

Unterschrift des Betreuers



TECHNISCHE  
UNIVERSITÄT  
WIEN  
Vienna University of Technology

## DIPLOMARBEIT

Aneignung räumlichen Wissens durch aktive Auseinandersetzung  
mit Landmarks in einem Location-based Game

Ausgeführt am Department für Geodäsie und Geoinformation

Forschungsgruppe Kartographie

der Technischen Universität Wien

unter der Anleitung von **Prof. Dr. Georg Gartner** und **Dipl.-Ing. (FH) Manuela Schmidt** als  
verantwortlich mitwirkende Universitätsassistentin

durch

Herold Herbert Cerny

Hießgasse 2/20, 1030 Wien

---

Datum

---

Unterschrift (Student)

---

## Einverständniserklärung

---

Hiermit erkläre ich, dass ich die vorliegende Arbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen nicht benutzt und die den benutzten Quellen wörtlich und inhaltlich entnommenen Stellen als solche kenntlich gemacht habe.

Wien, am .....

.....

(Unterschrift)

*Die Zitierung der Literaturquellen erfolgt in der Autor-Jahr-Zitierweise (Chicago 15th Edition).  
Englischsprachige Begriffe, bis auf den einzelnen Begriff „Landmark“, werden kursiv dargestellt.*

---

## Kurzfassung

---

Navigationssysteme wurden bislang ausschließlich zu Nutzen der effektiven Ausführung von Routenanweisungen designt. Der Aspekt der räumlichen Wissensaneignung spielte bis dato bei der Gestaltung von Navigationssystemen keine herausragende Rolle. Dadurch wird der Erwerb räumlichen Wissens bei Verwendung heutiger elektronischer Navigationsgeräte mit automatischer Positionsbestimmung im Vergleich etwa zu Papierkarten (oder nicht-selbstverortenden Navigationssystemen) weniger unterstützt. Der Grund dafür ist ein Mangel an aktiver Kodierung von räumlicher Information. Die empirische Untersuchung soll Aufschlüsse darüber geben, ob die Benutzer durch aktive Auseinandersetzung mit der Umgebung, im speziellen mit Landmarks - im Rahmen eines Location-based Games (LBG), einer Art „Schnitzeljagd“ - mehr räumliches Wissen als mit herkömmlichen Fußgänger-navigationssystemen erwerben.

Die Ergebnisse zeigen, dass der räumliche Wissenserwerb beim Location-based Gaming besser unterstützt wird. Die Benutzer wiesen (bei den Beurteilungsaufgaben) nach der LBG-Navigationsmethode sowohl mehr Landmarkwissen als auch mehr Routenwissen vor als beim klassischen Navigationssystem. Diese Beobachtungen werden mit der aktiven Auseinandersetzung, durch das Prinzip der aktiven Kodierung, erklärt. Räumliche Information muss für das Erlangen von Wissen kodiert, transformiert und abgespeichert werden. Wie mit Papierkarten kann das auch bei Location-based Games erreicht werden.

Um einerseits nicht auf die komfortable Routenplanung durch Satelliten-gestützte Navigationssysteme zu verzichten und andererseits auch räumliches Wissen während der Navigation zu erwerben, können Fußgängernavigationssysteme in Anlehnung an das Konzept des Location-based Gamings entwickelt werden.

## Abstract

---

So far, navigation systems have been designed for the utility to effectively perform wayfinding. The issue of spatial knowledge acquisition didn't play an important role in the design of navigation systems up to now. Thus, the acquisition of spatial knowledge when using present-day electronic navigation devices with automatic positioning is supported poorer in comparison to paper maps. The reason for this is a lack of active encoding spatial information. The empirical study should give some information on whether the users acquire more spatial knowledge through active engagement with the environment, in this particular case with landmarks - in the context of a Location-based Game (LBG), a sort of paper chase - than using a customary pedestrian navigation system.

The results show that with the Location-based Gaming task the spatial knowledge acquisition was supported better. The users achieved more landmark knowledge as well as more route knowledge during the LBG task, in contrast to the classical navigation system. These observations are explained with an active engagement, by the active encoding principle. Spatial information must be encoded, transformed and memorised for acquiring knowledge. Same as with paper maps, this can also be achieved with Location-based Games.

For not giving up comfortable route planning through satellite-assisted navigation systems on the one side, and acquiring spatial knowledge during navigation, pedestrian navigation systems based on the concept of Location-based Gaming can be developed.

## Inhaltsverzeichnis

---

Einverständniserklärung .....	I
Kurzfassung .....	II
Abstract .....	III
Inhaltsverzeichnis .....	IV

### 1. Einleitung

<b>1.1. Ausgangslage .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. Hypothese .....</b>	<b>3</b>
<b>1.3. Methodik .....</b>	<b>4</b>
<b>1.4. Begriffsdefinitionen .....</b>	<b>5</b>
1.4.1. Landmarks .....	5
1.4.2. Räumliches Wissen .....	6
1.4.3. Active Encoding Principle .....	7
1.4.4. Navigation .....	8
1.4.5. LBG .....	8
<b>1.5. Eingrenzung des Themas .....</b>	<b>9</b>
<b>1.6. Aufbau der Arbeit .....</b>	<b>10</b>

### 2. Räumliche Kognitionspsychologie

<b>2.1. Komponenten räumlichen Wissens .....</b>	<b>12</b>
2.1.1. Landmarkwissen .....	12
2.1.2. Routenwissen .....	13
2.1.3. Überblickswissen .....	14
<b>2.2. Kognitive Leistungen .....</b>	<b>15</b>
2.2.1. Kognitives Kartieren .....	15

---

2.2.2.	Mentale Rotation .....	17
2.2.3.	Prinzip der aktiven Kodierung.....	18
<b>2.3.</b>	<b>Wissenschaftliche Konzepte zur Aneignung räumlichen Wissens .....</b>	<b>19</b>
2.3.1.	Ontogenetisches Entwicklungsmodell von Piaget.....	19
2.3.2.	Mikrogenetische Entwicklungsmodelle .....	24
2.3.2.1.	Dominantes Konzept von Siegel & White .....	24
2.3.2.2.	Kontinuierliches Konzept von Montello.....	25
<b>3.</b>	<b>Navigation</b>	
<b>3.1.</b>	<b>Allgemein .....</b>	<b>28</b>
<b>3.2.</b>	<b>Landmarks in der Navigation .....</b>	<b>29</b>
<b>3.3.</b>	<b>Location-based Services .....</b>	<b>33</b>
3.3.1.	Fußgängernavigationssysteme .....	34
3.3.2.	Location-based Games.....	35
<b>4.</b>	<b>Empirische Untersuchung</b>	
<b>4.1.</b>	<b>Testaufbau .....</b>	<b>39</b>
4.1.1.	Wahl des Testgebiets .....	40
4.1.2.	App-Konzept.....	42
4.1.3.	Realisierung des App-Konzepts.....	43
4.1.3.1.	Programmierung der klassischen Navigations-App .....	43
4.1.3.2.	Design der LBG-App.....	44
<b>4.2.</b>	<b>Methoden zur Überprüfung räumlichen Wissens .....</b>	<b>46</b>
<b>4.3.</b>	<b>Durchführung der Untersuchung.....</b>	<b>49</b>
<b>4.4.</b>	<b>Auswertung .....</b>	<b>51</b>
4.4.1.	Photo Recognition Task .....	52
4.4.2.	Photo Order Task .....	55

---

4.4.3. Route Mapping Task .....	57
4.4.4. Landmark Mapping Task .....	61

## **5. Schlussfolgerungen**

<b>5.1. Interpretation .....</b>	<b>67</b>
<b>5.2. Diskussion .....</b>	<b>69</b>
<b>5.3. Ausblick .....</b>	<b>71</b>

## **Anhang**

<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>73</b>
<b>Fragebögen .....</b>	<b>79</b>

# 1. Einleitung

---

## 1.1. Ausgangslage

---

Mit der Entwicklung ausreichend genauer, weltweit verfügbarer Ortungsmethoden wie dem globalen, satellitengestützten Positionierungssystem GPS und einem Paradigma des Informationszeitalters, das Leben durch mobile, digitale Technologien zu erleichtern, kommt es seit Mitte der Nullerjahre des 21. Jahrhunderts zu einer zunehmenden Verbreitung GPS-basierter Navigationslösungen.

Zuvor wurden seit den 1980ern in Fahrzeugen fest eingebaute Navigationssysteme entwickelt, die mittels Radsensoren Wegstrecken und Richtungsänderungen messen konnten (Konradin Medien GmbH 2003). Nachdem das US-Militär die absichtliche Verschlechterung des GPS-Signals im Jahr 2000 aufhob, und die Genauigkeit somit von ungefähr 100 auf 15 Meter verbessert wurde, wurde GPS auch im zivilen Markt wirtschaftlich mehr nutzbar.

In der Navigationsbranche erreichten zunächst eigenständige, mobile Navigationsgeräte (*portable navigation device*, kurz: PND) mehr Akzeptanz (Kleine Zeitung GmbH & Co KG 2008). Ein Nachteil von solchen Stand-alone-Geräten stellt die ausschließliche Nutzung von GPS dar. Im Gegensatz dazu können bei fest eingebauten Auto-Navigationssystemen auch andere Messtechnologien bei kurzfristigen GPS-Ausfällen (in Tunneln, engen Schluchten, umgeben von hohen Gebäuden) die Ortung übernehmen. Durch eine gewisse Marktsättigung und mit dem Aufkommen von Smart Phones sind die Absätze von PNDs in EMEA (Europa, Naher Osten und Afrika) seit 2008 aber rückläufig, da die Navigationslösungen auch als App auf einem Smart Phone integrierbar sind (pocketnavigation.de GmbH 2008). Daher investieren Firmen, die bis dato ausschließlich auf eigenständige Navigationsgeräte spezialisiert waren, nun auch in die Entwicklung ausgereifter Navigations-Apps für Smart Phones (pocketnavigation.de GmbH 2012).

Die Forschung in der Disziplin Navigationssysteme teilt sich in die Bereiche *Positioning*, Routenerstellung und Präsentation der Navigationsanweisungen. Studien im Bereich *Wayfinding*, die sich mit der Schnittstelle User/Navigationssystem beschäftigen, konzentrierten sich bisher meist auf Effektivität und Effizienz der Wegfindung (*Performance*), nicht aber darauf, ob durch diese Navigationshilfe auch die Aneignung räumlichen Wissens gefördert wird. Das Hauptaugenmerk bisheriger Forschung lag also darin, die Routenführung zu bewältigen, indem der Zielort möglichst schnell und fehlerfrei (ohne Umwege) erreicht wurde (Huang, Schmidt und Gartner 2012). Neben der technisch einfach umsetzbaren Navigation in Form von metrischen Richtungsanweisungen unter Einbeziehung von Straßennamen, entsteht das Bestreben Landmarks für komplexere Navigationssysteme in den räumlichen Kontext einzubinden. Das Projekt *SemWay* zeigt hierbei, dass Benutzer semantische Landmark-bezogene Weganweisungen den metrischen Anweisungen vorziehen. (Rehrl, Häusler und Leitinger 2010) Semantische Anweisungen können auch als kognitiv-ergonomische Sprachanweisungen aufgefasst werden. (Rehrl 2011)

Der weniger erforschte Gesichtspunkt, nach dem Navigationssysteme auch analysiert werden können, ist der der Unterstützung des räumlichen Wissenserwerbs. Auch wenn die primäre Funktion eines Navigationssystems nicht darin besteht, die Aneignung räumlichen Wissens zu fördern, so sei hier auf die Nützlichkeit räumlichen Wissens hingewiesen: Die Person kann das Bedürfnis haben, die räumliche Umgebung kennenzulernen und infolge ihre Routen zu variieren, auch ohne Navigationsunterstützung. Räumliches Wissen ist ebenfalls beim Planen von Routen hilfreich, die mehrere Orte umfassen (Anm.: vgl. *Travelling Salesman Problem*). Einen weiteren Grund für die Wichtigkeit von räumlichem Wissen stellt das Zurechtfinden bei möglichen Ausfällen oder Fehlverhalten von Navigationssystemen dar. (Münzer, et al. 2006) Mit diesen Beispielen wird der berechnete Anspruch erhoben, auch bei Verwendung von Navigationsgeräten den Erwerb räumlichen Wissens zu unterstützen. Im Zuge der Verwendung von Fußgängernavigationssystemen wird, im Vergleich zur Wegfindung mit Karten ohne automatische Positionsbestimmung (z.B. Papierkarten), sowohl weniger Routenwissen als auch weniger Überblickswissen erworben. Dass die Aneignung räumlichen Wissens unter der erleichterten, komfortableren Wegführung mit

elektronischen Navigationsgeräten leidet, hängt u.a. damit zusammen, dass beim Studieren einer Karte räumliche Information kodiert, transformiert und abgespeichert werden muss, und somit ein aktiver Lernprozess (siehe „active encoding principle“ in Münzer, et al. 2006) gewährleistet ist. Bei Navigationssystemen ist diese aktive Kodierung nicht gegeben, da der Nutzer sofort sieht, wo er sich befindet und welche Richtung er gehen muss, ohne die Route selbst planen zu müssen. (Münzer, et al. 2006) Ein weiterer Aspekt, der es erschwert vor allem Überblickswissen aufzubauen, ist das sogenannte *Keyhole-Problem*, das dadurch entsteht, dass auf mobilen Endgeräten immer nur ein kleiner Kartenausschnitt dargestellt werden kann, als ob man sich eine gewisse Situation durch ein Schlüsseloch hindurch anschaut. (Gartner und Hiller 2008)

Durch die Integration von Landmarks in Fußgängernavigationssysteme wird einerseits die empfundene Qualität der Wegbeschreibung gesteigert (Michon und Denis 2001), andererseits soll dadurch auch räumliches Wissen erworben werden. Die Landmarks sollen hier nicht nur zur Orientierung und Bestätigung des richtig eingeschlagenen Weges dienen, sondern auch die Auseinandersetzung des Nutzers mit der aktuellen Umgebung forcieren. Dies soll mit Hilfe eines Spiels realisiert werden, bei dem aktives Verarbeiten von Information erforderlich ist.

Diese Arbeit konzentriert sich auf den Einsatz von Landmarks in Fußgängernavigationssystemen zur *Unterstützung des räumlichen Wissenserwerbs*.

## 1.2. Hypothese

---

Anhand eines empirischen Tests soll untersucht werden, inwiefern der räumliche Wissenserwerb durch aktive Auseinandersetzung der Nutzer mit Landmarks in einem Location-based Game gefördert werden kann. Die Haupt-Hypothese dieser Arbeit lautet:

**Durch aktive Auseinandersetzung mit Landmarks in einem Location-based Game erwerben Fußgänger mehr räumliches Wissen als mit einem klassischen elektronischen Navigationssystem.**

Daraus lassen sich, bezogen auf das Versuchsdesign dieser Arbeit, verschiedene Teil-Hypothesen aufstellen und überprüfen:

**Teil-Hypothese 1:** Durch die Verwendung der LBG-Navigationmethode erwerben die Testpersonen mehr Landmarkwissen im Vergleich zur klassischen Navigation.

**Teil-Hypothese 2:** Durch die Verwendung der LBG-Navigationmethode erwerben die Testpersonen mehr Routenwissen im Vergleich zur klassischen Navigation.

**Teil-Hypothese 3:** Durch die Verwendung der LBG-Navigationmethode erwerben die Testpersonen mehr Überblickwissen im Vergleich zur klassischen Navigation.

### 1.3. Methodik

---

Die empirische Untersuchung besteht aus zwei Testabschnitten, die mit jeweils einer unterschiedlichen Navigations-App durchzuführen sind.

Um die Hypothese dieser Arbeit überprüfen zu können, muss zunächst eine Methode erstellt werden um die aktive Auseinandersetzung mit der Umgebung, insbesondere der Landmarks, zu gewährleisten. Dies geschieht mit Hilfe eines Spiels. Dabei gilt es, die entlang einer Route liegenden Landmarks zu erkennen und sich mit ihnen aktiv zu befassen. Dazu muss eine Frage, die das Objekt betrifft, gelöst, und ein Foto der Landmark gemacht werden. Der Nutzer wird gezwungen, seine Aufmerksamkeit zumindest eine gewisse Zeit lang auch auf die Landmarks zu richten, und nicht nur die Richtungsanweisungen eines gewöhnlichen Navigationsgeräts zu befolgen. Dies könnte das implizite Lernen begünstigen.

Als vergleichende Methode wird dieselbe digitale Karte verwendet wie in der aktiven Variante. Es werden auch hier die Landmarks entlang der Route graphisch visualisiert. Der einzige Unterschied ist, dass die Testpersonen diesmal lediglich die Landmarks passieren sollen, ohne mit den Landmarks zu interagieren.

Nach jedem Routenabschnitt werden den Probanden Aufgaben gestellt, die das eben erfahrene räumliche Wissen überprüfen sollen.

## 1.4. Begriffsdefinitionen

---

An dieser Stelle werden jene Definitionen angeführt, die für das Verständnis der Hypothesenbeschreibung erforderlich sind. Die folgenden Beschreibungen sind möglichst kurz gehalten, um sich schnell einen Überblick zu schaffen. Weitere Informationen zu den Begriffen sind den darauffolgenden jeweiligen Kapiteln zu entnehmen.

### 1.4.1. Landmarks

Der Begriff *Landmark* kommt ursprünglich aus dem Luft- und Schifffahrtswesen, und gilt dort als ein weithin sichtbares, auffälliges Objekt (z.B. ein Leuchtturm oder freistehender Baum) zur Orientierung und Navigation. (Duden 2013) Im alltäglichen Sprachgebrauch ist dabei meist von „Orientierungspunkten“ die Rede.

Die im Rahmen dieser Arbeit verwendete Bedeutung des Begriffs *Landmark* orientiert sich an der Definition von Lynch (1960), der *Landmarks* als optische Referenzpunkte, deren Haupteigenschaft die Einzigartigkeit innerhalb deren Umgebung darstellt, definiert. Eine detaillierte Diskussion weiterer Definitionen anderer Autoren findet sich in Kapitel 3.2.

*Landmarks* dienen der räumlichen Orientierung und Navigation. (Sorrows und Hirtle 1999) Diese Referenzpunkte sollen helfen, sich in bekannten und unbekanntem Umgebungen zu orientieren und zurechtzufinden.



Abb. 1.4.a-d: Beispiele für Landmarks: l.o. Leuchtturm (<http://www.eastbourneguide.com>) , r.o. Ayers Rock (<http://emmakellydooz.wordpress.com/tag/ayers-rock/>), l.u. Hochhaus „The Landmark“ ([http://www.skyscrapercenter.com/building.php?building\\_id=%20395](http://www.skyscrapercenter.com/building.php?building_id=%20395)), r.u. Tower Bridge ([http://galerie.chip.de/k/wettbewerb/fotowettbewerb-lichter-der-stadt/tower\\_bridge\\_london\\_at\\_night/230193/](http://galerie.chip.de/k/wettbewerb/fotowettbewerb-lichter-der-stadt/tower_bridge_london_at_night/230193/))

Inwiefern Landmarks im Kontext der Navigation dienlich sind, und wie diese in Routenbeschreibungen integriert werden, wird in Kapitel 3.2 behandelt.

### 1.4.2. Räumliches Wissen

Unter räumlichem Wissen versteht Montello (1998) das Wissen von Standorten, Strecken und Richtungen in einer bestimmten Umgebung. Dieses Wissen über den räumlichen Aufbau von Orten erlangen Menschen durch Erfahrung (Anm.: im Sinne von Erkundung); dies gilt für Orte jeder Größenordnung, also sowohl für großflächige Gebiete, für Städte als auch für einzelne Gebäude. Räumliches Wissen ist Voraussetzung für „creative wayfinding“, also die Fähigkeit ohne spezielle Navigationshilfsmittel eine oder mehrere Routen von A nach B zu finden, und um

Wegbeschreibungen zu geben. (Montello 1998) Insofern dient es der selbstständigen Navigation und Orientierung.

Räumliches Wissen, umgangssprachlich als „Ortskenntnis“ bekannt, wird in der Literatur nach den drei Komponenten Landmark-, Routen- und Überblickswissen unterschieden. In Kapitel 2.1 werden diese Komponenten näher beschrieben.

### 1.4.3. Active Encoding Principle

Das „Prinzip der aktiven Kodierung“ (*active encoding principle*) besagt, dass Information kodiert, transformiert und gespeichert werden muss, um etwas beiläufig zu lernen. (Münzer, et al. 2006) Um räumliches Wissen zu erwerben, ist demnach die *aktive Auseinandersetzung* mit räumlicher Information erforderlich.

Räumliches Wissen einer Umgebung kann auf verschiedene Arten erlangt werden: durch sinnliche Perzeption (Anm.: und anschließende Kognition) der realen Welt, und durch Modelle der realen Welt. Bei der realen Erkundung vor Ort stellt das direkte Erfahren ohne Hilfsmittel die puristischste Form dar. Weiters können auch verbale Anweisungen, die Nutzung von Karten oder *Augmented Reality* zum Wissenserwerb beitragen. (Huang, Schmidt und Gartner 2012) Selbst durch ausschließliches Erfahren einer Umgebung anhand einer virtuellen Realität, wie die DAVE (Definitely Affordable Virtual Environment) (Lancelle, Settgest und Fellner 2008) an der TU Graz eine darstellt, aber auch über Videospiele, Videos und Fotos kann räumliches Wissen erworben werden.

