the space of the referent. If not, the user will need to perform a scale translation to obtain some of the spatial knowledge available“ (Montello und Freundschuh 1995, S. 235).

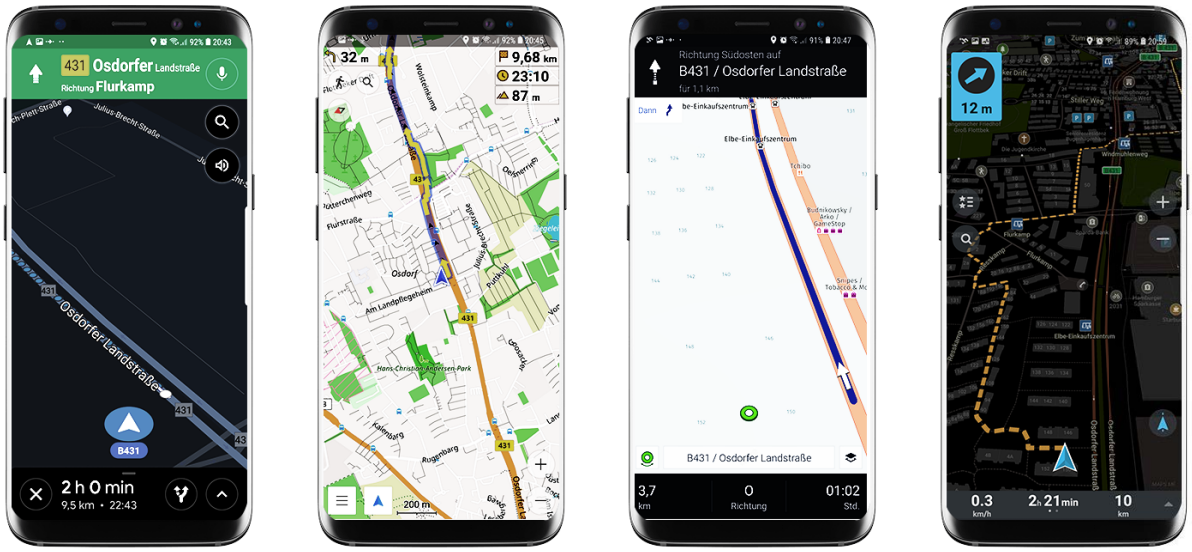


Abbildung 11: Diskrepanz zwischen direkt und indirekt erworbenem Wissen infolge inadäquater Zoom-Stufen

Obgleich viele Psychologen mit Nachdruck betont haben, dass zur Herleitung der gestalterischen Ansätze auf die Erkenntnisse der Raumkognition zurückgegriffen werden sollte, wurden die raumkognitiven Erkenntnisse aus der Raumkognition bislang zu wenig verwendet, um das mobile Kartendesign zum Zweck der Selbstlokalisation zu optimieren.

> *„To be effective, GIS will need interfaces compatible with the way human beings absorb, represent, and use spatial information“ (Taylor und Tversky 1995 zitiert in Barkowsky 2002, S. 14).*

> *„The mental representational match between learning sources and spatial scale shown here has implications for best practice in delivering spatial information. Indicating where ‚here‘ is may depend on spatial scale. [...] Advancements in GPS systems should take these perspective and scale differences into account“ (Bilge und Taylor 2010, S. 181).*

In diesem Untersuchungszusammenhang dürfen die folgenden Fragen gestellt werden:

1. Unterscheidet sich die Zoom-Stufe je nach Blickpunkt und Wegfindungs-Aufgabe?
2. Durch welche raumbezogenen und kartenbezogenen Faktoren kann dieser Unterschied erklärt werden?

Diese Fragen bilden das Erkenntnisinteresse der vorliegenden explorativen Arbeit. Durch die Beantwortung dieser Fragen sollen nicht nur die Einflussfaktoren auf die Zoom-Stufe ermittelt werden, sondern auch ein Weg für die Designpraxis aufgezeigt werden, um die standortangepasste Zoom-Stufe zu automatisieren.

2.4 Verständnis der Repräsentationen

Der Selbstlokalisation liegt das erworbene räumliche Wissen zugrunde, welches wiederum das Zoom-Verhalten ableitet. Um die Einflussfaktoren bzgl. des Zoom-Verhaltens zu ermitteln, muss zuerst die Frage beantwortet werden, welche raumbezogenen und kartenbezogenen Faktoren einen Einfluss auf das erworbene Standortwissen haben. Zum besseren Verständnis, wie Einflussfaktoren und Zoom-Verhalten in einem kognitiven Prozess zusammenwirken, ist der Prozess der Repräsentation erläuterungsbedürftig.

Die **Repräsentation** ist ein klassischer Forschungsgegenstand der Psychologie. Da der Begriff Repräsentation selbst in der Kognitionswissenschaft umstritten ist (Herrmann 1988; Tack 1995; Janzen 2000), wäre eine tiefergehende Diskussion über die begrifflich-terminologische Abgrenzung zwar möglich, jedoch an dieser Stelle nicht erforderlich. Vielmehr bezieht sich im Rahmen dieser Arbeit das Verständnis von Repräsentation auf die psychologische, theoretisch-methodologische Grundunterscheidung von Herrmann (1988).

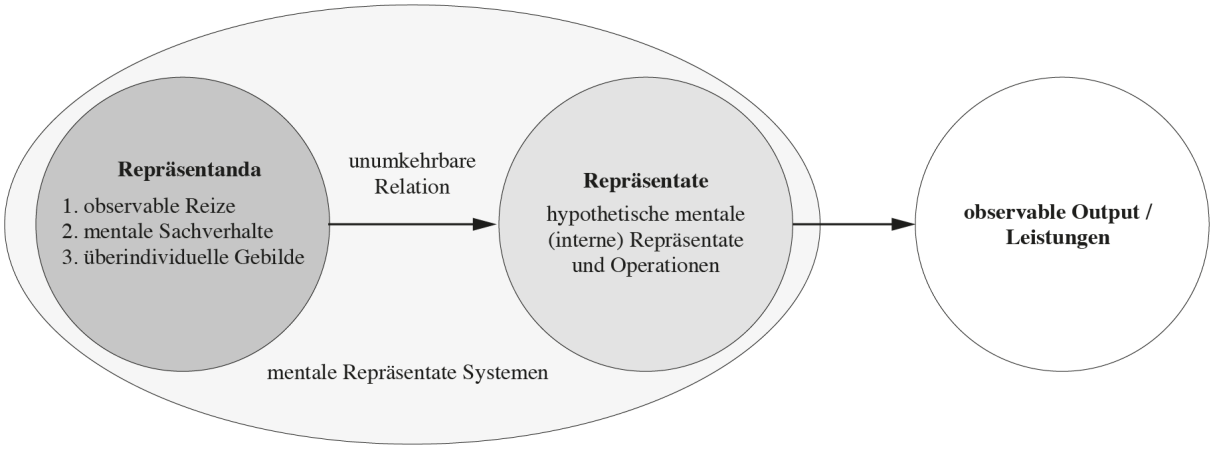


Abbildung 12: Mentale Repräsentationen (graphisch interpretiert nach Herrmann 1988)

Herrmann (1988) definierte Repräsentation als hypothetische Eigenschaften der jeweils untersuchten mentalen Systeme (Abbildung 12, S. 39). Hierbei werden (1) Repräsentanda, (2) hypothetische mentale (interne) Repräsentate und Operationen und (3) observabler Output/Leistungen unterschieden (Herrmann 1988). Ein Repräsentandum und ein Repräsentat stehen in einer unumkehrbaren Relation (Herrmann 1988). Grundsächlich spiegelt sich diese Unterscheidung in der Grundannahme von Engelkamp und Pechmann (1993) wider, welche von systemexternen Zuständen und systeminternen Abbildungen ausgeht.

Nach Herrmann (1988) können die **Repräsentanda** als „observable [betrachtbare], mentale Sachverhalte“ oder „überindividuelle Gebilde“ betrachtet werden. Die **Repräsentate** (mentale Inhalte) sind nicht unmittelbar der Fremdbeobachtung zugänglich bzw. können nicht direkt wahrgenommen werden (Herrmann et al. 1998). Die Repräsentate gehören nicht zum *brain*, sondern zum *mind* (Herrmann et al. 1998). Die mentalen Repräsentate werden „auf der Basis empirisch hinreichend gesicherter Annahmen über den Zusammenhang von (beobachtbaren) Reizen/Repräsentanda und (beobachtbaren) Outputs/Leistungen zum Zwecke der Begründung dieser Zusammenhangsannahmen theoretisch/hypothetisch unterstellt“ (Herrmann et al. 1998, S. 146 f). Die mentalen Repräsentate und die damit einhergehenden Operationen „resultieren in **Systemoutputs**, die man aus der Sicht der Psychologie auch generell als Reaktionen auf Reize verstehen kann. [...] Die als Leistung qualifizierten Systemoutputs können begrifflich festgelegt und empirisch erfasst werden“ (Herrmann et al. 1998, S. 146). Aufgrund dessen werden die Repräsentationen „primär aus systematischen (beobachtbaren) Input-Output-Relationen erschlossen“ (Herrmann et al. 1998, S. 146). Prinzipiell stimmt diese Betrachtungsweise mit der von Maaß und

Schmauks (1998) überein[15]. Maaß und Schmauks (1998) bezeichneten diese Input-Output-Relationen als das Ein- und Ausgabeverhalten. Das von den verarbeiteten Repräsentationen abgeleitete Verhalten (Maaß und Schmauks 1998) ist mit dem Ausgabeverhalten des Systemoutputs vergleichbar.

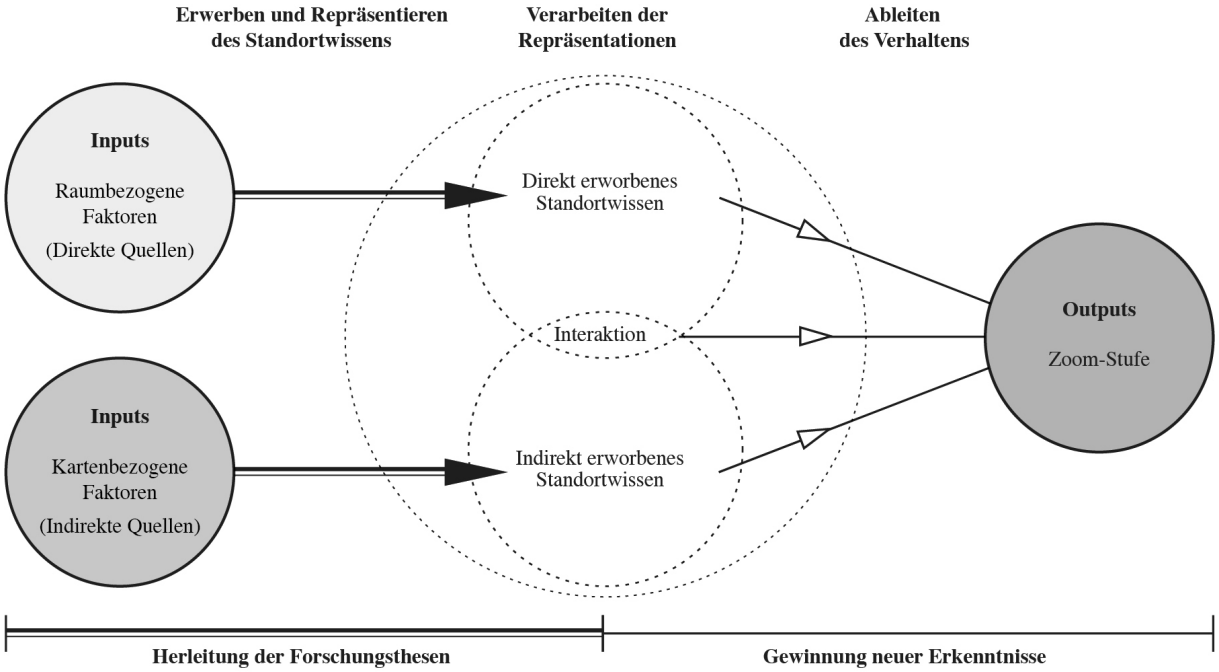


Abbildung 13: Herleitung der Forschungsthesen

In Anlehnung an Herrmann (1988), Maaß und Schmauks (1998), Herrmann et al. (1998) liegt der Schwerpunkt dieser Arbeit auf den beobachtbaren Input-Output-Relationen im Sinne der Einflussfaktoren (Inputs) auf die Zoom-Stufe (Output); diese Einflussfaktoren sind als physikalische oder beobachtbare Merkmale zu verstehen, die sich zum einen auf den Raumausschnitt im Umblickfeld, zum anderen auf die Kartendarstellung beziehen. Aufgrund des Erwerbs des Standortwissens aus beiden Quellen könnte eine Interaktion zwischen beiden Wissensmodalitäten stattfinden, die sich wiederum auf die Zoom-Stufe auswirken kann. Ungeachtet dessen sind die Inputs und Outputs beobachtbar, messbar und quantifizierbar, somit können sie empirisch erfasst und ausgewertet werden. Für die Herleitung der zu untersuchenden Thesen liegen Erkenntnisse zugrunde, welche aus der Raumkognition sowie aus der kognitiven Kartographie herangezogen wurden (Abbildung 13, S. 40). Im Folgenden werden diese Input-Output-Relationen in Verbindung mit der Repräsentation in drei Phasen unterteilt, um die Komplexität des Sachverhaltes vereinfacht darzulegen:

- **Erwerben und Repräsentieren des Standortwissens**

  Zum Zweck der Selbstlokalisation beschränkt sich diese Arbeit auf den Erwerb des Standortwissens durch raumbezogene Faktoren (Direkte Quelle) und kartenbezogene Faktoren (Indirekte Quelle).

- **Verarbeiten der Repräsentationen**

  Nach dem Erwerb des Standortwissens werden die Repräsentationen aus beiden Wissensmodalitäten miteinander abgeglichen. Hierbei wird in der Psychologie der Frage nachgegangen, in welcher Weise die Informationen verarbeitet werden. Darum sind mentale Repräsentate bzw. Repräsentationsformate hier die wichtigsten Untersuchungsgegenstände, wobei dem Begriff *mental* damit eine Schlüsselfunktion

[15] Prozess der Repräsentationen (Maaß und Schmauks 1998) siehe Unterabschnitt 1.5.1, S. 9 f

zukommt. „Psychologen, die über Repräsentationen sprechen und dabei den Ausdruck ‚mentale Repräsentationen' verwenden, sollten [...] begründen können, warum sie die fraglichen Repräsentationen als mental bezeichnen" (Herrmann 1988, S. 2). Im Vergleich dazu steht in der Informatik der Prozess der Repräsentation (Input-Output-Relation) im Vordergrund, „[...] anders ausgedrückt: ein Prozeß formatiert, in welcher Weise Repräsentationen verarbeitet werden" (Maaß und Schmauks 1998, S. 111). Wodurch und mit welchem Ergebnis Informationen in diesem Prozess mental repräsentiert werden, ist für den folgenden Untersuchungszusammenhang nicht maßgeblich. Insofern ist eine tiefergehende Betrachtung der mentalen Repräsentaten an dieser Stelle nicht erforderlich. Herrmann (1988) unterstrich, dass die Informatik bei der Behandlung von Repräsentationen ohne die Spezifikation „mental" auskommt, zumal die Repräsentanda zwar mental sein können, aber nicht sein müssen (Herrmann 1988). Ähnlich argumentierten Maaß und Schmauks (1998), dass aus der Ingenieur-Perspektive in erster Linie das Ein- und Ausgabeverhalten im Rahmen eines Informationsverarbeitenden Systems entscheidend sei.

- **Ableiten des Verhaltens**

  Schließlich leiten die verarbeiteten Repräsentationen ein zweckdienliches, räumliches Verhalten ab. Dieses abgeleitete Verhalten kann vielfältig sein, je nachdem welcher Betrachtungsschwerpunkt im Fokus steht. Diese Arbeit beschränkt sich auf die Beobachtung des Zoom-Verhaltens, welches als Leistung des „System-outputs" (Herrmann et al. 1998) anzusehen ist und durch Zoom-Stufen, maximale Kartenausschnitte sowie den Entscheidungsbezogenen Landmarken empirisch erfasst werden kann.

Da die raum- und kartenbezogenen Faktoren Repräsentationen des erworbenen Standortwissens beeinflussen und die verarbeiteten Repräsentationen wiederum das Zoom-Verhalten ableiten, ist anzunehmen, dass solche Faktoren die Zoom-Stufe bestimmen. Aufgrund dieser Annahme steht die Gewinnung von Erkenntnissen bezüglich der Frage im Vordergrund, welche raum- und kartenbezogenen Faktoren einen Einfluss auf die Repräsentationen des Standortwissens haben.

2.5 Herleitung der Thesen

Im folgenden Abschnitt bildet die Betrachtung der Einflussfaktoren auf Repräsentationen des erworbenen Standortwissens die Grundlage, die wiederum zur Herleitung der Forschungsthesen führt. Im Rahmen einer fächerübergreifenden Diskussion können vier raumbezogene Faktoren und ein kartenbezogener Faktor als relevant angenommen werden. Die hergeleiteten Forschungsthesen[16] sind:

These 1	Die Größe des sichtbaren Bereichs, die durch die Länge der maximalen Sichtachse oder durch den Flächeninhalt beschrieben werden kann, hat einen Einfluss auf die Zoom-Stufe (Unterabschnitt 2.5.1).
These 2	Die Form des sichtbaren Bereichs im Sinne der geometrischen Komplexität hat einen Einfluss auf die Zoom-Stufe (Unterabschnitt 2.5.2).
These 3	Die Globale Landmarke, welche nur in großer Entfernung sichtbar ist, hat keinen Einfluss auf die Zoom-Stufe (Unterabschnitt 2.5.3).

[16] Bei These 3 und 5 geht es nicht um zwei Antithesen, obwohl sie durch eine negative Aussage gebildet sind. Im Rahmen dieser explorativen Forschung handelt es sich hier nur um begründete Annahmen; es soll empirisch untersucht werden, ob die angenommenen Faktoren einen Einfluss auf die Zoom-Stufe zum Zweck der Selbstlokalisation haben. Die angenommenen Faktoren sollen dann bei der Hypothesenbildung berücksichtigt werden. Aufgrund dessen sind beide Annahmen kein Widerspruch zu bestehenden Thesen.

These 4	Die Distanz zwischen Standpunkt und erstem Abbiegepunkt in Blickrichtung hat einen Einfluss auf die Zoom-Stufe (Unterabschnitt 2.5.4).
These 5	Die Displaygröße hat keinen Einfluss auf die Zoom-Stufe (Unterabschnitt 2.5.5).

Im Folgenden werden diese fünf Thesen in den einzelnen Unterabschnitten separat diskutiert. Hierbei werden die theoretisch-empirischen Forschungsergebnisse unterschiedlicher Fachdisziplinen herangezogen. Es wird nicht angestrebt, jedes einzelne Ergebnis ausführlich darzustellen; vielmehr geht es darum, zweckdienliche Erkenntnisse aus unterschiedlichen Forschungsarbeiten zu gewinnen.

Die herangezogenen Forschungsergebnisse sind nicht als theoretische Basis zur Hypothesenbildung anzusehen, sondern weisen lediglich darauf hin, dass die ausgewählten raumbezogenen und kartenbezogenen Faktoren zur Ausbildung der Repräsentationen des erworbenen Standortwissens beitragen. Da sich das Zoom-Verhalten aus der Verarbeitung dieser Repräsentationen ableitet, könnte davon ausgegangen werden, dass die angenommenen Faktoren die Zoom-Stufe durchaus beeinflussen – zumal diese Repräsentationen das Bedürfnis des Nutzers an die dargestellten Informationen auf dem Smartphone-Display widerspiegeln.

Obgleich sich die Ergebnisse über einen identischen Gegenstand ähneln, sind sie dennoch aufgrund unterschiedlicher Methoden und Zielsetzungen entstanden. Bei detaillierter Betrachtung lässt sich feststellen, dass jeder Wissenschaftler sein eigenes begrifflich-terminologisches Verständnis hat, z. B. von einer Landmarke oder von Repräsentationen. Aufgrund des explorativen Forschungsansatzes stand es aber trotz der leichten Unstimmigkeiten der Betrachtungsweisen und der unterschiedlichen Auffassungen über den gleichen Untersuchungsgegenstand nicht entgegen, die ersten Thesen zu diesem bislang unzureichend erforschten Thema zu formulieren.

2.5.1 Größe des sichtbaren Bereichs

In der Baukunst geht es immer um Schlüsselfragen bei der Entwicklung eines guten Designs:

> *„[...] what we can see from different vantage points. “How far can we see, and how much can we see?” are key issues in developing good design, and an appropriate theory of space should be able to provide unequivocal answers to these questions. Properties derived from such measures such as “how much” space is enclosed, and what obstacles interfere with “how far” and “how much” one can see, are also relevant“ (Batty 2001, S. 124).*

Hier wird auf zwei wichtige Einflussfaktoren hingewiesen, die den Wahrnehmungsraum an einem Blickpunkt beeinflussen: **Flächeninhalt** des sichtbaren Bereichs und **maximale Sichtachse**. In der Regel sind der Flächeninhalt und die Länge der maximalen Sichtachse miteinander verknüpft, d. h. wenn der sichtbare Bereich an einem Blickpunkt groß ist, hat der Raumbetrachter dort ebenfalls eine längere Sichtachse.

Die Größe des sichtbaren Bereichs wird auch als visuelle Zugänglichkeit (*visual access*, Weisman 1981; Gärling et al. 1983; Montello 2005) bezeichnet. Im Kontext der Architekturwahrnehmung unterstrich Weisman (1981), dass visuelle Zugänglichkeit sich auf das Wegfindungs-Verhalten auswirkt (vgl. O’Neill 1999; Conroy Dalton 2001). Wenn die visuelle Zugänglichkeit groß ist, wird die räumliche Orientierung erleichtert (Montello 2005, 2014; Montello und Sas 2006). In Feldstudien (Wei und Schiewe 2017) wurde festgestellt, dass die ausgewählten Kartenausschnitte der Testpersonen bei der Selbstlokalisation je nach Blickpunkt und Größe des sichtbaren Bereichs differenziert ausfallen. Darum wurde der sogenannte standortangepasste Kartenausschnitt vorgeschlagen, der durch bestimmte Umblickfeld-Parameter (z. B. Flächeninhalt oder Länge der maximalen Sichtachse) bestimmt

werden kann (Wei und Schiewe 2017). Diese Feldstudien erlauben die erste Annahme, dass die raumbezogenen Faktoren, insbesondere die Größe des Vista Raums, einen Einfluss auf die Zoom-Stufe haben.

Für die Raumwirkung sind die Hauptstandpunkte und die damit verbundenen Sichtachsen von zentraler Bedeutung (König 2012). Die Länge der maximalen Sichtachse ist die maximale Distanz, welche vom Standpunkt aus im Umblickfeld gesehen werden kann (Batty 2001). Im Bereich der Wegfindung liegen die Hypothesen *long axis theory* (Gallistel 1990) bzw. *longest leg first* (Golledge 1995) seit langem vor. Hierbei kommentierten Pissaloux und Velázquez (2018):

> *„This theory hypotheses [siehe Gallistel 1990] that the space geometric information is encoded using main axis of the navigable space (and not global geometric configuration) as the entire space is structured around the main axes. Consequently, the environment's detailed structure has little impact on navigation as the navigator mainly focuses on the axes and not on the perimeter of the environment" (Pissaloux und Velázquez 2018, S. 147).*

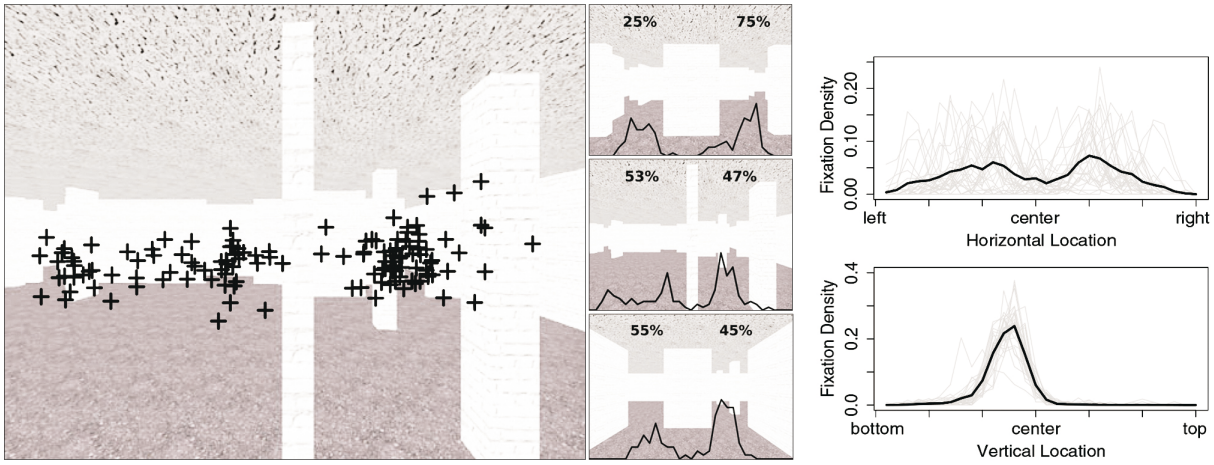


Abbildung 14: Blick-Tendenz auf die längste Sichtachse (Wiener et al. 2012)

Im Rahmen der Wegfindungs-Aufgabe mit besonderem Fokus auf das Blickverhalten und die Entscheidungsfindung belegten Wiener et al. (2012), dass die Testpersonen dazu tendierten, die Pfadoption auszuwählen, welche mit der längeren Sichtachse in Verbindung stand (Abbildung 14, S. 43). Daher kamen Wiener et al. (2012) zu dem Schluss, dass *gaze bias* mit der Entscheidungsfindung untrennbar verknüpft ist. Das Ergebnis deutet darauf hin, dass das Blickverhalten während einer Wegfindung auf eine Teilmenge der räumlichen Eigenschaften gerichtet ist und somit vorhergesagt werden kann (Wiener et al. 2012).

Conroy Dalton (2001, 2003) erkannte, dass die Testpersonen sich für die Orte mit ungewöhnlich langen Sichtachsen und großen sichtbaren Bereichen strategisch entschieden, hier anhielten und die Umgebung betrachteten, um dann über das weitere Vorgehen zu entscheiden. Im Zuge der VR-Studien stellte Conroy Dalton (2001) fest, dass die längsten Sichtachsen im Hinblick auf das Wegfindungs-Verhalten von großer Bedeutung sind. Ähnlich untersuchte Emo (2014) den Einfluss der räumlichen Konfiguration auf die individuelle räumliche Entscheidungsfindung mittels *eye tracking* (Abbildung 15, S. 44). Die Stimuli waren die fotorealistischen Darstellungen der Straßenecken. *Depth of view* ist mit der Länge der maximalen Sichtachse vergleichbar. Bestimmt wurde *depth of view* durch die orthogonale Linie vom aktuellen Standpunkt (vom unteren Bildrand) zum fernsten sichtbaren Punkt (Emo 2014). Das Ergebnis deutetet darauf hin, dass die *depth of view* ein vorrangiger Faktor bei der individuellen räumlichen Entscheidungsfindung während der Wegfindungs-Aufgabe ist (Emo 2014). Emo (2014) kam insofern zu einem ähnlichen Schluss wie Wiener et al. (2012), als in beiden Betrachtungen *depth of view* von wesentlichem Interesse für das Verstehen des menschlichen Raumverhaltens erachtet wird, da sie sich direkt auf unsere unmittelbare sensorische Wahrnehmung im Raum bezieht (Emo 2014).

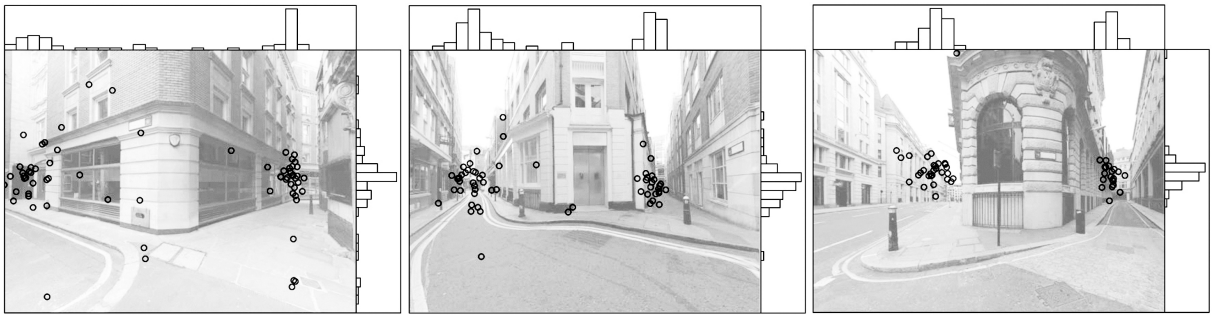


Abbildung 15: Bivariate Anayse (Emo 2014)

Den Grund, weshalb die Blick-Tendenz überwiegend auf die längste Sichtachse gerichtet ist, konnten Wiener et al. (2012) ebenfalls nicht abschließend klären. Conroy Dalton (2001) vermutete:

> *„[...] people tend to follow the longest line of sight that approximates their heading. [...] By following the longest lines of sight, a subject is both deviating as little as possible and behaving axially. One interpretation of why people should wish to move in as straight a line as possible concerns human memory and complexity. It could be suggested that the act of deviating as little as possible serves to reduce complexity in an otherwise extremely complex environment" (Conroy Dalton 2001, S. 213).*

Viele Wissenschaftler vermuten aber, dass dies auf der visuellen Wahrnehmungsfähigkeit des Menschen beruht, welche die veranlagten Überlebensstrategien in Verbindung mit den Anpassungen an den Lebensraum determiniert. Intuitiv dient die Wahrnehmungsfähigkeit dazu, „auf Distanz Ressourcen, Wege und Aufenthaltsbedingungen zu erkennen bzw. zu bewerten" (Schönhammer 2009, S. 167). Ziele oder gesuchte Orte sind Teil der Überlebensstrategie, z. B. die Suche nach Nahrung oder eines geschützten Schlafplatzes (Wei 2014). Hierfür ist ein berühmtes Beispiel die *prospect-refuge-theorie* (Appleton 1975). „Als relativ sicher haben sich in der menschlichen (Vor-) Geschichte Orte erwiesen, die durch Höhe nicht leicht zugänglich sind, durch feste Barrieren den Rücken freihalten und / oder Sichtschutz bei gleichzeitigem Überblick bieten (Bäume, Nischen im Fels). Orte und natürlich auch Wege, die es erlauben zu sehen, ohne gesehen zu werden, bieten einen Überlebensvorteil" (Schönhammer 2009, S. 167 f).

2.5.2 Geometrische Form des sichtbaren Bereichs

Neben der Größe wird die Form des sichtbaren Bereichs als einer der wichtigsten Parameter der *geometry-based navigation* erachtet (Pissaloux und Velázquez 2018):

> *„Geometry-based navigation relies essentially on the knowledge of the geometry (a global configuration) of the navigable space, i.e., on objects of the navigable space and their relative spatial positions (metric-geometric relationships). [...] The effectively used strategy when performing various tasks is a function of at least two parameters: size of the space and form (shape) of the space [...]" (Pissaloux und Velázquez 2018, S. 146).*

Dieser Aspekt lässt sich insbesondere auf die Forschungsergebnisse aus **Hirnforschung**, **Entwicklungspsychologie** und **Architekturwahrnehmung** zurückführen.

Bei der **Hirnforschung** ist seit langem bekannt, dass der Hippocampus zur Bildung des Gedächtnisses beiträgt und das räumliche Lernen ermöglicht; somit ist er für die räumliche Orientierung von großer Bedeutung (O'Keefe und Dostrovsky 1971). Hierbei ist die berühmte *two-streams-hypothesis* (Schneider 1969; Ungerleider und Mishkin 1982; Mishkin et al. 1983) genauer vorzustellen.

Im Gehirn werden Wo-Informationen (Objektlokalisation) und Was-Informationen (Objektidentifikation) in zwei unterschiedlichen Hirnarealen verarbeitet. Durch die visuellen Wahrnehmungsfähigkeiten werden hauptsächlich zwei Arten von Informationen kognitiv verarbeitet: „Zum einen wird Information über die Beschaffenheit von Objekten wie ihre Form und Farbe wahrgenommen. Wir erkennen also in diesem Prozess der Identifikation, um welche Objekte es sich handelt. Zum anderen wird Information über die Lage der Objekte im Raum wahrgenommen. Dabei können auch Distanzen zwischen den Objekten und ihre Position in Relation zum Betrachter ermittelt werden. Bei diesem zweiten Prozess handelt es sich also um die Lokalisation von Objekten im Raum“ (Janzen 2000, S. 31). Durch die Forschung von Berens (1993) wurde angenommen, dass die Objektlokalisation vor der Objektidentifikation erfolgt.

Epstein und Kanwisher (1998) hoben hervor, dass *parahippocampal place area (PPA)* als ein Teil des menschlichen Gehirns im *gyrus parahippocampalis* für die visuelle Wahrnehmung und Kodierung der Geometrie der lokalen Umgebung zuständig ist.

> *„The critical factor for this activation appears to be the presence in the stimulus of information about the layout of local space. The response in the PPA to scenes with spatial layout but no discrete objects (empty rooms) is as strong as the response to complex meaningful scenes containing multiple objects (the same rooms furnished) and over twice as strong as the response to arrays of multiple objects without three-dimensional spatial context (the furniture from these rooms on a blank background). This response is reduced if the surfaces in the scene are rearranged so that they no longer define a coherent space“ (Epstein und Kanwisher 1998, S. 598).*

Die Frage, ob *parahippocampal place area (PPA)* oder Hippocampus an der Kodierung der Geometrie der lokalen Umgebung beteiligt ist, wird in der Kognitionswissenschaft diskutiert. Wo exakt Repräsentationen im Gehirn entstehen, kann in der Neurophysiologie bislang nicht bewiesen werden, so dass weiterer Forschungsbedarf besteht. Dessen ungeachtet wird der wichtige Hinweis gegeben, dass Distanz und Geometrie einen Einfluss auf die Repräsentationen des Standortwissens haben.

In der **Entwicklungspsychologie** stellten Hermer und Spelke (1994) bei der *reorientation* [Selbstlokalisation] fest, dass Erwachsene sowohl geometrische als auch nicht-geometrische Informationen verwenden; im Vergleich dazu ist die räumliche Orientierung von kleinen Kindern stark durch das geometrische Layout des Raums beeinflusst (vgl. Hermer-Vazquez et al. 1999; *geometry-based navigation strategy*, Pissaloux und Velázquez 2018). Wenn eine Landmarke vorhanden ist, hat das geometrische Layout zum Zweck der Selbstlokalisation dennoch den Vorrang (Hermer und Spelke 1994; Gouteuxa und Spelke 2001). Denn das Neuorientierungssystem des Kleinkindes ist unempfindlich für alle außergeometrischen Informationen, selbst wenn nicht-geometrische Informationen (z. B. Farbe und Gerüche) verfügbar sind und dem Kind neu präsentiert werden (Hermer und Spelke 1994). Die Ergebnisse der Experimente von Wang et al. (1999) zeigten, dass eine misslungene Selbstlokalisation von Kindern, die sich durch nicht-geometrische Informationen orientierten, keineswegs auf den Misserfolg bei der (Wieder-) Erkennung von Landmarken zurückzuführen ist. Ähnliche Ergebnisse und Forschungen siehe auch Lee und Spelke (2010). Wiener und Franz (2005) belegten, dass die räumlichen und geometrischen Eigenschaften sowohl die subjektive Erfahrung als auch das räumliche Verhalten beeinflussen. Franz (2005) belegten, dass die geometrische Form des sichtbaren Bereichs für die Kodierung von Objektpositionen im räumlichen Gedächtnis von Bedeutung sind.

Der Zusammenhang zwischen den geometrischen Eigenschaften und dem Orientierungsverhalten ist ein klassischer Forschungsgegenstand im Bereich der **Architekturwahrnehmung**. Die Aspekte Lesbarkeit (*legibility*; Weisman 1981; Passini 1984) und Identität (*identity*; Arthur und Passini 1992) sind hierbei besonders wichtig. **Identität** ermöglicht dem Raumbetrachter, eine Räumlichkeit von der anderen zu unterscheiden (Arthur und Passini 1992). Diese Identität ist auch mit der Differenzierung (*differentiation of the environment*; Weisman

1981) vergleichbar, welche als eine der vier wichtigen Faktoren[17] der Orientierung im architektonischen Raum angesehen wird (Weisman 1981). **Lesbarkeit** impliziert die Komplexität des räumlichen Layouts (Weisman 1981). Li und Klippel (2014) belegten, dass die räumliche Lesbarkeit einen bedeutenden Einfluss auf die Wegfindungs-Leistung und die Entwicklung des räumlichen Bewusstseins hat. Die Ergebnisse von O'Neill (1992) deuten darauf hin, dass die Wegfindungs-Leistung sich verringert, wenn die Komplexität des Plans sich erhöht; diese Komplexität beeinflusst jedoch umso weniger die Wegfindungs-Leistung, je mehr die Vertrautheit zunimmt. Wiener und Franz (2005) untersuchten die Zusammenhänge zwischen dem menschlichen Verhalten und den aus der *isovist*[18] Analyse abgeleiteten Messgrößen und stellten fest, dass geometrische Formen, Komplexität (einfach / komplex), Interesse (langweilig / interessant) und Klarheit (übersichtlich / unübersichtlich) das räumliche Verhalten sowie die subjektive Erfahrung bezüglich der Architekturwahrnehmung beeinflussen.

> *„Although the architecture and the spatial configuration of building generate the wayfinding problems people have to solve, they are also a wayfinding support system in that they contain the information necessary to solve the problem. Quite apart from the difficulty of the wayfinding task, certain places lend themselves better to extracting and comprehending the relevant information. This quality will be referred to as a legibility factor. A place that facilitates the obtaining and understanding of environmental information will have a high legibility factor" (Passini 1984, S. 110).*

> *A main reason for the difficulty in understanding labyrinths is their absence of spatial identity. When a person walks though a uniform labyrinth, each zone looks just the same as the one visited before. The absence of spatial identity leaves the user without building blocks to construct a cognitive map or to form an overall image of the layout" (Arthur und Passini 1992, S. 85).*

Die Einfluss der geometrischen Form des sichtbaren Bereichs auf das Wegfindungs-Verhalten bzw. die Selbstlokalisation darf nicht isoliert betrachtet werden, weil er mit anderen Faktoren, z. B. Landmarken, verbunden ist (Meilinger 2007; Montello 2017; Taylor et al. 2018). Im Kontext der Architekturwahrnehmung unterstrich Weisman (1981), dass visuelle Zugänglichkeit (*visual access*), räumliches Layout und Komplexität in einem wechselseitigen Zusammenhang stehen, und sich somit auf das Wegfindungs-Verhalten auswirken. Meilinger (2007) vertritt die Auffassung, dass sowohl das geometrische Layout als auch die Landmarken als *„cues used for reorientation"* (Meilinger 2007, S. 26) relevant sind. Montello (2017) unterstrich, dass die Lokalen Landmarken von der wahrgenommenen Raumstruktur bestimmt sind und nicht umgekehrt. Anders ausgedrückt: Eine Lokale Landmarke kann nicht ohne einen konkreten räumlichen Kontext existieren. Welche Objekte als Lokale Landmarke zum Zweck der Orientierung dienen, hängt einerseits von der Orientierungsaufgabe, andererseits von der Raumstruktur ab.

> *„[...] individuals take advantage of structure – an environment's geometry and layout, landmarks, and their combination. The weighting of this information changes contextually (e.g. environment size, information usability, information reliability). Because we find ourselves in a variety of different environments (indoor, outdoor, sparse, cluttered, urban, rural, etc.), having a variety of environmental information at our disposal makes sense" (Taylor et al. 2018, S. 100).*

[17] Vier wichtige Faktoren der Orientierung: *visual access*, *ledigibity*, *differentiation* und *signage* (Weisman 1981)
[18] Weitergehende Betrachtung des Themas *isovist* siehe Unterabschnitt 3.2.1, S. 62 ff

2.5.3 Landmarke

Trotz umfangreicher Literatur wird der Begriff Landmarke nicht einheitlich gebraucht (Janzen 2000; Schlender 2008). Im Hinblick auf die Bedeutung der Landmarken zum Erwerb des Standortwissens bestehen unterschiedliche Sichtweisen. Da der Begriff Landmarke nicht klar definiert ist, wird im Folgenden vorerst eine nähere Bestimmung des Begriffs vorgenommen.

Bei vielen Wissenschaftlern (z. B. Steck und Mallot 2000; Steck 2000; Winter et al. 2008; Gartner und Hiller 2009) werden Globale Landmarke und Lokale Landmarke unterschieden. In Anlehnung an Herrmann et al. (1998) sind Landmarken in dieser Arbeit in drei Typen kategorisiert:

- **Globale Landmarke**

  Globale Landmarken sind die hervorstechenden, markant auffälligen Objekte, die meistens außerhalb der Route liegen sowie in dominanter Weise der Orientierung dienen (Herrmann et al. 1998). Globale Landmarken lassen sich deshalb auch als Landmarken im absoluten Sinne betrachten. Diese Definition impliziert, dass die Identifizierung einer Globalen Landmarke (z. B. Eiffelturm in Paris) nicht zwangsläufig mit dem erworbenen Standortwissen in Verbindung steht, denn eine Globale Landmarke ist aufgrund ihrer Auffälligkeit an vielen Blickpunkten sichtbar. Anders ausgedrückt: Ein Vista Raum kann nicht ausschließlich durch eine Globale Landmarke identifiziert werden und das Standortwissen wird nicht primär durch diese Globale Landmarke gebildet. Darum argumentierten Herrmann et al. (1998), dass Globale Landmarken beim Erwerb des Routenwissens oder Überblickwissens auch völlig fehlen können. Ausgehend davon darf angenommen werden, dass Globalen Landmarken beim Erwerb des Standortwissens keine entscheidende Rolle zukommt.

- **Lokale Landmarke**

  Statt des Begriffs Lokale Landmarke wird von vielen Psychologen und Raumkognitions-Wissenschaftlern der Begriff Referenzpunkt (vgl. Referenzobjekt, Sadalla et al. 1980) gebraucht. Lokale Landmarke und Globale Landmarke haben unterschiedliche Funktionen (Sadalla et al. 1980; Gartner und Hiller 2009). Im Vergleich zur Globalen Landmarke liegt die Lokale Landmarke auf dem Weg (Herrmann et al. 1998) und kann nur in einer kleinen Distanz wahrgenommen werden (Steck und Mallot 2000). Insofern ist anzunehmen, dass die Lokale Landmarke mit dem Erwerb des Standortwissens einhergeht und wesentlich dazu beiträgt, die Repräsentation eines einzigartigen, unverwechselbaren Standortwissens auszubilden. „Die Wegmarken [vgl. Lokale Landmarken] sind interne Präsentation von Örtern [vgl. Orte in der Repräsentation] und repräsentieren durch Wegstücke (und dergleichen) verbundene Komponenten von Wegen, Straßen und dergleichen“ (Herrmann et al. 1998, S. 148). Eine Globale Landmarke könnte durchaus auf dem Weg liegen oder in einer kleinen Distanz wahrgenommen werden. Im Falle dessen übernimmt diese Globale Landmarke die Funktion der Lokalen Landmarke. Da eine Lokale Landmarke stets in einem räumlichen Kontext angesiedelt ist und einen bestimmten egozentrischen Bezug voraussetzt (Wei 2014), gibt es keine fest definierte Lokale Landmarke, die einen Standort wiedergeben kann. Daher lassen sich die Lokalen Landmarken als Landmarken im relativen Sinne betrachten. Dies bedeutet, dass ihre Identifizierung äußerst schwierig, ja sogar unmöglich ist. Hierbei liegt die Schwierigkeit auch an der Individualität und Subjektivität des Erwerbs räumlichen Wissens beziehungsweise am „kognitiven Gepäck“ des Individuums (vorhandenes Wissen, Bedürfnisse, persönliche Schemata und Erwartungen, anderweitige Erfahrungen, siehe Platzer 2005; Fremd 2013).

- **Entscheidungsbezogene Landmarke**

  Wenn eine Lokale Landmarke unmittelbar mit einer räumlichen Entscheidung in Verbindung steht, z. B. Abbiegen oder Überqueren, kann diese Lokale Landmarke als Entscheidungsbezogene Landmarke (in

Anlehnung an Herrmann et al. 1998, original: Entscheidungsbezogene und andere Wegmarken) bezeichnet werden. Herrmann et al. (1998) definierte dies wie folgt: „Wegmarken können Repräsentation von Örtern sein, die Quellpunkte mehrerer Strecken (Gabelungen) sind. Man muss sich also bei solchen Örtern entscheiden, wie man weitergehen bzw. weiterfahren soll. Solche entscheidungsbezogene Wegmarken sind intern repräsentierte Tripel von Örtern, Ortsmarkierungen [...] und Richtungsbestimmungen [...]. Andere Wegmarken sind zwar ebenfalls auffällig, bilden aber keine Entscheidungspunkte; in ihnen verbinden sich nur Örter und Ortsmarkierungen [...]“ (Herrmann et al. 1998, S. 148). Jede Globale Landmarke bzw. jede Lokale Landmarke könnte zu einer spezifischen räumlichen Entscheidung beitragen. Die Entscheidungslandmarke ist untrennbar mit dem Entscheidungspunkt[19] verflochten, wobei der Entscheidungspunkt selbst ebenfalls als Lokale Landmarke oder Entscheidungslandmarke angesehen werden könnte.

Zur Bedeutung der Landmarken beim Lösen einer Orientierungs- bzw. Navigationsaufgabe sind die Studien äußerst umfangreich. Presson und Montello (1988) hoben hervor:

> *„There are two major foci in studies of spatial development, and the construct of a landmark has been important to each. One is spatial orientation and the processes of finding the way, updating and route following. The other is the representation of spatial knowledge“ (Presson und Montello 1988, S. 378).*

Da die Selbstlokalisation mit der Orientierung innerhalb des Wahrnehmungshorizontes verknüpft ist[20], wird die Bedeutung der Landmarken zur Ausbildung der kognitiven Karte bei Wegfindungs-Aufgaben (z. B. Hardwick et al. 1983; Magliano et al. 1995) nicht näher betrachtet. Stattdessen werden nur die einschlägigen Studien über die Bedeutung der Landmarke zum Erwerb des Standortwissens herangezogen, und selbst hier ist bislang noch umstritten, in welchem räumlichen Zusammenhang Lokale Landmarken, Globale Landmarken oder Entscheidungsbezogene Landmarken verwendet werden sollten. Die bestehenden Erkenntnisse lassen sich in die folgenden drei Kategorien unterteilen, wenngleich diese aufgrund der unterschiedlichen Forschungskontexte und angewandten Methoden sich zum Teil überschneiden oder gar widersprechen.

- **Funktionen verschiedener Landmarkentypen**

  Lokale Landmarken sind bei *spatial awareness* und bei der Selbstlokalisation von großer Bedeutung (Mallot 1998; Mallot und Gillner 2000; Meilinger 2007; Gartner und Hiller 2009) und erleichtern auch die Routenauswahl im Sinne der räumlichen Entscheidungsfindung (Chown et al. 1995; Richter und Klippel 2002), denn eine Lokale Landmarke ist immer an einen Standort gebunden. „Die Entfernung zwischen Route und Objekt hat grundlegende Auswirkungen auf die Eignung des Objekts als Landmarke. Je weiter das Objekt entfernt ist, desto schlechter eignet es sich, den lokalen Teil der Route zu identifizieren. Einerseits erscheint ein Objekt mit zunehmender Entfernung von der Route aus gesehen kleiner, andererseits können sich in einem großen Zwischenraum zwischen Objekt und Route andere, nicht im Kartenmaterial erfasste Objekte befinden, die die Sicht auf das Objekt einschränken“ (Wagner 2009, S. 33). Im Rahmen einer vom Autor früher durchgeführten Feldstudie wurde festgestellt, dass die Testpersonen die Lokalen Landmarken, die sie auf dem Hinweg sahen, in entgegengesetzter Richtung nicht mehr erkannten (Wei 2014). Da die Gebäude auf dem Hinweg völlig anders als auf dem Rückweg erschienen, haben viele Testpersonen einen falschen Weg eingeschlagen und konnten nicht mehr zum Ausgangspunkt zurückkehren (Abbildung 16, S. 49). Mallot und Gillner (2000) belegten, dass Wende-Entscheidungen von lokalen, ansichtsbezogenen Darstellungen der Orientierungspunkte abhängig sind und nicht von globalen Darstellungen der Szene. Mallot und Gillner (2000) konnten aber nicht beweisen, dass die Wiedererkennung eines Ortes als Panoramablick oder Konfiguration von Objekten erfolgt. Eine Lokale Landmarke kann sogar je nach Tageszeit anders erscheinen (Wei 2014). Die Frage, welche Objekte für den Erwerb des Standortwissens nützlich sind, darf

[19] Weitergehende Betrachtung des Themas Entscheidungspunkt siehe Unterabschnitt 2.5.4, S. 51 ff

[20] Orientierung innerhalb des Wahrnehmungshorizontes siehe Abschnitt 2.1, S. 19 f

deswegen nicht ohne zeit-räumlichen Kontext und Blickpunkt (egozentrischer Bezug) diskutiert werden. Dabei stellt sich das Problem, dass das Standortwissen bei einer konkreten Wegfindungs-Aufgabe mit dem Landmarkenwissen (Siegel und White 1975) nicht gleichzusetzen ist. Dies bedeutet, dass ein Ort nicht ausschließlich durch eine oder mehrere Lokale Landmarke/n wiedergegeben werden kann (in Anlehnung an Montello 2017).

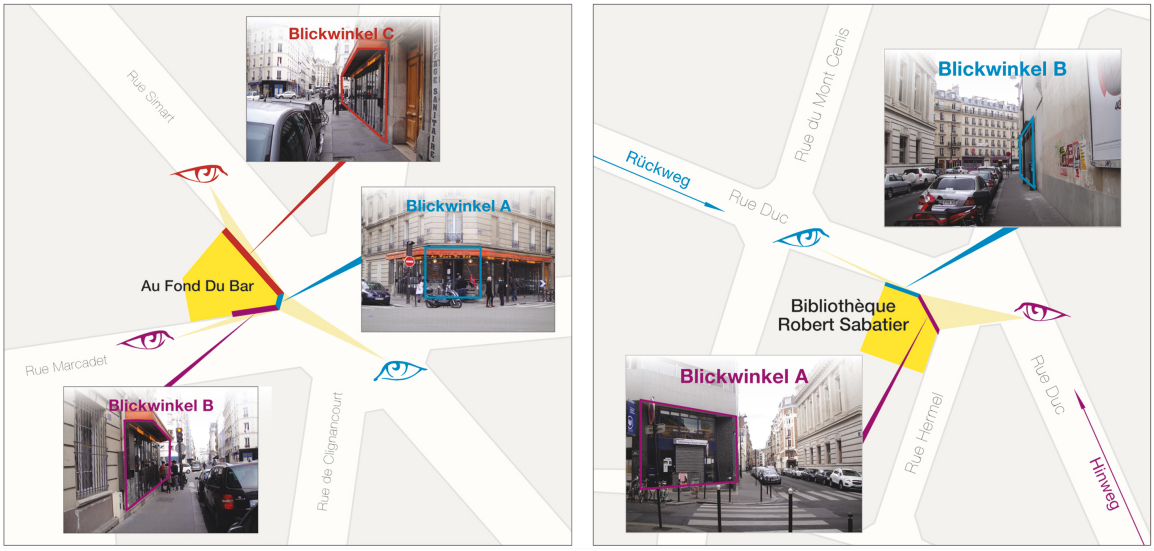


Abbildung 16: Unterschiedliche Erscheinung der Lokalen Landmarken je nach Blickpunkt (Wei 2014)

Entscheidungsbezogene Landmarken sind bei der Wegfindungs-Aufgabe besonders wichtig. „Zahlreiche Befunde belegen, dass Entscheidungspunktobjekte im Vergleich zu nicht an Entscheidungspunkten platzierten Objekten eine bevorzugte Stellung in räumlichen Repräsentationen einnehmen“ (Janzen 2000, S. 126). Denis und Cocude (1992) stellten fest, dass Landmarken, die an Entscheidungspunkten liegen, zu einer eindeutigen Wegauskunft beitragen. Im Vergleich dazu werden Lokale Landmarken, die sich auf zwischenliegenden Wegsegmenten befinden und somit die Route absichern können, nur vereinzelt herangezogen (Wrenger 2015). Das Ergebnis von Janzen (2000) weist auf folgenden Zusammenhang hin: Dient ein Objekt nicht zur Routenbestimmung bzw. -konfiguration, wird es trotz etwaiger visueller Auffälligkeit während des Navigationsprozesses nicht berücksichtigt. „Wegmarken sind dann am hilfreichsten, wenn sie sich an einer Kreuzung oder einer Weggabelung befinden. Diese auch Entscheidungspunktobjekte genannten Gegenstände werden besser erinnert als solche, die nicht mit einer Entscheidung verbunden sind“ (Janzen 2000, S. 131). Wrenger (2015) kommt zu einem ähnlichen Schluss: „[...] wurden nur jene Landmarken als relevant erachtet, die unmittelbar an Entscheidungspunkten verortet sind. Landmarken, die in einiger Entfernung verortet, dennoch aber vom Entscheidungspunkt aus gut sichtbar und somit für eine Wegentscheidung zu Hilfe genommen werden könnten, blieben zum Großteil unberücksichtigt. Auch wurden Landmarken, die sich auf zwischenliegenden Wegsegmenten befinden und somit zur Absicherung der Route dienen können, nur vereinzelt herangezogen“ (Wrenger 2015, S. 181).

Gartner und Hiller (2009) stellten fest, dass Lokale Landmarken für Lokale Entscheidungen oder Bestätigungen (*double-check*) verwendet werden, während **Globale Landmarken** zur Orientierung in einem größeren Bereich (z. B. Richtungssinn) beitragen. Eine ähnliche Auffassung vertritt Helmetag (2000): Lokale Landmarken und Globale Landmarken haben während der räumlichen Orientierung bzw. Navigation unterschiedliche Funktionen (vgl. Löwen et al. 2019b). Während Globale Landmarken als eine Art Kompass dienen, unterstützen Lokale Landmarken insbesondere lokale räumliche Entscheidungen (Lovelace und

Hegarty 1999; Helmetag 2000; Klippel und Winter 2005; Winter et al. 2008). Steck und Mallot (2000) untersuchten die Bedeutung Lokaler Landmarken und Globaler Landmarken für die Navigation in einer virtuellen Umgebung. Das Ergebnis bestätigte, dass die Testpersonen die Lokale und/oder die Globale Landmarke bei der räumlichen Entscheidungsfindung benötigten (Steck und Mallot 2000). Welcher Landmarkentyp verwendet wurde, hing stark von der Testperson ab; es war in der Tat keine einheitliche Strategie erkennbar (Steck und Mallot 2000). Von besonderem Interesse war der zweite Teil der Untersuchung, in dem ein Landmarkentyp entfernt wurde: Der verbliebene Landmarkentyp konnte von fast allen Teilnehmern verwendet werden, was darauf hindeutet, dass Informationen über den fehlenden Landmarkentyp im Gedächtnis gespeichert worden waren (Steck und Mallot 2000).

- **Beziehung zwischen Landmarken und Objekten aus einem Blickpunkt**

  Wenn es um den Erwerb räumlichen Wissens geht, stehen Landmarken untrennbar mit einem konkreten räumlichen Kontext bzw. mit anderen Objekten in Verbindung. Bei diesem bildgebenden Zusammenwirken kommt dem Blickpunkt eine Schlüsselfunktion zu:

  > *„[...] jede perzeptive und imaginäre Raumkognition [ist] blickpunktbezogen und jede Wahrnehmung oder Vorstellung der Lage und des räumlichen Zueinander von Objekten [erfolgt] zu jedem Zeitpunkt aus einem bestimmten Blickpunkt [...]“ (Herrmann und Schweizer 1998 zitiert in Vorwerg und Rickheit 1999, S. 129 f).*

„Gibson nimmt an, dass das Wissen [darüber], wo sich eine Person relativ zu einem Ort befindet, den Zustand des Orientiertseins ausmacht“ (König 2012, S. 68). Der Mensch nimmt sich „selbst in seiner Umwelt und somit relativ [in Relation] zum Raum wahr, indem er zum Beispiel Teile seines Körpers in dem Raum sieht“ (König 2012, S. 69). Durch diese Raum-Mensch-Relation, die auf Wahrnehmung zurückführen ist, werden Landmarken und andere herangezogene Objekte an einem geographischen Ort stets je nach Blickpunkt und Blickrichtung unterschiedlich wahrgenommen und repräsentiert. Darum kann dieses Landmarkenwissen (Siegel und White 1975) mit Landmarken im Sinne eines Geo-Objektes nicht gleichgesetzt werden:

> *„Any form of locational knowledge of landmarks is more than just landmark knowledge. It is knowing the spatial context of the landmark, whether its position in a sequence of landmarks, its association with left or right turns, its distance or direction from other landmarks, its location within a region, etc. Whether route knowledge, survey knowledge, or some other type of spatial knowledge, knowing the location of the landmark or what the landmark tells you about your own location is more than landmark knowledge. It is typically nonsensical to say that someone navigates or orientates entirely by landmarks. [...] Generally speaking, effective spatial planning often calls for some metric knowledge and not just ‚landmark knowledge‘“ (Montello 2017, S. 196).*

Aufgrund der räumlichen Kontextgebundenheit der Landmarken bezeichneten Sadalla et al. (1980) Landmarken als Referenzobjekte. Sadalla et al. (1980) argumentierten, dass Landmarken in ihrer Funktion als räumliche Referenzobjekte die Basis dafür darstellen, die räumliche Lage anderer Objekte (Nicht-Referenzobjekte) zu bestimmen. Referenzpunkte sind in der Regel jene Orte, die so wahrgenommen werden, dass sie dazu dienen, die Lage benachbarter Objekte zu definieren (Sadalla et al. 1980). Anstatt zu klären, welches Objekt die Landmarke ist, muss daher zuerst die Frage beantwortet werden, in welcher Beziehung alle Objekte zueinander stehen und vor allem wie sie wahrgenommen werden.

> *„Because this task is so complex and because it is so intimately linked to the context in which we see objects, we will argue that landmarks must be treated as structures far more complex*

than mere symbols to be plugged into a higher level representation“ (Chown et al. 1995, S. 7).

- **Überschätzung der Bedeutung von Landmarken**

  Während viele Wissenschaftler immer wieder ausführen, dass Landmarken beim Lösen einer Orientierungs- und Navigationsaufgabe entscheidend und unverzichtbar sind, vertreten andere Wissenschaftler die entgegengesetzte Auffassung. Montello (2017) beispielsweise hob hervor, dass kognitive Repräsentationen viel mehr als nur die Landmarken beinhalten. Aufgrund der häufigen Überbetonung der Bedeutung von Landmarken ergibt sich eine Vernachlässigung des Standortes, in dem sich die Landmarken befinden (Montello 2017).

  > *„[...] location defines the landmark – the landmark does not define the location! That is, spatial context often allows us to distinguish a landmark, giving it the unique identity it requires to act as a landmark“ (Montello 2017, S. 196).*

  Eine ähnliche Auffassung vertreten auch McKenzie und Klippel (2016); sie gehen davon aus, dass die Landmarken-basierte Wegweiserstrategie nicht immer die effizienteste ist. Anhand der Analyse der unterschiedlichen Navigationshilfen für das 3D-Überfliegen fanden Harrower und Sheesley (2007) heraus, dass Landmarken im Vergleich zu anderen Navigationshilfen unterdurchschnittlich abschnitten. Daraus wurde die Frage abgeleitet, in welchen räumlichen Zusammenhängen Landmarken hinsichtlich der Orientierungsleistung am besten geeignet sind (Harrower und Sheesley 2007). Die empirische Studie von Wrenger (2015) ging der Frage nach, in welcher Weise potentielle raumbezogene Faktoren auf das Orientierungsverhalten einwirken. Es wurde bestätigt, dass die Testpersonen sich am Verlauf der Route und anhand von Straßenbezeichnungen in der Karte orientierten (Wrenger 2015). Orientierung an Landmarken nahm einen sehr geringen Stellenwert ein (Wrenger 2015). Wie bei Siegel und White (1975) ausgeführt, sind Landmarken allerdings nicht notwendigerweise als bloße räumliche Objekte anzusehen, vielmehr können sie als komplexe räumliche Strukturen wahrgenommen und repräsentiert werden.

Im Hinblick auf den Einfluss der Landmarke auf die Zoom-Stufe lässt sich eine These aus den obigen Erkenntnissen nur schwer herleiten, da diese aus unterschiedlichen Forschungskontexten stammen und zum Teil auch unstimmig sind. Es kann lediglich angenommen werden, dass Globale Landmarken und Repräsentationen des Standortes nicht miteinander in Verbindung stehen und somit keinen Einfluss auf die Zoom-Stufe haben.

2.5.4 Abbiegepunkt

Die Route ist als Abfolge von Abzweigungen anzusehen (Tversky und Lee 1999; Allen 1999; Ishikawa und Montello 2006). Zum Gelingen eines Wegfindung-Verhaltens ist daher der Entscheidungspunkt (*decision points*, *decision-making point*) von großer Bedeutung (Hardwick et al. 1983; Janzen und van Turennout 2004; Wu und Zhang 2009; Schmid et al. 2010b). Im Kontext der kartengestützten Orientierung schlug Agrawala (2001) drei Informationsebenen (*turning point information, local context* und *overview context*) vor, die der Navigation je nach Wichtigkeit zuzuordnen sind. Davon ist die wichtigste Informationsebene jene, die sich auf die Abbiegepunkte bezieht, denn eine gelungene Navigation wäre ohne derartige Informationen unmöglich (Agrawala 2001). Bei Wegbeschreibungen und Wegauskünften werden die Entscheidungspunkte bevorzugt genannt und als besonderes hilfreich eingestuft (Janzen und van Turennout 2004). Ferner tragen die Entscheidungspunkte wesentlich zur Bildung der kognitiven Karte bei (Hardwick et al. 1983).

Bei Janzen und Hawlik 2005 werden **Entscheidungspunkt** und **Nicht-Entscheidungspunkt** unterschieden

(Abbildung 17, links, S. 52). Generell sind die Entscheidungspunkte die Orte, an denen eine Entscheidung darüber getroffen werden muss, welcher Weg eingeschlagen wird (in Anlehnung an Janzen und Hawlik 2005; Schmid et al. 2010b). Dies impliziert, dass es eine oder mehrere Wegalternative(-n) an einem Ort gibt und folglich auch ein falscher Weg gewählt werden könnte (Janzen und Hawlik 2005).

> *„Unter Entscheidungspunkten verstehen wir Kreuzungen und Abzweigungen in räumlichen Anordnungen, kurz alle Orte, an denen eine Entscheidung über den weiteren Verlauf des Weges getroffen werden kann oder muss. Ein Entscheidung definiert sich daher unabhängig vom Verhalten einer Person. Eine Kreuzung zählt als Entscheidungspunkt, obwohl man geradeaus weitergeht, während es sich bei einer Rechts- oder Linkskurve ohne Möglichkeit einen neuen Weg zu wählen, nicht um einen Entscheidungspunkt handelt" (Janzen und Hawlik 2005, o. S.).*

Hardwick et al. (1983) konzipierten eine Studie, in der die Testpersonen die hilfreichsten Dias selektieren konnten. Das Ergebnis zeigte, dass die Dias der Entscheidungspunkte im Vergleich zu den Nicht-Entscheidungspunkten von den Testpersonen häufiger herausgesucht wurden. Janzen (2000) vermutete, dass „bei Entscheidungspunktobjekten eine tiefere Enkodierung als bei Nicht-Entscheidungspunktobjekten stattfindet. Beide Objektarten können trotz gleicher Wahrnehmungsdauer aufgrund ihrer verschiedenen Funktionen auf unterschiedlichen Verarbeitungsebenen enkodiert werden. [...] Es ist naheliegend, dass Entscheidungspunkte schneller wieder zu erkennen sind, wenn sie auf einer tieferen Stufe verarbeitet werden und damit trotz gleicher Wahrnehmungsdauer vergleichsweise stärker mit anderen Inhalten im Gedächtnis verknüpft sind" (Janzen 2000, S. 127).

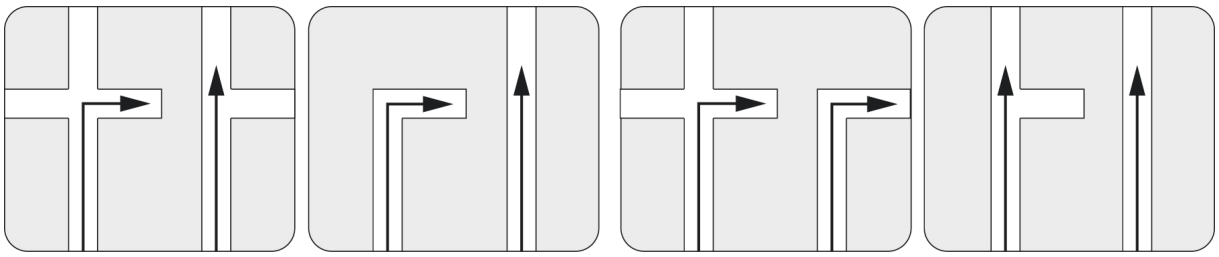


Abbildung 17: Entscheidungspunkte und Abbiegepunkte

Unter Berücksichtigung der Besonderheiten des Navigations- und Orientierungsverhaltens von Fußgängern[21] werden **Abbiegepunkt** und **Nicht-Abbiegepunkt** in dieser Arbeit unterschieden (Abbildung 17, rechts, S. 52). Die Begründungen sind:

1. Schwierige Identifizierung der Entscheidungspunkte im Realraum

   Die meisten existierenden Untersuchungen wurden in einer Laborumgebung durchgeführt. Aufgrund der Flexibilität der Fortbewegung des Fußgängers (Tetzner 2008) steht der Entscheidungspunkt nicht notwendigerweise mit der Straßenkreuzung in Verbindung. Die Abzweigungen, z. B. schmaler Pfad zwischen Gebäuden, müssten auch als Entscheidungspunkte betrachtet werden. Janzen (2000) kommentierte, dass es erklärungsbedürftig sei, „ab wann ein Ort einer Route als Entscheidungspunkt repräsentiert wird, bzw. welche Kreuzungskonstellationen nötig sind und wie groß ein solcher Entscheidungspunkt sein kann" (Janzen 2000, S. 130).

2. Kreuzung selbst als Lokale Landmarke, nicht als Entscheidungspunkt

   Während ein Entscheidungspunkt oder Abbiegepunkt im Sinne einer Straßenkreuzung von Autofahrern als

[21] Orientierungsverhalten des Fußgängers siehe 1.2, S. 5 f

ein Knotenpunkt mehrerer Routen angesehen wird, stellt er für Fußgänger eine Lokale Landmarke dar, die für eine Erschließung zu Fuß notwendig ist.

Der **Abbiegepunkt** steht unmittelbar mit der Handlung Abbiegen bzw. Änderung der Laufrichtung in Verbindung. Nach der Definition von Janzen und Hawlik (2005) kann der Abbiegepunkt sowohl als ein besonderer Entscheidungspunkt, als auch als ein Typ des Nicht-Entscheidungspunktes angesehen werden. Der Abbiegepunkt kann als ein Zwischenziel angesehen werden und spielt bei der *turn-by-turn* Navigation eine wichtige Rolle. Javadi et al. (2017) belegten, dass die Aktivität im hinter-rechten Hippocampus mit der Veränderung der Gradzentralität (*degree centrality*) speziell beim Betreten einer neuen Straße korrelierte, währenddessen ein Zwischenziel gefunden wurde. Diese Aktivität weist auf die Veränderung der Anzahl von lokalen topologischen Verbindungen (z. B. Straßenkreuzung) hin, die für das weitere Navigationsverhalten zur Verfügung stehen (siehe Abbildung 18, S. 53); die Aktivität im vorder-rechten Hippocampus spiegelt die globalen Eigenschaften der betretenen Straße wider (Javadi et al. 2017). Howard et al. (2014) belegten, dass sowohl die Wegstrecke als auch die euklidische Entfernung zum Ziel während der Navigation vom medialen Temporallappen (*medial temporal lobe*) kodiert werden. Während die Aktivität im hinteren Hippocampus empfindlich auf die Entfernung entlang des Weges reagierte, wurde die Aktivität im entorhinalen Kortex (*entorhinal cortex*) mit der euklidischen Abstandskomponente eines Vektors zum Ziel korreliert (Howard et al. 2014). Die entorhinale Aktivität (*entorhinal activity*) verfolgte Veränderungen der euklidischen Distanz, wenn neue Ziele vorgestellt wurden, während die posteriore Hippocampus-Aktivität die Wegstrecke zum Ziel in verschiedenen Phasen der Reise verfolgte (Epstein et al. 2017).

> *„During travel periods, posterior hippocampal activity increased as the path to the goal became longer, but at decision points, activity in this region increased as the path to the goal became closer and more direct. These findings argue that the hippocampal formation houses a flexible guidance system that changes how it represents distance to the goal depending on the fluctuating demands of navigation“ (Howard et al. 2014, S. 1331).*

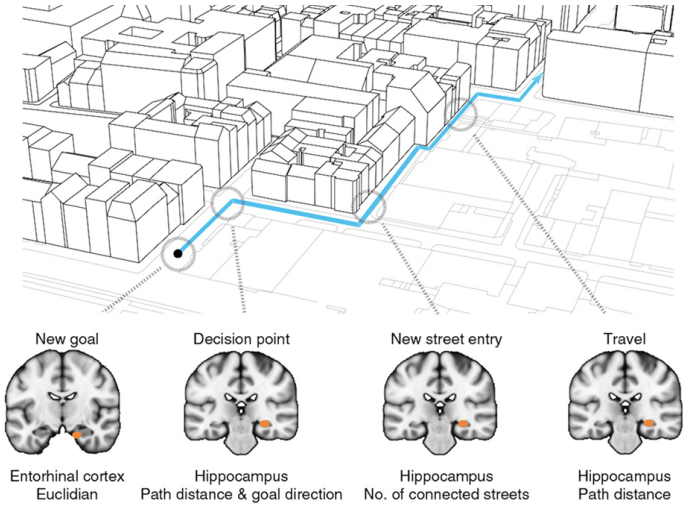


Abbildung 18: Hippocampus kodiert räumliche Metriken (Javadi et al. 2017 zitiert in Epstein et al. 2017)

Wu und Zhang (2009) konzipierten eine Studie mit dem Ziel, festzuhalten, welche Kartenmaßstäbe bei der Routenplanung ausgewählt wurden und welche Eigenschaften solche ausgewählten Kartenausschnitte haben. Es stellte sich heraus, dass die ausgewählten Kartenausschnitte die Abbiegepunkte (*turning intersection*, z. B. Autobahn Ein- und Ausfahrt) beinhalteten (Wu und Zhang 2009). Wu und Zhang (2009) bezeichneten sie als *key decision-marking point*. Obgleich sich diese Untersuchung auf die Routenplanung im Kontext der Autonavigation konzentrierte bzw. mit dem Umgebungsraum in Verbindung stand, liefern die Erkenntnisse wichtige Hinweise auf

die Bedeutung der Abbiegepunkte. Aufgrund dessen konzentrierte sich diese Arbeit nur auf den ersten Abbiegepunkt in Laufrichtung. Es ist daher anzunehmen, dass der erste Abbiegepunkt in Laufrichtung die Zoom-Stufe in der mobilen Karte beeinflusst.

2.5.5 Displaygröße

Im Unterabschnitt 2.2.4 wurde anhand der Erkenntnisse aus der kognitiven Kartographie dargelegt, dass der dargestellte Ausschnitt des physikalischen Raums einen Einfluss auf das erworbene räumliche Wissen hat. Dies weist darauf hin, dass die Größe der Darstellungsfläche als wichtiger Faktor beim indirekten Wissenserwerb anzusehen ist.

Bis Juli 2019 gab es eine Bandbreite von gängigen Smartphone-Displays im Bereich zwischen 4" und 7,3". Ob das Smartphone Display in der Zukunft immer größer wird, wird hier nicht diskutiert. Ungeachtet dessen sollte die Displaygröße als eine der wichtigsten potenziellen Einflussfaktoren berücksichtigt werden, da die Fußgänger-Navigation in der Regel durch Navigationsapplikationen auf unterschiedlichen Smartphone-Displays erfolgt. Wenn die Zoom-Stufen identisch sind, wird auf einem großen Display ein größerer Ausschritt des physikalischen Raums angezeigt als auf einem kleinen Display. Umgekehrt: Wenn der identische Ausschnitt des physikalischen Raums sowohl auf einem kleinen als auch einem großen Display angezeigt werden sollten, sind zwei Zoom-Stufen erforderlich. Griffin et al. (2017) hoben hervor, dass es aufgrund der immer wieder neuen Einführung von Gerätetypen und Anzeigeformen untersuchungsbedürftig ist, ob die Darstellungsformen besonders anfällig für Schwierigkeiten bei der Übertragung auf andere Geräte sind.