Die eben genannten, diversen Präsentationsarten, in denen die Navigation erfolgen kann, erfordern einen jeweilig unterschiedlichen Grad an aktiver Auseinandersetzung der Benutzer mit ihrer Umgebung. So unterstützen Navigationssysteme den Wissenserwerb weniger als beispielsweise papierene Karten, da die Positionierung und Wegfindung vom Gerät durchgeführt wird, und der Benutzer nur den Anweisungen folgen muss, um sein Ziel zu erreichen. (Münzer, et al. 2006) Näheres dazu in Kapitel 2.2.3.

#### 1.4.4. Navigation

Der Ausdruck Navigation (lat. *navigatio* = Schifffahrt, zu: *navigare* = fahren, segeln, zu: *navis* = Schiff) stammt wie der Begriff Landmark aus dem See- und Flugwesen, und gilt (bei Schiffen, Luft- und Raumfahrzeugen) als die Gesamtheit der Maßnahmen zur Bestimmung des Standorts und zur Einhaltung des gewählten Kurses. (Duden 2013) Diese Definition des sich Zurechtfindens im topographischen Raum kann auch für den Bereich der Fußgängernavigation übernommen werden.

Der Ablauf der Navigation, das Navigieren teilt sich in drei Schritte, die fortwährend aktualisiert werden:

- Positionierung: Ortung durch verschiedene Positionierungsverfahren
- Routenmodellierung: Berechnen des optimalen Weges zum Ziel
- Routenpräsentation: Das Führen des Benutzers zu diesem Ziel

(Gartner, Frank & Retscher 2004, Orttag 2005)

Analog zu dieser Einteilung der Navigation lassen sich auch Navigationssysteme durch drei entsprechende Module charakterisieren: Positionierung, Routenselektion und Routenkommunikation. (Huang und Gartner 2010)

Navigation erfordert prinzipiell räumliches Wissen, über das entweder der Benutzer oder das Navigationsgerät in Form von Geodaten verfügen muss.

#### 1.4.5. LBG

Unter *Location-based Game* (kurz: LBG) kann ein Spiel verstanden werden, bei dem die momentane, geographische Position der Spieler für den Spielverlauf von Bedeutung ist.

Einzelspieler oder Teams bewältigen unter Verwendung mobiler Computer wie Laptops, PDAs (Personal Digital Assistant) oder Mobiltelefonen, in Kombination mit drahtloser Kommunikation und standort erfassenden Technologien, Aufgaben in speziellen Szenarios, mit der realen Welt als deren Spielbrett (Fetter, Etz und Blechschmied 2007, 1).

Capra et al. (2005) definiert LBGs als mobile, öffentliche Interaktionen an Orten, die Elemente der realen Welt mit digitalen Geräten und Programmen integrieren.

Um einen Laien oder potentiellen Benutzer den Begriff einfach und schnell zu erklären, behilft man sich oft Stichworten wie „digital unterstützte Schnitzeljagd“, „Geländespiel“ oder „Schatzsuche“.

Im Kapitel 3.3.2 wird das Thema LBG weiter behandelt.

## 1.5. Eingrenzung des Themas

---

Basierend auf den Definitionen in Kapitel 1.4, beschränkt sich die vorliegende Arbeit, die Prüfung der Hypothese und die interpretierten Aussagen auf die folgenden Aspekte:

- Im Gegensatz zum Forschungsbereich der Ontogenese, bei dem die Entwicklung kognitiver Fähigkeiten im Laufe der Kindheit untersucht wird, setzt diese Arbeit ihren Schwerpunkt auf den **räumlichen Wissenserwerb in der Mikrogenese** (Kapitel 2.3.2). Die Aussagen treffen also nur auf „Erwachsene“ mit ausreichend ausgeprägten, kognitiven Fähigkeiten zu, d.h. auf Personen im formal-operationalen Stadium. Für Informationen zu den unterschiedlichen, ontogenetischen Entwicklungsstadien nach Piaget sei auf das Kap. 0 verweisen.
- Die Arbeit beschränkt sich weiters, in Bezug auf die Größe und die Art der Umgebung, auf **Outdoor-Umgebungen im urbanen Raum**. Beim Übernehmen der vorliegenden Aussagen auf Indoor- oder ländliche Umgebungen sei Vorsicht geboten.
- Die Navigation und räumliche Wissensaneignung wird - neben der Perzeption der direkt umgebenden Realität - mittels eines elektronischen **Fußgänger-Navigationssystem** ermöglicht. Somit sind die Schlussfolgerungen dieser Untersuchung streng genommen nur für die Fußgängernavigation gültig.

Ogleich der Inhalt der Grundlagenkapitel zum Stand der bisherigen Forschung aus Gründen der Vollständigkeit teilweise darüber hinausgeht, beziehen sich der praktische Teil und dessen Ergebnisse und Schlussfolgerungen ausschließlich auf die genannten Bereiche.

---

## 1.6. Aufbau der Arbeit

---

Kapitel 1 bietet zunächst eine Einführung in das Thema, einschließlich der Hypothesenformulierung und der Erläuterung, wie die aufgestellte Hypothese methodisch überprüft werden kann.

Weiters umfasst der theoretische Teil der Arbeit die beiden folgenden Kapitel, die als Grundlage für die empirische Untersuchung verstanden werden sollen. Kapitel 2 deckt den psychologischen Bereich - die räumliche Kognition - ab: in welche Komponenten räumliches Wissen aufgeteilt werden kann; was erforderlich ist, um räumliches Wissen zu erlangen; und wie sich räumliches Wissen weiterentwickelt. In Kapitel 3 wird das technische Thema Navigation behandelt. Es gibt Aufschluss, inwiefern Navigationssysteme den räumlichen Wissenserwerb beeinflussen und wozu Landmarks in Navigationssysteme implementiert werden.

Im Anschluss folgt der praktische Teil der Arbeit, also die Überprüfung der Forschungsfrage. In Kapitel 4 wird hierzu der Versuchsaufbau und die Durchführung der empirischen Tests geschildert. In weiterer Folge werden die Ergebnisse der Fragebögen und der Beurteilungsaufgaben ausgewertet. Das Kapitel 5 gibt Schlussfolgerungen aus der Hypothesenprüfung. Es wird versucht, die Ergebnisse der empirischen Untersuchung zu interpretieren und zu diskutieren.

(Im Anhang befinden sich neben diversen Verzeichnissen, der Fragebögen einschließlich der Beurteilungsaufgaben, Tabellen zur Auswertung der erfassten Daten und Ergebnisse der statistischen Tests zur Prüfung der Signifikanz.)

## 2. Räumliche Kognitionspsychologie

---

Menschen erlangen räumliches Wissen durch Erfahrungen im Raum, also durch Auseinandersetzung mit räumlichen Inhalten und Situationen. Dies beginnt bereits bei der Geburt, sobald man mit Raum interagiert, und entwickelt sich von dort an fort, über das Kleinkindalter hinaus, bis ins Erwachsenenalter. Es stellt sich also die Frage, wie man diesen Prozess näher erklären kann. Dabei sollten zunächst zwei wesentliche Begriffe der Psychologie und deren Unterschied erläutert werden.

Unter *Perzeption* versteht man in der Psychologie die „(sinnliche) Wahrnehmung (eines Gegenstands) ohne bewusstes Erfassen und Identifizieren“ (Duden 2013). Es schließt also weder das Erkennen noch das Assoziieren mit ein.

Der Begriff *Kognition* (lat. cognoscere = kennenlernen, erkennen) bezeichnet die „Gesamtheit aller Prozesse, die mit dem Wahrnehmen und Erkennen zusammenhängen“ (Duden 2013). Nach Maderthaner und Leder (2006) umfasst die Kognition „all jene Bereiche, die als ‚geistig‘ betrachtet werden, wie z.B. Prozesse des Wahrnehmens, Erinnerns, Denkens und Entscheidens, in Zusammenhang mit der Bildung oder Verwendung von Begriffen, Bewertungen und Einstellungen“. Unter kognitiv versteht man kurz ausgedrückt „das Denken, die Erkenntnis betreffend“. (Österreichisches Wörterbuch 1998, 394)

Wie im weiteren Verlauf dieses Kapitels erläutert wird, entsteht räumliches Wissen nicht durch bloße Perzeption, also durch „passives“ Wahrnehmen, sondern wird erst durch die Kognition, dem aktiven Auseinandersetzen, ermöglicht. (Münzer, et al. 2006)

Die Erforschung wie räumliche Sachverhalte wahrgenommen, kognitiv verarbeitet und gespeichert werden, findet in zwei zeitlich unterschiedlich stattfindenden Forschungsbereichen Bedeutung. Es wird differenziert zwischen, einerseits der im Laufe eines Lebens angeeigneten individuellen, kognitiven Fähigkeiten Raum zu erfassen (Ontogenese), und andererseits die Entwicklung und Aneignung räumlichen Wissens durch das Erfassen einer neuen Umgebung (Mikrogenese). Trotz teilweise ähnlicher Entwicklungsabläufe kann man das Modell der kognitiven Entwicklung in der Ontogenese keinesfalls eins zu eins auf den entsprechenden Bereich in der Mikrogenese übertragen.

Daher werden diese beiden Entwicklungsbereiche in späteren Unterkapiteln (Kapitel 0 und 2.3.2) getrennt voneinander behandelt.

## 2.1. Komponenten räumlichen Wissens

---

Räumliches Wissen wird in der Literatur nahezu ausnahmslos in folgende drei Komponenten unterteilt: Landmark-, Routen- und Überblickswissen („landmark, route & survey knowledge“ z.B. in Siegel und White 1975; Montello 1998; Elias 2003; Münzer, et al. 2006). Es sei darauf hingewiesen, dass es sich hier um Komponenten, also Bestandteile, Elemente räumlichen Wissens handelt, und nicht um Stadien, Stufen oder Phasen.

### 2.1.1. Landmarkwissen

Landmarks gelten als kleinste Einheit zur Gliederung räumlichen Wissens und sie können als die Basis menschlicher räumlicher Kognition aufgefasst werden. Besitzt jemand Landmarkwissen, so ist es demjenigen möglich, die ihm bekannten Objekte beispielsweise in der Natur oder auf einem Foto wahrzunehmen und wiederzuerkennen.

Eine wesentliche Form räumlichen Wissens ist das Landmarkwissen („landmark knowledge“). Es beschreibt das Wissen über die Identität von diskreten Objekten oder Orten, die sich als auffällig und wiedererkennbar in einer Umgebung erweisen. (Siegel und White 1975)

Golledge verwendet neben den gängigen Bezeichnungen Landmark-, Routen- und Überblickswissen für die drei Komponenten auch andere Begriffe. Das Landmarkwissen ist demnach auch als *deklarative* Komponente bekannt. Es setzt allein das Wissen von der Existenz bestimmter Landmarks - zusammen mit den ihnen zugeordneten Bedeutungen - voraus, d.h. die Fähigkeit ein Element zu erkennen. Ohne dieses Wissen ist selbst die Objekt- und Mustererkennung und Unterscheidung von Elementen unmöglich. (Golledge und Stimson 1997, 163)

Zur näheren Beschreibung von Landmarks und welche Kriterien ein Objekt zu einer Landmark machen, sei auf das Kapitel 3.2 verwiesen.

### 2.1.2. Routenwissen

Routenwissen („route knowledge“) umfasst die Reihenfolge der Landmarks entlang einer Route und die assoziierten Richtungsentscheidungen an den jeweiligen Entscheidungspunkten. (Siegel und White 1975) Eine Route gilt als Sequenz von Landmarks, die durch den erlebten Weg verbunden sind. (Montello 1998)

*„Unter einer Routenkarte versteht man eine Art Pfad, der markante Punkte angibt, aber keine zweidimensionalen Informationen enthält. Er kann sogar lediglich aus einer verbalen Beschreibung eines Weges bestehen [...] Ist der Weg von Punkt 1 zu Punkt 2 blockiert, weiß man unter der bloßen Verwendung der Routenkarte nicht, wo sich Punkt 2 befindet, und kann somit auch keinen alternativen Weg ausmachen. Wenn man (im Sinne einer Routenkarte) zwei Routen von einem Ausgangspunkt kennt, weiß man darüber hinaus nicht, ob diese Routen in einem 90- oder 120-Grad-Winkel zueinander stehen. Im Gegensatz dazu enthält eine Übersichtskarte diese Informationen. Sie ist wie ein räumliches Abbild der Umgebung.“ (Anderson 2007, 148)*

Da Routenwissen als eindimensionale Kette eine Reihenfolge von Landmarks darstellt, wird auch von *ordinalem* Wissen gesprochen. Dem sequenziellen Charakter nach wird es auch *prozedurales* Wissen genannt. Es ist zur Entwicklung von Objekt- und Methodenassoziation für Prozesse wie z.B. die Entwicklung der Fortbewegungsfähigkeit erforderlich, und es besteht aus einer Menge von Verfahrensregeln, die Teile der deklarativen Struktur miteinander verknüpfen. Die Ausführung dieser Arbeitsverfahren ist für die Entwicklung von Wegfindungsverhalten und Routenlernen notwendig. (Golledge und Stimson 1997)

Nach dem dominanten Konzept (Kap. 2.3.2.1) von Siegel & White (1975) ist der Raum zwischen den Landmarks zunächst leer und erhält mit zunehmender Erfahrung immer mehr Skalierung, also räumliche metrische Information. Demnach sei Routenwissen - daher auch als *topologisches* Wissen bekannt – zumindest anfänglich non-metrisch.

Das kontinuierliche Konzept (Kap. 2.3.2.2) widerspricht allerdings der Behauptung der anfänglich non-metrischen Wissensaneignung, und legt den Erwerb von metrischem Wissen schon ab dem ersten Kontakt mit einer neuen Umgebung fest. (Montello 1998)

### 2.1.3. Überblickswissen

Die hochentwickeltste, umfangreichste Komponente räumlichen Wissens ist das Überblickswissen.

Als Überblicks- oder Übersichtswissen („survey knowledge“) wird eine kartenähnliche, zumindest zweidimensionale, metrisch skalierte Repräsentation der Umgebung bezeichnet. Es repräsentiert Zusammenhänge von Distanzen und Richtungen zwischen Landmarks, einschließlich jener zwischen denen man sich nicht direkt fortbewegt hat. Damit Überblickskarten entstehen, müssen Routen metrisch skaliert und in einem globalen allozentrischen Referenzsystem in Beziehung gebracht werden. (Ishikawa und Montello 2006, Siegel und White 1975)

Überblickswissen ist auch als *relationales* oder *konfigurationales* Wissen bekannt, da es Informationen über räumliche Zusammenhänge zwischen Objekten oder Orten enthält (Golledge und Stimson 1997), also die Anordnung der verschiedenen Objekte zueinander beinhaltet.

Überblickswissen ermöglicht einem Abkürzungen zu nehmen oder neue, noch nicht erlebte Routen zu planen. Besitzt man Überblickswissen einer Umgebung, so ist man fähig, sich dort ohne Navigationsmittel zurechtzufinden und anderen Personen Auskunft über einen bestimmten Weg zu geben.

## 2.2. Kognitive Leistungen

### 2.2.1. Kognitives Kartieren

Unter dem Begriff *kognitive Karte* (auch *mental map* genannt, nicht mit dem Begriff *mind map* gleichzusetzen) versteht man die mentale Repräsentation räumlichen Wissens, oder räumlich vorstellbarer logischer und sonstiger Zusammenhänge. Der Prozess des Erstellens dieser Karte wird als *kognitives Kartieren* (*cognitive mapping*) bezeichnet.

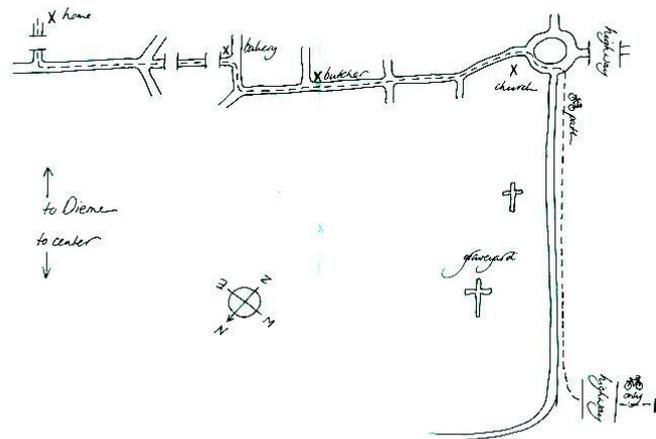


Abb. 0.a: Sketch Map als Visualisierung einer kognitive Karte (Quelle: Joost Post on Hand Drawn Map Association. <http://www.handmaps.org/> ID=356; Betondorp, Amsterdam, the Netherlands)

Cognitive Mapping gilt als Teil der räumlichen Kognition. Unter räumlicher Kognition versteht man das Wissen und die kognitive Repräsentation der räumlichen Struktur, der Entitäten *Gegenstand*, *Eigenschaft* und *Prozess*, und der Repräsentation der Relationen. Die räumliche Kognition ist wiederum eine Teildisziplin der Umweltkognition, die neben dem räumlichen Denken sowohl Eindrücke über die Eigenschaft, die Funktion und die Dynamik, als auch affektive Komponenten wie Gefühle, innere Einstellung, Glauben, Werte und andere emotionale Eigenschaften miteinschließt. (Golledge und Stimson 1997, 224)



Laut Hart & Moore (1973) wandeln sich kognitive Karten in der Ontogenese von Routenkarten hin zu Übersichtskarten. Im Allgemeinen trifft das auch in der Mikrogenese mit zunehmender Erfahrung zu, wobei Montello (1998) die Theorie der strikten Reihenfolge der beiden Stadien räumlichen Wissens kritisiert, worauf im Kapitel 2.3.2.2 näher eingegangen wird.

### 2.2.2. Mentale Rotation

Als kognitive Herausforderung in der Navigation gilt es, verschiedene räumliche Repräsentationsformen bzw. Perspektiven - etwa die der unsere Wahrnehmung entspricht - mit einer kognitiven Karte in Beziehung zu setzen. (Anderson 2007, 129) Den dafür notwendigen Prozess nennt man mentale Rotation. Diese *Transformation* ermöglicht eine Überführung der Repräsentation des „Raumes, wie wir ihn sehen“ (*egozentrische* Repräsentation) in eine *allozentrische* Repräsentation, etwa in eine kognitive Karte. Der Begriff Rotation ist im technischen Sinne eigentlich nicht korrekt, da der Wechsel der Repräsentationsansicht eher als eine Perspektiv-Transformation (Kraus 2004, Kap. 2.1.3) zu verstehen ist. Mentale Rotation ist ebenfalls erforderlich, um umgekehrt einer kartographischen oder kognitiven Karte Information zu entnehmen und diese in den aktuellen räumlichen Kontext auf die eigene Position zu übertragen.

Der kognitive Aufwand für die mentale Rotation ist *abhängig vom Winkel* den die Blickrichtung des Beobachters mit der Ausrichtung der Karte miteinschließt. Da bei den meisten (papierenen) Karten Norden zum oberen Bildrand ausgerichtet ist, fällt dem Beobachter die Orientierung im Raum bzw. die Navigation leichter, wenn seine Blickrichtung die der Ausrichtung der Karte entspricht bzw. ähnelt. Ist die Blickrichtung des Beobachters südlich, so benötigt er mehr Zeit ein Objekt auf der genordeten Karte zu finden. Diese Tatsache wird dadurch untermauert, dass viele Menschen eine physikalische Karte oft so drehen, dass ihre Ausrichtung mit ihrem Blickwinkel übereinstimmt. Diese Winkeldisparität spielt sowohl bei Navigationsaufgaben als auch bei Prozessen, die an mentalen Vorstellungen beteiligt sind, eine große Rolle. Ein wichtiger Unterschied zwischen physikalischen Karten und kognitiven Karten ist der, dass physikalische Karten die Effekte der Ausrichtung bzw.

der Orientierung zeigen, wobei dies auf kognitive Karten nicht zutrifft. (Anderson 2007, 150ff)

Im Weiteren haben „unsere kognitiven Landkarten oft eine hierarchische Struktur, in der größere Regionen in kleinere Regionen organisiert sind. [...] durch die hierarchische Struktur dieser kognitiven Landkarten bestimmte systematische Verzerrungen entstehen. [...] [...] Das wichtige Merkmal der inkongruenten Landkarten ist, dass die relative Lage der Gebiete A und B nicht mit der Lage der Städte X und Y überkommt. [...] Die Probanden zogen Informationen über die Lage der Gebiete A und B heran, um sich die Erinnerung an die Lage der Städte zu erleichtern. Dieses Sichverlassen auf Information „höherer Ordnung“ führte zu Fehlurteilen [...] Wenn man in der Vorstellung die relative Lage zweier Orte zueinander beurteilen soll, so urteilt man häufig anhand der relativen Lage übergeordneter Gebiete zueinander, die diese Orte enthalten.“ (Anderson 2007, 152ff) Bei der eben genannten mentalen Extraktion von Information aus einer kognitiven Karte gehen Menschen oft hierarchisch vor.

### 2.2.3. Prinzip der aktiven Kodierung

Die Entwicklung und der Aufbau globaler Satellitennavigationssysteme (GNSS - Global Navigation Satellite Systems) wie GPS (USA), GLONASS (Russland), Galileo (EU/ESA) und Compass (China) und weitere Messmethoden zur Positionsbestimmung (RFID, WLAN, Bluetooth ...) ermöglichen eine automatische und fortwährende Ortung des Empfängers. Dies erleichtert dem Nutzer die Navigation und vereinfacht die Wegfindungsaufgabe. Allerdings zeigen Studien (z.B. Münzer, et al. 2006), dass im Gegensatz zur Wegfindung ohne automatische Positionsbestimmung, wie beispielsweise bei papierenen Karten, durch die Verwendung elektronischer Navigationsgeräte weniger räumliche Information gespeichert wird. Der Wissenserwerb leidet also (ironischerweise) unter dem Komfort des Nutzers. Die Ergebnisse der Studie werden durch den Effekt der *aktiven Kodierung* erklärt.

Beim Studieren einer Karte wird räumliche Information kodiert, transformiert und im Gedächtnis gespeichert. Der Nutzer muss sich mit dem räumlichen Inhalt auseinandersetzen um die für die Routenplanung notwendigen Informationen zu extrahieren („mentale Extraktion“). Es findet also ein aktiver Lernprozess statt, der dem Nutzer Aufmerksamkeit und Zeit kostet, im Gegenzug aber als Nebeneffekt räumliches Wissen vermittelt.

Bei Verwendung eines Navigationsgerätes hingegen, muss nur den Anweisungen gefolgt werden, die zum Erreichen des Ziels notwendig sind. Die präsentierte Information muss hier nicht weiter verarbeitet werden (Richter, Dara-Abrams und Raubal 2010) und reicht nicht aus, um räumliches Wissen daraus zu aggregieren. Darüber hinaus konnten Münzer et al. (2006) zwischen verschiedenen Präsentationsformen der Navigationsassistenzsysteme keine Unterschiede bzgl. des räumlichen Wissens entdecken, was sie darauf begründen, dass bei keiner der Arten die angebotene Information aktiv verarbeitet werden musste.

Das Verwenden mobiler Navigationsgeräte verleitet Menschen „zum Ausschalten ihres Gehirns“. Dies kann auf einen Mangel an Aufmerksamkeit gegenüber deren Umgebung zurückgeführt werden, was ein häufig auftretendes Phänomen in der Automation darstellt. (Richter, Dara-Abrams und Raubal 2010, 265)

Räumliches Lernen in der Mikrogenese erfolgt, wie bei der ontogenetische kognitive Entwicklung, nicht durch Perzeption allein, sondern erst durch aktive kognitive Auseinandersetzung mit der Umgebung und der räumlichen Information. Räumlicher Wissenserwerb ist als aufwendiger und fehleranfälliger Prozess zu verstehen.

## 2.3. Wissenschaftliche Konzepte zur Aneignung räumlichen Wissens

---

### 2.3.1. Ontogenetisches Entwicklungsmodell von Piaget

Unter Ontogenese versteht man in der Entwicklungspsychologie und der Psychoanalyse die individuelle (psychische) Entwicklung (präziser: Psychogenese).

(Wikipedia 2013) Ontogenese ist also generell die menschliche Entwicklung vom Säugling zum Erwachsenen und darüber hinaus.

Piaget gilt als einer der wichtigsten Wegbereiter in der Entwicklungspsychologie. (Rollett, Dreher und Glück 2006) Auf seine Theorie stützen sich sowohl die Forschung im Bereich der Ontogenese als auch, daraus entstanden, die Erfassung des räumlichen Wissenserwerbs im Bereich der Mikrogenese. (Montello 1998)

Piagets Grundgedanke ist der, dass sich Kinder durch aktive Auseinandersetzung mit der Umwelt entwickeln. Das Kind konstruiert aktiv Vorstellungen von der Welt, und gleicht diese Schemata an, wenn sie der Realität widersprechen. Das Streben nach diesem Gleichgewicht bezeichnet Piaget als Äquilibration. Jedes Individuum versucht also die Realität zu erfassen und seine Vorstellungen anzupassen. Dabei wird zwischen den zwei Austauschprozessen Assimilation und Akkommodation unterschieden. Näheres hierzu findet man in (Rollett, Dreher und Glück 2006).

Piagets Theorie teilt die kognitive Entwicklung in 4 Stadien, die in Abb. 2.x zusammengefasst sind:

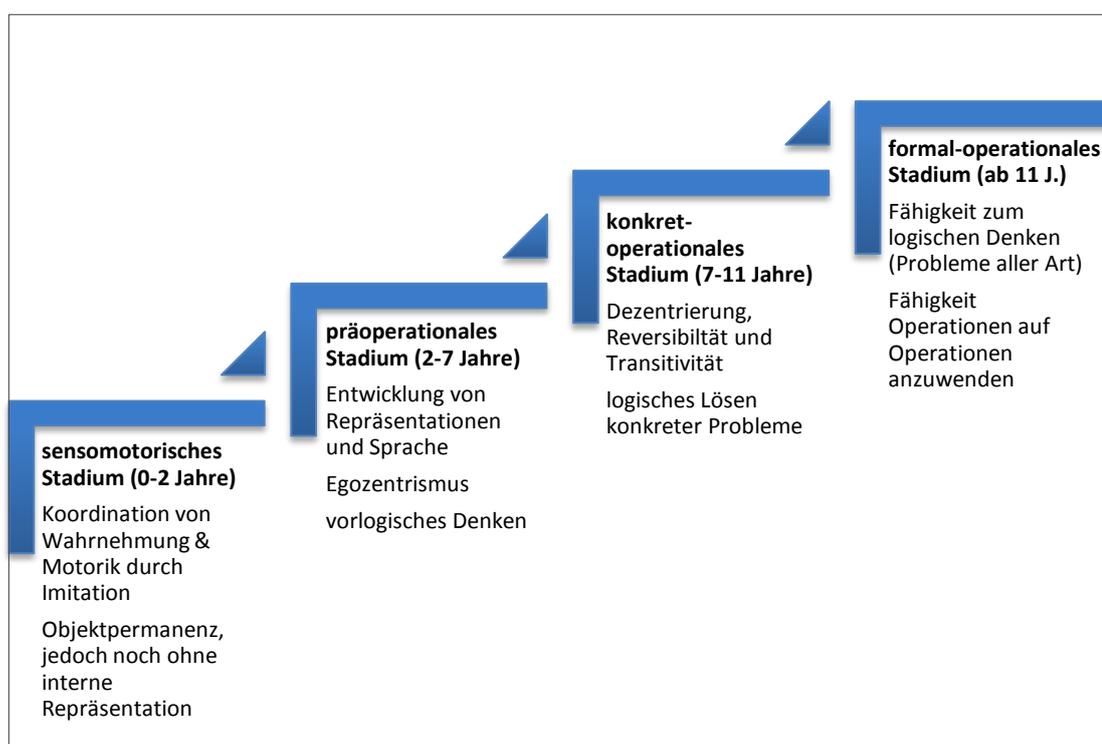


Abb. 2.3.a: Piagets Stufenmodell der kognitiven Entwicklung im Laufe eines Menschenlebens. (Bildquelle: eigene Darstellung)

1. **Das sensomotorische Stadium** beginnt mit der Geburt und dauert ungefähr 2 Jahre an. Die Entwicklung umfasst hier die zunehmende Koordination von Wahrnehmung (Sensorik) und Bewegung (Motorik). Diese Koordination erfolgt zunächst ohne sich die Konsequenz der Aktion vorstellen zu können, sondern beruht auf angeborene Reflexe, die das Kind lediglich trainiert. Piaget bezeichnet dies als die „Wurzeln des Denkens“. Der Säugling wird sich der Objektpermanenz bewusst, also dass Objekte auch existieren, wenn sie nicht sichtbar sind. Eine weitere wichtige Fähigkeit des Säuglings ist die Imitation vorgeführter Verhaltensweisen, die sich weiterentwickelt zu verzögerter Nachahmung, bei der Handlungen imitiert werden, die das Kind in diesem Moment nicht sieht.
2. **Das präoperationale Stadium** erstreckt sich über das Alter von 2 bis 7 Jahren und beinhaltet den Erwerb des Vorstellungsvermögens. Das Kind denkt aber noch nicht logisch, sondern „vorlogisch“ (präoperational), da seine Schlussfolgerungen stark an die Anschauung gebunden sind und sich das Kind immer nur auf einen Aspekt beschränkt. (Zentrierung) In Bezug auf die Sichtweise hat der kindliche Egozentrismus zur Folge, dass das Kind auf seine eigene aktuelle Sichtweise beschränkt ist, und diese für die einzig richtige Perspektive hält. Abbildung 2.3.b illustriert Piagets Drei-Berge-Versuch: Demnach ist ein (4-jähriges) Kind nicht in der Lage, sich ein Blickfeld einer anderen als der aktuellen Position vorzustellen, da dem Kind nicht bewusst ist, dass es andere Sichtweisen als seine aktuelle gibt. In diesem Stadium fehlt es noch an der Reversibilität des Denkens. Daher ist das Kind nach einem Perspektivwechsel nicht fähig, die vorige Perspektive nachzuvollziehen.

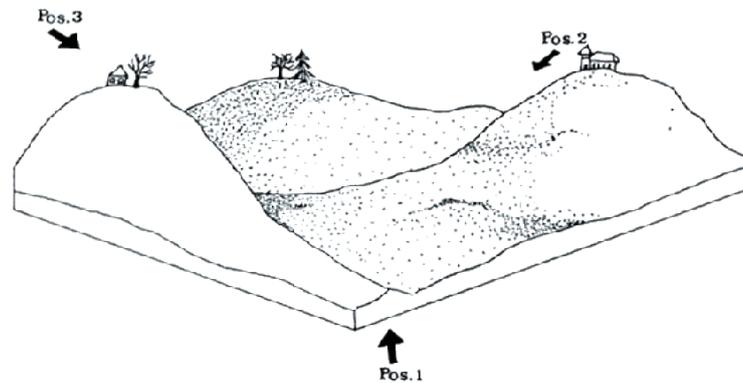


Abb. 2.3.b: Piagets Drei-Berge-Versuch zum kindlichen Egozentrismus (Bild-Quelle: Oerter, Rolf & Montada, Leo (Hrsg.) (1998). *Entwicklungspsychologie*. Weinheim: Beltz. S. 525)

Ein weiterer wesentlicher Schritt ist der Erwerb der Sprache, von dessen Entwicklung der Grad des Repräsentationsvermögens abhängig ist.

3. **Das konkretoperationale Stadium** dauert ungefähr bis ins Alter von 11 Jahren. Zu dieser Zeit schreitet die Entwicklung vom prälogischen Denken voran zum logischen Lösen von konkreten Problemen. Es scheinen Konzepte wie Reversibilität, Dezentrierung und Transitivität auf, und das Kind kann eine Reihe logischer Operationen durchführen, dennoch aber keine komplexen verbalen Probleme lösen.
4. Ab einem Alter von 11 Jahren kommt man in **das formaloperationale Stadium**, in dem man auch sein Erwachsensein und darüber hinaus verbringt. Das Individuum ist fähig, Operationen auf Operationen anzuwenden, wissenschaftlich zu denken, und kann mittels Logik Probleme aller möglichen Art lösen.

(Piaget und Inhelder 1967), (Rollett, Dreher und Glück 2006, 82ff), (Golledge und Stimson 1997, 159ff)

„Einige Aspekte von Piagets Ideen sind kritisiert und durch neuere Forschungen relativiert worden. Etwas abgeschwächt wurde etwa die Annahme plötzlicher Übergänge zwischen den einzelnen Entwicklungsstadien. [...] Außerdem wurde Piagets Untersuchungsmethodik thematisiert, die häufig auf der Einzelbefragung weniger Kinder beruhte. Viele Studien zeigen, dass man bei der Befragung vor

allem kleiner Kinder sehr vorsichtig sein muss, um *Suggestivfragen zu vermeiden*. So ändern Kinder nicht selten ihre Antwort allein deshalb, weil der/die VersuchsleiterIn zweimal dieselbe Frage stellt – einfach weil sie annehmen, dass die erste Antwort dann wohl nicht richtig war [...] Ein letzter Kritikpunkt bezieht sich auf die *Beschränkung auf das formallogische Denken*, das in Piagets Theorie den Endzustand kognitiver Entwicklung darstellt. Verschiedene ForscherInnen haben weitere Schritte der kognitiven Entwicklung im Erwachsenenalter postuliert, etwa eine Wegbewegung vom rein logischen Objektivismus hin zu einer stärkeren Integration von Denken und Fühlen.“ (Rollett, Dreher und Glück 2006, 88ff)

Selbst wenn Piagets Modell der kognitiven Entwicklung durch verschiedene Erkenntnisse verbessert worden ist, so ist zumindest Piagets Grundgedanke zur Entwicklung durch aktive Auseinandersetzung mit der Umwelt weiterhin von zentraler Bedeutung in der Entwicklungspsychologie. (Rollett, Dreher und Glück 2006, 89) In räumlicher Hinsicht bedeutet dies, dass Repräsentation von Raum durch Koordination und Internalisierung von Aktionen entsteht; also mehr durch das Handeln in einer Umgebung, weniger durch das perzeptuelle Kopieren. Daher ist die Interaktion im Raum, und nicht die Perzeption des Raumes, fundamental zur Aneignung räumlichen Wissens. (Golledge und Stimson 1997, 161) Es genügt also für das Lernen räumlicher Strukturen nicht nur das reine passive Wahrnehmen, sondern auch das aktive Verinnerlichen der Umgebung. Golledge argumentiert, dass der räumliche Referenzrahmen in dem räumliche Kognition stattfindet, sich verändert, und zwar nach der Erkenntnis der Objektpermanenz im sensomotorischen Stadium, wo noch gar keine Repräsentationen existieren, von einer im präoperationalen Stadium entwickelten topologischen, zu einer projektiven, hin zu einer euklidischen oder generell metrischen relationalen Struktur.

Obwohl sich der Großteil der Probanden im Forschungsgebiet der Geographie bereits im formaloperationalen Stadium befindet, besinnen sich Ortsunkundige möglicherweise auch zurück auf ein präoperationales Level räumlichen Verständnisses. (Golledge und Stimson 1997, 161)

Man erwirbt Wissen, sowohl durch zunehmende Vertrautheit (Mikrogenese) als auch über die Lebensspanne (Ontogenese). Nach dem Ansatz „reasoning by analogy“, also der Herangehensweise Analogieschlüsse zu ziehen, übertrug man zu Beginn der räumlichen mikrogenetischen Forschung die ontogenetischen Erkenntnisse der

kognitiven Entwicklung auf den Bereich der Mikrogenese. (Montello 1998) Jedoch muss der „entwickelte Mensch“ nicht jedes Mal seine Fähigkeiten neu entwickeln. Er hat andere Voraussetzungen als z.B. ein Kleinkind. Er befindet sich im formaloperationalen Stadium, kann logisch denken, sein Gehirn und seine Kognition sind schon sehr weit entwickelt. Diese Arbeit beschränkt sich auf die Erforschung des mikrogenetischen Bereiches, und geht von kognitiv ausreichend entwickelten Menschen aus.

### 2.3.2. Mikrogenetische Entwicklungsmodelle

Der Bereich der Mikrogenese bezeichnet die Entwicklung von Gedanken, Bewegungen oder Handlungen in diskreten aber generell unmerklichen (fortdauernd scheinenden) Schrittweiten. (Wikipedia 2013)

Räumliche kognitive Mikrogenese wird als der Prozess der Wissensentwicklung einer neuen Umgebung innerhalb relativer kurzer Zeit verstanden. (Siegel und White 1975)

Menschen erwerben durch das Erleben von Orten (z.B. Stadt, Nachbarschaft oder einzelnes Gebäude) Wissen über deren räumlichen Aufbau. Dieses Wissen schließt Standorte, Strecken und Richtungen mit ein. Die Aneignung beginnt mit dem ersten Betreten der neuen Umgebung, und wird aber vermutlich über lange Zeit, für Monate, Jahre oder sogar Jahrzehnte fortgesetzt. Räumliches Wissen bietet einen Rahmen zur Organisation von Erfahrungen und unterstützt darüber hinaus hoch entwickeltes räumliches Verhalten, wie etwa kreative Wegfindung und jemandem eine Wegbeschreibung zu geben. (Montello 1998)

Die bestehenden Konzepte zur Aneignung räumlichen Wissens in einer neuen Umgebung werden wahlweise durch eine stufenweis-strukturierte oder eine kontinuierliche Entwicklung erklärt. (Ishikawa und Montello 2006)

#### 2.3.2.1. Dominantes Konzept von Siegel & White

Siegel & White (1975) waren die ersten, die ein theoretisches Konzept über die Aneignung räumlichen Wissens in der Mikrogenese entwarfen. Viele ihrer Ideen

stammen dabei aus Piagets umfangreichen Grundgedanken zur Theorie der räumlichen Ontogenese, einschließlich der Vorstellung einer Abfolge von einer topologischen zu einer projektiven und metrischen Wissensstruktur. (Piaget und Inhelder 1967) Sie verfolgten eine *stufenweis-strukturierte* Herangehensweise, wonach unterschiedliche Stadien nacheinander durchlaufen werden. Diese Ansicht ist auch Tolmans (1948) Unterscheidung zwischen „small strip maps“ und „broad comprehensive maps“ sehr ähnlich. Weiters war auch Lynchs (1960) Einteilung der Charakteristika urbaner Bilder in Landmarks, Wege, Kanten, Knoten und Gebiete von Bedeutung für die Entwicklung der räumlichen mikrogenetischen Theorie.

Siegel & White (1975) gingen davon aus, dass interne Repräsentationen räumlichen Wissens einer gewissen Umgebung im Laufe der Zeit von einem Anfangsstadium des Landmarkenwissens, über ein Stadium des Routenwissens hin zu einem Endstadium des Überblickswissens fortschreiten.

Die Verwendung des Begriffs Stadium deutet auf die Auffassung eines qualitativen Sprungs von einem zum anderen Stadium hin. Selbst wenn diese zeitliche, sequentielle Abfolge in der Form streng genommen nicht existiert, so bot dieses Konzept zumindest die Möglichkeit, räumliches Wissen in die drei Komponenten Landmark-, Routen- und Überblickswissen (siehe Kap. 2.1) zu unterteilen.

Siegel & Whites Konzept war so einflussreich in der wissenschaftlichen Literatur, dass Montello (1998) es das *dominante Konzept* nannte. Abgesehen davon hat das dominante Konzept aber dennoch keine überzeugende empirische Unterstützung als Entwicklungsmodell für den mikrogenetischen Verlauf räumlichen Wissens erhalten.

#### 2.3.2.2. Kontinuierliches Konzept von Montello

Montello (1998) schlug ein alternatives Modell vor, wobei er das dominante Konzept nicht komplett verwarf, sondern eher versuchte das Modell zu verfeinern und gewisse Punkte zu differenzieren. Im Gegensatz zum zu jener Zeit

bestehenden dominanten Konzept, ordnet er dem räumlichen Wissenserwerb in der Mikrogenese eher quantitative als qualitative Aspekte zu. Er behauptet, dass es nicht so lang dauert, metrisches Wissen zu entwickeln, und kritisiert die stufenstrukturierte zeitliche Abfolge der Wissensbildung. Die empirische Forschung gibt ihm und seinem Konzept Recht: Auch bei nur minimaler Aussetzung (einige Sekunden, Minuten) in einer neuen Umgebung können Personen gewisse Aufgaben lösen, bei denen metrisch konfigurationales Wissen vorausgesetzt ist.

Montellos Entwurf seines kontinuierlichen Konzeptes umfasst fünf Grundsätze:

1. Es gibt kein Stadium, bei dem nur reines Landmark- oder Routenwissen existiert. Metrisch konfigurationales Wissen wird ab dem ersten Kontakt mit einem neuen Ort begonnen zu erwerben.
2. Durch zunehmende Vertrautheit eines Ortes und diesem exponiert zu sein, steigt das räumliche Wissen kontinuierlich sowohl in Quantität als auch in Genauigkeit und Vollständigkeit an.
3. Die Verflechtung getrennt voneinander wahrgenommener Orte zu einem sinnvollen Ganzen ist ein wichtiger und anspruchsvoller Schritt in der Mikrogenese räumlichen Wissens. Dies ist der einzig relativ qualitative Wandlungsprozess während der Mikrogenese.
4. Auch wenn Personen im gleichen Grad einem Ort ausgesetzt sind, werden sich deren interne Repräsentationen von Orten und deren Bestandteile unterscheiden.
5. Relativ rein topologisches Wissen kann in Sprachsystemen gefunden werden, die zum Abspeichern und Kommunizieren räumlichen Wissens über Orte verwendet werden. Nichtsdestotrotz existiert solch non-metrisches Wissen in Ergänzung zu metrischem räumlichem Wissen, und nicht als notwendiger Vorgänger oder innewohnender Teil davon.

Montellos Konzept setzt kontinuierliche, quantitative Entwicklung metrischen Wissens voraus; im Gegensatz zu diskreter, qualitativer Entwicklung im dominanten Konzept. Weil sich demnach fortwährend räumliches, metrisches Wissen bildet, wird es kontinuierliches Konzept genannt. Die Unterschiede

zwischen den beiden mikrogenetischen Entwicklungs-Konzepten sind in Abbildung 2.3.c noch einmal dargestellt:

	<b>Dominantes Konzept</b>	<b>Kontinuierliches Konzept</b>
Wissenszuwachs	eher qualitativ	quantitativ
Struktur- Entwicklung	stufenweise	kontinuierlich
Metrik	erst nach dem Erwerb von Routenwissen	schon nach kurzzeitiger Aussetzung

*Abb. 2.3.c: Vergleich mikrogenetischer Entwicklungskonzepte (Bildquelle: eigene Darstellung)*

Zusammenfassend findet beim räumlichen Wissenserwerb nach Montello (1998) also kein stufenweiser Sprung und auch kein fließender Übergang zwischen den Stadien statt, sondern vielmehr ein gleichzeitiger Erwerb und Anstieg der unterschiedlichen Komponenten (siehe Kap. 2.1) räumlichen Wissens. Diese Behauptung erscheint plausibel, und wird für diese Arbeit angenommen.