> *„The design of a map is influenced by the scale you choose to visualize the data and the scale at which you draw a map will also impact all of the other features included on the map. In turn this is also influenced by the medium for which the map is being produced and the size of the paper or size of the on screen window for which it will finally be used" (Jones 2010, S. 58)*

Im Kontext der Autonavigation belegten Jahn et al. (2005), dass der Einfluss der Displaygröße auf die mentale Beanspruchung (*mental demands*) nicht signifikant nachgewiesen werden konnte. Durch zwei Displaygrößen des Autonavigationssystems wurde kein signifikanter Unterschied in der PDT-Leistung[22] ersichtlich.

Eine identische Darstellung auf den verschiedenen Displays hat einen Einfluss auf die visuelle Wahrnehmung in Verbindung mit der Reaktion (Reeves et al. 1999) und wirkt sich auf den kognitiven Prozess aus (Lombard 1995; Detenber und Reeves 1996). In den letzten Jahren kommt im Bereich des Interaktiven Designs und der Medienpsychologie immer häufiger die Frage auf, wie die dargestellten Informationen der unterschiedlichen Smartphone-Displays den Informationserwerb beeinflussen (Kim und Sundar 2016). Die Ergebnisse von Kim und Sundar (2016) deuten darauf hin, dass eine große Bildschirmgröße die heuristische Verarbeitung fördert und damit affektives sowie verhaltensbasiertes Vertrauen zur Folge hat. Im Vergleich dazu fördert eine kleine Bildschirmgröße die systematische Verarbeitung, welche eher mit kognitivem Vertrauen in Verbindung gebracht wird (Kim und Sundar 2016). Naylor und Sanchez (2018) untersuchten den Unterschied beim Informationserwerb aus einem Artikel im Falle verschiedener Smartphone-Displayformate (iPhone 5/SE, 4" und iPhone 7 Plus 5,5"). Ihre Ergebnisse zeigten, dass die Testpersonen sich gleichermaßen gut an Informationen erinnern konnten, obgleich die Wahrnehmungsprozesse je nach Layout voneinander differierten (Naylor und Sanchez 2018). Ihr Forschungsgegenstand war weder Kartendarstellung noch *turn-by-turn* Navigation; dennoch lieferten die Ergebnisse einen ersten Anhaltspunkt dafür, dass die visuelle Informationsgewinnung durch die Displaygröße möglicherweise nicht signifikant verändert werden kann.

[22] *Peripheral detection task (PDT)* ist eine Methode zur Messung der Auswirkungen von fahrzeuginternen Informationssystemen auf die Aufmerksamkeit und sicherheitsrelevante Arbeitsbelastung des Autofahrers (Jahn et al. 2005).

3

Konzipierung der Untersuchungsreihe

Im folgenden Kapitel wird die Untersuchungsreihe vorgestellt; sie ist durch zwei aufeinander aufbauende Feldexperimente konzipiert. **Ziel** ist es, die aufgestellten Thesen empirisch zu überprüfen. Die Untersuchungsreihe dient daher dem **Zweck**, den Einfluss jener raumbezogenen und kartenbezogenen Faktoren auf die Zoom-Stufe zu ermitteln, welche die definierten Nutzer[23] beim Lösen der Selbstlokalisationsaufgabe mit der mobilen Karte benötigen. Ob und inwiefern diese Zoom-Stufe durch die angenommenen Faktoren beeinflusst wird, ist der Gegenstand der empirischen Untersuchung.

Dieses Kapitel gibt einen Überblick über die konzipierte Untersuchungsreihe. Da jedes Feldexperiment eine eigene fokussierte/-en Fragestellung/-en hat, liegt der Schwerpunkt hier nicht auf der ausführlichen Beschreibung des einzelnen Forschungsdesigns und der angewandten Methode, sondern vielmehr auf dem übergeordneten konzeptionellen, methodischen Vorgehen und der inhaltlichen Verbindung zwischen zwei Feldexperimenten im Rahmen dieser Untersuchungsreihe.

Aufgrund dieser Überlegung gliedert sich das folgende Kapitel wie folgt:

- **Voraussetzungen und Grundannahmen** (Abschnitt 3.1)

  Da die Forschung zur Anpassung der Zoom-Stufe im Kontext der *turn-by-turn* Navigation angesiedelt ist, müssen die Voraussetzungen der egozentrischen Gestaltungsprinzipien erfüllt werden. Für einige umstrittene Gestaltungsansätze wurden Grundannahmen getroffen.

- **Konzept des Umblickfeld-Polygons und Bestimmung der Variablen** (Abschnitt 3.2)

  Um die Durchführung der parametrischen Tests zu ermöglichen, werden die ausgewählten, räumlichen Faktoren quantitativ beschrieben bzw. geometrisch transformiert. Anhand dessen werden die zu untersuchenden Variablen festgelegt.

- **Forschungsfragen und methodenexterne Triangulation** (Abschnitt 3.3)

  Zu den aufgestellten Thesen werden die Forschungsfragen konzipiert, die mit dem Forschungsdesign und der angewandten Forschungsmethode verknüpft sind.

- **Aufbau der Untersuchungsreihe** (Abschnitt 3.4)

  Es wird ein Überblick darüber gegeben, wie zwei Feldexperimente aufeinander aufgebaut sind und wie sie methodisch und inhaltlich miteinander zusammenhängen.

[23] Definieren der Zielgruppe siehe Unterabschnitt 3.2.2, S. 68

3.1 Voraussetzungen und Grundannahmen

Zum Lösen einer Selbstlokalisationsaufgabe entwarf Levine (1982) in den 80er Jahren des vergangenen Jahrhunderts die Grundprinzipien der *you-are-here map*. Ursprünglich ist *you-are-here map* die in einem physikalischen Raum positionierte Printkarte mit der Markierung des Standpunktes, mithilfe dessen die Frage – wo man sich gerade in einer fremden Umgebung befindet – beantwortet wird (Schmid et al. 2010a). Mittels *you-are-here map* können der visuell wahrgenommene physikalische Raum und die Darstellung dieses Raums in Bezug gesetzt werden (Levine 1982).

Für die Erstellung einer *you-are-here map* gab Levine (1982) die folgenden Empfehlungen:

> *„(1) Provide salient, coordinate labels in both the terrain and the map; (2) place the map near an asymmetrical part of the terrain; (3) design the you-are-here symbol to indicate map-terrain correspondence; (4) align the map with the terrain; and (5) use as many supplements as possible.“ (Levine 1982, S. 221 ff)*

Diese Empfehlungen werden seit fast vier Jahrzehnten immer wieder von Wissenschaftlern (Levine et al. 1982; O'Neill 1999; Richter und Klippel 2002; Klippel et al. 2006; Klippel et al. 2010) mit unterschiedlichen Forschungsschwerpunkten und Forschungsmethoden empirisch untersucht. Bislang sind die Gestaltungsprinzipen der *you-are-here map* als eine empirisch fundierte Erkenntnis anzusehen, wenn es darum geht, dass ein Ortsfremder sich vergewissern möchte, wo er sich in diesem Raum befindet und in welcher Beziehung er und die umliegenden Objekte zueinander stehen. Ein großer Teil dieser Empfehlungen wird bis heute nicht nur für die Positionierung und Gestaltung der analogen *you-are-here maps* verwendet, sondern ist auch als gestalterische Grundlage der digitalen Karten des *turn-by-turn* Navigationssystems anzusehen.

Ausgehend von den Gestaltungsprinzipien der *you-are-here maps* und den damit verbundenen Forschungsarbeiten werden drei wichtige Gestaltungsansätze – *you-are-here point*, Vorne-oben-Ausrichtung und Kartendarstellung – erläutert, denn die Ansätze stehen unmittelbar mit dem Thema Selbstlokalisation und Anpassung der Zoom-Stufe in Verbindung. Während einige Ansätze als empirisch fundierte Erkenntnisse bzw. als Voraussetzungen der geozentrischen Kartengestaltung angesehen werden können, sind die anderen Gestaltungsansätze jedoch aufgrund der unzureichenden Forschung diskussionsbedürftig. Im Falle dessen werden Grundannahmen getroffen.

Voraussetzung 1	**Vorne-oben-Ausrichtung** Zum Zweck der Selbstlokalisation in einem unbekannten Umgebungsraum sollte die Vorne-oben-Ausrichtung angewandt werden.

Die Lokalisierung eines Objektes ist blickpunktbezogen; das Referenzsystem (*frame of reference*) liegt der Lokalisierung zugrunde (Klatzky 1998). Levinson (1996) unterteilte das Referenzsystem in drei Kategorien: *absolut, relativ* und *intrinsisch*. Im Untersuchungszusammenhang mit der Selbstlokalisation wird in dieser Arbeit ausschließlich das *relative* Referenzsystem betrachtet, da das Lokalisieren der räumlichen Objekte und des Blickpunktes immer standortbezogen sind und in einer *relativen* Verbindung stehen. „In einem egozentrischen Referenzsystem werden Objekte in Relation zum beobachtenden oder sich bewegenden Individuum repräsentiert. Das Individuum ist der Ursprung, das Zentrum des Referenzsystems, dessen Ausrichtung somit ebenfalls vom Individuum abhängt und sich mit dessen Bewegung verändert“ (Hinrichs 2008, S. 5).

Je nach Referenzsystem – egozentrisches oder allozentrisches (Klatzky 1998) – ist zwischen *north-up* und *head-up* zu unterscheiden. Es bestehen mehrere Kriterien, welche der Kartenausrichtung zum Zweck der Orientierung am besten dienen können. Bei Presson et al. (1989) werden *orientation-specific* und *orientation-free* unterschieden.

Während die Darstellung auf einem kleinen Display orientierungsspezifisch kodiert wird, wird die Darstellung auf einem großen Display orientierungsfreier kodiert (Presson et al. 1989). Mobile Karten (egozentrische Darstellung) bieten ein Erlebnis, bei dem sich der Raum um einen Benutzer herum bewegt; die allozentrische Karte bietet ein Erlebnis, bei dem sich ein Benutzer um einen Raum bewegt (Schöning et al. 2014).

Die Kartenausrichtung ist ein signifikanter Faktor im Hinblick auf die Karteninterpretation (Lehikoinen 2001; Wrenger 2015). Levine et al. (1984) bezeichneten diese Phänomen als *alignment principle* und *forward-up equivalence*. Der Ausrichtungseffekt wurde von zahlreichen Wissenschaftlern in vielen empirischen Untersuchungen mittels unterschiedlicher Methoden erforscht (Levine et al. 1982; Shepard und Hurwitz 1984; Warren et al. 1990; Aubrey und Dobbs 1990; Pesqueira et al. 1992; O'Neill 1999; Richter und Klippel 2002; Montello 2010; McKenzie und Klippel 2016). Die Frage, welche Parameter die Auswahl der Kartenausrichtung bestimmen, hängt von vielen Faktoren und im Speziellen von der orientierungs- und navigationsspezifischen Aufgabenstellung ab. Hierzu vertreten die Wissenschaftler unterschiedliche Auffassungen. Darüber wurde ein Überblick in der Arbeit von Montello (1998a) gegeben.

Generell funktioniert die Vorne-oben-Ausrichtung (oder Weg-oben-Ausrichtung, Montello 1998a) am besten, wenn der Abgleichsprozess zwischen Raum und Karte (*map-terrain congruency*) im Vordergrund steht (Oatley 1977) bzw. wenn eine Karte zum Zweck der Navigation benutzt wird (Montello 1998a). Wenn aber der Kartennutzer sich mit einem Umgebungsraum bereits vertraut gemacht hat, kommt einer „falsch" ausgerichteten *you-are-here map* nicht unbedingt ein erheblich negativer Einfluss auf das Navigationsverhalten zu (Montello 2010). Außerdem stellt die Vorne-oben-Ausrichtung sich nicht als ein wichtiger Faktor heraus, wenn es um eine große räumliche Ausdehnung geht (Thorndyke und Hayes-Roth 1982; Presson et al. 1989). Ist jemand bzgl. der Kartennutzung hochspezialisiert (z. B. Pilot), wird er eine „genordete" Karte bevorzugen (Aretz 1991).

Zum Zweck der Selbstlokalisation mit der mobilen Kartendarstellung ist unumstritten, dass die Vorne-Oben-Ausrichtung angewandt werden sollte. Wenn die Kartenausrichtung mit der Blickrichtung übereinstimmt, wird ein entsprechendes egozentrisches Bezugssystem etabliert. Andernfalls ergibt sich ein hoher Rotationsaufwand je nach Komplexität der Anordnung der Objekte in der Umgebung. „Erfolgt der Versuch, eine Richtung aus einer Perspektive zu erfassen, die nicht der Standardperspektive der Karte entspricht, wird zur Lösung von Orientierungsaufgaben wesentlich mehr Zeit benötigt und die Fehlerrate deutlich erhöht" (Dickmann und Kestermann 2011, S. 184). „Das Einnorden der Karte wird als Voraussetzung für richtiges und schnelles Kartenlesen und das Zurechtfinden im Gelände angesehen. Wird diese nicht vorgenommen, wird eine gedankliche Umdeutung bzw. Rotation von Richtungs- und Lageverhältnissen als notwendig erachtet. Diesbezüglich wird davon ausgegangen, dass die Umdeutung einen größeren Zeitaufwand in Anspruch nehmen und zudem ggf. zu Fehlinterpretationen führen kann" (Wrenger 2015, S. 13).

Voraussetzung 2	**Darstellung des *you-are-here* Symbols in Form eines Pfeils im Kreis** Zur Erleichterung der Selbstlokalisation muss die doppelte Funktion (Klippel et al. 2006) – Blickrichtung und Positionierung – bei der Gestaltung des *you-are-here* Symbols berücksichtigt werden.

Das *you-are-here* Symbol[24] darf nicht ausschließlich als ein georeferenzierter Punkt im Hinblick auf die im Raum positionierte Karte oder die Position des Betrachters verstanden werden, sondern es stellt eine Verbindung zwischen Kartennutzer und wahrgenommenem Raum dar (Levine 1982). Insofern ist das *you-are-here* Symbol

[24] Das *you-are-here* Symbol wird auch als *you-are-here dot* (Schöning et al. 2014), *you-are-here sign* (Winter und Tomko 2004) genannt.

eine kognitive Komponente (Richter und Klippel 2002; Klippel et al. 2006). Es ist vielmehr als „Metapher“ – eine Bedeutungsübertragung auf die Verbindung zwischen Kartennutzer und von ihm wahrgenommener Umgebung anzusehen (Richter und Klippel 2002; Klippel et al. 2006). Levine (1982) nannte es *indicate map-terrain correspondence*. Daher unterstrichen Klippel et al. (2006) die doppelte Funktion des *you-are-here* Symbols: Zum einen wird der aktuelle Standpunkt des Kartennutzers lokalisiert, zum anderen wird die Orientierung gegeben, in welcher Beziehung er und die umliegenden Objekte zueinander stehen (in Anlehnung an Klippel et al. 2006). In diesem Sinne ist die Gestaltung des *you-are-here* Symbols untrennbar mit der Vorne-Oben-Ausrichtung verknüpft.

Bei der Gestaltung des *you-are-here* Symbols ist es Schöning et al. (2014) ein besonderes Anliegen, das allozentrische Symbol von dem egozentrischen Symbol zu unterscheiden. Wenn das Blickfeld bzw. die Blickrichtung durch das *you-are-here* Symbol graphisch berücksichtigt sind, indem das Symbol in Form eines Pfeils dargestellt wird, kann der Prozess des Abgleichens erleichtert und die Korrespondenz[25] zwischen Realraum und Karte besser hergestellt werden (Liben et al. 2010). Das *you-are-here* Symbol wird somit mit der Blickrichtung oder mit dem Gesichtsfeld kombiniert dargestellt, um das *orientation principle* (Levine et al. 1984) zu verbessern. Wenn es allerdings um die Routenplanung in einem großen Umgebungsraum geht, ist die Darstellung des *you-are-here* Symbols mit der Blickrichtung nicht sinnvoll.

In der Regel sollte das *you-are-here* Symbol je nach Hintergrundkarte mittels einer markanten Farbe dargestellt werden (Meng 2005), so dass sich das *you-are-here* Symbol von der Hintergrundkarte abhebt (O’Neill 1999; Meng 2005).

Grundannahme 1 **Repräsentationen im Kurzzeitgedächtnis**

Der Selbstlokalisation in einem unbekannten Umblickfeld liegen Repräsentationen des erworbenen räumlichen Wissens im Kurzzeitgedächtnis zugrunde.

Das Gedächtnis besteht aus unterschiedlichen Teilsystemen: sensorisches Gedächtnis, Kurzzeitgedächtnis sowie Langzeitgedächtnis (Atkinson und Shiffrin 1968). Hierbei ist das Kurzzeitgedächtnis mit dem Arbeitsgedächtnis (Baddeley und Hitch 1974) vergleichbar. Repräsentationen im sensorischen Gedächtnis gehen in aller Regel nach wenigen Millisekunden und Repräsentationen im Kurzzeitgedächtnis nach 20 bis 30 Sekunden verloren (in Anlehnung an Janzen 2000). Im Kontext der Navigation wird das Kurzzeitgedächtnis benutzt, um „einen Weg entlang zu gehen, also die Orientierung nicht zu verlieren, auf diesem Weg [zu] bleiben, Sinneseindrücke mit dem memorierten Weg in Beziehung zu setzen, etc.“ (Hartl 1990, S. 39). Wang und Spelke (2002) unterstrichen, dass die Navigation in erster Linie durch Repräsentationen erfolgt, die eher vorübergehend als dauerhaft bzw. eher egozentrisch als geozentrisch (allozentrisch) sind; diese Repräsentationen sind begrenzt auf die erfassbaren räumlichen Informationen. Hinrichs (2008) unterstützt diese Auffassung: „Egozentrische Repräsentationen sind günstig für das Kurzzeitgedächtnis und eine aktuelle Verhaltenskontrolle. Allozentrische Repräsentationen sind dagegen günstiger für das Langzeitgedächtnis, vor allem da Lage und Ausrichtung des Individuums zwischen Präsentation und Abruf variieren können“ (Hinrichs 2008, S. 7). Daher steht außer Zweifel, dass die Selbstlokalisation mit dem erworbenen Wissen im Kurzzeitgedächtnis einhergeht. In der Regel werden Repräsentationen im Kurzzeitgedächtnis nur vorübergehend gespeichert und nur im Fall der Wiederholung im Langzeitgedächtnis gespeichert (Baddeley 1986). Dabei kommt dem Aufmerksamkeitsprozess ein hoher Stellenwert zu (Baddeley und Hitch 1974). Ob diese Repräsentation im Kurzgedächtnis zu einem späteren Zeitpunkt im Langzeitgedächtnis gespeichert wird oder zur Ausbildung einer Kognitiven Karte beiträgt, ist kein Untersuchungsgegenstand dieser Arbeit und wird somit nicht behandelt.

[25] Weitergehende Betrachtung des Themas *map-environment-correspondence* siehe Abschnitt 1.1, 2 f

Das räumliche Wissen im Langzeitgedächtnis ist mit der Kognitiven Karte vergleichbar. Wo die Kognitive Karte aber im Gedächtnis gespeichert ist, wird in der Kognitionswissenschaft noch diskutiert. Jansen-Osmann (1998) ist der Auffassung, dass die kognitive Karte auf eine interne Raumrepräsentation verweist, die sowohl im Langzeitgedächtnis, als auch im Kurzzeitgedächtnis gespeichert werden kann. Gärling et al. (1984) vermutete aber, dass die Kognitive Karte eher im Langzeitgedächtnis gespeichert ist. Ungeachtet dessen ist eine wichtige Funktion der Kognitiven Karte, „sich über den aktuell wahrnehmbaren Ausschnitt der Umwelt hinaus räumlich zu orientieren“ (Weiß 2005, S. 22); ein Aspekt, der jedoch im Rahmen dieser Arbeit nicht thematisiert wird.

Das oben genannte Verständnis über das räumliche Wissen im Gedächtnis ist für die Navigationsforschung notwendig, wenn das gespeicherte Wissen aus Teilsystemen abgerufen werden kann, um eine bestimmte räumliche Aufgabe, z. B. die Selbstlokalisation, zu lösen. Ferner ist das Verständnis wichtig für die Auswahl der empirischen Methoden. Wenn Methoden wie Rückruf (*recall*) oder Skizzen-Karten-Analyse, welche sich eher auf das Wissen im Langzeitgedächtnis beziehen, für die Erforschung des Wissens im Kurzzeitgedächtnis eingesetzt würden, könnte dies zu verwirrenden Ergebnissen führen.

Grundannahme 2 **Positionierung des *you-are-here* Symbols in der geometrischen Mitte des Smartphone-Displays**

Zum Zweck der Selbstlokalisation sollte das *you-are-here* Symbol in der geometrischen Mitte des Displays positioniert werden.

Bei den jetzigen kommerziellen Fußgänger-Navigationssystemen ist die Positionierung des *you-are-here* Symbols auf dem Smartphone-Display nicht einheitlich. Diesbezüglich herrscht auch in der Forschung Unklarheit. Während einige Wissenschaftler unterstrichen, dass die Zentrierung des *you-are-here* Symbols auf dem Display sinnvoll sei, argumentierten die anderen Wissenschaftler, dass das *you-are-here* Symbol im unteren Bereich des Displays positioniert werden sollte.

Wenn die Positionierung des *you-are-here* Symbols allgemein im Kontext des egozentrischen Kartendesigns betrachtet wird, sollte das *you-are-here* Symbol optisch oder geometrisch auf dem Smartphone-Display möglichst zentriert dargestellt und die damit verbundenen semantischen Inhalte entsprechend um dieses *you-are-here point* herum platziert werden (Meng 2005; Schöning et al. 2014 zitiert in Wei und Schiewe 2017). Im Kontext der Autonavigation wiesen Kim et al. (1997) nach, dass das in der Bildschirmmitte zentriert positionierte *you-are-here* Symbol sowohl zur Effizienz der Karteninterpretation beiträgt als auch die Fahrtzeit verkürzt. Die Positionierung des *you-are-here* Punktes sollte während des kompletten Navigationsvorgangs in der Displaymitte fixiert bzw. nicht geändert werden (Kim et al. 1997). Wenn der *you-are-here* Punkt sich mit der Karte während der Fortbewegung bewegt, wird der Zeitaufwand einer Navigationsaufgabe höher im Vergleich zu dem Fall, dass der *you-are-here* Punkt in der Display konstant bleibt (Kim et al. 1997). Hingegen nahmen Winter und Tomko (2004) an, dass der Kartennutzer durch ein im unteren Bereich positioniertes *you-are-here* Symbol den aktuellen Standpunkt intuitiv finden kann. Winter und Tomko (2004) argumentierten,

> *„The reader looking down at the device in her hand perceives the bottom line of the map as the closest part to the body, and the top line is heading off. The top line points towards features in the vista space ahead of the reader, and, as the horizon of the map, matches cognitively with the horizon of the vista space“ (Winter und Tomko 2004, o. S.).*

Dieser These lag jedoch ausschließlich die Intuition zugrunde, welche nicht empirisch bewiesen wurde. Eine frühe Feldstudie von Wei und Schiewe (2017) zeigte, dass der sichtbare Bereich zum Zweck der Selbstlokalisation von großer Bedeutung ist. Darum wurde der Standort an den unteren Bildschirmrand verschoben, so dass der

sichtbare Bereich möglichst vollständig auf dem Display angezeigt werden konnte (Wei und Schiewe 2017). Allerdings konnten beide Arbeiten keine endgültige Antwort auf die Frage geben, wo exakt das *you-are-here* Symbol im unteren Bereich des Kartenausschnitts optimal positioniert werden sollte.

Aufgrund der fehlenden empirischen Erkenntnisse zur Positionierung des *you-are-here* Symbols wird – ausgehend vom Prinzip des egozentrischen, mobilen Kartendesigns (Meng 2005) – angenommen, dass das in der Bildschirmmitte positionierte *you-are-here* Symbol der Selbstlokalisation zweckdienlich ist, vor allem weil der Fußgänger hierbei einen flexibleren Aktionsradius hat (Tetzner 2008); in der Tat können die hinter ihm liegenden Objekte durch das zentrierte *you-are-here* Symbol problemlos auf dem Display angezeigt werden.

Grundannahme 3 **2D Perspektive**

Wenn der Navigationsprozess als Ganzes betrachtet wird, wäre es bei der Darstellung sinnvoll, die 2D-Perspektive durchgängig anzuwenden.

Die Karte ist ein „verebnetes, maßstabsgebundenes, generalisiertes und inhaltlich begrenztes Modell räumlicher Informationen“ (Wilhelmy 1990, S. 18). „Die Nutzung von Karten zur Orientierung setzt voraus, dass eine Umdeutung der Perspektiven gelingt, d. h. von der Wahrnehmung in der Natur (Normalperspektive, d. h. Betrachtung in Augenhöhe) zur weitgehend abstrahierten Grundrissdarstellung in der Karte“ (Kohlstock 2018, S. 159). „Objekte einer räumlichen Anordnung können immer nur blickpunktbezogen wahrgenommen werden, da es nicht möglich ist, ein Objekt im Raum simultan von mehreren Seiten aus zu betrachten“ (Janzen 2000, S. 37). Diese Diskrepanz wurde von vielen Wissenschaftlern thematisiert[26]. Um das Dargestellte auf Karten und das Wahrgenommene in Realräumen so weit wie möglich anzunähern, gibt es zahlreiche Ansätze, z. B. 3D-Visualisierung (Davies und Peebles 2010), photorealistische Darstellung (Ishikawa und Yamazaki 2009; Wei 2014) sowie perspektivische Schrägansichten von Karten (Warren 1994).

Wenn die Kartendarstellung der navigationstechnischen Orientierung dient, ist das Gelingen einer perspektivischen Umdeutung als eine der wichtigsten Voraussetzungen anzusehen, d. h. von der Raumwahrnehmung zur weitgehend abstrahierten Kartendarstellung (in Anlehnung an Darken und Peterson 2002). Hierbei ist die Mentale Rotation von großer Bedeutung (Darken und Peterson 2002). Generell bezeichnet Mentale Rotation die kognitive Fähigkeit, räumliche Informationen mental zu repräsentieren und diese Repräsentationen durch eine Drehung um die Raumachsen zu transformieren (Wiedenbauer 2006; Kaltner 2015). Je nach Aufgabe werden diese dann mit Informationen aus dem Arbeitsgedächtnis verglichen (Linn und Petersen 1985). Bei einer Orientierungsaufgabe belegte Malinowski (2001), dass mentale Rotationsfähigkeiten mit der Wegfindungs-Leistung korrelieren. Je einfacher der Mentale Rotationsaufwand ist, um so besser wird die Kartendarstellung bei der Navigation interpretiert (Darken und Peterson 2002). Aufgrund dessen vertreten viele Wissenschaftler die Auffassung, dass perspektivische Darstellung (*oblique map*, Warren 1994), dreidimensionale Darstellung und erweiterte Realität (*augmented reality*) im Vergleich zur zweidimensionalen Kartendarstellung einen besseren Beitrag zur Realraum-Karte Korrespondenz und zur mentalen Rotation des Objektes leisten.

Oulasvirta et al. (2007) belegten, dass 2D- und 3D-Objekte unterschiedlich kognitiv wahrgenommen werden und dass diese Unterschiede zu signifikanten *cognitive loads* beim Aufbau einer Verbindung zwischen Karten und realen Umgebungen führen. Im Hinblick auf die Erledigung der Aufgaben und die Arbeitsbelastung wurde ein statistisch signifikanter Unterschied dahingehend festgestellt, dass 3D schneller als 2D war (Oulasvirta et al. 2007). Davies und Peebles (2010) schlugen vor, dass die 3D-Ansichten bei der Herstellung der Verbindung zwischen Karte und Raum am zweckdienlichsten sein könnten. Durch die 3D-Darstellung kann der Aufwand des

[26] Diskrepanz zwischen Feldperspektive und Beobachterperspektive siehe Abschnitt 2.3, S. 35

mentalen Rotationsprozesses der Objekte reduziert werden (Davies und Peebles, 2010). Warren (1994) hob hervor, dass perspektivische Schrägansichten von Karten (*oblique map*) beim Lösen einer Selbstlokalisationsaufgabe besser geeignet sind als zweidimensional dargestellte Pläne. Jedoch stellten Coors et al. (2005) fest, dass die Testpersonen durch 2D-Darstellung auf dem mobilen Gerät ihre Positionen im Vergleich zur 3D-Darstellung besser lokalisierten und mit geringem Zeitaufwand das Ziel erreichen konnten.

Wenn die Selbstlokalisation in der mobilen Karte isoliert von der Navigation betrachtet wird, könnten eine 3D-Darstellung (Davies und Peebles 2010) oder Schrägansichten (Warren 1994) geeignet sein. Wird jedoch die kartengestützte Navigation als Ganzes betrachtet, ist die Selbstlokalisation integrer Bestandteil des Navigationsprozesses: Während des Navigationsprozesses wird schließlich sowohl das Standortwissen als auch das Routenwissen mittels der mobilen Karte erworben. Insofern wird – in Anlehnung an Coors et al. (2005) – die Grundannahme getroffen, dass die 2D-Pespektive im Rahmen dieser Arbeit zielführend und damit zu untersuchen ist.

Keinesfalls darf der Einfluss der Darstellungsarten auf die Zoom-Stufe ausgeschlossen werden. Dessen ungeachtet handelt es sich in dieser Arbeit jedoch primär um den Zusammenhang zwischen dem Wahrnehmungsraum im Umblickfeld und der Darstellung ebendiesen Raumes auf dem Smartphone-Display. Im Vordergrund steht vor allem die Frage, wie der Ausschnitt des physikalischen Raums im Umblickfeld wahrgenommen und somit auf dem Display dargestellt wird. Es geht also nicht darum, wie die Objekte in diesem Raumausschnitt dargestellt werden sollten. Wenn die darzustellenden Inhalte auf der begrenzten Darstellungsfläche nicht klar definiert sind, ist die Diskussion über Darstellungsarten bzw. die *level of details* nicht sinnvoll.

Grundannahme 4 **Selektive Darstellung**

Im Kontext der *turn-by-turn* Navigation ist die generalisierte 2D-Darstellung für den Zweck der Selbstlokalisation am besten geeignet.

Viele empirische Ergebnisse zeigen, dass die generalisierte Kartendarstellung beim Lösen einer navigationstechnischen Orientierungsaufgabe von Vorteil ist. Dillemuth (2005) belegte, dass die generalisierte Kartendarstellung im Vergleich zum Luftbild bei der Navigationsaufgabe (*route-following task*) hilfreicher ist: Mit geringem Zeitaufwand konnten die Routeninformationen erfasst werden und Navigationsfehler als Folge von Disorientierung kamen selten vor (Dillemuth 2005). Dillemuth (2005) argumentierten, dass die zusätzlichen Details zwar zur Genauigkeit beitrugen, aber keinen generell erkennbaren Vorteil aufwiesen (vgl. Hegarty et al. 2009). Nivala et al. (2003) hoben hervor, dass die Kartendarstellung in den topographischen Karten für den kleinen Bildschirm nicht geeignet ist, insbesondere bezogen auf die Symbologie und die Positionierung der Symbole (vgl. Nivala und Sarjakoski, 2005). Ebenfalls stellten Gartner und Radoczky (2005) fest, dass zu viele dargestellte Informationen als Überlastung angesehen werden; der Nutzer kann abgelenkt werden, so dass die Wegfindungs-Aufgabe erschwert wird. Meilinger et al. (2007) unterschieden zwischen dem Grundriss eines Gebäudes und einer schematisierten und stark vereinfachten Karte desselben. Im Hinblick auf die Aufgabe der Selbstlokalisation konnte kein signifikanter Unterschied nachgewiesen werden (Meilinger et al. 2007). Allerdings zeigt das Ergebnis, dass die Testpersonen, die Grundrisse verwendeten, in einem großen Bereich mehr Zeit brauchten als jene Testpersonen, die schematisierte Karten benutzten (Meilinger et al. 2007). Allerdings hängt die Kartengestaltung davon ab, unter welchen Voraussetzungen und für welche Navigationsaufgabe die Karte konzipiert und genutzt wird (Darken und Peterson 2002).

3.2 Konzept des Umblickfeld-Polygons und Bestimmung der Variablen

Um die angenommenen raumbezogenen Faktoren empirisch zu erfassen, wurde das Konzept Umblickfeld-Polygon entwickelt. Das Konzept dient dazu, die raumbezogenen Faktoren durch Distanzen und Flächenparameter geometrisch zu beschreiben. Diese geometrische Transformation ermöglicht es zum einen, die Zusammenhänge zwischen den raumbezogenen Faktoren und der Zoom-Stufe durch parametrische Tests statistisch auszuwerten, zum anderen den Weg für die Automatisierung der Zoom-Stufe (Ouput-Parameter) durch quantifizierte Faktoren (Input-Parameter) zu ebnen.

Anhand dieses Ansatzes werden im folgenden Abschnitt die zu untersuchenden Variablen bestimmt (Unterabschnitt 3.2.1) sowie die Testbedingungen durch die zeitlich-räumliche Eingrenzung möglichst kontrolliert. Ferner werden Daten und Voraussetzungen bzgl. der Testpersonen festgelegt (Unterabschnitt 3.2.2).

Das im Folgenden beschriebene Konzept ist die Fortführung der vom Autor zuvor entwickelten Idee des „Umblickfeld-Polygons“; ein Untersuchungszusammenhang, welcher sowohl im Rahmen des 65. Deutschen Kartographie Kongresses in Berlin präsentiert als auch im *peer-reviewed journal* veröffentlicht wurde:

Wei, B. und Schiewe, J. (2017): Anpassung des Kartenausschnitts an das Umblickfeld zur verbesserten Fußgänger-Navigation mit dem Smartphone. Kartographische Nachrichten 66, Nr. 4, S. 192-201.

3.2.1 Definieren der abhängigen und unabhängigen Variablen

Neben vielen Möglichkeiten der quantitativen Beschreibung des Wahrnehmungsraums wird der Ansatz der **Sichtbarkeitsanalyse** verfolgt. „Sichtbarkeitsanalysen setzen einerseits die Stadtmorphologie, andererseits visuelle Informationen, welche für den städtischen Nutzer zur Orientierung und Wegfindung dienen, in Bezug zueinander und verknüpfen diese in einem Dualismus zwischen Struktur und Funktion“ (Dembski 2013, S. 11). Zur Sichtbarkeitsanalyse gehören *isovist* (Tandy 1967; Benedikt 1979), *directed visibility analysis* (Lu 2011), *visibility graph analysis* (Turner et al. 2001), *3D isovist* (Morello und Ratti 2009), *viewshed, viewsphere* (Yang et al. 2007), die Messung der visuellen Exposition von Gebäudefassaden und FOI (*features of interest analyse*, Bartie et al. 2010) sowie *visual space perception model* (Bittermann 2009). Hierbei hat jedes Modell seinen speziellen Fokus, daher ist es unmöglich, alle raumbezogenen Aspekte in einem Modell abzudecken bzw. zu berücksichtigen. In dieser Hinsicht ist es besonders wichtig, dass die ausgewählte Methode zur Modellierung der raumbezogenen Faktoren dem erzielten Untersuchungszweck[27] entspricht.

Da diese Arbeit den Untersuchungsgegenstand Zoom-Stufe in der mobilen Karte fokussiert, welcher unmittelbar mit den Distanzen zwischen dem Blickpunkt und den kognitiv wahrgenommenen Objekten im Umblickfeld in Verbindung steht, ist es nicht notwendig, umfangreiche Aspekte der Raumrepräsentation heranzuziehen und eine komplexe Modellierung durchzuführen. Stattdessen sollte angestrebt werden, die von der Literaturarbeit hergeleiteten Parameter messbar zu machen. In dieser Hinsicht ist *isovist* für den Forschungszweck angemessen. In der Tat zeigten viele Wissenschaftler durch ihre Forschungsarbeiten, dass der Einsatz der *isovist* Methode gängige Praxis ist, um die Zusammenhänge zwischen dem Wahrnehmungsraum und dem räumlichen Verhalten zu ermitteln und dadurch das räumliche Verhalten zu prognostizieren.

> *„[...] isovist measurands are indeed a promising means to predict the experience of space and spatial behavior for the chosen experimental tasks“ (Wiener und Franz 2005, S. 42).*

[27] Untersuchungszweck siehe Unterabschnitt 1.5.1, S. 9 f

Im Folgenden wurde das Konzept **Umblickfeld-Polygon** in Anlehnung an die Sichtbarkeitsanalyse (*isovist*) in Verbindung mit dem sichtbaren Bereich der menschlichen Augen (Feld) aus der Ergonomie entwickelt.

- ***isovist***

  Die Grundüberlegung der *isovist* war, eine ständige Aufzeichnung der architektonischen oder landschaftlichen Eigenschaften für die Raumanalyse vorzunehmen, die sonst entweder durch die Erinnerung oder durch eine große Anzahl unübersichtlicher kommentierter Fotos bedingt würde (Tandy 1967). Seit ihrer Entstehung wird *isovist* als eine wichtige Methode der Sichtbarkeitsanalyse von Wissenschaftlern weiter entwickelt. Benedikt (1979) definierte *isovist* wie folgt:

  > *„The environment is defined as a collection of visible real surfaces in space. An isovist is the set of all points visible from a given vantage point in space and with respect to an environment. The shape and size of an isovist is liable to change with position. Numerical measures are proposed that quantify some salient size and shape features“ (Benedikt 1979, S. 47).*

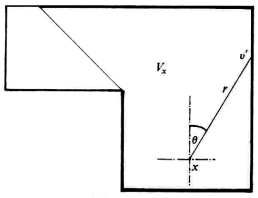


Abbildung 19: *isovist* wird beschrieben durch Ortsvektoren $r = [x, v']$ der Länge $l_{x,\theta}$ (Benedikt 1979)

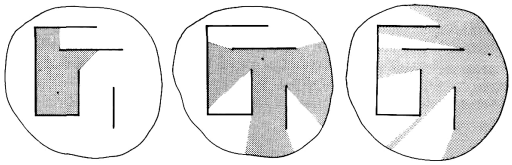


Abbildung 20: Drei *isovists* (Benedikt 1979)

Ein *isovist* beschreibt einen sichtbaren Bereich eines Vista-Raums von einem bestimmten Blickpunkt aus gesehen in Form eines 2D-Polygons (in Anlehnung an Benedikt 1979). Mittels Radialen wird *isovist* erzeugt (Benedikt 1979). Die Radialen sind die vom *isovist-point* ausgehenden Sichtlinien (Abbildung 19, S. 63). Die Radialen beschreiben die Entfernung vom *isovist-point* zur räumlich unmittelbar folgenden Oberfläche, welche als *radials of length* definiert wird (Benedikt 1979). Daraus ergeben sich die Parameter, z. B. *minimal radial length*, *maximal radial length* und *mean radial length* (Schneider 2016).

Je nach Koordinaten des *isovist-point* ergeben sich unterschiedliche Polygone (Abbildung 20, S. 63). Die Flächenparameter eines *isovist*-Polygons ändern sich aufgrund der Fortbewegung im Raum, somit stehen der wahrgenommene Raum und die Darstellung ebendieses Raums auf dem Smartphone-Display durch die geometrische Transformation miteinander in Beziehung (in Anlehnung an Benedikt 1979). Ferner kann durch *isovist* festgestellt werden, ob ein Objekt bzw. eine Landmarke sich in einem *isovist* befindet oder nicht (Moser und Albrecht 2013). Wichtig ist, dass *isovist* nicht die architektonischen Elemente (z. B. Wände) bzw. die stadtbaulichen Elemente (z. B. Straßennetz, Gebäuden) aus der Sicht der Architekten oder Stadtplaner beschreibt, sondern dass der gebaute Raum aus der Betrachtersperspektive (Wahrnehmungsraum des Raumbetrachters) entsteht (in Anlehnung an Schneider 2016). Anders ausgedrückt: *isovist* beschreiben nicht die architektonische Form, sondern den durch Form entstehenden Wahrnehmungsraum (Schneider 2016).

> *„The appeal of the concept is that isovists are an intuitively attractive way of thinking about a spatial environment, because they provide a description of the space ‚from inside', from the point of view of individuals, as they perceive it, interact with it, and move through it“ (Turner et al. 2001, S. 103).*

Es gibt eine Reihe von *isovist*-Parametern (Benedikt 1979; Conroy Dalton 2001; Schneider 2016), die je nach Forschungszweck verwendet werden können. Ungeachtet der vielen anderen *isovist*-Parameter

legt diese Arbeit den Schwerpunkt auf die von der Theorie hergeleiteten raumbezogenen Faktoren, die auf Repräsentationen des direkt erworbenen Standortwissens einwirken und so einen Einfluss auf die Zoom-Stufe haben könnten. Da die Definition der einzelnen Parameter und deren Algorithmus in vielen Forschungsarbeiten (Benedikt 1979; Conroy Dalton 2001; Batty 2001) ausführlich und detailreich dargestellt sind, entfällt hier eine wiederholende Erläuterung.

- **Feld**

  Im vorangegangenen Abschnitt wurde erläutert, dass der *you-are-here point* als die Verbindung zwischen Raumbetrachter und Vista Raum erachtet wird. Dabei spielt die Blickrichtung des Raumbetrachters eine wichtige Rolle, denn dieser gerichtete Blick bestimmt, welcher Teil des Vista Raums wahrgenommen bzw. fokussiert wird. In der Ergonomie sind die Bereiche der menschlichen visuellen Erfassung des Umfeldes definiert (Hudelmaier 2003; Graichen et al. 2014). Je nach Augenbewegung bzw. zunehmendem Körpereinsatz ergeben sich räumliche Bereiche, sogenannte Felder, die eingesehen werden können (Hudelmaier 2003). Für die visuelle Erfassung eines Vista Raums spielen sowohl die Augenbewegung als auch die Kopf- und Körperbewegung eine entscheidende Rolle, da der Bereich des fovealen Sehens eingeschränkt ist (Hudelmaier 2003). Das Umblickfeld ist der bei ruhendem Körperrumpf, bewegtem Kopf und bewegten Augen fixierbare Raumsektor des Sehraumes (Merkel und Schmauder 2012; Graichen et al. 2014). Im Vergleich dazu ist das Blickfeld der bei unbewegtem Kopf und Torso und bewegten Augen fixierbare Raumsektor des Sehraumes. Bei der Navigation mit Navigationsapplikationen ist eine Kopfbewegung unvermeidlich, daher wurde der Begriff Umblickfeld im Folgenden gebraucht, um den wahrgenommenen Bereich um den Nutzer des Fußgänger-Navigationssystems herum zu definieren. Das Umblickfeld umfasst vertikal +90° nach oben und -60° nach unten sowie ± 165° horizontal für das binokulare Sehen (Hettinger und Becker 1993). Diese Arbeit betrachtet lediglich die geometrische Transformation der angenommenen raumbezogenen Faktoren (z. B. Größe und Form des Umblickfeld-Polygons und Distanz zum ersten Abbiegepunkt), mit dem Ziel, die aufgestellten Thesen zu überprüfen; daher ist nur die Heranziehung des Umblickfeldes im Horizontalen in diesem Untersuchungszusammenhang von Belang. Ob das Umblickfeld im Vertikalen zur Ausbildung der Repräsentationen des erworbenen Standortwissens beiträgt und somit einen Einfluss auf die Zoom-Stufe hat, wird im Rahmen dieser Arbeit nicht thematisiert, zumal das Umblickfeld im Horizontalen für die Raumwahrnehmung wichtiger ist als das Umblickfeld im Vertikalen: „[...] da erstens die Ausdehnung des Sichtfeldes in der Horizontalen sehr groß ist (man also viel sieht) und zweitens der Kopf meist nach vorn gerichtet ist, und nicht nach oben oder unten“ (Gehl 2010 zitiert in Schneider 2016, S. 65 f).

Das entwickelte Umblickfeld-Polygon ist eine Schnittmenge zwischen *isovist* und Umblickfeld im Horizontalen (Weiterentwicklung von Wei und Schiewe 2017, Abbildung 21, S. 65). Das Umblickfeld-Polygon kann auch als eine Teilmenge von *isovist* verstanden werden, wobei die Blickrichtung und der sichtbare Bereich von einem Blickpunkt aus berücksichtigt sind. Da die wahrgenommene Position eines Objektes im Raum durch wahrgenommene Richtung und Distanz spezifiziert ist (Loomis et al. 1996), wurden insbesondere die Distanzen neben der Blickrichtung ins Zentrum der Betrachtung gerückt. In Anlehnung an Benedikt (1979) wurde der aktuelle Standpunkt als Blickpunkt (x) definiert. Daraus ergaben sich die Radialen als Sichtlinien zu den Landmarken. Die Länge der maximalen Sichtachse konnte durch die Länge der maximalen Radiale beschrieben werden.

Die Bestimmung des Umblickfeld-Polygons erfolgte mithilfe der Gauß'schen Formel in QGIS. Die Höhe des Umblickfeld-Polygons war ca. 10 m. Alle zu untersuchenden Umblickfeld-Polygone und Umblickfeld-Parameter wurden in QGIS gezeichnet, um die Flächengrößen und die Distanzen zu bestimmen. Der Zeichnung des Umblickfeld-Polygons lagen das Google-Satellitenbild, die OpenStreetMap (OSM) und die Hamburger Liegenschaftskarte zugrunde. Dabei sind die saisonbedingten Unwägbarkeiten der Geodaten und die eventuellen stadtlandschaftlichen Änderungen des Umfeldes zu berücksichtigen, z. B. Verdeckung des sichtbaren Bereichs durch die Blätterdichte der Bäume. Die Blätterdichte bestimmt, ob und wieviele Teilstücke der Geo-Objekte hinter

dem Baum visuell wahrgenommen werden können. Trotz einer sorgfältigen Zeichnung unter Berücksichtigung aller denkbaren Einflussfaktoren waren Unwägbarkeiten bzgl. der Geodaten und Ungenauigkeiten der gezeichneten Umblickfeld-Polygone unvermeidlich. Diese Ungenauigkeiten bzw. saisonbedingten Unwägbarkeiten werden in dieser Arbeit toleriert. Die Frage, ob dies eine herrschende Bedeutung für die Zoom-Stufe hat, wird anhand der empirischen Ergebnisse diskutiert[28].

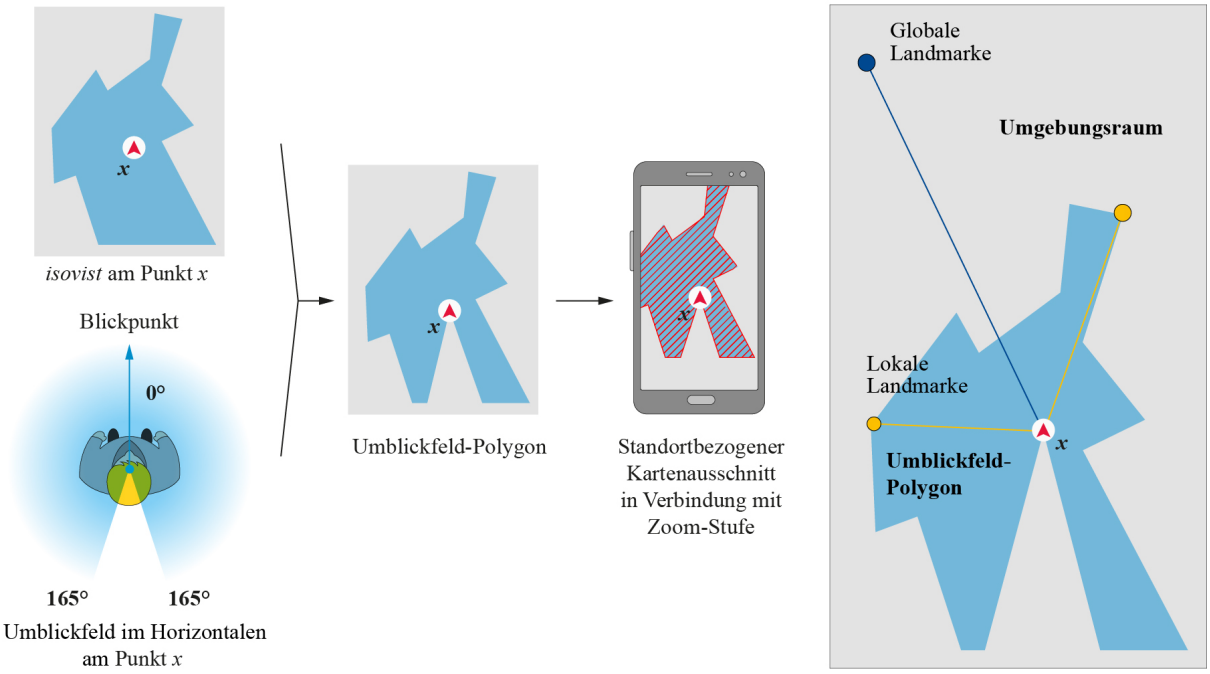


Abbildung 21: Konzept des Umblickfeld-Polygons (in Anlehnung an Wei und Schiewe 2017)

Im Folgenden werden die angenommenen Einflussfaktoren auf die Zoom-Stufe, die geometrisch transformiert sind, als Umblickfeld-Parameter bezeichnet. Anhand des Konzeptes Umblickfeld-Polygon in Verbindung mit den Umblickfeld-Parametern können die hauptsächlich zu untersuchenden Variablen definiert werden:

- **Abhängige Variable**

  Die abhängige Variable ist die an einem bestimmten Blickpunkt verwendete Zoom-Stufe, die aus Nutzersicht für die Selbstlokalisation am besten geeignet ist. Für diesen Zweck bestimmt die standortbezogene Zoom-Stufe den optimalen Kartenausschnitt, d. h. welcher Ausschnitt des physikalischen Raums auf dem Smartphone-Display angezeigt wird.

  Um die statistische Auswertung zu erleichtern, wird statt des kartographischen Bildschirm-Maßstabes in der gesamten Untersuchungsreihe durchgängig die Zoom-Stufe verwendet. Die Zoom-Stufe hängt von vielen Faktoren ab, insbesondere von der Auflösung des Smartphones und der Projektion. In dieser Arbeit wird die Projektion EPSG:3857 (WGS 84/Pseudo-Mercator) angewandt. Da die Durchführung der Untersuchungen in Hamburg (53° 33’ 2” N, 9° 59’ 3” E) geplant war, dürfen Zoom-Stufen und Kartenmaßstab wie folgt umgerechnet werden: Zoom-Stufe 16 ≈ Kartenmaßstab 1:5.000; Zoom-Stufe 17 ≈ Kartenmaßstab 1:2.500; Zoom-Stufe 18 ≈ Kartenmaßstab 1:1.250 und Zoom-Stufe 19 ≈ Kartenmaßstab 1:625. Je nach Auflösung des Smartphones (m/Pixel) muss eine leichte Abweichung einkalkuliert werden. Ob diese einen Einfluss auf die standortbezogene Zoom-Stufe zum Zweck der Selbstlokalisation hat, wird anhand der empirischen Untersuchungsergebnisse diskutiert.

[28] Diskussion über die Ungenauigkeit des Umblickfeld-Polygons siehe Unterabschnitt 4.3.2, S. 92

- **Unabhängige Variable**

  Die Auswahl der unabhängigen Variablen beruht auf den hergeleiteten Thesen[29]. Die unabhängigen Variablen können in folgende fünf Kategorien eingeteilt werden:

  1. **Größe des Umblickfeldes** (vgl. These 1, S. 42 ff)

     Flächeninhalt (F)

     Umfang (U)

     Länge der maximalen Sichtachse — Die Länge der maximalen Sichtachse ist die maximale Distanz, welche vom Standpunkt aus im Umblickfeld gesehen werden kann (Batty 2001). In einem Umblickfeld-Polygon gibt es nur **eine** maximale Sichtachse.

     Länge der Sichtachse — Die Länge der Sichtachse ist die Distanz zwischen dem aktuellen Blickpunkt und dem am entferntesten liegenden Objekt entlang der vorgegebenen Blickrichtung.

  2. **Geometrische Form bzw. Komplexität des Umblickfeldes** (vgl. These 2, S. 44 ff)

     Kompaktheitsgrad — In Anlehnung an Franz (2005) lassen sich Differenzierung und Komplexität des Umblickfeld-Polygons durch Kompaktheitsgrad (*compactness*), Gezacktheit (*jaggedness*) und Konvexität (*roundness*) beschreiben. Aus den Ergebnissen der explorativen Studie von Franz (2005), Franz und Wiener (2008) konnten signifikante Zusammenhänge zwischen Übersichtlichkeit und Kompaktheitsgrad nachgewiesen werden. Es gibt eine Reihe von Kompaktheitsparametern, die auf unterschiedliche Weise Umfang und Fläche des Polygons zueinander in Verbindung setzen. In dieser Arbeit wird der Kompaktheitsgrad durch $\frac{4\pi F}{U^2}$ (Ehlers und Schiewe 2012) definiert.

     Konvexität — In Anlehnung an Franz (2005) wird Konvexität durch $\frac{F}{U^2}$ definiert. Der Kompaktheitsgrad kann nicht mit der Konvexität gleichgesetzt werden (Schneider 2016). Konvexität stellt das Verhältnis zwischen Flächeninhalt und Umfang dar. Die effizienteste Konvexität wird durch einen perfekten Kreis erzeugt (Franz, 2005). Wenn eine Kreisform jedoch nicht mehr gegeben bzw. deformiert ist (*spiky*, Conroy Dalton 2001), vergrößert sich der Umfang, der Flächeninhalt jedoch verkleinert sich; als Folge dieser Verformung nimmt die Konvexität ab (Conroy Dalton 2001).

     Gezacktheit — In Anlehnung an Franz (2005) wird Konvexität durch $\frac{U^2}{F}$ definiert. Gezacktheit beschreibt das Verhältnis zwischen Umfang (*isovist's square perimeter*) und Flächeninhalt (Franz und Wiener 2005). Ein stark gezackter *isovist* hat in Relation zu seinem Flächeninhalt lange Perimeter, wohingegen ein weniger stark gezackter *isovist* eher kreisförmig ist. Je mehr Zacken (Spikes), desto komplexer die Form des *isovist* (Davies et al. 2006).

[29] Herleitung der Thesen siehe Abschnitt 2.5, S. 41 ff

3. **Globale Landmarke** (vgl. These 3, S. 47 ff)

4. **Distanz zum ersten Abbiegepunkt** (vgl. These 4, S. 51 ff)

Distanz (*d*)	*d* ist die Abkürzung für die Distanz zwischen dem Blickpunkt und dem ersten Abbiegepunkt in Blickrichtung.

5. **Displaygröße** (vgl. These 5, S. 54)

Diagonale (*diag*)	In der folgenden Untersuchungsreihe wird die Displaygröße ausschließlich durch Diagonale betrachtet.

Die Verwendung des *isovist* zur Analyse des Außenbereichs wird häufig kritisiert, denn der Außenraum ist im Vergleich zum Innenraum nicht eindeutig eingegrenzt. Je nach Hindernis und Höhenangabe variieren die Flächenparameter eines *isovist* (Davies und Peebles 2010). Außerdem kann der Beobachterstandpunkt aufgrund des Standes der GNSS-Technik nicht präzise ermittelt werden; es besteht in der Tat eine gewisse Abweichung zwischen dem durch GNSS lokalisierten Punkt und dem tatsächlichen Beobachterstandpunkt. Außerdem vertreten einige Wissenschaftler aufgrund der Vielfalt an Einflussfaktoren die Auffassung, dass eine Modellierung der Wahrnehmung von Räumen eine herausfordernde, sogar unmögliche Aufgabe zu sein scheint (Schneider 2016). Der Vista Raum kann keinesfalls mit Repräsentationen des erworbenen Standortwissens gleichgestellt werden, da nicht alle wahrgenommenen Objekte zwangsläufig zum Zweck der Selbstlokalisation kognitiv repräsentiert werden können. Außerdem kann die Abweichung zwischen den wahrgenommenen, kognitiv repräsentierten Distanzen und den geometrischen, „realen“ Distanzen groß sein. Aufgrund des begrenzten Arbeitsumfangs konnte der Komplexität dieser Thematik nicht in allen Facetten Rechnung getragen werden. Hierbei ist die geometrische Transformation, welche das Konzept Umblickfeld-Polygon beschreibt, lediglich eine Möglichkeit, die angenommenen raumbezogenen Faktoren quantitativ erfassbar zu machen. Diese raumbezogenen Faktoren können im Rahmen der parametrischen Statistik wiederum mit der Zoom-Stufe in Beziehung gesetzt werden. Hierfür darf das Konzept Umblickfeld-Polygon als angemessen betrachtet werden.

Da diese Arbeit den Maßstab des Wahrnehmungsraums (Montello 1993) und die Bereiche des Vista Raums (May 2000) in den Vordergrund stellt, bleiben Aspekte der städtebaulichen Typologie bei der Auswahl der Untersuchungsorte und der Umblickfeld-Polygone unberücksichtigt. Ein Grund ist, dass der Raum (visueller Wahrnehmungsraum aus Sicht des Raumbetrachters) hierbei im Mittelpunkt steht und nicht die Form, wie das bei Stadtplanung und städtebaulicher Typisierung der Fall ist[30]. Der andere Grund ist, dass die städtebauliche Typisierung der Vista Räume eine große Herausforderung darstellen würde. Krier (1975) kategorisierte die städtischen Räume nach drei Grundrissfigurationen (Quadrat, Kreis und Dreieck) und nach der Anzahl von einmündenden Straßen. „Auf die drei Grundrissfigurationen [...] wirken die Umwandlungsprozesse Knicken, Teilen, Addieren, Durchdringen, Überlagern, Vermischen und Verfremden“ (Krier 1975, S. 51). Hierbei deutete Krier (1975) an, dass die Kombinationsmöglichkeiten dieser Raumformen fast unbegrenzt seien (vgl. Schneider 2016). Der Zweck der Typisierung ist hierbei eher die Veranschaulichung der Vielfalt von Formen (Schneider 2016). „Eine Vollständigkeit hier erreichen zu wollen wäre ein ebenso nutzloses wie unmögliches Unterfangen und würde am Ziel dieses typologoschen Aufgrisses vorbeigehen“ (Krier 1975, S. 50). Aufgrund dessen wären die typisierten Formen allein als Prädiktor nicht dafür geeignet, das räumlichen Verhalten vorherzusagen.

[30] Weitergehende Betrachtung des Themas „Raum und Form“ siehe Unterabschnitt 2.2.2, S. 26 ff

3.2.2 Kontrollvariablen und Störfaktoren

Bei der Selbslokalisation könnten viele Faktoren, die mit Nutzer, Karte und Raum in Verbindung stehen, einen Einfluss auf die Zoom-Stufe haben. Um eine fundierte Aussage über die Zusammenhänge zwischen den zu untersuchenden Variablen zu erzielen, sollten die Einflussfaktoren möglichst kontrolliert und die Störfaktoren reduziert werden.

Die folgenden **Einflussfaktoren seitens der Testpersonen** sollten kontrolliert werden. Sie gelten zugleich als die Voraussetzungen für die rekrutierten Testpersonen:

- **Körpergröße**

  Ein zugrunde liegender Aspekt dieser Arbeit ist, dass der Maßstab des Wahrnehmungsraums auf der menschlichen Körpergröße beruht (Montello 1993). Daher dürfen Abweichungen hinsichtlich der Körpergröße bei den Testpersonen nur sehr gering sein (Körpergröße $\approx$ 165 cm). Ferner müssen Kinder, die eine vergleichsweise kleine Körpergröße haben, ausgenommen werden.

- **Örtliches Vorwissen**

  Die Testpersonen müssen Ortsfremde sein, d. h. sie sind noch nie zuvor an den betreffenden Untersuchungsorten gewesen und haben kein bezogenes räumliches Wissen auf indirektem Wege erworben (ohne Orientierung im Sinne von „*pre-visit*“; Bitgood 1988). Andernfalls könnte das Ergebnis fehlgeleitet werden, d. h. die Vertrautheit und die früher gesammelten Informationen der Kognitiven Karte als herrschende Einflussfaktoren könnten sich entscheidend auf die Zoom-Stufe auswirken. Infolgedessen könnten die Testpersonen ihnen bekannte Orte und Objekte beim Lösen der Selbstlokalisationsaufgabe einbeziehen, obwohl sich diese nicht im Umblickfeld befinden.

- **Erfahrung mit Navigationssystemen**

  Hier geht es um die Erfahrung mit der skalierbaren Benutzeroberfläche, insbesondere in Verbindung mit dem Basiswissen zur Zoom-Funktion. Sofern eine Testperson niemals die Zoom-Funktion verwendet hat oder das Kartenlesen auf dem Smartphone-Display für sie eine ungewohnte Tätigkeit ist, könnte das Ergebnis nicht dem Untersuchungszweck dienen. Im Rahmen einer Wegfindungs-Aufgabe mit dem mobilen Gerät kommentierten (Ishikawa et al., 2008), dass die meisten Testpersonen die zur Verfügung stehende Zoom-Funktion nicht verwendet haben. Da die Studie kurz nach der Einführung des iPhone mit seiner Multitouch-Bedienoberfläche im Smartphone-Markt (im Jahr 2007) durchgeführt wurde, könnte die Schwierigkeit daran gelegen haben, dass die Testpersonen mit der GUI-Funktion Zoom noch nicht vertraut waren, folgerte Ishikawa et al. (2008). Aufgrund dessen wird die Erfahrung mit Navigationssystemen als eine Voraussetzung in dieser Arbeit betrachtet. Mit welchen KartenApps die Testpersonen Erfahrungen gesammelt haben, spielt hierbei keine Rolle.

Zur Bestimmung der mobilen Kartendarstellung werden die Voraussetzungen und Grundannahmen der Gestaltungsprinzipien berücksichtigt[31]. Ferner werden folgende, die Zoom-Stufe beeinflussende Faktoren ausgeschlossen bzw. entfernt:

- **Objektbeschriftungen**

  Die Signaturen und Ortsbezeichnungen (*labels*) werden aus der Hintergrundkarte entfernt. Diese Entscheidung beruht auf der Annahme bzw. der Anforderung an die Fußgänger-Navisysteme, dass die Gestaltung des Fußgänger-Navigationssystems nicht vom Straßennamen abhängig sein sollte (May et al. 2003). Andernfalls nimmt die räumliche Orientierung an Straßennamen in der Karte einen deutlich größeren Stellenwert ein

[31] Voraussetzungen und die Grundannahmen siehe Abschnitt 3.1, S. 56 ff

(Wrenger, 2015). Ferner argumentierte Wrenger (2015), dass die Straßennamen meistens am Kreuzungspunkt verortet sind, an einem Entscheidungspunkt jedoch weder in Karten noch im Realraum zu finden wären. Außerdem zeigten Dumont et al. (2015), dass die Zoom-Stufe in Verbindung mit angezeigten Objektbeschriftungen immer noch nicht ausreichend erforscht ist. Wenn eine Signatur je nach der individuellen Entscheidung des Kartographen besonders hervorgehoben wird, könnte dadurch ein subjektiv gesteuertes Ergebnis der Zoom-Stufe bei der Selbstlokalisation herbeigeführt werden.

- **Kartographische Designelemente**

  Es ist unumstritten, dass die kartographischen Designelemente einen signifikanten Einfluss auf die Karteninterpretation haben. Dazu gehören nicht nur die graphischen Variablen, z. B. dargestellte Formen und Farben, sondern auch Generalisierungsgrad sowie *level of details*. Hierzu existieren eine Reihe von Untersuchungsarbeiten, z. B. Schematisierung (Meilinger 2007; Löwen et al. 2018), Erhöhung von Helligkeit und Kontrast innerhalb der visuellen Hierarchie (Roth et al. 2018), Erhöhung des Kontrasts innerhalb der visuellen Hierarchie (van Tonder und Wesson 2009) sowie diverse Methoden der Symbolisierung und der Landmarkendarstellung. Um den Einfluss solcher kartographischer Designelemente auf die Zoom-Stufe zu vermeiden, wird in der Untersuchungsreihe durchgängig die Hintergrundkarte von OpenStreetMap verwendet. Ob das Ergebnis auf andere Hintergrundkarten (z. B. Google Maps) übertragbar ist, wird im Rahmen dieser Arbeit nicht behandelt.

- **Sperrung der *pan*-Funktion**

  Die Skalierung (*zooming*) ist nur eine von vielen Möglichkeiten zur Bestimmung des Kartenausschnitts auf dem Smartphone-Display bzw. zur Bestimmung der Größe des darzustellenden Ausschnitts vom physikalischen Raum. Neben der Skalierung kann der Nutzer durch die anderen GUI-Funktionen, z. B. Schwenken (*panning*), Neigen (*tilting*) und Drehen (*rotating*) den Kartenausschnitt bestimmen. Da diese Arbeit auf die Zoom-Stufe ausgerichtet ist, werden die anderen GUI-Funktionen, insbesondere die Pan-Funktion, gesperrt.

Im Hinblick auf **raumbezogene Einflussfaktoren** sind folgende Variablen möglichst ausgeschossen:

- **Uhrzeit**

  Die Zeit als ein Faktor hat einen signifikanten Einfluss auf das Umblickfeld-Polygon. Nachts oder bei Dunkelheit werden die Objekte im Vista Raum anders wahrgenommen als tagsüber. Insbesondere sind die visuellen Erscheinungen der architektonischen Objekte tageszeitlich variabel. Wenn derartige Objekte als Orientierungspunkte angesehen werden, haben sie einen signifikanten Einfluss auf das Orientierungsverhalten. Dieses Thema wurde bereits in einer vom Autor durchgeführten empirischen Feldstudie beleuchtet (Wei 2014), wird jedoch hier nicht als Forschungsgegenstand betrachtet. Weiterhin hat Dunkelheit einen negativen Einfluss auf die Sichtweite, infolgedessen verändern sich das Umblickfeld-Polygon und die Umblickfeld-Parameter (z. B. Länge der Sichtachse). Erwähnenswert sind in diesem Zusammenhang auch die Wetterbedingungen. Bei starkem Regen oder Nebel verringert sich die Sichtweite. Außerdem stehen die Uhrzeiten stets mit den Menschenströmen in Verbindung. Insbesondere kommt es in den Ballungszentren zu den Hauptverkehrszeiten zu einem sehr hohen Verkehrsaufkommen und es bilden sich Menschenströme. Die Jahreszeiten beeinflussen ebenfalls signifikant das Umblickfeld (Davies et al. 2006). Dies betrifft vor allem die Bäume. Um derartige Faktoren zu minimieren, wurden alle Feldexperimente zwischen 10 und 17 Uhr entweder im Frühling oder im Herbst durchgeführt, so dass das Umblickfeld-Polygon und die Umblickfeld-Parameter nicht durch Lichtmangel und Baumbestand stark verändert wurden.

- **Raumsequenz**

  Eine Raumsequenz ist als eine Erlebniseinheit innerhalb des gesamten Stadtnetzes anzusehen (Lee 2012),

daher muss der Raumerlebnis-Effekt möglichst minimiert werden. Andernfalls würden die Orte, an denen die Testpersonen zuvor gewesen waren, als Orientierungspunkt einbezogen (Wei und Schiewe 2017). Zum Erreichen dieses Zweckes fuhren die Testpersonen in Feldexperiment A mit einem Pkw und stiegen an dem Untersuchungsort aus. Dieses Szenario simulierte die Situation, dass die Passagiere, die aus einer unterirdischen Bahnstation herauskämen oder aus einem Bus ausstiegen, ein unerwartetes Umblickfeld ohne räumliche Zusammenhänge hätten. In den Feldexperimenten B1 und B2 wurden die Testpersonen in der Nähe von Bus- oder Bahnhaltestellen rekrutiert; somit wurde der Raumerlebnis-Effekt ebenfalls möglichst reduziert.

Beim Feldexperiment erhöht sich zwar die Situationsvalidität, das Auftreten der *confounder*-Variablen (Störfaktoren) ist aber unvermeidlich; diese sind nur sehr schwer abzuwägen, teilweise sogar unkontrollierbar. Um zusätzliche Einflüsse der *confounder*-Variablen auf die unabhängigen und abhängigen Variablen zu reduzieren, werden die folgenden *confounder*-Variablen durch Eingrenzung der zeitlichen und räumlichen Bedingungen möglichst berücksichtigt:

- **Nutzerfaktoren**

  Da die Parameter für das egozentrische Kartendesign im Sinne der Personalisierung und Individualisierung in dieser Arbeit nicht behandelt werden, sollten Repräsentationen, die mit kulturellen Ausprägungen, Erfahrungen, persönlichen Vorlieben sowie persönlichen Einstellungen, Ausbildungshintergründen oder Berufen in Verbindung stehen, möglichst reduziert werden. Daher beschränkt sich die Rekrutierung der Testpersonen auf Studenten und Touristen im Alter zwischen 20 und 40 Jahren. Überdies kann das individuelle Nutzungsverhalten, das durch Gewohnheiten geprägt ist, nicht kontrolliert werden, z. B. der Abstand zwischen Augen und Display.

- **Technikfaktoren**

  Bezüglich des Smartphones sind Auflösung, Helligkeit des Displays in Verbindung mit ungewollten Lichtreflexionen, Displaydesign (mit abgerundeten Ecken und Rändern) nur äußerst schwer zu vereinheitlichen.

- **Umgebungsfaktoren**

  Obwohl die Datenerhebung möglichst an einem identischen Zeitpunkt und Blickpunkt erfolgte, könnten die Umblickfeld-Parameter stark voneinander abweichen. Beispielsweise könnten geparkte Reisebusse sich erheblich auf die Flächenparameter des Umblickfeldes auswirken. Hierbei gehören Außenwerbung, Menschenströme, Verkehrslage sowie akustischer Störreiz auch zu den Störfaktoren, die sich in einem Feldexperiment nicht vermeiden lassen. Streng genommen ergibt sich daraus keine ideale identische Vergleichsbasis, wodurch kausale Schlüsse erschwert werden können. Die interne Validität ist aufgrund dessen im Vergleich zu dem Laborexperiment als deutlich geringer anzusehen[32].

3.3 Forschungsfragen und methodenexterne Triangulation

Ausgehend von den Erkenntnissen der Raumkognition wurde angenommen, dass die Zoom-Stufe zum Zweck der Selbstlokalisation durch Größe des Umblickfeldes, Form des Umblickfeldes sowie Distanz zum nächsten Abbiegepunkt beeinflusst werden kann; Smartphone-Displaygröße und Distanz zur fern liegenden Globalen Landmarke haben hingegen keinen Einfluss auf die Zoom-Stufe. Hierbei können unterschiedliche Forschungsfragen je nach Forschungsdesign und Forschungsmethoden zur gleichen These gestellt werden. Da die Zoom-Stufe als Forschungsgegenstand eher quantitativer als qualitativer Natur ist, orientiert sich das Forschungsdesign an der

[32] Begründung der angewandten Methode siehe Unterabschnitt 1.5.3, S. 12

empirisch-quantitativen Forschungsgestaltung. Dementsprechend werden die folgenden Forschungsfragen gestellt bzw. im Rahmen der konzipierten Untersuchungsreihe behandelt:

Frage 1	Korreliert die Zoom-Stufe mit den ausgewählten Umblickfeld-Parametern?
Frage 2	Unterscheiden sich die Zoom-Stufen an den ausgewählten Untersuchungsorten?
Frage 3	Hat die Globale Landmarke, die außerhalb des Umblickfeld-Polygons und in großer Entfernung liegt, einen Einfluss auf die Zoom-Stufe?
Frage 4	Ist eine inadäquate Zoom-Stufe für den hohen Zeitaufwand bei der Erledigung der Selbstlokalisationsaufgabe verantwortlich?
Frage 5	Welchen Einfluss haben die Displaygröße und der Flächeninhalt des Umblickfeld-Polygons auf die Zoom-Stufe?
Frage 6	Unterscheiden sich die Zoom-Stufen infolge der Distanz zwischen dem Blickpunkt und dem ersten Abbiegepunkt bei der Wegfindungs-Aufgabe?

Die gestellten Forschungsfragen sind untrennbar mit dem festgelegten Forschungsdesign und den Methoden der Datenerhebung verknüpft. Dies wird im jeweiligen Feldexperiment ausführlich erläutert. Im Folgenden wird die übergeordnete Methode Triangulation (Unterabschnitt 3.3.1) vorgestellt. Im Hinblick auf das übergeordnete Forschungsziel und den Forschungszweck stehen die quantitative Datenerhebung und Datenauswertung im Vordergrund (Unterabschnitt 3.3.2); der Einsatz der qualitativen Datenerhebung und Datenauswertung als Ergänzung dienen sowohl der exemplarischen Validierung der quantitativen Ergebnisse als auch der Exploration der unberücksichtigten Faktoren (Unterabschnitt 3.3.3).