## 3. Navigation

---

Das Navigieren und Orientieren, also das sich Zurechtfinden in einem topographischen Raum, galt schon immer als eine zentrale Aufgabe des menschlichen Wesens. Wegfindungsaufgaben mussten schon immer gelöst werden. Hierfür bediente sich der Mensch auch schon früher Navigationshilfsmitteln, wie der Gestirne am Firmament, Orientierungspunkten, sogenannten Landmarks, Kompass oder Landkarten. Letztere erfreuen sich auf Grund der einfachen Handhabung und ihrer einfachen Verfügbarkeit besonderer Beliebtheit und finden Verwendung in verschiedenen Bereichen des täglichen Lebens. Durch das Aufkommen der Satelliten-Navigation gelang mit der Möglichkeit einer weltweiten Ortung ein weiterer Durchbruch, indem die GNSS-Positionierung in digitale Karten integriert wurde. Heutzutage geschieht das oft in Form von elektronischen Navigationssystemen, die als Präsentationsformen sowohl eine digitale, dynamische Karte als auch verbale Anweisungen beinhalten.

### 3.1. Allgemein

---

Wie in Kapitel 1.4.4 näher erläutert, umfasst der Begriff *Navigation* alle Maßnahmen, die die Positionsbestimmung und die Einhaltung des gewählten Kurses betreffen (Duden 2013).

Nach Downs & Stea (1977) schließt Navigation vier Prozesse mit ein: die Orientierung (Bestimmung der Position), die Routenplanung, das Beibehalten der Route und das Entdecken des Zielortes. Die letzten beiden Prozesse können zusammengefasst werden als Bewegung vom Ausgangs- zum Zielpunkt. (Huang und Gartner 2010)

Die drei Module eines Navigationssystems *Positionierung*, *Routenselektion* und *Routenkommunikation* (Huang und Gartner 2010) können mit den drei Schritten des Navigationsprozesses *Positionierung*, *Routenmodellierung* und *Routenpräsentation* (Gartner, Frank und Retscher 2004) gleichgesetzt werden.

Die Routenkommunikation wird durch *Routenanweisungen* realisiert, die den Benutzer bei deren korrekter Ausführung zum gewünschten Ziel bringen. Routenanweisungen können nach Elias (2003) auf zwei unterschiedlichen Arten präsentiert werden: in Form einer Beschreibung (verbale Anweisungen: auditiv oder visuell als Text) oder anhand einer Darstellung (Routenkarte). Karten stellen die wichtigste Präsentationsform zum Kommunizieren von Routeninformation dar (Gartner und Radoczky 2005).

Die Struktur - die *Beschreibungselemente*, aus denen Routenanweisungen bestehen - und deren semantischer Inhalt sind in beiden Präsentationsformen gleich. Sowohl verbale Beschreibungen als auch graphische Darstellungen von Routenanweisungen setzen sich aus folgenden drei Elementen zusammen:

- Routenaktionen (Anweisungen für die nächste Bewegungsaktion)
- Orientierungsangaben
- Landmarks (Tversky und Lee 1999)

Daher stellen Landmarks einen wichtigen Bestandteil von Wegbeschreibungen dar und werden infolge als Navigationselement näher beschrieben.

### 3.2. Landmarks in der Navigation

---

Es gibt innerhalb und zwischen den einzelnen Wissenschaftsdisziplinen diverse Definitionen des Begriffs *Landmark*, die sich aber im Wesentlichen kaum unterscheiden und deren Unterscheidung vorrangig bei speziellen Aufgabenstellungen von Bedeutung sein mag.

Lynch (1960) zufolge sind Landmarks optische Referenzpunkte, deren Haupteigenschaft die Einzigartigkeit innerhalb deren Umgebung darstellt.

Allgemeiner betrachtet werden Landmarks als visuell unterscheidbare Objekte, die wahrgenommen und eingepägt werden, verstanden. (Presson und Montello 1988)

Diese Objekte, die entweder natürlich oder auch anthropogen (Anm: durch den Menschen Entstandenes) sein können, heben sich von ihrer Umgebung durch ihre visuelle Auffälligkeit oder andere bedeutsame Charakteristika ab.

Entsprechend dem „dominanten Konzept“ von Siegel & White (1975) (siehe Kap. 2.3.2.1) sind Landmarks diskrete Objekte oder Orte (Objektstrukturen vor einem Hintergrund), die im Gedächtnis gespeichert werden und beim Wahrnehmen wiedererkannt werden. (Montello 1998)

Die für diese Arbeit am sinnvollsten erscheinende Definition ist die von Lynch (1960). Solch herausstechende Objekte in der Umgebung erleichtern dem Menschen sich zu orientieren und durch den Raum zu navigieren. Darüber hinaus ist die menschliche Fähigkeit metrische Entfernungen abzuschätzen sehr gering. (Elias 2003) Deshalb ist es von Interesse, alternativ zu metrischen Angaben oder Straßennamen Landmarks in die Navigationsanweisungen zu integrieren, wodurch die Benutzerfreundlichkeit und die breitere Akzeptanz von Navigationssystemen gewährleistet werden.

Als *Indikatoren* für Landmarks zählen spezielle visuelle Charakteristik, einzigartiger Zweck oder Bedeutung, oder ein zentraler oder prominenter Ort. (Elias 2003) Zur qualitativen Bewertung können Landmarks in drei Kategorien unterteilt werden: in visuelle, kognitive und strukturelle Landmarks. Je mehr dieser Kategorien auf das spezielle Objekt zutreffen, desto eher eignet sich dieses als Landmark. (Sorrows und Hirtle 1999) Raubal & Winter (2002) teilen auf dieser Kategorisierung basierend die Auffälligkeit von Gebäuden als Landmark in folgende Komponenten ein:

- visuelle Attraktion: Fassadenflächen, Form, Farbe, Sichtbarkeit
- semantische Attraktion: kulturelle und historische Bedeutung, explizite Zeichen (z.B. Ladenschilder)
- strukturelle Attraktion: Knoten (wichtige Kreuzungen)
- Grenzen: teilende Elemente wie Bahnschienen oder Flüsse
- Regionen: Gebäudeblöcke

Durch die markanten Eigenschaften identifizieren Landmarks einen geographischen Ort, der wiederum in Beziehung zu Orten anderer Punkte steht.

Je nach Aufgabensituation bieten sich als Landmarks Objekte unterschiedlichen Maßstabs an. Typische natürliche Objekte sind z.B. Berge, Flüsse, einzeln stehende

Bäume oder Inseln. Zu den anthropogenen Objekten zählen Gebäude, Brücken, Gipfelkreuze, Fernsehtürme, Plätze und Kreuzungen.

Im Weiteren unterteilen Elias, Paelke und Kuhnt (2006) die - vor allem im urbanen Raum oft als Landmark genutzten - *Gebäude* in vier Kategorien:

- Geschäfte (Handelsketten)
- Geschäfte (Typangabe): Hotel, Apotheke, Frisör
- Gebäude mit spezieller Funktion oder Eigennamen: Bibliothek, Kirche
- Gebäude mit visuellen Eigenschaften: großes, gelbes Haus

Abhängig aus welcher Entfernung Landmarks sichtbar sind, kann man zwischen globalen und lokalen Landmarks unterscheiden:

- *Lokale Landmarks* sind aus kurzer Distanz sichtbar und werden oft in Beziehung mit Routenentscheidungen gebracht; z.B.: gewöhnlich große Gebäude, Schilder, kleine, aber auffällige Gebäude.
- *Globale Landmarks* sind von weitem sichtbar, beschreiben einen allozentrischen<sup>1</sup> Bezugsrahmen und unterstützen vorwiegend den richtungsbezogenen Orientierungssinn; z.B.: Stand der Sonne oder Sterne am Himmel, Berge, Türme oder hohe Gebäude.

Eine globale Landmark kann auch die Funktion einer lokalen Landmark einnehmen, wenn man sich in der Nähe dieser befindet, und diese auch von dort sichtbar ist. (Lynch 1960, Steck und Mallot 1998) Der praktische Teil dieser Arbeit befasst sich nur mit lokalen Landmarks, da im Testgebiet, so wie es in städtischen Bereichen oft der Fall ist, wenig Fernsicht besteht, und die Wahl des Testgebiets auf Grund der Bedingung der

---

<sup>1</sup> Der Begriff „allozentrisch“ („zentriert in etwas anderem“) bezeichnet in der Wahrnehmungspsychologie die Orientierung „in einem objektiven (Welt-)Referenzrahmen“. Der Gegensatz dazu ist egozentrisch. (<http://de.wikipedia.org/wiki/Allozentrisch>) Eine allozentrische Sicht ist demnach eine kartenähnliche Draufsicht.

Unbekanntheit auf ein Wohngebiet fiel, welches für diese Aufgabe keine brauchbaren globalen Landmarks aufweist.

Landmarks haben für die Navigation folgende kognitive Funktionen:

- Sie helfen generell Raum zu strukturieren und organisieren, da sie Referenzpunkte in der Umgebung bilden.
- Sie unterstützen die Navigation durch das Identifizieren von Entscheidungspunkten, an denen Navigationsentscheidungen zu machen sind.
- Sie ermöglichen das Auffinden anderer (schlechter sichtbarer) Landmarks.
- Sie dienen der Bestätigung sich am richtigen Weg zu befinden.

(Golledge und Stimson 1997), (Michon und Denis 2001)

Auch der letzte Punkt ist nicht zu unterschätzen, da dadurch Sicherheit und Vertrauen zum Gerät aufgebaut werden. So zeigten Michon und Denis (2001) weiters, dass die empfundene Qualität der Routenbeschreibung durch den Einsatz von Landmarks erhöht werden kann. Dies lässt vermuten, dass damit auch die Erfolgchancen der Wegfindung und die Qualität der Navigation angehoben werden.

„Landmarks sind als Grundpfeiler der menschlichen Navigation bestätigt worden.“ (Elias 2006, S.3) Die Verwendung von Landmarks in Routenbeschreibungen lässt sich nach Lovelace, Hegarty und Montello (1999, S.72) in vier Kategorien unterteilen:

- Landmarks an Entscheidungspunkten (bei Richtungsänderung)
- Landmarks an möglichen Entscheidungspunkten (an denen die Strecke aber geradeaus weiter verläuft),
- wegbegleitende Landmarks (nicht an Entscheidungspunkten) und
- entfernte Landmarks, die nicht direkt an der Strecke liegen.

Die ersten drei Möglichkeiten können als *On-Route*-Landmarks zusammengefasst werden, die vierte Art als *Off-Route*-Landmark bezeichnet werden. (vgl. *lokale* und *globale* Landmarks, Kap. 1.4.1)

Die Eignung eines Objekts als Landmark, also die Qualität einer Landmark, ist in zweierlei Hinsicht als relativ anzusehen: einerseits relativ zur Umgebung (siehe Kap. 1.4.1; Elias 2003), andererseits aber auch relativ zur Route. Ein Objekt, das sich aus einer Richtung kommend als geeignet erweist, kann aus einer anderen Perspektive trotzdem unbrauchbar sein. Caduff und Timpf (2005) haben diesbezüglich ein Konzept erstellt, mit dem die Qualität von Landmarks für eine bestimmte Route und Perspektive, basierend auf Orientierung und Distanzen, erfasst werden kann. Weiters haben sich verschiedene Arbeiten mit der automatisierten Extraktion von Landmarks befasst. (Elias 2003; Raubal und Winter 2002)

„Die Präsentation der Landmarken kann in vielfältiger Form erfolgen, zum Beispiel als

- verbale Instruktionen durch Sprachausgabe (wegen der Störgeräusche in öffentlichen Räumen problematisch),
- Textinstruktion auf dem Display (benötigt einen hohen Grad an Aufmerksamkeit),
- Graphische, kartenähnliche Darstellung der Situation.“ (Elias, Paelke und Kuhnt 2006)

Diese Arbeit beschränkt sich auf die graphische Darstellung der Landmarken.

### 3.3. Location-based Services

---

*Location-based Services* (LBS, deutsch: Standortbezogene Dienste, auch Location Dependent Services (LDS)) sind Informationsdienste die, abhängig von der Position des mobilen Nutzers, ihre Position zur aktuell umliegenden Umgebung beziehen, und standortbezogene Information bereitstellen, um einen erfolgreichen Abschluss einer räumlich-zeitlichen Aufgabe zu erleichtern. Typischerweise, laufen *Location-based*

*Services* auf mobilen Geräten, die zumindest Positionierungsmöglichkeiten und eine Netzwerkverbindung zur Verfügung stellen. (Richter, Dara-Abrams und Raubal 2010)

Das Design von LBS soll einerseits darauf abzielen Information zu präsentieren, die für die gegebene Situation nützlich ist, und andererseits das Verarbeiten dieser Information zu fördern, um das Vertrauen der Nutzer - sich am richtigen Weg zu befinden - zu erhöhen, und den Nutzer weniger abhängig vom Gerät zu machen. (Richter, Dara-Abrams und Raubal 2010 nach Willis et al. 2009)

### 3.3.1. Fußgängernavigationssysteme

Bis vor kurzem lag der Schwerpunkt der Forschung und das Interesse der Industrie fast ausschließlich an der Entwicklung von Navigationsgeräten für Kraftfahrzeuge. Man denke daran, wie viele Personen schon ein umgangssprachlich als „Navi“ oder „GPS“ bezeichnetes Gerät in ihren Autos haben. Hierbei sei angemerkt, dass im kommerziellen Sektor eine Marktdominanz durch die zwei Geodaten-Anbieter Navteq und TeleAtlas vorherrscht, auf deren Daten die meisten Navigationsgeräte basieren. Diese Daten sind wie erwähnt bislang vor allem auf die Bedürfnisse des Automobilverkehrs angelegt, und für andere Verkehrsteilnehmer nur teilweise nutzbar. Es wurden beispielsweise nur Straßen erfasst, die für den Automobilverkehr genutzt werden können. Zunehmend wird auch dem Bedarf an fußgängergerechten Navigationssystemen durch die Industrie Rechnung getragen, wobei das Problem darin besteht, dass als Datengrundlage noch oft der Einfachheit halber oder aus Mangel an Alternativen das Auto-Straßenverkehrsnetz herangezogen wird, dieses aber nur zu gewissen Teilen oder streng genommen nicht dem Bewegungsbereich eines Fußgängers entspricht.

Das primäre Ziel derzeit gebräuchlicher Navigationssysteme liegt darin, den Benutzer entlang eines optimalen (kürzesten, schnellsten, ökonomischsten, effizientesten) Weges zu einem gewünschten Ort zu führen. Der wichtigste Aspekt, an dem Navigationssysteme gemessen werden, ist insofern die Leistung der Wegfindung („Wayfinding Performance“); also möglichst schnell ohne Umwege ans Ziel zu

gelangen. Im Gegensatz dazu steht der Erwerb räumlichen Wissens nicht im Vordergrund, da dieser keinen direkt absehbaren, momentanen Nutzen bewirkt. Er wird eher als möglicher Nebeneffekt bei Benutzung eines Navigationsgerätes angesehen. Bei Ausfall des GNSS-Positionierungsdienstes oder bei Erschöpfung der Energieversorgung (Akku leer!) ist jedoch unabdingbar, sich in seiner Umgebung selbst zurechtzufinden, und dazu ist räumliches Wissen erforderlich.

### 3.3.2. Location-based Games

Wie im Kapitel 1.4.5 (Begriffsdefinition „LBG“) näher beschrieben wird, liegt die Besonderheit von *Location-based Games* (kurz LBG) darin, dass die reale Welt durch die aktuelle Standorterfassung der Spieler zum "Spielbrett", also zum Aktionsraum des Spiels, wird.

Nach Nicklas, Pfisterer und Mitschang (2001) können LBGs - je nachdem wie sehr sie von Ortsinformationen abhängig sind - in drei Stufen eingeteilt werden:

**Mobile Games:** Bei *mobilen Spielen* ereignet sich nur etwas, wenn zwei oder mehrere Spieler aufeinandertreffen. Die Zeit zwischen den Ereignissen hat für das Spiel keine Bedeutung. Eine absolute Positionierung in der Spielumgebung ist hier nicht notwendig, da nur die relative Nähe zwischen den Spielern entscheidend ist. (Technologien wie Bluetooth oder RFID sind ausreichend.)

**Location-aware Games:** Für *ortsabhängige Spiele* ist eine absolute Positionierung (z.B. GNSS) erforderlich, da Spielereignisse an bestimmten geographischen Orten auftreten. Als Objekte, die der Spieler finden muss, gelten sowohl andere Spieler als auch aufzusammelnde, reale oder virtuelle Gegenstände.

**Spatially-aware Games:** *Räumlichbezogene Spiele* integrieren die Umgebung der realen Welt in das Spiel. Das Spiel bindet z.B. Gebäude, Straßen und Landschaften ein. Dabei finden die Spielereignisse in einem bestimmten räumlichen Kontext statt. (z.B.: das Betreten einer beliebigen Kirche)

Die eben genannte Einteilung ist als Steigerung zu verstehen. Ein Location-aware Game inkludiert somit alle Eigenschaften die auch ein Mobile Game hat, etc.

Das wohl bekannteste und verbreitetste LBG ist „Geocaching“ (von griechisch γῆ, gē „Erde“ und englisch cache „geheimes Lager“), auch GPS-Schnitzeljagd genannt. Bei diesem Geländespiel handelt es sich um eine satellitengestützte Schatzsuche (treasure quest). Die geographische Position der Verstecke („Geocaches“) wird entweder explizit durch Koordinaten angegeben oder muss über eine Rätsel-Aufgabe oder ähnliches gelöst werden. Zum Auffinden des „Schatzes“ (Behälter mit Logbuch und Tauschgegenständen) wird meist ein Outdoor-GNSS-Empfänger verwendet. Es gibt Geocaches und Quests unterschiedlicher Art und Schwierigkeit, sodass manche einfachen spazierend zu erreichen sind, für andere muss man schon klettern, bei anderen sogar tauchen, usw. Die Funde können (ggf. mit Foto) online (Geocaching.com 2000) als Beweis dokumentiert und veröffentlicht werden.

Ein oft zitiertes Beispiel für ein LBG der frühen Generation ist das 2004 in New York gespielte „Pac-Manhattan“. (PacManhattan.com 2004) Es wurde das in den 1980er Jahren populärgewordene Arcade- und Video-Spiel „Pac-Man“ (in Japan eigentlich als „Puck Man“ veröffentlicht) in Bezug zur realen Welt, im konkreten Fall auf ein 6x4-Häuserblöcke-großes Straßennetz um den Washington Hyde Park, gesetzt. 4 als Gespenster verkleidete Spieler versuchen den gelb gekleideten „Pac-Man“-Spieler aufzuspüren und zu fassen, dessen Ziel es ist, möglichst viele virtuelle Punkte zu erreichen. Die Spieler sind via Mobiltelefon mit dem Kontrollraum verbunden, der sie mit Aktualisierungen über die Position der anderen Spieler versorgt.

Ein weiteres Beispiel, bei dem ein an sich schon existierendes Spiel in die Realität übertragen wird, ist „Scotland Yard“ (1983), das unter anderem auch in Wien (Renner 2009) umgesetzt wurde. Mehrere Agenten-Teams verfolgen dabei die Spur des gesuchten „Mister X“ im Netz des öffentlichen Personennahverkehrs, der alle 10 Minuten eine SMS mit seiner aktuellen Position schicken muss.

Wie die beiden zuvor genannten Beispiele zeigen, werden gerne jene Spiele in Bezug zur Realität gesetzt, die schon als traditionelle Brett- oder Videospiele existieren. Das klassische Spielbrett wird durch das real umgebende Umfeld ersetzt. Andererseits werden aber auch neue LBGs entwickelt, wie z.B. der Edutainment-Quest „Gbanga

Zoo“, bei dem bedrohte Tierarten in der Stadt eingesammelt und zum Zoo zurückgebracht werden müssen; oder „Parallel Kingdom“: das erste satellitenbasierte MMORPG (Massen-Mehrspieler-Online-Rollenspiel) für iPhone und Android Mobiltelefonen.

Als Ende dieses Kapitels ist zu resümieren, dass Landmarks als Beschreibungselement von Routenanweisungen einen wichtigen Stellenwert in der Navigation, vor allem für Fußgänger, einnehmen. Dadurch sei das Einbinden von Landmarks in *Location-based Services*, Navigationssystemen und standortbezogenen Lernspielen gerechtfertigt. Die Routenanweisungen können in Navigationssystemen sowohl als verbale Beschreibung (auditiv oder visuell) als auch in Form einer Routenlinie in einer Kartendarstellung vorliegen.