3.3.1 Methodenexterne Triangulation

Die **Triangulation** bedeutet, „dass mehr als eine Perspektive zur Untersuchung einer Forschungsfrage eingesetzt wird, um so das Vertrauen in die Validität der Resultate zu erhöhen“ (Kuckartz 2014, S. 47). Der Begriff methodenexterne Triangulation wurde ursprünglich von Denzin (1978) thematisiert und als *between method triangulation* bezeichnet. Damit gemeint war die „Kombination von qualitativen mit quantitativen Methoden“ (Kuckartz 2014, S. 47). Im Unterschied zum Mixed-Method-Ansatz (*mixed-methods*, Creswell, 2014), welcher von verschiedenen Designtypen handelt, steht die Validierung der Ergebnisse bei der Triangulation im Vordergrund (Kuckartz 2014). Diese Art des Forschungsdesigns bietet einen großen Vorteil, denn je mehr Perspektiven zur Untersuchung einer Forschungsfrage eingesetzt werden, um so höher ist das Vertrauen in die Validität der Resultate (Kuckartz 2014). Zusammenfassend führt die Methodentriangulation innerhalb eines Experiments zu repräsentativen Forschungsergebnissen, im Gegensatz zu einer bloßen qualitativen oder quantitativen Datenanalyse.

Im Hinblick auf die Untersuchung des räumlichen Verhaltens sind – unter Einbeziehung des kognitiven Aspektes – die Anwendung unterschiedlicher Methoden und die Heranziehung verschiedenartiger Daten bei dem gleichen Phänomen notwendig. Da die Selbstlokalisation unmittelbar mit der individuellen Wahrnehmung verquickt ist, sollte eine wissenschaftliche Aussage nicht bloß vom statistischen Ergebnis bestimmt sein. Gleichwohl sind Einflussgrößen der individuellen Wahrnehmung nur begrenzt im Rahmen eines statistischen Tests quantifizierbar. Während der quantitative Ansatz in dieser Arbeit die Zusammenhänge zwischen den angenommenen Umblickfeld-Parametern (Input-Parameter) und der Zoom-Stufe (Output-Parameter) statistisch nachweist, strebt der qualitative Ansatz an, die Zusammenhänge zwischen Ursache und Wirkung herauszufinden bzw. eine Antwort

auf die Frage zu geben, durch welche Orientierungspunkte im Realraum oder auf der Karte eine Entscheidung getroffen wird. Dieser ergänzende qualitative Teil dient einem besseren Verständnis des Gedankengangs bzw. der Reaktion (Zoom-Verhalten) seitens der Testpersonen und gewährleistet somit eine solide Basis für eine objektive Interpretation von Entscheidungen. Qualitative Datenerhebung sowie Datenauswertung tragen nicht nur zur exemplarischen Ergebnisvalidierung, sondern auch zur Gewinnung neuer Erkenntnisse bei – also dazu, in der Literaturarbeit unberücksichtigte Aspekte oder Einflussfaktoren in den weiteren Feldexperimenten zu entdecken (Abbildung 22, S. 72). Im Falle eines ungewöhnlichen Ergebnisses können die qualitativ erhobenen Daten dabei helfen, den Gedankengang bzw. die Reaktion der Testpersonen nachzuvollziehen. Ferner können durch die qualitative Methode Ausreißer besser identifiziert werden. Daher ist der Einsatz der methodenexternen Triangulation angemessen und für diese angewandte Forschung zweckdienlich.

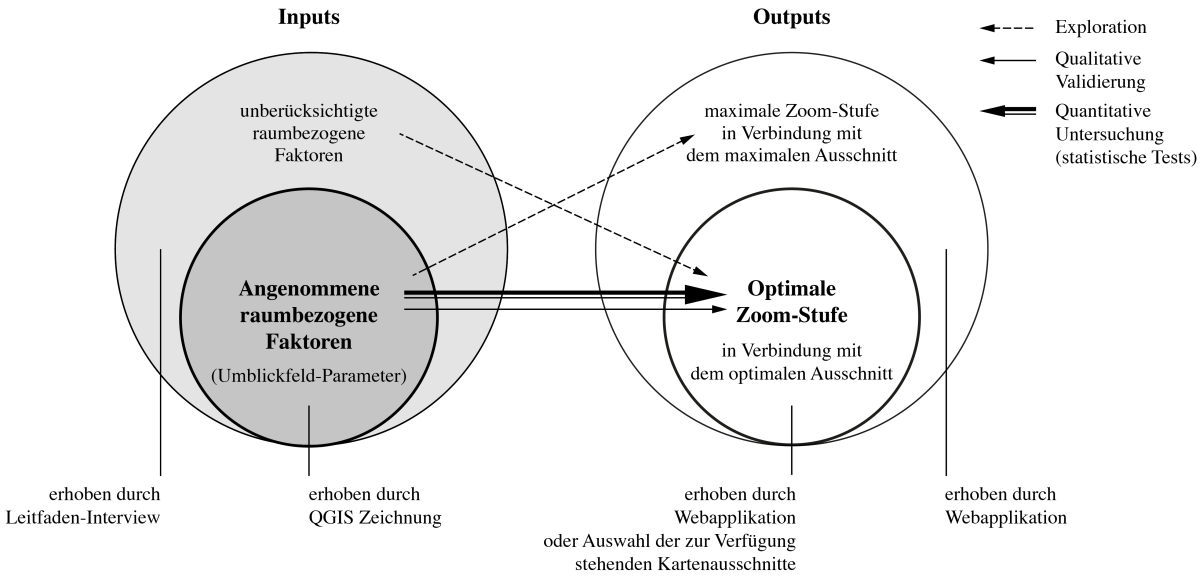


Abbildung 22: Methodenexterne Triangulation in diesem Untersuchungszusammenhang

Innerhalb eines Feldexperiments wird das gleiche Phänomen sowohl mit einem qualitativen als auch quantitativen Ansatz erfasst. Bei der quantitativen Datenerhebung werden die angenommenen Umblickfeld-Parameter und die Zoom-Stufe zum Zweck der Durchführung des parametrischen Tests erfasst. Die erfassten qualitativen Daten sind (1) der optimale Kartenausschnitt, den eine Testperson durch die Skalierung bestimmt; (2) der maximale Kartenausschnitt in Verbindung mit dem Ausschnitt des physikalischen Raums, den eine Testperson während der Skalierung bewusst oder unbewusst sieht; (3) die Orientierungspunkte (Lokale oder Globale Landmarken), die zur Entscheidung seitens der Testpersonen führen. Während die beiden festgehaltenen Kartenausschnitte mit den Outputs verknüpft sind, stehen die aufgezeichneten Orientierungspunkte mit den Inputs in Verbindung, wobei die Orientierungspunkte sowohl die angenommenen als auch unberücksichtigte raumbezogene Faktoren sein können.

3.3.2 Quantitative Datenerhebung und Datenauswertung

Der größte Teil der Feldexperimente ist quantitativer Natur, da in dieser Arbeit der optimale Kartenausschnitt im Zentrum der Betrachtung steht, welcher wiederum durch die programmierbare Zoom-Stufe angepasst werden kann. Folglich werden alle drei Feldexperimente durch quantitatives Forschungsdesign (Innersubjekt-Design oder Zwischensubjekt-Design) konzipiert. Diese Methodenvielfalt und die gegenseitige Ergänzung beider Methoden in den unterschiedlichen Feldexperimenten können die Repräsentativität der Ergebnisse erhöhen. Hierbei sind die eingesetzten **Methoden der Datenerhebung** wie folgt:

- **Erhebung der Umblickfeld-Parameter**

  Die Bestimmung der angenommenen Umblickfeld-Parameter[33] erfolgt durch die Einzeichnung in QGIS.

- **Erhebung der Zoom-Stufe**

  Diese Erhebung der optimalen Zoom-Stufe und die damit verbundene statistische Auswertung ist der Kern des empirischen Feldexperiments. Es handelt sich dabei um die Aufzeichnung der Zoom-Stufen, welche die Testpersonen zum Zweck der Selbstlokalisation benötigen. Dafür werden zwei Erhebungsmethoden eingesetzt:

  1. Aufzeichnung mittels programmierter Webapplikation

     Da die Zoom-Stufe quantitativer Natur ist, ist es äußerst wichtig, sie möglichst präzise aufzuzeichnen. Es bietet sich an, hierfür eine Webapplikation mittels *python* und *openlayers* zu programmieren. Diese programmierte Webapplikation ermöglicht das Zoomen zwischen Zoom-Stufen 14 und 21. Da es in dieser Arbeit um das Standortwissen bzw. den Vista Raum im Zusammenhang mit der Navigation in einem städtischen Raum geht, wird die Bandbreite der Zoom-Stufen als ausreichend empfunden. Ist die Zoom-Stufe größer als 16 ($\approx$ Kartenmaßstab 1:5.000), dann ist der Vista Raum aufgrund der kartographischen Generalisierung fast unleserlich. Es wäre ebenfalls sinnlos, wenn die Zoom-Stufe unter 21 ($\approx$ Kartenmaßstab 1:150) läge. Im Falle dessen könnte nur ein Wohnhaus auf dem Display angezeigt werden. Mittels dieser Webapplikation wird die Zoom-Stufe auf drei Nachkommastellen gerundet, um die Normalverteilung der parametrischen Tests zu erreichen.

  2. Auswahl des Kartenausschnitts

     In zwei Feldexperimenten hat die angenommene, voreingestellte Standardansicht Zoom-Stufe 17. Allerdings könnte eine sogenannte „Voreingenommenheit“ seitens der Testpersonen aufgrund dieser Voreinstellung erfolgen. Entweder würde diese Standardansicht länger betrachtet werden oder die Testpersonen gingen davon aus, dass diese Standardansicht mit der voreingestellten Zoom-Stufe dem gewünschten oder ungewünschten Ergebnis entspricht. Um diesem entgegenzuwirken und die Methodenwahl zu vergrößern, wird die Methode – Auswahl des Kartenausschnitts – eingesetzt. Konkret bedeutet das: Die Erhebungsinstrumente sind die zur Verfügung stehenden analogen Kartenausschnitte in unterschiedlichen Zoom-Stufen. Jede Testperson wählt einen von fünf Kartenausschnitten aus, der beim Lösen der Selbstlokalisationsaufgabe nach ihrer Sicht am besten geeignet ist. Die mit den ausgewählten Kartenausschnitten verbundenen Zoom-Stufen werden in der Statistik ausgewertet.

- **Erhebung des Zeitaufwands (abhängige Variable)**

  Für die Zeiterfassung bei der Aufgabenerledigung wird eine Stoppuhr-App auf dem Smartphone verwendet. Ziel ist es festzustellen, ob die inadäquate Zoom-Stufe für einen hohen Zeitaufwand bei der Aufgabenerledigung verantwortlich ist.

Welche statistische **Auswertungsmethode** verwendet wird, hängt davon ab, ob die Voraussetzungen des statistischen Tests erfüllt sind. Dabei werden die parametrischen Tests bevorzugt, z. B. Korrelationsanalyse nach Pearson, *t*-Test sowie Varianzanalyse (ANOVA). Liegen die entsprechenden Voraussetzungen nicht vor, werden abweichend nicht-parametrische Tests, z. B. Rangkorrelationsanalyse nach Spearman und Kruskal-Wallis Test, durchgeführt.

[33] Konzept des Umblickfeld-Polygons, siehe Abschnitt 3.2.1, S. 62

3.3.3 Qualitative Datenerhebung und Datenauswertung

Ein kleiner Teil der Feldexperimente ist qualitativer Natur. Die erzielten qualitativen Daten werden innerhalb eines Feldexperiments erfasst und das daraus resultierende Ergebnis unabhängig vom quantitativen statistischen Verfahren vorgestellt. Einerseits sollte dieses Ergebnis mit der statistischen Aussage zum Zweck der Validierung verglichen werden, andererseits sollte es dazu dienen, möglicherweise unberücksichtigt gebliebene Faktoren auszumachen. Um diesen Zweck zu erfüllen, werden die folgenden Erhebungs- und Auswertungsmethoden eingesetzt:

- **Erhebung und Auswertung des maximalen Kartenausschnitts**

  Durch die programmierte Webapplikation kann der gesamte Prozess des Zoom-Verhaltens aufgezeichnet werden. Konkret bedeutet das, die Geokoordinaten aller Bereiche festzuhalten, welche durch die Skalierung seitens der Testpersonen auf dem Smartphone-Display angezeigt werden (Abbildung 23, S. 74). Daraus ergibt sich ein maximaler Kartenausschnitt, den eine Testperson während des Zoom-Prozesses bewusst oder unbewusst gesehen hat. Bei Ausgabe der Webapplikation wird dieser maximale Kartenausschnitt durch eine geschlossene Linie gerahmt. Der maximale Kartenausschnitt könnte mit dem optimalen Kartenausschnitt übereinstimmen, in dem die Standardansicht mit Zoom-Stufe 17 als optimaler Kartenausschnitt angesehen wird. Andernfalls wird eine Abweichung zwischen dem maximalen Kartenausschnitt und dem optimalen Kartenausschnitt gegeben. Daraus ergibt sich ein dargestellter Ausschnitt des physikalischen Raums, der zwar von der jeweiligen Testperson in der mobilen Karte gesehen wird, jedoch für die finale Entscheidung des optimalen Kartenausschnitts ggf. entbehrlich ist.

  Die erhobenen maximalen Kartenausschnitte werden im Rahmen einer Bildanalyse ausgewertet. Bei der Bildanalyse handelt es sich um eine Überlappung aller maximalen Kartenausschnitte an einem Standpunkt. Liegt ein wichtiger Orientierungspunkt (z. B. Globale Landmarke) auf dem maximalen Kartenausschnitt, aber nicht auf dem optimalen Kartenausschnitt, kann der Einfluss dieser Globalen Landmarke auf die Zoom-Stufe zum Zweck der Selbstlokalisation nicht gänzlich ausgeschlossen werden.

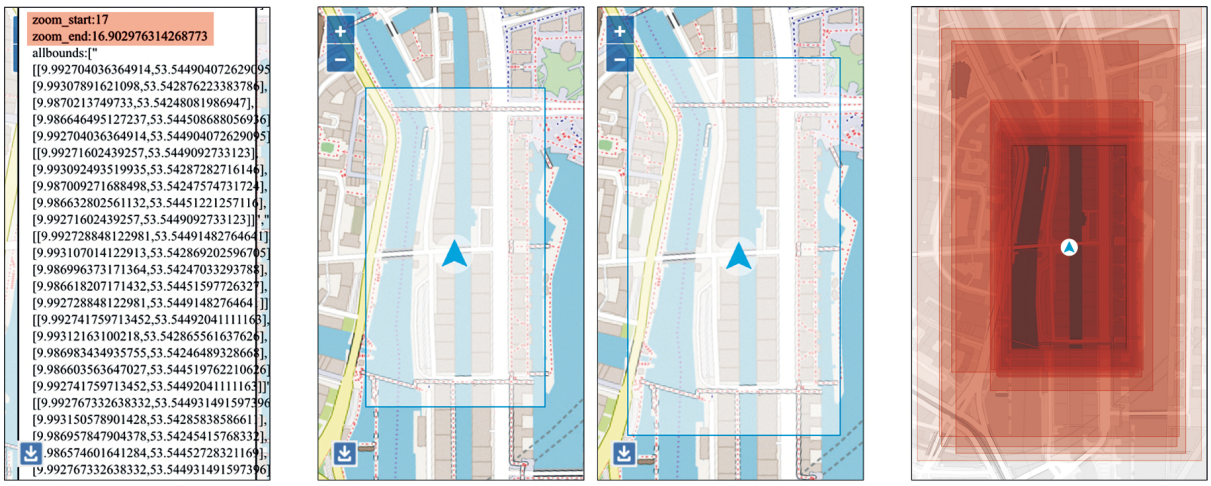


Abbildung 23: Aufzeichnung und Auswertung des maximalen Kartenausschnitts

- **Erhebung und Auswertung der Entscheidungsbezogenen Orientierungspunkte**

  Mit Hilfe des Leitfaden-Interviews sollte festgehalten werden, welche Orientierungspunkte während der Selbstlokalisation für die Testpersonen bedeutend sind bzw. die Änderung der Zoom-Stufe zur Folge haben. Je nach Untersuchungszweck und Untersuchungsdesign werden zwei Erhebungsmethoden eingesetzt:

1. Markieren der Entscheidungsbezogenen Orientierungspunkte im Panoramabild

   Jede Testperson markiert ihre Entscheidungsbezogenen Orientierungspunkte bei der Aufgabenerledigung in einem Panoramabild, welches zuvor fotografiert wurde. Bei der Auswertung handelt es sich darum, die Entscheidungsbezogenen Orientierungspunkte aller Testpersonen an einem Untersuchungsort auf einem Panoramabild zu übertragen. Dabei liegt der Schwerpunkt darin, die Überschneidungen der Entscheidungsbezogenen Orientierungspunkte von allen Testpersonen zu analysieren.

   Die Methode – Markieren der Entscheidungsbezogenen Orientierungspunkte im Panoramabild – kann in Verbindung mit dem eingestellten Kartenausschnitt zur Identifizierung ungewöhnlicher Ergebnisse (Ausreißer) beitragen. Es kann mit geringem Aufwand festgestellt werden, ob der von einer Testperson eingestellte Kartenausschnitt die von ihr markierten Orientierungspunkte umfasst. Durch diese Gegenüberstellung kann ermittelt werden, ob eine Testperson die Kartendarstellung eventuell fehlinterpretiert.

   Die leitende Frage ist, warum die Testperson sich für einen Kartenausschnitt entscheidet und welche Objekte bei dieser Entscheidungsfindung maßgeblich sind. Je nach Forschungsfokus wird diese Frage im jeweiligen Feldexperiment leicht angepasst.

2. Mündliches Mitteilen der Orientierungspunkte

   Nach dem gleichen Prinzip geht es hierbei um das Festhalten der Entscheidungsbezogenen Orientierungspunkte. In diesem Zusammenhang genügt es, wenn die Testpersonen mündlich mitteilen, welche Orientierungspunkte für ihre Entscheidung ausschlaggebend waren. Die erwähnten Orientierungspunkte werden anschließend vom Interview-Leiter auf einer Karte eingetragen. Der Nachteil ist, dass die Orientierungspunkte nicht präzise festgehalten werden können und die Interpretation des Interviewleiters dabei eine Rolle spielt. Der Vorteil ist, dass die Testpersonen nicht das Panoramabild visuell erfassen müssen, welches zu einem anderen Zeitpunkt fotografiert wurde und dem wahrgenommenen Vista Raum im Moment des Tests nicht entsprach.

3.4 Aufbau der Untersuchungsreihe

Im folgenden Abschnitt wird vorgestellt, wie die Feldexperimente im Rahmen einer Untersuchungsreihe aufgebaut sind. Ferner wird ein Überblick gegeben, welche Methode und Forschungsgestaltung für das einzelne Feldexperiment angewandt wird und auf welche Forschungsfrage die Methode und Forschungsgestaltung sich bezieht (Tabelle 2, S. 76).

Die Untersuchungsreihe besteht hauptsächlich aus zwei aufeinander aufbauenden empirischen Feldexperimenten (Feldexperimente A und B), wobei Feldexperiment B wiederum aus zwei Feldexperimenten besteht (Feldexperimente B1 und B2). Bei Feldexperiment A handelt es sich um die Überprüfung der Grundannahme, ob die angenommenen Umblickfeld-Parameter und die Zoom-Stufe in einem Zusammenhang stehen. Während Feldexperiment A als Basis anzusehen ist, widmet sich Feldexperiment B zwei Teilaspekten. Feldexperiment B ist insofern ausbaufähig, als mehrere Aspekte bzw. Faktoren einbezogen werden können. Allerdings kann Feldexperiment B nur unter der Voraussetzung durchgeführt werden, dass die zugrunde liegende Annahme sich empirisch bestätigt. Insofern kann die Reihenfolge von Feldexperiment A und B nicht geändert werden.

Aufgrund der explorativen Ausrichtung und der Komplexität des Untersuchungsgegenstandes wird die Entscheidung getroffen, dass nicht im Rahmen eines großen Feldexperiments im Sinne der Konzipierung und

Durchführung einer Regressionsanalyse untersucht wird, sondern dass die Feldexperimente aus kleineren und weniger komplexen Einheiten unter Berücksichtigung der ausgewählten Teilaspekte bestehen. Das bedeutet konkret, dass jedes Feldexperiment seinen Forschungsschwerpunkt besitzt. Während das Feldexperiment A sich mit der Überprüfung der Thesen 1 bis 4 befasst, werden die Thesen 5 und 6 jeweils in den Feldexperimenten B1 und B2 überprüft. Somit wird die Komplexität reduziert und es werden mehrere konkrete und präzise Ergebnisse erzielt, wodurch der übergeordnete Forschungszweck schrittweise erreicht werden kann.

	Design	Forschungsfragen	Erhebungsmethoden (Erhebungsinstrument)		Methoden der Datenauswertung
A	Innersubjekt	Korreliert die Zoom-Stufe mit den ausgewählten Umblickfeld-Parametern?	Tracking der Zoom-Stufe (Webapplikation)	Quant	Korrelationsanalyse
		Unterscheiden sich die Zoom-Stufen an den ausgewählten Untersuchungsorten?		Quant	einfaktorielle ANOVA mit Messwiederholung
		Hat die Globale Landmarke, die außerhalb des Umblickfeld-Polygons und in großer Entfernung liegt, einen Einfluss auf die Zoom-Stufe?	Tracking des maximalen Kartenausschnitts (Webapplikation)	Qual	qualitative Bildanalyse (Überlappung der Kartenausschnitte)
				Quant	*t*-Test
					einfaktorielle ANOVA mit Messwiederholung
		Ist eine inadäquate Zoom-Stufe für den hohen Zeitaufwand bei der Erledigung der Selbstlokalisationsaufgabe verantwortlich?	Tracking der Zeitdauer (Stoppuhr)	Quant	einfaktorielle ANOVA mit Messwiederholung
			Leitfaden-Interview (leitende Frage und Panoramabildern)	Qual	qualitative Bildanalyse
B1	Zwischensubjekt	Welchen Einfluss haben die Displaygröße und der Flächeninhalt des Umblickfeld-Polygons auf die Zoom-Stufe?	Zoom-Stufe Tracking (Webapplikation)	Quant	zweifaktorielle ANOVA ohne Messwiederholung
				Quant	*t*-Test
			Leitfaden-Interview mittels Panoramabildern (leitende Frage)	Qual	Datenvisualisierung
B2	Zwischensubjekt	Unterscheiden sich die Zoom-Stufen infolge der Distanz zwischen dem Blickpunkt und dem ersten Abbiegepunkt bei der Wegfindungs-Aufgabe?	Auswahl der Ausschnitte (zur Verfügung stehende Kartenausschnitte)	Quant	Korrelationsanalyse nach Spearman
				Quant	Kruskal-Wallis Test
			Leitfaden-Interview mittels mündlicher Kommunikation (leitende Frage)	Qual	Datenvisualisierung

Tabelle 2: Übersicht der angewandten Methoden in der Untersuchungsreihe

4

Feldexperiment A: Einfluss der Umblickfeld-Parameter auf die Zoom-Stufe

Ausgehend von der Forschungsgrundlage im Hinblick auf den Erwerb des räumlichen Wissens wurde die erste Annahme getroffen, dass die Zoom-Stufe in der mobilen Karte mit dem Wahrnehmungsraum im Umblickfeld korreliert[34]. Daher wurden die relevanten Erkenntnisse aus der Raumkognition herangezogen, um die wichtigen raumbezogenen Faktoren zu ermitteln, die zur Ausbildung der Repräsentationen des visuell erworbenen Standortwissens beitragen. Da die verarbeiteten Repräsentationen das räumliche Verhalten ableiten, ist anzunehmen, dass solche Faktoren möglicherweise beim Lösen der Selbstlokalisationsaufgabe einen Einfluss auf die Zoom-Stufe haben.

Ziel des folgenden Feldexperiments ist die empirische Identifizierung der Zusammenhänge zwischen den angenommenen Umblickfeld-Parametern (geometrisch transformierte raumbezogene Faktoren[35]) und der Zoom-Stufe. **Untersuchungszweck** ist die Konzipierung und Durchführung eines empirischen Feldexperiments sowie die Auswertung der erhobenen quantitativen und qualitativen Daten. Auch die Exploration gehört zum Untersuchungszweck. Hierzu soll versucht werden, die eventuell vernachlässigten Einflussfaktoren bzgl. der Zoom-Stufe mittels der exemplarischen Auswertung der erhobenen qualitativen Daten zu eruieren.

Das übergeordnete Ziel dieser Arbeit ist das Vorhersagen der optimalen Zoom-Stufe an einem beliebigen Blickpunkt für die Selbstlokalisation. Daher ist zu erwarten, dass die Zoom-Stufe sich je nach Blickpunkt bzw. dem entsprechenden Umblickfeld-Polygon signifikant unterscheidet und dieser Unterschied wiederum auf einem (mehreren) angenommenen Umblickfeld-Parameter (-n) zurückzuführen ist. Falls kein signifikanter Unterschied vorliegt, dürfte gefolgert werden, dass der Wahrnehmungsraum im Umblickfeld keinen Einfluss auf die Zoom-Stufe hat. Aufgrund dieser Überlegung steht die Varianzanalyse im Mittelpunkt des folgenden Feldexperiments.

Das Kapitel gliedert sich in folgende Abschnitte: Zuerst werden der Aufbau (Abschnitt 4.1) und die Durchführung (Abschnitt 4.2) vorgestellt. Danach werden vier gestellte Forschungsfragen mittels unterschiedlicher Auswertungsverfahren in den einzelnen Unterabschnitten separat beantwortet (Abschnitt 4.3). Aus der Ergebniszusammenfassung werden Themen für die zukünftige Forschungsarbeiten abgeleitet (Abschnitt 4.4).

Das Teilergebnis wurde als *peer-reviewed paper* veröffentlicht und an *29th International Cartographic Conference (ICC 2019)* in Tokio präsentiert.

Wei, B. and Schiewe, J. (2019): Influence of Viewing Field on Zoom Levels in Pedestrian Orientation Task Using Smartphones, Proc. Int. Cartogr. Assoc., 2, 144, https://doi.org/10.5194/ica-proc-2-144-2019.

[34] Forschungslücke und Erkenntnisinteresse siehe Abschnitt 2.3, S. 35 ff

[35] Angenommene Umblickfeld-Parameter siehe Unterabschnitt 3.2.1, S. 66 f

4.1 Aufbau

Im folgenden Abschnitt wird zuerst die Auswahl der Umblickfeld-Polygone vorgestellt (Unterabschnitt 4.1.1), weil diese Auswahl mit der explorativen Vorgehensweise zur Erkenntnisgewinnung unmittelbar verknüpft ist, worauf diese Arbeit einen besonderen Wert legt. Demnach werden die fokussierten Forschungsfragen in Verbindung mit den festgelegten Variablen (Unterabschnitt 4.1.2), das Forschungsdesign (Unterabschnitt 4.1.3), die Aufgabenstellung an die Testpersonen (Unterabschnitt 4.1.4), die Erhebungsmethoden sowie die Erhebungsinstrumente (Unterabschnitt 4.1.5) dargelegt.

4.1.1 Auswahl der Umblickfeld-Polygone

Bei einem Feldexperiment ist es fast unmöglich, einige „ideale“ Umblickfelder im Realraum herauszufinden, wodurch das Feldexperiment sich lediglich auf der Ermittlung des Einflusses von ganz wenigen Umblickfeld-Parametern auf die Zoom-Stufe fokussieren kann. Konkret bedeutet dies:

1. Wenn ein Umblickfeld-Polygon einen großen Flächeninhalt besitzt, hat dieses Polygon nicht unbedingt eine hohere komplizierte geometrische Form, die z. B. durch einen niedrigen Kompaktheitsgrad beschrieben ist.
2. Wenn die Abstände im metrischen Skalenniveau bei einem fokussierten Umblickfeld-Parameter äquidistant sind, werden ungleiche Abstände bei anderen Umblickfeld-Parametern entstehen.
3. Beim großen Umblickfeld lässt sich häufig auch eine fern liegende Globale Landmarke finden, was normalerweise bei einem kleinen Flächeninhalt eines Umblickfeld-Polygons nicht der Fall ist.

Aufgrund dieser Untersuchungskomplexität wird der **explorative Ansatz** gewählt. Dabei wird der Einfluss von drei angenommenen raumbezogenen Faktoren (Größe und Form des Umblickfeldes sowie fern liegende Globale Landmarke) auf die Zoom-Stufe innerhalb eines Feldexperiments überprüft. Zu diesem Zweck werden acht Blickpunkte ausgewählt. Trotz einer geringen Anzahl von Blickpunkten ist es erforderlich, die räumliche Vielfalt wiederzugeben. Anders ausgedrückt: Die Unterscheidbarkeit der Umblickfeld-Parameter muss deutlich zutage treten (Abbildung 24, S. 78).

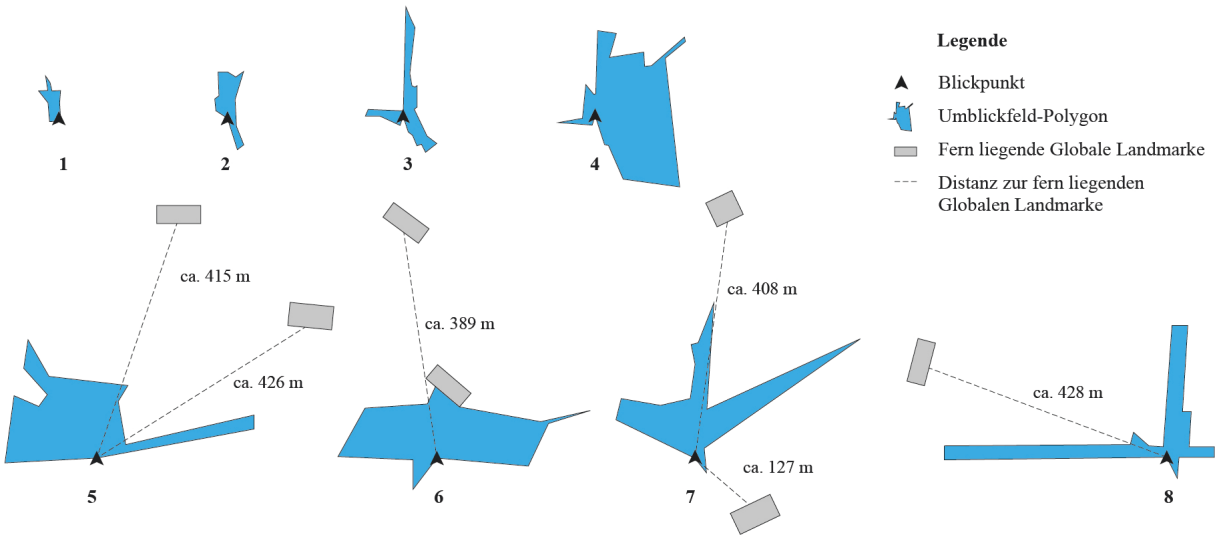


Abbildung 24: Ausgewählte Blickpunkte bzw. Umblickfeld-Polygone (Feldexperiment A)

In einer früheren Feldstudie von Wei und Schiewe (2017) wurde festgestellt, dass die Flächenparameter der von den Testpersonen ausgewählten Kartenausschnitte in vielerlei Hinsicht mit dem Umblickfeld-Polygon zusammenhingen, insbesondere was die Länge der maximalen Sichtachse anging. Obwohl diese explorative Feldstudie (Wei und Schiewe 2017) einen anderen Forschungsschwerpunkt hatte, lieferten die Erkenntnisse den ersten Hinweis, dass die Zoom-Stufe sich je nach **Länge der maximalen Sichtachse** unterscheiden könnte. Konkret bedeutet das: Je länger die maximale Sichtachse ist, desto größer sollte der Ausschnitt des physikalischen Raums auf dem Smartphone-Display dargestellt werden. Infolgedessen müsste in der mobilen Karte eine kleine Zoom-Stufe verwendet werden.

Ausgehend davon werden acht Umblickfeld-Polygone in diesem Feldexperiment bewusst ausgewählt. Jeweils zwei ausgewählte Umblickfeld-Polygone besitzen eine ähnliche Länge der maximalen Sichtachse (Tabelle 3, S. 79). Wenn die Länge der maximalen Sichtachse einen entscheidenden Einfluss auf die Zoom-Stufe hat, müsste sich der Mittelwert der Zoom-Stufe je nach Blickpunkt signifikant unterscheiden; dieser Unterschied soll durch die Länge der maximalen Sichtachse geklärt werden. Zugleich dürfte sich kein signifikanter Unterschied zwischen den Mittelwerten der Zoom-Stufen an zwei Blickpunkten abzeichnen, sofern die Längen der maximalen Sichtachsen ähnlich sind. Andernfalls wird davon ausgegangen, dass ein anderer Umblickfeld-Parameter statt der Länge der maximalen Sichtachse für diesen Unterschied verantwortlich ist. Beispielsweise hätte der Flächeninhalt einen wesentlichen Einfluss auf die Zoom-Stufe, wenn die Zoom-Stufen an den Blickpunkten 3 und 4 sich signifikant unterscheiden würden. Die Gezacktheit wäre der hauptsächliche Einflussfaktor auf die Zoom-Stufe, wenn ein signifikanter Unterschied der Zoom-Stufen zwischen Blickpunkt 4 und 8 nachgewiesen würde.

	Umblickfeld-Parameter						
	Größe				Komplexität		
Blickpunkte	Länge der maximalen Sichtachse	Länge der Sichtachse	Umfang	Flächeninhalt	Kompaktheitsgrad	Konvexität	Gezacktheit
1. Othmarschen	**58** *m*	40 *m*	171 *m*	900 m^2	0,387	0,031	32,490
2. Bahrenfeld	**70** *m*	64 *m*	230 *m*	1.371 m^2	0,326	0,026	38,585
3. Milcherstraße	**143** *m*	97 *m*	590*m*	**3.173** m^2	0,115	0,009	109.707
4. Cremon	**176** *m*	125 *m*	991 *m*	**21.558** m^2	0,276	0,022	**45,555**
5. Kehrwieder	**248** *m*	87 *m*	1.361 *m*	20.170 m^2	0,137	0,011	91,835
6. Brook	**265** *m*	112 *m*	1.045 *m*	21.632 m^2	0,197	0,016	63,805
7. Grimm	**359** *m*	247 *m*	1.461 *m*	17.855 m^2	0,105	0,008	119,548
8. Sandbrücke	**387** *m*	216 *m*	1.734 *m*	14.161 m^2	0,059	0,005	**212,327**

Tabelle 3: Umblickfeld-Parameter der ausgewählten Umblickfeld-Polygone (Feldexperiment A)

Wenn das Umblickfeld groß ist, ist es in einem städtischen Raum häufig der Fall, dass eine fern liegende **Globale Landmarke**[36] zu sehen ist. Hierbei wird eine fern liegende Globale Landmarke als ein hervorstechendes, markant auffälliges Objekt verstanden, das ausschließlich vom Blickpunkt in großer Entfernung aus gesehen werden kann und außerhalb des Umblickfeld-Polygons liegt (in Anlehnung an Herrmann et al. 1998). Ausgehend von diesem Begriffsverständnis und aufgrund des begrenzten Arbeitsumfangs wird im folgenden Feldexperiment ausschließlich der Kirchturm als fern liegende Globale Landmarke behandelt. Dabei werden vier Blickpunkte (Blickpunkte 5–8) gewählt. Von diesen vier Blickpunkten aus gesehen war der Kirchturm deutlich höher als die anderen Gebäude. Letztere sind aufgrund ihrer architektonischen Konzipierung nur geringfügig zu unterscheiden. Zugleich ist der Kirchturm von den vier ausgewählten Blickpunkten aus gesehen zwar in einer fast identischen Entfernung (≈ 420 *m*), jedoch in unterschiedlicher Richtung (in Blickrichtung, schräg oder senkrecht zur Blick-

[36] Definition der Globalen Landmarke siehe Unterabschnitt 2.5.3, S. 47

richtung; Abbildung 24, S. 78). Somit kann der Einfluss der Distanz zwischen Blickpunkt und fern liegender Globalen Landmarke ausgeschlossen werden. Im Falle, dass der Kirchturm sich aber im Umblickfeld befände, würde er als Lokale Landmarke[37] angesehen, z. B. Blickpunkt 6. Wenn der Kirchturm als fern liegende Globale Landmarke die Zoom-Stufe beeinflusst, müsste er beim Lösen der Selbstlokalisationsaufgabe sowohl visuell wahrgenommen werden als auch in der mobilen Karte gesehen werden. Darum muss die Kartendarstellung stark verkleinert werden, d. h. eine kleine Zoom-Stufe (z. B. 15 oder 16) muss verwendet werden. Ist dies nicht gegeben, dürfte davon ausgegangen werden, dass die fern liegende Globale Landmarke (Kirchturm) keinen Einfluss auf die Zoom-Stufe hat. Je nach raumzeitlichem Kontext können viele Objekte als fern liegende Globale Landmarken betrachtet werden, z. B. Fernsehturm, Hochgebäude. Die Frage, ob solche Objekte als fern liegende Globale Landmarken einen Einfluss auf die Zoom-Stufe haben, wird im Rahmen dieses Feldexperiments nicht thematisiert.

4.1.2 Forschungsfragen, Auswertungsmethoden und Variablen

Im folgenden Feldexperiment handelt es sich um vier Forschungsfragen, wobei die Forschungsfragen A2 und A3 im Vordergrund stehen. Da jede Forschungsfrage andere Schwerpunkte setzt, werden die Untersuchungsvariablen je nach Fragestellung separat definiert.

Forschungsfrage A1

Korreliert die Zoom-Stufe mit den angenommenen Umblickfeld-Parametern?

Zweck ist es, mittels der Korrelationsanalyse festzustellen, welche angenommenen Umblickfeld-Parameter mit der Zoom-Stufe korrelieren. Die abhängige Variable ist die Zoom-Stufe, welche die definierte Zielgruppe[38] zum Zweck der Selbstlokalisation benötigt und damit den optimalen Kartenausschnitt bestimmt. Die unabhängigen Variablen sind sieben angenommene Umblickfeld-Parameter[39]. Während die Größe des Umblickfeld-Polygons durch vier Umblickfeld-Parameter (Länge der maximalen Sichtachse, Länge der Sichtachse, Flächeninhalt und Umfang) beschrieben wird, ergibt sich die Komplexität des Umblickfeld-Polygons aus drei Umblickfeld-Parametern (Kompaktheitsgrad, Konvexität und Gezacktheit).

Forschungsfrage A2

Unterscheiden sich die Zoom-Stufen zwischen den ausgewählten Blickpunkten und wodurch unterscheiden sie sich voneinander?

Zweck ist es, durch die einfaktorielle Varianzanalyse festzustellen, ob der Mittelwert der Zoom-Stufe sich zwischen den acht ausgewählten Blickpunkten unterscheidet. Hierbei ist der einzelne Blickpunkt der Faktor. Die abhängige Variable ist die Zoom-Stufe.

Ist ein signifikanter Unterschied der Zoom-Stufe je nach Blickpunkt gegeben, müsste dies durch die Länge der maximalen Sichtachse geklärt werden. Ist das nicht der Fall, soll ermittelt werden, durch welche anderen angenommenen Umblickfeld-Parameter dieser signifikante Unterschied bedingt wird. Falls der Zusammenhang zwischen der Zoom-Stufe und einem angenommenen Umblickfeld-Parametern nicht besteht, wird dieser Umblickfeld-Parameter im weiteren Auswertungsverfahren nicht mehr berücksichtigt. Die Betrachtung jedes einzelnen Blickpunktes als Faktor hat bei diesem explorativen Vorgehen einen hohen

[37] Definition der Lokalen Landmarke siehe Unterabschnitt 2.5.3, S. 47
[38] Die definierte Zielgruppe siehe Unterabschnitt 3.2.2, S. 68
[39] Bestimmung der Umblickfeld-Parameter siehe Unterabschnitt 3.2.1, S. 62 ff

Stellenwert, denn mehrere angenommene Faktoren können innerhalb eines Feldexperiments identifiziert und so die Auswirkungen auf die Zoom-Stufe herausgefiltert werden.

Forschungsfrage A3

Hat der Kirchturm als fern liegende Globale Landmarke einen Einfluss auf die Zoom-Stufe?

Zur Beantwortung dieser Forschungsfrage erfolgen sowohl die Auswertung der qualitativen Daten als auch die Auswertung der quantitativen Daten mittels eines *t*-Tests, wobei der Auswertung der qualitativen Daten ein hoher Stellenwert zukommt.

Durch einen *t*-Test soll festgestellt werden, ob der Mittelwert der Zoom-Stufe zwischen zwei Gruppen sich unterscheidet: (1) Blickpunkte, an denen zumindest eine fern liegende Globale Landmarke zu sehen war, (2) Blickpunkte, an denen keine fern liegende Globale Landmarke zu sehen war.

Aufgrund der Vielzahl an Einflussfaktoren auf die Zoom-Stufe darf die Schlussfolgerung nicht einfach durch das bloße statistische Ergebnis gezogen werden. Daher kann die qualitative Datenauswertung zur Beantwortung dieser Frage einen großen Beitrag leisten. Zweck ist es festzustellen, ob die fern liegende Globale Landmarke (Kirchturm) tatsächlich an der Lösung der Selbstlokalisationsaufgabe beteiligt ist. Diese Beteiligung bedeutet sowohl der Erwerb des Standortwissens aus der direkten Quelle (Wahrnehmen des Kirchturms im Umblickfeld) als auch der Erwerb des Standortwissens aus der indirekten Quelle (Wahrnehmen der Darstellung dieses Kirchturms in der mobilen Karte). Beide Wissensmodalitäten müssen zum Zweck der Selbstlokalisation miteinander abgeglichen werden. Ist dieser Abgleichsprozess nicht gegeben, dürfte davon ausgegangen werden, dass das Zoom-Verhalten nicht von verarbeiteten Repräsentationen des erworbenen Standortwissens abgeleitet wird und die fern liegende Globale Landmarke somit keinen Einfluss auf die Zoom-Stufe hat.

Forschungsfrage A4

Ist eine inadäquate Zoom-Stufe für den hohen Zeitaufwand bei der Erledigung der Selbstlokalisationsaufgabe verantwortlich?

Die Änderung der Zoom-Stufe steht mit dem Zeitaufwand in Verbindung. Bei der Erledigung der Selbstlokalisationsaufgabe ist daher zu vermuten, dass die Testpersonen an den Blickpunkten zur Änderung der Zoom-Stufe deutlich mehr Zeit benötigen als an den Blickpunkten, an denen die Zoom-Stufe gar nicht oder nur geringfügig geändert werden müsste. Aufgrund dessen stellt sich die oben genannte explorative Forschungsfrage.

Zur Beantwortung dieser Frage wird eine statistische Auswertung der erhobenen quantitativen Daten (*t*-Test und Varianzanalyse) durchgeführt. Diese daraus resultierten Erkenntnisse sollen wiederum mittels einer exemplarischen Auswertung der erhobenen qualitativen Daten validiert werden.

Durch einen *t*-Test soll festgestellt werden, ob sich der Mittelwert bezogen auf den Zeitaufwand beim Vergleich zweier Gruppen unterscheidet: (1) Blickpunkte, an denen die Testpersonen die Zoom-Stufe stark geändert haben, (2) Blickpunkte, an denen die Testpersonen die Zoom-Stufe gar nicht oder nur geringfügig geändert haben.

Die Durchführung einer einfaktoriellen Varianzanalyse hat zum Zweck, festzustellen, ob der Mittelwert bezogen auf den Zeitaufwand an einigen Blickpunkten sich signifikant von allen andern Blickpunkten

unterscheidet. Hierbei sind die ausgewählten Blickpunkte der Faktor (unabhängige Variable), die abhängige Variable ist die Zeitdauer.

Falls der Mittelwert bezogen auf den Zeitaufwand an einigen Blickpunkten sich signifikant von allen andern Blickpunkten unterscheidet, soll die Ursache geklärt werden, warum ein kurzer oder aber ein langer Zeitaufwand entsteht und ob dieser mit der Änderung der Zoom-Stufe zusammenhängt. Die Identifizierung dieses Ursache-Wirkungs-Zusammenhangs ist die Aufgabe der exemplarischen qualitativen Auswertung anhand der erhobenen Entscheidungsbezogenen Landmarken seitens der Testpersonen.

4.1.3 Forschungsdesign

Feldexperiment A ist das **Innersubjekt-Design** (*within-subjects design*), welches auch als Versuchsdesign mit Messwiederholung bezeichnet werden kann. Konkret bedeutet dies in diesem Untersuchungszusammenhang: Die Selbstlokalisationsaufgabe muss möglichst unter gleichen zeitlichen und räumlichen Voraussetzungen an jedem ausgewählten Blickpunkt von gleichen Testpersonen erledigt werden. Generell besitzen das Innersubjekt-Design und das damit verbundene statistische Verfahren eine höhere statistische Aussagekraft (Field 2005; Martin 2008).

Um den sequentiellen Konfundierungseffekt und insbesondere den Lerneffekt zu verringern, soll die Reihenfolge der Blickpunkte randomisiert werden. Da das Feldexperiment jedoch in unterschiedlichen Stadtteilen durchgeführt werden muss, ist eine Randomisierung der Blickpunkte bei jeder Testperson aufwändig. Aus arbeitsökonomischen Gründen wurde die Methode **Teilausgleich** (*partial counterbalancing*; Martin 2008) angewandt. Konkret bedeutet das in diesem Zusammenhang, dass acht Blickpunkte in acht unterschiedlichen Reihenfolgen geordnet wurden. Dabei wurde sichergestellt, dass jeder Blickpunkt ausschließlich einmal an einer Position in der Reihenfolge erschien (Tabelle 4, S. 82). 16 Testpersonen wurden acht Gruppen zugeordnet und jedes Testpersonen-Paar hatte die gleiche Reihenfolge der ausgewählten Blickpunkte. Im Hinblick auf die kleine Probandenzahl kann durchaus ein Teilausgleich gegen Lerneffekt erzielt werden (Martin 2008).

			Testpersonen				
1 und 2	3 und 4	5 und 6	7 und 8	9 und 10	11 und 12	13 und 14	15 und 16
Othmarschen	Sandbrücke	Grimm	Kehrwieder	Brook	Cremon	Milcherstraße	Bahrenfeld
Bahrenfeld	**Othmarschen**	Sandbrücke	Grimm	Kehrwieder	Brook	Cremon	Milcherstraße
Milcherstraße	Bahrenfeld	**Othmarschen**	Sandbrücke	Grimm	Kehrwieder	Brook	Cremon
Cremon	Milcherstraße	Bahrenfeld	**Othmarschen**	Sandbrücke	Grimm	Kehrwieder	Brook
Brook	Cremon	Milcherstraße	Bahrenfeld	**Othmarschen**	Sandbrücke	Grimm	Kehrwieder
Kehrwieder	Brook	Cremon	Milcherstraße	Bahrenfeld	**Othmarschen**	Sandbrücke	Grimm
Grimm	Kehrwieder	Brook	Cremon	Milcherstraße	Bahrenfeld	**Othmarschen**	Sandbrücke
Sandbrücke	Grimm	Kehrwieder	Brook	Cremon	Milcherstraße	Bahrenfeld	**Othmarschen**

Tabelle 4: Reihenfolge der Blickpunkte bei der Durchführung (Feldexperiment A)

Vor der Durchführung des Feldexperiments soll ein **Probelauf** erfolgen, welcher als Gewöhnungsphase oder Anwärm-Phase anzusehen ist. Der Probelauf findet an einem Ort statt, der nicht mit den ausgewählten Blickpunkten in Verbindung steht. Um zu Antworten seitens der Testpersonen zu gelangen, welche dem Forschungszweck dienlich sind, soll das Forschungsvorhaben zunächst kurz vorgestellt werden. Hierbei geht es darum, alle Testpersonen darüber zu informieren, dass das Feldexperiment von der Selbstlokalisation mittels der mobilen Karte handelt und dass das Nutzungsverhalten beobachtet und protokolliert werden wird. Generell ist das Ziel des Probelaufs, dass die Testpersonen mit der Versuchssituation und der Aufgabenstellung vertraut gemacht werden, wodurch etwaige ungewöhnliche Ergebnisse infolge von Missverständnissen bei der Aufgabenstellung vermieden

werden. Durch den Probelauf sollen die folgenden Zwecke erreicht werden:

- **Gewöhnung an die Darstellung**

  Die Testpersonen sollen sich an den zu untersuchenden Kartenstil (OpenStreetMap) gewöhnen. Die Legenden müssen erklärt werden, so dass keine Unklarheiten bezüglich der Interpretation der Kartendarstellung entstehen und eine Fehlinterpretation der visuellen Variablen vermieden werden kann.

- **Gewöhnung an das Smartphone**

  Da die Testpersonen nicht ihr eigenes Smartphone benutzen, müssen sie mit dem im Feldexperiment verwendeten Smartphone (iPhone 5) vertraut sein.

- **Gewöhnung an die Zoom-Funktion**

  Die Zoom-Funktion muss ausprobiert werden. Da der Zoom-Prozess durch die mittels Python programmierte Webapplikation verfolgt wird, müssen Funktionstests seitens der Testpersonen während der Durchführung des Feldexperiments ausgeschlossen werden.

In einer früheren Feldstudie stellten Wei und Schiewe (2017) durch eine qualitative Befragung der Testpersonen fest, dass die räumlichen Zusammenhänge zwischen dem aktuellen Blickpunkt und den Orten, an denen die Testpersonen zuvor gewesen waren, einen Einfluss auf den von den Testpersonen eingestellten Kartenausschnitt haben. Das bedeutet, dass die Orte, wo die Testpersonen herkamen, als Referenzobjekte verwendet wurden, um die Verbindung zwischen „Hier“ und „Dort“ herzustellen, obwohl die herangezogenen Referenzobjekte vom aktuellen Blickpunkt aus nicht mehr gesehen werden konnten (Wei und Schiewe 2017). Um diesen Einfluss zu minimieren, soll die Anreise an die ausgewählten Blickpunkte im folgenden Feldexperiment mit einem Fahrzeug erfolgen. Konkret bedeutet dies, dass die Testpersonen vom Experimentleiter mit dem Auto zu den ausgewählten Blickpunkten gefahren werden. Während der Annäherung an die jeweiligen Untersuchungsorte bzw. während des Parkens sollen sie möglichst nicht die Umgebung sehen, somit haben die Testpersonen nach dem Aussteigen an den ausgewählten Blickpunkten ein unerwartetes Umblickfeld aufgrund des fehlenden räumlichen Zusammenhangs.

Anhand dieses Forschungsdesigns dürfte die kleine Probandenzahl ($n = 16$) einem repräsentativen empirischen Ergebnis für die definierte Zielgruppe nicht entgegenstehen. Ferner handelt es sich bei diesem explorativen Feldexperiment um allgemeine, qualitative Phänomene und ein bislang unerforschtes Thema, daher kann die Probandenzahl zu diesem Zweck als ausreichend empfunden werden.

4.1.4 Aufgaben

In diesem Feldexperiment waren die Blickpunkte vorgegeben. Somit hatte jede Testperson von einem gleichen Blickpunkt aus möglichst ein identisches Umblickfeld, welches mit dem entsprechend definierten Umblickfeld-Polygon übereinstimmte. Um dies zu gewährleisten, durften die Testpersonen während der Erledigung der Selbstlokalisationsaufgabe den Vista Raum nur bei ruhendem Körperrumpf, bewegtem Kopf und bewegten Augen wahrnehmen. Ausgenommen war die Bewegung der Arme und der Hände aufgrund des interaktiven Verhaltens mit Smartphones.

Die mobile Karte stand jeweils für die Testpersonen an den entsprechenden ausgewählten Blickpunkten zur Verfügung (Abbildung 25, S. 84). Die Standardansicht (*default view*) dieser mobilen Karte war in Zoom-Stufe 17. Um den Einfluss von unterschiedlichen Smartphones im Hinblick auf die Displaygröße, die Auflösung sowie die Bildschirmbeleuchtung auf die Darstellung auszuschließen, wurde im Rahmen dieses Feldexperiments nur das iPhone 5 mit der Displaydiagonale 4” verwendet.

Unter den definierten Voraussetzungen[40] und Testbedingungen[41] war die Aufgabenstellung, dass jede Testperson innenhalb einer vorgegebenen Zeit (30 Sekunden) sich für einen Kartenausschnitt durch das Zoomen entscheiden musste, bei dem sie dargestellten Objekte um sich herum am besten wieder erkennen konnte. Nach der Entscheidung für eine Zoom-Stufe in Verbindung mit dem optimalen Kartenausschnitt mussten die Testpersonen die Entscheidungsbezogenen Objekte auf einem Panoramabild markieren[42]. Sowohl eine schnelle Erledigung ($\leq$ 10 Sekunden) als auch eine die vorgegebene Zeit überschreitende Erledigung wurden in Betracht gezogen. In beiden Fällen mussten die Testpersonen nach der Erledigung mündlich begründen, warum ihnen diese Entscheidung einfach oder schwer gefallen war. Wenn die Testpersonen die Standardansicht für die Erfüllung der Aufgabe am besten fanden, bestand die Möglichkeit, dass sie sich für die Standardansicht in Zoom-Stufe 17 – ohne Veränderung der Zoom-Stufen – entschieden. Wenn die Begründung plausibel war, durfte die entsprechende Zoom-Stufe in der Statistik berücksichtigt werden. Andernfalls wurde davon ausgegangen, dass die Testpersonen die Fragestellungen bzw. den Forschungszweck nicht verstanden haben. Von solchen Fehlinterpretationen wurde im statistischen Verfahren abgesehen.

Abbildung 25: Standardansichten in Zoom-Stufe 17 für acht ausgewählte Blickpunkte (Feldexperiment A)

4.1.5 Erhebungsmethoden und Erhebungsinstrumente

Um die Validität der Ergebnisse zu erhöhen, beruht die Erhebungsmethode auf der Methodentriangulation. Dabei wird das gleiche Phänomen sowohl mit einem qualitativen als auch einem quantitativen Ansatz erfasst. Da die Erhebungsmethoden und die Erhebungsinstrumente im vorangegangenen Kapitel ausführlich vorgestellt wurden[43],

[40] Grundannahmen und Voraussetzungen siehe Abschnitt 3.1, S. 56 ff
[41] Testbedingungen siehe Unterabschnitt 3.2.2, S. 68 f
[42] Erhebungsmethode siehe Unterabschnitt 3.3.3, S. 74 f
[43] Angewandte Methoden der Erhebung und Auswertung siehe Abschnitt 3.3, S. 70 ff

erfolgt hier keine wiederholende Erläuterung, sondern eine kurze Zusammenfassung:

- **Erhebung der quantitativen Daten**

  Mittels programmierter Webapplikation wurden die von den Testpersonen angewandten Zoom-Stufen aufgezeichnet, welche die optimalen Kartenausschnitte beim Lösen einer Selbstlokalisationsaufgabe bestimmten. Ferner wurde der Zeitaufwand bei der Aufgabenerledigung mit einer Stoppuhr festgehalten.

- **Erhebung der qualitativen Daten**

  Die Testpersonen mussten die Entscheidungsbezogenen Objekte auf einem Panoramafoto markieren, welches zuvor am entsprechenden Blickpunkt aufgenommen wurde. Darüber hinaus wurde der maximale Kartenausschnitt, den eine Testperson während der Selbstlokalisation bereits gesehen hatte, mittels der Webapplikation aufgezeichnet. Die Aufzeichnung des optimalen Kartenausschnitts erfolgte mittels der Screenshots. Die eventuellen mündlichen Begründungen bezogen auf den Zeitaufwand der Aufgabenerledigung wurden stichwortartig aufgeschrieben.

4.2 Rekrutierung der Testpersonen und Durchführung

Der folgende Abschnitt handelt davon, in welcher Weise das konzipierte Feldexperiment durchgeführt wurde. Zunächst werden die rekrutierten Testpersonen vorgestellt (Unterabschnitt 4.2.1). Danach wird erläutert, wie das Feldexperiment mit den Testpersonen erfolgte und welche außerplanmäßigen Ereignisse während der Testdurchführung auftraten, die möglicherweise bei der Interpretation der ausgewerteten Ergebnisse berücksichtigt werden müssen (Unterabschnitt 4.2.2).

4.2.1 Rekrutierung der Testpersonen

Gemäß der Auswahlkriterien[44] wurden 16 Testpersonen[45] rekrutiert (weiblich 12, männlich 4). Die Testpersonen stammten aus verschiedenen Kulturkreisen. Das Durchschnittsalter der Testpersonen lag bei ca. 27,5 Jahren. Dabei waren die ältesten Testpersonen ca. 35 Jahre alt und die jüngsten Testpersonen ca. 20 Jahre alt. Bezüglich des Ausbildungshintergrundes, insbesondere der kartenbezogenen Kenntnis, ist festzuhalten, dass zwei Testpersonen Geoinformatik studiert hatten. Die anderen Testpersonen haben zwar nicht Geowissenschaften studiert, verfügten jedoch über das Grundwissen zur mobilen Karte im Navigationszusammenhang. Aufgrund dessen konnte davon ausgegangen werden, dass ihre Bildungsstände ähnlich waren. Da es bei diesem Feldexperiment grundsätzlich um allgemeine Phänomene ging, konnte die heterogene Verteilung im Hinblick auf Geschlecht, Alter, kulturellen Hintergrund und Ausbildungstand akzeptiert werden. Ob solche Faktoren eventuell für die Zoom-Stufe relevant sind, wird nach der statistischen Auswertung diskutiert.

4.2.2 Durchführung

Im Folgenden wird die Durchführung des Feldexperiments in fünf Punkten zusammengefasst:

- **Organisatorisches**

  Je nach Vereinbarung mit den Testpersonen wurde das Feldexperiment an unterschiedlichen Tagen durchgeführt. Als Vergütung für die Teilnahme wurden 10 Euro angeboten, wobei einige Testpersonen unentgeltlich

[44] Auswahlkriterien der Testpersonen siehe Abschnitt 3.2, S. 68
[45] Die erhobenen Daten von Testpersonen siehe Tabelle 16 in der Appendix, S. 175

teilgenommen haben. Um ein zuverlässiges empirisches Ergebnis zu erlangen, wurden die Testbedingungen ohne Abweichungen umgesetzt. Durch den Probelauf haben alle Testpersonen die Aufgabenstellung gut verstanden.

- **Gültigkeit der Datensätze**

  In 124 Fällen haben die Testpersonen die Aufgaben innerhalb der vorgegebenen Zeit (30 Sekunden) erledigt. In vier Fällen haben vier Testpersonen das Zeitlimit überschritten, aber diese vier Datensätze konnten dennoch in der statistischen Auswertung berücksichtigt werden, weil die Begründungen plausibel waren. Daher durften sämtliche erhobene Daten (128 Datensätze) ausnahmslos im statistischen Verfahren aufgenommen werden.

- **Gemeinsame Anreise**

  Durchschnittlich dauerte das Feldexperiment je nach Verkehrslage ca. zwei Stunden, da die gleiche Testperson mit dem Auto von einem Standort zu einem anderen Standort reisen musste. Der überwiegende Teil der Testpersonen reiste einzeln mit dem Experimentleiter an die ausgewählten Blickpunkte an. In drei Fällen waren zwei Testpersonen zusammen angereist, wobei sie die Aufgaben hintereinander erledigt haben, d. h. ohne sich gegenseitig zu beeinflussen.

- **Zeitdauer bei der Aufgabenerledigung**

  Nach vorhergehender Absprache hatten die Testpersonen ausreichend Zeit für das Feldexperiment. Im Vergleich zum Zeitaufwand beim Erledigen der letzten Aufgabe war festzustellen, dass die meisten Testpersonen für die erste Aufgabe deutlich länger gebraucht haben. Insofern hat es sich gelohnt, die Reihenfolge der ausgewählten Blickpunkte unter Berücksichtigung des Teilausgleichs zu konzipieren.[46]

- **Kommunikationssprache**

  Das Feldexperiment erfolgte hauptsächlich in deutscher Sprache. Im Falle, dass die Testpersonen kein Deutsch sprachen oder die deutsche Sprache nicht gut beherrschten, fand das Feldexperiment auf Englisch oder Chinesisch statt. Da das von verarbeiteten Raumrepräsentationen abgeleitete Zoom-Verhalten im Vordergrund stand und die Entscheidungsbezogenen Objekte überwiegend als Substantiv zum Ausdruck gebracht wurden, war nicht entscheidend, durch welche Sprache die Aufgabenstellung übermittelt und die Entscheidungsbezogenen Landmarken sprachlich beschrieben wurden.

Die außerplanmäßigen Ereignisse lassen sich wie folgt zusammenfassen:

- **Unterschiede der Umblickfelder an einem gleichen Blickpunkt je nach Testpersonen**

  Da alle Testpersonen nicht gleichzeitig an diesem Feldexperiment teilgenommen haben, waren geringfügige Unterschiede der Umblickfelder an einem gleichen Blickpunkt je nach Testpersonen unvermeidlich. Insbesondere waren die parkenden Fahrzeuge als der einflussreichste Störfaktor anzusehen.

- **Vorheriger Erwerb des räumlichen Wissens an den betroffenen Standorten**

  Es wurde zwar versucht, den vorherigen Erwerb des räumlichen Wissens an den betroffenen Standorten durch die Anfahrt mit dem Fahrzeug möglichst zu reduzieren. Allerdings konnte dies nicht gänzlich vermieden werden. Da nicht immer ein Parkplatz an den gewünschten Standorten zur Verfügung stand, war es in einigen Fällen erforderlich, dass die Testpersonen mit dem Experimentleiter zu Fuß zu den Blickpunkten gehen mussten.

[46] Methode des Teilausgleichs siehe Unterabschnitt 4.1.3, S. 82

- **Abweichung von einem vorgegebenen Blickpunkt**

  Aufgrund der Durchführung dieses Feldexperiments im Realraum war die Unsicherheit des Standpunktes und der Blickrichtung trotz einer deutlichen Vorgabe unvermeidlich. Die Frage, ob eine Abweichung von einem vorgegebenen Blickpunkt einen Einfluss auf die Zoom-Stufe hat, wurde bei der Ergebnisinterpretation diskutiert.

4.3 Ergebnisse

Der folgende Abschnitt gliedert sich in vier Unterabschnitte. Vier gestellte Forschungsfragen[47] werden separat in einem einzelnen Unterabschnitt beantwortet. Zur Beantwortung jeder Forschungsfrage erfolgt entweder nur die statistische Auswertung oder ein Vergleich zwischen den ausgewerteten qualitativen und quantitativen Daten.

4.3.1 Ergebnis A1

Zur Beantwortung der Forschungsfrage A1, ob die Zoom-Stufe mit den angenommenen Umblickfeld-Parametern korreliert, wurde die folgende **Korrelationsanalyse** durchgeführt:

Um eine Normalverteilung für die Durchführung eines parametrischen Tests zu erreichen, wurden die Zoom-Stufen auf drei Stellen nach dem Komma gerundet. Aufgrund der uneinheitlichen Maßeinheiten wurden alle Variablen logarithmiert. Das Problem der Heteroskedastizität konnte ebenfalls dadurch vermieden und rechtsschiefe Daten eher normalverteilt werden. Im Folgenden wurde der logarithmierte Wert (x) zu der Basis 10 berechnet ($\log_{10}(x)$). Beispielsweise entspricht der Wert des Flächeninhalts dem logarithmierten Wert $\log_{10}(F)$, der zur Vereinfachung durch lg F beschrieben ist.

Bei der Erfüllung der Voraussetzungen wurde überprüft, ob die zu testende Verteilung eine Normalverteilung war. Dadurch konnte entschieden werden, ob das statistische Verfahren durch die parametrischen oder nicht-parametrischen Tests durchgeführt werden sollte. Das Ergebnis des Shapiro-Wilk-Tests zeigte, dass die Normalverteilung der von den Testpersonen eingestellten 128 Zoom-Stufen gegeben war (Signifikanz = *,15*). Da die unabhängigen Variablen (Umblickfeld-Parameter) sich nur auf acht Umblickfelder bezogen, konnte die Normalverteilung nicht erreicht werden. Da es insgesamt 128 Datensätze gab, wurde davon ausgegangen, dass das Nichterreichen der Normalverteilung unproblematisch war. Durch ein Streudiagramm wurde die Linearität visuell überprüft. Trotz einer kleinen Anzahl von Umblickfeldern durfte angenommen werden, dass die Voraussetzung bzgl. der Linearität erfüllt war. Durch das Kastendiagramm waren zwei Ausreißer ersichtlich. Allerdings durften diese als akzeptabel empfunden werden.

Das folgende Ergebnis beruhte auf der Berechnung des Bravais-Pearson-Korrelationskoeffizienten. Zum Vergleich wurde ebenfalls die Rangkorrelationsanalyse nach Spearman[48] durchgeführt. Die Kernaussagen bleiben aber unberührt.

Das Ergebnis[49] zeigte eine enge und vielfach ausgeprägte Korrelation zwischen der Größe des Umblickfeld-Polygons und der Zoom-Stufe, insbesondere was **Flächeninhalt** (*r = -,67; r^2 = ,45; p = ,00; n = 128*), **Umfang** (*r = -,65; r^2 = ,42; p = ,00; n = 128*) sowie **Länge der maximalen Sichtachse** (*r = -,63; r^2 = ,39; p = ,00; n =*

[47] Forschungsfragen siehe Unterabschnitt 4.1.2, S. 80 ff
[48] Berechnung der Rangkorrelation nach Spearman siehe Tabelle 17, S. 176
[49] Berechnung des Bravais-Pearson-Korrelationskoeffizienten siehe Tabelle 17, S. 176

128) anging. Ferner war ersichtlich, dass ein negativer linearer Zusammenhang zwischen der Zoom-Stufe und dem jeweiligen, oben erwähnten Parameter bestand. Bei diesen drei Parametern zeigten die Bestimmtheitsmaße (r^2) zwar, dass die Wahrscheinlichkeit des linearen Zusammenhangs nicht sehr hoch ist, dass sie jedoch durchaus auf eine mittlere Varianzaufklärung verweisen[50]. Die ermittelten Korrelationskoeffizienten sowie das Bestimmtheitsmaß bezüglich der **Länge der Sichtachse** in Blickrichtung (*r = -,53; r^2 = ,28; p = ,00; n = 128*) zeigten nur einen schwachen negativen linearen Zusammenhang und eine geringe Varianzaufklärung. Ferner bestätigte das Ergebnis, dass die geometrische Form mit der Zoom-Stufe nicht korreliert. Im Hinblick auf **Kompaktheitsgrad** (*r = ,40; r^2 = ,16; p = ,00; n = 128*), **Konvexität** (*r = ,40; r^2 = ,16; p = ,00; n = 128*) und **Gezacktheit** (*r = -,40; r^2 = ,16; p = ,00; n = 128*) wiesen die ermittelten Korrelationskoeffizienten und Bestimmtheitsmaße keine Varianzaufklärung auf, gleichwohl ein schwacher linearer Zusammenhang festzustellen war.

Ergebnis A1

Zur Bestimmung der Zoom-Stufe für die Selbstlokalisation mit der mobilen Karte stellte sich die **Größe des Umblickfeldes** als wichtigster Faktor heraus; das Umblickfeld wird durch Umfang, Flächeninhalt und Länge der maximalen Sichtachse beschrieben. Je länger die maximale Sichtachse ist bzw. je größer Umfang und Flächeninhalt eines Umblickfeld-Polygons sind, um so kleiner ist die Zoom-Stufe. Die **Komplexität des Umblickfeldes**, die durch Kompaktheitsgrad, Konvexität und Gezacktheit beschrieben ist, korreliert nicht mit der Zoom-Stufe.

Dieses Ergebnis liefert den ersten Hinweis darauf, dass ein Zusammenhang zwischen Wahrnehmungsraum im Umblickfeld und Zoom-Stufe bestehen könnte und dieser Zusammenhang durch die Größe des Umblickfeld-Polygons erklärt werden könnte. Außerdem deutet dieses Ergebnis darauf hin, dass die Anordnung der räumlichen Elemente, die durch architektonische Konzipierung und stadttypologische Ausprägung entstanden ist, möglicherweise keinen Einfluss auf die Zoom-Stufe hat. Zugleich offenbarten die ermittelten Erkenntnisse, dass nicht nur ein Umblickfeld-Parameter, sondern mehrere Umblickfeld-Parameter einen Einfluss auf die standortbezogene Zoom-Stufe haben könnten. In der Tat unterscheiden sich die Werte des Korrelationskoeffizienten nur geringfügig (Flächeninhalt *r = -,67;* Umfang *r = -,65;* Länge der maximalen Sichtachse *r = -,63*). In diesem Zusammenhang sind insbesondere folgende drei Themen diskussionsbedürftig:

- **Ursache-Wirkungszusammenhänge**

  Auf keinen Fall darf von einem hohen kausalen Zusammenhang zwischen zwei Variablen ausgegangen werden. Mittels der Korrelationsanalyse wurde nur der Grad des linearen Zusammenhangs bestimmt. Dies ist jedoch nicht notwendigerweise mit dem Grad der Abhängigkeit zwischen Größe der Umblickfeld-Polygone und Zoom-Stufe verknüpft.

- **Multikollinearität**

  Bei dieser Korrelationsanalyse konnten die Einflussstärken des Umfangs, des Flächeninhalts sowie der Länge der maximalen Sichtachse nicht eindeutig unterschieden werden. Insofern konnte keine Schlussfolgerung gezogen werden, wie stark der Einfluss des einzelnen Umblickfeld-Parameters war. Ferner war die Zusammenwirkung zwischen mehreren Umblickfeld-Parametern auf die Zoom-Stufe nicht endgültig zu klären. Allerdings könnte diese Multikollinearität dennoch wichtig sein. Vielleicht könnte es sinnvoll sein, eine Multiple Regressionsanalyse oder eine Faktorenanalyse durchzuführen, wenn eine große Anzahl von Umblickfeld-Polygonen vorhanden ist.

[50] Zur Bestimmung der Stärke der gefundenen Zusammenhänge orientierte sich diese Arbeit an der Einteilung von Cohen et al. (2007) siehe Appendix, S. 176

- **Linearer Zusammenhang**

  Die nachgewiesenen linearen Zusammenhänge zwischen Umblickfeld-Parametern und Zoom-Stufe beruhten auf den erhobenen Datensätzen an acht ausgewählten Blickpunkten. Aufgrund der geringen Anzahl von Blickpunkten konnte keine Aussage dahingehend getroffen werden, ob diese Zusammenhänge ausschließlich linear waren. Wenn eine große Menge von Blickpunkten in der Statistik aufgenommen würde, könnte dies zu einem anderen Ergebnis führen (z. B. ein nichtlinearer Zusammenhang).

4.3.2 Ergebnis A2

Zur Beantwortung der Forschungsfrage A2, ob die Zoom-Stufen sich zwischen den ausgewählten Blickpunkten unterscheiden und wodurch sie sich voneinander unterscheiden, wurde die folgende Varianzanalyse durchgeführt.

Da dieses Feldexperiment mithilfe des Innersubjekt-Designs konzipiert wurde, war es geeignet, eine **einfaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung** durchzuführen. Dazu mussten einige Voraussetzungen erfüllt werden. Insbesondere war es wichtig, dass die Normalverteilung der Zoom-Stufen an jedem ausgewählten Blickpunkt erreicht wurde, da die Anzahl der Testpersonen nicht groß war ($n = 16$). Das Ergebnis zeigte, dass diese Voraussetzung erfüllt wurde[51]. Ferner war die Sphärizität angenommen (*Mauchly-W(27) = ,09; p = ,35*).

Das Gesamtmodell war signifikant ($F(7,105) = 18{,}62$; $p = ,00$; *partielles* $\eta^2 = ,55$; $n = 128$). Die Effektstärke lag bei $f = 1{,}10$ und entsprach damit einem starken Effekt. Bonferroni-korrigierte paarweise Vergleiche zeigten (Abbildung 26, S. 90), dass der Mittelwert der Zoom-Stufe sich zwischen den Blickpunkten 1, 2 und 3 nicht signifikant unterschied ($p > ,05$). Ferner lag kein signifikanter Unterschied bzgl. des Mittelwertes der Zoom-Stufe zwischen den Blickpunkten 4, 5, 6, 7 und 8 vor ($p > ,05$). Anhand dessen ließen sich zwei Gruppen von Zoom-Stufen an acht ausgewählten Blickpunkten bilden. Während der Mittelwert der Zoom-Stufen an den ersten drei Blickpunkten bei *18,07* (Median = *18,07*) lag, betrug der Mittelwert der Zoom-Stufen an den anderen Blickpunkten *17,04* (Median = *17,00*). Das Ergebnis wies darauf hin, dass zwei Zoom-Stufen (Zoom-Stufen 17 und 18) für die Selbstlokalisation ausreichend sein könnten.