Derzeitig eingesetzte Navigationssysteme zielen im Sinne der direkt absehbaren Performanz darauf ab, den Benutzer entlang eines optimalen Weges zum gewünschten Ziel zu führen. Durch die Verwendung von selbsttortenden, satellitengestützten Navigationsgeräten wird der räumlichen Wissenserwerb weniger unterstützt als beim Orientieren und Navigieren mit einer Papierkarte. Durch verschiedene technologische Entwicklungen, wie satellitengestützter Positionierung (GNSS), dem Smart Phone und etwaiger Trends wurde das Aufkommen standortbezogener Spiele (*Location-based Games*) ermöglicht. Das Prinzip des *Location-based Gamings* könnte eine Schlüsselfunktion in künftigen Navigationssystemen darstellen, um die Aneignung räumlichen Wissens zu fördern. Dieser mögliche Mehrwert soll in einer empirischen Testung untersucht werden.

## 4. Empirische Untersuchung

---

Die Dokumentation des praktischen Teils beinhaltet den Design- und Konzeptentwurf, die Realisierung dieses Konzepts, die Anwendung der App auf die zu prüfende Hypothese, und die eigentliche Untersuchung bzw. Analyse der Ergebnisse.

Bislang wurde die Qualität von Navigationssystemen oft nur anhand der Performance, ein gewünschtes Ziel zu erreichen, gemessen. Der Aspekt der räumlichen Wissensaneignung bei Verwendung einer Navigationshilfe hingegen wurde bei Navigationssystemen lange Zeit vernachlässigt. Münzer et al. (2006) zeigte, dass der räumliche Wissenserwerb bei Nutzung von Navigationssystemen geringer ist als bei der Navigation mit einer Papierkarte. Dieser Mangel wurde durch das Fehlen der aktiven Kodierung (Kap. 1.4.3 & 2.2.3) von Rauminformation erklärt. Das Auftreten dieser Unzulänglichkeit stellt die Motivation dieser Arbeit dar, die Intention eine aktive kognitive Auseinandersetzung mit der Umgebung zu erzielen, um die Förderung räumlicher Wissensaneignung zu gewährleisten. Somit hätte die Nutzung von Navigationssystemen sowohl den Vorteil der komfortablen Navigation, als auch jenen des räumlichen Wissens.

Der empirische Test soll Aufschluss geben, ob durch aktive Auseinandersetzung mit der Umgebung - im speziellen mit Landmarks - der räumliche Wissenserwerb bei der Navigation unterstützt wird.

In Navigationssystemen ist das Ausmaß an räumlichem Wissenserwerb u.a. auch von der Involvierung der Nutzer in die Navigationsdarstellung abhängig. So vermuten Richter, Dara-Abrams und Raubal (2010) bei adaptierbaren Navigationssystemen, bei denen der Ausschnitt der Karte vom Nutzer selbst bestimmt werden konnte, mehr Zuwachs an Entfernungswissen als bei adaptiven Systemen, bei denen das System die Veränderung der Kartendarstellung übernimmt. Demnach gilt es also, den Nutzer in den Navigationsprozess aktiv einzubeziehen. Für aussagekräftige Schlussfolgerungen sind jedoch noch mehr Studien dieser Forschungsfrage, mit mehr Testpersonen, und im Bereich restriktiv-flexibler Navigationssysteme erforderlich.

Auf die Frage, wie der Nutzer zur aktiven kognitiven Auseinandersetzung motiviert werden kann, sei Huizingas 1938 erschienenes Buch „Homo ludens“ (aus dem lat., ins dt. „der spielende Mensch“) erwähnt, welches ein Erklärungsmodell aufzeigt, wonach der Mensch

seine Fähigkeiten vor allem über das Spiel entwickelt. Infolge seiner „play theory“ legt Huizinga nahe, dass das Spiel eine notwendige (wenn auch nicht ausreichende) Bedingung, und somit ein Element, für die Bildung von Kultur darstellt.

Daher wird das aktive Befassen mittels eines Spiels, genauer eines *Location-based Games* erzwungen, in dem Aufgaben zu den verschiedenen Landmarks entlang der Route zu lösen sind. Im Konkreten gilt es, als Aufgabe zum einen die Landmark zu fotografieren und zum anderen eine auf das besagte Referenzobjekt bezogene Frage zu beantworten.

Zur Überprüfung des räumlichen Wissens sind nach der Begehung eines jeden Testabschnitts Beurteilungsaufgaben (*Photo Recognition, Photo Order, Route Mapping, Landmark Mapping Task, etc.*) zu bewältigen. Auf die hier angewandten Methoden wird in Kapitel 4.2 eingegangen.

#### 4.1. Testaufbau

---

Die Überlegungen zur Entwicklung einer Applikation sind so gegliedert, dass zunächst ein Konzept entworfen wird, welches das ideale Modell einer solchen App - ohne Rücksicht auf technologische Realisierbarkeit - umfasst. Danach folgt die praktische Umsetzung des App-Konzepts zu einer konkreten Anwendung in einer programmiertechnischen Entwicklungsumgebung.

Die empirische Untersuchung teilt sich in 2 Routenabschnitte mit jeweils anschließender Befragung. Die Probanden werden in 2 gleich große Gruppen geteilt, wobei die eine Gruppe die erste Route ohne und die zweite Route mit dem Spiel, und die andere Gruppe die erste Route mit und die zweite Route ohne Spiel durchführen muss. Somit kann gewährleistet werden, dass die beiden Routen gleichwertig sind und nicht unterschiedlich schwer zu merken sind.

Als unbezahlte Testpersonen eignen sich Freunde, Verwandte und andere Freiwillige, die das folgende Gebiet nicht kennen.

### 4.1.1. Wahl des Testgebiets

Bezogen auf die Probanden, gilt es, für die Planung der beiden Testrouten, folgende Faktoren zu berücksichtigen:

- **Unbekanntheit:** Das Gebiet, in dem die empirische Untersuchung stattfinden soll, muss in erster Linie für alle Probanden unbekannt sein. Es sollte sich im Idealfall um ein Gebiet handeln, dass keiner der zu testenden Personen zuvor betreten bzw. auf einer Karte oder ähnlichem studiert hat.
- **Erreichbarkeit:** Andererseits soll das Gebiet aber auch leicht erreichbar sein, da eine zu lange Anreise, die Bereitschaft und Motivation der Probanden bei dem Test mitzumachen, sinken ließe. Es wäre also eine möglichst zentrale Lage von Vorteil, die aber den Personen doch fremd ist.
- **Dauer & Länge:** Des Weiteren darf die Bewältigung der beiden Routen inklusive Befragung nicht mehr als 1 Stunde dauern, da das sonst den unbezahlten, freiwilligen Probanden zu lange wäre.



Abb. 4.1.a: Übersichtskarte des Testgebiets: Weißgerberviertel, im Norden des Wiener Gemeindebezirks Landstraße. (Bildquelle: Google Maps)

Die Wahl des Testgebiets fiel auf den Stadtteil Weißgerberviertel (Abb. 4.1.a), der nördliche Teil des 3. Wiener Gemeindebezirks, Landstraße. Da es sich um ein

Wohnviertel handelt und keiner der Testpersonen hier wohnt, ist es wahrscheinlich, dass das Gebiet den Testpersonen unbekannt ist. Nicht zuletzt war einerseits die zentrale Lage und andererseits die teilweise belebte (Kirche St. Othmar und Sehenswürdigkeiten wie das Hundertwasserhaus), sowie auch teilweise ruhige Umgebung ausschlaggebend für die Wahl.



Abb. 4.1.b: Fotorealistische 3D-Perspektivansicht der beiden Testabschnitte. Route 1 (rot-orange): Süd-Nord-Verlauf; Route 2 (grün): Nord-Süd-Verlauf. (Bildquelle: Google Earth)

Bei den Landmarks in diesem Gebiet handelt es sich um lokale Landmarks, wobei der 80 Meter hohe Turm der Kirche Sankt Othmar – ex aequo mit dem der Kirche St. Elisabeth (Wieden) als fünftöchster Kirchturm Wiens – auch als globale Landmark verstanden werden kann. Die Landmarks weisen nach Sorrow & Hirtles (1999) Einteilung (siehe Kap. 3.2) visuelle, kognitiv-semantische und strukturelle Charakteristiken auf. So gibt es u.a. neben Filialen gängiger Handelsketten, Gastronomie- und Gewerbestätten auch Sehenswürdigkeiten wie das Hundertwasserhaus, das Kunsthaus Wien und die ehemaligen Sofiensäle. (siehe Abb. 4.1.b.) Insgesamt umfasst jede Route 10 Landmarks (Näheres siehe Kap. 4.1.3.2), von denen sich die erste Landmark unmittelbar nach dem Start und die letzte kurz vor dem Zielpunkt befanden.

Folglich besteht jede Route aus 9 Segmenten. Darüber hinaus sind die Routen gleich lang und es wurde darauf geachtet, die Charakteristik der Routenverläufe (Anzahl an groben Richtungsänderungen, Qualität der Landmarks) möglichst ident zu halten. Weiters wurde bei der Routenlegung eine Überschneidung oder eventueller Sichtkontakt zwischen beiden Routen verhindert, um der Testperson für die zweite Route keinen Vorteil beim Einzeichnen in die stumme Karte zu geben, da sonst die erste mit der zweiten Route direkt bewusst in Beziehung gebracht werden würde.

#### 4.1.2. App-Konzept

Hier werden die Anforderungen an die beiden *Apps* diskutiert. Für die *Location-based Gaming*-Navigation ist eine *App* zu erstellen, die die Testperson zum aktiven Auseinandersetzen mit der Umgebung anregt. Diese Auseinandersetzung erfolgt dabei mit den kleinsten Elementen räumlichen Wissens, den Landmarks. Deren Existenz soll der Proband nun auf irgendeine Weise testen; sei es durch reines Abhaken von Landmarks auf einer Liste, Fotografieren, Bildzeichnen oder durch Beschriften von Landmarks auf einer Karte. Um die Testpersonen zu einem solchen Mehraufwand - im Vergleich zu gewöhnlichen Navigationssystemen – zu motivieren, wird das räumliche Lernen unter den „Deckmantel“ eines Spiels gesetzt, einer Art „Schnitzeljagd“ oder *Geocaching*. Darüber hinaus könnte man in Zukunft diese Informationen dazu verwenden, VGI-Daten (*Volunteered Geographic Information*) wie z.B. *OpenStreetMap* aktuell zu halten. In diesem Fall würde man als Kartengrundlage idealerweise *OpenStreetMap* verwenden.

Die *App* für die klassische Navigation soll dem LBG-App gleichend dieselben Landmarks in derselben Darstellung beinhalten, nur eben ohne die Spielaktionen. Weiters wird, wie in gewöhnlichen Navigationssystemen üblich, die zu gehende Route mit einer Linie auf der Karte markiert. Grundlegend soll möglichst nur ein Parameter – in dieser Arbeit der Grad der Interaktion – verändert werden, um einen möglichen Unterschied bei der Untersuchung der beiden Navigationsformen rein auf den einen Parameter rückführen zu können. Dies verringert die Möglichkeit des Auftretens systematischer Einflüsse, die u.a. durch solche unterschiedlichen Gegebenheiten entstehen können.

### 4.1.3. Realisierung des App-Konzepts

Nach theoretischem Durchdenken der Apps wurden diese wie folgt verwirklicht:

#### 4.1.3.1. Programmierung der klassischen Navigations-App

Zur Programmierung der Android-App *GeoRoute* in der Programmiersprache *Java* wurden die Entwicklungsumgebung *Eclipse*, das *ADT Plugin* und die *Google Maps Android API* (Programmierschnittstelle) verwendet. Es wäre auch möglich mittels *OSMdroid API* die *OpenStreetMap* als Kartengrundlage zu verwenden. Da das *Location-based Gaming-App* (siehe nächstes Kapitel) aber über *Google Maps* läuft, und die beiden zu vergleichenden Systeme bis auf den Unterschied der Landmarkaufgaben ident aussehen sollen, wird auch für das klassische Navigationssystem eine *Google Maps*-Darstellung herangezogen. Weiters wurde darauf geachtet, dass die Signatur der Landmarks der des *LBGs* angepasst ist. Die klassische Navigations-App erfordert keine Interaktion; so umfasst die Programmierung die Darstellung der Karte, das Aktualisieren der Position, das Nachführen der Karte und das Visualisieren der Routenlinie und der Landmarks (mit Beschriftung). Es wurde für jede Route (orange und grün) aus Sicherheitsgründen eine eigene Android-App erstellt, die *GeoRoute1* (orange) und *GeoRoute2* (grün) benannt wurden.

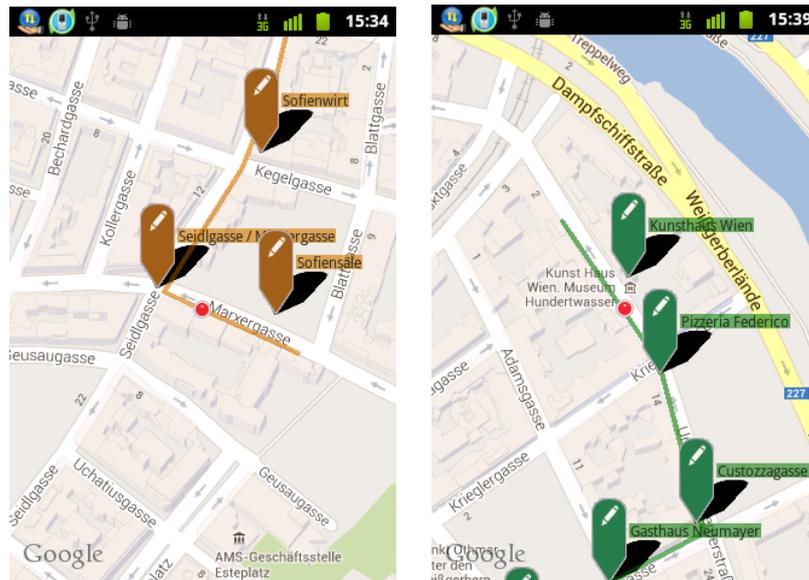


Abb. 4.1.c+d: Die klassische Navigations-App **GeoRoute** in beiden Routenabschnitten  
(Quelle: eigene Android-Screenshots)

#### 4.1.3.2. Design der LBG-App

Das standortbezogene Spiel *GeoBuddy* (V.1+V.2) wurde in der Umgebungsplattform *7Scenes* (7scenes.com) erstellt. Hier wurde das Programm um folgende Funktionen erweitert:

- Erscheinen der Landmark-Aufgaben in einem Pop-Up-Fenster (Abb. 4.1.f), wenn sich der User einer Landmark nähert (Abb. 4.1.e)
- Stellen von *Single-Choice*-Fragen mit drei Antwortmöglichkeiten und das Überprüfen der Antwort auf Richtigkeit (Abb. 4.1.g)
- Aufforderung je Landmark ein Foto zu machen, und diese (verkleinert) automatisch auf die 7scenes-Site hochzuladen. (Abb. 4.1.h)
- Erhalt von 10 Punkten (*Score*) für jede richtige Antwort. (Abb. 4.1.i)

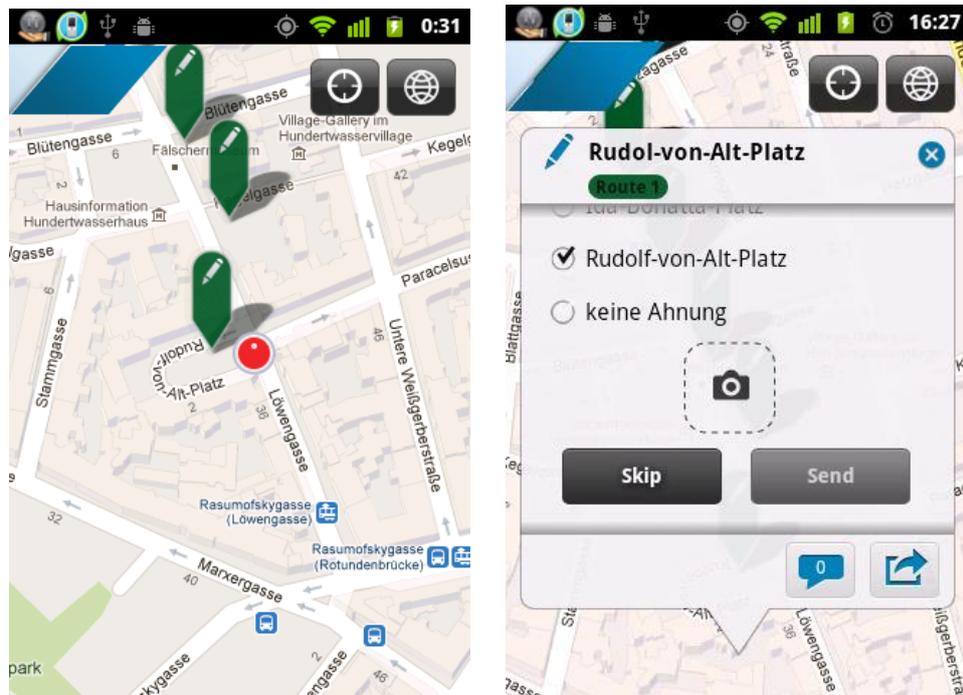


Abb. 4.1.e+f: Location-based Game *GeoBuddy*

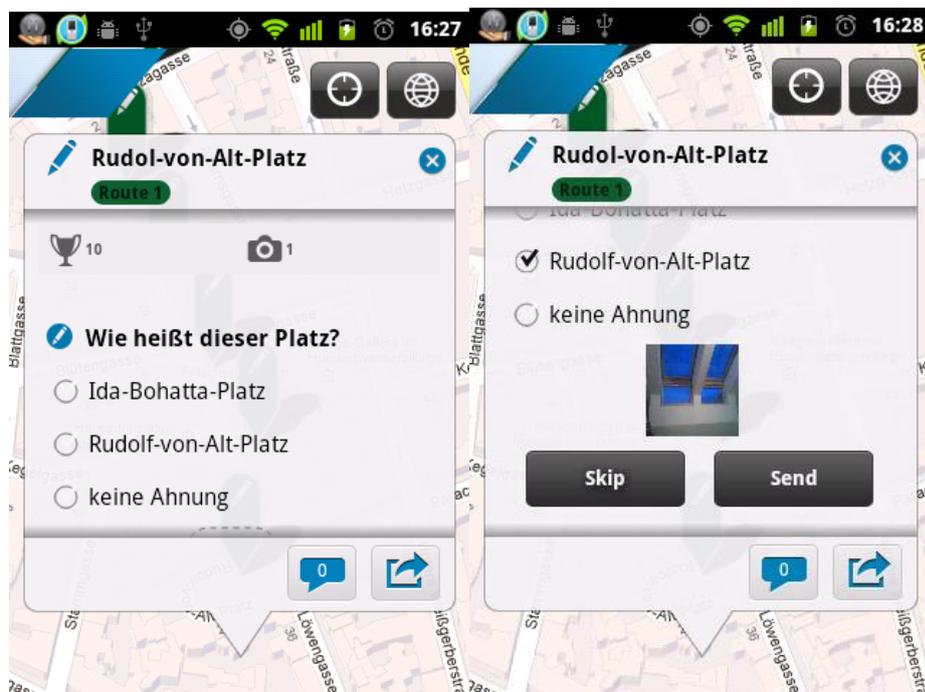


Abb. 4.1.g+h: Location-based Game *GeoBuddy*

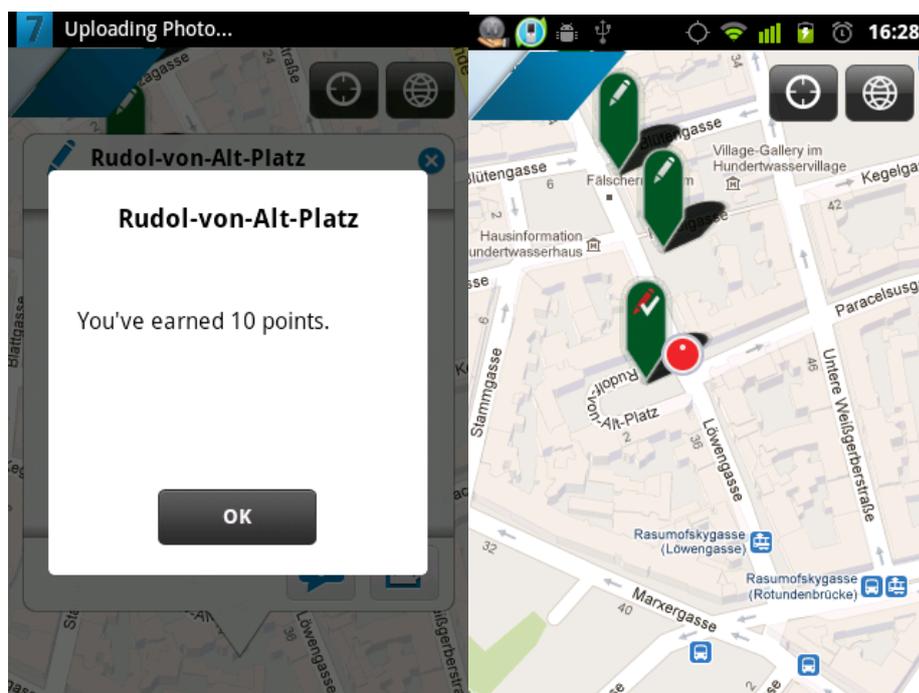


Abb. 4.1.i+j: Location-based Game *GeoBuddy*

Da die Darstellung des zu gehenden Weges (Routenlinie) nicht gelang, musste an jedem möglichen Entscheidungspunkt (Kap. 3.2) ein Landmark definiert werden, so dass die idente Streckenführung für alle Testteilnehmer gewährleistet ist – ohne dass der Observierer direkt vor Ort Richtungsanweisungen geben muss und den Proband eventuell irritiert oder beeinflusst. Beide Testrouten beinhalten deshalb jeweils 10 Landmarks, von denen sowohl ein Foto zu machen, als auch eine Frage zu beantworten ist, die sich auf die jeweilige Landmark bezieht.

## 4.2. Methoden zur Überprüfung räumlichen Wissens

Um einen möglichen Unterschied bzgl. der räumlichen Wissensaneignung mit den beiden Navigationsvarianten feststellen oder messen zu können, bedarf es einer gewissen Methodik dieses Wissen zu testen. In der Forschung gibt es eine Vielzahl an Methoden zur Analyse kognitiver Karten, und es gilt für die jeweilige Aufgabe bzw. Hypothese die am dafür geeignetsten Verfahren zu wählen. Selbst für die Überprüfung der einzelnen Komponenten räumlichen Wissens (vgl. Kap. 2.1) gibt es mehrere Möglichkeiten bzw. Beurteilungsaufgaben (*tasks*).

Methoden, das Landmarkwissen einer Person zu testen, sind der *Landmark Listing Task*, bei dem der Geprüfte alle gemerkten Landmarks aufschreiben soll, und der *Landmark* oder *Photo Recognition Task*, bei dem die Testperson jene Fotos von Landmarks aussortiert, die sie entlang der Route gesehen zu haben glaubt (Huang, Schmidt und Gartner 2012).

Beim *Route Sequencing Task* wird das Routenwissen geprüft, indem Fotos von Landmarks (oder Kreuzungen) einer Route in die richtige Reihenfolge gebracht werden müssen. Im *Route Recognition/Direction Task* ist die eingeschlagene Richtung an der im Foto dargestellten Landmark zu nennen (Münzer, et al. 2006). Weiters können auch egozentrische Feststellungen (z.B. „Von <Ort\_A> aus in Richtung <Ort\_C> gesehen ist <Ort\_B> links/rechts/geradeaus?“) Aufschlüsse über das vorhandene Routenwissen geben.

Das Überblickswissen kann beispielsweise über *Pointing Tasks* abgefragt werden, wobei der Proband von einem gewissen Standpunkt aus in jene Richtung zeigen soll, in der er das verlangte Objekt (Landmark) vermutet. So wie Richtungen können auch Distanzen zwischen Objekten mit oder ohne Sichtverbindung geschätzt werden (Richter, Dara-Abrams und Raubal 2010). Im Projekt *ways2navigate* (Huang, Schmidt und Gartner 2012) erwiesen sich diese Orientierungstests aber eher als unbrauchbar, da etwaige Unterschiede zwischen den Testszenarien mit keiner ausreichenden Signifikanz bestätigt werden konnten und jene Aufgaben eher den allgemeinen Orientierungssinn jedes einzelnen repräsentieren, nicht aber das Überblickswissen.

Methoden, die sich nach u.a. nach Münzer et al. (2006) und Huang, Schmidt und Gartner (2012) ebenfalls dazu eignen Überblickswissen zu messen, sind *Sketch Map* (skizzieren) oder *Blank Map Tasks* (in stumme Karte einzeichnen). Beim *Spatial Relocation Task* müssen kleine Fotos von Kreuzungen an ihrer korrekten Position in einer stummen Karte (Münzer, et al. 2006) oder auf einem leeren Blatt Papier (Aslan, Schwalm, Baus, Krüger, & Schwartz 2006; Gartner & Hiller 2008) verortet werden. Anfangspunkt und der erste Richtungspfeil wurden auf der Karte vorgegeben. Selbst gezeichnete Karten (*sketch maps*) sind manchmal schwer zu lesen oder räumlich zu interpretieren. Sie sind sehr von den individuellen Zeichenfähigkeiten (und der Geduld des Einzelnen) abhängig und Winkel und Strecken sind oft verzerrt. Daher beschränkt man sich bei *sketch maps* meistens auf die topologische Interpretation. Ähnlich dem *Spatial Relocation Task* sind

beim *Landmark Placement Task* die ID-Nummern (eindeutige Kennung) der Fotos in einer stummen Karte einzutragen. (Huang, Schmidt und Gartner 2012) Darüberhinaus kann auch die Route nachgezeichnet werden müssen (Gartner und Hiller 2008).

Weitere Tests zum Überblickswissen sind der *Walk Back* und der *Allocentric Statement Task*. Bei ersteren wird der Proband aufgefordert am kürzesten Weg zu einem gewissen Wegpunkt zurückzugehen (Gartner & Hiller 2008; Richter, Dara-Abrams & Raubal 2010). Bei der anderen Methode werden analog zum *Egocentric Statement Task* allozentrische Feststellungen bewertet (z.B. „<Ort\_A> befindet sich nördlich/östlich/südlich/westlich von <Ort\_B>“).

Es ist von Bedeutung wann und in welcher Reihenfolge die Aufgaben gestellt werden. Die Entscheidung fiel auf das Durchführen der Beurteilungsaufgaben - bis auf den *Santa Barbara Sense of Direction Test* zur persönlichen Selbsteinschätzung des Orientierungssinns - nach jeder Route, um den Effekt des Kurzzeitgedächtnisses zu minimieren. Würde die Tests der ersten Route erst nach der zweiten Route durchgeführt werden, so wären die Ergebnisse zur ersten Route systematisch schlechter, weil die Begehung dieser eben länger her ist als die der zweiten Route. Zum chronologischen Ablauf der Bewertungstests sei auf das nächste Kapitel 4.3 verwiesen. Die Wahl der geeigneten Methoden orientierte sich mit kleinen Abweichungen an der im Projekt *ways2navigate* (beschrieben in Huang, Schmidt, & Gartner 2012) und den Arbeiten von Münzer et al. (2006) und Aslan et al. (2006) beschriebenen Methoden.

Das Schätzen der Entfernung vom jeweiligen Zielpunkt zum Anfangspunkt, und das Richtungszeigen ebenfalls vom Ziel- zum Startpunkt (***Pointing Task***), wurden - neben dem *NASA Task Load Index* zur subjektiven Bewertung des Aufwands - als erste Beurteilungsaufgaben durchgeführt, weil da die Erinnerung noch am besten ist. Als nächstes folgt eine Reihe an Fotoaufgaben:

Zunächst der ***Photo Recognition Task*** mit 13 ungeordneten Fotos von je einem Landmark; 3 davon sind Fake-Landmarks, die auf keiner Route sind; auf den anderen 10 Fotos sind die Landmarks der zuletzt gegangenen Route in Gehrichtung abgebildet.

Nachdem der Proband die 13 Fotos in zwei Stapel geteilt hat, nämlich in *On-* und *Off-Route-Landmarks* (Kap. 3.2), folgt der ***Photo Order Task***, eine Kombination aus *Route Sequencing* und *Route Direction Task*. Hierbei wird der Stapel der *On-Route-Landmarks* in

die vom Probanden für richtig gehaltene Reihenfolge gebracht und gefragt, auf welcher Seite dieser die Landmark passiert hat (Richtungsentscheidung).

Die nächsten beiden Testaufgaben sind zusammen auf einer stummen Karte durchzuführen. Es wurde gegen das Zeichnen von sketch maps entschieden, da diese schwer zu interpretieren sein können und komplexe und dennoch unzulängliche Punktesysteme zur Auswertung benötigen. Für die Auswertung wurden die beiden Kartierungs-Methoden aber getrennt: Im **Route Mapping Task** soll die Route in der stummen Karte nachgezeichnet werden. Dabei ist zusätzlich zum Anfangspunkt nicht die erste Richtung sondern der Endpunkt angegeben.

Als letzter der Fototests müssen - ähnlich dem *Landmark Placement Task* - die Foto-IDs auf einer stummen Karte verortet werden. Der Name fiel aber auf **Landmark Mapping Task** um die Zugehörigkeit zum *Route Mapping Task* zu verdeutlichen.

Zusätzlich zu den Methoden zur Beurteilung des räumlichen Wissenserwerbs wurden auch Informationen zu den Testpersonen aufgenommen, die im folgenden Kapitel erwähnt werden.

### 4.3. Durchführung der Untersuchung

---

An der empirischen Testung nahmen 30 freiwillige Probanden teil, wobei die Geschlechterverteilung der Stichprobe gleichmäßig ist. Die Tests erfolgten im Zeitraum zwischen Ende Jänner und Feber 2013. Es wurde versucht, die Tests für alle Personen unter gleichbleibenden Bedingungen durchzuführen, sodass die Routen bei Tageslicht, ohne störende Wetterlage (Schnee, Sturm, Regen), in ungefähr derselben Zeitspanne begangen wurden. Was nun folgt, ist die Beschreibung des Ablaufs eines einzelnen Tests:

Zu Beginn wurde die Testperson auf deren Ortsunkundigkeit in diesem Bezirksteil und deren Vertrautheit mit Smart Phones und Navigationssystemen befragt. Zur Selbsteinschätzung des Orientierungssinns wurde der *Santa Barbara Sense of Direction Test* durchgeführt. Dann wurde dem Teilnehmer zusätzlich zum Smart Phone (Huawei „Sonic“ U8650) ein GPS-Tracker (Blumax GPS-4044 Datalogger, ID#07, AGPS) überreicht, und die Aufgabenstellung und Bedienung des jeweiligen Navigations-Apps erklärt.

Den Testpersonen wurde bei der Navigationsvariante mit dem Location-based Game folgende Anweisung gegeben: „Folge den orangen/grünen Wegpunkten, fotografiere die geforderten Objekte, löse die gestellte Aufgabe und sammle dadurch Spielpunkte!“ Vor dem Starten der eigentlichen Routenbegehung wurde das Lösen der Wegpunktaufgaben anhand einer Probe-Landmark demonstriert.

Die Aufgabenstellung lautete bei der Variante der klassischen Navigations-App: „Folge der in der Karte gekennzeichneten orangen/grünen Routenlinie! Entlang des Weges befinden sich Wegpunkte, die dir zur Bestätigung des richtigen Weges dienen. Nutze die App wie ein gewöhnliches Navigationsgerät!“

Die Probanden wurden vor dem Test informiert, dass sie mit einem Sicherheitsabstand – um die Person in ihrer Wegfindung nicht zu manipulieren - verfolgt werden, um bei Schwierigkeiten (kein/schwaches GPS-Signal) oder unerwarteten Ereignissen zur Verfügung zu stehen.

Nach der ersten (orange-braunen) Route wurde der *NASA Task Load Index* zur Bewertung des subjektiv wahrgenommenen kognitiven und sonstigen Aufwands angewandt. Anschließend wurden der Testperson Aufgaben gestellt, die das räumliche Wissen des eben gegangenen Weges überprüfen. Das Smart Phone durfte zu diesem Zweck nicht verwendet werden.

Zunächst wurden die Probanden aufgefordert, die Länge der zurückgelegten Strecke zu schätzen und in die Richtung zu zeigen, in der der Startpunkt liegt. Die gedeutete Richtung (*Pointing Task*) wurde (von mir) mit der Kompass-App „Kompass Pro“ (Version 3.3, *Mobile Essentials*) gemessen.

Die Testperson wurde gefragt, wie gut sie die eben zurückgelegte Route zuvor schon kannte, und wie gut sie ihre Ortskenntnisse darüber jetzt einschätzt.

Die folgenden Beurteilungsaufgaben umfassten das Aufteilen einer Reihe von Fotos von Landmarks, in einen Stapel, der nur jene Fotos beinhaltete, die entlang der Route aufgenommen worden waren, und einen anderen Stapel mit den Landmarks, die nicht auf der Route lagen. Infolge war ersterer Stapel in die richtige Reihenfolge zu bringen, von Anfangs- zu Endpunkts-Landmark sortiert, und die entsprechende Richtungsentscheidung („links/rechts an der Landmark vorbeigegangen“) zu nennen.

Als nächsten Schritt wurde die Testperson ersucht, die Route in eine stumme Karte einzuzeichnen und die Landmarks, mithilfe der Foto-ID, darauf zu georeferenzieren. Dies geschah durch Einzeichnen des Standpunktes der Landmark, die auf dem Foto abgebildet war. Optional konnten noch Straßennamen in die Karte eingetragen werden.

Für die zweite (grüne) Route wurde der gesamte Befragungs- und Aufgabenablauf erneut durchgeführt, nur eben mit der anderen Variante der Navigations-App.

Als Abschluss wurden separat noch zwei offene Fragen zur persönlichen Bewertung der beiden Navigationsarten gestellt.

#### 4.4. Auswertung

---

Zur Auswertung der empirisch erfassten Daten musste für jede Aufgabe eine eigene Methodik bzw. ein Punktesystem entworfen werden, um für jeden Probanden je Aufgabe und Route einen einzigen, die ganze Aufgabe beschreibenden Wert zu finden. Hierbei muss man zwischen verschiedenen Arten solch deskriptiver Parameter unterscheiden: es gibt absolute oder relative Fehlerangaben, aber auch absolute oder relative Werte die den korrekten, fehlerfrei ausgeführten Teil beschreiben. Die Art des Parameters entscheidet über die weitere Vorgehensweise.

Zunächst wurden die Daten in das Tabellenkalkulationsprogramm *Excel* händisch eingegeben, für jede Beurteilungsaufgabe das jeweilige Verfahren angewendet (und als txt-File exportiert.) Für die statistischen Tests sowie für die Darstellung der Boxplots wurde die besser dafür geeignete Open-Source-Software *R* (R Development Core Team 2008) verwendet. Diese verfügt über weit mehr statistische Tests (auch nicht-parametrische) als *Excel* und gibt zudem auch noch bei jedem Test einen p-Wert aus, der letztendlich entscheidet, ob eine Hypothese beibehalten oder verworfen werden muss.

Die unterschiedlichen Vorgehensweisen, Tests und Begriffe werden vorgestellt, sobald diese zum ersten Mal angewandt werden. Es wird also ein Großteil dieser schon im Zuge der ersten Aufgabe erklärt. Andere Themen, wie z.B. parametrische Tests (F-Test, t-Test) werden erst beim *Photo Order Task*, und Tests für unverbundene Stichproben in der dritten Aufgabe aufgegriffen.

#### 4.4.1. Photo Recognition Task

Bei dieser Bewertungsaufgabe wurde die Anzahl an *On-Route-Landmarks*, die vom jeweiligen Probanden nicht wiedererkannt wurden, mit der Anzahl an *Fake-Landmarks*, die für *On-Route-Landmarks* gehalten wurden, zusammengefasst. Das Verhältnis zwischen dieser Summe und der Gesamtzahl an auswählbaren Fotos, also Landmarks, ergibt einen relativen Fehleranteil:

$$Error [\%] = \frac{\sum \text{not remembered OnRoute LMs} + \sum \text{OnRoute stated Fake LMs}}{13}$$

Der Boxplot (Abb. 4.4.a) lässt vermuten, dass zumindest die Routendaten, bei denen die Navigationsmethode des *Location-based Gamings* angewandt wurde, nicht normalverteilt sind, sondern einer rechtsschiefen Wahrscheinlichkeitsverteilung folgen.

Diese Annahme wird durch den Kolmogorov-Smirnov-Anpassungstest bestätigt. Dieser überprüft, ob sich zwei Verteilungen signifikant unterscheiden. Es wird also die vorliegende Stichprobe S mit der einer Normalverteilung N verglichen. Der Mittelwert und die Standardabweichung bzw. Varianz von N werden dabei so gewählt, dass diese den Parametern der empirischen Stichprobe S entsprechen. [N(m=9.23, s<sup>2</sup>=9.98<sup>2</sup>)] Nun werden die empirischen Summenhäufigkeiten S(x<sub>i</sub>) mit denen der hypothetischen Verteilung N an der Stelle x<sub>i</sub> verglichen. Die absolut größte Differenz bildet dann die Teststatistik d<sub>max</sub>. Übersteigt d<sub>max</sub> den aus einer Tabelle<sup>2</sup> oder mit einer Näherungsformel<sup>3</sup> ermittelten kritischen Wert d<sub>α</sub> - abhängig vom Signifikanzniveau α=5% (also einem Konfidenzintervall von 95%) und der Anzahl an Beobachtungen n=30 - so wird die Nullhypothese mit einer bestimmten Signifikanz abgelehnt. In unserem Fall gilt: d<sub>max</sub>=0.3531 > d<sub>α</sub>=0.240. Daher wird die

---

<sup>2</sup> Tabelle: [<http://www.eridlc.com/onlinetextbook/index.cfm?fuseaction=textbook.appendix&FileName=Table7>]

<sup>3</sup> Näherungsformel für kritischen Wert  $d_{\alpha} = \frac{\sqrt{\ln\left(\frac{2}{\alpha}\right)}}{\sqrt{2n}}$

Alternativhypothese angenommen, nämlich dass die Stichprobe nicht normalverteilt ist.

Alternativ zum kritischen Wert wird in R der p-Wert (probability) ausgegeben, der andeutet, wie wahrscheinlich es ist, ein solches Stichprobenergebnis oder ein noch extremeres zu erhalten. Der p-Wert steht in enger Beziehung mit dem Signifikanzniveau  $\alpha$  (Wikipedia 2013). Beim *Photo Recognition Task* erhält man für die LBG-Wegfindungsmethode beim Kolmogorov-Smirnov-Test einen p-Wert von 0.001129. In 0.11% = 1.1‰ aller Fälle entscheidet man sich hier fälschlicherweise für eine Ablehnung der Nullhypothese; obwohl die Nullhypothese eigentlich anzunehmen gewesen wäre. Man begeht hierbei den sogenannten *Fehler 1.Art*. In unserem Fall ist dieser jedoch kleiner als die vordefinierte Irrtumswahrscheinlichkeit von 5% bzw. sogar 1%. Es besteht also ein sehr signifikanter (< 1%) Unterschied zwischen der Verteilung der Stichprobe und einer Normalverteilung.

Ein weiterer Test zur Überprüfung auf Normalverteilung, der zudem auch bei kleineren Stichproben eine hohe Teststärke aufweist, ist der Shapiro-Wilk Normality-Test. (Wikipedia 2013, Shapiro-Wilk-Test, Absatz: Hohe Teststärke) Dieser ergibt, dass die beiden Stichproben in dieser Aufgabe sogar höchst signifikant (< 0.1%) nicht-normalverteilt sind.

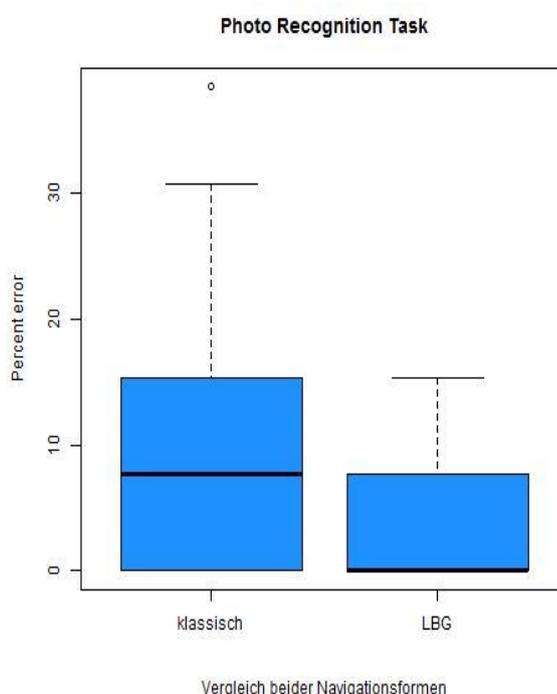


Abb. 4.4.a: Boxplot der Fehlerverteilung beim Photo Recognition Task (Quelle: eigene Darstellung in R)

Da zumindest eine der beiden Stichproben bzgl. dieser Aufgabe nicht normalverteilt ist, sind der Mittelwert als Lageparameter und die Varianz bzw. Standardabweichung als Streuungsparameter keine idealen Kennwerte um die Verteilung der Stichproben zu beschreiben. Daher werden zur Überprüfung weiterer Hypothesen nicht-parametrische Signifikanztests angewendet werden. Bei diesen wird nicht mit den absoluten Werten der Daten, sondern mit der Rangordnung der Daten gearbeitet.

Beim Vergleich der beiden Mediane (fetter Strich im Boxplot) erkennt man, dass der Median der Stichprobe der klassische Navigationsform (7.7%) größer ist als der aus der LBG-Navigation. Um diese Vermutung statistisch zu erhärten, sind weitere Hypothesentests erforderlich.

Als parameterfreier Signifikanztest für zwei gepaarte (verbundene) Stichproben eignet sich der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test (*Wilcoxon signed rank test*). Es werden zunächst die Differenzen vor und nach einer Therapie gebildet, diese werden dann ungeachtet ihres Vorzeichens, der Größe nach aufsteigend, Rängen zugewiesen. Die Teststatistik  $W$  (in R als  $V$  bezeichnet) berechnet sich als das Minimum der positiven und negativen Rangsummen, wobei bei größeren Stichproben ( $n \leq 60$ ) noch eine Stetigkeitskorrektur durchgeführt werden soll. Im Gegensatz zu den meisten Tests muss beim Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test ein kritischer Wert unterschritten (und nicht überschritten) werden, um die Nullhypothese abzulehnen. (Wikipedia 2013)

Der Test bestätigt einen signifikant (überzufällig) größeren Median bei der klassischen als bei der LBG-Navigation. [ $p=0.0039 < 0.01$ ] Die Methode des *Location-based Gamings* unterstützt also die Aneignung von Landmarkwissen mehr als die übliche Navigationsmethode.