Da signifikante Unterschiede bzgl. der Zoom-Stufe zwischen einigen Blickpunkten nachgewiesen werden konnten, stellte sich die Frage, wodurch diese Unterschiede sich ergaben. Anders ausgedrückt: Welche angenommenen Umblickfeld-Parameter machen diese Unterschiede aus?

Zur Beantwortung dieser Frage wurden die Werte jedes einzelnen angenommenen Umblickfeld-Parameters und die Zoom-Stufe für das entsprechende Umblickfeld in einer Graphik gegenübergestellt (Abbildung 27, S. 91). Es war ersichtlich, dass sich die Unterschiede der Zoom-Stufe zwischen einigen ausgewählten Blickpunkten durch drei Parameter – Flächeninhalt, Umfang und Länge der maximalen Sichtachse – erklären ließen. Hierbei war der Flächeninhalt hauptsächlich für diese Unterschiede verantwortlich. Die Umblickfeld-Parameter Umfang und Länge der maximalen Sichtachse konnten zwar diesen Unterschied auch erklären, durften aber nicht als konstante Parameter angesehen werden: Zwar gab es signifikante Unterschiede der Zoom-Stufe zwischen einigen Blickpunkten, aber die Werte von Umfang und Länge der maximalen Sichtachse fielen nicht differenziert aus (Abbildung 27, S. 91). Durch die anderen Umblickfeld-Parameter (Länge der Sichtachse, Gezacktheit, Konvexität sowie Kompaktheitsgrad) konnte der signifikante Unterschied zwischen Zoom-Stufen 17 und 18 auch nicht erklärt werden.

[51] Test der Normalverteilung durch Shapiro-Wilk siehe Tabelle 18, S. 176

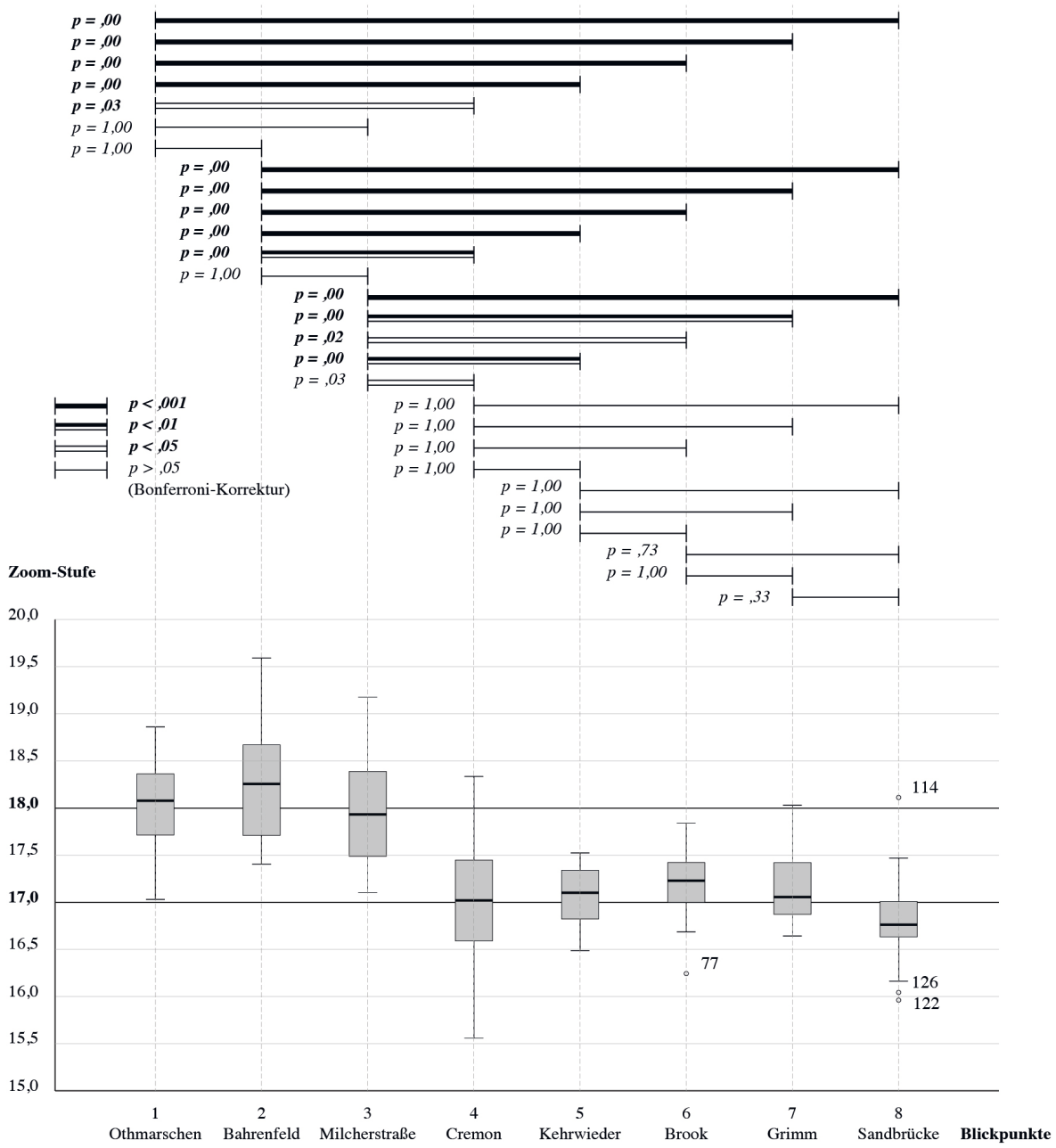


Abbildung 26: Mittelwertvergleich der Zoom-Stufen an acht ausgewählten Blickpunkten (Feldexperiment A)

Post-hoc-Tests mit Bonferroni-Korrektur zeigten, dass zwei Gruppen von Zoom-Stufen an acht ausgewählten Blickpunkten gebildet werden konnten (alle $p < ,05$): Zoom-Stufen an Blickpunkt 1 (*M = 18,02; SD = ,48*), Zoom-Stufen an Blickpunkt 2 (*M = 18,23; SD = ,59*) und Zoom-Stufen an Blickpunkt 3 (*M = 17,98; SD = ,61*) bilden eine Gruppe. Zoom-Stufen an Blickpunkt 4 (*M = 17,00; SD = ,72*), Zoom-Stufen an Blickpunkt 5 (*M = 17,06; SD = ,33*), Zoom-Stufen an Blickpunkt 6 (*M = 17,18; SD = ,37*), Zoom-Stufen an Blickpunkt 7 (*M = 17,16; SD = ,37*) und Zoom-Stufen an Blickpunkt 8 (*M = 16,82; SD = ,54*) bilden eine andere Gruppe (M: Mittelwert; SD: Standardabweichung).

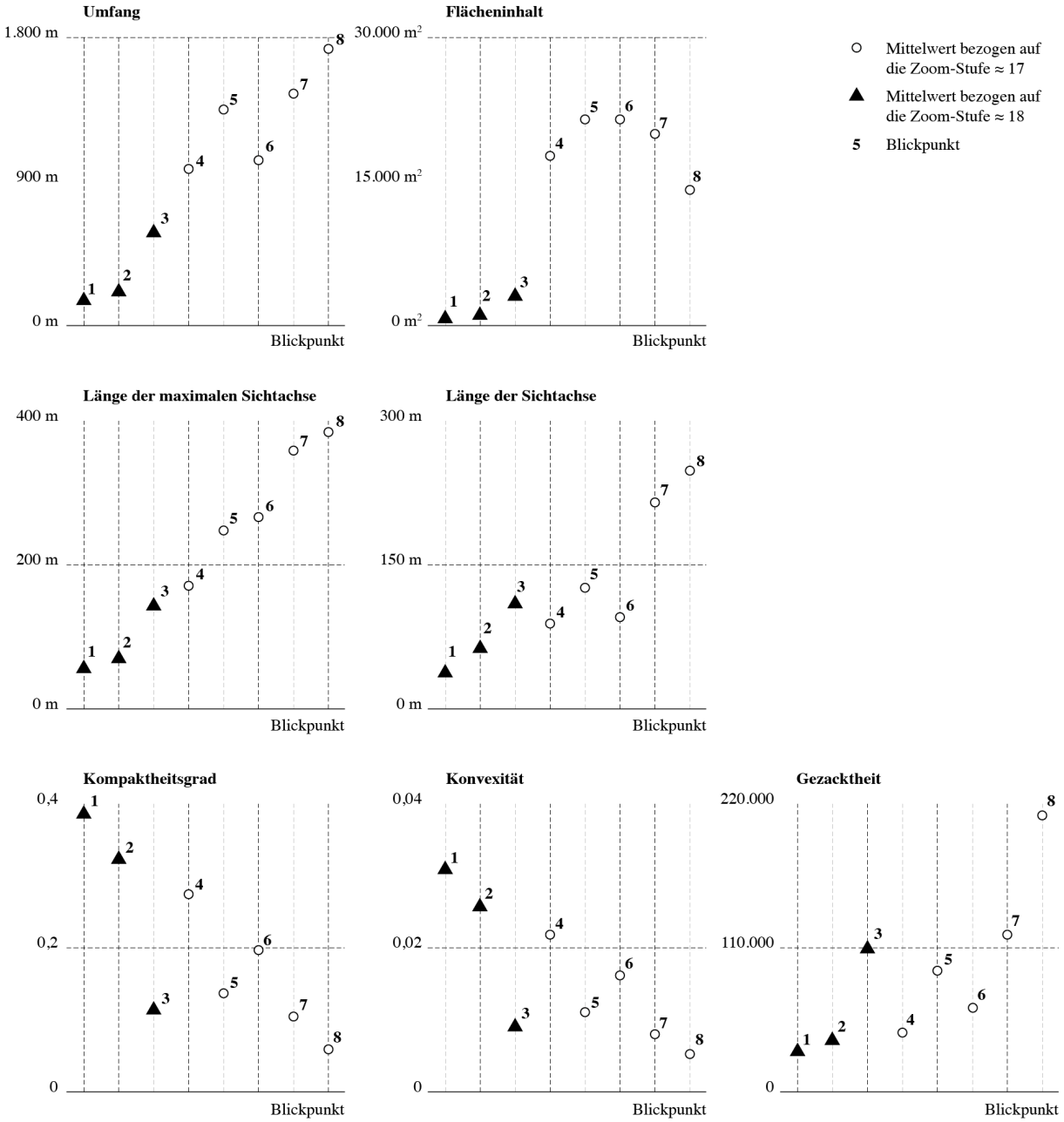


Abbildung 27: Gegenüberstellung des einzelnen Umblickfeld-Parameters und der Zoom-Stufe (Feldexperiment A)

Der Flächeninhalt und der Umfang des Umblickfeld-Polygons bedingten einen eindeutigen Unterschied zwischen Zoom-Stufe 17 und Zoom-Stufe 18. Dieser Unterschied konnte zwar auch durch die Länge der maximalen Sichtachse erklärt werden, diese war jedoch als nicht konstanter Parameter anzusehen. Die Länge der jeweiligen maximalen Sichtachse an Blickpunkt 3 (*143 m*) und an Blickpunkt 4 (*176 m*) war durchaus ähnlich, der Mittelwert der Zoom-Stufe zwischen beiden Blickpunkten unterschied sich jedoch signifikant. Ein eindeutiger Unterschied zwischen Zoom-Stufe 17 und 18 ließ sich nicht auf die anderen Umblickfeld-Parameter (Länge der Sichtachse, Gezacktheit, Konvexität und Kompaktheitsgrad) zurückführen.

Ergebnis A2

Die paarweisen Vergleiche zeigten, dass die Zoom-Stufe sich an einigen ausgewählten Blickpunkten unterscheidet. Dabei hat der Flächeninhalt des Umblickfeld-Polygons einen überwiegenden Einfluss auf die Zoom-Stufe.

Zwei wesentliche **Implikationen** dieses Ergebnisses sind:

1. Zum Zweck der Selbstlokalisation würden zwei Zoom-Stufen ausreichen.

   Im Kastendiagramm (Abbildung 26, S. 90) ist ersichtlich, dass die erhobenen Zoom-Stufen je nach Blickpunkt überwiegend zwischen 16,5 und 18,5 schwanken, obwohl die mobile Karte auf der programmierten Webapplikation zwischen Zoom-Stufe 14 und 21 skaliert werden kann. Es zeichnet sich ab, dass es einen Bereich der Zoom-Stufen gibt, welcher zum Zweck der Selbstlokalisation bzw. Erwerb des Standortwissens am zweckdienlichsten ist. Dies bestätigt die Vermutung von Löwen et al. (2019a), dass der Maßstab für den indirekten Erwerb des Standortwissens zwischen 1:1.000 bis 1:3.000 liegen könnte. Aufgrund dessen erlaubt dieses Ergebnis die Annahme, dass es einen Maximalwert und einen Minimalwert der Zoom-Stufe für die Selbstlokalisation gibt:

   a) Wenn die Zoom-Stufe kleiner als 16,5 ist, sind die umliegenden Objekte im Umblickfeld aufgrund der graphischen Generalisierung nicht mehr leserlich. Ferner können die umliegenden Objekte im Umblickfeld durch das *you-are-here* Symbol überdeckt werden, denn die Größe dieses Symbols bleibt in der Regel bei der Skalierung unverändert.

   b) Wenn die Zoom-Stufe größer als 18,5 ist, kann das Umblickfeld in der Regel nur als Ausschnitt auf dem Smartphone-Display angezeigt werden. Dies hat zur Folge, dass die Entscheidungsbezogenen Objekte seitens der Testpersonen für die Selbstlokalisation nur durch Herauszoomen angezeigt werden können. Vermutlich ist die Zoom-Stufe 18,5 die maximale Zoom-Stufe für die Selbstlokalisation im Außenbereich. Vielleicht käme die Zoom-Stufe 19 im Innenbereich noch in Betracht, denn das Umblickfeld kann in einem Innenbereich stark eingeschränkt sein.

2. Die Ungenauigkeit der Positionierung des aktuellen Blickpunktes und die Ungenauigkeit der Bestimmung des Polygons durch QGIS haben keinen Einfluss auf die Zoom-Stufe.

   Die Ungenauigkeit entstand zum einen durch die in QGIS gezeichneten Umblickfeld-Polygone, zum anderen durch die Abweichung zwischen dem tatsächlichen Blickpunkt bei der Durchführung und dem vorgegebenen Blickpunkt in der Karten-Webapplikation. In der Praxisanwendung ist eine gewisse Ungenauigkeit bei der satellitenbasierten GPS-Positionsbestimmung ebenfalls unvermeidlich. Trotz der modernen Technik könnte eine Abweichung bis zu fünf Meter entstehen (Zhu et al. 2013). Ebenfalls können die Drehung um die eigene Körperachse am gleichbleibenden Standort bzw. leichte Abweichungen vom Standort bei gleichbleibender Blickrichtung nicht ausgeschlossen werden. Daher kann kein bei allen Testpersonen exakt identisches Umblickfeld-Polygon wiedergegeben werden. Da die Zoom-Stufen an vielen Blickpunkten sich nicht signifikant unterschieden, obwohl die Umblickfeld-Parameter stark differenziert ausfielen, konnte davon ausgegangen werden, dass der Einfluss der zuvor genannten Ungenauigkeiten auf die Zoom-Stufe geringfügig ist. Allerdings könnte diese Erkenntnis ausschließlich auf die acht ausgewählten Umblickfeld-Polygone im Außenbereich zutreffen; im Innenbereich könnten die Ungenauigkeiten möglicherweise eine wichtige Rolle spielen, weil das Umblickfeld stark durch Raumgeometrie (z. B. Wände) geformt ist und die Umblickfeld-Parameter daher fein differenziert werden können.

Durch die Betrachtung der exemplarisch erhobenen qualitativen Daten im Hinblick auf die optimalen Kartenaus-

schnitte seitens der Testpersonen und die festgehaltenen Entscheidungsbezogenen Objekte für die Selbstlokalisation sind zwei **Themen diskussionsbedürftig:**

1. Der Gedachte Raum[52] sollte bei der Bestimmung der Zoom-Stufe berücksichtigt werden.

   An den Blickpunkten 1 und 2 ($F_1 = 900\ m^2$; $F_2 = 1.371\ m^2$) hatten die Testpersonen ein stark eingeschränktes Umblickfeld. Wenn die Zoom-Stufe ausschließlich durch die Umblickfeld-Parameter (z. B. Flächeninhalt) bestimmt wird, müsste die Zoom-Stufe noch größer als der ermittelte Mittelwert ($M_1 = 18{,}02$; $M_2 = 18{,}23$) sein (Abbildungen 28 und 29, S. 93). Obwohl die statistische Auswertung zeigte, dass die angenommenen raumbezogenen Faktoren (Umblickfeld-Parameter) mit der jeweiligen Zoom-Stufe korrelierten, bleibt dennoch zu klären, ob noch weitere Faktoren hierbei einen wichtigen Einfluss auf die Zoom-Stufe haben.

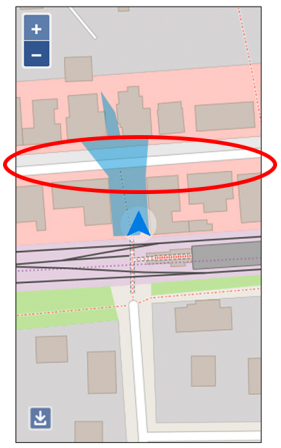
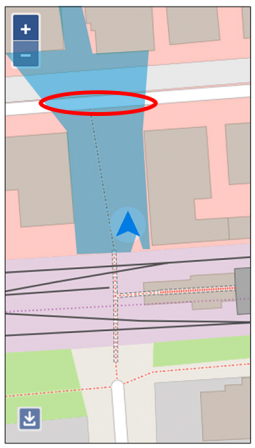
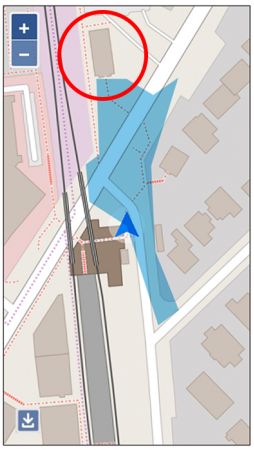


Abbildung 28: Vergleich zwischen Zoom-Stufen 18 und 19 (Blickpunkt 1)





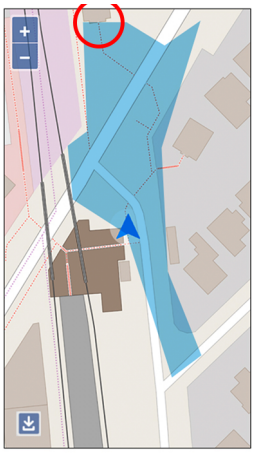


Abbildung 29: Vergleich zwischen Zoom-Stufen 18 und 18,5 (Blickpunkt 2)

Wenn die Größe des Umblickfeldes der einzige Einflussfaktor wäre, würde das Umblickfeld an Blickpunkt 1 am besten mittels der Zoom-Stufe 19 dargestellt, so dass möglichst wenig Umgebungsraum auf dem Display angezeigt wird. Unter der gleichen Annahme wäre an Blickpunkt 2 die Zoom-Stufe 18,5 optimal.

Zur Beantwortung dieser Frage soll auf die festgehaltenen Entscheidungsbezogenen Landmarken seitens der Testpersonen zurückgegriffen werden. Trotz der Individualität solcher Landmarken war im Speziellen an Blickpunkt 1 aufgefallen, dass der Straßenverlauf als Orientierungspunkt von 13 Testpersonen (*87,5%; n = 15*) verwendet wurde, obwohl diese Straße senkrecht zur Blickrichtung lag und nur ein begrenztes Teilstück dieser Straße vom Blickpunkt aus visuell wahrgenommen werden konnte. Es scheint, dass die Testpersonen sich den Straßenverlauf hatten vorstellen können (Abbildung 28, S. 93). Möglicherweise konnte das Teilstück des dargestellten Hauses nicht mit dem im Umblickfeld wahrgenommenen Haus in Bezug gesetzt werden. Deshalb wurde auf dem Display die komplette Form eines Hauses und nicht das Teilstück angezeigt (Abbildung 29, S. 93). Dies wies darauf hin, dass der Gedachte Raum (vgl. Cutting 1997; May 2000) bei kleinem Umblickfeld für die Bestimmung der Zoom-Stufe in Verbindung mit dem standortbezogenen Kartenausschnitt als wichtig erachtet werden muss. Durch diesen Gedachten Raum wird der räumliche Überblick bzw. eine Verbindung zwischen dem aktuellen Vista Raum und dem anschließenden Umgebungsraum geschaffen. Folglich darf die Zoom-Stufe für die Selbstlokalisation nicht zu klein sein; das wäre der Fall, wenn z. B. der Kartenausschnitt exakt das Umblickfeld umfasste.

2. Die Länge der maximalen Sichtachse und der Umfang korrelieren zwar mit der Zoom-Stufe, dürften aber bei der Bestimmung der Zoom-Stufe nicht als nicht konstant angesehen werden.

   Bauliche Elemente (z. B. Stütze, Säule) oder Landschaftselemente (z. B. Baum) können die Sicht teilweise

[52] Der Gedachte Raum siehe Unterabschnitt 2.2.3, S. 32

behindern oder einschränken. In Extremfällen könnte ein Teil des Umblickfeld-Polygons wegen der architektonischen Formen von einem bestimmten Blickpunkt aus betrachtet fast linienförmig sein. Im Falle dessen würde der Umfang des Umblickfeld-Polygons stark vergrößert werden, die Änderung des Flächeninhalts hingegen wäre nur geringfügig. Der Maßstab des Wahrnehmungsraums wird dadurch nicht wesentlich geändert. Insofern müsste argumentiert werden, dass der Umfang des Umblickfeld-Polygons im Vergleich zu seinem Flächeninhalt nicht geeignet ist, um die Zoom-Stufe für die Selbstlokalisation zu bestimmen.

Die maximale Sichtachse kann mit einem Weg oder einer Straße verknüpft werden oder einfach als eine reine Sichtverbindung angesehen werden. Wenn die maximale Sichtachse mit einem Weg übereinstimmt, könnte der Weg selbst als eine Entscheidungsbezogene Landmarke angesehen werden. Auf diesem Weg könnten aber auch viele andere Lokale Landmarken (z. B. Brücke, Kreuzung oder Gebäude) liegen, die für die Selbstlokalisation eine wichtige Rolle spielen (Abbildung 30, S. 94). Insofern müsste argumentiert werden, dass die Länge der maximalen Sichtachse nicht ausreicht, die Zoom-Stufe für die Selbstlokalisation zu bestimmen, jedoch ermöglicht sie einen Blick auf Entscheidungsbezogene Landmarken entlang dieser Sichtachse.

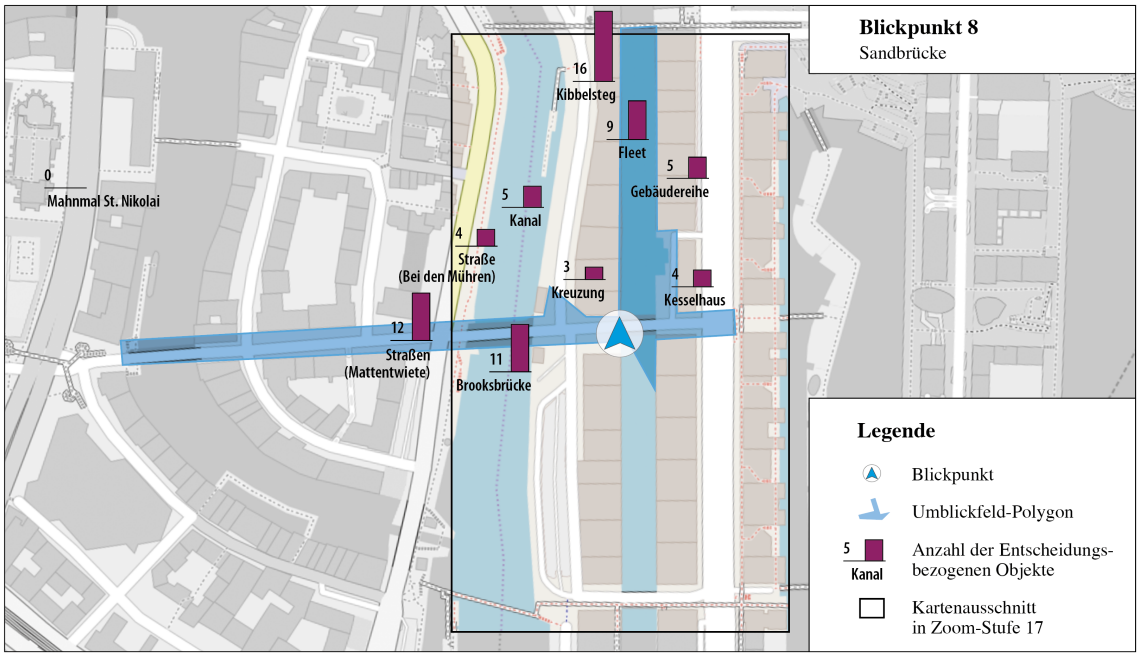


Abbildung 30: Beispielhafte qualitative Auswertung an Blickpunkt 8 (Feldexperiment A)

Dieser Darstellung liegen die von den Testpersonen auf dem Panoramabild markierten Entscheidungsbezogenen Landmarken zugrunde. In Richtung der maximalen Sichtachse wurde die Straße „Mattentwiete“ (75%) in Verbindung mit „Brooksbrücke“ (69%), Straße „Bei den Mühren“ (25%), die nahe liegende Straßenkreuzung (19%) als Entscheidungsbezogene Landmarken angesehen. Obwohl die weiteren Straßenkreuzungen entlang der Straße „Mattentwiete“ auch zu sehen waren, wurden sie nicht als Entscheidungsbezogene Landmarken angesehen.

Der Kibbelsteg, der unmittelbar in Blickrichtung gesehen werden konnte, wurde von allen Testpersonen (100%) als eine wichtige Entscheidungsbezogene Landmarke angesehen. Daher durfte vermutet werden, dass der Einfluss der maximalen Sichtachse auf die Zoom-Stufe stark abnimmt, wenn die maximale Sichtachse wie in diesem Fall senkrecht zur Blickachse liegt. Überdies würde die Zoom-Stufe sehr klein werden, wenn die maximale Sichtachse vollständig auf dem Smartphone-Display angezeigt würde. Im Falle dessen könnte die Darstellung des umliegenden Raums nicht erkennbar sein.

Als Bildanalyse ging es in dieser Darstellung weder um die Typisierung der Entscheidungsbezogenen Landmarke noch um die Identifizierung des Einflusses bestimmter Landmarken auf die Zoom-Stufe. Vielmehr wurde der Frage nachgegangen, welcher Ausschnitt des physikalischen Raums für die Selbstlokalisation trotz der Individualität Entscheidungsbezogener Landmarken relevant war. Ferner bestand kein Anspruch auf die Genauigkeit der Lokalisierung der Objekte in der Darstellung.

4.3.3 Ergebnis A3

Zur Beantwortung der Frage, ob die Globale Landmarke, die stets außerhalb des Umblickfeld-Polygons und in einer großen Entfernung liegt, einen Einfluss auf die Zoom-Stufe hat, wurden sowohl eine quantitative als auch eine qualitative Datenauswertung eingesetzt, wobei der qualitativen Datenauswertung ein hoher Stellenwert zukam.

Quantitative Datenauswertung

Ziel war es, eine statistische Aussage darüber zu treffen, ob die Zoom-Stufe sich durch die fern liegenden Globalen Landmarken unterscheidet: Mittels eines *t*-Tests wurden die erhobenen Zoom-Stufen ausgewertet, welche an acht ausgewählten Blickpunkten zwei Gruppen zugeordnet worden waren. Vier Blickpunkte, an denen keine fern liegende Globale Landmarke zu sehen war, wurden in Gruppe I eingeordnet. Die anderen vier Blickpunkte wurden in Gruppe II eingeordnet, denn die Testpersonen konnten dort mindestens eine fern liegende Globale Landmarke außerhalb des Umblickfeld-Polygons und in einer großen Entfernung sehen.

Die Shapiro-Wilk-Tests zeigten, dass die Normalverteilung bei beiden Gruppen gegeben war (Signifikanz: Gruppe I = *,48*; Gruppe II = *,20*). Allerdings lag eine Varianzhomogenität nicht vor (Levene-Test: $F(1,98) = 15,16$; $p = ,00$; $n = 128$). Aufgrund der Verletzung der Varianzhomogenität sollte die robustere Welch-ANOVA durchgeführt werden. Das Ergebnis des Welch-Tests zeigte, dass die Gruppen I und II sich statistisch unterschieden ($F(1; 98,895) = 47,47$; $p = ,00$). Aufgrund dessen lag die Schlussfolgerung nahe, dass die Globalen Landmarken einen Einfluss auf die Zoom-Stufe haben. Allerdings wurde vermutet, dass dieser Unterschied sich nicht auf fern liegende Globale Landmarken zurückführen ließ. Die Begründungen sind wie folgt:

1. Das Ergebnis der zuvor durchgeführten einfaktoriellen Varianzanalyse zeigte, dass die Mittelwerte der Zoom-Stufen sich zwischen Blickpunkten 5, 6, 7 und 8, an denen zumindest eine fern liegende Globale Landmarke zu sehen war, nicht signifikant unterschieden ($M = 17,04$). In Zoom-Stufe 17 waren fern liegende Globale Landmarken in der mobilen Karte aber nicht zu sehen (Abbildung 31, S. 96), d. h. Globale Landmarken wurden beim Indirekterwerb des Standortwissens bzw. beim Abgleichsprozess nicht einbezogen.

2. Während an Blickpunkt 4 keine fern liegende Globale Landmarke zu sehen war, konnten zwei fern liegende Globale Landmarken an Blickpunkt 5 wahrgenommen werden. Der Flächeninhalt des Umblickfeld-Polygons an Blickpunkt 4 war mit dem Flächeninhalt an Blickpunkt 5 vergleichbar ($F_4 = 21.588\ m^2$; $F_5 = 20.170\ m^2$). Sofern die Globale Landmarke einen Einfluss auf die Zoom-Stufe hat, müsste sich der Mittelwert der Zoom-Stufe zwischen beiden Blickpunkten signifikant unterscheiden. Das Ergebnis der vorangegangenen einfaktoriellen Varianzanalyse zeigte aber, das ein signifikanter Unterschied nicht vorlag (Abbildung 26, S. 90).

Aus den oben genannten Gründen dürfte bezweifelt werden, dass Globale Landmarken tatsächlich an der Lösung einer Selbstlokalisationsaufgabe beteiligt sind und damit einen Einfluss auf die Zoom-Stufe haben. Zur Beantwortung dieser Fragen wurde im Folgenden die Auswertung der erhobenen qualitativen Daten durchgeführt.

Qualitative Datenauswertung

Ziel war es, die statistische Aussage zu validieren und möglichst die Ursache-Wirkungszusammenhänge aufzuzeigen. Konkret ausgedrückt: Aus welchen Gründen haben die Testpersonen sich für eine bestimmte Zoom-Stufe entschieden und inwiefern war diese Entscheidung tatsächlich auf die Globale Landmarke zurückzuführen. Zum Erreichen dieses Ziels dienten die aufgezeichneten maximalen Kartenausschnitte dem Zweck der qualitativen Bildanalyse.

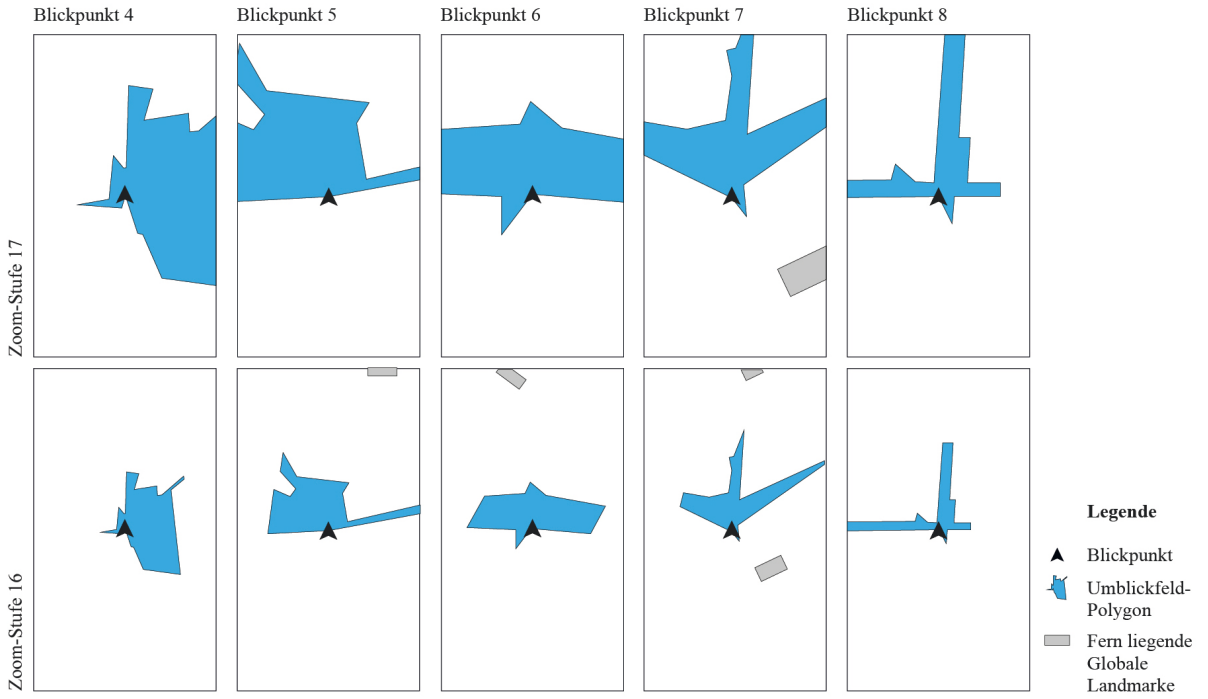


Abbildung 31: Schematische Darstellung der Kartenausschnitte (Feldexperiment A)

Die qualitative Bildanalyse ist auch als Datenvisualisierung anzusehen. Mit Hilfe der programmierten Webapplikation wurden die aufgezeichneten maximalen Kartenausschnitte auf einer Hintergrundkarte überlappt (Abbildung 32, S. 97). Hierbei wurden jeder Blickpunkt und die Entscheidungsbezogenen Objekte seitens der Testpersonen für die Selbstlokalisation und die Bestimmung der Zoom-Stufe separat erläutert. Zum einen sollten die Entscheidungsbezogenen Objekte anhand der Markierungen in den Panoramabildern ermittelt werden, d. h. ob die Kirchtürme als fern liegende Globale Landmarke direkt wahrgenommen wurden. Zum anderen war durch den aufgezeichneten maximalen Kartenausschnitt festzustellen, ob die Testpersonen diese Kirchtürme durch die Skalierung der mobilen Karte schon einmal gesehen hatten. Trifft keines von beiden zu oder trifft nur eins von beiden zu, kann davon ausgegangen werden, dass die fern liegende Globale Landmarke keinen Einfluss auf die Zoom-Stufe hat, weil die Selbstlokalisation das Ergebnis des Abgleichsprozesses zwischen Wahrgenommenem und Dargestelltem ist.

Das Ergebnis (Abbildung 32, S. 97) zeigte, dass nur wenige Testpersonen versucht haben, fern liegende Globale Landmarken (Kirchtürme) durch den Zoom-Prozess auf dem Display anzuzeigen. Hieraus wird deutlich, dass das Wissen über Globale Landmarken nicht auf indirektem Weg, in diesem Fall durch die mobile Karte, erworben wurde. Nur in wenigen Fällen wurden die Kirchtürme sowohl visuell wahrgenommen als auch auf dem Panoramabild markiert (Tabelle 5, S. 98). In den meisten Fällen wurden Globale Landmarken (Kirchtürme) jedoch weder durch Skalierung in der mobilen Karte gesehen noch in den final eingestellten Kartenausschnitten angezeigt.

Anhand der qualitativen Datenauswertung ließ sich das Ergebnis wie folgt zusammenfassen:

Ergebnis A3

Es konnte nicht nachgewiesen werden, dass die definierte Globale Landmarke (Kirchturm) einen Einfluss auf die Zoom-Stufe zum Zweck der Selbstlokalisation hat.

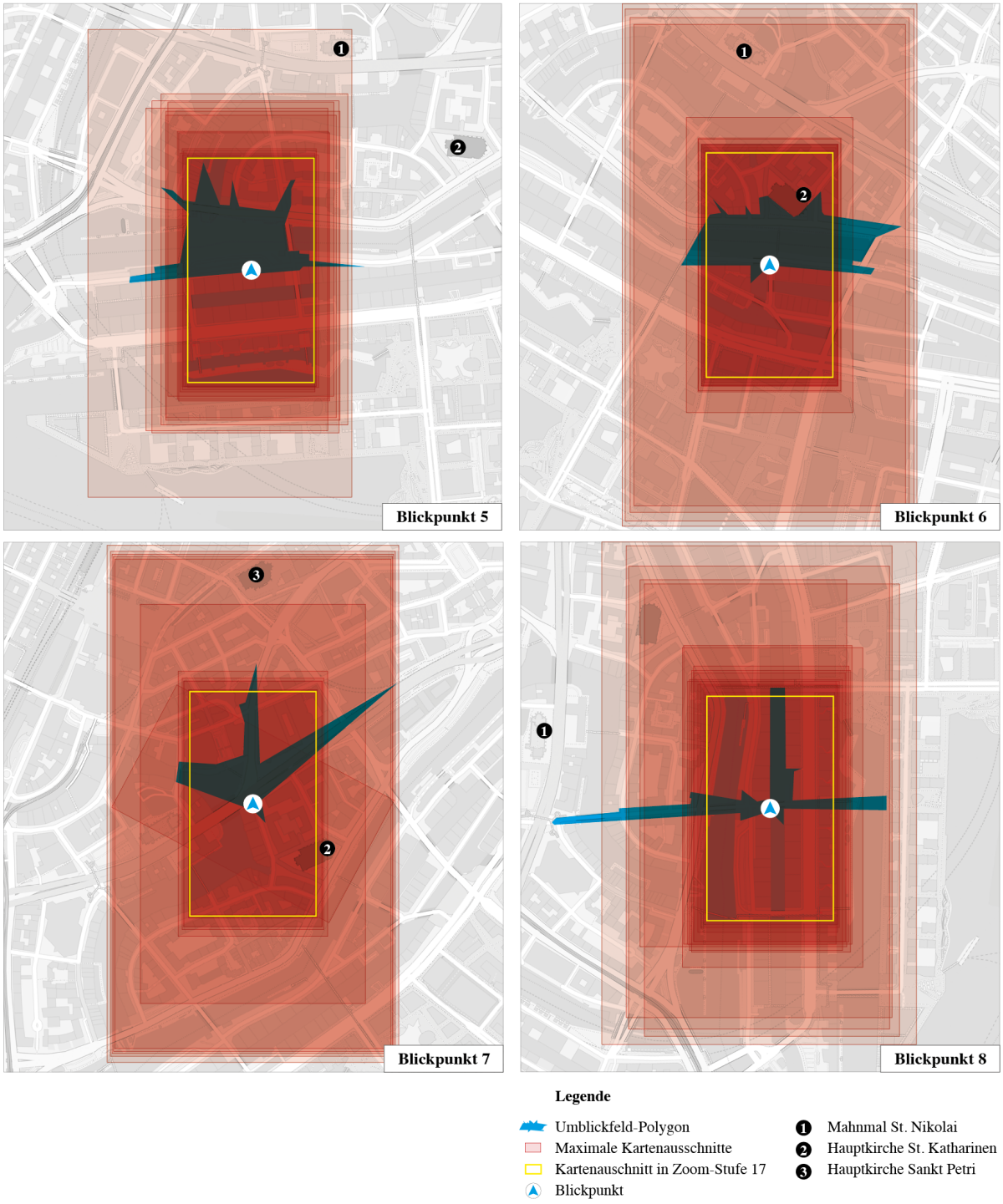


Abbildung 32: Bildanalyse (Feldexperiment A)

Das Ergebnis zeigte, dass fern liegende Globale Landmarken (Kirchtürme) beim indirekten Erwerb des Standortwissens selten involviert waren, insbesondere wenn die Kirchtürme schräg oder senkrecht zur Blickrichtung lagen (z. B. Blickpunkte 5 und 8). Wenn die Kirche direkt in Blickrichtung liegt, erhöht sich die Wahrscheinlichkeit, dass der Kirchturm / die Kirchtürme zur Bestimmung der Zoom-Stufe beitrug/en (z. B. Blickpunkt 7). Wenn der Kirchturm als Globale Landmarke sich im Umblickfeld befand, wurde er ausnahmslos als ein wichtiges Entscheidungsbezogenes Objekt für die Selbstlokalisation verwendet (an Blickpunkt 6). Bemerkenswert war, dass es in vielen Fällen eine Differenzierung zwischen dem optimalen Kartenausschnitt und dem maximalen Kartenausschnitt gab. Es war unklar, warum die Testpersonen die mobile Karte skalierten, obwohl fast alle benötigten Informationen für die Selbstlokalisation auf dem Smartphone-Display angezeigt waren. Vermutlich haben die Testpersonen intuitiv sowohl Standortwissen als auch Überblickwissen erworben.

	Globale Landmarken	Blickpunkte			
		5	6	7	8
Anzahl der Globalen Landmarken, die beim direkten Erwerb des räumlichen Wissens involviert waren.	Mahnmal St. Nikolai	**4**	**0**	entfällt	**1**
	Hauptkirche St. Katharinen	**0**	**16**	entfällt	entfällt
	Hauptkirche Sankt Petri	entfällt	entfällt	**9**	entfällt
Anzahl der Globalen Landmarken, die Testpersonen durch die Skalierung der mobilen Karte schon einmal gesehen hatten.	Mahnmal St. Nikolai	**1**	**4**	entfällt	**0**
	Hauptkirche St. Katharinen	**0**	**0**	entfällt	entfällt
	Hauptkirche Sankt Petri	entfällt	entfällt	**5**	entfällt
Anzahl der Globalen Landmarken, die auf dem finalen Kartenausschnitt angezeigt waren.	Mahnmal St. Nikolai	**0**	**0**	entfällt	**0**
	Hauptkirche St. Katharinen	**0**	**16**	entfällt	entfällt
	Hauptkirche Sankt Petri	entfällt	entfällt	**3**	entfällt

Tabelle 5: Qualitative Auswertung des Einflusses von Globalen Landmarken (Feldexperiment A)

Nach der Durchführung des Feldexperiments wurden die Testpersonen befragt, ob sie den Kirchturm zum indirekten oder direkten Erwerb des räumlichen Wissens einbezogen hatten. Es ging um die Frage, warum sie sich für einen Kartenausschnitt entschieden hatten, in dem der Kirchturm nicht angezeigt wurde, obgleich sie ihn entweder durch die Raumwahrnehmung oder das Kartenlesen bereits gesehen hatten. Diese Testpersonen argumentierten, dass die Darstellung des Standortes unleserlich bzw. zu klein gewesen wäre, wenn auch noch der Kirchturm auf dem Display hätte angezeigt werden müssen. Diese Aussage ist nachvollziehbar. Wenn das Mahnmal St. Nikolai zum Zweck der Selbstlokalisation an Blickpunkt 8 auf dem Display angezeigt würde, betrüge der angezeigte Ausschnitt des physikalischen Raums insgesamt 1,37 km^2; damit wären 50% des Stadtteils HafenCity auf dem Display angezeigt. Es handelt sich dann nicht mehr um Standortwissen, sondern um Überblickwissen.

4.3.4 Ergebnis A4

Anhand des Ergebnisses A1.2 ließ sich feststellen, dass die Mittelwerte bezogen auf die Zoom-Stufe an fünf Blickpunkten (Blickpunkte 4 bis 8) nur geringfügig von Zoom-Stufe 17 abwichen. Eigentlich müsste die Zoom-Stufe für die Selbstlokalisation nicht mehr geändert werden. Allerdings war die Änderung der Zoom-Stufe von 17 auf 18 an drei Blickpunkten (Blickpunkte 1, 2 und 3) erforderlich, d. h. die Standardansicht musste stark herangezoomt werden. Resultierend daraus ließen sich zwei Gruppen bilden: (1) Blickpunkte, an denen die Änderung der Zoom-Stufe zwingend notwendig war; (2) Blickpunkte, an denen die Änderung der Zoom-Stufe entbehrlich war.

Da die Änderung der Zoom-Stufe in der Regel mit Zeitaufwand in Verbindung steht, durfte angenommen werden, dass die Testpersonen an den Blickpunkten, an denen die Zoom-Stufe geändert werden musste, mehr Zeit gebaucht haben als an jenen Blickpunkten, an denen die Zoom-Stufe geringfügig oder sogar gar nicht geändert werden musste. Allerdings zeigte die deskriptive Statistik, dass diese Annahme falsch sein könnte (Tabelle 6, S. 99): Der Mittelwert der Zeitdauer unterschied sich zwischen einigen Blickpunkten fast nicht, obwohl die Zoom-Stufe zum Teil stark geändert werden musste. Um diese Annahme zu überprüfen, wurden im Folgenden sowohl eine quantitative als auch eine qualitative Auswertung vorgenommen.

		Blickpunkte Standorte	Mittelwert der Zoom-Stufe	Standard-abweichung	Mittelwert der Zeitdauer	Standard-abweichung
Gruppe I	1	Othmarschen	**M = 18,02**	,48	M = 20,63	4,95
	2	Bahrenfeld	**M = 18,23**	,59	M = 19,75	5,03
	3	Micherstraße	**M = 17,98**	,61	**M = 26,19**	6,34
Gruppe II	4	Cremon	M = 17,00	,72	**M = 13,88**	4,70
	5	Kehrwieder	M = 17,06	,33	M = 19,06	5,62
	6	Brook	M = 17,18	,37	**M = 10,06**	2,77
	7	Grimm	M = 17,16	,37	M = 17,44	4,47
	8	Sandbrücker	M = 16,82	,54	M = 19,75	4,04

Tabelle 6: Mittelwert der Zeitdauer bei der Aufgabenerledigung (Feldexperiment A)

Quantitative Datenauswertung

Ziel war, eine statistische Aussage darüber zu treffen, ob die Mittelwerte der Zoom-Stufe sich zwischen Gruppe I und II unterschieden. Zum Erreichen dieses Ziels wurde ein *t*-Test durchgeführt:

Varianzhomogenität lag vor (*Levene-Test: F(1,126) = ,22; p = ,64; n = 128*). Allerdings zeigten die Shapiro-Wilk-Tests, dass die Normalverteilung bei Gruppe I nicht gegeben war (Signifikanz = *,01*). Hierbei wurde davon ausgegangen, dass der *t*-Test robust gegenüber Verletzung der Normalverteilung ist (Brosius 2011). Daher wurde ein *t*-Test durchgeführt.

Das Ergebnis zeigte, dass Gruppe I (*M = 22,19; SD = 6,08; n = 48*) mehr Zeit bei der Erledigung benötigte als Gruppe II (*M = 16,04; SD = 5,64; n = 80*). Diese Effektstärke entsprach einem mittelstarken Effekt (*t (126) = 5,80; p = ,00; r = ,46*). Das Ergebnis zeigt, dass eine inadäquate Zoom-Stufe einen Einfluss auf die Zeitdauer hat. Anders ausgedrückt: Generell wird eine inadäquate Zoom-Stufe zu einem hohen Zeitaufwand führen.

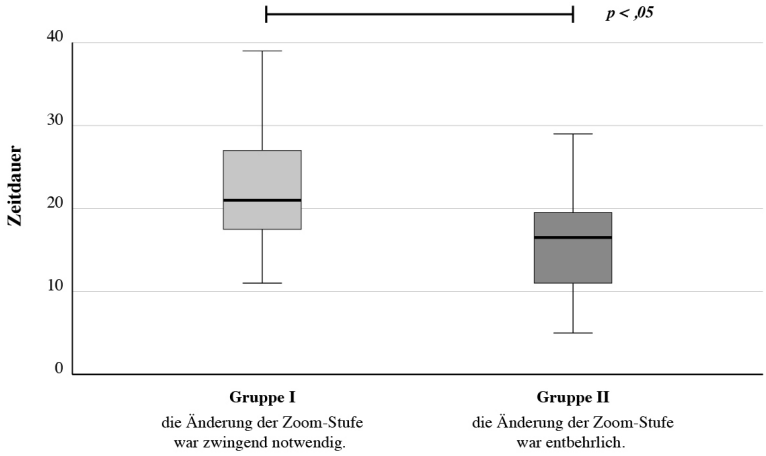


Abbildung 33: Ergebnis des *t*-Tests (Feldexperiment A)

Da es eine Verletzung der Normalverteilung gab, wurde ein nichtparametrischer Test durchgeführt; hierbei bestätigte das Ergebnis des Mann-Whitney-U-Tests weitgehend die Resultate des *t*-Tests (*U = 936,50; p = ,00; r = ,43*). Die Effektstärke entsprach ebenfalls einem mittelstarken Effekt.

Um die Unterschiede zwischen den einzelnen Blickpunkten genauer zu betrachten, wurde eine **einfaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung** *(Mauchly-W(27) = ,06; p = ,16)* durchgeführt. Dabei war der einzelne

Blickpunkt der Faktor (unabhängige Variable), der Zeitaufwand war die abhängige Variable. Die Shapiro-Wilk-Tests zeigten, dass die abhängige Variable (Zeitaufwand) an jedem Blickpunkt normalverteilt war [53].

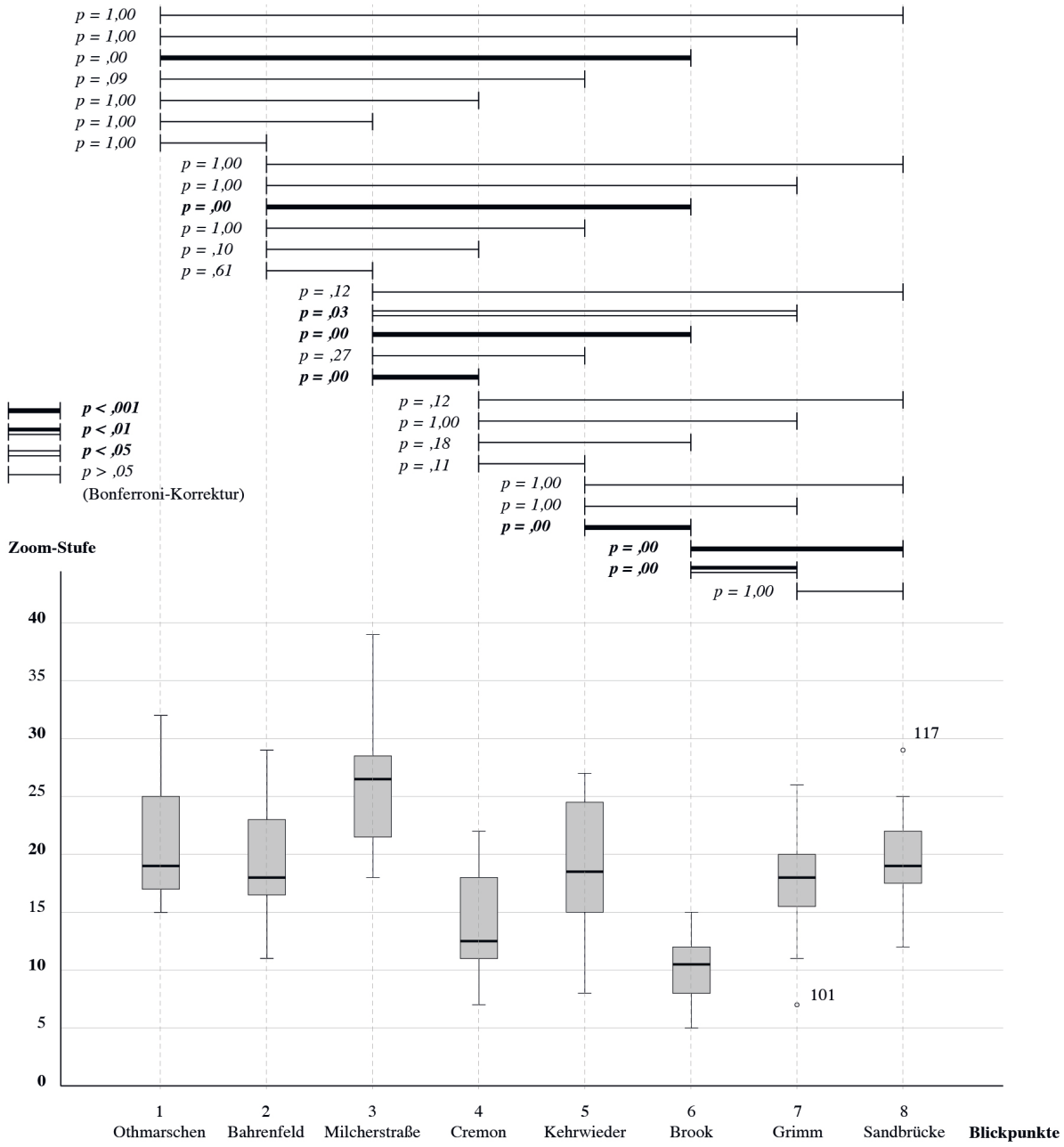


Abbildung 34: Zeitdauer zur Entscheidung einer Zoom-Stufe seitens der Testpersonen

Das Ergebnis zeigte, dass der Zeitaufwand beim Erledigen der Selbstlokalisationsaufgabe sich je nach Blickpunkt unterschied *(F(7,105) = 14,98; p = ,00; partielles* η^2 *= ,50; n = 128)*. Die Effektstärke lag bei *f = 1,00* und entsprach einem starken Effekt. Post-hoc-Tests mit Bonferroni-Korrektur zeigten (Abbildung 34, S. 100), dass drei Gruppen bezüglich des Zeitaufwandes bei der Aufgabenerledigung gebildet werden konnten. An sechs Blickpunkten (Blickpunkte 1, 2, 4, 5, 7 und 8) lagen keine signifikanten Unterschiede bzgl. des Zeitaufwandes vor (*p > ,05*). Der Mittelwert der Zoom-Stufe an Blickpunkt 6 unterschied sich von fast allen anderen (ausgenommen

[53] Test der Normalverteilung siehe Tabelle 20, S. 177

Blickpunkt 4). An Blickpunkt 6 hatten alle 16 Testpersonen am wenigsten Zeit gebraucht (*M = 10,06 Sek.; SD = 2,77*), um sich für eine Zoom-Stufe zu entscheiden. Der höchste Zeitaufwand war an Blickpunkt 3 (*M = 26,19 Sek.; SD = 6,34*).

Diese Ergebnisse weisen darauf hin, dass die adäquate Zoom-Stufe nicht immer der ausschlaggebende Einflussfaktor für die effektive Lösung einer Selbstlokalisationsaufgabe war. Dies war unerwartet, weil trotz des Zoom-Prozesses kein zusätzlicher Zeitaufwand an einigen Blickpunkten entstand: An den Blickpunkten 1 und 2 haben die Testpersonen die Karte von Zoom-Stufe 17 auf 18 vergrößert, dennoch war der Mittelwert bzgl. des Zeitaufwandes vergleichbar mit jenem an Blickpunkten, an denen die Zoom-Stufe nicht geändert werden musste, z. B. Blickpunkte 7 und 8.

Exemplarische quantitative Datenauswertung

Der höchste Zeitaufwand bei der Aufgabenerledigung war an Blickpunkt 3 (*M = 26,19 Sek.*) und die effektivste Aufgabenerledigung erfolgte an Blickpunkt 6 (*M = 10,06 Sek.*). Um die Ursachen herauszufinden, wurden die festgehaltenen Entscheidungsbezogenen Landmarken seitens der Testpersonen auf einem Panoramabild zusammengefasst (Abbildung 35, S. 101).

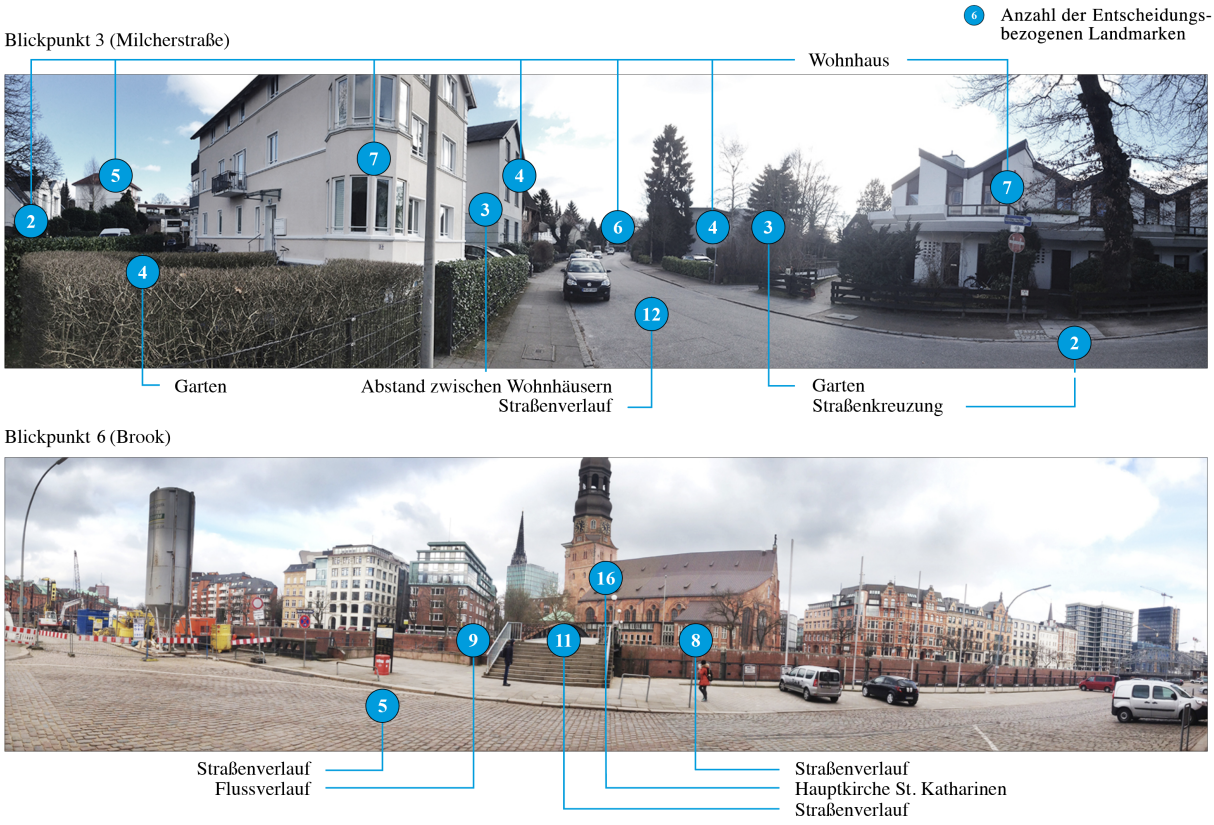


Abbildung 35: Vergleich der Entscheidungsbezogenen Objekte zwischen Blickpunkten 3 und 6

Blickpunkt 3 befand sich in einem Wohngebiet. Alle Wohnhäuser waren von der architektonischen Konzipierung und Fassadenfarbe her kaum zu unterscheiden. Ferner konnte die graphische Darstellung der Wohnhäuser aufgrund der graphischen Generalisierung nicht mit den entsprechenden, wahrgenommenen Wohnhäusern im Vista Raum in Verbindung gebracht werden. In der Abbildung (Abbildung 35, S. 101) war ersichtlich, dass die Entscheidungsbezogenen Landmarken an Blickpunkt 3 stark differenziert ausfielen. Anhand der Aussagen der

Testpersonen konnte festgestellt werden, dass es schwierig war, das einzelne Haus mittels der Kartendarstellung[54] wiederzuerkennen. Durch die Teilnehmende Beobachtung konnte festgestellt werden, dass das Dargestellte in der mobilen Karte und das Wahrgenommene im Umblickfeld mehrfach miteinander abgeglichen wurden. Insofern ist die Zeitüberschreitung (über 30 Sekunden) zweier Testpersonen nachvollziehbar.

An Blickpunkt 6 befand sich die Hauptkirche St. Katharinen unmittelbar in Blickrichtung; diese wurde ebenfalls in der Standardansicht mit Zoom-Stufe 17 einschließlich graphischer Hervorhebung dargestellt[55]. Hier haben alle Testpersonen ausnahmslos die Hauptkirche als Entscheidungsbezogene Landmarke genannt. Aufgrund der graphischen Hervorhebung wurde die Hauptkirche von den meisten Testpersonen rasch wiedererkannt. Das Ergebnis wies darauf hin, dass eine effektive Erledigung der Selbstlokalisationsaufgabe erfolgen kann, wenn ein visuell auffälliges Geo-Objekt im Sinne einer Landmarke im Umblickfeld vorhanden ist und dieses Geo-Objekt ebenfalls in der mobilen Karte graphisch hervorgehoben wird.

Es zeichnete sich ab, dass bei der effektiven Erledigung auch der adäquaten Zoom-Stufe eine gewisse Bedeutung zukommt. Tabelle 7 (S. 102) zeigte, dass jeweils zwei Testpersonen (12,50%) an den Blickpunkten 4 und 7 keine Änderung der Zoom-Stufe vorgenommen und sich direkt für die Standardansicht mit der Zoom-Stufe 17 entschieden haben. Insbesondere war der Zeitaufwand an Blickpunkt 4 vergleichsweise gering (*M = 13,88*). Der Unterschied bzgl. des Zeitaufwands zwischen den Blickpunkten 4 und 6 war ebenfalls nicht signifikant (*p = ,18*).

Blickpunkte	1	2	3	**4**	5	**6**	**7**	8
Anzahl der Erledigung ohne Änderung der Zoom-Stufe	0	0	0	**2**	0	**6**	**2**	0
Anteil von gesamten Testpersonen	–	–	–	**12,50%**	–	**37,50%**	**12,50%**	–
Mittelwert der Zeitdauer bei der Aufgabenerledigung	20,63	19,75	26,19	**13,88**	19,06	**10,06**	**17,44**	19,75

Tabelle 7: Anzahl der Erledigung ohne Änderung der Zoom-Stufe (Feldexperiment A)

Generell ergänzt das Ergebnis dieser qualitativen Auswertung die statistische Aussage, dass die inadäquate Zoom-Stufe für einen großen Zeitaufwand bei der Erledigung der Selbstlokalisationsaufgabe nicht hauptsächlich verantwortlich ist. Es ist möglicherweise davon auszugehen, dass die Darstellung der Landmarke für die effektive Erledigung der Selbstlokalisation eine primäre Rolle und die adäquate Zoom-Stufe dabei eine sekundäre Rolle spielt. Je schneller und einfacher die Verbindung zwischen dem Wahrgenommenen im Umblickfeld und dem Dargestellten in der mobilen Karte hergestellt werden kann, desto effektiver kann die Selbstlokalisationsaufgabe erledigt werden. Liegt keine visuell auffällige Lokale Landmarke im Umblickfeld, wird die Selbstlokalisationsaufgabe erschwert.

Ergebnis A4

Die Darstellung der Lokalen Landmarke hat einen bedeutenden Einfluss auf das effektive Lösen der Selbstlokalisationsaufgabe im Sinne eines geringen Zeitaufwandes. Hierbei hat eine inadäquate Zoom-Stufe auch Auswirkungen, dieser Einfluss ist jedoch vergleichsweise gering.

[54] Kartendarstellung siehe Abbildung 25, S. 84
[55] Kartendarstellung siehe Abbildung 25, S. 84

4.4 Ergebniszusammenfassung und zukünftige Fragen

Im Folgenden werden die Ergebnisse aus den unterschiedlichen Auswertungsverfahren zusammengefasst (Unterabschnitt 4.4.1), die wiederum als Erkenntnisgrundlage für die weiteren Feldexperimente dienen und aus denen sich zukünftige Fragen ableiten (Unterabschnitt 4.4.2).

Die Limitationen (Einschränkungen) der Ergebnisse fußen auf den Voraussetzungen, den Grundannahmen[56] sowie den Testbedingungen[57]. Da die Limitationen der Ergebnisse bei allen durchgeführten Feldexperimenten im Rahmen der empirischen Untersuchungsreihe ähnlich bzw. vergleichbar sind, werden sie im Schlusskapitel dieser Arbeit zusammengefasst.

4.4.1 Ergebniszusammenfassung

Im Rahmen dieses explorativen Feldexperiments wurde ein Innensubjektiv-Design konzipiert. Durch unterschiedliche Auswertungsverfahren wurde untersucht, welche Faktoren bzw. angenommenen Umblickfeld-Parameter einen Einfluss auf die Zoom-Stufe haben.

Es bestätigte sich, dass der visuelle Wahrnehmungsraum im Umblickfeld in vielerlei Hinsicht mit der Zoom-Stufe in Beziehung stand. Als wichtigster Faktor stellte sich die Größe des Umblickfeldes heraus, die durch den Flächeninhalt des Umblickfeld-Polygons bestimmt wurde. Die anderen Umblickfeld-Parameter (z. B. Länge der maximalen Sichtachse und Umfang), wodurch die Größe des Umblickfeldes ebenfalls beschrieben werden konnte, korrelierten zwar mit der Zoom-Stufe, waren aber weniger gut geeignet für die Anwendung im Falle unterschiedlicher Raumtypen. Infolgedessen ist **These 1 anzunehmen**, d. h. die Größe des Umblickfeldes (Flächeninhalt) hat einen Einfluss auf die Zoom-Stufe für die Selbstlokalisation.

Die Umblickfeld-Parameter (Kompaktheitsgrad, Konvexität und Gezacktheit), mit denen die Komplexität der geometrischen Form des Umblickfeld-Polygons beschrieben wurde, standen nicht mit der Zoom-Stufe im Zusammenhang. Daher kann **These 2** insofern **verworfen** werden, als die geometrische Komplexität des Umblickfeldes keinen nachweisbaren Einfluss auf die Zoom-Stufe hat.

These 3 – die fern liegende Globale Landmarke hat keinen Einfluss auf die Zoom-Stufe für die Selbstlokalisation – kann **bestätigt** werden. Globale Landmarken konnten zwar im Umblickfeld unmittelbar wahrgenommen werden, deren Darstellung wurde aber nur vereinzelt durch Skalierung auf dem Display angezeigt. Aufgrund dessen darf davon ausgegangen werden, dass die Globale Landmarke nicht an der Selbstlokalisation (Abgleichsprozess) beteiligt ist und somit keinen Einfluss auf die Zoom-Stufe hat. Diese Aussage setzt aber voraus, dass die Globale Landmarke nur in einer großen Entfernung zu sehen ist und sich nicht im Umblickfeld befindet. Andernfalls wird sie als Lokale Landmarke behandelt. Im Falle dessen haben Globale Landmarken im Vergleich zu anderen Lokalen Landmarken einen starken Einfluss auf den Erwerb des Standortwissens und somit auf das Zoom-Verhalten.

Generell bestätigen diese Erkenntnisse das Ergebnis der früheren Feldstudie (Wei und Schiewe 2017) insofern, als ein enger Zusammenhang zwischen dem Umblickfeld und dem standortbezogenen Kartenausschnitt festgestellt werden kann. Trotz der Individualität der verwendeten Lokalen Landmarken benötigt der Nutzer je nach Größe des sichtbaren Bereichs den entsprechenden Kartenausschnitt in Verbindung mit der standortangepassten Zoom-Stufe. Anhand der Erkenntnisse dieses Feldexperiments wird ausschließlich der Flächeninhalt des Umblickfeldes in den weiteren Feldexperimenten als Einflussfaktor auf die Zoom-Stufe angesehen. Die anderen Umblickfeld-Parameter werden also nicht mehr in Betracht gezogen.

[56] Voraussetzungen und Grundannahmen siehe Abschnitt 3.1, S. 56 ff
[57] Testbedingungen siehe Unterabschnitt 3.2.2, S. 68 ff

4.4.2 Zukünftige Fragen

Der Unterabschnitt widmet sich der Darstellung der zukünftigen Fragen und der diskussionswürdigen Themen:

- **Repräsentativität für die gesamte Nutzergruppe**

  Die Frage, ob die Stichprobe (16 Testpersonen) für die gesamte Nutzergruppe des Fußgänger-Navigationssystems repräsentativ ist, erscheint durchaus diskussionswürdig und diskussionsbedürftig, da alle 16 Testpersonen Studierende waren oder studiert haben. Obgleich der Ausbildungshintergrund der meisten Testpersonen nicht unmittelbar mit der Kartographie zusammenhing, hatten sie das notwendige Grundwissen über Kartendarstellung und GUI-Funktionen. Insofern war es fraglich, ob die Ergebnisse dieses Feldexperiments im Falle einer anderen Ausbildungssituation gleich geblieben wären. Das Durchschnittsalter der Testpersonen betrug ca. 27,5 Jahre. Aufgrund der schnellen technischen Entwicklung in den vergangenen Jahren sind junge Testpersonen mit den digitalen Medien möglicherweise gut vertraut – vielleicht hätten ältere Testpersonen einen anderen Umgang mit der interaktiven Karte mittels Smartphones zum Zweck der Selbstlokalisation. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass Nutzer im höheren Alter aufgrund der Lesbarkeit der Karte eine große Zoom-Stufe brauchen. Daher sind in Zukunft weitere Untersuchungen notwendig, die vor allem mit vielfältigen Merkmalen und mit einer großen Anzahl von Testpersonen durchgeführt wird, so dass möglichst die gesamte Zielgruppe (Nutzer des Fußgänger-Navigationssystems) abgedeckt werden kann.

- **Einfluss des Geschlechtsunterschieds**

  In diesem Feldexperiment war die Verteilung nach Geschlecht ungleich (männlich 4, weiblich 12); somit darf die Frage gestellt werden, ob dies das Ergebnis gefährden könnte.

  Über den Einfluss des Geschlechtsunterschiedes auf den Erwerb des räumlichen Wissens gibt es umfangreiche Literatur. In erster Linie gibt es einen starken Geschlechtsunterschied in der mentalen Rotationsfähigkeit (Linn und Petersen (1985). Beim mentalen Rotationstest sind die Männer durchschnittlich besser als die Frauen (Wiedenbauer 2006). Pellkofer (2016) vermutete, dass Männer und Frauen möglicherweise unterschiedliche Rotationsstrategien verwenden. Die mentale Rotationsfähigkeit, die mit dem Ausrichtungs-Effekt[58] und mit der Auswahl der Darstellungstypen[59] unmittelbar verknüpft ist, stand im Rahmen dieser Arbeit nicht im Vordergrund. Andernfalls müssten beide Grundannahmen infrage gestellt werden. Zweitens besteht der Geschlechtsunterschied im Direkterwerb des räumlichen Wissens. Hierbei sind die Männer erfolgreicher als die Frauen (Montello et al. 1999). Beim vorhandenen räumlichen Wissen oder beim Indirekterwerb des räumlichen Wissens aus der Karte ergaben sich keine eindeutigen Geschlechtsunterschiede (Montello et al. 1999). Im Rahmen einer Wegfindungs-Aufgabe stellten Fontaine und Denis (1999) mittels *recall*-Test fest, dass die Beschreibungen von Frauen häufiger Gebäude und jene von Männern mehr die räumlichen Entfernungen enthielten. Vergleichbare Erkenntnisse lieferte die Studie von Lawton (1994):

  > *„Women were more likely to report using a route strategy (attending to instructions on how to get from place to place), whereas men were more likely to report using an orientation strategy (maintaining a sense of their own position in relation to environmental reference points)“ (Lawton 1994, S. 765).*

  Die oben dargelegten Erkenntnisse stehen mit dem Erwerb des Routenwissens in Verbindung. Daher konnte keine Aussage getroffen werden, ob das erworbene Standortwissen für die Selbstlokalisation zwischen Frauen und Männern sich unterscheidet, woraus sich wiederum das Zoom-Verhalten ableitet. In der Tat wiesen Linn und Petersen (1985) darauf hin, dass die Geschlechtsunterschiede nicht bei allen

[58] Ausrichtungs-Effekt siehe Abschnitt 3.1, S. 56
[59] Auswahl der Darstellungstypen siehe Abschnitt 3.1, S. 60

Arten der räumlichen Fähigkeiten signifikant nachgewiesen werden konnten. In diesem Zusammenhang ist die Erforschung der Geschlechtsunterschiede beim Erwerb des Standortwissens im Kurzzeitgedächtnis wünschenswert. Ungeachtet dessen sollte in den weiteren Feldexperimenten möglichst darauf geachtet werden, dass eine homogene Geschlechterverteilung in jeder Testgruppe gewährleistet ist.

- **Einfluss der Objektanordnung (Typologie)**

  Der architektonische Raum ist mit der Architektur-Typologie bzw. Stadttypologie untrennbar verknüpft. Aufgrund der Konzipierung und Anordnung der architektonischen und stadtplanerischen Formen (Elemente) haben unterschiedliche Stadtraumtypen unzweifelhaft einen Einfluss auf die Raumwahrnehmung sowie Repräsentationen des räumlichen Wissens. Aufgrund dessen dürfen die Aspekte dieser Typologie nicht vernachlässigt werden.

  Im Rahmen dieses Feldexperiments wurde der Einfluss der Objektanordnung im Umblickfeld nicht als Schwerpunkt untersucht. Es wurde lediglich aus geometrischer Sicht untersucht, ob die Komplexität des Umblickfeld-Polygons einen Einfluss auf die Zoom-Stufe hat. Zweifellos umfasst die Architektur-Typologie weit mehr als die geometrische Form des Umblickfeldes. Um eine empirisch fundierte Aussage zu treffen, sollte auf die architektonische bzw. stadtplanerische Typologie von Krier (1975) oder Lynch (1960) zurückgegriffen werden.

  Um den Einfluss der Objektanordnung auszuschließen, ist es empfehlenswert, die Feldexperimente in folgenden zwei Richtungen zu konzipieren:

  1. Während die Stimuli (Umblickfeld-Polygon) den gleichen Flächeninhalt des Umblickfeld-Polygons besitzen, sollten Objekte oder Objekttypen innerhalb dieser Umblickfeld-Polygone unterschiedlich angeordnet werden. Falls die Zoom-Stufe ungeachtet der unterschiedlichen Anordnungen konstant bleibt oder ein Unterschied der Zoom-Stufe für die Selbstlokalisation nicht signifikant nachgewiesen werden kann, darf davon ausgegangen werden, dass die Objektanordnung keinen Einfluss auf die Zoom-Stufe hat.
  2. Bei einem gleichen Stadtraumtypus (z. B. Abbildung 30, S. 8) in unterschiedlichen Maßstäben bzw. Flächeninhalten sollte die Zoom-Stufe für die Selbstlokalisation sich unterscheiden. Ist dies nicht gegeben, darf davon ausgegangen werden, dass der Maßstab des Wahrnehmungsraums (Größe des Umblickfeld-Polygons) keinen bedeutenden Einfluss auf die Zoom-Stufe hat.

- **Graphische Darstellung**

  Anhand der ausgewerteten qualitativen Daten wurde festgestellt, dass die Interpretation einzelner graphischer Darstellungen bei der Anpassung der Zoom-Stufe von Bedeutung war. Insbesondere erwies sich die graphische Hervorhebung der Landmarke als einflussreicher Faktor. Das durchgeführte Feldexperiment basierte ausschließlich auf einem ausgewählten Kartendesign (OpenStreetMap); daher war festzustellen, dass Forschungsbedarf im Hinblick auf den Einfluss unterschiedlicher Kartengestaltungen auf die Zoom-Stufe besteht. Aufgrund des begrenzten Arbeitsumfangs wurde die OpenStreetMap weiterhin als Grundkarte verwendet. Der Frage nach dem Einfluss der graphischen Variablen wurde im Rahmen dieser Arbeit nicht nachgegangen.

- **Positionierung des *you-are-here* Symbols**

  Generell wurde die Grundannahme in dieser Arbeit getroffen, dass das *you-are-here* Symbol in der geometrischen Mitte des Smartphone-Displays positioniert werden sollte. Ungeachtet der Unstimmigkeiten unterschiedlicher Wissenschaftler ist es untersuchungswürdig, ob der Unterschied bezüglich der Varianz der Zoom-Stufe bei den unterschiedlich positionierten *you-are-here* Symbolen als signifikant nachgewiesen werden kann und wo die Positionierung des *you-are-here* Symbols für die Selbstlokalisation als optimal

bewertet werden kann.

Generell stand die Positionierung des *you-are-here* Symbols auf dem Smartphone-Display nicht im Forschungsfokus. Durch die qualitative Datenanalyse im Hinblick auf die Entscheidungsbezogenen Objekte seitens der Testpersonen war ersichtlich, dass die Objekte, die sich in Blickrichtung befanden, überwiegend beim Lösen der Selbstlokalisationsaufgabe herangezogen wurden. Hiervon ausgenommen war der Fall, dass eine visuell auffällige Lokale Landmarke (z. B. S-Bahnhaltestelle oder Kirche) senkrecht zur Blickachse oder hinter dem Rücken lag. In diesem Feldexperiment wurden die Testpersonen mit dem Auto zu den ausgewählten Blickpunkten gefahren. Insofern hatten sie ein unerwartetes Umblickfeld, als sie aus dem Auto ausstiegen. Allerdings dürfte dieses Szenario in der Realität selten vorkommen. Angenommen, dass ein Nutzer sich nach dem Aussteigen aus der Bahn mittels der Navigationsapplikation orientieren möchte, weil er zuvor hier (Bahnhof) bereits gewesen ist, könnte dieser Ort als Entscheidungsbezogenes Objekt einbezogen werden.

> *„However, there are two ways of orientation: one by the trajectory of the map reader – their general heading – and one by the current orientation of the mobile device – their implied actual heading. The general heading demarcates the environment into a front, the part of the environment not yet traversed, and a back, the part of the environment already traversed (in terms of near past events), a left and right [...]. It is reasonable to assume that users will recognize the part they have already traversed on the map and in the real environment as they usually know where they come from“ (Schmid et al. 2010a, S. 85).*

Daher ist untersuchungsbedürftig, ob die Zoom-Stufe sich je nach Positionierung des *you-are-here* Punktes auf dem Smartphone-Display signifikant unterscheidet.

- **Einfluss der Standardsicht im Zoom-Stufe 17**

  Methodisch bedingt musste beim Indirekterwerb des Standortwissens aus der mobilen Karte eine Standardansicht als Ausgangspunkt gewählt werden. Bei der Durchführung des Feldexperiments fiel jedoch auf, dass diese Standardansicht in Zoom-Stufe 17 zu einer Art von „Voreingenommenheit“ führen könnte, denn diese Standardsicht wurde häufig länger betrachtet. Diese „Voreingenommenheit“ bedeutet hier, dass die Testpersonen möglicherweise davon ausgingen, dass diese Standardansicht mit der voreingestellten Zoom-Stufe 17 entweder das gewünschte Ergebnis oder das nicht gewünschte Ergebnis war. Dieser Vermutung liegen die Ergebnisse an fünf Blickpunkten (Blickpunkten 4, 5, 6, 7 und 8) zugrunde: Obgleich die Standardansicht bereits in Zoom-Stufe 17 eingestellt wurde, welche eigentlich die optimale Zoom-Stufe war, hatten die meisten Testpersonen die mobile Karte jedoch skaliert und schlussendlich bemerkt, dass die Zoom-Stufe überhaupt nicht geändert werden musste. Aufgrund der kleinen Probandenzahl konnte im Rahmen dieses Feldexperiments nicht festgestellt werden, ob dieser Umgang mit der Standardsicht ein allgemeines Phänomen ist oder ob es sich um einen Zufall handelte. Daher wurde die Standardansicht in Zoom-Stufe 17 im weiteren Feldexperiment verwendet. Sollte dieser Umgang mit der Standardsicht durch eine große Anzahl von Testpersonen bestätigt werden, muss diesem Einfluss und der damit verbundenen „Voreingenommenheit“ methodisch entgegengewirkt werden.

5

Feldexperiment B1: Einfluss der Displaygröße auf die Zoom-Stufe

Im zuvor durchgeführten Feldexperiment wurde ausschließlich das im Jahr 2012 hergestellte iPhone 5 mit 4” Displaydiagonale verwendet. Der aktuelle Trend offenbart, dass das Smartphone-Display immer größer wird. Ob ein riesiges Smartphone mit einer 7,2” Displaydiagonale statt eines kleinen Displays in der Zukunft überwiegend verwendet werden wird, ist im Rahmen dieser Arbeit nicht zu klären. Ungeachtet dessen drängt sich jedoch in pragmatischer Hinsicht die Frage auf, ob die Vielfalt der Smartphone-Displaygröße einen Einfluss auf die Zoom-Stufe hat. Denn die darzustellenden Ausschnitte des physikalischen Raums an einem Blickpunkt fallen differenziert aus, wenn die Zoom-Stufen unabhängig von der Displaygröße identisch sind. Dieser darzustellende Ausschnitt könnte das indirekt erworbene Standortwissen beeinflussen, welches wiederum das Zoom-Verhalten steuern könnte.

Ziel des folgenden Feldexperiments ist die Überprüfung der aufgestellten These 5; diese besagt, dass die Displaygröße keinen Einfluss auf die Zoom-Stufe hat. Das Feldexperiment dient dem **Untersuchungszweck**, statistisch zu ermitteln, welchen Einfluss die Displaygröße auf die Zoom-Stufe für die Selbstlokalisation hat. Außerdem soll das statistische Ergebnis mittels der ergänzenden Erhebung und Auswertung der qualitativen Daten validiert werden.

5.1 Aufbau

Der folgende Abschnitt stellt die Konzipierung des Feldexperiments vor. Dabei werden die zu untersuchenden Variablen, die fokussierten Fragestellungen (Unterabschnitt 5.1.1), das Forschungsdesign (Unterabschnitt 5.1.2), die Aufgaben sowie die angewandte Methode zur Erkenntnisgewinnung (Unterabschnitt 5.1.3) erläutert.

5.1.1 Forschungsfragen und Variablen

Im Vergleich zu den anderen Umblickfeld-Parametern wurde im vorangegangenen Feldexperiment festgehalten, dass der Flächeninhalt des Umblickfeldes als der ausschlaggebende Parameter für die Bestimmung der Zoom-Stufe bei der Selbstlokalisation anzusehen ist. Daher muss der Flächeninhalt des Umblickfeld-Polygons neben der Displaygröße im Rahmen des folgenden Feldexperiments als Einflussgröße einbezogen werden. Aufgrund dieser Überlegung wurde eine **zweifaktorielle Varianzanalyse ohne Messwiederholung** konzipiert, mit deren Hilfe die folgenden Forschungsfragen beantwortet werden können:

Forschungsfrage B1.1

Welchen Einfluss haben die Displaygröße und der Flächeninhalt des Umblickfeld-Polygons auf die Zoom-Stufe?

Forschungsfrage B1.2

Liegt bezogen auf die Zoom-Stufe ein Interaktionseffekt zwischen Flächeninhalt des Umblickfeld-Polygons und Displaygröße vor?

Ein Faktor ist hierbei die **Smartphone Displaygröße**, ein anderer der **Flächeninhalt** des Umblickfeld-Polygons. Aufgrund der kleinen und überschaubaren Anzahl von Faktor-Stufen werden beide Faktoren eher als ordinalskaliert betrachtet.

Der **Faktor Displaygröße** ist in zwei Faktor-Stufen (*diag. = 4"* und *diag. = 6,2"*) unterteilt. Durch diese Auswahl wurden nicht nur eines der größten Smartphone Displays, sondern auch die älteren Smartphone Modelle mit einem vergleichsweise kleinen Display berücksichtigt. Da beide Displaygrößen die gesamte Bandbreite der geläufigen Smartphone Modelle abdecken konnten (Stand Mitte 2018), ist die Einbeziehung von mehreren Faktor-Stufen im Hinblick auf Displaygröße und Smartphone-Modelle nicht notwendig. Fällt der Unterschied bzgl. der Zoom-Stufe zwischen beiden Displays nicht signifikant aus, darf davon ausgegangen werden, dass der Displaygröße bei der Bestimmung der Zoom-Stufe keine determinierende Bedeutung zukommt. Selbstverständlich könnten auch die anderen Smartphone-spezifischen Faktoren, z. B. Seitenverhältnis, Auflösung, Punktdichte, Kontrast sowie Helligkeit einen Einfluss auf Repräsentationen des indirekt erworbenen Standortwissens haben. Folglich könnte sich dies auf die Entscheidungsfindung der Zoom-Stufe seitens der Testpersonen auswirken. Solche Faktoren werden als nicht maßgeblich für die Zoom-Stufe betrachtet und daher werden sie im Rahmen dieses Feldexperiments nicht berücksichtigt.

Der **Faktor Flächeninhalt** des Umblickfeld-Polygons wird in fünf Faktor-Stufen unterteilt. Jede Faktor-Stufe bezieht sich auf einen ausgewählten Blickpunkt in Verbindung mit dem Umblickfeld-Polygon. Um eine studienübergreifende Diskussion über das Ergebnis zu ermöglichen, werden zwei Blickpunkte (Blickpunkte 1 und 5), an denen das zuvor durchgeführte Feldexperiment (Feldexperiment A) bereits durchgeführt wurde, nochmals herangezogen. Da die ausgewählten Umblickfeld-Polygone beim vorangegangenen Feldexperiment sich nur auf die Bandbreite des Flächeninhalts zwischen $F_{min.}$ = 900 m^2 und $F_{max.}$ = 21.632 m^2 beziehen, wird diese Bandbreite in folgendem Feldexperiment bewusst stark vergrößert ($F_{max.}$ = 39.209 m^2).

Wie bei allen anderen Feldexperimenten war die **abhängige Variable** die **Zoom-Stufe**, welche die definierte Zielgruppe[60] zum Zweck der Selbstlokalisation mittels der mobilen Karte benötigte, um so den optimalen Kartenausschnitt zu bestimmen[61].

5.1.2 Forschungsdesign und Auswertungsmethode

Methodisch bedingt ließ sich das Ergebnis des zuvor durchgeführten Feldexperiments auf das Innersubjekt-Design und die Datenerhebung mittels einer identischen Displaygröße zurückführen. Um diese methodischen Schwächen[62] zu kompensieren und um die Methodenauswahl zu vergrößern, wird für das folgende Feldexperiment das Zwischensubjekt-Design (*between-subject-design*) in Verbindung mit 2*5 Varianzanalyse (ANOVA) gewählt.

[60] Definieren der Zielgruppe siehe Unterabschnitt 3.2.2, S. 68
[61] Erhebung der Zoom-Stufe siehe Unterabschnitt 3.3.2, S. 72
[62] Die methodischen Schwächen z. B. *order effects* siehe Martin (2008), S. 154 ff

Konkret bedeutet das Forschungsdesign in diesem Untersuchungszusammenhang, dass 100 Testpersonen an diesem Feldexperiment teilnehmen und jede Testperson die vorgegebene Selbstlokalisationsaufgabe nur einmalig an einem Blickpunkt erledigen soll. Da insgesamt fünf Blickpunkte vorgesehen sind, sollen 20 Versuchspersonen an jedem Blickpunkt rekrutiert werden, wobei eine Hälfte der Testpersonen das 4" Display und die andere Hälfte das 6,2" Display verwendet (Tabelle 8, S. 109).

	Flächeninhalt *(F)*									
	Blickpunkt 1		Blickpunkt 9		Blickpunkt 5		Blickpunkt 10		Blickpunkt 11	
	sehr klein $F = 900\ m^2$		klein $F = 11.755\ m^2$		mittel $F = 20.170\ m^2$		groß $F = 26.691\ m^2$		sehr groß $F = 39.209\ m^2$	
Displaygröße *(diag.)*	4"	6,2"	4"	6,2"	4"	6,2"	4"	6,2"	4"	6,2"
Zoom-Stufe, die aus Nutzersicht für die Selbstlokalisation an einem ausgewählten Blickpunkt am besten geeignet ist.										
Anzahl der Testpersonen	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Tabelle 8: Forschungsdesign (Feldexperiment B1)

Da das Feldexperiment A mittels des Innersubjekt-Designs konzipiert wurde, hat das konzipierte Zwischensubjekt-Design in diesem Feldexperiment (Feldexperiment B1) eine ergänzende Funktion. Das Zwischensubjekt-Design hat einen großen **Vorteil** im Vergleich zum Innersubjekt-Design: Erstens wird vermieden, dass die Teilnehmer nach einer langen Reihe von Tests bzw. durch mehrfache Erledigung der gleichen Aufgabe eine Routine entwickeln. Zweitens wird die Anzahl der Testpersonen stark vergrößert (Feldexperiment A: *n = 16*; Feldexperiment B1: *n = 100*). Dadurch können viele potenzielle Einflussgrößen wie Alter und Ausbildungshintergrund berücksichtigt werden. Außerdem können Stichproben möglichst für die gesamte Zielgruppe repräsentativ sein. In diesem Sinne dürfte das Zwischensubjekt-Design als geeignet und zweckdienlich empfunden werden. Allerdings hat es methodisch bedingt auch einige **Nachteile**:

> *„The biggest disadvantage of a between-subjects design is that the groups assigned to each level of the independent variable might not be equivalent to each other on some dimension, and this dimension might bias the behavior being measured. Whenever groups are formed with different people, it is possible that the groups will be quite different" (Martin 2008, S. 151).*

Um diesem Nachteil entgegenzuwirken, wurde das *matched-group* Verfahren (Martin 2008) bei der Datenerhebung angewandt. Konkret bedeutet dies, dass die Testpersonen jeder Gruppe bewusst rekrutiert wurden, z. B. mit einer Verteilung des geschätzten Durchschnittsalters zwischen 35 und 40 Jahren und einer nahezu gleichen Verteilung der Geschlechter in jeder Gruppe.

Die Datenauswertung und -interpretation beruhte auf der Methodentriangulation. Auf der Grundlage des Zwischensubjekt-Designs und der Unabhängigkeit der Stichproben werden die erhobenen Daten durch die zweifaktorielle Varianzanalyse ohne Messwiederholung (ANOVA) ausgewertet. Im Vergleich dazu hat die Auswertung der erhobenen qualitativen Daten im Hinblick auf Entscheidungsbezogene Landmarken nur eine ergänzende Rolle.

5.1.3 Erhebungsmethode, Erhebungsinstrument und Aufgaben

Bei der Erhebung der quantitativen Daten ging es um die Aufzeichnung der optimalen Zoom-Stufe, welche die Testpersonen eingestellt haben[63]. Bei der Erhebung der qualitativen Daten ging es darum, dass die Entscheidungsbezogenen Landmarken seitens der Testpersonen vom Experimentleiter in einer Karte festgehalten wurden[64]. Das Erhebungsinstrument war die programmierte Webapplikation[65]. Die beiden verwendeten Smartphone-Modelle waren iPhone 5 mit der Displaydiagonale 4” und Samsung Galaxy 8 Plus mit der Displaydiagonale 6,2”. Auf beiden Displays war die Standardansicht mit Zoom-Stufe 17 bestimmt. Aufgrund des Unterschiedes zwischen den beiden Displaygrößen ergaben sich je nach verwendetem Smartphone zwei dargestellte Ausschnitte des physikalischen Raums (Abbildung 36, S. 110).

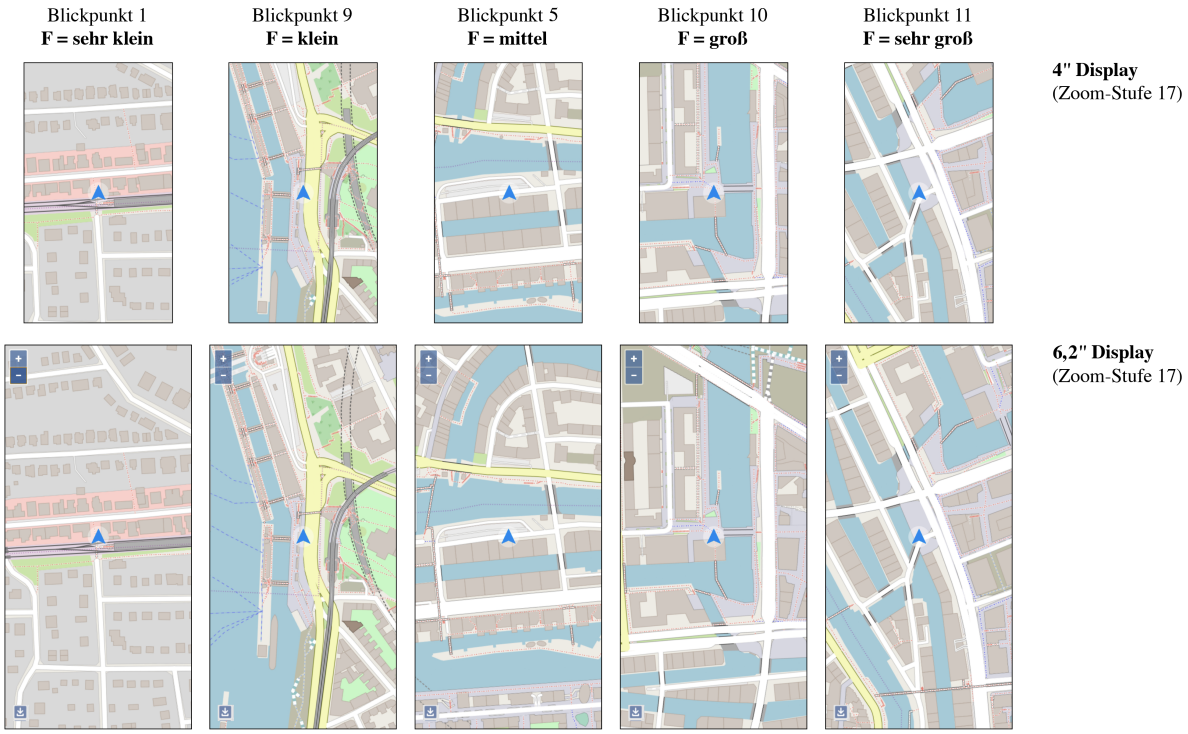


Abbildung 36: Standardansichten auf zwei Smartphone-Displays an gleichen Blickpunkten (Feldexperiment B1)

Die Aufgabenstellung war mit jener des zuvor durchgeführten Feldexperiments[66] vergleichbar. Jede Testperson musste innenhalb von 30 Sekunden einen Kartenausschnitt einstellen, in dem sie die dargestellten Objekte des Umblickfeldes am besten wiedererkennen konnte. Wenn die Standardansicht auf dem Display (*default view*) mit Zoom-Stufe 17 für diesen Zweck nicht geeignet war, durften sie die mobile Karte durch GUI-Funktion Zoomen justieren. Dies gab den Testpersonen die Möglichkeit, sich für die Standardansicht ohne Änderung der Zoom-Stufe zu entscheiden. Anschließend mussten sie dem Experimentleiter mündlich mitteilen, welche Objekte bei der Entscheidungsfindung relevant waren. Solche Objekte durften sich sowohl auf dargestellten Objekte auf dem Display (kartenbezogen) als auch visuell wahrgenommen Objekte im Umblickfeld (raumbezogene) beziehen. Anschließend erfolgte ein Abstimmungsprozess zwischen Experimentleiter und Testpersonen. Zweck dieses Abstimmungsprozesses war es, Missverständnisse oder Fehlinterpretationen bzgl. der mündlichen Aussagen zu

[63] Quantitative Datenerhebung und Datenauswertung siehe Unterabschnitt 3.3.2, S. 72
[64] Qualitative Datenerhebung und Datenauswertung siehe Unterabschnitt 3.3.3, S. 74
[65] Erhebung durch die programmierte Webapplikation siehe Unterabschnitt 3.3.2, S. 72
[66] Task des Feldexperiments A siehe Unterabschnitt 4.1.4, S. 83 f

vermeiden. Ferner konnte auch ermittelt werden, ob die Testpersonen die Kartendarstellung eventuell fehlinterpretiert hatten. Im Falle einer Überschreitung der vorgegebenen Zeit wurden die entsprechenden Daten nicht berücksichtigt, es sein denn, dass die Begründung aussagekräftig war.

5.2 Rekrutierung der Testpersonen und Durchführung

Aufgrund des hohen Anspruchs bzgl. der Anzahl der Testpersonen wurden alle Testpersonen vor Ort rekrutiert. Konkret bedeutet das: Der Experimentleiter sprach potenzielle Testpersonen unmittelbar an den betreffenden Untersuchungsorten darauf an, ob sie Zeit und Interesse hätten, an diesem Feldexperiment teilzunehmen. Viele potenzielle Testpersonen wurden zwar angesprochen, es gab aber nur wenige Personen, die den Auswahlkriterien[67] entsprachen, wobei es insbesondere wichtig war, dass sie möglichst kein Überblickwissen besaßen. Viele Testpersonen hatten vor der Teilnahme die Hamburger Karte gelesen oder sich einige Bilder durch Reiseführer eingeprägt. Somit wurde das Überblickwissen über bestimmte Hamburger Stadtteile gebildet. Aufgrund dessen wurde dieses Auswahlkriterium bei der Rekrutierung der Testpersonen nicht streng gehalten; Bahn- und Buspassagiere, die zum ersten Mal an den betreffenden Standorten waren, wurden dennoch als Testpersonen in Betracht gezogen.

Durch mündliche Kommunikation konnte vermutet werden, dass die meisten Testpersonen inländische (deutsche) oder ausländische Touristen waren, die fließend Deutsch sprachen. Durch Beobachtung konnte geschätzt werden, dass das Durchschnittsalter aller Testpersonen zwischen 35 oder 45 lag. Dieses Durchschnittsalter ist wesentlich höher als das Durchschnittsalter der Testpersonen beim zuvor durchgeführten Feldexperiment ($M \approx$ 27,5). Da zwei Gruppen (4” und 6,2” Display Nutzer) von unterschiedlichen Testpersonen an einem gleichen Standort gebildet wurden, waren Unterschiede zwischen den Individuen, z. B. die nicht homogene Verteilung des Ausbildungshintergrundes, unvermeidlich und fast nicht kontrollierbar. Daher war die Erhebung der weiteren demographischen Daten auch nicht vorgesehen. Die Testpersonen wurden gefragt, ob sie Erfahrung mit mobilen Karten zum Zweck der Navigation hatten. Dadurch konnten jene Testpersonen, die nur äußerst selten oder sogar niemals eine Navigationsapplikation benutzt haben, ausgesondert werden.

Aufgrund der Rekrutierung der Testpersonen vor Ort war eine gewisse Positionsabweichung zwischen dem vorgesehenen Blickpunkt und dem tatsächlichen Standpunkt unvermeidlich. Gemäß der Erkenntnis aus Feldexperiment A, dass die Zoom-Stufe bei großer Varianz der Flächeninhalte unberührt bleibt, wurde diese kleine Abweichung als akzeptabel erachtet.

Um die dem Forschungszweck entsprechenden Antworten seitens der Testpersonen zu bekommen, wurde das Forschungsvorhaben zuerst kurz vorgestellt. Nach einer kurzen Vorführung der Zoom-Funktion und der mündlichen Übermittlung der Aufgabenstellung erfolgte die Durchführung des Feldexperiments. Aufgrund der Schwierigkeit der Rekrutierung von Testpersonen vor Ort fand hier kein Probelauf[68] statt. Ohne Probelauf könnten einige Faktoren aber einen Einfluss auf das Zoom-Verhalten haben, z. B. der Funktionstest. Aufgrund dessen wurde der maximale Kartenausschnitt zwar stichprobenartig festgehalten, jedoch nicht im Auswertungsverfahren berücksichtigt. Die Entscheidungsbezogenen Landmarken, die die Testpersonen dem Experimentleiter mündlich mitgeteilt haben, und der maximale Kartenausschnitt seitens der Testpersonen, wurden direkt vor Ort gegenübergestellt. Falls der maximale Kartenausschnitt die Entscheidungsbezogenen Landmarken seitens der Testpersonen nicht umfasste, durfte davon ausgegangen werden, dass die Selbstlokalisation (Abgleichsprozess) stattgefunden hatte. Im Falle dessen wurde die erhobene Zoom-Stufe direkt entfernt und somit nicht in der Statistik berücksichtigt. Diese

[67] Auswahlkriterien der Testpersonen siehe Unterabschnitt 3.2.2, S. 68
[68] Probelauf siehe Unterabschnitt 4.1.3, S. 82 f

vereinfachte Auswertung ist mit der Auswertung der qualitativen Daten im vorangegangenen Feldexperiment[69] vergleichbar.

Insgesamt wurden 100 Zoom-Stufen erhoben, die im statistischen Verfahren aufgenommen werden konnten. Die Entscheidungsbezogenen Objekte wurden stichwortartig festgehalten und durch eine Kartendarstellung visualisiert (Abbildung 40, S. 117).

5.3 Ergebnis

Im folgenden Abschnitt werden die erhobenen optimalen Zoom-Stufen seitens der Testpersonen für die Selbstlokalisation statistisch ausgewertet (Unterabschnitt 5.3.1). Danach werden die qualitativen Daten bezüglich der Entscheidungsbezogenen Landmarken in eine Karte eingetragen; anhand dieser Karte wurde die statistische Aussage exemplarisch validiert (Unterabschnitt 5.3.2).

5.3.1 Ergebnis der statistischen Analyse

Im Folgenden wurde eine zweifaktorielle Varianzanalyse ohne Messwiederholung durchgeführt. Hierfür waren die Voraussetzungen erfüllt, z. B. Normalverteilung[70] und Varianzhomogenität (Levene-Test: *F(9,90) = ,97; p = 47*).

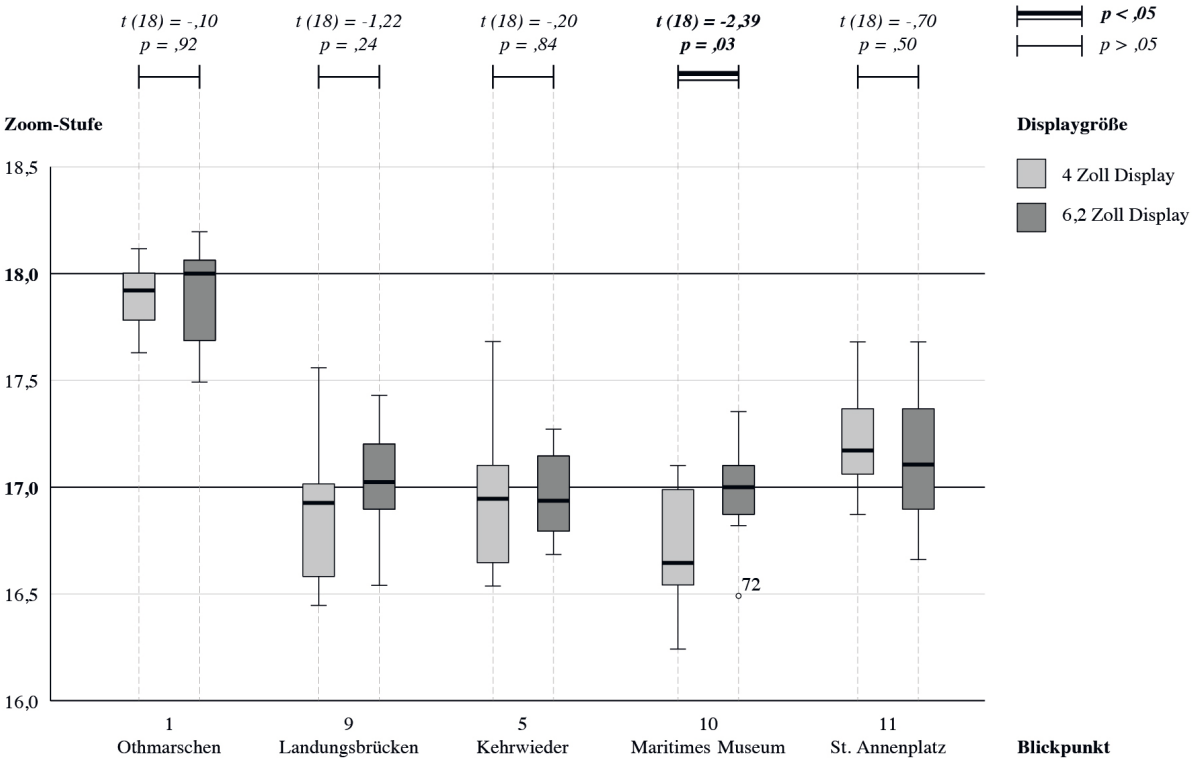


Abbildung 37: Paarvergleiche (Feldexperiment B1)

[69] Ergebnis A3 und das damit verbundene Auswertungsverfahren siehe Unterabschnitt 4.3.3, S. 95
[70] Überprüfung der Normalverteilung durch Shapiro-Wilk-Test siehe Tabelle in der Appendix, S. 177

Das Gesamtmodell war signifikant *(F(9,90) = 22,71; p = ,00; korrigiertes R-Quadrat = ,69; n = 100)*. Im Ergebnis (Abbildung 37, S. 112) wies die Displaygröße keinen signifikanten Zusammenhang mit der Zoom-Stufe auf *(F(1,90) = 1,53; p = ,22)*. Demgegenüber wurde ein signifikanter Unterschied bzgl. der Zoom-Stufe an fünf ausgewählten Blickpunkten durch den Flächeninhalt des Umblickfeld-Polygons aufgezeichnet *(F(1,90) = 49,25; p = ,00; partielles* η^2 *= ,69)*. Die Effektstärke lag bei $f = 1{,}48$ und entsprach einem starken Effekt. Ferner lag kein signifikanter Interaktionseffekt zwischen Flächeninhalt des Umblickfeld-Polygons und Displaygröße bezogen auf die Zoom-Stufe vor *(F(4,90) = 1,47; p = ,22)*.

Wenn die Unterschiede der Mittelwerte der Zoom-Stufen zwischen 4” und 6,2” Display an jedem Blickpunkt genau betrachtet wurden, war anhand der Ergebnisse der *t*-Tests ersichtlich (Abbildung 37, S. 112), dass an vier Blickpunkten kein Unterschied bestand (*p > ,05*). Allerdings war ein signifikanter Unterschied an Blickpunkt 10 gegeben (*t (18) = -2,39; p < ,05*). Das Ergebnis wies auf folgenden Sachverhalt hin: Ob die Displaygröße einen Einfluss auf die Zoom-Stufe beim Lösen der Selbstlokalisationsaufgabe hat, könnte stark von der Örtlichkeit abhängen. Aus welchem Grund dieser signifikante Unterschied bzgl. der Zoom-Stufe entstanden ist, wird im Rahmen der exemplarischen Ergebnisvalidierung im kommenden Abschnitt untersucht.

Ergebnis B1.1

Es konnte keine allgemeingültige Aussage darüber getroffen werden, ob die Smartphone-Displaygröße einen Einfluss auf die Zoom-Stufe hat. Während die Zoom-Stufe sich an einigen Blickpunkten zwischen der Nutzung des 4” und 6,2” Displays nicht signifikant unterscheidet, liegt ein signifikanter Unterschied an einem Blickpunkt vor. Ungeachtet dessen hat der Flächeninhalt des Umblickfeld-Polygons einen maßgeblichen Einfluss auf die Zoom-Stufe.

Im Folgenden wurde ein ergänzender *t*-Test durchgeführt. Hierbei wurden der Mittelwert der Zoom-Stufen bei Nutzung des 4” Displays *(n = 50)* und der Mittelwert der Zoom-Stufen bei Nutzung des 6,2” Displays *(n = 50)* verglichen. Nach der Überprüfung der Voraussetzungen zur Durchführung des parametrischen Tests wurde die Normalverteilung hergestellt[71]. Ebenfalls liegt Varianzhomogenität vor (Levene-Tests: *F (1,98) = 1,90; p = ,17; n = 100*).

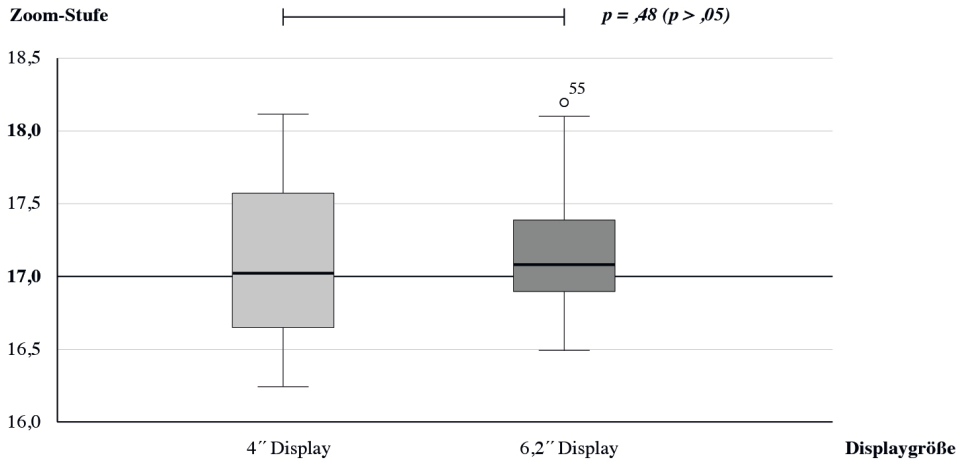


Abbildung 38: Kein nachweisbarer Unterschied der Zoom-Stufe zwischen Nutzung des 4” und 6,2” Displays

[71] Überprüfung der Normalverteilung mittels Shapiro-Wilk-Tests siehe Tabelle in der Appendix, S. 177

Das Ergebnis zeigte (Abbildung 38, S. 113), dass die Zoom-Stufe sich zwischen 4” Display *(M = 17,13; SD = ,50; n = 50)* und 6,2” Display *(M = 17,20; SD = ,43; n = 50)* nicht signifikant unterschied *(t (98) = -,72; p = ,48)*.

Ergebnis B1.2

Ohne differenzierte Betrachtung einzelner Blickpunkte konnte kein signifikanter Unterschied im Hinblick auf die Zoom-Stufe zwischen 4” und 6,2” Display nachgewiesen werden.

Ergebnisse B1.1 und B1.2 sprachen vielmehr dafür, dass die Displaygröße generell keinen entscheidenden Einfluss auf die Zoom-Stufe nimmt. Der erweiterte Ausschnitt des physikalischen Raums, der auf dem 6,2” Display im Vergleich zu 4” Display mehr angezeigt ist, war in den meisten Fällen nicht relevant.

Ausgehend von diesen Erkenntnissen wurde im Folgenden eine einfaktorielle Varianzanalyse mit den gleichen Daten durchgeführt. Der Faktor war hierfür der Flächeninhalt. Die abhängige Variable war die Zoom-Stufe. Untersuchungsziel war, das Ergebnis des Feldexperiments A zu validieren. Anders ausgedrückt: Es sollte festgestellt werden, ob zwei identifizierte Zoom-Stufen für die Selbstlokalisation (Zoom-Stufen 17 und 18) an fünf ausgewählten Blickpunkten dieses Feldexperiments immer noch ihre Gültigkeit besaßen.

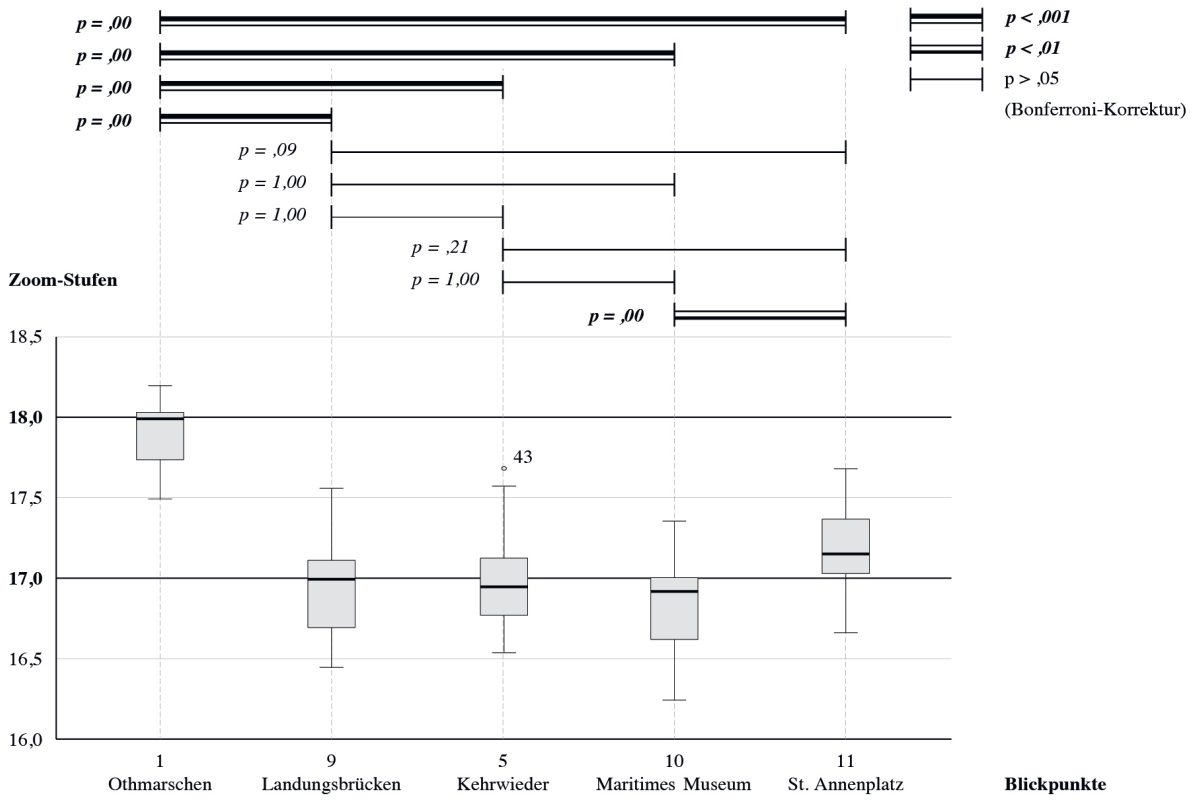


Abbildung 39: Mittelwertvergleich der eingestellten Zoom-Stufen an fünf Blickpunkten (Feldexperiment B1)

Die Voraussetzungen zur Durchführung der einfaktoriellen Varianzanalyse waren erfüllt, z. B. Normalverteilung[72] und Varianzhomogenität (Levene-Test: *(F(4,95) = ,62; p = ,65)*. Das Ergebnis zeigte, dass der Flächeninhalt des Umblickfeld-Polygons einen signifikanten Einfluss auf die Zoom-Stufe hat *(F(4,95) = 48,02; p = ,00; partielles*

[72] Überprüfung der Normalverteilung siehe Tabelle in der Appendix, S. 178

η^2 = *,67; n = 100)*. Anhand des korrigierten R-Quadrates war ersichtlich, dass 65,5% der Streuung der Zoom-Stufen um den Gesamtmittelwert durch den Flächeninhalt erklärt werden können. Die Effektstärke lag bei *f = 1,42* und entspricht somit einem starken Effekt. Post-hoc-Tests mit Bonferroni-Korrektur zeigten, dass die Mittelwerte der Zoom-Stufen zwischen Blickpunkt 1 und den anderen Blickpunkten sich signifikant unterscheiden ($p < ,001$). Ferner waren die Mittelwerte bzgl. der Zoom-Stufe an den Blickpunkten 6, 9, 10 und 11 nicht signifikant ($p > ,05$). Eine Ausnahme war, dass doch ein signifikanter Unterschied zwischen Blickpunkt 10 und 11 ($p < ,01$) nachgewiesen werden konnte (Abbildung 39, S. 114).

Die eingestellten Zoom-Stufen an fünf Blickpunkten bilden zwei Gruppen (Gruppe 1: *M = 17,89*; *SD = ,20*; Median = *17,99*; *n = 20* und Gruppe 2: *M = 16,98*; *SD = ,31*; Median = *16,99*; *n = 80*). Generell bestätigte dieses Ergebnis die Ergebnisse aus Feldexperiment A, obgleich das Forschungsdesign und die Erhebungsmethoden unterschiedlich waren. Bemerkenswert war aber in Gruppe 2, dass der Unterschied bzgl. der Zoom-Stufen zwischen den Blickpunkten 10 und 11 sich als signifikant herausgestellt hat ($p < ,01$). Dieser Unterschied war überraschend, denn der Flächeninhalt des Umblickfeldes an Blickpunkt 11 (F = 39.209 m^2) war größer als jener an Blickpunkt 10 (F = 26.691 m^2). Es schien, dass dieses Ergebnis im Widerspruch zu dem Ergebnis aus Feldexperiment A stand, war doch in Feldexperiment B1 ein signifikanter Einfluss des Flächeninhalts auf die Zoom-Stufe festzustellen. Hierbei war die Frage zu stellen, welche/r Faktor/en sich in diesem Fall maßgeblich auf die Zoom-Stufe auswirkte/n. Zur Beantwortung dieser Frage wurde eine exemplarische Auswertung der qualitativen Daten durchgeführt, welche im Unterabschnitt 5.3.2 (S. 116 f) dargelegt wird.

Der Unterschied bzgl. des Flächeninhalts zwischen Blickpunkt 9 (F_9 = 11.755 m^2) und Blickpunkt 11 (F_{11} = 39.209 m^2) war sehr groß, dennoch war der Unterschied bzgl. der Zoom-Stufen an beiden Blickpunkten statistisch nicht signifikant. Das Ergebnis implizierte, dass Zoom-Stufe und Flächeninhalt in keinem linearen Zusammenhang stehen. Es gilt also nicht: Je größer das Umblickfeld ist, desto kleiner sollte die Zoom-Stufe sein. Wenn es um den indirekten Erwerb des Standortwissens zum Zweck der Selbstlokalisation geht und wenn der Flächeninhalt des Umblickfeld-Polygons größer als 11.755 m^2 ist, bleibt in der Tat die Zoom-Stufe bei 17 konstant.

Da die Zoom-Stufe an zwei Blickpunkten (Blickpunkte 1 und 5) sowohl beim Feldexperiment A als auch beim Feldexperiment B1 erhoben wurde, ist ein studienübergreifender Datenvergleich interessant. Es war ersichtlich, dass die Mittelwerte trotz unterschiedlicher Forschungsgestaltung und (wechselnder) Testpersonen in den Feldexperimenten A und B1 sich annäherten (Tabelle 9, S. 115).

		Feldexperiment A		Feldexperiment B1	
Blickpunkte	Standorte	Mittelwert der Zoom-Stufe	Standard-abweichung	Mittelwert der Zoom-Stufe	Standard-abweichung
1	Othmarschen	*M = 18,02*	*SD = ,48*	*M = 17,89*	*SD = ,16*
5	Kehrwieder	*M = 17,06*	*SD = ,33*	*M = 16,97*	*SD = ,30*

Tabelle 9: Studienübergreifende Diskussion

Ergebnis B1.3

Zum Zweck der Selbstlokalisation sind zwei Zoom-Stufen (17 und 18) relevant, die je nach Flächeninhalt des Umblickfeld-Polygons bestimmt werden können.

5.3.2 Exemplarische Auswertung der qualitativen Daten

Im Folgenden geht es um die exemplarische Auswertung der erhobenen qualitativen Daten (Entscheidungsbezogene Landmarken der Testpersonen). Hierbei liegt der Fokus insbesondere auf zwei Fragen, die während der statistischen Auswertung auftraten und somit erklärungsbedürftig waren:

- **Frage 1 in Verbindung mit Ergebnis B2.1**

  Worin unterscheidet sich die Zoom-Stufe bei Nutzung des 4" Displays gegenüber der Nutzung des 6,2" Displays an Blickpunkt 10?

  Zur Beantwortung dieser Frage war im Rahmen der qualitativen Auswertung zu identifizieren, welcher Ausschnitt des physikalischen Raums an einem Blickpunkt zum Zweck der Selbstlokalisation auf dem Display dargestellt werden soll. Wenn Entscheidungsbezogene Landmarken sich in einem Bereich befinden, welcher nur auf einem großen Display dargestellt werden kann, dürfte davon ausgegangen werden, dass eine Skalierung der Karte auf dem 4" Display erforderlich ist. Anhand dessen kann die Frage geklärt werden, ob die Displaygröße ein Einflussfaktor bezogen auf die Zoom-Stufe ist.

  An Blickpunkt 10 (Abbildung 40, S. 117) war die Magdeburger Brücke in Blickrichtung zu sehen. Als eine wichtige Entscheidungsbezogene Landmarke für die Selbstlokalisation wurde diese Brücke von 17 Testpersonen (85%) genannt. Ferner haben die Testpersonen zwei Straßenkreuzungen (25% und 15%) und das Gebäude (20%) an der Kreuzung als Entscheidungsbezogene Landmarke angesehen. Allerdings konnten die oben genannten Landmarken nur in der Standardansicht des 6,2" Displays, nicht aber auf dem 4" Display angezeigt werden. Daher konnte der signifikante Unterschied der Zoom-Stufe ($M_{4''diag.}$= *16,71;* $M_{6{,}2''diag.}$ *= 16,96*) an diesem Blickpunkt geklärt werden. Denn die Karte musste auf dem 4" Display herausgezoomt werden, um die Darstellung dieser Brücke auf dem Display zu erreichen. Im Vergleich dazu hatten die meisten Testpersonen hierbei die Zoom-Stufe nur geringfügig geändert, denn solche Landmarken waren auf dem 6,2" Display in Zoom-Stufe 17 zu sehen.

  An den Blickpunkten 9 und 11 wurden fast alle Entscheidungsbezogenen Landmarken sowohl auf dem 6,2" Display als auch auf dem 4" Display angezeigt. Daher bestand keine Notwendigkeit, eine Änderung der Zoom-Stufe vorzunehmen.

  Von den Erkenntnissen der exemplarischen Auswertung ausgehend dürfte argumentiert werden, dass die Displaygröße keinen Einfluss auf die Zoom-Stufe hat; es sei denn, ein visuell auffälliges Objekt im Sinne einer Landmarke kann auf einem kleinen Display nicht angezeigt werden. Welches Objekt in einem bestimmten Umblickfeld als wichtige Entscheidungsbezogene Landmarke angesehen wird, kann jedoch nicht verallgemeinert werden (in Anlehnung an Montello 2017). Einerseits hängt dies mit der individuellen Wahrnehmung und den Erfahrungen zusammen, andererseits ist es von der graphischen Hervorhebung der Kartendarstellung abhängig. Diesbezüglich ist eine weitergehende Erforschung der Landmarke wünschenswert.

- **Frage 2 in Verbindung mit Ergebnis B2.3**

  Aus welchem Grund besteht ein Unterschied bei der Zoom-Stufe zwischen Blickpunkt 10 und 11, wenn der Flächeninhalt des Umblickfeld-Polygons sich entscheidend auf die Zoom-Stufe auswirkt?

  An Blickpunkt 11 war ersichtlich (Abbildung 40, S. 117), dass die meisten Entscheidungsbezogenen Landmarken von den oben genannten Blickpunkten aus gesehen in einem Radius von 50 m lagen. Insbesondere wurde die Straßenkreuzung von 12 Testpersonen (60%) als wichtige Entscheidungsbezogene Landmarke angegeben. In Verbindung mit dieser Straßenkreuzung gehörten auch Holländischbrookfleet (55%), Brücke „Bei St. Annen" (30%), St. Annenplatz (20%) und die Osakaallee (35%) zu den wichtigen

Entscheidungsbezogenen Landmarken. Im Vergleich dazu lag die wichtige Entscheidungsbezogene Landmarke „Magdeburger Brücke“ (85%) an Blickpunkt 10 in einer Entfernung von ca. 300 m. Der signifikante Unterschied der Zoom-Stufe zwischen Blickpunkt 10 und 11 ($p < ,01$) weist darauf hin, dass die Landmarke die Zoom-Stufe maßgeblich bestimmt. Wenn eine wichtige Landmarke sich in unmittelbarer Nähe befindet und deren kartographische Darstellung leicht wiedererkannt werden kann, ist die gesamte Darstellung des Umblickfeldes zum Zweck der Selbstlokalisation nicht notwendig. Möglicherweise ist dies der Grund, weshalb ein signifikanter Unterschied bei der Zoom-Stufe zwischen Blickpunkten 10 und 11 vorlag, obwohl das Umblickfeld an Blickpunkt 11 viel größer als an Blickpunkt 10 war ($F_{10} = 26.691\ m^2$; $F_{11} = 39.209\ m^2$). Hierbei zeichnete sich die neue Forschungsfrage ab, welche Bedeutung der Distanz zum nächsten bzw. nahe liegenden Abbiegepunkt (Straßenkreuzung) im Hinblick auf die Selbstlokalisation zukommt.

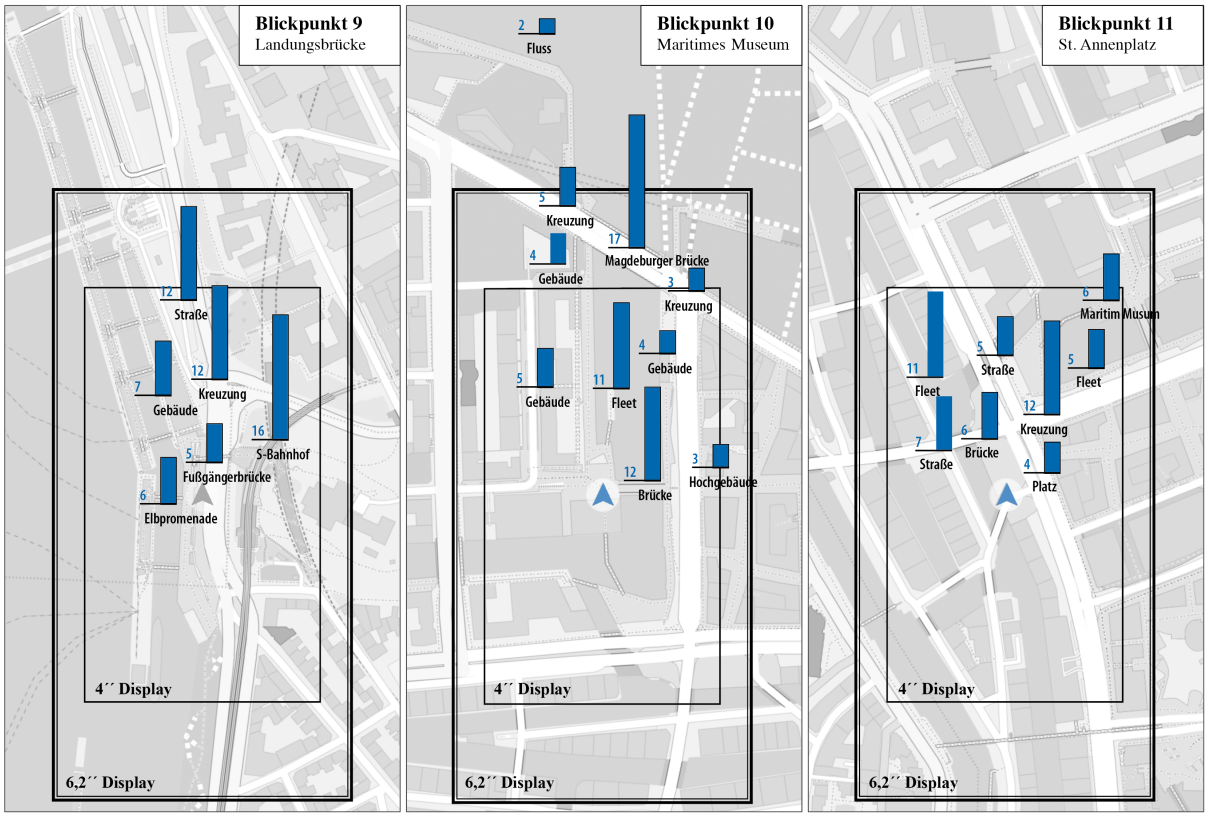


Abbildung 40: Exemplarische Ergebnisvalidierung (Feldexperiment B1)

5.4 Beantwortung der Forschungsfragen und zukünftige Fragen

Aufgrund der Ergebnisse könnte gefolgert werden, dass die Displaygröße nicht in entscheidendem Maße Einfluss auf die Zoom-Stufe nimmt. In der Tat unterscheidet sich die Zoom-Stufe nicht signifikant je nach Displaygröße, obgleich die darzustellenden Ausschnitte des physikalischen Raums je nach Display differenziert ausfallen. Ausgenommen ist der Fall, da eine wichtige Entscheidungsbezogene Landmarke auf einem kleinen Display nicht angezeigt werden kann. Ferner konnte kein Interaktionseffekt zwischen Flächeninhalt des Umblickfeld-Polygons und Displaygröße auf die Zoom-Stufe nachgewiesen werden.

Angesichts dieser erworbenen Forschungserkenntnisse sind folgende Themen diskussionsbedürftig:

- **Wie kann das Dilemma der Lesbarkeit der Darstellung eines Standortes einerseits und dem Anzeigen fern liegender Lokaler Landmarken andererseits gelöst werden?**

  An Blickpunkt 10 lag ein signifikanter Unterschied bzgl. der Zoom-Stufe vor[73]. Anhand der exemplarischen Auswertung der qualitativen Daten wurde festgestellt, dass dieser signifikante Unterschied auf die Entscheidungsbezogene Landmarke zurückzuführen war. Ob das Ergebnis zu bezweifeln bzw. als Ausnahme zu betrachten war, blieb unklar. Ungeachtet dessen stellte sich die Frage, ob eine kleine Zoom-Stufe (z. B. Zoom-Stufe 16) die einzige Lösung ist, um eine wichtige Entscheidungsbezogene Landmarke in Blickrichtung auf einem kleinen Display anzuzeigen. Die Darstellung des Standortes könnte aufgrund einer kleinen Zoom-Stufe durchaus unleserlich werden, insbesondere wenn die Zoom-Stufe kleiner als 17 eingestellt wird.

  Dieses Feldexperiment ging von der Grundnahme aus, dass der *you-are-here* Punkt in der Bildschirmmitte positioniert wird. Im Zusammenhang mit der Darstellung einer fern liegenden Landmarke ist diese Grundnahme für ein großes Display nicht unbedingt von Nachteil, für ein kleines Display allerdings schon. Denn viele Objekte in Blickrichtung können aufgrund des begrenzten Displayformats eines kleinen Smartphones nicht dargestellt werden. Um die Lesbarkeit zu gewährleisten und fern liegende Lokale Landmarken darzustellen, sollte der in der Displaymitte positionierte Blickpunkt (*you-are-here* Punkt) umpositioniert werden. Wenn der *you-are-here* Punkt im unteren Bereich des kleinen Displays positioniert würde, wäre die Größe des darzustellenden Umblickfeldes auf einem kleinen Display fast identisch mit dem auf einem großen Display.

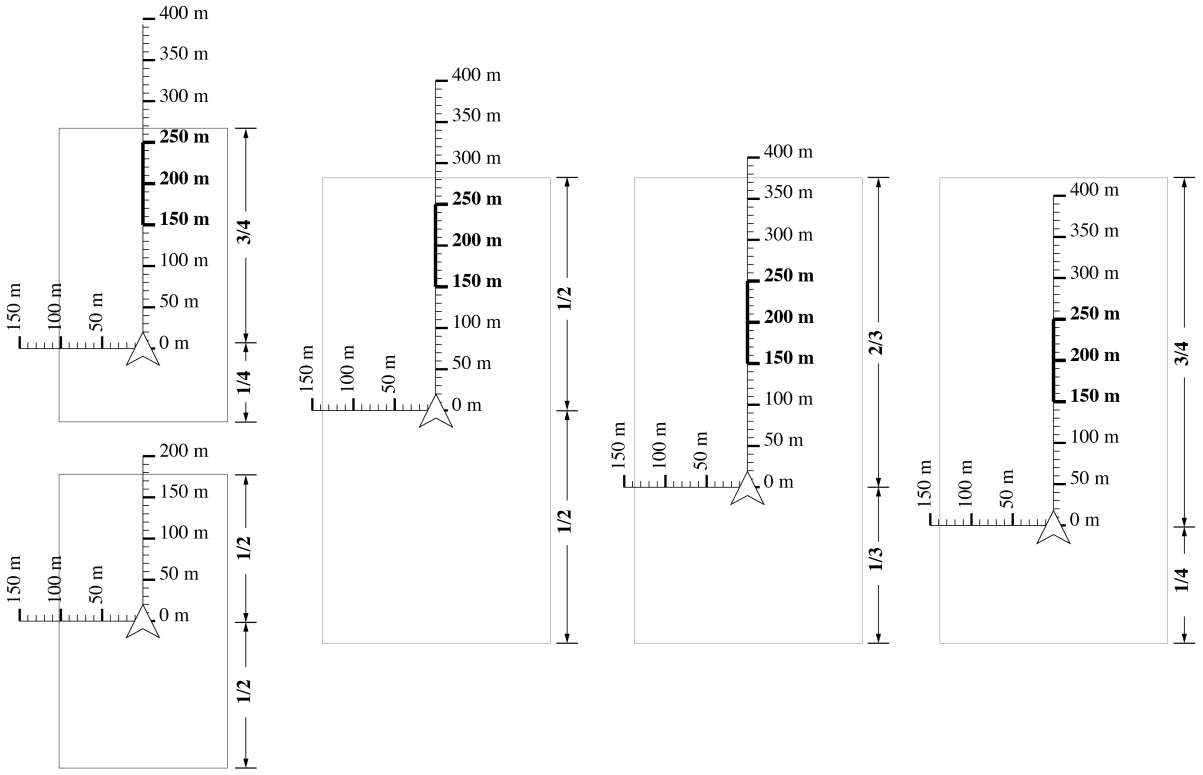


Abbildung 41: Diskussion über die Positionierung des *you-are-here* Punktes

[73] Ergebnis B1.1 siehe Abschnitt 5.3.1, S. 113

Bezüglich der optimalen Position des *you-are-here* Punktes auf dem Smartphone-Display vermuteten Huang und Gartner (2011):

> *„The map should be egocentrical, showing user's current position 1/3 from the bottom leaving 2/3 of the display space to the top" (Huang und Gartner 2011, S. 6).*

Dies ist ein interessanter Aspekt im Zusammenhang mit der optimalen Zoom-Stufe zum Zweck der Selbstlokalisation. Möglicherweise ist dies auch eine geeignete Lösung für die oben geschilderte Problematik. Daher ist es künftig bei der empirischen Identifizierung der Einflussfaktoren wünschenswert, wenn die Positionierung des *you-are-here* Punktes einbezogen werden kann und darüber hinaus der Einfluss des Interaktionseffekts zwischen Position des *you-are-here* Punktes und Flächeninhalt des Umblickfeld-Polygons auf die Zoom-Stufe untersucht wird.

- **Inwieweit können die Ergebnisse auf andere Smartphone-Displays übertragen werden?**

  Das Ergebnis dieses Feldexperiments zeigt, dass die Distanz zu den wichtigen Entscheidungsbezogenen Landmarken einen Einfluss darauf hat, ob im Falle verschiedener Displaygrößen die Zoom-Stufe sich signifikant unterscheidet. Insofern ist die Übertragbarkeit stark durch die Identifizierung der Lokalen Landmarke begrenzt, welche wiederum vom räumlichen Kontext abhängig ist. Wenn diese Landmarke in einer kurzen Distanz zum Blickpunkt liegt, ist es unwahrscheinlich, dass die Zoom-Stufe je nach Displaygröße sich unterscheidet. Denn die Entscheidungsbezogene Landmarke kann sowohl auf einem kleinen als auch auf einem großen Display angezeigt werden. Wenn diese Landmarke in einer längeren Distanz zum Blickpunkt liegt, ist die Wahrscheinlichkeit deutlich höher, dass die Zoom-Stufe sich signifikant zwischen kleinem und großem Display unterscheidet (Abbildung 42, S. 119).

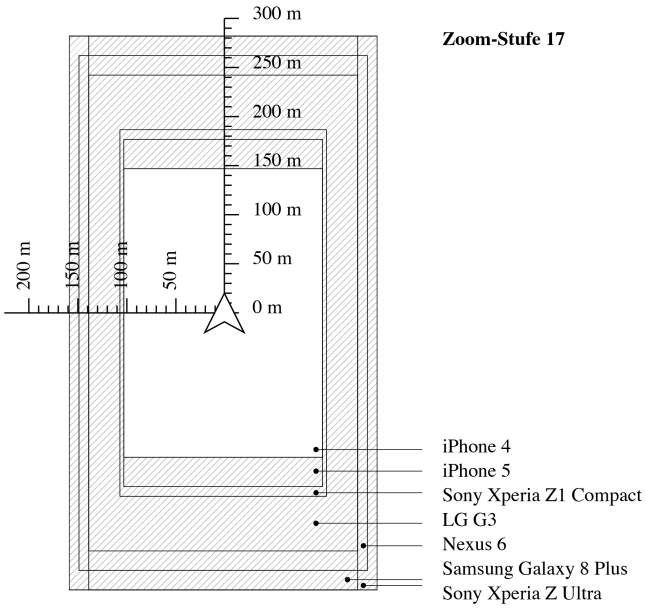


Abbildung 42: Übertragbarkeit des Ergebnisses auf andere Displaygröße

Wenn eine wichtige Entscheidungsbezogene Landmarke im schraffierten Bereich liegt, ist es wahrscheinlich, dass bezogen auf die Zoom-Stufe ein signifikanter Unterschied zwischen einem kleinen und großen Display vorliegt. Konkret bedeutet das: Mit hoher Wahrscheinlichkeit wird ein signifikanter Unterschied der Zoom-Stufe zwischen einem großen und kleinen Display sichtbar werden, wenn:
(1) die Zoom-Stufe bei kleinem und großem Display gleich ist,
(2) eine wichtige Entscheidungsbezogene Landmarke auf dem kleinen Display nicht angezeigt wird, sehr wohl jedoch auf dem großen.

Im Rahmen dieses Feldexperiments wurde ausschließlich untersucht, ob die Zoom-Stufe zwischen 4” und 6,2” Display beim Lösen der Selbstlokalisationsaufgabe sich signifikant unterscheidet. Daher ist das Ergebnis auf die Verwendung des Displays begrenzt, dessen Diagonale zwischen 4” und 6,2” ist. Die Frage, ob die Zoom-Stufe sich signifikant zwischen 4” und 7,2” Display unterscheidet, ist daher untersuchungsbedürftig.

- **Welchen Einfluss hat das Seitenverhältnis des Displays auf die Zoom-Stufe?**

  Smartphones unterscheiden sich nicht nur nach der Displaydiagonale, sondern z. B. auch beim Seitenverhältnis. Die Frage, ob das Seitenverhältnis eine Bedeutung für die Zoom-Stufe hat, bleibt vorerst offen. Hierbei ging diese Arbeit davon aus, dass der Ausschnitt des physikalischen Raums im Hochformat angezeigt wird. Im Vergleich dazu kommt bei vielen tragbaren Auto-Navigationsgeräten das Querformat zur Anwendung. Im Falle von Smartphones ist es jedoch ungewöhnlich, wenn das Gerät quer in der Hand liegt. Insbesondere bei einem großen Displayformat wird es schwierig, das Smartphone während des Laufens in der Hand zu halten bzw. zu handhaben. Dennoch ist die Frage diskussionswürdig, ob die Zoom-Stufen in Verbindung mit den optimalen Kartenausschnitten sich im Hoch- und Querformat unterscheiden. Insbesondere könnte eine Kartendarstellung im Querformat vorteilhaft sein, wenn z. B. der Straßenverlauf oder die wichtigen Entscheidungsbezogenen Objekte senkrecht zur Blickrichtung angeordnet sind. In einem solchen Fall kann diese Straße auf einem hochformatigen Display begrenzt bzw. als Teilstück dargestellt sein.

- **War das Zoom-Verhalten intuitiv oder rational?**

  Da die Testpersonen direkt vor Ort angesprochen wurden, waren die meisten Testpersonen mit der Aufgabenstellung noch nicht vertraut. Daher war eine zusätzliche Erklärung durch den Experimentleiter erforderlich. Diese könnte das Verhalten der Testpersonen unbewusst in eine bestimmte Richtung gelenkt haben. Daher empfiehlt es sich für die zukünftige Forschung, ein Feldexperiment zu konzipieren, mit dem das intuitive Zoom-Verhalten erhoben und ausgewertet werden kann.

6

Feldexperiment B2: Einfluss des nächsten Abbiegepunktes auf die Zoom-Stufe

Die Route kann als Abfolge von Abzweigungen angesehen werden (Tversky und Lee 1999; Allen 1999). Daher ist die Darstellung der Laufroute in Verbindung mit dem nächsten Abbiegepunkt ein notwendiger Teil des mobilen, kartengestützten Navigationsgerätes. Neben der Vermittlung des Standortwissens hat der standortbezogene Kartenausschnitt mit der entsprechenden Zoom-Stufe die wichtige Aufgabe, die Distanz zwischen dem aktuellen Blickpunkt und dem nächsten Abbiegepunkt anzuzeigen. Wenn diese dargestellte Distanz der wahrgenommenen Distanz im Umblickfeld (weitgehend) entspricht, kann der Nutzer des Navigationssystems der angezeigten Route folgen.

Ziel des folgenden Feldexperiments ist die Überprüfung von These 4 und die Klärung der Frage, welchen Einfluss die Distanz zum nächsten Abbiegepunkt auf die Zoom-Stufe hat. Zum Erreichen dieses Ziels hat das Feldexperiment zum **Untersuchungszweck**, statistische Tests durchzuführen. Die statistische Aussage soll wiederum durch eine exemplarische Auswertung der qualitativen Daten validiert werden.

Das Zwischenergebnis dieses Feldexperiments wurde als *peer-reviewed paper* veröffentlicht und bei der 29^{th} *International Cartographic Conference ICC 2019* in Tokio präsentiert.

Wei, B. and Schiewe, J. (2019): Influence of Viewing Field on Zoom Levels in Pedestrian Orientation Task Using Smartphones, Proc. Int. Cartogr. Assoc., 2, 144, https://doi.org/10.5194/ica-proc-2-144-2019.

6.1 Aufbau

Im folgenden Abschnitt werden zuerst die Forschungsfrage und die damit verbundenen Untersuchungsvariablen (Unterabschnitt 6.1.1) vorgestellt. Danach geht es darum, wie das Feldexperiment konzipiert und die erhobenen Daten ausgewertet werden (Unterabschnitt 6.1.2). Zum Erreichen des oben genannten Untersuchungszweckes werden die von den Testpersonen zu erledigenden Aufgaben konzipiert (Unterabschnitt 6.1.3).

6.1.1 Forschungsfrage und Variablen

Vom aktuellen Blickpunkt aus gesehen könnte der nächste Abbiegepunkt in einer kurzen Distanz oder aber in einer längeren Distanz liegen. Um den nächsten Abbiegepunkt auf dem Smartphone-Display anzuzeigen, der in

einer längeren Distanz liegt, müsste eine kleine Zoom-Stufe eingestellt werden. Liegt der nächste Abbiegepunkt in kurzer Distanz, so muss dieser – wie bei der Auto-Navigation[74] – fokussiert werden, also ist eine große Zoom-Stufe anzuwenden. Aufgrund dieser Überlegung stellt sich die Forschungsfrage:

> **Forschungsfrage B2**
>
> Hat die Distanz zum nächsten Abbiegepunkt einen Einfluss auf die Zoom-Stufe bei der Selbstlokalisation?

Zur Beantwortung dieser Frage wurden die Untersuchungsvariablen wie folgt festgelegt: Die abhängige Variable ist die **Zoom-Stufe**, welche die Testpersonen für die Selbstlokalisation benötigten. In diesem Feldexperiment wird die Zoom-Stufe nicht wie in den vorangegangenen Feldexperimenten fein differenziert, sondern in fünf Stufen gegliedert (Zoom-Stufen 16; 16,5; 17; 17,5 sowie 18). Daher wird die abhängige Variable als ordinalskaliert angesehen. Der Faktor (unabhängige Variable) ist die **Distanz zum nächsten Abbiegepunkt** in Laufrichtung bzw. in Blickrichtung (Abkürzung *d*). Die drei Faktor-Stufen sind $d \approx 50\ m$, $d \approx 150\ m$ und $d \approx 250\ m$. Insofern ist die unabhängige Variable ebenfalls ordinalskaliert. Die Erkenntnisse der zuvor durchgeführten Feldexperimente zeigten, dass Zoom-Stufe 17 zum Zweck der Selbstlokalisation geeignet ist, wenn der Flächeninhalt des Umblickfeld-Polygons in einem Bereich zwischen $F = 11{,}755\ m^2$ und $F = 39.209\ m^2$ liegt. Aufgrund dessen wird der Flächeninhalt in diesem Feldexperiment nicht als Faktor angesehen.

6.1.2 Forschungsdesign und Auswertungsmethode

Das vorliegende Feldexperiment basiert auf einem **Zwischensubjekt-Design**[75]. Da die Untersuchungsvariablen ordinalskaliert sind, werden **Kruskal-Wallis-Tests** konzipiert (Tabelle 10, S. 122).