#### 4.4.2. Photo Order Task

Zur Überprüfung des Routenwissens wurden die Probanden ersucht, die von ihnen im *Photo Recognition Task* ausgewählten Bilder bzw. Landmarken in die richtige Reihenfolge zu bringen und bei denjenigen Fotos, bei denen eine Richtungsentscheidung gefordert war, anzugeben, ob sie die Landmark links oder rechts passiert haben. Zur Erzeugung eines geeigneten Punktesystems wird zunächst für jede Landmark, die der Proband ausgewählt hat (Anzahl  $m$ ), die absolute Rangdifferenz gebildet; also die Differenz zwischen der Stelle, an der der Proband das Foto angeordnet hat ( $Rank_i$ ) und der tatsächlich korrekten Stelle des besagten Fotos ( $Rank_{cor,i}$ ). Zum leichteren Verständnis sei an die Ähnlichkeit zu einem Soll-Ist-Abstand entlang einer Linie erinnert. Dazu wird weiters die Anzahl an falsch angegebenen Richtungsentscheidungen ( $Dir = Directions$ ,  $Dir_{cor} =$  tatsächliche korrekte Richtungsentscheidung) addiert:

$$Error [pts] = \sum_{i=1}^m ||Rank_i - Rank_{cor,i}|| + |\{Dir | Dir \notin Dir_{cor}\}|$$

Für diese Art von Design-Struktur lässt sich kein relativer Fehler ausdrücken. (Anm.: obwohl man durch die maximal erreichbare Fehlersumme dividieren könnte, doch dies erscheint nicht sinnvoll) Da bei dieser Art von Punktesystem nun keine Normierung der Daten möglich ist, besteht die Dimension als absolute Fehlerpunktezahl.

Teilt man die Daten des *Photo Order Tasks* wieder anhand des Parameters der Navigationsform, also in klassische und LBG-Navigation, sind die beiden Stichproben lt. Kolmogorov-Smirnov-Test normalverteilt, dem teststärkeren Shapiro-Wilk-Test zufolge aber sehr signifikant nicht normalverteilt. Es wird daher sowohl die parametrische als auch die parameterfreie Vorgehensweise durchgeführt. Im Idealfall erzielen beide Vorgehensweisen das gleiche Resultat, womit nicht detaillierter auf die statistische Interpretation der einzelnen Tests eingegangen werden müsste.

Wie der Boxplot (Abb. 4.4.b) anhand der Verteilung vermuten lässt, zeigt der Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test, wie beim *Photo Recognition Task*, dass nach der klassischen Navigation signifikant mehr Fehler [ $V=247.5 > 151$ ,  $p=0.011$ ] begangen

wurden als bei der LBG-Methode, also sich die Probanden mit der spielerischen Auseinandersetzung mehr Routenwissen aneignen konnten.

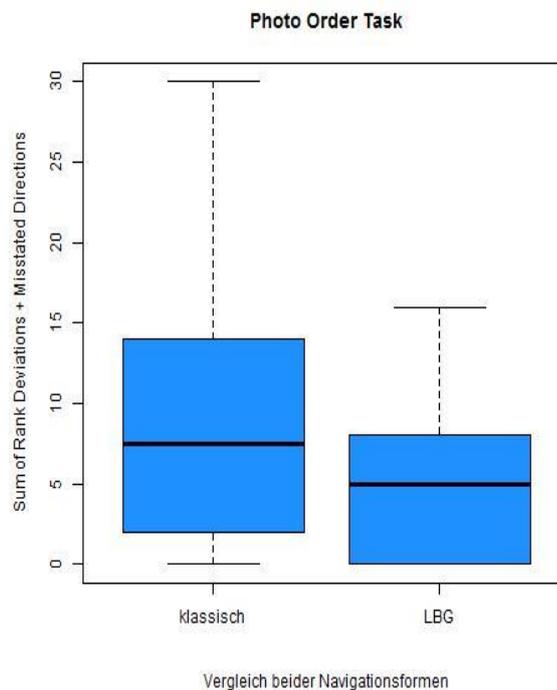


Abb. 4.4.b: Boxplot der Fehlerverteilung beim Photo Order Task (Quelle: eigene Darstellung in R)

Bei der parametrischen Vorgehensweise wird mit dem F-Test zunächst überprüft, ob Varianzhomogenität (Homoskedastizität) der beiden Stichproben besteht. Diese Annahme wird widerlegt. [ $F(29)=3.34$ ,  $p=0.002$ ] Darüber hinaus zeigt der F-Test, dass die Varianz der klassischen Navigation sogar signifikant größer ist [ $p=0.001$ ] als die des Location-based Gamings.

Mithilfe des t-Tests für 2 abhängige Stichproben (paired t-Test) können Mittelwerte auf ihre statistische Signifikanz verglichen werden. Wie beim Wilcoxon-Test stellt sich auch hier heraus, dass die Probanden bei der klassischen Navigationsmethode signifikant schlechter abschnitten. [ $t(29)=2.74$ ,  $p=0.0052$ , MW der Differenzen = 4.43] D.h. es werden mit der LBG-Navigation beim *Photo Order Task* durchschnittlich 4 Fehler weniger gemacht als bei der klassischen Navigation.

Da sowohl die parameterfreien als auch die parametrischen Tests in diesem Fall dasselbe Ergebnis liefern, ist es nicht weiter relevant, welcher Test auf Normalverteilung mehr Gewicht in der Interpretation erlangt.

#### 4.4.3. Route Mapping Task

Um die vom Probanden in einer stummen Karte eingezeichnete Route zu einem einzigen aussagekräftigen, quantitativen Wert zusammenzuführen, wurden beide Abschnitte in 9 Segmente unterteilt. Die Summe der gezeichneten Segmente, die mit dem korrekten Weg übereinstimmen, wird ins Verhältnis zur tatsächlich korrekten Segmentsumme gesetzt. Dazu wird weiters die Anzahl der angegebenen Straßennamen addiert. Diese Anzahl wird jedoch auf Grund ihrer untergeordneten Wertigkeit halbiert. Somit ergibt sich eine normierte Angabe des korrekten Weges zu:

$$\text{correct path [\%]} = \frac{\sum \text{correct segments}}{9} + \frac{\sum \text{streetnames}}{2}$$

#### Parameter Navigationsform

An der Grafik (Abb. 4.4.c) lässt sich schon relativ deutlich erahnen, dass beide Stichproben aus der gleichen Grundgesamtheit stammen, und diese normalverteilt zu sein scheint. Der Kolmogorov-Smirnov-Test bezeugt dies, doch der Shapiro-Wilk-Test ist wie in der vorigen Aufgabe konservativer und lehnt die Normalverteilung als Nullhypothese signifikant ab.

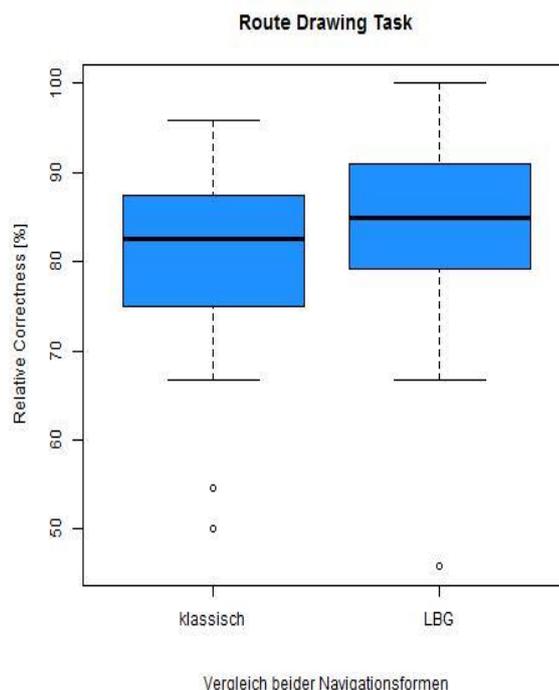


Abb. 4.4.c: Boxplot des relativ korrekten Weges beim Mapping Task (Quelle: eigene Darstellung in R)

Der nicht-parametrische, zweiseitige Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Test findet keinen signifikanten Unterschied [ $V=193$ ,  $p=0.795$ ] zwischen dem Median der Stichprobe „klassische Navigation“ und dem der „LBG-Navigation“.

Der parametrische F-Test zeigt, dass ein möglicher Unterschied der beiden Stichproben nicht signifikant ist. [ $F(29)=1.20$ ,  $p=0.626$ ] Der t-Test für zwei abhängige Stichproben ergibt keinen signifikanten Unterschied zwischen den Mittelwerten der beiden Stichproben. [ $t(29)=-0.86$ ,  $p=0.398$ ] Die Navigationsform, ob klassisch oder LBG, hat somit bezogen auf diese Aufgabe keinen unterschiedlichen Einfluss auf die Aneignung von Überblickswissen.

### Parameter Geschlecht m/w

Um die erhobenen Daten bzgl. des Parameters Geschlecht differenziert zu analysieren, gibt es verschiedene sinnvolle Vergleichsmöglichkeiten. Je zwei zu vergleichende Teilgruppen sind in der Abbildung 4.4.d mit einem Pfeil verbunden:

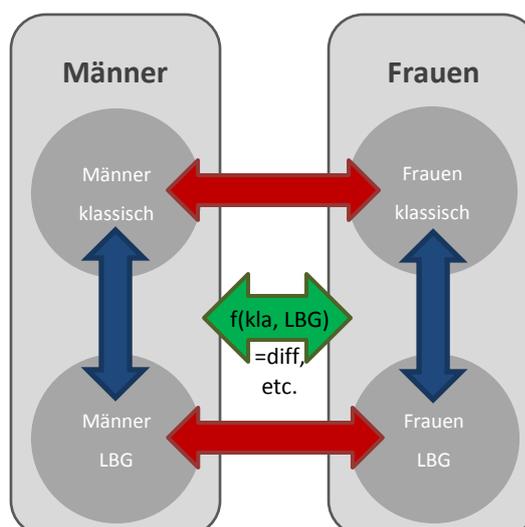


Abb. 4.4.d: Vergleichsmöglichkeiten für Parameter Geschlecht (Quelle: eigene Darstellung)

Für jede Vergleichsmöglichkeit muss der Workflow einzeln durchgearbeitet werden:

**Blaue Pfeile:** Es können die Ergebnisse geschlechtergetrennt berechnet werden; also die gleiche Vorgehensweise wie beim Parameter Navigationsart (klassisch/LBG), nur dass die Stichproben halb so groß sind.

Hier sind keine signifikanten Unterschiede zwischen den beiden Navigationsformen aufgetreten, weder bei den Männern noch bei den Frauen. Der Einsatz von Location-Based Gaming scheint also - zumindest für diese Aufgabe - keinen Effekt auf den Erwerb von Überblickswissen zu haben.

**Rote Pfeile:** Weiters lässt sich untersuchen, ob Männer oder Frauen bei einer bestimmten Navigationsform dem anderen Geschlecht überlegen waren. Da also Männer direkt mit Frauen verglichen werden, handelt es sich nicht wie bisher um verbundene (=abhängige=gepaarte) Stichproben, sondern um unverbundene Stichproben. Daher kommen teilweise andere Signifikanztests zum Einsatz, die im Folgenden erklärt werden.

Untersucht man, welches Geschlecht besser bei der klassischen Navigation abgeschnitten hat, tritt bei Annahme nicht-normalverteilter Daten anstelle des Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests der Mann-Whitney-Test - auch als Wilcoxon-Rangsummen-Test (*Wilcoxon rank sum test*) oder U-Test bekannt.

Beim parametrischen Ansatz wird der gepaarte t-Test, wenn die Standardabweichung beider zu vergleichenden Gruppen verschieden ist, durch den Welch-Test (Welch two sample t-Test) ersetzt. Bei gleicher Standardabweichung bietet sich eine Art des t-Tests für ungepaarte Stichproben (*Two sample t-Test*) an. Hier scheinen die Standardabweichungen annähernd gleich zu sein [ $F(14)=1.389$ ,  $p=0.27$ ] und es kann trotz unterschiedlicher Verteilung (siehe Abb. 4.4.e) kein signifikanter Unterschied zwischen den beiden Geschlechtern gefunden werden. [ $t(28)=1.11$ ,  $p=0.28$ ]

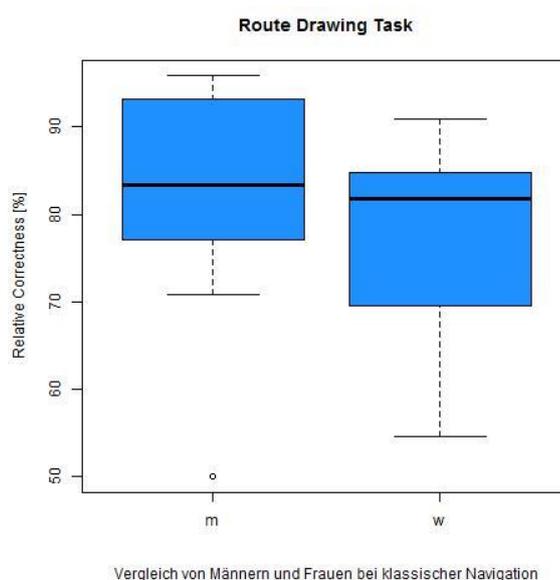


Abb. 4.4.e: Korrekter Weg bei klassischer Navigation (Quelle: eigene Darstellung in R)

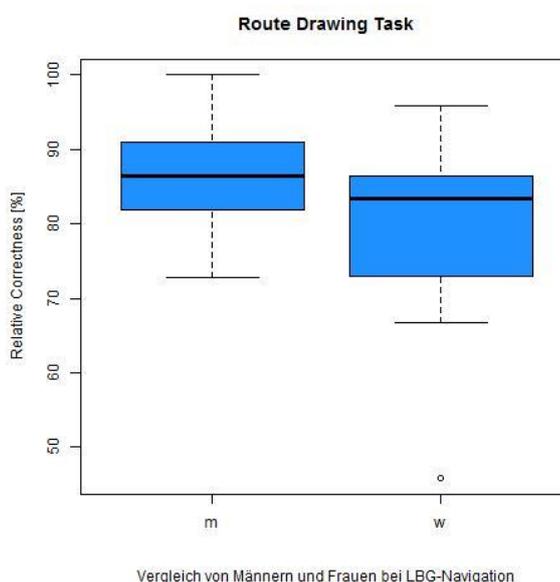


Abb. 4.4.f: Korrekter Weg bei LBG-Navigation (Quelle: eigene Darstellung in R)

Auch bei der LBG-Navigation unterscheiden sich die geschlechtergeteilten Gruppen (Abb. 4.4.f) nicht signifikant voneinander. [ $t(22.734)=1.81, p=0.08<0.05$ ]

Es lässt sich also feststellen, dass keine der beiden Gruppen, Mann oder Frau, in dieser Aufgabe dem anderen Geschlecht überlegen ist.

**Grüner Pfeil:** Es lässt sich auch vergleichen, bei welchem Geschlecht ein größerer Unterschied zwischen den beiden Navigationsformen besteht; also ob das Wechseln der Navigationsart bei den männlichen oder weiblichen Probanden einen größeren Einfluss hat. Dafür müssen mittels einer geeigneten Funktion die beiden Varianten *klassische Navigation* und *LBG*. Die Differenz (*klassisch* minus *LBG*) eignet sich hierzu und ist ein Maß, wie sehr sich eine Person von der klassischen zur LBG-Navigation oder umgekehrt verbessert hat. Die zeitliche Abfolge, also ob die eine oder andere Navigationsform zuerst durchgeführt wurde, spielt hier keine Rolle. Auch hier handelt es sich um unverbundene Stichproben, da die beiden Gruppen nicht aus denselben Testpersonen bestehen.

Zum ersten Mal in dieser Arbeit sind beide der zu vergleichenden Gruppen ( $diff_m$ ,  $diff_w$ ) normalverteilt. Somit kann hier auf nicht-parametrische Tests verzichtet werden. Für den Fall, dass ein Effekt durch die Navigationsart besteht, ist dieser bei Männern und Frauen gleich. [ $t(28)=-0.44, p=0.66$ ]

Optional als andere Vergleichsformen könnte etwa auch das Mittel  $[(\text{klassisch}+\text{LBG})/2]$  oder die Summe der beiden Navigationsformen  $[\text{klassisch}+\text{LBG}]$  gebildet werden.

Zusammenfassend lässt sich anhand dieser Aufgabe kein signifikanter Unterschied in der Aneignung räumlichen Wissens feststellen.

#### 4.4.4. Landmark Mapping Task

Die handbeschrifteten stummen Karten wurden eingescannt und in der Open-Source-Umgebung QGIS (Quantum GIS Development Team 2013) georeferenziert um infolge die eingezeichneten Landmarken zu vektorisieren. Somit können die Koordinaten der markierten Landmarkenposition ( $Y_i, X_i$ ) mit den korrekten Koordinaten ( $Y_{cor,i}, X_{cor,i}$ ) verglichen werden. Dabei bestimmt man je Testperson die Summe aller Abstände und dividiert durch die jeweilige Anzahl an eingezeichneten Landmarks um ein mittleres, absolutes Fehlermaß zu erhalten:

$$deviation [m] = \frac{\sum_{i=1}^m \sqrt{(Y_i - Y_{cor,i})^2 + (X_i - X_{cor,i})^2}}{m}$$

Wie in Aufgabe 2 lässt sich auch hier kein relativer, also prozentueller Fehlerwert formulieren, da es kein optimales (fehlerfreies) Resultat im Bereich  $(0, \infty)$  gibt.

Beim Vektorisieren der Karten wird deutlich, dass eine Testperson bei der klassischen Route offensichtlich den Anfangspunkt und den Endpunkt vertauscht hat, wodurch eine Abweichung von 2671m zustande kommt. Der *Ausreißertest mit den Signifikanzschranken nach Pearson und Hartley*<sup>4</sup> verstärkt dies ohnehin. Daher wird diese Person, also beide Routenwerte (2671, 947) - um weiterhin mit gepaarten Stichproben arbeiten zu können - für diese Aufgabe aus der weiteren Analyse herausgenommen. Der andere Wert (947) wird auch auf Grund des Tests ebenso als signifikanter Ausreißer angesehen.

### Parameter Navigationsform

Unter Beobachtung aller Probanden (außer dem signifikanten Ausreißer) ist kein signifikanter Unterschied in der Aneignung von Überblickswissen zwischen den beiden Navigationsformen festzustellen. [V=173, p=0.34]

---

<sup>4</sup> [http://www.statistics4u.info/fundstat\\_germ/ee\\_pearson\\_outliertest.html](http://www.statistics4u.info/fundstat_germ/ee_pearson_outliertest.html)

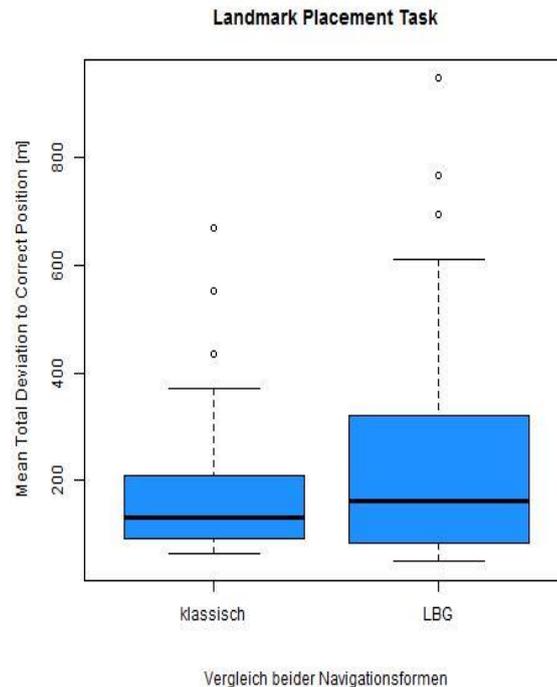


Abb. 4.4.g: Boxplot der durchschnittlichen Abweichung der kartierten Landmarks in Metern beim Mapping Task (ohne signifikanten Ausreißern) (Quelle: eigene Darstellung in R)

#### Parameter Geschlecht m/w

Die Boxplots lassen die Vermutung aufkommen, dass sich Männer durch die „Schnitzeljagd“ weniger metrisches Wissen aneignen konnten als bei der klassischen Navigation (Abb. 4.4.h); und dass bei Frauen genau die umgekehrte Reaktion der Fall wäre, nämlich dass diese sich mit der LBG-Navigation leichter tun als ohne (Abb. 4.4.i).