Bedingungen*	Testpersonen	Zoom-Stufen	Ränge $d \approx 50\ m$	Ränge $d \approx 150\ m$	Ränge $d \approx 250\ m$
$d \approx 50\ m$	1 ... 30	...			
$d \approx 150\ m$	31 ... 60	...			
$d \approx 250\ m$	61 ... 90	...			
		Rängsummen Gruppengröße			

Tabelle 10: Forschungsdesign (Feldexperiment B2)

* Je nach Distanz und Blickpunkt sollen die von den Testpersonen ausgewählten Zoom-Stufen erhoben werden. Für jede Distanz-Bedingung ist die Erhebung von 30 Zoom-Stufen erforderlich, wobei 10 Zoom-Stufen an einem von drei Blickpunkten erhoben werden sollen (Blickpunkt 9: Landungsbrücken; Blickpunkt 10: Maritimes Museum; Blickpunkt 11: St. Annenplatz). Wenn der Mittelwert der Zoom-Stufe – unter den drei zuvor genannten Bedingungen – sich nicht signifikant unterscheidet, dürfte davon ausgegangen werden, dass die Distanz zum nächsten Abbiegepunkt keinen nennenswerten Einfluss auf die Zoom-Stufe hat.

[74] Anpassung der Zoom-Stufe bei Auto-Navis siehe Abschnitt 1.2, S. 5
[75] Zwischensubjekt-Design siehe Unterabschnitt 5.1.2, S. 108 f

Bewusst wurden drei Blickpunkte ausgewählt, an denen bereits Feldexperiment B1 durchgeführt wurde. Zweck der Auswahl war zum einen, den Einfluss der architektonischen Gegebenheiten an einem bestimmten Standort zu reduzieren, zum anderen die Ergebnisse zwischen beiden Feldexperimenten miteinander zu vergleichen. Zur Gewährleistung eines zuverlässigen empirischen Ergebnisses wurde wie bei den vorangegangen Feldexperimenten die Methodentriangulation[76] eingesetzt.

Die Auswertung erfolgte hauptsächlich durch **Kruskal-Wallis-Tests** in Verbindung mit **Post-hoc-Tests** (Dunn-Bonferroni-Tests). Darüber hinaus wurde eine **Rangkorrelationsanalyse** nach Spearman und Kendall-Tau durchgeführt, um zu überprüfen, ob der Flächeninhalt des Umblickfeld-Polygons und die Distanz zum nächsten Abbiegepunkt mit der Zoom-Stufe korrelierten.

6.1.3 Erhebungsmethode, Erhebungsinstrument und Aufgaben

In den vorangegangen Feldexperimenten war aufgefallen, dass einige Testpersonen entweder zu lange die Standardansicht (*default-view*) betrachtet haben, oder davon ausgingen, dass die Standardansicht wahrscheinlich nicht der optimale Kartenausschnitt war. Daher versuchten sie eine Änderung der Zoom-Stufe vorzunehmen. Allerdings zeigten die Ergebnisse, dass die von den Testpersonen eingestellten Kartenausschnitte bzw. die Zoom-Stufen doch mit der Standardansicht übereinstimmten. Um eine derartige „Voreingenommenheit[77]“ zu minimieren und die Methodenauswahl abermals zu vergrößern, wurden den Testpersonen einige randomisierte, analoge Kartenausschnitte mit unterschiedlichen Zoom-Stufen zur Auswahl gegeben. Hierdurch konnte auch vermieden werden, dass der Kartenausschnitt mit der Zoom-Stufe 17 immer zuerst bzw. länger von den Testpersonen gelesen wurde.

Im zuvor durchgeführten Feldexperiment wurde festgestellt, dass Zoom-Stufe 17 an diesen drei Blickpunkten als optimale Zoom-Stufe angesehen wurde. Daher wurden den Testpersonen fünf Kartenausschnitte mit den Zoom-Stufen 16; 16,5; 17; 17,5 und 18 für jede Bedingung zur Auswahl gegeben (Abbildung 43, S. 124). Die Anzahl der Kartenausschnitte wurde als angemessen betrachtet, da zu viele Kartenausschnitte als verwirrend empfunden werden konnten. Um einen Reihenfolge-Effekt zu minimieren, wurde die Reihenfolge der Kartenausschnitte randomisiert. Aufgrund des begrenzten Arbeitsumfangs und des explorativen Untersuchungszweckes wurde nur der 90 ° Abbiegepunkt untersucht; inwieweit anderswinkelige Abbiegepunkte eine Rolle spielen, wurde im Rahmen dieses Feldexperiments nicht untersucht.

Die Aufgabe bestand darin, dass jede Testperson innerhalb der vorgegebenen Zeit (30 Sekunden) einen von fünf zur Verfügung gestellten Kartenausschnitten auswählte, in welchem sie den aktuellen Standort am besten wieder erkennen und der angezeigten Route am besten folgen konnten. Für jede Testperson standen auf dem 6,2” Display fünf Kartenausschnitte am jeweils vorgegebenen Blickpunkt zur Verfügung, die nur durch *swiping* hintereinander gelesen werden konnten. Wichtig war hierbei, dass die Testpersonen sämtliche fünf Kartenausschnitte mindestens einmal gesehen haben mussten. Anschließend sollten die Testpersonen mündlich mitteilen, durch welche Orientierungspunkte und ggf. aus welchem Grund sie sich für einen Kartenausschnitt entschieden hatten.

[76] Methodentriangulation siehe Unterabschnitt 3.3.1, S. 71
[77] „Voreingenommenheit“ siehe Unterabschnitt 4.4.2, S. 106

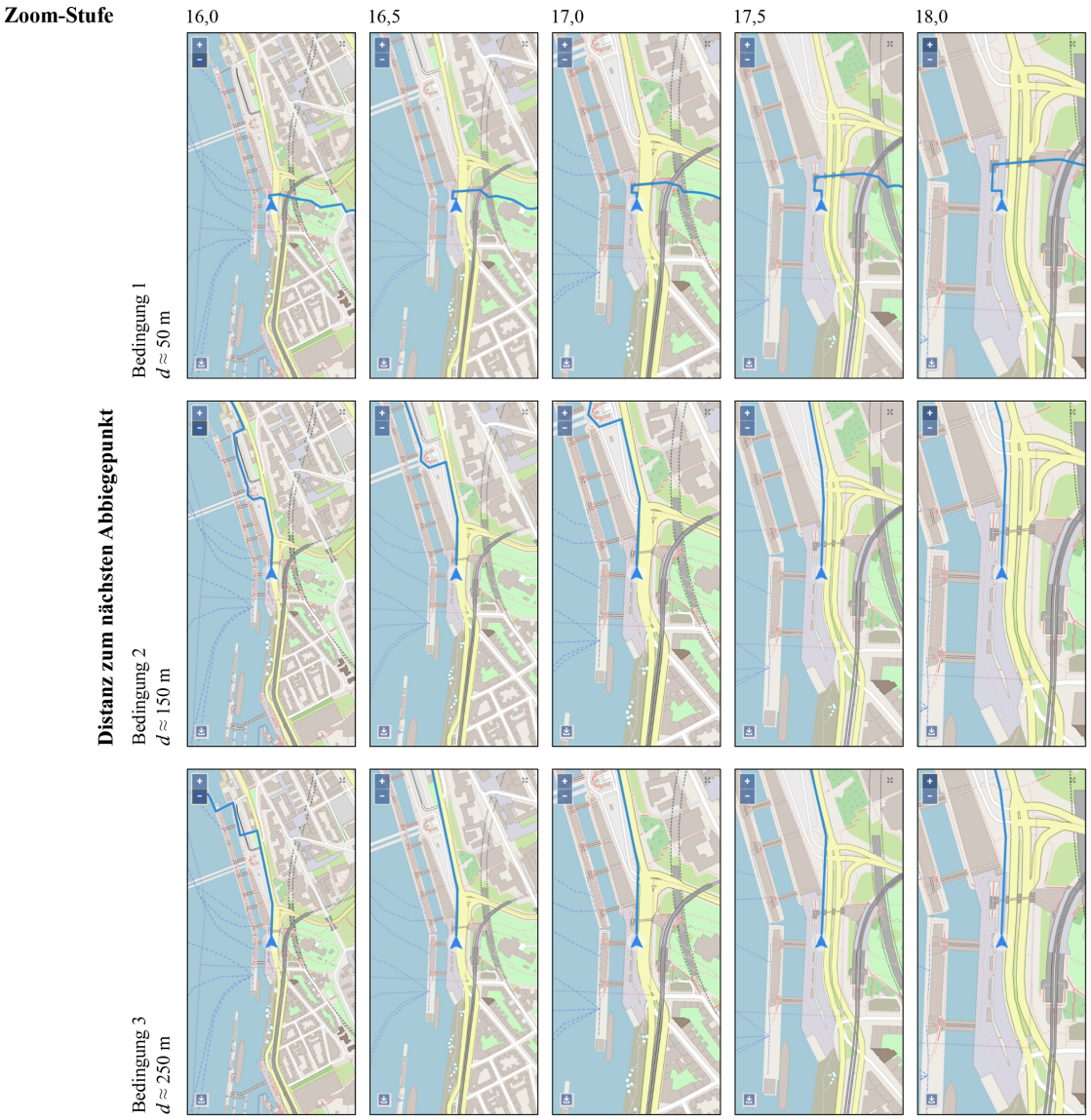


Abbildung 43: Zur Verfügung stehende Kartenausschnitte an Blickpunkt 9 (Feldexperiment B2)

6.2 Rekrutierung der Testpersonen und Durchführung

An den drei ausgewählten Blickpunkten wurden insgesamt 90 Testpersonen rekrutiert. Alle Testpersonen waren Touristen, welche noch nie zuvor in dieser Umgebung gewesen waren. An jedem Blickpunkt haben 30 Testpersonen an diesem Feldexperiment teilgenommen. Je nach Distanz zum nächsten Abbiegepunkt in Blickrichtung ($d \approx 50\ m$, $d \approx 150\ m$ und $d \approx 250\ m$) wurden die Testpersonen am gleichen Blickpunkt in drei Gruppen eingeteilt. An einem Blickpunkt sollte jede Testperson möglichst ein identisches Umblickfeld haben.

Alle Testpersonen haben die Aufgaben unter definierten Voraussetzungen[78] innerhalb der vorgegebenen Zeit erledigt. Somit ergaben sich 90 Zoom-Stufen, die im statistischen Verfahren aufgenommen werden konnten. Da die rekrutierten Testpersonen und der Ablauf des Feldexperiments mit Feldexperiment B1 vergleichbar waren[79], fand diesbezüglich keine wiederholende Erläuterung statt.

[78] Allgemeine Testbedingungen der empirischen Untersuchungsreihe siehe Unterabschnitt 3.2.2, S. 68 ff
[79] Testpersonen und Durchführung des Feldexperiments B1 siehe Abschnitt 5.2, S. 111 f

6.3 Ergebnis und Beantwortung der Forschungsfrage

Im folgenden Abschnitt geht es zunächst um die Durchführung der statistischen Tests und die Interpretation der Ergebnisse (Unterabschnitt 6.3.1). Danach erfolgt eine exemplarische Validierung, indem die erhobenen qualitativen Daten (Orientierungspunkte) ausgewertet werden (Unterabschnitt 6.3.2).

6.3.1 Ergebnis der statistischen Analyse

Im Folgenden wurde mittels der Rangkorrelationsanalyse nach Spearman und Kendall-Tau überprüft, ob der Flächeninhalt des Umblickfeld-Polygons und die Distanz zum nächsten Abbiegepunkt in Blickrichtung mit den von den Testpersonen ausgewählten Zoom-Stufen signifikant korrelierten.

Das Ergebnis nach Spearman-Rho bestätigte eine signifikante Rangkorrelation zwischen der Distanz zum nächsten Abbiegepunkt und der Zoom-Stufe (r_s = *-,58*; p = *,00*; r_s^2 = *,34*; n = *90*), wobei dieser Effekt als stark angesehen werden durfte[80]. Dies deutete auf einem negativen linearen Zusammenhang zwischen der Distanz zum nächsten Abbiegepunkt und der Zoom-Stufe hin. Anders ausgedrückt: Je näher der Abbiegepunkt vom Standpunkt des Nutzers aus gesehen liegt, um so größer sollte die Zoom-Stufe in der mobilen Karte sein. Allerdings korrelierte der Flächeninhalt des Umblickfeld-Polygons mit der Zoom-Stufe nicht signifikant (r_s = *-,11*; p = *,29*; n = *90*). Das Ergebnis der Kendall-Tau Tests entsprach dem Ergebnis der Spearman Rangkorrelationsanalyse.

Ergebnis B2.1

Die Distanz zum nächsten Abbiegepunkt korreliert signifikant mit der Zoom-Stufe im Hinblick auf die Selbstlokalisation. Der Flächeninhalt des Umblickfeld-Polygons und die Zoom-Stufe stehen jedoch nicht in enger Korrelation.

Da es sich hierbei um unabhängige Stichproben handelte, wurde der Kruskal-Wallis-Test durchgeführt (Tabelle 11, S. 125). Der Kruskal-Wallis-Test bestätigte, dass die Zoom-Stufe umso kleiner wird, je größer die Distanz zum nächsten Abbiegepunkt ist (χ^2 = *32,98*; p = *,00*). Der Flächeninhalt stand mit der Distanz zum nächsten Abbiegepunkt nicht in Zusammenhang (χ^2 = *3,43; p = ,18*).

	Distanz zum nächsten Abbiegepunkt	Anzahl der Testpersonen	Mittlerer Rang
Zoom-Stufe (Ränge)	$d \approx$ 250 m	n = 30	31,08
	$d \approx$ 150 m	n = 30	39,10
	$d \approx$ 50 m	n = 30	66,32

Tabelle 11: Ränge (Feldexperiment B2)

Aus den Post-Hoc-Tests (Tabelle 12, S. 126) wurde deutlich, dass ein signifikanter Unterschied bezogen auf die Zoom-Stufe zwischen kurzer Distanz ($d \approx$ 50) und langer Distanz ($d \approx$ 150; $d \approx$ 250) zum nächsten Abbiegepunkt festzustellen war. Während die Effektstärke r = *,45* eher einem mittleren Wert entsprach, durfte die Effektstärke r = *,58* durchaus als stark angesehen werden. Allerdings gab es keine signifikanten Unterschiede (p > *,05*) bei den Abbiegepunkten, die in einer Distanz von ca. *150 m* und *250 m* lagen (p = *,64*).

[80] r_s ist die Korrelationskoeffizient und r_s^2 ist der Bestimmtheitsmaß.

Paarvergleiche	Teststatistik	Std.-Fehler	Standardtest-statistik	Signifikanz	angep. Signifikanz	Effektstärke $r = \left\lvert \frac{z}{\sqrt{n}} \right\rvert$
$d \approx$ 250 m – $d \approx$ 150 m	-8,02	6,43	-1,25	,21	,64	
$d \approx$ **150 m** – $d \approx$ **50 m**	-27,22	6,43	**-4,23**	,00	**,00**	**,45**
$d \approx$ **250 m** – $d \approx$ **50 m**	-35,23	6,43	**-5,48**	,00	**,00**	**,58**

Tabelle 12: Paarweise Vergleiche (Feldexperiment B2)

Die Signifikanzwerte werden mittels Bonferroni-Korrektur für mehrere Tests angepasst (gerundet auf zwei Nachkommastellen). Das Signifikanzniveau ist auf ,05 gesetzt.

Das Ergebnis wies darauf hin, dass eine kurze Distanz zum nächsten Abbiegepunkt einen Einfluss auf die Zoom-Stufe hatte: Wenn der Abbiegepunkt in der Nähe des aktuellen Blickpunktes lag ($d \leq 50\ m$), war die mobile Karte in einer großen Zoom-Stufe erforderlich (ca. Zoom-Stufe 17,5). Im Falle, dass der Abbiegepunkt sich aber nicht im Umblickfeld-Polygon befand oder weit vom aktuellen Blickpunkt entfernt war ($d \geq 150\ m$), hatte diese Distanz keinen Einfluss auf die Zoom-Stufe; die Zoom-Stufe blieb unabhängig von der Distanz zum nächsten Abbiegepunkt konstant (ca. Zoom-Stufe 17).

Da dieses und das vorangegangene Feldexperiment[81] von den an gleichen Blickpunkten eingestellten bzw. ausgewählten Zoom-Stufen handelten, ist ein **studienübergreifender Ergebnisvergleich** trotz unterschiedlicher Erhebungsmethoden möglich, geht es doch um einen identischen Sachverhalt: das Zoom-Verhalten, welches sich von verarbeiteten Repräsentationen ableitet, wobei die Inputs – raumbezogene Faktoren – identisch sind.

Ein Vergleich der Mittelwerte ergab (Tabelle 13, S. 126), dass die Zoom-Stufe sich in drei Bedingungen (keine Darstellung der Route und des Abbiegepunktes, $d \approx$ 250 m und $d \approx$ 150 m) nur geringfügig unterschied ($M = 16{,}99;\ M = 16{,}78;\ M = 16{,}93$). Unter Einbeziehung der Ergebnisse des Feldexperiments B2 darf argumentiert werden, dass die Zoom-Stufe bei der Selbstlokalisation mit dem Flächeninhalt des Umblickfeld-Polygons in Zusammenhang steht, wenn der Abbiegepunkt vom aktuellen Blickpunkt aus weit entfernt liegt ($d \geq 150\ m$).

			Feldexperiment B1		Feldexperiment B2	
Blickpunkte	Bedingungen	n	Mittelwert der Zoom-Stufe	Standard-abweichung	Mittelwert der Zoom-Stufe	Standard-abweichung
9, 10 und 11	keine*	60**	$M =$ **16,99**	$SD =$,31		
	$d \approx$ 250 m	30			$M =$ **16,78**	$SD =$,39
	$d \approx$ 150 m	30			$M =$ **16,93**	$SD =$,39
	$d \approx$ 50 m	30			$M =$ 17,47	$SD =$,39

Tabelle 13: Studienübergreifende Diskussion

* Feldexperiment B1 handelte von dem Einfluss, den Flächeninhalt und Displaygröße auf die Zoom-Stufe nehmen können. Die Route bzw. der Abbiegepunkt wurden in der mobilen Karte nicht dargestellt. Die Distanz zum nächsten Abbiegepunkt (d) war also kein Forschungsgegenstand.

** Hier wurden die erhobenen Zoom-Stufen sowohl bei der Nutzung des 4" Displays als auch bei der Nutzung des 6,2" Displays berücksichtigt, denn die Displaygröße hat keinen signifikanten Einfluss auf die Zoom-Stufe.

[81] Feldexperiment B1 siehe Kapitel 5, S. 107 ff

Ergebnis B2.2

Wenn der nächste Abbiegepunkt in Blickrichtung in einer kurzen Distanz liegt, hat dieser einen Einfluss auf die Zoom-Stufe für die Selbstlokalisation. Die mobile Karte soll unabhängig vom Flächeninhalt des Umblickfeld-Polygons in einer großen Zoom-Stufe (Zoom-Stufe 17,5) dargestellt werden. Liegt der Abbiegepunkt weit entfernt, hat er keinen Einfluss auf die Zoom-Stufe. In diesem Fall wird die Zoom-Stufe wiederum durch den Flächeninhalt des Umblickfeld-Polygons bestimmt.

6.3.2 Exemplarische Ergebnisvalidierung

Es ist das Ziel der folgenden qualitativen Datenauswertung, die Ergebnisse der quantitativen Aussage exemplarisch zu validieren. Untersuchungszweck sind die von den Testpersonen angegebenen und in einer Karte festgehaltenen Entscheidungsbezogenen Landmarken (Abbildung 44, S. 127). Trotz der individuellen Auswahl Entscheidungsbezogener Landmarken ließ sich eine gewisse Überschneidung feststellen. Im Folgenden wird diese Überschneidung anhand der erhobenen Daten an Blickpunkt 9 beispielhaft erläutert.

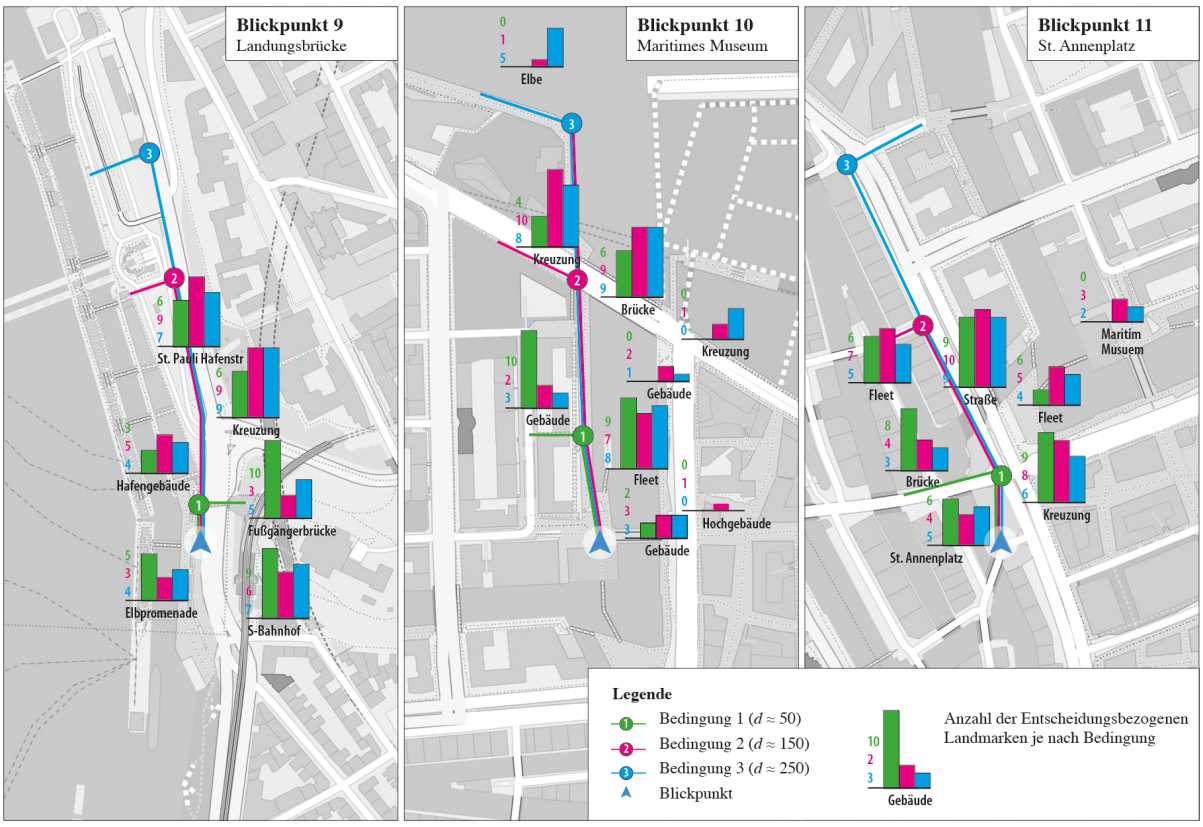


Abbildung 44: Vergleich der Orientierungspunkte (Feldexperiment B2)

Bei dieser exemplarischen, qualitativen Datenauswertung wurde nicht angestrebt, eine Kategorisierung oder eine Systematisierung der Lokalen Landmarken zu erreichen. Eine präzise Verortung der mündlich übermittelten Orientierungspunkte ist nicht relevant.

- **Auswahl der Entscheidungsbezogenen Landmarken bei Bedingung $d \approx 50\ m$**

  Aus der Darstellung wird ersichtlich, dass für die Testpersonen die Entscheidungsbezogenen Landmarken unmittelbar mit dem Abbiegepunkt in Verbindung standen. An Blickpunkt 9 wurden solche Landmarken, die in einer kurzen Distanz lagen, als Entscheidungsbezogene Landmarken erachtet, z. B. Fußgängerüberführung (100%), U-Bahnstation (90%) sowie Elbpromenade (50%). Im Vergleich dazu wurden jene Landmarken, die in einer großen Distanz lagen, nicht oft genannt; hierzu zählten z. B. Hafengebäude (30%), „St. Pauli Hafenstraße“ (60%) und Straßenkreuzung (60%).

- **Auswahl der Entscheidungsbezogenen Landmarken bei Bedingung $d \geq 150\ m$**

  Im Hinblick auf die Entscheidungsbezogenen Landmarken sind keine deutlichen Unterschiede zwischen den beiden Bedingungen ($d \approx 150\ m$ und $d \approx 250\ m$) ersichtlich. Im Vergleich zu Bedingung $d \approx 50\ m$ wurden solche Landmarken, die in einer kurzen Distanz lagen, nicht primär als Entscheidungsbezogene Landmarke angesehen, z. B. Fußgängerüberführung (30% und 50%) und Elbpromenade (30% und 40%). Allerdings trugen die Landmarken, welche sich in großer Distanz befanden, wie z. B. „St. Pauli Hafenstraße“ (90% und 70%) und Straßenkreuzung (90% und 90%) wesentlich mehr zur Entscheidung bei. Bemerkenswert ist, dass die U-Bahnstation aufgrund ihrer visuellen Auffälligkeit ebenfalls als eine wichtige Entscheidungsbezogene Landmarke angesehen wurde (60% und 70%), obwohl sie in unmittelbarer Nähe des Blickpunktes lag.

Generell unterstützt dieses Ergebnis die Aussagen der quantitativen Auswertung insofern, als ein in kurzer Distanz liegender Abbiegepunkt tatsächlich einen wesentlichen Einfluss auf die Zoom-Stufe hat; obwohl das Umblickfeld groß sein kann, wird nur ein Teil dieses Umblickfeldes für die Selbstlokalisation repräsentiert, wenn die räumliche Handlung des Abbiegens in unmittelbarer Nähe zum Blickpunkt erfolgt.

6.4 Diskussion über zukünftige Fragen

Neben den Bedingungen, Voraussetzungen und Grundannahmen[82] für den Test bringt die Definition des Abbiegepunktes eine wichtige Limitation mit sich. In diesem Feldexperiment wurde ausschließlich ein Biegewinkel von 90 ° in Betracht gezogen. Bei dieser Einschränkung bleibt jedoch ungeklärt, ob der 90 ° Abbiegepunkt als solcher tatsächlich von einem Blickpunkt aus wahrgenommen wird und ob andere Einflussgrößen in Verbindung mit dem Abbiegepunkt für den Zweck der Selbstlokalisation von Bedeutung sind. Aufgrund dieser Überlegungen werden einige offene Themen in die Diskussion eingebracht:

- **Unter welchen räumlichen Bedingungen wird ein Ort entlang einer Route als Abbiegepunkt wahrgenommen (in Anlehnung an Janzen 2000)?**

  Je nachdem, von welcher Seite eine Testperson sich einer Kreuzung nähert, könnte diese unterschiedlich wahrgenommen werden (Abbildung 45, S. 129). Dies stellt im Kontext der Fußgänger-Navigation eine große Herausforderung dar.

  Bislang findet die Erforschung der Raumkognition überwiegend in Laborumgebung statt. In diesem Zusammenhang stellte Janzen (2000) die Frage, „inwiefern Ergebnisse, die anhand von virtuellen Umgebungen gewonnen wurden, auf die reale Welt übertragbar sind“ (Janzen 2000, S. 25). Darüber hinaus ist die Art des Abbiegepunktes mit Biegewinkel 90° lediglich ein Typus unter vielen Abbiegepunkten. Somit sind weiterführende Untersuchungen erforderlich, um zu überprüfen, inwieweit Abbiegepunkte mit unterschiedlichen Biegewinkeln sich beim Lösen der Selbstlokalisationsaufgabe auf die Zoom-Stufe auswirken (Abbildung 46, S. 129).

[82] Voraussetzungen und Grundannahmen siehe Abschnitt 3.1, S. 56 ff; Testbedingungen siehe Unterabschnitt 3.2.2, S. 68 ff

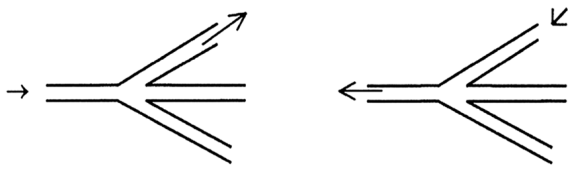


Abbildung 45: Betreten der gleichen Kreuzung je nach Laufrichtung (Janzen 2000)

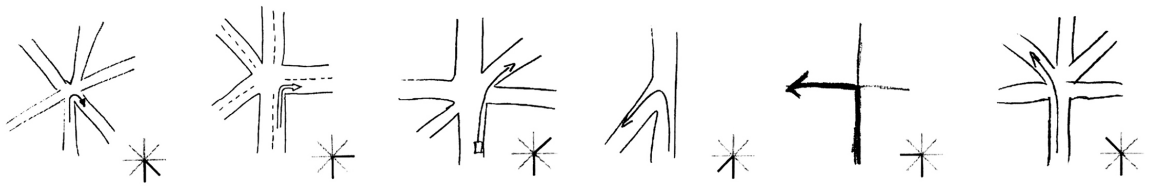


Abbildung 46: Betreten ähnlicher Kreuzungen mit unterschiedlichen Abbiegemöglichkeiten (Klippel 2003)

- **Unter welchen räumlichen Bedingungen – bezogen auf die Distanz zum nächsten Abbiegepunkt – sollte die Zoom-Stufe geändert werden?**

  Methodisch bedingt wurden im Rahmen dieses Feldexperiments nur drei Faktor-Stufen ($d \approx 50\ m$, $d \approx 150\ m$ und $d \approx 250\ m$) untersucht. Zwar ist die angewandte Methode der Exploration zweckdienlich, das Ergebnis ist jedoch unscharf. Daher bleibt die Frage unbeantwortet, ab welcher exakten Distanzangabe die Zoom-Stufe angepasst werden sollte. Die Ermittlung eines präzisen d-Wertes, der für jedes Umblickfeld einsetzbar wäre, stellt eine große Herausforderung dar. Parallel dazu sind weitere raumbezogene Faktoren nicht zu vernachlässigen, z. B. Lokale Landmarke: Mehrere Forschungen belegen, dass in der Tat die Entscheidungspunkte nicht allein, sondern zusammen mit Lokalen Landmarken am jeweiligen Entscheidungspunkt wahrgenommen werden (z. B. Janzen 2000).

- **Wie wird der Entscheidungspunkt im Kontext der Fußgänger-Navigation definiert?**

  Während der Abbiegepunkt eindeutig definiert werden kann, lässt sich im Vergleich dazu der Entscheidungspunkt äußerst unscharf abgrenzen[83]. Beispielsweise kann der Entscheidungspunkt ein schmaler Weg oder aber eine große Straßenkreuzung sein. Die Frage nach der Dimension eines Entscheidungspunktes bleibt unklar. Allerdings beeinflusst der Entscheidungspunkt – in Verbindung mit Entscheidungslandmarken – die Repräsentationen und damit das entsprechende Zoom-Verhalten. Aufgrund dessen ist die Identifizierung der Landmarke und des Entscheidungspunktes wünschenswert.

- **Welche Auswirkungen könnten die drei identifizierten Zoom-Stufen (17; 17,5 und 18) auf das Navigationsverhalten haben?**

  In den vorangegangenen Feldexperimenten[84] wurde festgestellt, dass Zoom-Stufe 17 für die Selbstlokalisation angewandt werden sollte, wenn das Umblickfeld groß ist ($F \geq 11.755\ m^2$). Das Ergebnis dieses Feldexperiments zeigte, dass die Zoom-Stufe bei Hinzunahme eines weiteren Parameters – Distanz zum nächsten Abbiegepunkt – weiter differenziert werden kann. Somit ergeben sich für die Selbstlokalisation insgesamt drei Zoom-Stufen (17; 17,5 und 18), die durch zwei Umblickfeld-Parameter (Flächeninhalt des Umblickfeld-Polygons und Distanz zum nächsten Abbiegepunkt) bestimmt werden können.

  Das Ergebnis im Hinblick auf Zoom-Stufe 17,5 ist plausibel: Zum einen soll der fokussierte Bereich in

[83] Definition und Unterscheidung zwischen Abbiegepunkt und Entscheidungspunkt siehe Unterabschnitt 2.5.4, S. 51 ff

[84] Feldexperiment A siehe Kapitel 4, S. 77 ff; Feldexperiment B1 siehe Kapitel 5, S. 107 ff

Verbindung mit dem nahe liegenden Abbiegepunkt durch eine große Zoom-Stufe in den Darstellungsfokus gesetzt werden, zum anderen soll ein gewisser Überblick über das Umblickfeld gegeben werden; der Abbiegepunkt wird in der Tat nicht allein, sondern zusammen mit anderen Entscheidungsbezogenen Landmarken um diesen Abbiegepunkt herum wahrgenommen. Solche Entscheidungsbezogenen Landmarken können jedoch auch in der Ferne liegen, weshalb anzunehmen ist, dass die Zoom-Stufe 17,5 als akzeptable „Kompromisslösung“ bei der Selbstlokalisation empfunden wird.

Das Feldexperiment basiert auf einer punktuellen Datenerhebung, d. h. die Zoom-Stufe bezieht sich ausschließlich auf die Lösung der Selbstlokalisationsaufgabe an einem vorgegebenen Blickpunkt. Wird die empirische Untersuchung anders konzipiert, z. B. mit Blick auf die Navigationsaufgabe, könnten weitere, die Zoom-Stufe beeinflussende Faktoren identifiziert werden[85]. Im Rahmen der Navigation mittels mobiler Karte ist es Dillemuth (2008) ein besonders wichtiges Anliegen, dass die Zoom-Stufen während des Navigationsprozesses nicht zu oft geändert werden. Andernfalls kann es zu Verwirrung beim Indirekterwerb des räumlichen Wissens mittels der Kartendarstellung kommen (Dillemuth 2008). Dieser Aspekt steht mit dem Thema Mentale Beanspruchung in Verbindung. Konkret bedeutet dies: Werden Kartenausschnitt bzw. Zoom-Stufe während der Navigation öfter geändert, müssen die dargestellten Inhalte jedes Mal erneut visuell aufgefasst werden. Ob zwei oder drei Zoom-Stufen für die Selbstlokalisation während der Navigation geeignet sind, muss im Rahmen künftiger Evaluierungsstudien erforscht werden[86]. Um die Nutzung von Zoom-Stufe 17,5 zu vermeiden bzw. den häufigen Wechsel zwischen Zoom-Stufen zu reduzieren, wäre eine Positionierung des *you-are-here* Punktes im unteren Bereich des Smartphone-Displays sinnvoll[87].

[85] Die Zoom-Stufe zum Zweck des Erwerbs des Routenwissens und der Ausbildung des Überblickwissens (Kognitive Karte) war nicht Untersuchungsgegenstand dieser Arbeit; in diesem Zusammenhang wird die Forschungsarbeit von Löwen et al. (2019a) empfohlen. Löwen et al. (2019a) schlugen eine sogenannte *functional scales in assisted wayfinding* mit fünf Zoom-Stufen für eine komplette Navigationsaufgabe vor: *intersection scale, neighborhood scale, city scale, region scale, route overview scale*. Je nach Länge der Navigationsroute käme *region scale* nicht in Betracht, z. B. bei einer innerstädtischen Navigationsaufgabe (Löwen et al. 2019a).

[86] Vorschlag für die Evaluierungsstudie und beispielhafte Durchführung siehe Unterabschnitt 7.3, S. 141 ff

[87] Diskussion über die Positionierung des *you-are-here* Punktes siehe Abschnitt 5.4, S. 118 f

7

Gesamtdiskussion und Ausblick

Um dem übergeordneten Ziel – Automatisierung des optimalen Kartenausschnitts mittels der standortangepassten Zoom-Stufe – einen Schritt näher zu kommen, sollen nicht nur die Ergebnisse zur Beantwortung der forschungsleitenden Frage resümiert und diskutiert werden, sondern auch die Implikationen für die praktische Anwendung dargestellt werden. Aus den Ergebnissen der Feldexperimente lässt sich eine praktische Aussage im folgenden Kapitel darüber treffen, welche Parameter ausschlaggebend für die Anpassung der Zoom-Stufe in der mobilen Karte sind, um einen optimalen Kartenausschnitt zum Zweck der Selbstlokalisation zu bestimmen. Diese praktische Aussage soll außerdem als handlungsleitende, praxisorientierte Empfehlung für die gestalterische Umsetzung gelten.

Das Schlusskapitel dieser Arbeit gliedert sich wie folgt:

- **Ergebniszusammenfassung und Limitationen** (Abschnitt 7.1)

  Die Ergebnisse von drei Feldexperimenten führen zu einer handlungsleitenden, praxisorientierten Empfehlung, die zur Bestimmung eines optimalen Kartenausschnitts mittels der standortangepassten Zoom-Stufe bei Fußgänger-Navigation angewandt werden kann. Ferner werden die damit verbundenen Limitationen dargestellt.

- **Gesamtdiskussion** (Abschnitt 7.2)

  In der Diskussion werden die studienübergreifenden, übergeordneten Themen – angewandte Methoden, Konzept Umblickfeld-Polygon sowie Übertragbarkeit der Ergebnisse – kritisch betrachtet.

- **Programmentwurf und Vorschlag zur Evaluierungsstudie** (Abschnitt 7.3)

  Um die Forschungsergebnisse zur praktischen Anwendung zu bringen, wird ein Nassi-Shneiderman-Diagramm für die Programmentwicklung konzipiert. Im Anschluss daran wird ein konkretes Forschungsdesign für die Evaluierungsstudie vorgeschlagen.

- **Vorschläge für künftige Themenschwerpunkte** (Abschnitt 7.4)

  Um die Forschung der Selbstlokalisation mittels der mobilen Karte voranzubringen, werden Empfehlungen zu den künftigen Themenschwerpunkten angeführt.

- **Beiträge und Forschungsperspektive** (Abschnitt 7.5)

  Diese explorative Arbeit leistet nicht nur einen Beitrag zur Verbesserung des mobilen Kartendesigns zum Zweck der Selbstlokalisation im Rahmen der Fußgänger-Navigation, sondern sie kann darüber hinaus praktische Bedeutung für weitere Navigationsaufgaben erlangen. Durch die thematisierte Schnittstelle zwischen Raumkognition und Kartendesign wird eine Forschungsperspektive für die künftige Entwicklung des multimedialen Navigationssystems geliefert.

7.1 Ergebniszusammenfassung und Limitationen

Beim Lösen der Selbstlokalisationsaufgabe im Kontext der Fußgänger-Navigationsforschung lag der **Fokus** dieser Dissertationsschrift auf der Optimierung der standortbezogenen Zoom-Stufe in der mobilen Karte. Besondere Bedeutung kam hierbei dem Prozess der kognitiven Informationsgewinnung und -verarbeitung zu. **Ziel** dieser explorativen Arbeit war die Automatisierung des optimalen Kartenausschnitts mittels der standortangepassten Zoom-Stufe. Hierfür war es zweckdienlich, die Interdependenz zwischen Direkterwerb des Standortwissens durch visuelle Raumwahrnehmung und Indirekterwerb des Standortwissens durch mobile Darstellung näher zu untersuchen. Diese wechselseitige Beziehung ließ vermuten, dass das Umblickfeld und der darzustellende Ausschnitt des physikalischen Raums mit der Zoom-Stufe in enger Verbindung stehen. Daraus ergaben sich zwei Annahmen, welche die zu untersuchenden Thesen und die damit einhergehenden Forschungsfragen im Rahmen der empirischen Untersuchungsreihe herleiteten:

- **Annahme 1**
  Bei der Selbstlokalisation haben die raumbezogenen Faktoren einen Einfluss auf die Zoom-Stufe.

  Bei den raumbezogenen Faktoren ging es darum, wie der Vista Raum im Umblickfeld kognitiv wahrgenommen wird. Hierbei wiesen Erkenntnisse aus der Raumkognition darauf hin, dass drei räumliche Faktoren – (1) Größe des Umblickfeld-Polygons, (2) Komplexität des Umblickfeld-Polygons sowie (3) Distanz zum nächsten Abbiegepunkt – den Erwerb des Standortwissens bzw. die Ausbildung der Repräsentationen im Kurzzeitgedächtnis beeinflussen. Da sich aus verarbeiteten Repräsentationen das Zoom-Verhalten ableitet, wurde angenommen, dass die genannten räumlichen Faktoren darauf verweisen, welche Informationen von der mobilen Karte für die Selbstlokalisation erwartet werden und welcher Ausschnitt des physikalischen Raums auf dem Smartphone-Display somit dargestellt werden sollte. Globale Landmarken und Repräsentationen des Standortes stehen nicht miteinander in Verbindung und haben somit keinen Einfluss auf die Zoom-Stufe.

- **Annahme 2**
  Bei der Selbstlokalisation haben die kartenbezogenen Faktoren einen Einfluss auf die Zoom-Stufe.

  Bei den kartenbezogenen Faktoren ging es darum, inwieweit das Kartendesign zum Erwerb des räumlichen Wissens (Überblickwissen oder Standortwissen) beiträgt. Im vorliegenden Untersuchungszusammenhang wurde der mögliche Einfluss von unterschiedlichen Smartphone-Displaygrößen auf das zu erwerbende räumliche Wissen in den Mittelpunkt gestellt. Prinzipiell ist zur Erlangung eines besseren Überblickwissens eine kleinere Zoom-Stufe (größer dargestellte Umgebung) von Nutzen (in Anlehnung an Dickmann und Kestermann 2011), während eine größere Zoom-Stufe (kleiner dargestellte Umgebung) den Erwerb eines präziseren Standortwissens (in Anlehnung an Dillemuth 2008) gewährleistet. Wenn nun der Standort durch eine größere Zoom-Stufe dargestellt wird, darf angenommen werden, dass trotz unterschiedlicher Displaygrößen die Zoom-Stufe nicht variiert und auch das zu erwerbende Standortwissen unverändert bleibt.

Ob eine standortangepasste Zoom-Stufe aus Sicht der Nutzer eines Fußgänger-Navigationssystems dem Zweck der Selbstlokalisation dient und welche Faktoren die Zoom-Stufe beeinflussen, war der Untersuchungsgegenstand der empirischen Feldexperimente. Im Anschluss erfolgt eine **Ergebniszusammenfassung** der durchgeführten Feldexperimente:

- **Ausschlaggebende Einflussfaktoren**

  Zwei Umblickfeld-Parameter – **Flächeninhalt** (F) und **Distanz zum nächsten Abbiegepunkt in Blickrichtung** (d) – haben sich insofern als die wichtigsten Faktoren erwiesen, als ihr Einfluss auf die Zoom-Stufe ausschlaggebend war. Während Zoom-Stufe 17 in der Regel für ein großes Umblickfeld ($11.755\ m^2 \leq F \leq$

39.209 m^2) anzuwenden ist, kommt für ein kleines Umblickfeld (900 $m^2 \leq F \leq$ 3.173 m^2) Zoom-Stufe 18 häufig infrage, wobei in beiden Fällen der Abbiegepunkt nicht in die Betrachtung einbezogen wurde. Wenn der Abbiegepunkt sich aber in einem großen Umblickfeld befindet, unterscheidet sich die Zoom-Stufe je nach Distanzbedingung signifikant ($d \geq 150$ m und $d \leq 50$ m): Trifft Bedingung $d \geq 150$ m zu, ist die Zoom-Stufe durch den Flächeninhalt zu bestimmen und dementsprechend Zoom-Stufe 17 anzuwenden. Liegt der Abbiegepunkt in unmittelbarer Nähe zum aktuellen Blickpunkt ($d \leq 50$ m), ist Zoom-Stufe 17,5 für die Selbstlokalisation am besten geeignet.

- **Mögliche Einflussfaktoren**

  Bei der Selbstlokalisation korrelierten **Umfang** des Umblickfeld-Polygons und **Länge der maximalen Sichtachse** zwar mit der Zoom-Stufe, waren jedoch nicht als konstante Parameter anzusehen.

- **Kein nachweisbarer Einfluss**

  Die **Komplexität** des Umblickfeld-Polygons, die durch die Umblickfeld-Parameter Kompaktheitsgrad ($\frac{4\pi F}{U^2}$), Konvexität ($\frac{F}{U^2}$) und Gezacktheit ($\frac{U^2}{F}$) beschrieben wurde, korrelierte nicht mit der Zoom-Stufe. Ein Einfluss von **Globalen Landmarken**, die außerhalb des Umblickfeld-Polygons bzw. in einer großen Entfernung lagen, konnte nicht eindeutig nachgewiesen werden. Generell hat die **Displaygröße** keinen signifikanten Einfluss auf die Zoom-Stufe, es sei denn, dass eine wichtige Entscheidungsbezogene Landmarke auf einem kleinen Display nicht angezeigt wird, wohl aber auf einem großen Display bei gleicher Zoom-Stufe. In diesem Fall werden sich die Zoom-Stufen mit hoher Wahrscheinlichkeit signifikant unterscheiden.

Dieser Ergebniszusammenfassung liegen die erworbenen empirischen Erkenntnisse zugrunde, welche wiederum der Beantwortung der forschungsleitenden Frage und der Festlegung der Handlungsempfehlung für die gestalterische Praxis dienen sollen. Daher ist eine Darlegung der **Limitationen** notwendig, denn die Reproduzierbarkeit ist durch die Voraussetzungen, Grundannahmen sowie Testbedingungen der Feldexperimente eingeschränkt (Tabelle 14, S. 134). Ferner beruhen die Forschungsergebnisse auf einer begrenzten Anzahl ausgewählter Stimuli (11 Umblickfeld-Polygone). Weiterhin wurde im Rahmen der empirischen Untersuchungsreihe eine begrenzte Bandbreite des Flächeninhalts (900 $m^2 \leq F \leq$ 3.173 m^2 und 11.755 $m^2 \leq F \leq$ 39.209 m^2) zugrunde gelegt. Außerdem wurden drei ausgewählte Distanzen zum nächsten Abbiegepunkt ($d \approx 50$ m, $d \approx 150$ m, $d \approx 250$ m) untersucht.

Aufgrund dieser Einschränkungen muss eine gewisse Ungenauigkeit hingenommen werden bzw. ein vollständiges Untersuchungsspektrum ist nicht erreichbar. Beispielsweise wurden zwei Bedingungen (3.173 $m^2 < F <$ 11.755 m^2 und 50 $m < d <$ 150 m) nicht untersucht. Die Ermittlung präziser Werte zur Bestimmung der Zoom-Stufe ist im zukünftigen, iterativen Evaluierungsprozess wünschenswert, denn die Selbstlokalisation erfolgt nicht nur an einem Blickpunkt (Startpunkt der Navigation), sondern auch während der Fortbewegung bei der Annäherung an den Zielpunkt oder an einen Entscheidungspunkt. Insbesondere im Falle architektonisch komplexer Gegebenheiten könnte sich während der Fortbewegung das Umblickfeld stark verändern. Außerdem wäre eine große Anzahl an Untersuchungsorten erforderlich. Darüber hinaus wäre es wünschenswert, die extremen Fälle ($F <$ 900 m^2 und $F >$ 39.209 m^2) zu untersuchen.

Testbedingungen	1	Städtischer Raum
	2	Testpersonen (geringe Abweichungen hinsichtlich der Körpergröße; ohne örtliches Vorwissen; ausreichende Erfahrung mit Navigationsapplikationen)
	3	OpenStreetMap (OSM) ohne Objektbeschriftungen und Signaturen
	4	Sperrung der *pan*-Funktion
	5	Tageslicht
	6	Vermeidung des Raumsequenz-Effekts
	7	Smartphone-Displaydiagonale zwischen 4" und 6.2"
Voraussetzungen	1	Vorne-oben-Ausrichtung
	2	Darstellung des *you-are-here* Symbols in Form eines Pfeils im Kreis
Grundannahmen	1	Positionierung des *you-are-here* Symbols in der geometrischen Mitte des Smartphone-Displays
	2	2D-Perspektive
	3	Selektive Darstellung

Tabelle 14: Limitationen der empirischen Ergebnisse

Anhand der Ergebniszusammenfassung und der Limitationen konnte die explorative, forschungsleitende Frage – welche Parameter ausschlaggebend für die Anpassung der Zoom-Stufe in der mobilen Karte sind, um einen optimalen Kartenausschnitt zum Zweck der Selbstlokalisation zu bestimmen – nur begrenzt in Form einer praktischen Aussage beantwortet werden:

Beantwortung der forschungsleitenden Frage (praktische Aussage):

Je nach räumlicher Bedingung sind die Zoom-Stufen 17, 17,5 sowie 18 zum Zweck der Selbstlokalisation zu empfehlen. Zoom-Stufen, die größer als 18 oder kleiner als 17 sind, sind nicht anzuraten.

Durch zwei Umblickfeld-Parameter – Flächeninhalt (F) und Distanz zum nächsten Abbiegepunkt in Blickrichtung *(d)* – kann die Zoom-Stufe dem Standort angepasst werden. Trifft nur die Bedingung $F \leq 3.173\ m^2$ zu, ist Zoom-Stufe 18 zu empfehlen. Zoom-Stufe 17 ist am besten geeignet, wenn die beiden folgenden Bedingungen – $F \geq 11.755\ m^2$ und $d > 50\ m$ – zutreffen. Es empfiehlt sich, Zoom-Stufe 17,5 anzuwenden, wenn die Bedingung bzgl. des Flächeninhalts ($F \geq 11.755\ m^2$) gleich bleibt, jedoch die Bedingung $d \leq 50\ m$ zutrifft.

In Zoom-Stufen, die kleiner als 17 sind, werden die Objekte im Umblickfeld graphisch stark verkleinert dargestellt. Aufgrund der graphischen Generalisierung könnten sowohl die Objekte als auch die Distanz zwischen Objekten und *you-are-here* Punkt unleserlich werden. Ferner könnte der dargestellte Ausschnitt des physikalischen Raums den Wahrnehmungsraum im Umblickfeld übersteigen, so dass durch das Kartenlesen Überblickwissen statt Standortwissen erworben wird. Zoom-Stufen, die größer als 18 sind, sollten in der Regel nicht verwendet werden: Im Falle dessen würde nur ein Ausschnitt des Umblickfeldes auf dem Smartphone angezeigt; eine notwendige Entscheidungsbezogene Landmarke ließe sich nicht darstellen.

Diese praktische Aussage bildet die erste **Hypothese** zur Anpassung der Zoom-Stufe in der mobilen Karte zum Zweck der Selbstlokalisation und ist zugleich als handlungsleitende, praxisorientierte Empfehlung anzusehen. Insofern erfüllt diese explorative Arbeit den **Untersuchungszweck**[88]. Ob diese Hypothese unter unterschiedlichen

[88] Der übergeordnete Untersuchungszweck siehe Unterabschnitt 1.5.1, S. 9 f

Bedingungen und vor allem während der Erledigung einer Navigationsaufgabe stets aufrechterhalten werden kann und inwiefern die Handlungsempfehlung zur Verbesserung der *user experience* beiträgt, wird durch weiterführende Forschungen zu überprüfen sein.

Mit Blick auf die theoretische Herleitung bestätigt dieses Ergebnis grundsätzlich die Kernannahme, dass der durch die standortangepasste Zoom-Stufe dargestellte Ausschnitt des physikalischen Raums der hierarchischen Ebene des Navigationswissens zum Zweck der Selbstlokalisation entsprechen soll (Abbildung 47, S. 135).

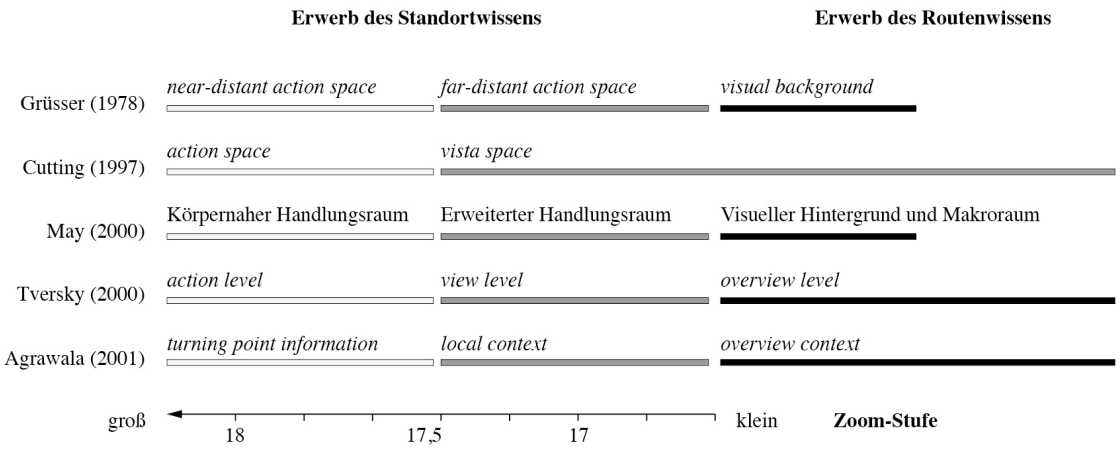


Abbildung 47: Theoretische Reflexion

Vor einem Jahrzehnt wurden die Fragen im Kontext des mobilen Kartendesigns in Verbindung mit dem Lösen einer Navigationsaufgabe gestellt:

> *„At what point is the map too [sic!] zoomed out, for different types of tasks? What is the ideal default display scale, for different types of navigational use?“ (Dillemuth 2008, S. 159).*

Bislang bleiben diese Fragen im Kontext der Fußgänger-Navigation mittels der mobilen Darstellung unzureichend beantwortet. In diesem Sinne ist das Forschungsergebnis dieser explorativen Arbeit ein großer **Fortschritt** zur Schließung der Forschungslücke. Allerdings dürfen die oben genannten drei Zoom-Stufen in Verbindung mit den entsprechenden Bedingungen ausschließlich als handlungsleitende, praxisorientierte Empfehlung angesehen werden. Dies lässt sich wie folgt begründen:

- **Individualität der Wahrnehmung**

  Als ein kognitiver Prozess ist die Selbstlokalisation aufgrund der Individualität der Wahrnehmung wenig kontrollierbar, zumal mentale Repräsentationen in dieser Arbeit nicht einbezogen und nicht behandelt wurden.

- **Einfluss anderer raumbezogener und kartenbezogener Faktoren**

  Die Zoom-Stufe könnte auch dem Einfluss anderer raumbezogener und kartenbezogener Faktoren unterliegen, welche in dieser Arbeit jedoch nicht empirisch untersucht wurden. Die Identifizierung und die Systematisierung der Lokalen Landmarken würde zudem eine große Herausforderung darstellen.

Die Tatsache, dass eine handlungsleitende Empfehlung gegeben wird, schließt nicht aus, dass ein Nutzer unter identischen karten- und raumbezogenen Bedingungen dennoch eine andere Zoom-Stufe verwendet als jene, die prognostiziert wird. Eine ideale Übereinstimmung zwischen beiden Zoom-Stufen kann auf einer Navigationsroute keinesfalls in allen Punkten erreicht werden. Stehen jedoch Effektivität und Effizienz im Kontext der

Navigationsaufgabe im Mittelpunkt, könnte die standortangepasste Zoom-Stufe dazu beitragen, die Schnittmenge zwischen direkt und indirekt erworbenem Wissen zu vergrößern und beide Wissensarten möglichst anzunähern. In dieser Hinsicht dürften drei Zoom-Stufen ausreichen, auch wenn eine der prognostizierten Zoom-Stufen manuell geändert werden müsste. Insofern darf argumentiert werden, dass die Automatisierung der Zoom-Stufe ein großer Schritt in Richtung des Ziels darstellt, eine nutzerzentrierte Optimierung der Navigations-Apps zu erreichen. Zur Beantwortung der Frage, in welchem Maße dies dazu beiträgt, sind weiterführende Studien im zukünftigen, iterativen Evaluierungsprozess wünschenswert.

7.2 Gesamtdiskussion

Da das einzelne Ergebnis im Anschluss an das jeweilige Feldexperiment hinreichend diskutiert wurde und die erworbenen Erkenntnisse des zuvor durchgeführten Feldexperiments in die Diskussion stets einbezogen wurden, ist eine wiederholende Ergebnisdiskussion nunmehr nicht erforderlich. Vielmehr liegt der besondere Fokus auf drei übergeordneten bzw. zugrunde liegenden Themen: Konzept der Umblickfeld-Parameter (Unterabschnitt 7.2.1), angewandte Forschungsmethoden (Unterabschnitt 7.2.2) und Übertragbarkeit des Ergebnisses (Unterabschnitt 7.2.3).

7.2.1 Konzept der Umblickfeld-Parameter

Generell ist das Konzept Umblickfeld-Parameter eine Methode der quantitativen Beschreibung des Wahrnehmungsraums. Ziel des Konzeptes war, den visuellen Wahrnehmungsraum im Umblickfeld und den kartographischen Maßstab (Zoom-Stufe) zueinander in Beziehung zu setzen. Da das Konzept in Anlehnung an *isovist* (Benedikt 1979) und *Feldern* (Hudelmaier 2003) entwickelt wurde, sind das Umblickfeld-Polygon und die damit verbundenen Umblickfeld-Parameter stark von *isovist* geprägt. Daher müssen die Kritikpunkte an *isovist* bzw. die Schwäche der Sichtbarkeitsanalyse im Folgenden in die Diskussion eingebracht werden.

Verzerrung des direkt und indirekt erworbenen Distanzwissens

Die visuell wahrgenommenen Distanzen (das direkt erworbene Distanzwissen) stimmen nicht mit den physikalisch gemessenen Distanzen überein (in Anlehnung an May 2000; Grütter 2015).

> *„[...] cognitive representation need not bear a one-to-one correspondence with their counterparts in physical space (e.g., distance A to B in objective reality may be perceived to be longer, shorter, or the same as the distance from B to A in cognitive space.) Thus, symmetry and reflexivity axioms of euclidean metrics need not hold universally in a human cognitive representation“ (Golledge 1999, S. 8).*

Haber (1985) hob hervor, dass die Distanzen zwischen Objekten unterschätzt werden, wenn die Objektlage parallel zur Sichtlinie liegt. Dies würde dazu führen, „dass eine objektiv kreisrunde Anordnung von Objekten subjektiv als gestauchte Ellipse wahrgenommen würde, Abstände zwischen Objekten entlang der Blickrichtungsachse würden im Vergleich zu Abständen senkrecht zur Blickrichtung angeordneten Objekten verkürzt“ (Haber 1985 und Toye 1986 zitiert in May 2000, S. 34).

Das indirekt mittels Karte erworbene Wissen über die räumliche Anordnung und die Distanzen zwischen den einzelnen Objekten beruht auf einer sogenannten „simultanen“ Betrachtung (Janzen 2000). Diese Distanzen „[lassen] sich hier als euklidische Distanzen extrahieren, d. h. sie werden unabhängig von den zwischen ihnen bestehenden Wegen oder Straßen bestimmt und sozusagen als ‚Luftlinie‘ zwischen zwei Objekten repräsentiert“

(Janzen 2000, S. 12). „So können zwei Zimmer verschiedener Wohnungen auf dem Plan nur durch eine Wand getrennt sein, empfindungsmäßig liegen sie aber meilenweit auseinander. [...] Distanzen [werden] in Richtung Stadtmitte kürzer empfunden als solche vom Zentrum weg, auch wenn sie mathematisch gemessen gleich lang sind“ (Grütter 2015, S. 153). Golledge et al. (1995) stellten fest, dass der Erwerb des Distanzwissens durch das Kartenlesen genauer ist im Vergleich zur direkten visuellen Wahrnehmung. Darüber hinaus kann sich durch eine Reihe von kartographischen Faktoren eine Fehleinschätzung der Distanzen ergeben (Dickmann et al. 2019).

In diesem Zusammenhang stellt sich die Frage, inwiefern die Verzerrung des direkt und indirekt erworbenen Distanzwissens die Zoom-Stufe bei der Selbstlokalisation beeinflusst. Diese Frage soll durch zukünftige Forschung geklärt werden.

Ungenauigkeit bei der Bestimmung der Umblickfeld-Parameter

Da für das Konzept Umblickfeld-Polygon Sichtbarkeit eine Voraussetzung ist, folgt die Bestimmung des Umblickfeld-Polygons aus der grundlegenden Frage: Welcher Bereich ist als sichtbar anzusehen? Hierbei kommentierten Davies et al. (2006), dass sowohl die Höhe des Blickpunktes als auch der Transparenzgrad der visuellen Grenze eine gewisse Rolle spielen. Dennoch wurde im Rahmen der vorliegenden Untersuchungsreihe bestätigt, dass die Ungenauigkeit bei der Bestimmung der Umblickfeld-Parameter keinen wesentlichen Einfluss auf die Zoom-Stufe hat. Die oben genannten Faktoren tragen zur Erstellung der Grundkarte bei; dies wiederum bedingt eine automatisierte Bestimmung des Umblickfeld-Polygons.

1. Höhe des Blickpunktes

   Bei allen durchgeführten Feldexperimenten wurde die Höhe des Blickpunktes von ca. *10 m* (ungefähre Höhe eines Einfamilienhauses) vordefiniert. Wenn die Augenhöhe des Betrachters verwendet wird, würde ein Objekt ab einer Höhe von ca. *1,6 m* außerhalb eines Umblickfeld-Polygons liegen, obwohl das Objekt tatsächlich unmittelbar visuell wahrgenommen werden kann. Diese Höhenangabe ist durchaus diskutabel, jedoch wurde mit ihrer Hilfe die perspektivische Wahrnehmung und das Umblickfeld-Polygon in der Vertikalen ($+90^\circ$ nach oben und -60° nach unten, Hettinger und Becker 1993) so weit wie möglich berücksichtigt. Zur Klärung der Frage, welche Höhe des Blickpunktes optimal ist, bedarf es weiterer Untersuchungen.

2. Grenzziehung des Umblickfeldes

   Die Grenzziehung des Umblickfeldes bezieht sich auf die Festlegung, welches Objekt als Hindernis angesehen wird. Ferner soll die Durchsichtigkeit der Bäume und die damit verbundene Jahreszeit berücksichtigt werden.

Visuelle Bias

Davies und Peebles (2010) belegten, dass das visuelle Wahrnehmen der markanten, auffälligen Objekte (z. B. Landmarke) zu einem visuell-kognitiven Bias führt. Daher könnten *geometry-matching strategies* in Verbindung mit dem *isovist*-basierten Lösungsansatz zur Raumbeschreibung problematisch sein (Davies und Peebles 2010). Dieser Aspekt wurde durch die Erhebung und Auswertung der qualitativen Daten im Hinblick auf die Entscheidungsbezogenen Landmarken der Testpersonen bestätigt. Die handlungsleitende, praxisorientierte Empfehlung bezüglich der drei identifizierten Zoom-Stufen zum Zweck der Selbstlokalisation wird dadurch nicht gefährdet. In der Tat geht es beim Konzept Umblickfeld-Polygon primär darum, den darzustellenden Ausschnitt des physikalischen Raums zum Zweck der Selbstlokalisation zu bestimmen. Dadurch können Maßstab des visuellen Wahrnehmungsraums und Zoom-Stufe in der mobilen Karte in Beziehung gesetzt werden. Es geht nicht darum, welche Informationen ein Individuum tatsächlich innerhalb dieses Ausschnitts benötigt und wie sie kartographisch dargestellt werden sollen.

Der Ansatz Umblickfeld-Polygon hat – wie andere Ansätze der quantitativen Raumbeschreibung – zwar seine Schwächen, jedoch bietet er die Möglichkeit, das Umblickfeld messbar zu machen und den Maßstab des visuellen Wahrnehmungsraums wiederzugeben. Diese Quantifizierung ermöglicht, einen visuellen Wahrnehmungsraum und die Darstellung dieses Raums mittels einer standortangepassten Zoom-Stufe miteinander zu verknüpfen. In diesem Sinne dürfte der Ansatz Umblickfeld-Polygon als angemessen empfunden werden.

7.2.2 Übertragbarkeit der Ergebnisse

Da die Selbstlokalisation als kognitiver Prozess mit Repräsentationen einhergeht, muss die zugrunde liegende Betrachtungsweise der Repräsentationen bei der Diskussion zur Übertragbarkeit der Ergebnisse erneut aufgegriffen werden. Hierbei konzentrierte sich diese Forschungsarbeit ausschließlich auf die Beziehung zwischen Input-Parameter und Output-Parameter, um den Output-Parameter als Folge des Input-Parameters zu erklären (in Anlehnung an Herrmann 1988). Anders ausgedrückt: Zum Zweck der Selbstlokalisation wird die Zoom-Stufe durch ausgewählte raumbezogene und kartenbezogene Faktoren vorhergesagt. Hierbei kann die Input-Output-Relation nur reproduziert werden, wenn die Input-Parameter vergleichbar sind. Daher bezieht sich die Übertragbarkeit der Forschungsergebnisse auf die festgelegten Voraussetzungen, Grundannahmen und Testbedingungen. Da die Limitationen[89] bereits dargestellt wurden, werden im Folgenden nur drei neue Aspekte angeführt.

Ohne weitere Untersuchung lässt sich das Ergebnis nicht auf den Innenraum übertragen, obgleich die Voraussetzungen bezogen auf den Flächeninhalt identisch sein können. Die visuelle Grenzziehung (z. B. durch Wände) ist in einem Indoor-Bereich (*build-up areas*) klarer definiert, weshalb die *geometry-matching strategies (salient geometric layout shapes or features)* in Verbindung mit der Architekturtypologie möglicherweise von großer Bedeutung sind (in Anlehnung an Davies et al. 2006; Davies und Peebles 2010). Hinzu kommt, dass der visuelle Hintergrund[90] in einem Innenraum aufgrund der räumlichen Trennung begrenzt bzw. durch architektonische Konzipierung stark gesteuert sein kann.

Bezüglich der Inputs (Repräsentanda) werden „observable [betrachtbare], mentale Sachverhalte“ sowie „überindividuelle Gebilde“ unterschieden (Herrmann 1988). In dieser Arbeit wurde der Raum im Umblickfeld ausschließlich als „observable Inputs“ – räumliche Gegenstände im Umblickfeld und Darstellung ebendieser Gegenstände in der mobilen Karte – angesehen. Wenn der Aspekt mentaler Repräsentationen einbezogen wird, könnte das aus den verarbeiteten Repräsentationen abgeleitete Zoom-Verhalten je nach Kulturkreis differenziert ausfallen. Ein Beispiel in diesem Untersuchungszusammenhang: „In Japan spielt der Punkt für die Raumorientierung eine zentrale Rolle, während es in unserem Kulturkreis die Strecke als Verbindung zwischen Punkten im Raum ist (so haben in Japan z. B. Kreuzungen einen Namen, nicht aber Straßen)“ (Schäfers 2003, S. 37). Der größte Teil der Testpersonen, die an den empirischen Feldexperimenten teilgenommen haben, waren Deutsche bzw. Ausländer, die seit langem in Deutschland leben. Daher kann nicht behauptet werden, dass die standortangepasste Zoom-Stufe interkulturelle Gültigkeit besitzt und damit z. B. auch in Japan als optimal zum Lösen einer Selbstlokalisationsaufgabe angesehen werden kann. Aufgrund dessen ist das Ergebnis dieser Arbeit nicht interkulturell, sondern ausschließlich auf die definierte Zielgruppe[91] übertragbar.

In Anbetracht des begrenzten Arbeitsumfangs wurde nur eine bestimmte Gruppe – Ortsfremde – empirisch untersucht. Hierbei erfolgte die Rekrutierung der Testpersonen nach einer Reihe bestimmter Kriterien[92]. Für die definierte Zielgruppe ist das Ergebnis repräsentativ, jedoch kann sie aufgrund der genannten Einschränkungen nicht für die gesamte Nutzergruppe der Fußgänger-Navigationssysteme als repräsentativ angesehen werden. Daher

[89] Ausführliche Darstellung der Limitationen siehe Abschnitt 7.1, S. 132 ff
[90] Visueller Hintergrund siehe S. 32
[91] Definierte Zielgruppe siehe Unterabschnitt 3.2.2, S. 68
[92] Voraussetzung der Testpersonen siehe Unterabschnitt 3.2.2, S. 68

ist zu empfehlen, dass künftig weitere Aspekte berücksichtigt werden (z. B. keine Erfahrung mit Navigationsapplikationen) und die Nutzergruppe entsprechend vergrößert wird.

7.2.3 Angewandte Methoden

Aufgrund fehlender Erkenntnisse im Hinblick auf die Anpassung der Zoom-Stufe in der mobilen Karte zum Zweck der Selbstlokalisation konnte diese Arbeit nicht unmittelbar auf vorhandenen Forschungsergebnissen aufgebaut werden. Daher wurde der explorative, fächerübergreifende Ansatz gewählt, um dieser Forschungskomplexität gerecht zu werden. Die aus dieser Arbeit resultierenden Erkenntnisse bilden die Grundlage für weitere Forschung bzgl. der beiden wesentlichen Einflussfaktoren auf die Zoom-Stufe (Flächeninhalt des Umblickfeld-Polygons und nächster Abbiegepunkt in Blickrichtung). In diesem Sinne dürfte dieser explorative, fächerübergreifende Ansatz als angemessen empfunden werden.

In Anbetracht des begrenzten Arbeitsumfangs wurde nur eine limitierte Anzahl an Methoden angewandt. Zur Erhöhung der Validität der Ergebnisse ist eine Vergrößerung der methodischen Bandbreite vorteilhaft. Darum werden im Folgenden die angewandten Methoden kritisch betrachtet und weitere Methoden zur Erkenntnisgewinnung vorgeschlagen.

- **Methodentriangulation**

  Dem Forschungszweck[93] entsprechend wurden zwei aufeinander aufbauende Feldexperimente konzipiert. Obwohl alle Feldexperimente überwiegend quantitativer Natur waren, wurden zwei unterschiedliche Untersuchungsformen – Innersubjektiv-Design und Zwischensubjektiv-Design – verwendet, um die jeweiligen Schwächen auszugleichen. Durch diese wechselseitige Ergänzung konnte die Validität der Ergebnisse erhöht werden. Grundsätzlich dürfte die methodenexterne Triangulation als geeignet und zweckdienlich bewertet werden. Durch die Erhebung qualitativer und quantitativer Daten, welche den gleichen Sachverhalt betreffen, können die Schwächen der jeweiligen Methode reduziert werden (Kuckartz 2014). Allerdings spielte die qualitative Datenerhebung und -auswertung nur eine ergänzende Rolle, denn die Experimente wurden gemäß dem quantitativen Forschungsdesign konzipiert. Für die künftige Forschung sind daher die *mixed methods* (Creswell 2014) zu empfehlen. Vielleicht könnte ein paralleles Design bzw. ein sequenzielles Design konzipiert werden. Wenn zwei Experimente sich auf die gleiche Fragestellung beziehen, aber methodisch unabhängig voneinander konzipiert bzw. durchgeführt werden, erhöht sich nicht nur die Validität der Ergebnisse, sondern es kann auch ein tiefergehendes Verständnis über die Selbstlokalisation erreicht werden (in Anlehnung an Kuckartz 2014).

- **Anzahl der Stichproben**

  Aufgrund des explorativen Untersuchungszweckes erfolgten die Feldexperimente durch eine kleine Stichprobenanzahl. Ist eine These nicht haltbar, kann sie mit einem geringeren Aufwand verworfen werden. Mittels dieser explorativen Forschung konnten aus einem unübersichtlichen Forschungszusammenhang die wichtigen zu untersuchenden Faktoren herausgelöst werden, welche wiederum die Erkenntnisbasis für die künftige Verifizierung der Hypothese liefern. Aus diesem arbeitsökonomischen Grund und dem explorativen Charakter des Untersuchungszweckes dürfte die Stichprobenanzahl der Feldexperimente als angemessen empfunden werden. Um eine theoretisch gut begründete Hypothese zu verifizieren bzw. um ein statistisch fundiertes Ergebnis zu erhalten, ist jedoch eine große Stichprobenanzahl unerlässlich. Daher ist zu empfehlen, künftig mehr Testpersonen an den Feldexperimenten zu beteiligen.

[93] Forschungszweck siehe Unterabschnitt 1.5.1, S. 9 f

- **Datenerhebung**

  Die Erhebung der Zoom-Stufe mittels programmierter Webapplikation dürfte als angemessen empfunden werden. Die präzise ermittelten Zoom-Stufen ermöglichten eine statistische Auswertung mittels parametrischer Tests. Außerdem wurde die Aufzeichnung des maximalen Kartenausschnitts zum Zweck der qualitativen Auswertung und die Identifizierung von ungewöhnlichen Ergebnissen als hilfreich empfunden.

  Die Datenerhebung zu den Entscheidungsbezogenen Landmarken der Testpersonen erfolgte durch mündliche Mitteilung oder durch Markierung im Panoramabild. Generell dürften beide Erhebungsmethoden zum Verständnis des Gedankengangs als angemessen angesehen werden. Allerdings hat die Erhebung durch mündliche Mitteilung den Nachteil, dass die Entscheidungsbezogenen Landmarken durch sprachliche Ausdrücke nicht präzise messbar gemacht werden können. Die sprachlichen Ausdrücke wiesen zwar darauf hin, dass eine Landmarke für die Entscheidung der Zoom-Stufe wichtig war, es blieb jedoch unklar, welcher Teil der Landmarke (Fassade oder Kirchenspitze) tatsächlich betrachtet worden war. Die Erhebung der Entscheidungsbezogenen Landmarken mittels Markierung im Panoramabild hat den Vorteil, dass eventuelle Missverständnisse durch sprachliche Beschreibung minimiert werden. Allerdings hat diese Erhebungsmethode zwei wesentliche Nachteile: Erstens ist ein Panoramabild mit der mobilen Karte vergleichbar, d. h. beide sind Figurale Räume. Durch die Einbeziehung eines zusätzlichen Figuralen Raums könnte bei den Testpersonen kognitiver Mehraufwand entstehen und somit das Ergebnis beeinflusst werden. Zweitens könnte das vor dem Feldexperiment fotografierte Panoramabild mit dem Umblickfeld, welches die Testpersonen während des Feldexperiments wahrnehmen, nicht übereinstimmen. Daher beziehen sich fast alle Entscheidungsbezogenen Landmarken der Testpersonen auf statische Objekte.

  In der Regel erfolgt eine solche Datenerhebung mit *eye-tracking*, um die Augenbewegungen durch Fixationspunkte und Fixationsdauer aufzuzeichnen. Diese Aufzeichnung ermöglicht, die fokussierten Bereiche messbar zu machen. Hierbei vertreten viele Wissenschaftler die Auffassung, dass das *eye-tracking* für die Analyse der Validität besser geeignet ist als die *view-then-anwser-question* Methode (Davies et al. 2015). Methodisch bedingt hat das Leitende Fragen einen „Interviewleiter“ -Effekt, d. h. es wird in das natürliche, spontane Verhalten der Testpersonen eingegriffen. Anders ausgedrückt: Es besteht die Gefahr, dass das Nutzerverhalten durch die sprachliche Kommunikation einerseits und die Erklärung der Aufgabenstellung andererseits unbewusst gelenkt wird. Allerdings wurde das *eye-tracking* in dieser Untersuchungsreihe nicht eingesetzt. Zum einen kann die Input-Output-Relation, also die Beziehung zwischen Umblickfeld und Zoom-Stufe, nicht unmittelbar durch die Auswertung der Fixationsdaten geklärt werden, zum anderen dürfen die Fixationsdaten nicht mit der Entscheidungsbezogenen Landmarke gleichgestellt werden. Die Fixationspunkte mit einer langen Fixationsdauer können zwar als intendierte Objekte bezeichnet werden, sie stehen jedoch nicht unmittelbar mit der Entscheidung einer Zoom-Stufe in einem kausalen Zusammenhang. Insbesondere können solche Fixationspunkte aufgrund des persönlichen Interesses entstehen oder sich unbewusst auf ein dynamisches Geschehen beziehen (z. B. Event oder Menschenströme).

  Da die Erhebung der qualitativen Daten im Rahmen dieser Forschung nur eine ergänzende Rolle spielt und zum Zweck der exemplarischen Ergebnisvalidierung dient, ist davon auszugehen, dass die oben erwähnten Schwächen der angewandten Erhebungsmethoden das Forschungsergebnis nicht beeinträchtigen. Vorteilhaft wäre es, wenn eine neue Erhebungsmethode künftig konzipiert werden könnte, welche ausschließlich die Betrachtung von Entscheidungsbezogenen Landmarken zum Zweck der Selbstlokalisation selektiert.

7.3 Handlungsleitende Empfehlung für die Gestaltungspraxis

Um die erworbenen Erkenntnisse aus diesem Dissertationsprojekt für die praktische Anwendung – Selbstlokalisation mittels der mobilen Karte im Rahmen einer Wegfindungs-Aufgabe – nutzbar zu machen, wird ein Nassi-Shneiderman-Diagramm für die Programmentwicklung konstruiert (Unterabschnitt 7.3.1). Im Anschluss daran wird eine Empfehlung für das Design einer Evaluierungsstudie gegeben (Unterabschnitt 7.3.2).

Das Konzept der folgenden vorgeschlagenen Feldstudie in Verbindung mit der beispielhaften Datenauswertung wurde im Rahmen des 67. Deutschen Kartographie Kongresses präsentiert.

Wei, B., Schiewe, J. und Auberson, Z. (2019): Evaluation of the Optimal Zoom Levels for Self-Localization. Beitrag präsentiert im Rahmen des 67. Deutschen Kartographie Kongresses, September 2019, Stuttgart.

7.3.1 Konstruktion des Nassi-Shneiderman-Diagramms

In diesem Unterabschnitt geht es um die Konstruktion des Nassi-Shneiderman-Diagramms. Aufgabe ist, die erworbenen empirischen Erkenntnisse in Form eines Programmablaufs strukturiert darzustellen, so dass anhand eines geeigneten Algorithmus die Zoom-Stufe in der mobilen Karte automatisch bestimmt werden kann.

Als Diagrammtyp zur Darstellung von Programmstrukturen ist das Nassi-Shneiderman-Diagramm (auch Struktogramm) unter DIN 66261 (1985) genormt. Das Nassi-Shneiderman-Diagramm hat „das Ziel, den Algorithmus der Steuerungsaufgabe und den Ablauf der Operationen grafisch anschaulich darzustellen. Die Aussagen eines Struktogramms erfolgen mit Sinnbildern [...] und erläuternden Texten in den Sinnbildern. Der Steuerungsablauf wird durch die Auswahl der Sinnbilder sowie deren Schachtelung dargestellt. Die Texte beschreiben inhaltlich die Bedingungen und Verarbeitungen“ (Wellenreuther und Zastrow 2015, S. 278). Nassi-Shneiderman-Diagramme enthalten kein *GO TO*, sondern nur die Mittel der Strukturierten Programmierung: Sequenz, Iteration und Selektion (Dausmann et al. 2011; Goll und Heinisch 2016).

In dieser Arbeit ist das erstellte Nassi-Shneiderman-Diagramm lediglich ein Unterprogramm. Es dient ausschließlich zur Bestimmung der standortangepassten Zoom-Stufe; *positioning*, Zielbestimmung, Routenbestimmung sowie Routenauswahl sind nicht enthalten.

Das konstruierte Nassi-Shneiderman-Diagramm (Abbildung 48, S. 142) umfasst acht aneinander gereihte Blöcke (Verarbeitungsschritte), die sequenziell angeordnet sind. Die Anweisung in jedem Verarbeitungsschritt kann als einzelne Anweisung oder als eine Gruppe von zusammengehörigen Anweisungen angesehen werden.

1. Verarbeitungsschritt: Das Unterprogramm – Bestimmung der Zoom-Stufe in der mobilen Karte – wird gestartet.

2. Verarbeitungsschritt: Je nach angewandter Positionierungstechnik werden Blickpunkt und Blickrichtung in Echtzeit ermittelt, wobei davon ausgegangen wird, dass die Blickrichtung mit der Ausrichtung des Smartphones übereinstimmt.

3. Verarbeitungsschritt: In diesem Verarbeitungsschritt wird der Flächeninhalt des Umblickfeld-Polygons *(F)* erfasst. Aus programmiertechnischer Sicht ist dies umsetzbar, denn es gibt seit langem im Bereich *spatial syntax* Software zum Zweck der räumlichen Analyse: Mittels einer Analyse-Software, z. B. *isovists.org*,

können die geometrischen Werte auf einer vorgezeichneten Route erfasst und in Form eines dynamisch aktualisierten Liniendiagramms dargestellt werden. Ausschlaggebend ist hier, auf welcher generalisierten Grundkarte diese Erfassung beruht.

4. Verarbeitungsschritt: Je nach der bestimmten Route vom aktuellen Blickpunkt zum Zielpunkt wird die Distanz zwischen Blickpunkt und nächstem Abbiegepunkt in Blickrichtung *(d)* in Echtzeit ermittelt.

5. Verarbeitungsschritt: Die Verarbeitungsschritte 5 und 6 beinhalten jeweils eine Verzweigung, wobei beide Verzweigungen ineinander verschachtelt sind. Jeder Strukturblock besteht aus einem Verarbeitungsteil und einem Steuerungsteil mit einer Bedingung. Hierbei gibt es zwei alternative Anweisungen: Wenn der boolesche Ausdruck ($F \leq 3.173\ m^2$) zutreffend ist, wird der *true*-Zweig ausgewählt, d. h. Zoom-Stufe 18 kommt zur Anwendung; falls dieser boolesche Ausdruck nicht zutrifft, wird der *false*-Zweig (Alternative) ausgewählt.

6. Verarbeitungsschritt: Wenn der boolesche Ausdruck ($d \leq 50\ m$) zutrifft, wird der *true*-Zweig ausgewählt, d. h. Zoom-Stufe 17,5 wird angewendet. Ist dieser boolesche Ausdruck nicht wahr, wird der *false*-Zweig (Alternative) ausgewählt, also Zoom-Stufe 17 angewendet.

7. Verarbeitungsschritt: Hier ging es um eine Wiederholung mit nachfolgender Bedingungsprüfung. Wenn die Koordinaten des aktuellen Blickpunktes mit den Koordinaten des Zielpunktes nicht übereinstimmen und damit diese Bedingung nicht erfüllt ist, werden die Verarbeitungsschritte 2 bis 6 wiederholt.

8. Verarbeitungsschritt: Wenn die Koordinaten des Blickpunktes mit den Koordinaten des Zielpunktes übereinstimmen, d. h. der Nutzer sein Ziel erreicht, wird dieses Unterprogramm beendet.

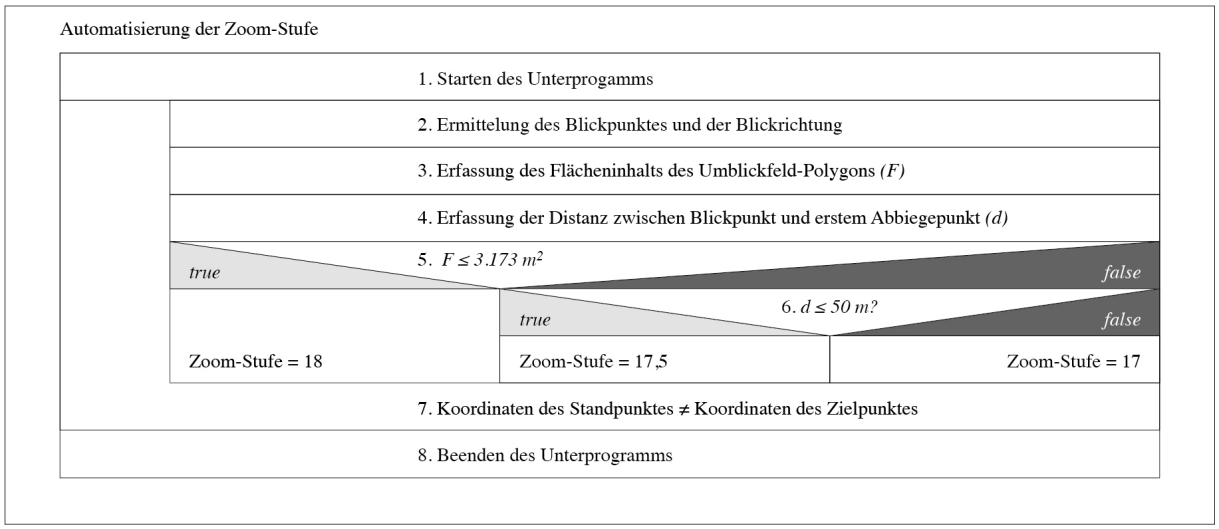


Abbildung 48: Programmablauf zur Automatisierung der standortbezogenen Zoom-Stufe

Als eine Form der Generalisierung kann das konstruierte Nassi-Shneiderman-Diagramm nicht gewährleisten, alle Erkenntnisse in Details (z. B. Limitationen) wiederzugeben; eine gewisse Unwägbarkeit lässt sich daher nicht vermeiden. Hinsichtlich der räumlichen, kartenbezogenen Faktoren, die im Rahmen der Feldexperimente nicht untersucht wurden, werden Annahmen getroffen. Beispielsweise wird davon ausgegangen, dass die Zoom-Stufen 17 oder 17,5 je nach Distanzbedingung ($d \leq 50\ m$) zur Anwendung kommen, wenn die Bedingung $3.173\ m^2 < F < 11.755\ m^2$ zutrifft. Um solche Annahmen zu überprüfen und den Aufbau dieses Diagramms zu optimieren, sind weiterführende Evaluierungsstudien wünschenswert und erforderlich.

In diesem konstruierten Nassi-Shneiderman-Diagramm kommt den Verarbeitungsschritten 5 und 6 eine nicht zu unterschätzende Bedeutung zu. Hierbei ist eine umgekehrte Reihenfolge der Verarbeitungsschritte nicht sinnvoll, denn die Distanz zwischen Blickpunkt und erstem Abbiegepunkt hat keinen bedeutenden Einfluss auf die Zoom-Stufe, wenn der Abbiegepunkt nicht in unmittelbarer Nähe zum aktuellen Blickpunkt liegt. In diesem Fall soll Zoom-Stufe 17 verwendet werden, um die Übermittlung des Standortwissens zu gewährleisten. Die ineinander verschachtelten Bedingungen entsprechen den Erkenntnissen der empirischen Untersuchungen. Der Einflussfaktor Displaydiagonale wurde nicht in das Nassi-Shneiderman-Diagramm aufgenommen, weil ein signifikanter Unterschied zwischen zwei gängigen Displaygrößen (4" und 6,2") im Hinblick auf die Zoom-Stufe nicht festzustellen war.

7.3.2 Vorschlag für das Design der Evaluierungsstudie und beispielhafte Datenerhebung

Mit dem **Ziel**, die automatisierte Zoom-Stufe für die Selbstlokalisation im Rahmen einer Navigationsaufgabe zu bewerten, wird im Folgenden eine Evaluierungsstudie vorgeschlagen. Da die durchgeführten Feldexperimente sich lediglich auf eine kleine Auswahl von Einflussfaktoren bezogen, sollte eine derartige Evaluierungsstudie darauf abzielen, neue Einflussfaktoren zu entdecken, welche sich auf die Zoom-Stufe auswirken.

Zweck dieser Evaluierungsstudie sollte sein, festzuhalten, welche Zoom-Stufe die Testpersonen im Rahmen der Selbstlokalisation bei intuitiver Nutzung der Zoom-Funktion verwenden; die aufgezeichnete Zoom-Stufe sollte bei der Auswertung der durch das Nassi-Shneiderman-Diagramm prognostizierten Zoom-Stufe gegenübergestellt werden. Dadurch soll folgende **Forschungsfrage** beantwortet werden:

> **Inwiefern stimmt die automatisierte Zoom-Stufe mit der von den Testpersonen angewandten Stufe bei intuitiver Nutzung der Zoom-Funktion überein?**

Zum Erreichen des oben genannten Zweckes ist ein hoher programmiertechnischer Aufwand im Sinne der Entwicklung einer Navigation-Applikation nicht notwendig. Insofern handelt es sich bei der im Folgenden vorgeschlagenen Evaluierungsstudie nicht um den Nachweis der technischen Machbarkeit des Konzeptes (*proof of principle*), sondern um eine bloße Webapplikation. Diese wurde durch die *javascript*-basierte und vom Server unabhängige *openlayers* programmiert[94] (Abbildung 49, S. 144). Durch diese Webapplikation können die Geokoordinaten des aktuellen Standpunktes und die Zoom-Stufe in Echtzeit übermittelt werden. Da eine automatische Rotation der mobilen Karte im Sinne einer Anpassung der Vorne-oben-Ausrichtung in der webbasierten Anwendung nicht ohne großen Aufwand umsetzbar ist, wurden kurvenlose Strecken ausgewählt. Um die Abbiegepunkte in Verbindung mit der Änderung der Laufrichtung zu simulieren, wurden die Abbiegepunkte in der Kartendarstellung markiert. Die vorgegebene Route und die Zwischenziele wurden durch QGIS eingezeichnet. Diese wurden in die OpenStreetMap integriert, welche wiederum mit *openlayers* auf einer Website platziert wurde. Wenn die Testpersonen auf dem Display angezeigte Abbiegepunkte im Realraum finden können, dürfte davon ausgegangen werden, dass eine Selbstlokalisationaufgabe erfolgreich gelöst wurde.

Empfehlenswert ist, ein **qualitatives Forschungsdesign** zu konzipieren, da der qualitative Ansatz besonderes dazu geeignet ist, mehrere Aspekte einzubeziehen und die unberücksichtigten Aspekte aufzuzeigen (Kuckartz 2014). Wie bei anderen durchgeführten Feldexperimenten sollten die definierten Voraussetzungen der rekrutieren Testpersonen unberührt bleiben[95].

[94] Programmcode siehe Appendix, S. 179 f
[95] Voraussetzungen siehe Unterabschnitt 3.2.2, S. 68 ff

Aufgrund dieser Überlegung erscheint es nützlich, die Feldstudie auf mehreren vergleichbaren Routen durchzuführen, die von der baulichen Konzipierung und der Routenlänge her keine gravierenden Unterschiede aufweisen. Die vorgeschlagene **Aufgabenstellung** ist, dass die Testpersonen auf dem Smartphone-Display der angezeigten Route folgen und die auf der Karte markierten Zwischenziele erreichen. Nach Erreichen des letzten Ziels ist die Aufgabe beendet. Dabei ist es wichtig, dass die Kartenausschnitte in Verbindung mit der Zoom-Stufe durch Screenshot dokumentiert werden, wenn die Testperson die mobile Karte liest. Dies ist unabhängig davon, ob die Änderung der Zoom-Stufe vorgenommen wird. Zum einen kann das festgehaltene Screenshot als optimaler Kartenausschnitt an einem entsprechenden Standpunkt angesehen werden, zum anderen können die tatsächlich verwendeten Zoom-Stufen und die Geokoordinaten des aktuellen Standortes auf dem Screenshot abgelesen werden. Bei der Datenerhebung wäre die Aufzeichnung der Laufroute und der Laufzeit der Testpersonen sinnvoll. Dies könnte für eine eventuelle Problemanalyse hilfreich sein; speziell zur Klärung der Frage, wo die Testpersonen sich verlaufen und ob das Verlaufen sich auf eine inadäquate Zoom-Stufe zurückführen lässt.

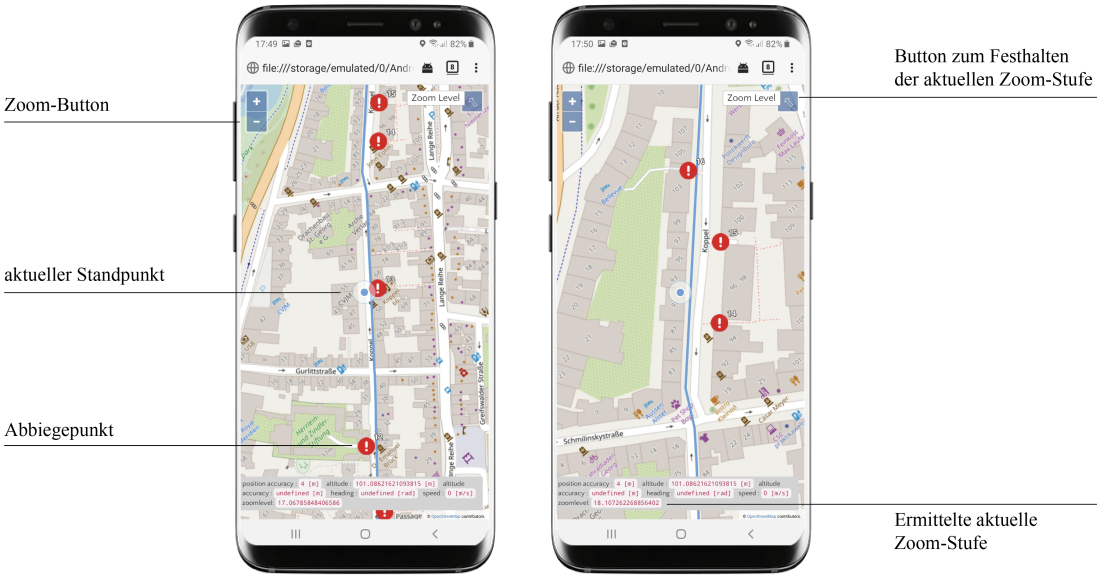


Abbildung 49: Benutzeroberfläche der programmierten Webapplikation

Durch das Nassi-Shneiderman-Diagramm kann die Zoom-Stufe für eine ausgewählte Route automatisiert werden. Bei der **Datenauswertung** würde sich methodisch empfehlen, die automatisierte Zoom-Stufe in einem Diagramm darzustellen und die jeweils angewandte Zoom-Stufe in Form eines Punktes in dieses Diagramm einzutragen (Abbildungen 50 und 51, S. 145; Abbildung 52, S. 146). Die Gegenüberstellung der automatisierten und der angewandten Zoom-Stufe erlaubt die Beantwortung der Forschungsfrage und trägt zur Identifizierung neuer Probleme und Fragen bei. Insofern dürfte diese vorgeschlagene Feldstudie als Ausgangspunkt des iterativen Evaluierungsprozesses der Nutzerorientierten Gestaltung angesehen werden.

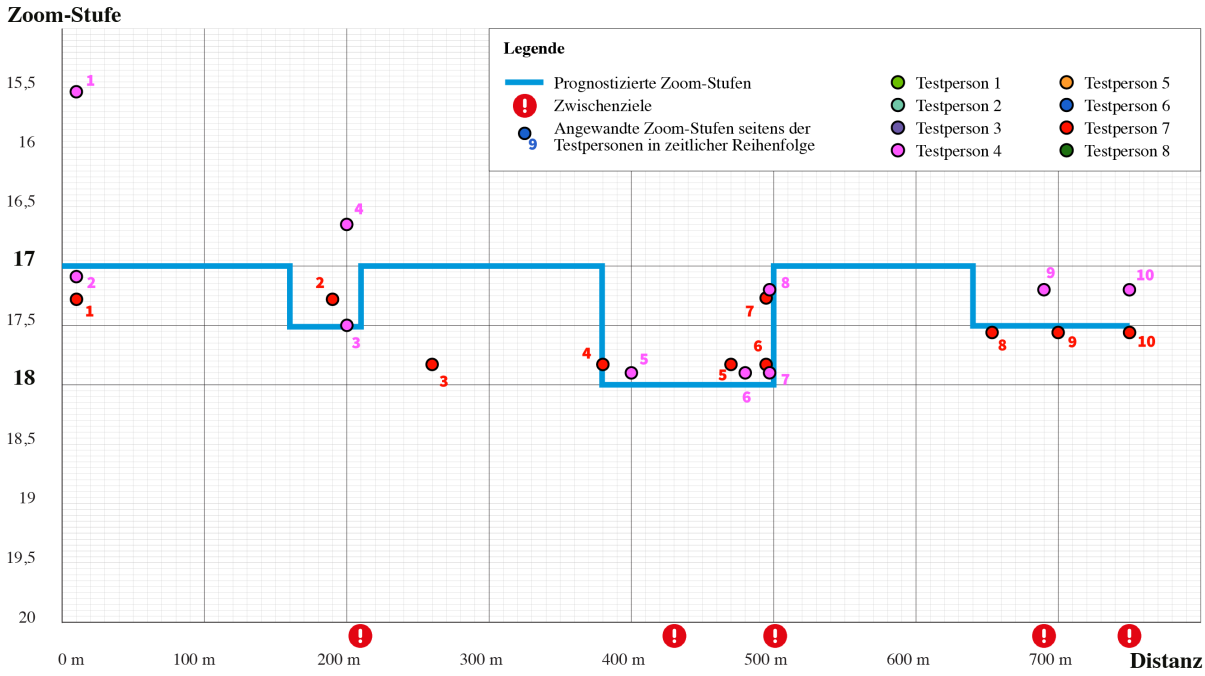


Abbildung 50: Beispielhaftes Evaluierungsergebnis 1

Zwei Testpersonen (Testpersonen 4 und 7) haben die Zoom-Stufe standortbezogen angepasst. Die angepasste Zoom-Stufe stimmte fast mit der automatisierten Zoom-Stufe (schwarze Linie in der Abbildung) überein. Beide Testpersonen haben sich nicht verlaufen bzw. sind nicht an den Zielen vorbeigelaufen. Beide Testpersonen haben jeweils insgesamt zehn Mal die mobile Karte gelesen.

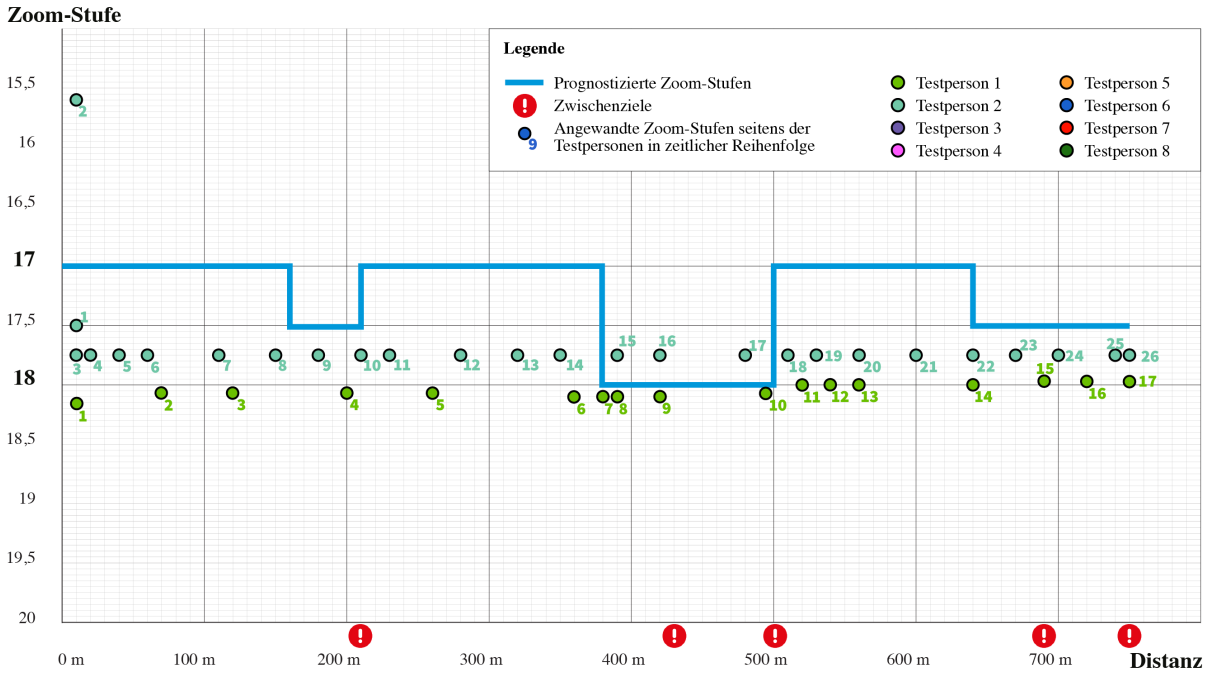


Abbildung 51: Beispielhaftes Evaluierungsergebnis 2

Zwei Testpersonen (Testpersonen 1 und 2) haben die Zoom-Stufe fast nicht geändert und dennoch das Ziel erreicht. Wie die Testpersonen 4 und 7 haben auch sie sich nicht verlaufen. Allerdings haben beide Testpersonen jeweils 26 Mal und 17 Mal die mobile Karte gelesen. Dies ist deutlich mehr als bei den Testpersonen 4 und 7 (zehn Mal).

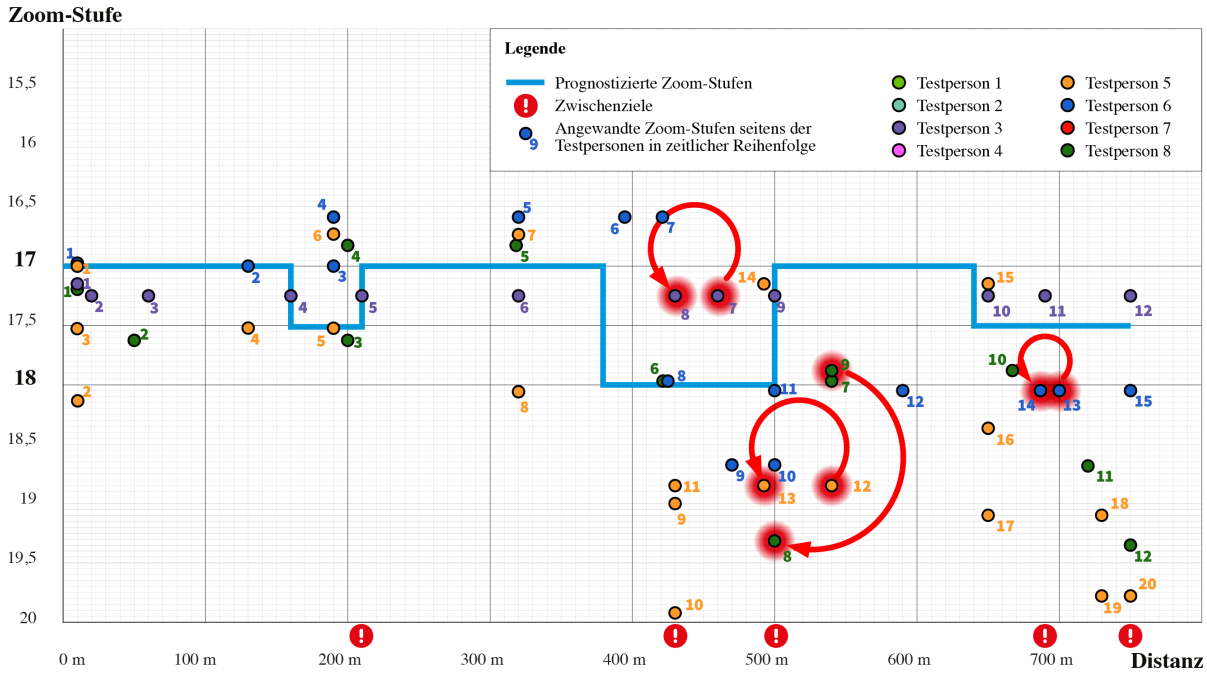


Abbildung 52: Beispielhaftes Evaluierungsergebnis 3

Vier Testpersonen (Testpersonen 3, 5, 6 und 8) haben die Zoom-Stufe zwar geändert, aber die geänderten Zoom-Stufen wichen jedoch zum Teil stark von den automatisierten Zoom-Stufen ab (rote Punkte in der Abbildung). Sie haben zwar das Ziel erreicht, sind aber an einigen Zwischenzielen vorbeigelaufen und mussten wieder zurückkehren.

7.4 Zukünftige Fragen

Beim Erwerb des räumlichen Wissens bzw. beim kognitiven Kartieren (*cognitive mapping*) sind **externe Faktoren** und **interne Faktoren** zu unterscheiden (Ahmadpoor und Shahab 2019, vgl. Schneider 2016). Während direkt und indirekt erworbenes räumliches Wissen den externen Faktoren entsprechen, beziehen sich die internen Faktoren vor allem auf Individualität und Familiarität (Ahmadpoor und Shahab 2019).

In diesem Dissertationsprojekt wurden die Bedeutung der geometrischen Eigenschaften des Umblickfeldes und der Smartphone-Displaygröße bezogen auf die Zoom-Stufe empirisch untersucht. Allerdings bilden die untersuchten Zusammenhänge nur einen sehr kleinen Ausschnitt der Forschungskomplexität räumlicher Orientierung ab (Abbildung 53, S. 147). Neben der Raumgeometrie könnten viele andere räumliche Faktoren, z. B. Farbe, Geruch, Beschaffenheit von Oberflächen das Befinden und Verhalten eines Menschen formen (Schneider 2016). Die Bestimmung der Zoom-Stufe als Teil der Nutzer-Karte-Raum Beziehung könnte bei der Karteninterpretation ebenfalls durch eine Reihe von kartographischen Elementen, z. B. graphischen Variablen, geprägt werden. Um *human-centered location based services* (Huang 2019) einen Schritt näher zu kommen, sollte den externen Faktoren im Rahmen eines künftigen iterativen Entwicklungsprozesses größere Bedeutung zukommen, ohne dass jedoch die internen Faktoren vernachlässigt werden.

Im Folgenden werden einige untersuchungsbedürftige Fragen formuliert sowie die damit verbundenen Themenschwerpunkte für die künftige Forschung vorgeschlagen. Aufgrund der Interdependenzen zwischen den Themenbereichen und den unterschiedlichen Faktoren ist eine Abgrenzung äußerst schwierig, dennoch werden

die offenen Fragen in Anlehnung an Ahmadpoor und Shahab (2019) vier Kategorien zugeordnet, damit ein strukturierter Überblick gegeben werden kann; hierbei werden die Überschneidungen der Themenschwerpunkte bei der Erläuterung jeder einzelnen offenen Frage möglichst berücksichtigt:

1. Einfluss des physikalischer Raums auf die Zoom-Stufe (Offene Fragen 1 bis 3)
2. Einfluss des Orientierungssystems auf die Zoom-Stufe (Offene Fragen 4 und 5)
3. Einfluss der Vertrautheit mit dem betroffenen Vista Raum auf die Zoom-Stufe (Offene Frage 6)
4. Einfluss der Individualität und der Subjektivität der Nutzer auf die Zoom-Stufe (Offene Frage 7)

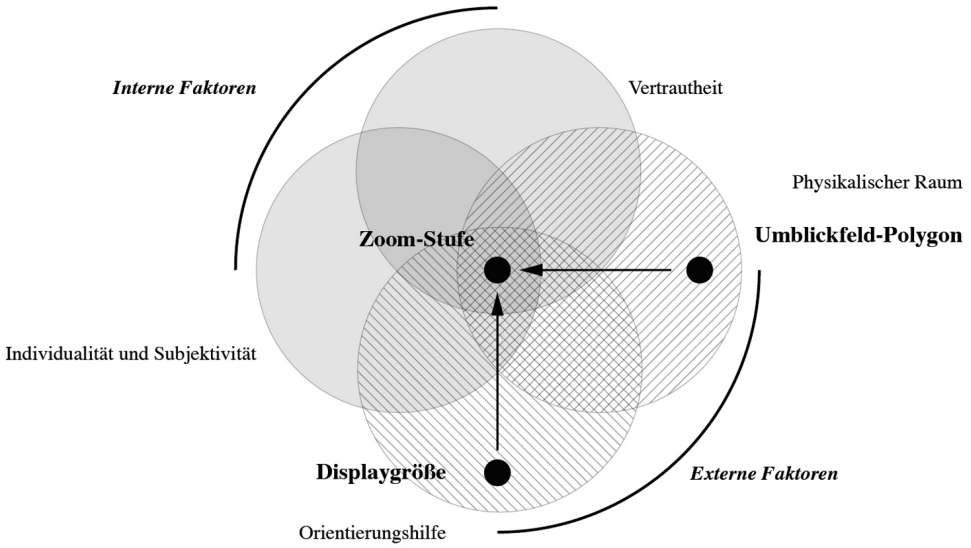


Abbildung 53: Einflussfaktoren auf die Zoom-Stufe (in Anlehnung an Ahmadpoor und Shahab 2019)

Frage 1 Unterscheiden sich die Zoom-Stufen beim Lösen einer Selbstlokalisationsaufgabe am gleichen Blickpunkt bei Tag und in der Nacht?

„Der Raum ist nichts Gegebenes oder Konstantes, er wird definiert durch Bezugspunkte und ist verschiedenartig erlebbar, je nach Standort oder Stimmung des Betrachters, je nach Tages- oder Jahreszeit etc." (Grütter 2015, S. 136). Insbesondere für den mobilen Nutzungskontext werden situative Faktoren, die je nach zeitlichen und räumlichen Veränderungen variieren, als primäre Einflussfaktoren erachtet (Gottwald et al. 2016).

> *„However, in the early phases of mobile HCI research, the majority of the research and approaches have tended mainly to focus on the interaction between human and mobile devices whereby the dynamics of the surrounding environment do not have a significant role. In addition, less emphasis is placed on addressing the question of what is useful from a user perspective within a dynamic environment" (Haklay und Li 2010, S. 240).*

Aufgrund der fehlenden Einbeziehung der zeitbezogenen Parameter ist es sinnvoll, die automatisierte Zoom-Stufe in dieser Arbeit als „standortangepasste" Zoom-Stufe zu bezeichnen. Die Wirkung der variablen architektonischen Objekte tagsüber und nachts auf das Navigationsverhalten wurde in einer früheren Feldstudie vom Autor thematisiert (Wei 2014). Google Maps und viele andere Navigationssystem-Anbieter stellen zwar zwei

Ansichten – Tag und Nacht – zur Verfügung, in denen die Geo-Objekte verschiedenfarbig dargestellt sind, die Zoom-Stufe bleibt jedoch in Nacht- und Tag-Ansicht identisch. Jedoch könnte beispielsweise nachts die kognitive Raumwahrnehmung durch beleuchtete Objekte gesteuert werden, was wiederum das Zoom-Verhalten bedingen könnte. Zudem schränkt die Dunkelheit das Umblickfeld ein. Darum wäre es wünschenswert, die Tageszeit als potenzielle Einflussgröße in den künftigen iterativen Entwicklungs- und Evaluierungsstudien aufzunehmen.

Frage 2 Unterscheiden sich die Zoom-Stufen im Innenraum, Außenraum und Schwellenraum zum Lösen einer Selbstlokalisationsaufgabe?

Sich wechselnd zwischen Innenraum und Außenraum zu bewegen, ist ein unerlässlicher Bestandteil vieler Fußgänger-Navigationsaufgaben. Insofern ist die reibungslose Navigation zwischen Innen- und Außenraum als Forschungsschwerpunkt in die künftige Agenda der *location based services* aufzunehmen (Huang et al. 2018). Zu den großen Herausforderungen in diesem Zusammenhang zählen nach wie vor die drei *seamless switches*:

> *„[...] positioning (seamless switch between outdoor GPS and indoor positioning), route calculation (seamless switch between the different data models of indoor and outdoor, different context), and route communication (providing a smooth visual switch)“ (Huang und Gartner 2010, S. 316).*

In der frühen Forschung versuchten viele Wissenschaftler, bei der technischen Umsetzung eine bessere Verknüpfung der Daten aus Innen- und Außenraum zu erreichen (Retscher und Thienelt 2004; Rehrl et al. 2005; Yang und Worboys 2011; Vanclooster und Maeyer 2012). Wenn die künftige Positionierungstechnik einen reibungslosen Wechsel zwischen Innenraum und Außenraum ermöglicht, wird das Kartendesign im Hinblick auf die „*smooth visual switch*“ (Huang und Gartner 2010, S. 316) eine Herausforderung darstellen. Um den visuellen Wechsel graphisch darzustellen und den Erwerb räumlichen Wissens für die Selbstlokalisation zu gewährleisten, ist die Zoom-Stufe ein unerlässlicher Untersuchungsgegenstand. Darum sollte die Erforschung der Zusammenhänge zwischen Wahrnehmungsraum im Umblickfeld und Zoom-Stufe sich nicht nur auf den Außenraum beschränken, sondern auch auf Innenraum und Schwellenraum gerichtet sein[96].

Frage 3 Inwiefern haben Repräsentationen des Vista Raums, die durch akustische Reize ausgelöst werden, einen Einfluss auf die Zoom-Stufe zum Zweck der Selbstlokalisation?

Schwerpunkt dieser Arbeit ist die visuelle Raumwahrnehmung. Raumrepräsentationen[97] umfassen nicht nur visuelle, sondern auch auditive, haptische sowie olfaktorische Wahrnehmung (Peterson 1987). Akustische Informationen zum Beispiel könnten zur Ausbildung eines Gedachten Raums (May 2000) beitragen, welcher größer ist als jener Bereich, der unmittelbar visuell wahrgenommen werden kann. Somit könnten die akustischen Reize sich auf die Zoom-Stufe auswirken, wenn es einen Interaktionseffekt zwischen akustischen und visuellen Reizen bei der Bestimmung der Zoom-Stufe gibt.

Frage 4 Wodurch kann das Überblickwissen trotz standortangepasster Zoom-Stufe ergänzend erworben werden?

[96] Weiterführende Literatur zum Thema Orientierungsverhalten im Schwellenraum *(combining indoor and outdoor environment)* siehe Kray et al. (2013)

[97] In der Arbeit von Peterson (1987) ist die Raumrepräsentation als *mental image* genannt.

Zum Gelingen eines Navigationsprozesses sind sowohl Standortwissen als auch Überblickwissen notwendig. Um beide räumlichen Wissensarten zu berücksichtigen und sie auf der begrenzten Fläche des Smartphone-Displays darzustellen, wird der Zwei-Fenster-Lösungsansatz seit langem diskutiert. Chittaro (2006) argumentierten, dass der Zwei-Fenster-Lösungsansatz, der auf einem großen Computerdisplay problemlos umgesetzt werden kann, nicht ohne weiteres auf das (wesentlich kleinere) Smartphone-Display übertragbar ist. Allerdings belegten Li et al. (2014a) in einer Navigationsaufgabe mittels Fahrsimulator, dass die Zwei-Fenster-Lösung (*dual-scale GPS tool*) gegenüber der traditionellen *turn-by-turn* Navigation (*single-scale GPS tool*) effizienter war: Die Testpersonen konnten schneller das Ziel erreichen und sich einen vergleichsweise besseren räumlichen Überblick verschaffen (Li et al. 2014a). Im Kontext der Navigation haben Delikostidis et al. (2016) ebenfalls nachgewiesen, dass die Testpersonen durch den Zwei-Fenster-Lösungsansatz nicht mehr die Zoom-Stufe ständig wechseln mussten. Jedoch fanden die Nutzer die Zwei-Fenster-Lösung in der Handhabung kompliziert (Delikostidis et al. 2016).

Ein anderer Lösungsansatz zum Erwerb des Überblickwissens mittels eines kleinen Smartphone-Displays ist die Darstellung der Globalen Landmarke auf einer Standort-Kartenansicht. Die Globalen Landmarken können am Displayrand dargestellt werden, indem auf die Distanz zwischen Blickpunkt und Globalen Landmarken verzichtet wird, ohne jedoch die Richtungsrelation zu verändern (Li et al. 2014b). Durch diesen Lösungsansatz werden sowohl der Lokale Kontext (Umblickfeld) als auch der Globale Kontext (Umgebungsraum) berücksichtigt. Li et al. (2014b) belegten durch einen Prototyp (Abbildung 54, S. 149), dass die Skalierung der mobilen Karte dadurch reduziert wurde[98].

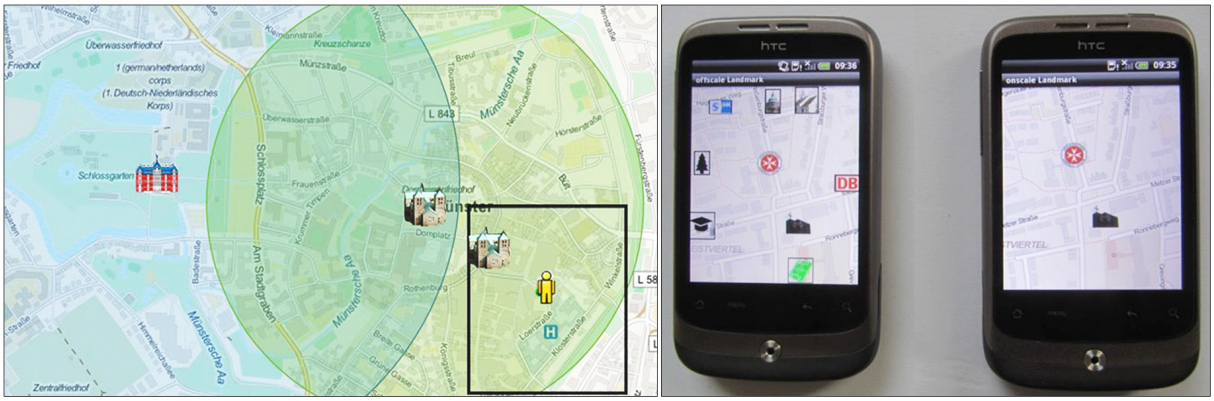


Abbildung 54: Landmarke *on-screen* und *off-screen* (Li et al. 2014b)

Frage 5 Welchen Einfluss haben der Generalisierungsgrad und andere kartographische Faktoren (z. B. Graphische Variablen, Symbolisierung) auf die Zoom-Stufe zum Zweck der Selbstlokalisation?

Während der Skalierung werden sowohl die inhaltliche als auch die graphische Generalisierung verändert. Cheung et al. (2009) schlugen eine inhaltliche Generalisierung (*content zooming*) vor, indem die darzustellenden Objektbeschriftungen hierarchisch bzw. schrittweise nach den Erkenntnissen der Benutzer (von allgemein bis detailliert) angezeigt werden (vgl. Bereuter et al. 2012). Zum Thema graphische Generalisierung (*level of detail*) argumentierte Dillemuth (2005), dass der Detaillierungsgrad eines dargestellten Objektes mit der Entscheidungsfindung einer Zoom-Stufe zusammenhängt.

[98] Bewertung dieses Ansatzes siehe Burigat et al. 2006; Technische Ansätze siehe Halo (Baudisch und Rosenholtz 2003) und Wedge (Gustafson et al. 2008)

„No other studies of maps for mobile devices have considered this question, but it is key for determining the scale of spatial information and hence the level of detail that will be appropriate for users. With further empirical evidence, a metric could be developed relating area size to level of detail and zoom level, which would assist in designing automated processes of spatial information delivery for small devices [...] Additional research in this area is important in order to determine what and how much information is necessary with and without a location indicator" (Dillemuth 2005, S. 297).

Neben dem Generalisierungsgrad gibt es eine Reihe von kartenbezogenen Faktoren[99], z. B. Graphische Variablen und Symbolisierung, welche die Zoom-Stufe bedingen könnten. Ferner stehen all jene kartenbezogenen Faktoren mit der Zoom-Stufe in einem wechselseitigen Zusammenhang, was wiederum zur Ausbildung der Repräsentationen beiträgt. Gartner und Hiller (2009) bezeichneten diesen wechselseitigen Zusammenhang als ausgewogene Kombination. Gartner und Hiller (2009) hoben hervor, dass eine solche Kombination aus Maßstab, wahrnehmbarer, graphischer Kodierung sowie ausgewählten Inhalten für die räumliche Darstellung eines bestimmten Zweckes von großer Bedeutung sei. Insofern ist bei künftiger Forschung wünschenswert, die wechselseitigen Wirkungen der zuvor genannten kartenbezogenen Faktoren im Kontext der Zoom-Stufe zu untersuchen.

Frage 6 Welche Bedeutung kommt bei der Bestimmung der Zoom-Stufe dem aus indirekten Quellen erworbenen räumlichen Wissen zu (z. B. mündliche Beschreibung, fotorealistisches Bild sowie Video)?

Neben zwei Wissensmodalitäten (direkt erworbenes Standortwissen durch Raumwahrnehmung sowie indirekt erworbenes Standortwissen aus der mobilen Karte) unterstrichen Delikostidis und van Elzakker (2009) die dritte Wissensmodalität, welche das vorhandene räumliche Wissen (Kognitive Karte) ist. Beim Lösen einer Selbstlokalisationsaufgabe in einem unbekannten Umgebungsraum kommt dem Interaktionseffekt zwischen diesen drei Wissensmodalitäten eine große Bedeutung zu. In einer früheren Studie untersuchte Wei (2014), wie die Wegfindung mit und ohne vorhandenem Landmarkenwissen verlief. Zwölf Testpersonen wurden vier Gruppen zugeordnet, welche aus vier Richtungen zum Eingang der Opéra Garnier in Paris gingen. Nur die Testpersonen einer Gruppe sahen vor dem Testlauf das Bild der Opéra Garnier in einem Reiseführer. Die aufgezeichneten Laufwege und die Zwischenstopps zeigten, dass die Opéra Garnier als Lokale Landmarke nur aus jenem Blickwinkel erkannt wurde, welcher mit dem zuvor durch das Foto erworbene Vorwissen (Landmarkenwissen) übereinstimmte (Wei 2014). Obgleich für die Testpersonen der anderen drei Gruppen die Opéra Garnier ebenfalls in Sichtweite lag, war es ihnen nicht möglich, die Laufrichtung zu bestimmen (Wei 2014). Daher wäre wünschenswert zu untersuchen, inwiefern das vorhandene räumliche Wissen auf die Zoom-Stufe zum Zweck der Selbstlokalisation einwirkt.

Frage 7 Inwiefern haben individuelle Faktoren (z. B. Alter, Geschlecht, kultureller Hintergrund) einen Einfluss auf die Zoom-Stufe zum Zweck der Selbstlokalisation?

Die Kognitive Karte ist das Ergebnis eines Prozesses zwischen Betrachter und Raum (Lynch 1960). „Zum umweltbezogenen Verstehen des Sehens gehört nicht nur die ‚eingebaute' Räumlichkeit, sondern auch die (kulturell und individuell ausgeformte) gattungsspezifische Bedeutung dessen, was einem in diesem Raum begegnet)" (Schönhammer 2009, S. 147). Insofern sind Repräsentationen des Umblickfeldes untrennbar an Individualität

[99] Eine Zusammenstellung der Themenschwerpunkte in Verbindung mit den bestehenden Ansätzen zum übergeordneten Thema – Anpassung des mobilen Kartendesigns – gibt es bei Muehlenhaus (2014), Roth et al. (2018).

und Subjektivität des Raumbetrachters gekoppelt (in Anlehnung an Joedicke 1985; Grütter 2015). Zwischen der Darstellung des physikalischen Raums (objektive Beschreibung der Wahrnehmungsvorgänge) und den Raumrepräsentationen (subjektives Wahrnehmungserlebnis vor Ort) besteht also stets eine Kluft (in Anlehnung an Albertz 1997).

Über den Einfluss der individuellen Faktoren auf den Erwerb des räumlichen Wissens gibt es eine Vielzahl von Forschungsarbeiten. Thematisiert werden z. B. Individuelle Unterschiede in der Entwicklung von direkt erworbenem, metrischem Wissen (Ishikawa und Montello 2006), Orientierungsverhalten nach Geschlecht bezogen auf direkt erworbenes, metrisches Wissen (Fontaine und Denis 1999; Montello et al. 1999) sowie der Einfluss der Altersstufe auf die perzeptive und kognitive Leistung während der Navigation (Schlender 2008). Anhand solcher Erkenntnisse sollte die Anpassung der Zoom-Stufe weiter erforscht werden, damit über Standort und Situation hinaus auch personenbezogene Eigenschaften berücksichtigt werden können.

7.5 Forschungsbeiträge

Die kognitive Kartographie entwickelt sich bereits seit den 50er Jahren des letzten Jahrhunderts (Montello 1998a). Es ist unumstritten, dass die kognitionspsychologischen Erkenntnisse bei der kartographischen Gestaltung von großer Bedeutung sind. Während der Einfluss der Kartendarstellung auf die Herausbildung des indirekt erworbenen räumlichen Wissens in den vergangenen Jahrzehnten immer wieder thematisiert wurde, ist der Zusammenhang zwischen direkt erworbenem räumlichem Wissen und der mobilen Karte noch wenig erforscht. Fast gänzlich vernachlässigt ist bisher die Heranziehung der Erkenntnisse im Hinblick auf erworbenes räumliches Wissen in einer Mischform[100], welche die Fußgänger-Navigation darstellt; in diesem Kontext besteht beim mobilen Kartendesign ein großer Verbesserungsbedarf.

Diese explorative Untersuchung liefert Erkenntnisse zum besseren Verständnis der Verbindung zwischen Wahrnehmungsraum im Umblickfeld und Zoom-Stufe in der mobilen Karte für die Selbstlokalisation. Durch die Automatisierung der Zoom-Stufe mittels der Umblickfeld-Parameter wird ein optimaler Kartenausschnitt je nach Standort und Navigationsaufgabe gegeben. Dies trägt zu einer Konvergenz von indirekt und direkt erworbenem Standortwissen bei. Der Fußgänger bekommt somit die dargestellten Informationen auf dem Smartphone-Display, welche er für die Selbstlokalisation benötigt. In diesem Sinne stellt dieses Forschungsergebnis einen großen Schritt in Richtung des Ziels dar, die Gebrauchstauglichkeit der mobilen Karte zu verbessern und zu einer benutzerzentrierten Kartengestaltung zu gelangen.

Über die Fußgänger-Navigationssysteme hinaus liefern die gewonnenen Erkenntnisse vielfältige Implikationen für weitere Navigationsaufgaben, z. B. für Ersthelfer und Betroffene in Evakuierungssituationen. Zwar stehen gemäß DIN 23601 (2010) drei Kartenmaßstäbe (1:100, 1:250, 1:350) zur Auswahl, die je nach Größe der baulichen Anlage gewählt werden, jedoch bleibt hierbei unberücksichtigt, dass die Selbstlokalisation eine kognitive Leistung ist. Die Forschungserkenntnisse der vorliegenden Arbeit lassen allerdings die Schlussfolgerung zu, dass die kognitive Leistung des Kartennutzers bei der Auswahl des Kartenmaßstabes zum Zweck der Selbstlokalisation zu berücksichtigen ist, um eine zentrale Aufgabe eines Rettungsplans erfüllen zu können.

[100] Mischform siehe Unterabschnitt 2.2.2, S. 23 ff

7.6 Forschungsperspektive

Aufgrund des raschen Technologiewandels wird ein Forschungsergebnis nach kurzer Zeit häufig wieder untersuchungsbedürftig. In der Tat steht bereits jetzt die *turn-by-turn* Navigation unter Kritik:

> *„Turn-by-turn instructions are incompatible with the naturally employed ways of engaging with spatial information nor with natural means of communicating such information to other people. Humans do not execute instructions separately, one after another, but integrate their information, spontaneously learn the spatial configuration during wayfinding, and build up cognitive maps to orient themselves in their environments" (Schwering et al. 2017, S. 274).*

„Machen uns Navis dümmer?", so schrieb Wolfangel (2016). Damit gemeint ist, dass der Erwerb des räumlichen Überblickwissens und die Ausbildung dieses Überblickwissens im Langzeitgedächtnis durch die Anwendung eines Navigationssystems verschlechtert wird (Münzer 2015). Aus Sicht mehrerer Wissenschaftler ist Münzer (2015) zuzustimmen. Jedoch muss ein Ansatz nicht zwangsläufig alle Orientierungszwecke erfüllen. „Der defizitäre Aufbau eines mentalen Raummodells, der infolge der Nutzung von Navigationssystemen entsteht, ist vorerst der Preis für eine vergleichsweise mühelose Routensuche zwischen zwei Orten. Allerdings wird das jene wenig stören, die ohnehin kaum an der Erlangung regionaler Kenntnisse interessiert sind, und/oder die sich während einer Fahrt gerne ‚räumlich-bewusstlos' auf die Navigationssystem-Technik verlassen möchten" (Dickmann und Kestermann 2011, S. 189).

Vielleicht wird die *turn-by-turn* Navigation in Zukunft durch eine neue Technik ersetzt. Ungeachtet dessen dürfte die Schnittmengenbildung zwischen Raumwahrnehmung (Direkterwerb des räumlichen Wissens) und Kartenlesen (Indirekterwerb des räumlichen Wissens), welcher in dieser Arbeit ansatzweise Raum gegeben wurde, als sinnvoll erachtet werden. Schließlich handelt es sich um den optimal darzustellenden Ausschnitt des physikalischen Raums in der mobilen Karte; dieser Ausschnitt impliziert wiederum räumliches Wissen, welches zum Zweck der Navigation an den Nutzer übermittelt werden muss. Hierfür ist das Mittel der visuellen Darstellung eine Möglichkeit. Auch könnten akustische Elemente je nach Wahrnehmungsziel geeignet sein (Werner 2007). Während das Überblickwissen mittels Kartenlesen erworben wird, könnte das Standortwissen über eine Sprachausgabe übermittelt werden. Dies erschient denkbar, denn Schlender (2008) stellte fest, dass Karten und Texte zum Zweck der Navigation als gleichwertige Informationsmedien eingesetzt werden können: „Die Art des Informationsmaterials hat keinen Einfluss auf die Navigationsleistung" (Schlender 2008, S. 143). Ferner kann das Wechseln zwischen unterschiedlichen Maßstäben mittels sprachlicher Formulierung reibungslos erfolgen. Richter et al. (2013) belegten, dass eine sprachliche Standortbeschreibung neben *zooming-in* und *zooming-out* auch das Wechseln der Raumhierarchie[101] beinhaltet. Zur Frage, wie die auditive Beschreibung zum Zweck der Selbstlokalisation formuliert werden kann, um den unterschiedlichen Standortrepräsentationen zu entsprechen, liegen im Bereich der Raumkognition und Sprachpsychologie bereits viele Forschungsarbeiten[102] vor. Dadurch wird eine neue Forschungsperspektive für die Entwicklung eines multimedialen Fußgänger-Navigationssystems eröffnet. Um all dies aber realisierbar zu machen, muss die Raumkognition als ein immer noch unzureichend erforschter Untersuchungsgegenstand im Zusammenhang mit der angewandten Navigationsforschung weiterhin thematisiert werden.

[101] Richter et al. (2013) schlugen sieben Stufen der räumlichen Untergliederung vor: „*country, city, district, street, building, room, and furniture*" (Richter et al. 2013, S. 347).

[102] Hierarchische Struktur bei den sprachlichen Ausdrücken siehe z. B. Plumert et al. (1995)

Literaturverzeichnis

Agrawala, M. (2001): Visualizing Route Maps. Doktorarbeit, Stanford University.

Ahmadpoor, N. und Shahab, S. (2019): Spatial Knowledge Acquisition in the Process of Navigation: A Review. *Current Urban Studies* **7**, S. 1–19.

Albertz, J. (1997): Sehen, Wahrnehmen und die Wirklichkeit, zur Einführung in das Thema. In: J. Albertz (Hg.), Wahrnehmung und Wirklichkeit. Wie wir unsere Umwelt sehen, erkennen und gestalten, Berlin: Freie Akademie, S. 13.

Allen, G. L. (1999): Spatial Abilities, Cognitive Maps and Wayfinding: Bases for Individual Differences in Spatial Cognition and Behavior. In: R. G. Golledge (Hg.), Wayfinding Behavior: Cognitive Mapping and Other Spatial Processes, Kap. Human Cognitive Maps and Wayfinding, Baltimore & London: The Johns Hopkins University Press, S. 81–98.

Appleton, J. (1975): The Experience of Landscape. London: Wiley.

Aretz, A. J. (1991): The Design of Electronic Map Display. *Human Factors* **33**, Nr. 1, S. 85–101.

Arthur, P. und Passini, R. (1992): Wayfinding: People, Signs, and Architecture. Toronto & London: McGraw-Hill Ryerson.

Aslan, I., Schwalm, M., Baus, J., Krüger, A. und Schwartz, T. (2006): Acquisition of Spatial Knowledge in Location Aware Mobile Pedestrian Navigation Systems. In: M. Nieminen und M. Röykkee (Hg.), Proceedings of the 8th Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services – Mobile HCI 2006 September 12–15, 2006, Helsinki, Finland, S. 105–108.

Atkinson, R. C. und Shiffrin, R. M. (1968): Human Memory: A Proposed System and its Control Processes. In: K. W. Spence und J. T. Spence (Hg.), Psychology of Learning and Motivation, Bd. 2, New York: Academic Press, S. 89–195.

Aubrey, J. B. und Dobbs, A. R. (1990): Age and sex differences in the mental realignment of maps. *Experimental Aging Research* **16**, Nr. 3, S. 133–139.

Baddeley, A. D. (1986): Working Memory. Oxford: University Press.

Baddeley, A. D. und Hitch, G. (1974): Working Memory. In: G. Bower (Hg.), Human Memory, New York: Academic Press, S. 199–239.

Barkowsky, T. (2002): Mental Representation and Processing of Geographic Knowledge. A Computational Approach. Berlin & Heidelberg: Springer.

Barnard, L., Yi, J., Jacko, J. und Sears, A. (2005): An empirical comparison of use-in-motion evaluation scenarios for mobile computing devices. *International Journal of Human-Computer Studies* **62**, Nr. 4, S. 487–520.

Bartie, P., Reitsma, F., Kingham, S. und Mills, S. (2010): Advancing visibility modelling algorithms for urban environments. *Computers Environment and Urban Systems* **34**, Nr. 6, S. 518–531.

Batty, M. (2001): Exploring Isovist Fields: Space and Shape in Architectural and Urban Morphology. *Environment and Planning B: Planning and Design* **28**, S. 123–150.

Baudisch, P. und Rosenholtz, R. (2003): Halo: a Technique for Visualizing Off-Screen Locations. In: In CHI'03 Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, S. 481–488.

Bauer, C., Almer, A., Ladstätter, S. und Luley, P. M. (2014): Optimierte Wegefindung für Fußgänger basierend auf vorhandenen OpenStreetMap-Daten. In: J. Strobl, T. Blaschke, G. Griesebner und B. Zagel (Hg.), Angewandte Geoinformatik 2014. Beiträge zum 26. AGIT-Symposium Salzburg, Berlin & Offenbach am Main: Herbert Wichmann Verlag, S. 408–413.

Benedikt, M. L. (1979): To take hold of space: isovists and isovist fields. *Environment and Planning B* **6**, S. 47–65.

Berens, T. (1993): Die primäre Lokalisation von Wahrnehmungsobjekten: Ihr zeitlicher Verlauf und ihre Abhängigkeit von der Stimulussalienz. Bonn: Holos.

Bereuter, P., Weibel, R. und Burghardt, D. (2012): Content zooming and exploration for mobile maps. In: J. Gensel, D. Josselin und D. Vandenbroucke (Hg.), Proceedings of the AGILE'2012 International Conference on Geographic Information Science, Avignon, April, 24-27, 2012, S. 74–79.

Bertram, E. (2000): Raum in Vorstellung und Wirklichkeit: Reader zum Seminar Tragwerk und Architektur WS 2000/2001. Techn. Ber., Universität Stuttgart, Fakultät Architektur, Institut für Innenraumgestaltung und Architektur.

Bilge, A. R. und Taylor, H. A. (2010): Where is "Here" in Nested Environments? Location Accessibility from Different Sources. *Spatial Cognition & Computation* **10**, Nr. 2/3, S. 157–183.

Bitgood, S. (1988): Problems in Visitor Orientation and Circulation. In: S. Bitgood, A. Benefield und S. Roper (Hg.), Visitor Studies: Theory, Research & Practice, Jacksonville, AL: Psychology Institute of Jacksonville State University, S. 155–170.

Bittermann, M. S. (2009): Intelligent Design Objects (IDO): A cognitive approach for performance-based design. Doktorarbeit, Technische Universiteit Delft.

Bollmann, J. (2000): Empirische Kartographie. In: C. Martin, N. Bischof und M. Eiblmaier (Hg.), Lexikon der Geowissenschaften, Bd. 2, Heidelberg & Berlin: Spektrum Akademischer Verlag, S. 52–53.

Bollmann, J. und Uthe, A. D. (2002): Raumbezogenes Handeln und angewandte Kartographie. In: J. Bollmann und W. G. Koch (Hg.), Lexikon der Kartographie und Geomatik Bd. 2, Heidelberg: Spektrum Akademischer Verlag, S. 259–266.

Bollnow, O. F. (2010): Mensch und Raum. Stuttgart: Kohlhammer, 11. Auflage.

Brosius, F. (2011): SPSS 19. Heidelberg, München, Landsberg, Frechen, Hamburg: Mitp-Verlag.

Bruehlmeier, T. (2000): Interaktive Karten - adaptives Zoomen mit Scalable Vector Graphics. Diplomarbeit, Geographisches Institut der Universität Zürich.

Burigat, S., Chittaro, L. und Gabrielli, S. (2006): Visualizing Locations of Off-Screen Objects on Mobile Devices: A Comparative Evaluation of Three Approaches. In: Proceedings of MOBILE HCI 2006: 8th International Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services, New York: ACM, S. 239–246.

Canter, D. (1977): The Psychology of Space. New York: St. Martin's Press.

Carol, H. (1946): Die Wirtschaftslandschaft und ihre kartographische Darstellung. *Geogr. Helv* **1**, S. 246–279.

Carol, H. (1956): Zur Diskussion um Landschaft und Geographie. *Geographia Helvetica* **11**, Nr. 113.

Cheung, Y. K., Li, Z. und Chen, W. (2009): Integration of Cognition-based Content Zooming and Progressive Visualization for Mobile-based Navigation. *The Cartographic Journal* **26**, Nr. 3, S. 268–272.

Chittaro, L. (2006): Visualizing Information on Mobile Devices. *Computer* **39**, Nr. 3, S. 40–45.

Chown, E., Kaplan, S. und Kortenkamp, D. (1995): Prototypes, Location, and Associative Networks (PLAN): Towards a Unified Theory of Cognitive Mapping. *Cognitive Science* **19**, S. 1–51.

Cohen, G. (1989): Memory in the Real World. Hove & London: Lawrence Erlbaum.

Cohen, L., Manion, L. und Morrison, K. (2007): Research Methods in Education. Routledge: Taylor & Francis Group, 6. Auflage.

Conroy Dalton, R. (2001): Spatial Navigation in Immersive Virtual Environments. Doktorarbeit, University College London.

Conroy Dalton, R. (2003): The Secret is to Follow Your Nose: Route Path Selection and Angularity. *Environment & Behavior* **35**, Nr. 1, S. 107–131.

Coors, V., Elting, C., Kray, C. und Laakso, K. (2005): Presenting Route Instructions on Mobile Devices – From Textual Directions to 3D Visualization. In: J. Dykes, A. MacEachren und M.-J. Kraak (Hg.), Exploring Geovisualization, Amsterdam: Elsevier, S. 529–550.

Couclelis, H., Golledge, R. G., Gale, N. und Tobler, W. (1987): Exploring the anchor-point hypothesis of spatial cognition. *Journal of Environmental Psychology* **7**, Nr. 2, S. 99–122.

Crampton, J. (1992): A Cognitive Analysis of Wayfinding Expertise. *Cartographica* **29**, Nr. 3/4, S. 46–65.

Creswell, J. W. (2014): Research Design. Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches. Los Angeles, London, Dew Delhi & Singapore: Sage Publications, Inc.

Cutting, J. E. (1997): How the eye measures reality and virtual reality. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers* **29**, Nr. 1, S. 27–36.

Darken, R. und Peterson, B. (2002): Spatial Orientation, Wayfinding, and Representation. In: K. M. Stanney (Hg.), Handbook of virtual environments: design, implementation, and applications, Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc., Publishers, S. 493–518.

Dausmann, M., Bröckl, U., Schoop, D. und Goll, J. (2011): C als erste Programmiersprache. Wiesbaden: Vieweg+Teubner, 7. Auflage.

Davies, C., Fabrikant, S. I. und Hegarty, M. (2015): Towards Empirically Verified Cartographic Displays. In: R. R. Hoffman, P. A. Hancock, M. W. Scerbo, R. Parasuraman und J. L. Szalma (Hg.), The Cambridge Handbook of Applied Perception Research, New York: Cambridge University Press, S. 711–729.

Davies, C., Mora, R. und Peebles, D. (2006): Isovists for Orientation: Can space syntax help us predict directional confusion? In: C. Hölscher, R. C. Dalton und A. Turner (Hg.), Proceedings of the Space Syntax and Spatial Cognition Workshop, Spatial Cognition, Bremen, Germany, S. 81–92.

Davies, C. und Peebles, D. (2010): Spaces or Scenes: Map-based Orientation in Urban Environments. *Spatial Cognition and Computation* **10**, S. 135–156.

Delikostidis, I. und van Elzakker, C. (2009): Geo-Identification and Pedestrian Navigation with Geo-Mobile Applications: How do Users Proceed? In: G. Cartner und K. Rehrl (Hg.), Location Based Services and Telecartography II: From Sensor Fusion to Context Models: 5th International Conference on Location Based Services and TeleCartography 2008, Salzburg, Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, Berlin & Heidelberg: Springer, S. 185–206.

Delikostidis, I., van Elzakker, C. P. und Kraak, M.-J. (2016): Overcoming challenges in developing more usable pedestrian navigation systems. *Cartography and Geographic Information Science* **43**, Nr. 3, S. 189–207.

Dembski, F. (2013): VISTA Strategische Sichtbeziehungen im urbanen Raum als Einflussgröße für Orientierung und Wegfindung - Paris / Venedig. Diplomarbeit, Technische Universität Wien.

Denis, M. und Cocude, M. (1992): Structural properties of visual images constructed from poorly or well-structured verbal description. *Memory & Cognition* **20**, Nr. 5, S. 497–506.

Dent, B. D., Torguson, J. S. und Hodler, T. W. (2009): Cartography: Thematic Map Design. New York: McGraw-Hill Higher Education.

Denzin, N. K. (1978): The Research Act. New York: McGraw-Hill.

Detenber, B. H. und Reeves, B. (1996): A Bio-Informational Theory of Emotion: Motion and Image Size Effects on Viewers. *Journal of Communication* **46**, Nr. 3, S. 66–84.

Dickmann, F. (2012): City Maps Versus Map-Based Navigation Systems – An Empirical Approach to Building Mental Representations. *The Cartographic Journal* **49**, Nr. 1, S. 62–69.

Dickmann, F., Keil, J., Kuner, J. und Edler, D. (2019): Quadratische Gitterzellen in Topographischen Karten erhöhen die Genauigkeit von Distanzschätzungen. *KN – Journal of Cartography and Geographic Information* **69**, S. 109–120.

Dickmann, F. und Kestermann, E. (2011): Der Einfluss von Stadtplänen und Fahrzeug-Navigationssystemen auf die Entwicklung mentaler Raummodelle. *Kartographische Nachrichten* **61**, Nr. 4, S. 183–190.

Dillemuth, J. A. (2005): Map Design Evaluation for Mobile Display. *Cartography and Geographic Information Science* **32**, Nr. 4, S. 285–301.

Dillemuth, J. A. (2008): Map Use and Spatial Knowledge Acquisition with Small, Mobile Map Displays. Doktorarbeit, University of California.

Dillemuth, J. A. (2009): Navigation Tasks with Small-Display Maps: The Sum of the Parts Does Not Equal the Whole. *Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization* **44**, Nr. 3, S. 187–200.

Dillemuth, J. A., Goldsberry, K. und Clarke, K. (2007): Choosing the scale and extent of maps for navigation with mobile computing systems. *Journal of Locational Based Services* **1**, Nr. 1, S. 46–61.

DIN23601 (2010): 2010-12 Sicherheitskennzeichnung – Flucht- und Rettungspläne (ISO 23601:2009). Berlin: Beuth Verlag.

DIN66261 (1985): 1985-11, Informationsverarbeitung; Sinnbilder für Struktogramme nach Nassi-Shneiderman (DIN 66261-11:1985). Berlin: Beuth Verlag.

Downs, R. und Stea, D. (1977): Maps in Minds: Reflection on Cognitive Mapping. New York: Harper & Row.

Downs, R. M. und Stea, D. (1973): Image and Environment: Cognitive Mapping and Spatial Behavior. Chicago: Aldine Pub. Co.

Downs, R. M. und Stea, D. (1982): Kognitive Karten: Die Welt in unseren Köpfen. New York: Harper & Row.

Dumont, M., Touya, G. und Duchêne, C. (2015): Automated Generalisation of Intermediate Levels in a Multi-Scale Pyramid. Proceedings of 18th ICA Workshop on Generalisation and Multiple Representation, Rio de Janeiro, Brazil.

Edler, D. (2015): The Effects of Grids in Topographic Maps on Cognitive Representations of Map Information. Doktorarbeit, Ruhr-Universität Bochum.

Ehlers, M. und Schiewe, J. (2012): Geoinformatik. Darmstadt: WBG.

Elias, B. (2006): Extraktion von Landmarken für die Navigation. Doktorarbeit, Leibniz Universität Hannover.

Elias, B. und Sester, M. (2002): Landmarks für Routenbeschreibungen. In: GI-Technologien für Verkehr und Logistik, IfGI prints, Bd. 13, Institut für Geoinformation, Münster.

Emo, B. (2014): Real-World Wayfinding Experiments, Individual Preferences, Decisions and the Space Syntax Approach at Street Corners. Doktorarbeit, University College London.

Engelkamp, J. und Pechmann, T. (1993): Kritische Anmerkungen zum Begriff der mentalen Repräsentation. In: J. Engelkamp und T. Pechmann (Hg.), Mentale Repräsentation, Bern: Huber, S. 7–16.

Epstein, R. und Kanwisher, N. (1998): A cortical representation of the local visual environment. *Nature* **392**, S. 598–601.

Epstein, R. A., Patai, E. Z., Julian, J. B. und Spiers, H. J. (2017): The cognitive map in humans: spatial navigation and beyond. *Nature Neuroscience* **20**, Nr. 11, S. 1504–1513.

Esser, K.-H. (1938): Der Architektur-Raum als Erlebnisraum. Eine kunstwissenschaftliche Wesens- und Begriffsbestimmung. Bonn: Röhrscheid.

Field, A. (2005): Discovering Statistics Using SPSS. London: Sage.

Fontaine, S. und Denis, M. (1999): The Production of Route Instructions in Underground and Urban Environments. In: C. Freksa und D. M. Mark (Hg.), Spatial Information Theory. Cognitive and Computational Foundations of Geographic Information Science, *Lecture Notes in Computer Science*, Bd. 1661, Berlin & Heidelberg: Springer, S. 83–94.

Franz, G. (2005): An empirical approach to the experience of architectural space. Doktorarbeit, Max Planck Institute for Biological Cybernetics Tübingen and the Bauhaus University Weimar.

Franz, G. und Wiener, J. (2005): Exploring Isovist-Based Correlates of Spatial Bahavior and Experience. In: A. van Nes (Hg.), 5th International Space Syntax Symposium, 2005, Delft, The Netherlands, Bd. 2, Amsterdam: Techne Press, S. 503–517.

Franz, G. und Wiener, J. M. (2008): From space syntax to space semantics: a behaviorally and perceptually oriented methodology for the efficient description of the geometry and topology of environments. *Environment and Planning B: Planning and Design* **35**, Nr. 4, S. 574–592.

Freitag, U. (2001): Die Entwicklung der Theorie der Kartographie. In: W. G. Koch (Hg.), Theorie 2000 – Vorträge des kartographischen Symposiums am 17./18. November 2000 an der TU Dresden, *Kartographische Bausteine*, Bd. 19, Dresden: Technische Universität, S. 4–14.

Freksa, C. und Habel, C. (1990): Warum interessiert sich die Kognitionsforschung für die Darstellung räumlichen Wissens? In: C. Freksa und C. Habel (Hg.), Repräsentation und Verarbeitung räumlichen Wissens. Informatik-Fachberichte (Subreihe Künstliche Intelligenz), Bd. 245, Berlin & Heidelberg: Springer, S. 1–15.

Fremd, A. (2013): Ein adaptives Modell zur Auswahl von Landmarken für die Fußgängernavigation. Doktorarbeit, Johannes Kepler Universität Linz.

Freundschuh, S. M. und Egenhofer, M. J. (1997): Human Conception of Spaces. Implications for Geographic Information Systems. *Transactions in GIS* **2**, Nr. 4, S. 361–375.

Gallistel, C. R. (1990): The Organization of Learning. Cambridge, Massachusetts: MIT Press.

Gärling, T., Böök, A. und Lindberg, E. (1984): Cognitive Mapping of Large-Scale Environments. The Interrelationship of Action Plans, Acquisition, and Orientation. *Environment and Behavior* **16**, Nr. 1, S. 3–34.

Gärling, T., Böök, A. und Lindberg, E. (1986): Spatial Orientation and Wayfinding in the Designed Environment: A Conceptual Analysis and Some Suggestions for Postoccupancy Evaluation. *Journal of Architectural and Planning Research* **3**, Nr. 1, S. 55–64.

Gärling, T., Lindberg, E. und Mäntylä, T. (1983): Orientation in buildings: Effects of familiarity, visual access, and orientation aids. *Journal of Applied Psychology* **68**, S. 177–186.

Gartner, G. und Hiller, W. (2009): Impact of Restricted Display Size on Spatial Knowledge Acquisition in the Context of Pedestrian Navigation. In: G. Gartner und K. Rehrl (Hg.), Location Based Services and TeleCartography II, Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, Berlin & Heidelberg: Springer, S. 155–166.

Gartner, G. und Radoczky, V. (2005): Schematic vs. Topographic Maps in Pedestrian Navigation: How Much Map Detail is Necessary to Support Wayfinding. *AAAI Spring Symposium: Reasoning with Mental and External Diagrams: Computational Modeling and Spatial Assistance* , S. 41–47.

Gehl, J. (2010): Cities for People. Washington, D.C.: Island Press.

Goldin, S. E. und Thorndyke, P. W. (1982): Simulating Navigation for Spatial Knowledge Acquisition. *Human Factors* **24**, Nr. 4, S. 457–471.

Goll, J. und Heinisch, C. (2016): Java als erste Programmiersprache. Wiesbaden: Springer-Vieweg, 8. Auflage.

Golledge, R. D. (1999): Human Wayfinding and Cognitive Maps. In: Wayfinding Behavior, Baltimore, Maryland: The Johns Hopkins University Press, S. 5–45.

Golledge, R. G. (1995): Path Selection and Route Preference in Human Navigation: A Progress Report. UC Berkeley Earlier Faculty Research 277, The University of California Transportation Center.

Golledge, R. G., Dougherty, V. und Bell, S. (1995): Acquiring Spatial Knowledge: Survey versus Route-Based Knowledge in Unfamiliar Environments. *Annals of the Association of American Geographers* **85**, Nr. 1, S. 134–158.

Gottwald, L., Rauschenberger, M. und Thomaschewski, J. (2016): Der mobile Nutzungskontext - Einflussfaktoren verstehen und für kontextsensitive Anwendungen nutzbar machen. In: S. Hess und H. Fischer (Hg.), Usability Professionals 2016, Aachen, Germany, September 4-7, 2016, Gesellschaft für Informatik e.V. und die German UPA e.V., Aachen.

Gouteuxa, S. und Spelke, E. S. (2001): Children's use of geometry and landmarks to reorient in an open space. *Cognition* **81**, S. 119–148.

Graichen, S., Heine, T. und Deml, B. (2014): Integrated Design Engineering. Ein interdisziplinäres Modell für die ganzheitliche Produktentwicklung, Kap. Produktergonomie. Wiesbaden: Springer-Vieweg, S. 167–195.

Griffin, A. L., White, T., Fish, C., Tomio, B., Huang, H., Sluter, C. R., Bravo, J. V. M., Fabrikant, S. I., Bleisch, S., Yamada, M. und Picanço, P. (2017): Designing across map use contexts: a research agenda. *International Journal of Cartography* **3**, S. 90–114.

Grüsser, O. (1983): Multimodal Structure of the Extrapersonal Space. In: A. Hein und M. Jeannerod (Hg.), Spatially oriented behavior, New York: Springer, S. 327–352.

Grüsser, O. J. (1978): Grundlagen der neuronalen Informationsverarbeitung in den Sinnesorganen und im Gehirn. In: S. Schindler und W. K. Giloi (Hg.), GI – 8. Jahrestagung. Informatik-Fachberichte, Bd. 16, Berlin & Heidelberg: Springer.

Grütter, J. K. (2015): Grundlagen der Architektur-Wahrnehmung. Wiesbaden: Springer-Vieweg.

Gustafson, S., Baudisch, P., Gutwin, C. und Irani, P. (2008): Wedge: Clutter-Free Visualization of Off-Screen Locations. In: CHI '08 Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, New York: ACM, S. 787–796.

Haber, R. N. (1985): Toward a Theory of the Perceived Spatial Layout of Scenes. *Computer Vision Graphics and Image Processing* **31**, Nr. 3, S. 282–321.

Haklay, M. und Li, L. (2010): Single user environments: desktop to mobile. In: M. Haklay (Hg.), Interacting with Geospatial Technologies, West Sussex: Wiley-Blackwell, S. 223–243.

Hamm, B. und Neumann, I. (1996): Siedlungs-, Umwelt- und Planungssoziologie. Opladen: Leske + Budrich.

Hardwick, D. A., Woolridge, S. C. und Rinalducci, E. J. (1983): Selection of Landmarks as a Correlate of Cognitive Map Organization. *Psychological Reports* **53**, Nr. 3, S. 807–813.

Harrower, M. und Sheesley, B. (2005): Designing Better Map Interfaces: Framework for Panning and Zooming. *Transactions in GIS* **9**, Nr. 2, S. 77–89.

Harrower, M. und Sheesley, B. (2007): Utterly Lost: Methods for Reducing Disorientation in 3-D Fly-Over Maps. *Cartography and Geographic Information Science* **34**, Nr. 1, S. 17–27.

Hart, R. A. und Moore, G. T. (1973): The Development of Spatial Cognition: A Review. In: R. M. Downs und D. Stea (Hg.), Image and Environment: Cognitive Mapping and Spatial Behavior, New Brunswick, NJ: AldineTransaction., S. 246–288.

Hartl, A. (1990): Kognitive Karten und kognitives Kartieren. In: C. Freksa und C. Habel (Hg.), Repräsentation und Verarbeitung räumlichen Wissens. Informatik-Fachberichte (Subreihe Künstliche Intelligenz), Bd. 245, Berlin & Heidelberg: Springer.

Hayward, G. und Brydon-Miller, M. (1983): Spatial and Conceptual Aspects of Orientation: Visitor Experiences at an Outdoor History Museum. *Journal of Environmental Systems* **13**, Nr. 4, S. 317–332.

Hegarty, M., Smallman, H. S. und Canham, M. S. (2009): Naïve Cartography: How Intuitions about Display Configuration Can Hurt Performance. *Cartographica* **44**, Nr. 3, S. 171–186.

Helmetag, A. (2000): Improvement of Perception and Cognition in Synthetic Spatial Environments. Doktorarbeit, Technischen Universität Darmstadt.

Hermer, L. und Spelke, E. S. (1994): A geometric process of spatial reorientation in young children. *Nature* **370**, Nr. 6484, S. 57–59.

Hermer-Vazquez, L., Spelke, E. S. und Katsnelson, A. S. (1999): Sources of Flexibility in Human Cognition: Dual-Task Studies of Space and Language. *Cognitive Psychology* **39**, S. 3–36.

Herrmann, T. (1988): Mentale Repräsentation - ein erklärungsbedürftiger Begriff. Techn. Ber. Report No. 42, Arbeiten der Forschungsgruppe Kognition am Lehrstuhl III der Universität Mannheim.

Herrmann, T. und Schweizer, K. (1998): Sprechen über Raum: sprachliches Lokalisieren und seine kognitiven Grundlagen. Bern: Hans Huber.

Herrmann, T., Schweizer, K., Janzen, G. und Katz, S. (1998): Routen- und Überblickswissen konzeptuelle Überlegungen. *Kognitionswissenschaft* **7**, S. 145–159.

Hettinger, T. und Becker, M. (1993): Kompendium der Arbeitswissenschaft: Optimierungsmöglichkeiten zur Arbeitsgestaltung und Arbeitsorganisation. Ludwigshafen (Rhein): Kiehl.

Hinrichs, S. (2008): Experimentalpsychologische Untersuchungen zu Navigationsstrategien unter Berücksichtigung physiologischer und endokrinologischer Variablen. Doktorarbeit, Georg-August-Universität zu Göttingen.

Howard, L. R., Javadi, A. H., Yu, Y., Mill, R. D., Morrison, L. C., Knight, R., Loftus, M. M., Staskute, L. und Spiers, H. J. (2014): The Hippocampus and Entorhinal Cortex Encode the Path and Euclidean Distances to Goals during Navigation. *Current Biology* **24**, Nr. 12, S. 1331–1340.

Huang, H. (2019): Challenges of User Experience Design for Human- Centered Location Based Services. ICC Workshop User Experience Design for Mobile Cartography: Setting the Agenda, July 11–12, 2019, Beijing, China.

Huang, H. und Gartner, G. (2010): A Survey of Mobile Indoor Navigation Systems. In: G. Gartner und F. Ortag (Hg.), Cartography in Central and Eastern Europe, Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, Berlin & Heidelberg: Springer, S. 305 – 319.

Huang, H. und Gartner, G. (2011): Literature review on route communication with map and augmented reality. Techn. Ber., Technische Universität Wien.

Huang, H., Gartner, G., Krisp, J. M., Raubal, M. und de Weghe, N. V. (2018): Location based services: ongoing evolution and research agenda. *Journal of Location Based Services* **12**, Nr. 2, S. 63–93.

Hudelmaier, J. (2003): Sichtanalyse im Pkw unter Berücksichtigung von Bewegung und individuellen Körpercharakteristika. Doktorarbeit, Lehrstuhl für Ergonomie, Technische Universität München.

Ishikawa, T. (2019): Satellite Navigation and Geospatial Awareness: Long-Term Effects of Using Navigation Tools on Wayfinding and Spatial Orientation. *The Professional Geographer* **71**, Nr. 2, S. 197–209.

Ishikawa, T., Fujiwara, H., Imai, O. und Okabe, A. (2008): Wayfinding with a GPS-based mobile navigation system: A comparison with maps and direct experience. *Journal of Environmental Psychology* **28**, Nr. 1, S. 74–82.

Ishikawa, T. und Montello, D. R. (2006): Spatial knowledge acquisition from direct experience in the environment: Individual differences in the development of metric knowledge and the integration of separately learned places. *Cognitive Psychology* **52**, S. 93–129.

Ishikawa, T. und Takahashi, K. (2013): Relationships between Methods for Presenting Information on Navigation Tools and Users' Wayfinding Behavior. *Cartographic Perspectives* **75**, S. 17–28.

Ishikawa, T. und Yamazaki, T. (2009): Showing Where To Go by Maps or Pictures: An Empirical Case Study at Subway Station. In: K. Stewart Hornsby, C. Claramunt, M. Denis und G. E. Ligozat (Hg.), Spatial Information Theory, *Theoretical Computer Science and General Issues*, Bd. 5756, Berlin & Heidelberg: Springer, S. 330–341.

Ittelson, W. H. (1973): Environment Perception and Contemporary Perceptual Theory. In: W. H. Ittelson (Hg.), Environment and Cognition, New York: Seminar, S. 141–154.

Jahn, G., Oehme, A., Krems, J. F. und Gelau, C. (2005): Peripheral detection as a workload measure in driving: Effects of traffic complexity and route guidance system use in a driving study. In: S. Charlton (Hg.), Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour, Bd. 8, Amsterdam: Elsevier, S. 255–275.

Jansen-Osmann, P. (1998): Kognition von Distanzen. laborexperimentelle Untersuchungen in virtuellen Umgebungen. Doktorarbeit, Gesamthochschule Duisburg.

Janzen, G. (1998): Zur Repräsentation von Routenwissen: Die Auswirkung von Teilräumen auf den Richtungseffekt. In: U. Kotkamp und W. Krause (Hg.), Intelligente Informationsverarbeitung. Studien zur Kognitionswissenschaft, Deutscher Universitätsverlag, S. 17–24.

Janzen, G. (2000): Organisation räumlichen Wissens: Untersuchungen zur Orts- und Richtungsrepräsentation. Springer Fachmedien Wiesbaden.

Janzen, G. und Hawlik, M. (2005): Orientierung im Raum: Befunde zu Entscheidungspunkten. *Zeitschrift für Psychologie* **213**, S. 179–186.

Janzen, G. und van Turennout, M. (2004): Selective neural representation of objects relevant for navigation. *Nature Neuroscience* **7**, S. 673–677.

Javadi, A.-H., Emo, B., Howard, L. R., Zisch, F. E., Yu, Y., Knight, R., Pinelo Silva, J. und Spiers, H. J. (2017): Hippocampal and prefrontal processing of network topology to simulate the future. *Nature Communications* **8**, Nr. 14652.

Joedicke, J. (1968): Vorbemerkungen zu einer Theorie des architektonischen Raumes, zugleich Versuch einer Standortbestimmung der Architektur. *Bauen + Wohnen: internationale Zeitschrift, Heft 9 Raumwahrnehmung und Raumgestaltung* **22**, Nr. 9, S. 341–344.

Joedicke, J. (1985): Raum und Form in der Architektur. Über den behutsamen Umgang mit der Vergangenheit. Stuttgart: Karl Krämer Verlag.

Jones, C. E. (2010): Cartographic Theory and Principle. In: M. Haklay (Hg.), Interacting with Geospatial Technologies, Oxford und Hoboken: Wiley-Blackwell, S. 37–65.

Jones, M., Jones, S., Bradley, G., Warren, N., Bainbridge, D. und Holmes, G. (2008): ONTRACK: Dynamically adapting music playback to support navigation. *Personal and Ubiquitous Computing* **12**, Nr. 7, S. 513–525.

Kaltner, S. (2015): Verkörperte mentale Rotation: objektbasierte und egozentrische Transformationen vor dem Embodiment-Ansatz. Doktorarbeit, Universität Regensburg.

Ketschau, T. J. (2013): Gedächtnisbasierte Objektlokation im Umraum: Kognitionspsychologisches Experiment zur Untersuchung von Desorientierungseffekten. Hamburg: Diplomica-Verlag.

Kim, B., Han, S. H., Nam, K., Park, J. und Han, S. (1997): Presenting map information on a global positioning system. *Computers and Industrial Engineering* **33**, Nr. 3-4, S. 529–532.

Kim, K. J. und Sundar, S. S. (2016): Mobile Persuasion: Can Screen Size and Presentation Mode Make a Difference to Trust? *Human Communication Research* **42**, S. 45–70.

Klatzky, R. L. (1998): Allocentric and Egocentric Spatial Representations: Definitions, Distinctions, and Interconnections. In: C. Freksa, C. Habel und K. Wender (Hg.), Spatial Cognition, *Lecture Notes in Computer Science*, Bd. 1404, Berlin & Heidelberg: Springer, S. 1–17.

Klippel, A. (2003): Wayfinding Choremes. In: W. Kuhn, M. F. Worboys und S. Timpf (Hg.), COSIT 2003: Spatial Information Theory. Foundations of Geographic Information Science, *Lecture Notes in Computer Science*, Bd. 2825, Berlin & Heidelberg: Springer, S. 301–315.

Klippel, A., Freksa, C. und Winter, S. (2006): You-Are-Here Maps in Emergencies. The Danger of Getting Lost. *Journal of Spatial Science* **51**, Nr. 1, S. 117–131.

Klippel, A., Hirtle, S. und Davies, C. (2010): You-Are-Here Maps: Creating Spatial Awareness through Map-like Representations. *Spatial Cognition and Computation* **10**, Nr. 2/3, S. 83–93.

Klippel, A. und Winter, S. (2005): Structural Salience of Landmarks for Route Directions. In: A. G. Cohn und D. M. Mark (Hg.), Spatial Information Theory. COSIT 2005, *Lecture Notes in Computer Science*, Bd. 3693, Berlin & Heidelberg: Springer, S. 347–362.

Kluge, M. (2012): Der Einsatz von Augmented Reality in der Fußgängernavigation. Konzeption und prototypische Implementierung eines smartphonebasierten Fußgängernavigationssystems. Doktorarbeit, Universität Potsdam.

Kohlstock, P. (2018): Kartographie: eine Einführung. Paderborn: Ferdinand Schöningh, 4. Auflage.

Kolars, J. F. und Nystuen, J. D. (1987): Physical Geography: Environment and Man. New York: McGraw-Hill.

König, K. (2012): Architekturwahrnehmung. Die Anwendung empirischer Erkenntnisse der Kognitionspsychologie auf architekturpsychologische Fragestellungen. Doktorarbeit, Universität Paderborn.

Kraak, M. J. (2008): Geovisualization and Time: New Opportunities for the Space-Time Cube. In: M. Dodge und M. Turner (Hg.), Geographic Visualization: Concepts, Tools and Applications, New York: Wiley, S. 293–306.

Kray, C., Elting, C., Laakso, K. und Coors, V. (2003): Presenting Route Instructions on Mobile Devices. In: Proceedings of the International Conferences on Intelligent User Interfaces, January 12-15, 2003, Miami, FL, USA, S. 117–124.

Kray, C., Fritze, H., Fechner, T., Schwering, A., Li, R. und Anacta, V. J. (2013): Transitional Spaces: Between Indoor and Outdoor Spaces. In: T. Tenbrink, J. Stell, A. Galton und Z. Wood (Hg.), Spatial Information Theory, *Lecture Notes in Computer Science*, Bd. 8116, Cham: Springer, S. 14–32.

Krier, R. (1975): Urban Space. Solingen: Umbau Verlag.

Krüger, A., Aslan, I. und Zimmer, H. (2004): The Effects of Mobile Pedestrian Navigation Systems on the Concurrent Acquisition of Route and Survey Knowledge. In: S. Brewster und M. Dunlop (Hg.), Mobile Human-Computer interaction – MobileHCI 2004: 6th International Symposium, Glasgow, UK, September 13–16, 2004, *Lecture Notes in Computer Science*, Bd. 3160, Berlin & Heidelberg: Springer.

Kuckartz, U. (2014): Mixed Methods: Methodologie, Forschungsdesigns und Analyseverfahren. Wiesbaden: Springer VS.

Kuipers, B. (1978): Modeling spatial knowledge. *Cognitive Science* **2**, S. 129–153.

Kuipers, B. J. (1977): Representing Knowledge of Large-Scale Space. Technical Report 418, MIT Artificial Intelligence Laboratory.

Lawton, C. A. (1994): Gender Differences in Way-Finding Strategies: Relationship to Spatial Ability and Spatial Anxiety. *Sex Roles* **30**, Nr. 11/12, S. 765–779.

Lee, J., Forlizzi, J. und Hudson, S. E. (2008): Iterative Design of MOVE: A Situationally Appropriate Vehicle Navigation System. *International Journal of Human-Computer Studies* **66**, Nr. 3, S. 198–215.

Lee, J.-Y. (2012): Die Stadt als Sequenzerlebnis. Analyse und Entwurf stadtgestalterischer Raumsequenzen. Doktorarbeit, Universität Stuttgart.

Lee, S. A. und Spelke, E. S. (2010): A modular geometric mechanism for reorientation in children. *Cognitive Psychology* **61**, Nr. 2, S. 152–176.

Lehikoinen, J. (2001): An Evaluation of Augmented Reality Navigational Maps in Head Worn Display. In: M. Hirose (Hg.), Human-Computer Interaction INTERACT 01: IFIP TC.13 International Conference on Human-Computer Interaction, 9th–13th July 2001, Tokyo, Japan, Amsterdam: IOS Press, S. 224–231.

Levine, M. (1982): You-Are-Here Maps: Psychological Considerations. *Environment and Behavior* **14**, Nr. 2, S. 221–237.

Levine, M., Jankovic, I. N. und Palij, M. (1982): Principles of spatial problem solving. *Journal of Experimental Psychology General* **111**, Nr. 2, S. 157–175.

Levine, M., Marchon, I. und Hanley, G. (1984): The Placement and Misplacement of You-Are-Here Maps. *Environment & Behavior* **16**, Nr. 2, S. 139–157.

Levinson, S. C. (1996): Frames of Reference and Molyneux's Question: Crosslinguistic Evidence. In: P. Bloom, M. A. Peterson, L. Nadel und M. F. Garrett (Hg.), Language and Space, Kap. 4, Cambridge & London: The MIT Press, S. 109–169.

Li, B., Zhu, K., Zhang, W., Wu, A. und Zhang, X. (2014a): A comparative study of two wayfinding aids for simulated driving tasks – single-scale and dual-scale GPS aids. *Behaviour & Information Technology* **33**, Nr. 4, S. 361–371.

Li, R. und Klippel, A. (2014): Wayfinding Behaviors in Complex Buildings: The Impact of Environmental Legibility and Familiarity. *Environment and Behavior* **48**, Nr. 3, S. 482–510.

Li, R., Korda, A., Radtkeb, M. und Schwering, A. (2014b): Visualising distant off-screen landmarks on mobile devices to support spatial orientation. *Journal of Location Based Services* **8**, Nr. 3, S. 166–178.

Li, Z. und Ho, A. (2004): Design of Multi-Scale and Dynamic Maps for Land Vehicle Navigation. *The Cartographic Journal* **41**, Nr. 3, S. 265–270.

Liben, L. S. und Downs, R. M. (1993): Understanding Person-Space-Map Relations: Cartographic and Developmental Perspectives. *Developmental Psychology* **29**, Nr. 4, S. 739–752.

Liben, L. S., Myers, L. J. und Christensen, A. E. (2010): Identifying Locations and Directions on Field and Representational Mapping Tasks: Predictors of Success. *Spatial Cognition & Computation* **10**, Nr. 2/3, S. 105–134.

Linn, M. C. und Petersen, A. C. (1985): Emergence and Characterization of Sex Differences in Spatial Ability: A Meta-Analysis. *Child Development* **56**, S. 1479–1498.

Lobben, A. (2007): Navigational Map Reading: Predicting Performance and Identifying Relative Influence of Map-Related Abilities. *Annals of the Association of American Geographers* **97**, Nr. 1, S. 64–85.

Lobben, A. K. (2004): Tasks, Strategies, and Cognitive Processes Associated With Navigational Map Reading: A Review Perspective. *The Professional Geographer* **56**, Nr. 2, S. 270–281.

Lombard, M. (1995): Direct Responses to People on the Screen: Television and Personal Space. *Communication Research* **22**, Nr. 3, S. 288–324.

Loomis, J. M., Silva, J. A. D., Philbeck, J. W. und Fukusima, S. S. (1996): Visual Perception of Location and Distance. *Current Directions in Psychological Science* **5**, Nr. 3, S. 72–77.

Loomis, R. J. (1987): Museum Visitor Evaluation: New Tool for Management, *American Association for State and Local History (Management series)*, Bd. 3. Nashville, TN: American Association for State and Local History.

Lovelace, K. L. und Hegarty, M. (1999): Elements of Good Route Directions in Familiar and Unfamiliar Environments. In: C. Freksa und D. M. Mark (Hg.), Spatial Information Theory. Cognitive and Computational Foundations of Geographic Information Science. COSIT 1999, *Lecture Notes in Computer Science*, Bd. 1661, Berlin & Heidelberg: Springer, S. 65–82.

Löwen, H., Krukar, J. und Schwering, A. (2018): How should Orientation Maps look like? Poster AGILE conference, Lund.

Löwen, H., Krukar, J. und Schwering, A. (2019a): Functional Scales in Assisted Wayfinding. 14th International Conference on Spatial Information Theory (COSIT 2019), Regensburg, Germany.

Löwen, H., Krukar, J. und Schwering, A. (2019b): Spatial Learning with Orientation Maps: The Influence of Different Environmental Features on Spatial Knowledge Acquisition. *ISPRS International Journal of Geo-Information* **8**, Nr. 3, S. 149.

Lu, Y. (2011): Directed visibility analysis: three case studies on the relationship between building layout, perception and behavior. Doktorarbeit, Georgia Institute of Technology.

Lynch, K. (1960): Das Bild der Stadt. Gütersloh & Berlin: Bauverlag.

Maaß, W. und Schmauks, D. (1998): MOSES: Ein Beispiel für die Modellierung räumlicher Leistungen durch ein Wegbeschreibungssystem. *Zeitschrift für Semiotik* **20**, Nr. 1/2, S. 106–116.

Magliano, J. P., Cohen, R., Allen, G. L. und Rodrigue, J. R. (1995): The Impact of a Wayfinder's Goal on Learning a New Environment: Different Types of Spatial Knowledge as Goals. *Journal of Environmental Psychology* **15**, Nr. 1, S. 67–75.

Malinowski, J. C. (2001): Mental Rotation and Real-World Wayfinding. *Percept Mot Skills* **92**, Nr. 1, S. 19–30.

Mallot, H. A. (1998): Sehen und die Verarbeitung visueller Information. Braunschweig: Vieweg.

Mallot, H. A. und Gillner, S. (2000): Route navigating without place recognition: What is recognised in recognition-triggered responses? *Perception* **29**, S. 43–55.

Mandler, J. (1983): Represetation. In: P. Mussen (Hg.), Handbook of Child Psychology, Bd. III, New York: John Wiley & Sons, 4. Auflage, S. 420–494.

Martin, D. W. (2008): Doing Psychology Experiments. Boston, Massachusetts: Cengage.

May, A. J., Ross, T., Bayer, S. H. und Tarkiainen, M. J. (2003): Pedestrian navigation aids: information requirements and design implications. In: Personal and Ubiquitous Computing, *Issue 6*, Bd. 7, London: Springer, S. 331–338.

May, M. (1992): Mentale Modelle von Städten. Wissenspsychologische Untersuchungen am Beispiel der Stadt Münster. Münster: Waxmann.

May, M. (2000): Kognition im Umraum. Studien zur Kognitionswissenschaft, Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag.

May, M. und Klatzky, R. L. (2000): Path integration while ignoring irrelevant movement. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition* **26**, Nr. 1, S. 169–186.

McKenzie, G. und Klippel, A. (2016): The Interaction of Landmarks and Map Alignment in You-Are-Here Maps. *The Cartographic Journal* **53**, Nr. 1, S. 43–54.

Meilinger, T. (2007): Strategies of Orientation in Environmental Spaces. Doktorarbeit, Albert-Ludwigs-Universität Freiburg.

Meilinger, T. (2008a): The Network of Reference Frames Theory: A Synthesis of Graphs and Cognitive Maps. In: C. Stachniss, K. Schill und D. Uttal (Hg.), Spatial Cognition IV: Learning, Reasoning, and Talking About Space, Berlin & Heidelberg: Springer, S. 143–154.

Meilinger, T. (2008b): Strategies of Orientation in Environmental Spaces. Berlin: Lagos Verlag.

Meilinger, T., Hölscher, C., Büchner, S. J. und Brösamle, M. (2007): How Much Information Do You Need? Schematic Maps in Wayfinding and Self Location. In: T. Barkowsky, M. Knauff, G. Ligozat und D. R. Montello (Hg.), Spatial Cognition V Reasoning, Action, Interaction: International Conference Spatial Cognition 2006, Bremen, Germany, September 24-28, 2006, Revised Selected Papers, *Lecture Notes in Computer Science*, Bd. 4387, Berlin & Heidelberg: Springer, S. 381–400.

Meilinger, T., Riecke, B. E. und Bülthoff, H. H. (2014): Local and global reference frames for environmental spaces. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology* **67**, Nr. 3, S. 542–569.

Meng, L. (2005): Ego centres of mobile users and egocentric map design. In: Map-based Mobile Services. Theories, Methods and Implementations, Berlin & Heidelberg: Springer, S. 87–105.

Merkel, T. und Schmauder, M. (2012): Ergonomisch und normgerecht konstruieren. Handlungsleitfaden zur Anwendung von Richtlinien und Normen in der ergonomischen Produktgestaltung. Berlin: Beuth Verlag.

Millonig, A. und Schechtner, K. (2007): Developing Landmark-Based Pedestrian-Navigation Systems. In: IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems, Bd. 8, S. 43–49.

Mishkin, M., Ungerleider, L. G. und Macko, K. A. (1983): Object vision and spatial vision: two cortical pathways. *Trends in Neurosciences* **6**, S. 414–417.

Montello, D. R. (1993): Scale and Multiple Psychologies of Space. In: A. U. Frank und I. Campari (Hg.), Spatial Information Theory A Theoretical Basis for GIS, *Lecture Notes in Computer Science*, Bd. 716, Berlin & Heidelberg: Springer, S. 312–321.

Montello, D. R. (1998a): Kartenverstehen: Die Sicht der Kognitionspsychologie. *Zeitschrift für Semiotik* **20**, Nr. 1/2, S. 91–103.

Montello, D. R. (1998b): A New Framework for Understanding the Acquisition of Spatial Knowledge in Large-Scale Environments. In: M. J. Egenhofer und R. G. Golledge (Hg.), Spatial and Temporal Reasoning in Geographic Information Systems, New York: Oxford University Press, S. 143–154.

Montello, D. R. (2001): Scale in Geography. In: N. J. Smelser und B. Baltes (Hg.), International Encyclopedia of the Social and Behavioral Sciences, Amsterdam: Elsevier Science, S. 13501–13504.

Montello, D. R. (2005): Navigation. In: P. Shah und A. Miyake (Hg.), The Cambridge handbook of visuospatial thinking, Cambridge: Cambridge University Press, S. 257–294.

Montello, D. R. (2009): A Conceptual Model of the Cognitive Processing of Environmental Distance Information. *International Journal of Human-Computer Studies* **67**, S. 1–17.

Montello, D. R. (2010): You Are Where? The Function and Frustration of You-Are-Here (YAH) Maps. *Spatial Cognition and Computation* **10**, S. 94–104.

Montello, D. R. (2014): Spatial Cognition and Architectural Space: Research Perspectives. *Architectural Design* **84**, Nr. 5, S. 74–79.

Montello, D. R. (2017): Landmarks are Exaggerated. *Künstliche Intelligenz* **31**, Nr. 2, S. 193–197.

Montello, D. R. und Freundschuh, S. (1995): Sources of spatial knowledge and their implications for GIS: An introduction. *Geographical Systems* **2**, Nr. 1, S. 169–176.

Montello, D. R., Lovelace, K. L., Golledge, R. G. und Self, C. M. (1999): Sex-Related Differences and Similarities in Geographic and Environmental Spatial Abilities. *Annals of the Association of American Geographers* **89**, Nr. 3, S. 515–534.

Montello, D. R. und Sas, C. (2006): International Encyclopedia of Ergonomics and Human Factors, Kap. Human Factors of Wayfinding in Navigation. Boca Raton, Florida: CRC Press, S. 2003–2008.

Morello, E. und Ratti, C. (2009): A digital image of the city: 3-D isovists in Lynch's Urban Analysis. *Environment and Planning B: Planning and Design* **36**, Nr. 5, S. 837–853.

Moser, J. und Albrecht, F. (2013): Sichtbarkeitsbewertung von Planungsentwürfen mit 3D-Stadtmodellen. In: J. Strobl, T. Blaschke, G. Griesebner und B. Zagel (Hg.), Angewandte Geoinformatik 2013 - Beiträge zum 25. AGIT-Symposium Salzburg, Berlin & Offenbach: Wichmann Verlag, S. 616–621.

Muehlenhaus, I. (2014): Web Cartography. Map Design for Interactive and Mobile Devices. Boca Raton, Florida: CRC Press.

Münzer, S. (2015): Immer dem Navi nach. *Gehirn & Geist* **9**, S. 20–25.

Münzer, S., Zimmer, H. D., Schwalm, M., Baus, J. und Aslan, I. (2006): Computer Assisted Navigation and the Aquisition of Route and Survey Knowledge. *Journal of Environmental Psychology* **26**, Nr. 4, S. 300–308.

Naylor, J. S. und Sanchez, C. A. (2018): Smartphone Display Size Influences Attitudes Toward Information Consumed on Small Devices. *Social Science Computer Review* **36**, Nr. 2, S. 251–260.

Nigro, G. und Neisser, U. (1983): Point of View in Personal Memories. *Cognitive Psychology* **15**, Nr. 4, S. 467–482.

Nivala, A., Sarjakoski, L. T., Jakobsson, A. und Kaasinen, E. (2003): Usability Evaluation of Topographic Maps in Mobile Devices. In: Proceedings of the 21st International Cartographic Conference (ICC), Cartographic Renaissance, Durban, South Africa, 10-16 August 2003, S. 1903–1914.

Nivala, A.-M. und Sarjakoski, L. T. (2005): Adapting Map Symbols for Mobile Users. In: Proceedings of the International Cartographic Conference 2005: Mapping Approaches into a Changing World, July 9-16, 2005, A Coruña, Spain, ICC International Cartographic Conference.

Oatley, K. G. (1977): Inference, Navigation, and Cognitive Maps. In: P. N. Johnson-Laird und P. C. Wason (Hg.), Thinking: Readings in Cognitive Science, Cambridge, England: Cambridge University Press, S. 537–547.

O'Keefe, J. und Dostrovsky, J. (1971): The hippocampus as a spatial map. Preliminary evidence from unit activity in the freely-moving rat. *Brain Research* **34**, Nr. 1, S. 171–175.

O'Neill, M. J. (1992): Effects of familiarity and plan complexity onwayfinding in simulated buildings. *Journal of Environmental Psychology* **12**, S. 319–327.

O'Neill, M. J. (1999): Theory and research in design of 'You-Are-Here' maps. In: J. Zwaga, T. Boersema und H. Hoonhout (Hg.), Visual Information for Everyday Use: Design and Research Perspectives, Kap. Maps and Plans, London: Taylor & Francis, S. 225–238.

Oulasvirta, A., Nurminen, A. und Nivala, A.-M. (2007): Interacting with 3D and 2D Mobile Maps: An Exploratory Study. Techn. Ber. 1, Helsinki Institute for Information Technology (HIIT).

Passini, R. (1984): Wayfinding in Architecture. New York: Van Nostrand Reinhold Company.

Passini, R. (1996): Wayfinding design: logic, application and some thoughts on universality. *Design Studies* **17**, Nr. 3, S. 319–331.

Pellkofer, J. E. (2016): Mentale Rotation von Polygonen: Hemisphärenlateralisierung und Geschlechtsunterschiede. Doktorarbeit, Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf.

Péruch, P. und Lapin, E. A. (1993): Route knowledge in different spatial frames of reference. *Acta Psychologica* **84**, Nr. 3, S. 253–269.

Pesqueira, G. S., García, M. D. V., Otero, M. J. F. und Rey, J. F. (1992): "You are here" maps: the importance of alignment and terrain/map correspondence points. *Studies in Psychology* **13**, Nr. 48, S. 21–39.

Peterson, M. P. (1987): The Mental Image in Cartographic Communication. *The Cartographic Journal* **24**, Nr. 1, S. 35–41.

Pielot, M., Poppinga, B., Heuten, W. und Boll, S. (2012): PocketNavigator: Studying Tactile Navigation Systems In-Situ. In: Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, New York: ACM, S. 3131–3140.

Pissaloux, E. und Velázquez, R. (2018): On Spatial Cognition and Mobility Strategies. In: E. Pissaloux und R. Velazquez (Hg.), Mobility of Visually Impaired People, Cham: Springer, S. 137–166.

Platzer, E. (2005): Spatial Cognition research: The human navigation process and its comparability in complex real and virtual environments. Doktorarbeit, Universität der Bundeswehr München.

Plumert, J. M., Carswell, C., Devet, K. und Ihrig, D. (1995): The Content and Organization of Communication about Object Locations. *Journal of Memory and Language* **34**, Nr. 4, S. 477–498.

Presson, C. C., Delange, N. und Hazelrigg, M. D. (1989): Orientation Specificity in Spatial Memory: What Makes a Path Different From a Map of the Path? *Journal of Experimental Psychology: Learning Memory, and Cognition* **15**, Nr. 5, S. 887–897.

Presson, C. C. und Montello, D. R. (1988): Points of reference in spatial cognition: Stalking the elusive landmark. *British Journal of Developmental Psychology* **6**, S. 378–381.

Radoczky, V. (2007): How to design a pedestrian navigation system for indoor and outdoor environments. In: G. Gartner, W. Cartwright und M. Peterson (Hg.), Location Based Services and TeleCartography, Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, Berlin & Heidelberg: Springer, S. 301–316.

Ramos, A. P. M., Decanini, M. M. S., Pugliesi, E. A., Tachibana, V. M., De Oliveira, R. F. und Soares, J. M. M. (2016): Preference for Map Scale of In-Car Route Guidance and Navigation System. *Boletim de Ciências Geodésicas* **22**, Nr. 3, S. 472–491.

Reeves, B., Lang, A., Kim, E. Y. und Tatar, D. (1999): The Effects of Screen Size and Message Content on Attention and Arousal. *Media Psychology* **1**, S. 49–67.

Rehrl, K., Göll, N., Leitinger, S. und Bruntsch, S. (2005): Combined indoor/outdoor Smartphone navigation for public transport travellers. In: G. Gartner (Hg.), Geowissenschaftliche Mitteilungen, 74, Berlin & Heidelberg: Springer, S. 235–239.

Reichenbacher, T. (2005): Adaptive egocentric maps for mobile users. In: Map-based Mobile Services, Berlin & Heidelberg: Springer, S. 141–158.

Retscher, G. und Thienelt, M. (2004): NAVIO – A Navigation and Guidance Service for Pedestrians. In: Journal of Global Positioning Systems, Bd. 3, S. 208–217.

Richter, D., Vasardani, M., Stirling, L., Richter, K.-F. und Winter, S. (2013): Zooming In-Zooming Out: Hierarchies in Place Descriptions. In: J. M. Krisp (Hg.), Progress in Location-Based Services, Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, Berlin & Heidelberg: Springer, S. 339–355.

Richter, K.-F. und Klippel, A. (2002): You-Are-Here Maps: Wayfinding Support as Location Based Service. In: J. Moltgen und A. Wytzik (Hg.), GI-Technologien für Verkehr und Logistik, Beiträge zu den Münsteraner GI-Tagen, S. 363–382.

Roth, R., Young, S., Nestel, C., Sack, C., Davidson, B., Janicki, J., Knoppke-Wetzel, V., Ma, F., Mead, R., Rose, C. und Zhang, G. (2018): Global Landscapes: Teaching Globalization through Responsive Mobile Map Design. *The Professional Geographer* **70**, Nr. 3, S. 395–411.

Sadalla, E. K., Burroughs, W. J. und Staplin, L. J. (1980): Reference Points in Spatial Cognition. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory* **6**, Nr. 5, S. 516–528.

Schäfer, G. (1984): Die Entwicklung des geographischen Raumverständnisses im Grundschulalter. Berlin: Dietrich Reimer Verlag.

Schäfers, B. (2003): Architektursoziologie. Grundlagen – Epochen – Themen. Wiesbaden: Springer Fachmedien, 3. Auflage.

Schlender, D. (2008): Multimediale Informationssysteme zum Vermitteln von kognitivem Navigationswissen. Berlin: Logos-Verlag.

Schmid, F., Kuntzsch, C., Winter, S., Kazerani, A. und Preisig, B. (2010a): Situated Local and Global Orientation in Mobile You-Are-Here Maps. In: Proc. MobileHCI'10, New York: ACM, S. 83–92.

Schmid, F., Richter, K.-F. und Peters, D. (2010b): Route Aware Maps: Multigranular Wayfinding Assistance. *Spatial Cognition and Computation* **10**, Nr. 2/3, S. 184–206.

Schneider, G. (1969): Two visual systems. *Science* **163**, Nr. 3870, S. 895–902.

Schneider, S. (2016): Sichtbarkeitsbasierte Raumerzeugung Automatisierte Erzeugung: räumlicher Konfigurationen in Architektur und Städtebau auf Basis sichtbarkeitsbasierter Raumrepräsentationen. Doktorarbeit, Bauhaus-Universität Weimar.

Schniotalle, M. (2003): Räumliche Schülervorstellungen von Europa: ein Unterrichtsexperiment zur Bedeutung kartographischer Medien für den Aufbau räumlicher Orientierung im Sachunterricht der Grundschule. Berlin: Tenea Verlag.

Schönhammer, R. (2009): Einführung in die Wahrnehmungspsychologie: Sinne, Körper, Bewegung. Stuttgart: UTB, 1. Auflage.

Schöning, J., Hecht, B. J. und Kuhn, W. (2014): Informing Online and Mobile Map Design with the Collective Wisdom of Cartographers. In: DIS 2014 - Proceedings of the 2014 ACM SIGCHI Conference on Designing Interactive Systems, Association for Computing Machinery, S. 765–774.

Schwehr, P. (2004): Ein entwurfsbezogenes Orientierungssystem. Analysieren, Speichern und Aufrufen von entwurfsbedingter Information in erlebter und publizierter Architektur. Doktorarbeit, Fakultät für Architektur und Stadtplanung der Universität Stuttgart.

Schwering, A., Krukar, J., Li, R., Anacta, V. J. und Fuest, S. (2017): Wayfinding Through Orientation. *Spatial Cognition & Computation* **17**, Nr. 4, S. 273–303.

Selvi, H. Z., Bildirici, I. O. und Ulugtekin, N. (2016): Landmark Orientation and Map Design for Pedestrians: Prototype of a Selcuk University Campus Area Pedestrian Navigation System. In: Earth and Environmental Science, *IOP Conf. Series*, Bd. 44, Bristol, England: IOP Publishing.

Shepard, R. N. und Hurwitz, S. (1984): Upward direction, mental rotation, and discrimination of left and right turns in maps. *Cognition* **18**, Nr. 1/3, S. 161–193.

Shepard, R. N. und Metzler, J. (1971): Mental Rotation of Three-Dimensional Objects. *Science* **171**, Nr. 3972, S. 701–703.

Siegel, A. (1981): Externalization of Cognitive Maps by Children and Adults: In Search of Ways to Ask Better Questions. In: L. Liben, A. Patterson und N. Newcombe (Hg.), Spatial Representation and Behavior Across the Life Span: Theory and Application, New York: Plenum Press, S. 225–282.

Siegel, A. und White, S. (1975): The development of spatial representations of large-scale environments. In: H. W. Reese (Hg.), Advances in child development and behavior, Bd. 10, New York: Academic Press, S. 10–55.

Slocum, T. A., McMaster, R. B., Kessler, F. C. und Howard, H. H. (2014): Thematic Cartography and Geovisualization. Harlow: Pearson Education, 3. Auflage.

Steck, S. D. (2000): Integration verschiedener Informationsquellen bei der Navigation in virtuellen Umgebungen. Doktorarbeit, Eberhard-Karls-Universität Tübingen.

Steck, S. D. und Mallot, H. A. (2000): The Role of Global and Local Landmarks in Virtual Environment Navigation. *Presence* **9**, Nr. 1, S. 69–83.

Tack, W. (1995): Repräsentation menschlichen Wissens. In: D. Dörner und E. van der Meer (Hg.), Das Gedächtnis: Probleme – Trends – Perspektiven, Göttingen: Hogrefe, S. 53–74.

Tandy, C. R. V. (1967): The Isovist Method of Landscape Survey. In: H. C. Murray (Hg.), Symposium on Methods of Landscape Analysis, Landscape Research Group London, S. 9–10.

Taylor, H., Naylor, S. und Chechile, N. (1999): Goal-specific Influences on the Representation of Spatial Perspective. *Memory & Cognition* **27**, Nr. 2, S. 309–319.

Taylor, H. A., Brunyé, T. T. und Taylor, S. T. (2008): Spatial Mental Representation: Implications for Navigation System Design. *Human Factors and Ergonomics Society* **4**, Nr. 1, S. 1–40.

Taylor, H. A., Gardony, A. L. und Brunyé, T. T. (2018): Environmental Knowledge: Cognitive Flexibility in Structures and Processes. In: D. R. Montello (Hg.), Handbook of Behavioral and Cognitive Geography, Kap. Environmental Spatial Cognition, Cheltenham, UK & Northampton, MA, USA: Edward Elgar Publishing, S. 97–115.

Taylor, H. A. und Tversky, B. (1995): Assessing Spatial Representation Using Text. *Geographical Systems* **2**, S. 235–254.

Taylor, H. A. und Tversky, B. (1996): Perspective in Spatial Descriptions. *Journal of Memory and Language* **35**, Nr. 3, S. 371–391.

Taylor, R. M. und Hopkin, V. D. (1975): Ergonomic principles and map design. *Applied Ergonomics* **6**, Nr. 4, S. 196–204.

Tetzner, S. (2008): Ortungsgenauigkeit der Radfahrernavigation. Ansatz zur Verbesserung der Positionsbestimmung als Beitrag zur Optimierung von Navigationssystemen für Radfahrer. Doktorarbeit, Universität Duisburg-Essen.

Thomae, W. (1940): Der Architekturraum als Erlebnisraum (zu dem gleichnamigen Buche von Karl Heinz Esser, Bonn 1940). *Zeitschrift für Ästhetik und allgemeine Kunstwissenschaft* **34**, S. 250–257.

Thorndyke, P. und Hayes-Roth, B. (1982): Differences in Spatial Knowledge Acquired from Maps and Navigation. *Cognitive Psychology* **14**, Nr. 4, S. 560–589.

Thorndyke, P. W. und Stasz, C. (1980): Individual Differences in Procedures for Knowledge Acquisition from Maps. *Cognitive Psychology* **12**, S. 137–175.

Tom, A. und Denis, M. (2003): Referring to Landmark or Street Information in Route Directions: What Difference Does It Make? In: W. Kuhn, M. Worboys und S. Timpf (Hg.), Spatial Information Theory. Foundations of Geographic Information Science. COSIT 2003. Lecture Notes in Computer Science, Bd. 2825, Berlin & Heidelberg: Springer, S. 362–374.

van Tonder, B. und Wesson, J. (2009): Design and Evaluation of an Adaptive Mobile Map-Based Visualisation System. In: T. Gross, J. Gulliksen, P. Kotzé, L. Oestreicher, P. Palanque, R. Prates und M. Winckler (Hg.), Human-Computer Interaction – INTERACT 2009, Nr. 5726 in Lecture Notes in Computer Science, Berlin & Heidelberg: Springer, S. 839–852.

Toye, R. C. (1986): The Effect of Viewing Position on the Perceived Layout of Space. *Perception & Psychophysics* **40**, Nr. 2, S. 85–92.

Turner, A., Doxa, M., O'Sullivan, D. und Penn, A. (2001): From Isovists to Visibility Graphs: A Methodology for the Analysis of Architectural Space. *Environment and Planning B: Planning and Design* **28**, S. 103–121.

Tversky, B. (1992): Distortions in Cognitive Maps. *Geoforum* **23**, Nr. 2, S. 131–138.

Tversky, B. (1993): Cognitive maps, cognitive collages, and spatial mental models. In: A. Frank und I. Campari (Hg.), COSIT 1993: Spatial Information Theory A Theoretical Basis for GIS, *European Conference on Spatial Information Theory*, Bd. 716, Berlin & Heidelberg: Springer, S. 14–24.

Tversky, B. (2000): Levels and Structure of Spatial Knowledge. In: R. Kitchin und S. Freundschuh (Hg.), Cognitive Mapping: Past, Present and Future, New York & London: Routledge, S. 24–43.

Tversky, B. und Lee, P. U. (1999): Pictorial and Verbal Tools for Conveying Routes. In: C. Freksa und D. M. Mark (Hg.), Spatial Information Theory. Cognitive and Computational Foundations of Geographic Information Science, *Lecture Notes in Computer Science*, Bd. 1661, Berlin & Heidelberg: Springer, S. 51–64.

Tyner, J. A. (2010): Principles of Map Design. New York: Guilford Press.

Uang, S.-T. und Hwang, S.-L. (2002): A Study of the Presentation of Traffic Congestion Information in In-Vehicle Navigation Maps. *Journal of the Chinese Institute of Industrial Engineers* **19**, Nr. 1, S. 49–56.

Ungerleider, L. G. und Mishkin, K. (1982): Two cortical visual systems. In: D. J. Ingle, M. A. Goodale und R. J. W. Mansfield (Hg.), Analysis of Visual Behavior, Cambridge: MIT Press, S. 549–586.

Vanclooster, A. und Maeyer, P. D. (2012): Combining Indoor and Outdoor Navigation: The Current Approach of Route Planners. In: Advances in Location-Based Services. 8th International Symposium on Location-Based Services, Vienna 2011, Lecture Notes in Geoinformation and Cartography, Berlin & Heidelberg: Springer, S. 283–303.

Vorwerg, C. und Rickheit, G. (1999): Richtungen im Raum, Interdisziplinäre Perspektiven, Kap. Kognitive Bezugspunkte bei der Kategorisierung von Richtungsrelationen. Wiesbaden: Springer Fachmedien, S. 129–165.

Wagner, D. B. (2009): Bestimmung von Landmarken aus räumlichen Daten. Doktorarbeit, Universität Bremen.

Wang, H.-H. (2012): Orientierung in bekannten und unbekannten Ladenumwelten. Theorie, Befunde und Implikationen. Interaktives Marketing, Wiesbaden: Springer Gabler.

Wang, R., Hermer, L. und Spelke, E. S. (1999): Mechanisms of reorientation and object localization by children: a comparison with rats. *Behav Neuroscience* **113**, Nr. 3, S. 475–85.

Wang, R. F. und Spelke, E. S. (2002): Human spatial representation: insights from animals. *TRENDS in Cognitive Sciences* **6**, Nr. 9, S. 376–382.

Warren, D. H. (1994): Self-Localization on Plan and Oblique Maps. *Environment and Behavior* **26**, Nr. 1, S. 71–98.

Warren, D. H., Rossano, M. J. und Wear, T. D. (1990): Perception of Map-Environment Correspondence: The Roles of Features and Alignment. *Ecological Psychology* **2**, Nr. 2, S. 131–150.

Wei, B. (2014): Entwicklung eines Fußgänger-Orientierungssystems auf der Basis gruppenkommunikativer Geoinformationen. *Kartographische Nachrichten* **6**, S. 316–324.

Wei, B. und Schiewe, J. (2017): Anpassung des Kartenausschnitts zur verbesserten Fußgänger-Navigation. *Kartographische Nachrichten* **66**, Nr. 4, S. 192–201.

Wei, B. und Schiewe, J. (2019): Influence of Viewing Field on Zoom Levels in Pedestrian Orientation Task Using Smartphones. In: Proceedings of the International Cartographic Association, Bd. 2.

Wei, B., Schiewe, J. und Auberson, Z. (2019): Evaluation of the Optimal Zoom Levels for Self-Localization. Beitrag präsentiert an 67. Deutscher Kartographie Kongress, September 2019, Stuttgart.

Weisman, J. (1981): Evaluating Architectural Legibility Way-Finding in the Built Environment. *Environment and Behavior* **13**, Nr. 2, S. 189–204.

Weiß, P. (2005): Raumrelationen und Objekt-Regionen: Psycholinguistische Überlegungen zur Bildung Lokalisationsspezifischer Teilräume. Wiesbaden: Deutscher Universitätsverlag.

Wellenreuther, G. und Zastrow, D. (2015): Automatisieren mit SPS – Theorie und Praxis. Wiesbaden: Springer Vieweg, 6. Auflage.

Werner, K. (2007): Die Zukunft von Karten und Atlaswerken. Strategische Herausforderungen für die wissenschaftliche thematische Kartographie. In: S. L. Sabine Tzschaschel, Holger Wild (Hg.), Visualisierung des Raums. Karten machen – die Macht der Karten, *Forum IfL*, Bd. 6, Leibniz-Institut für Länderkunde, S. 111–120.

Wessel, G., Ziemkiewicz, C., Chang, R. und Sauda, E. (2010): GPS and road map navigation: the case for a spatial framework for semantic information. In: G. Santucci (Hg.), Proceedings of the International Conference on Advanced Visual Interfaces, AVI, 2010, Roma, Italy, May 26-28, 2010, New York: ACM, S. 207–214.

Wiedenbauer, G. (2006): Manuelles Training mentaler Rotation. Doktorarbeit, Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf.

Wiener, J. M., Büchner, S. J. und Hölscher, C. (2009): Taxonomy of Human Wayfinding Tasks: A Knowledge-Based Approach. *Spatial Cognition & Computation* **9**, S. 152–165.

Wiener, J. M. und Franz, G. (2005): Isovists as a Means to Predict Spatial Experience and Behavior. In: C. Freksa, M. Knauff, B. Krieg-Brückner, B. Nebel und T. Barkowsky (Hg.), Spatial Cognition IV, Reasoning, Action, Interaction. Spatial Cognition 2004, *Lecture Notes in Computer Science*, Bd. 3343, Berlin & Heidelberg: Springer, S. 42–57.

Wiener, J. M., Hölscher, C., Büchner, S. und Konieczny, L. (2012): Gaze behaviour during space perception and spatial decision making. *Psychological Research* **76**, Nr. 6, S. 713–729.

Wiener, J. M. und Mallot, H. A. (2003): 'Fine-to-Coarse' Route Planning and Navigation in Regionalized Environments. *Spatial Cognition & Computation* **3**, Nr. 4, S. 331–358.

Wilhelmy, H. (1990): Kartographie in Stichworten. Unterägeri: Verlag Ferdinand Hirt, 5. Auflage.

Willis, K. S., Hölscher, C., Wilbertz, G. und Li, C. (2009): A Comparison of Spatial Knowledge Acquisition with Maps and Mobile Maps. *Elsevier Computers, Environment and Urban Systems* **33**, Nr. 2, S. 100–110.

Winter, S. und Tomko, M. (2004): Shift the Focus of Mobile Maps. In: M. T. (Hg.), International Joint Workshop on Ubiquitous, Pervasive and Internet Mapping UPI Map 2004 Tokyo, S. 153–165.

Winter, S., Tomko, M., Elias, B. und Sester, M. (2008): Landmark Hierarchies in Context. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science* **35**, Nr. 3, S. 381–398.

Wolbers, T. und Hegarty, M. (2010): What determines our navigational abilities? *TRENDS in Cognitive Sciences* **14**, Nr. 3, S. 138–146.

Wolfangel, E. (2016): Orientierung. Machen uns Navis dümmer? *Spektrum der Wissenschaft die Woche* **36**, S. 30–36.

Wrenger, K. (2015): Kartengestützte Orientierung im Realraum unter besonderer Berücksichtigung der Einflussgröße Raum. Doktorarbeit, Universität Koblenz-Landau.

Wu, A. und Zhang, X. (2009): Identifying Proper Scales on Digital Maps for In-Vehicle Navigation Systems. In: C. Stephanidis (Hg.), Universal Access in Human-Computer Interaction. Applications and Services., *Lecture Notes in Computer Science*, Bd. 5616, Berlin & Heidelberg: Springer, S. 262–270.

Yang, L. und Worboys, M. (2011): A Navigation Ontology for Outdoor-Indoor Space. In: Third ACM SIGSPATIAL International Workshop on Indoor Spatial Awareness (ISA 2011), November, Chicago, IL. 2011., S. 31–34.

Yang, P. P.-J., Putra, S. Y. und Li, W. (2007): Viewsphere: a GIS-based 3D visibility analysis for urban design evaluation. *Environment and Planning B: Planning and Design* **34**, S. 971–992.

You, M., Chen, C. W., Liu, H. und Lin, H. (2007): A Usability Evaluation of Web Map Zoom and Pan Functions. *International Journal of Design* **1**, Nr. 1, S. 15–25.

Zhu, X., Li, Q. und Chen, G. (2013): APT: Accurate Outdoor Pedestrian Tracking with Smartphones. *2013 Proceedings IEEE INFOCOM* , S. 2508–2516.

Zubin, D. (1989): Natural Language Understanding and Reference Frames. In: D. Mark, A. Frank, M. Egenhofer, S. Freundschuh, M. McGranaghan und R. White (Hg.), Languages of Spatial Relations: Specialist Meeting Report Technical Paper, Bd. 89, National Center for Geographic Information and Analysis (Santa Barbara), S. 13–16.

Appendix

Blickpunkte	Umblickfeld-Parameter						
	Länge der maximalen Sichtachse	Länge der Sichtachse	Umfang	Flächeninhalt	Kompaktheitsgrad	Konvexität	Gezacktheit
1. Othmarschen	58 m	40m	171 m	900 m^2	,387	,031	32,490
2. Bahrenfeld	70 m	64m	230 m	1.371 m^2	,326	,026	38,585
3. Milcherstraße	143 m	97m	590m	3.173 m^2	,115	,009	109.707
4. Cremon	176 m	125m	991 m	21.558 m^2	,276	,022	45,555
5. Kehrwieder	248 m	87m	1.361 m	20.170 m^2	,137	,011	91,835
6. Brook	265 m	112m	1.045 m	21.632 m^2	,197	,016	63,805
7. Grimm	359 m	247m	1.461 m	17.855 m^2	,105	,008	119,548
8. Sandbrücke	387 m	216m	1.734 m	14.161 m^2	,059	,005	212,327
9. Landungsbrücke	264 m	–	995 m	11.755 m^2	,387	,031	32,490
10. Maritimes Museum	260 m	–	1.066 m	26.691 m^2	,273	,022	46,106
11. St. Annenplatz	291 m	–	1.393 m	39.209 m^2	,145	,012	86,694

Tabelle 15: Ausgewählte Umblickfeld-Polygone und die damit verbundenen Umblickfeld-Parameter

Die Bestimmung der folgenden Umblickfeld-Parameter erfolgt durch QGIS.

Gruppe	Testpersonen	Geschlecht	Alte	Ausbildung	Staatsangehörigkeit	Status
1	Testperson 01	weiblich	≈ 30	Master	deutsch	Angestellte (Kunst/Design)
	Testperson 02	männlich	≈ 30	Master	deutsch	Freiberufler (Kunst/Design)
2	Testperson 03	weiblich	≈ 25	Bachelor	ukrainisch	Angestellte (Kunst/Design)
	Testperson 04	weiblich	≈ 25	Master	deutsch	Angestellte (Kunst/Design)
3	Testperson 05	weiblich	≈ 25	Bachelor	chinesisch	Angestellte (unklar)
	Testperson 06	männlich	≈ 25	Master	deutsch	Angestellte (Medizin)
4	Testperson 07	weiblich	≈ 25	Master	deutsch	Studentin (unklar)
	Testperson 08	männlich	≈ 30	Master	deutsch	Student (Geoinformatik)
5	Testperson 09	weiblich	≈ 35	Master	deutsch	Studentin (unklar)
	Testperson 10	männlich	≈ 35	Master	chinesisch	Angestellter (Medizin)
6	Testperson 11	weiblich	≈ 25	Bachelor	chinesisch	Studentin (unklar)
	Testperson 12	weiblich	≈ 35	Master	chinesisch	Angestellte (Geoinformatik)
7	Testperson 13	weiblich	≈ 35	Bachelor	armenisch	Studentin (Gemanistik)
	Testperson 14	weiblich	≈ 20	Bachelor	chinesisch	Studentin (BWL)
8	Testperson 15	weiblich	≈ 20	Bachelor	chinesisch	Studentin (BWL)
	Testperson 16	weiblich	≈ 20	Master	chinesisch	Studentin (BWL)

Tabelle 16: Erhobene demographische Daten der Testpersonen (Feldexperiment A)

		Umblickfeld-Parameter						
		Größe				Form (Komplexität)		
		lg *LS*	lg *LmS*	lg *U*	lg *F*	lg *Komp*	lg *Konv*	lg *Zac*
Zoom-Stufen	Korrelation nach Pearson (r)	-,530	-,628	-,651	-,668	,402	,403	,-403
	Korrelation nach Spearman-Rho	-,550	-,645	-,659	-,584	,447	,447	,-447
	Signifikanz (2-seitig)	,000	,000	,000	-,000	,000	,000	,000
	N	128	128	128	128	128	128	128
	Bestimmtheitsmaß (r^2)	,280	,394	,424	,446	,162	,162	,162

Tabelle 17: Korrelationsanalyse (Feldexperiment A)

Aufgrund der kleinen Anzahl der Umblickfelder war es schwierig, die Linearität festzustellen. Aufgrund dessen wurde die Korrelationsanalyse sowohl nach Pearson als auch nach Spearman-Rho durchgeführt, wobei die Werte der Korrelationen nach Spearman-Rho ausschließlich zum Vergleich dienten. Zur Bestimmung der Stärke der gefundenen Zusammenhänge orientierte sich diese Arbeit an der Einteilung von Cohen et al. (2007). Nach Cohen et al. (2007) gelten Zusammenhänge ab $r \leq ,85$ als sehr groß. $,85 \leq \mid r \mid \leq ,65$ entspricht einem starken Effekt. $,65 \leq \mid r \mid \leq ,35$ entspricht einem mittleren Effekt. $,35 \leq \mid r \mid \leq ,20$ entspricht einem schwachen Effekt. $r^2 < \pm ,20$ entspricht keine Varianzaufklärung, $r^2 < \pm ,50$ geringe Varianzaufklärung. $r^2 \geq \pm ,80$ hohe Varianzaufklärung. $r^2 < \pm ,80$ sehr hohe Varianzaufklärung.

Um eine Normalverteilung für die Durchführung eines parametrischen Tests zu erreichen, wurden die Zoom-Stufen auf drei Stellen nach dem Komma gerundet. Aufgrund der uneinheitlichen Maßeinheiten wurden alle Variablen logarithmiert. Im Folgenden wurde der logarithmierte Wert (x) zu der Basis 10 berechnet $(\log_{10}(x))$. Beispielsweise entspricht der Wert des Flächeninhalts dem logarithmierten Wert $\log_{10}(F)$, der zur Vereinfachung durch lg *F* beschrieben ist (lg *LmS*: Länge der maximalen Sichtachse; lg *LS*: Länge der Sichtachse; lg *U*: Umfang; lg *F*: Flächeninhalt; lg *Komp*: Kompaktheitsgrad; lg *Konv*: Konvexität; lg *Zac*: Gezacktheit).

Blickpunkte	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Statistik	df	Signifikanz	Statistik	df	Signifikanz
1. Othmarschen	,106	16	,200	,985	16	,990
2. Bahrenfeld	,107	16	,200	,952	16	,528
3. Milcherstraße	,149	16	,200	,959	16	,649
4. Cremon	,131	16	,200	,977	16	,935
5. Brook	,189	16	,129	,939	16	,342
6. Kehrwieder	,165	16	,200	,943	16	,393
7. Grimm	,162	16	,200	,939	16	,340
8. Sandbrücke	,163	16	,200	,932	16	,263

Tabelle 18: Test auf Normalverteilung (Feldexperiment A)

	Blickpunkte	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
		Statistik	df	Signifikanz	Statistik	df	Signifikanz
Gruppe I ohne Globale Landmarke	1, 2, 3, 4	,056	64	,200	,982	64	,484
Gruppe II mit Globaler Landmarke	5, 6, 7, 8	,085	64	,200	,974	64	,203

Tabelle 19: Test auf Normalverteilung (Feldexperiment A)

Blickpunkte	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Statistik	df	Signifikanz	Statistik	df	Signifikanz
1. Othmarschen	,191	16	,121	,900	16	,081
2. Bahrenfeld	,199	16	,092	,931	16	,253
3. Milcherstraße	,183	16	,156	,916	16	,144
4. Cremon	,167	16	,200	,933	16	,274
5. Brook	,133	16	,200	,975	16	,907
6. Kehrwieder	,142	16	,200	,953	16	,536
7. Grimm	,124	16	,200	,965	16	,744
8. Sandbrücke	,136	16	,200	,971	16	,861

Tabelle 20: Test auf Normalverteilung (Feldexperiment A)

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Statistik	df	Signifikanz	Statistik	df	Signifikanz
iPhone 5	,220	10	,187	,884	10	,144
	,242	10	,101	,991	10	,287
	,203	10	2,000	,932	10	,465
	,174	10	2,000	,960	10	,790
Samsung Galaxy 8 Plus	,250	10	,076	,894	10	,186
	,268	10	,041	,909	10	,272
	,257	10	,060	,857	10	,071
	,220	10	,188	,948	10	,646

Tabelle 21: Test auf Normalverteilung (Experiment B1)

	Levene-Test auf Varianzgleichheit		*t*-Test für die Mittelwertgleichheit				
	F	Signifikanz	*t*	df	Sig. (2-seitig)	Mittlere Differenz	Standardfehler der Differenz
Gesamt	1,903	,171	-,715	98	,476	-,066900	,093556
Othmarschen	2,287	,148	-,102	18	,920	-,009400	,092415
Landungsbrücke	1,058	,317	-1,217	18	,239	-,164600	,135290
Miniatur Wunderland	2,166	,158	,202	18	,842	,028000	,138749
Maritimes Museum	,907	,353	-2,392	18	**,028**	-,271600	,113536
St. Annenplatz	,405	,533	,696	18	,495	,083100	,119314

Tabelle 22: Levene-Test auf Varianzgleichheit und *t*-Test für die Mittelwertgleichheit (Experiment B1)

	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Statistik	df	Signifikanz	Statistik	df	Signifikanz
iPhone 5	0,099	40	0,200	0,884	40	0,331
Samsung Galaxy 8 Plus	0,124	40	0,124	0,991	40	0,136

Tabelle 23: Test auf Normalverteilung (Experiment B1)

Blickpunkte	Kolmogorov-Smirnov			Shapiro-Wilk		
	Statistik	df	Signifikanz	Statistik	df	Signifikanz
1. Othmarschen	,219	20	,013	,930	10	,154
9. Landungsbrücke	,117	20	,200	,959	10	,514
6. Kehrwieder	,156	20	,200	,935	10	,195
10. Maritimes Museum	,155	20	,200	,960	10	,549
11. St. Annenplatz	,155	20	,200	,961	10	,562

Tabelle 24: Test auf Normalverteilung (Feldexperiment B1)

			d	Zoom-Stufe	Flächeninhalt
Spearman-Rho	*d*	Korrelationskoeffizient	1,000	-,527	-,000
		Signifikanz (2-seitig)		,000	1,000
		N	72	72	72
	Zoom-Stufe	Korrelationskoeffizient	-,527	1,000	-,078
		Signifikanz (2-seitig)	,000		,515
		N	72	72	72
	Flächeninhalt	Korrelationskoeffizient	,000	-,078	1,000
		Signifikanz (2-seitig)	1,000	,515	
		N	72	72	72

Tabelle 25: Rangkorrelationskoeffizient (Feldexperiment B2)

```
<!DOCTYPE html>
<html>
  <head>
    <title>Geolocation</title>
   <meta charset="utf-8">
    <meta http-equiv="X-UA-Compatible" content="chrome=1">
    <meta name="viewport" content="initial-scale=1.0, user-scalable=no, width=device-width">
    <link rel="stylesheet" href="https://maxcdn.bootstrapcdn.com/bootstrap/3.3.6/css/bootstrap.min.css" type="text/css">
    <link rel="stylesheet" href="https://openlayers.org/en/latest/examples/css/ol.css" type="text/css">
    <link rel="stylesheet" href="https://openlayers.org/en/latest/examples/resources/layout.css" type="text/css">
    <link rel="stylesheet" href="https://openlayers.org/en/v5.3.0/css/ol.css" type="text/css">
    <!-- The line below is only needed for old environments like Internet Explorer and Android 4.x -->
    <script src="https://cdn.polyfill.io/v2/polyfill.min.js?features=requestAnimationFrame,Element.prototype.classList,URL"></script>
  <style>
      html, body, .map {
        margin: 0;
        padding: 0;
        width: 100%;
        height: 100%;
      }
    .track {
          position: absolute;
          bottom: 40px;
          left: 10px;
      background-color: lightgrey;
      }
      #info {
          position: absolute;
          font-size: 0.7em;
          bottom: 15px;
          right: 10px;
          background-color: lightgrey;
          padding: 4px;
      }
    </style>
  </head>
  <body>
    <div id="map" class="map"></div>
    <div id="info" style="display: none;"></div>
    <label for="track" class="track">
      track position
      <input id="track" type="checkbox"/>
    </label>
    <div id="info">
      position accuracy : <code id="accuracy"></code>  
      altitude : <code id="altitude"></code>  
      altitude accuracy : <code id="altitudeAccuracy"></code>  
      heading : <code id="heading"></code>  
      speed : <code id="speed"></code>
    </div>
  <script src="https://cdn.rawgit.com/openlayers/openlayers.github.io/master/en/v5.3.0/build/ol.js"></script>
    <script>
    var vector = new ol.layer.Vector({
      source: new ol.source.Vector({
        url: 'https://hannes.enjoys.it/hcu/bonan/ariel/route20.kml',
        format: new ol.format.KML()
    })
    });

      var view = new ol.View({
       center: ol.proj.fromLonLat([10.0081, 53.5551]),
        zoom: 17,
    rotation:-0.7,
      });

      var map = new ol.Map({
        layers: [
          new ol.layer.Tile({
            source: new ol.source.OSM()
          })
```

Abbildung 55: Programmiercode (Teil I)

Das Programm wurde von Juiwen Chang geschrieben.

```
        ,vector],
        target: 'map',
        view: view
      });

      var geolocation = new ol.Geolocation({
        // enableHighAccuracy must be set to true to have the heading value.
        trackingOptions: {
          enableHighAccuracy: true
        },
        projection: view.getProjection()
      });

      function el(id) {
        return document.getElementById(id);
      }

      el('track').addEventListener('change', function() {
        geolocation.setTracking(this.checked);
      });

      // update the HTML page when the position changes.
      geolocation.on('change', function() {
        el('accuracy').innerText = geolocation.getAccuracy() + ' [m]';
        el('altitude').innerText = geolocation.getAltitude() + ' [m]';
        el('altitudeAccuracy').innerText = geolocation.getAltitudeAccuracy() + ' [m]';
        el('heading').innerText = geolocation.getHeading() + ' [rad]';
        el('speed').innerText = geolocation.getSpeed() + ' [m/s]';
      });

      // handle geolocation error.
      geolocation.on('error', function(error) {
        var info = document.getElementById('info');
        info.innerHTML = error.message;
        info.style.display = '';
      });

      var accuracyFeature = new ol.Feature();
      geolocation.on('change:accuracyGeometry', function() {
        accuracyFeature.setGeometry(geolocation.getAccuracyGeometry());
      });

      var positionFeature = new ol.Feature();
      positionFeature.setStyle(new ol.style.Style({
        image: new ol.style.Circle({
          radius: 7,
          fill: new ol.style.Fill({
            color: '#3399CC'
          }),
          stroke: new ol.style.Stroke({
            color: '#fff',
            width: 2
          })
        })
      }));

      geolocation.on('change:position', function() {
        var coordinates = geolocation.getPosition();
        positionFeature.setGeometry(coordinates ?
          new ol.geom.Point(coordinates) : null);
      });

      new ol.layer.Vector({
        map: map,
        source: new ol.source.Vector({
          features: [accuracyFeature, positionFeature]
        })
      });
    </script>
  </body>
</html>
```

Abbildung 56: Programmiercode (Teil II)

Das Programm wurde von Juiwen Chang geschrieben.