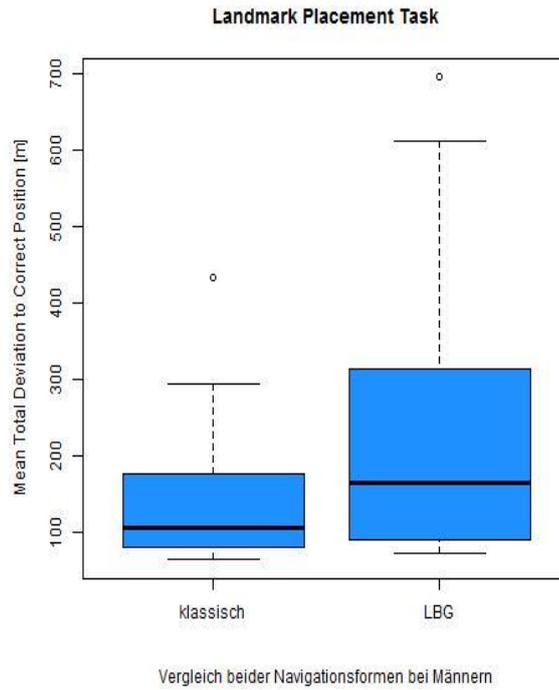


Abb. 4.4.h: LM-Abweichung nur bei Männern (Quelle: eigene Darstellung in R)

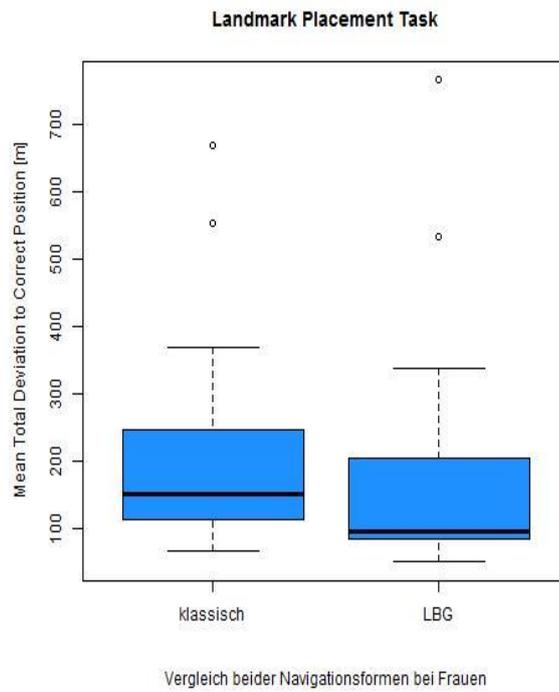


Abb. 4.4.i: LM-Abweichung nur bei Frauen (Quelle: eigene Darstellung in R)

Durch Anwenden des parameterfreien, gebundenen Wilcoxon-Vorzeichen-Rang-Tests bestätigt sich die erste Annahme [ $V=22$ ,  $p=0.017$ ], jedoch nicht die zweite [ $V=72.5$ ,  $p=0.11$ ]. Man kommt zum Schluss, dass Männer hinsichtlich der Landmark-Kartierung durch die Verwendung des standortbezogenen Spiels eher abgelenkt werden, Frauen hingegen - wenn auch nicht signifikant - noch eher davon zu profitieren scheinen. Es ist also bei der geschlechtergetrennten Analyse des *Landmark Mapping Tasks* – wie beim der des *Route Mapping Tasks* – mit der LBG-Navigationsmethode keine erhöhte Aneignung von Überblickswissen feststellbar.

Zusammenfassend zeigt die empirische Untersuchung insgesamt, dass der räumliche Wissenszuwachs beim *Location-based Game* mehr gefördert wird als bei der gewöhnlichen Navigationsführung. In der unten angeführten Tabelle (Abb. 4.4.j) sind die verwendeten Methoden noch einmal angeführt. Auf die Auswertung des *Pointing Tasks* musste verzichtet werden, da die Richtungsbeobachtungen der Kompass-App für nicht vertrauenswürdig eingestuft werden mussten. Es kam hierbei teilweise zu scheinbar 180°-falschen, aber in Wahrheit korrekten Richtungsangaben. Beim *Photo Recognition Task* (Kap. 4.4.1) wurden nach der LBG-Navigation in Summe weniger Landmarks fälschlicherweise für *On- oder Off-Route Landmarks* gehalten als beim klassischen Navigationsdesign. Auch beim Sortieren der Fotos und Nennen der jeweils eingeschlagenen Richtung wurden beim standortbezogenen Spiel weniger Fehler gemacht. (*Photo Recognition Task* siehe Kap. 0) Die Testpersonen konnten nach der LBG-Navigation die gegangene Route gleichermaßen gut in die stumme Karte einzeichnen wie nach der gewöhnlichen Navigationsart. (Kap. 4.4.3) Analog dazu, wurde die Landmarks mit einer ähnlichen durchschnittlichen Ortungsgenauigkeit kartiert. (Kap 4.4.4) Im *Route und Landmark Mapping Task* zeigten die Testpersonen in Summe daher beim Vergleich der beiden Navigationsmethoden (vgl. Kap. 4.4.3 „blaue Pfeile“) keinen Unterschied hinsichtlich der Aneignung von Überblickswissen.

Methode (tasks)	Auswertungsmethodik	Genauigkeitsdimension	LBG-Ergebnisse*
<b>Pointing</b>	Winkelabweichung	Absolutfehler	(nicht auswertbar)
<b>Photo Recognition</b>	Anteil falsch angegebener Fotos	Relativfehler	geringerer Fehleranteil
<b>Photo Order</b>	Abweichung der Reihenfolge	Fehlerpunkte	weniger Fehlerpunkte
<b>Route Mapping</b>	Anteil am korrekten Weg	Relativgenauigkeit	ähnliche Korrektheit
<b>Landmark Mapping</b>	Längenabweichung	Absolutfehler	ähnliche Abweichung

\* verglichen mit der klassischen Navigationsmethode

Abb. 4.4.j: Übersichtstabelle zu den Methoden und der Auswertung (Quelle: eigene Darstellung)

## 5. Schlussfolgerungen

---

In Kapitel 4 wurde ein empirischer Test beschrieben, der testen soll, inwiefern der räumliche Wissenserwerb bei einem Location-based Game durch das bewusste aktive Lösen von Aufgaben zu verschiedenen Landmarks unterstützt wird, im Vergleich zu klassischen Navigationssystemen. Im Folgenden sollen die Testergebnisse kritisch interpretiert und diskutiert werden.

### 5.1. Interpretation

---

Es folgt nun die Beantwortung der Forschungsfrage, d.h. zur Überprüfung der 3 Teil-Hypothesen, sowie der Grundhypothese:

Da die User im *Photo Recognition Task* mit der klassischen Navigationsart einen signifikant größeren Fehleranteil ( $p < 0.01$ ) als mit dem *Location-based Game* erreichten, kann die erste Hypothese bestätigt werden. Die aktive Auseinandersetzung mit Landmarks führt zu mehr Landmarkwissen.

Der *Photo Order Task* zeigt sowohl mit parametrischen als auch mit parameterfreien Tests, dass bei der klassischen Navigation signifikant mehr Fehler gemacht werden als bei der LBG-Navigation. Die zweite Hypothese kann also ebenfalls nicht widerlegt werden. Das aktive Befassen mit Landmarks unterstützt demnach auch den Erwerb von Routenwissen.

Der *Route Mapping Task* wies keine signifikanten Unterschiede bei dem Anteil des korrekt eingezeichneten Weges auf, weshalb die dritte Hypothese zu verwerfen wäre. Ohne darauf zunächst näher einzugehen, ist das Ergebnis des *Landmark Mapping Tasks* zu berücksichtigen. Dieser untermauert die eben getätigte Aussage, dass die dritte Hypothese abgelehnt werden muss. Die Abweichung der eingezeichneten Landmarks von der korrekten Position ist mit der klassischen Navigation sogar – aber nicht signifikant – kleiner als mit dem Location-based Game. Man kommt auf Grund der identen Ergebnisse beider Mapping Tasks zu dem Entschluss, dass die aktive Auseinandersetzung mit Landmarks – zumindest in der hier durchgeführten Art und Weise - keinen Einfluss auf

die Aneignung von Überblickswissen hat. Es spielt im Fall des metrischen Wissens keine Rolle, ob der Proband mit den Landmarks in einem Spiel interagiert oder nicht.

Zusammenfassend kann die Haupthypothese als bestätigt angesehen werden, da zwei der drei Teilhypothesen bekräftigt wurden, und bei der dritten Teilhypothese zumindest nicht das Gegenteil festzustellen war. Mit dem *Location-based Game* erwerben Fußgänger - dieser empirischen Untersuchung nach - mehr räumliches Wissen als durch die Benutzung des klassischen Navigationssystems. Grund dafür scheint größtenteils die aktive Auseinandersetzung mit der Umgebung, im speziellen mit Landmarks, bei LBGs zu sein.

Beim Befassen mit den Fragen zu den Landmarks und dem Anfokussieren der Landmarks beim Fotografieren, wird räumliche Information kodiert, transformiert und abgespeichert. Durch diese aktive Kodierung erlangt die Person räumliches Wissen. Durch die spielerische Auseinandersetzung mit der Umgebung entsteht ein aktiver Lernprozess. Dies bestätigt sowohl die in Huizingas Buch „Homo Ludens“ (1938) behauptete *Play Theory* als auch die Studie von Münzer et al. (2006). Dieser Lernprozess trägt dazu bei räumliches Wissen zu generieren und sich im Raum zurechtzufinden.

Der Grund, warum klassische Navigationssysteme – wie auch in dieser Studie – beim räumlichen Wissenserwerb schlechtere Ergebnisse erzielen als ihre Kontrahenten, die Papierkarte (Münzer, et al. 2006) oder in diesem Fall das *Location-based Game*, liegt darin, dass sich die Personen weniger mit der Umgebung, mit den Landmarks auseinandersetzen müssen. Die räumliche Information wird hier weder kodiert noch transformiert oder abgespeichert. Es genügt dem Verlauf der Route zu folgen, ohne aktiv an der Navigation teilnehmen zu müssen. Der User ist nicht gezwungen sich mit der Umgebung zu befassen, und da er möglicherweise mit der Technologie des Navigationsgeräts an sich beschäftigt ist, möglicherweise sich aber auch in dem Moment über komplett andere Dinge Gedanken macht, hat (sich) die Person möglicherweise nicht die Zeit (genommen), sich mit den umliegenden Objekten zu befassen. Das Benutzen eines Navigationsgeräts erhöht den Komfort der Zielfindung, aber auf Kosten der Aneignung räumlichen Wissens. Die Person hat weniger Aufwand zu navigieren, lernt daher aber auch weniger über die räumliche Umgebung.

Das Keyhole-Problem (Gartner und Hiller 2008) kommt in diesem Versuchsaufbau nicht zu tragen, da beide Navigationsarten auf das kleine Display eines Mobilgerätes (Smart Phone mit 3.4“ Bildschirmdiagonale) beschränkt sind.

## 5.2. Diskussion

---

Es wird nun ein kritischer Blick auf den gesamten Forschungsprozess im Rahmen der wissenschaftlichen Arbeit geworfen, und etwaige Verbesserungsvorschläge vorgebracht.

*Routen-Ausrichtung:* Im Test führte eine Route von Süd nach Nord, die andere von Nord nach Süd. Es wird vermutet, dass die erste Route auf Grund ihrer Lage grundsätzlich einfacher zu erlernen ist. Bei der zweiten Route hingegen musste das Gerät physisch oder die kognitive Karte mental gedreht (vgl. Kap. 2.2.2) werden, damit die Kartenausrichtung der Bewegungsrichtung entspricht. Um diese mentale Rotation für die zu vergleichenden Routen möglichst gleich zu halten, sollten die Routen daher im Idealfall von Osten nach Westen oder umgekehrt verlaufen. Der Effekt der Blickrichtungsabhängigkeit (siehe 2.2.2) forderte demnach eventuell – nicht nachgewiesen - mehr kognitiven Aufwand der einzelnen Testpersonen bei der zweiten Route.

*Pop-Up-Animation:* Bei den offenen Fragen zur Bewertung des *Location-based Games GeoBuddy* vermuten einige Probanden, dass das unerwartete abrupte Erscheinen der *Pop-Ups* (den kontinuierlichen Fluss der Routenverfolgung auf der Karte gestört haben könnte, sodass dies) ein Grund für das im Vergleich zur klassischen Navigationsart nicht bessere Ergebnisse darstellen könnte. Um dem entgegenzuwirken könnte man die Aufgabenfenster mittels Animation, entweder durch Fading oder Zooming erzeugt (langsames Vergrößern des aktuellwerdenden Aufgabenfensters), langsamer einblenden, um somit den Benutzer auf den Übergang vorzubereiten. Bei Münzer et al. (2006) wurde zwar festgestellt, dass das animierte Zoomen auf einen Kartenbereich beim Nähern eines Entscheidungspunktes keinen Einfluss auf den räumlichen Wissenserwerb hat. Doch das

oben erwähnte stufenweise Vergrößern des Aufgabenfensters wäre ein möglicher Verbesserungsvorschlag um den Fluss der Route nicht zu unterbrechen und den Anstieg räumlichen Wissens zu unterstützen.

Einige der Methoden erwiesen sich als nicht so brauchbar oder notwendig, wie vor der empirischen Untersuchung angenommen:

Es stellte sich heraus, dass der *Pointing Task* nicht ordnungsgemäß durchgeführt werden konnte, da die verwendete Kompass-App bis zu 180°-falsche Werte anzeigte. So wurden trotz Befolgung von Kalibriertricks bei einer Testmessung ungefähr Richtung Norden plötzlich 178° Süd angegeben. Da die Messungen unbrauchbar waren, wurden die Daten nicht weiter ausgewertet.

Der *NASA Task Load Index* wurde ebenfalls als nicht besonders hilfreich angesehen, da Fragen zum persönlichen Empfinden des Aufwands und der Leistung extrem beantwortet werden. So bewerten viele beispielsweise den kognitiven Aufwand die LBG-Spieleaufgaben auszuführen auf einer Skala [0, 100] mit null. Den weitaus gravierenderen Punkt zur Ignorierung dieses Tests stellt aber die Gleichheit bei beiden Navigationsarten dar. Da die einzelnen Aufwandsbewertungen bei vielen Testpersonen und sowohl bei der klassischen Navigation als auch beim LBG gleich sind, kann kein Unterschied zwischen den beiden Navigations-Apps festgestellt werden. Die NASA-Befragung erscheint persönlich als subjektiv unzureichend und wird daher nicht weiter beachtet.

Bezüglich der Beurteilungsaufgaben mit der stummen Karte (*Route* und *Landmark Mapping Task*) ist zu erwähnen, dass ein Proband, der die Umgebung zuvor nur selten oder noch nie betreten hat, nach der Begehung zweier Routenabschnitte nur über geringe Fähigkeiten verfügen wird, relationale Zusammenhänge zwischen zwei Objekten, zwischen denen er sich nicht direkt fortbewegt hat, herstellen zu können. Da dies aber nur ein Teil von Überblickswissen ist, und der Proband sehr wohl die Fähigkeit besitzt, die Landmarks und Segmente in eine zweidimensionale, metrische Darstellung zu transformieren, wurden die *Mapping Tasks* wie u.a. bei Münzer et al. (2006) als für den Verwendungszweck sinnvolle Methoden erachtet.

Mit einer Stichprobenanzahl von 30 Testpersonen könnten die über die empirische Untersuchung getätigten Aussagen auch auf die Grundgesamtheit der Menschheit verallgemeinert werden. Es sollten jedoch noch weitere unabhängige Studien die Hypothesen bestätigen.

Streng genommen sind die Aussagen nur in einem ähnlichen Umfeld unter denselben Bedingungen gültig. Inwiefern die Aussagen auch über die Systemabgrenzung (Kap. 1.5) hinaus, beispielsweise auf Indoor oder auf ländliche Umgebungen anwendbar sind, können künftige Studien erforschen.

### 5.3. Ausblick

---

Die Ergebnisse dieser Arbeit haben nochmals gezeigt, dass herkömmliche Navigationssysteme den räumlichen Wissenserwerb nur bedingt fördern. Es wäre für die Zukunft erstrebenswert, die Entwicklung von Navigationsgeräten voranzutreiben, die neben der Routenführung auch räumliches Wissen übermitteln. Eine weiterführende Innovation wäre, dem Nutzer ähnlich wie Produktempfehlungen („Leute die das gekauft haben, kauften auch...“) Ortsempfehlungen („if you liked this place/restaurant/shop, you may also like...“) in der Umgebung anzubieten. So könnten *Location-based Games*, ähnlich dem in dieser Arbeit vorgestellten Prototyps, an das individuelle Interesse angepasst werden.

Eine weitere Forschungsfrage ist, inwiefern sich die aktive Auseinandersetzung mit Landmarks, und das Spielen von LBGs auf die Aneignung von Überblickswissen auswirken. Dafür sind ein geeigneter Versuchsaufbau und eine ausgereifte Methodik zu überlegen.

Elektronische Navigationssysteme sollen auch in Zukunft eine wichtige Rolle in der Navigation spielen. Es wird ein Trend weg vom Stand-alone-Navigationsgerät hin zur Integrierung des Navigationssystems in das Smart Phone vermutet. Hierzu wird von vielen Firmen an der Entwicklung ausgereifter Navigations-Apps gefeilt. Wie Münzer et al. (2006) folgerten, gilt es auch weiterhin das Design heutiger Navigationssysteme so zu verändern, dass der Erwerb räumlichen Wissens mehr unterstützt wird. Die Präsentation der Routenanweisung und das Beschäftigen mit der Karte mit der Anforderung räumliche

---

Information zu verarbeiten, könnte in Anlehnung an das Konzept des *Location-based Gamings* kombiniert werden.

# Anhang

---

## Literaturverzeichnis

---

- Anderson, John R. *Kognitive Psychologie*. 6. Herausgeber: Joachim Funke. Berlin Heidelberg: Springer Verlag, Spektrum Akademischer Verlag, 2007.
- Aslan, Ilhan, Maximilian Schwalm, Jörg Baus, Antonio Krüger, und Tim Schwartz. „Acquisition of spatial knowledge in location aware mobile pedestrian navigation systems.“ *Proceedings of the 8th conference on Human-computer interaction with mobile devices and services*. ACM, 2006. 105-108.
- Caduff, David, und Sabine Timpf. „The Landmark Spider: Representing knowledge for wayfinding tasks.“ *AAAI Spring Symposium: Reasoning with Mental and External Diagrams: Computational Modeling and Spatial Assistance*. 2005. 30-35.
- Capra, Mauricio, Milena Radenkovic, Steve Benford, Leif Oppermann, Adam Drozd, und Martin Flintham. „The multimedia challenges raised by Pervasive games.“ *Proceedings of the 13th annual ACM international conference on Multimedia*. ACM. 2005. 89-95.
- Downs, Roger M., und David Stea. „Cognitive mapping and spatial behaviour: Process and Products.“ *Image and Environment*, 1973: 8-26.
- Duden. *Duden online*. 2013. <http://www.duden.de/>.
- Ejsing-Duun, Stine. *Location-based Games: from screen to street*. Doktorarbeit. Aalborg University, The Faculty of Humanities, Department of Communication and Psychology, 2011.
- Elias, Birgit. „Determination of landmarks and reliability criteria for landmarks.“ *Proceedings 5th Workshop on Progress in Automated Map Generalization*. IGN Paris, 2003.
- . *Extraktion von Landmarken für die Navigation*. Doktorarbeit. Univ., Fachrichtung Geodäsie und Geoinformatik, 2006.

- Elias, Birgit, Volkert Paelke, und Sascha Kuhnt. „Kartographische Visualisierung von Landmarken.“ *Aktuelle Entwicklungen in Geoinformation und Visualisierung. GEOVIS 5.Jg., Nr.6.* 2006.
- Fetter, Mirko, Markus Etz, und Heiko Blechschmied. „MOBILE CHASE. Towards a framework for Location-based Gaming.“ *GRAPP 2007 (2nd International Conference on Computer Graphics Theory and Applications).* Barcelona, Spain, 2007.
- Gartner, Georg, Andrew Frank, und Günther Retscher. „Pedestrian Navigation System in Mixed Indoor/Outdoor Environment - The NAVIO Project.“ *CORP*, 2004: 24-27.
- Gartner, Georg, und Verena Radoczky. „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.* 2005. 41-47.
- Gartner, Georg, und Wolfgang Hiller. „Impact of restricted display size on spatial knowledge acquisition in the context of pedestrian navigation.“ In *Location Based Services and TeleCartography II*, von Georg Gartner und Karl Rehrl, 155-166. Berlin Heidelberg: Springer Verlag, 2008.
- Geocaching.com. *The official global GPS Cache Hunt Site.* 2000. [www.geocaching.com](http://www.geocaching.com).
- Golledge, Reginald George, und Robert John Stimson. *Spatial Behavior: A Geographic Perspective.* New York: The Guilford Press, 1997.
- Hart, Roger A., und Gary T. Moore. „The development of spatial cognition: A review.“ In *Image and Environment*, von R. M. Downs und David Stea, 246-288. Chicago, Illinois: Aldine, 1973.
- Huang, Haosheng, Manuela Schmidt, und Georg Gartner. „Spatial Knowledge Acquisition with Mobile Maps, Augmented Reality and Voice in the Context of GPS-based Pedestrian Navigation: Results from a field test.“ *Cartography and Geographic Information Science*, 39, 2012: 107-116.
- . „Comparison of Spatial Knowledge Acquisition with Different Presentation Forms in the Context of GPS-based Pedestrian Navigation.“ *Proceedings of GeoViz\_Hamburg 2011 Workshop.* Hamburg, 2011.

- Huang, Haosheng, und Georg Gartner. „A Survey of Mobile Indoor Navigation Systems.“ In *Cartography in Central and Eastern Europe. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography*, von Georg Gartner und Felix Ortog, 305-319. Berlin Heidelberg: Springer Verlag, 2010.
- Ishikawa, Toru, und Daniel R. Montello. „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.Jg. Nr.2, 2006: 93-129.
- Kleine Zeitung GmbH & Co KG. *Boom bei Navigationsgeräten in Österreich hält an*. 18. 2. 2008. <http://www.kleinezeitung.at/allgemein/automotor/814480/index.do>.
- Konradin Medien GmbH. *Bild der Wissenschaft. Die neuen Welt-Führer*. 1. 6. 2003. [http://www.wissenschaft.de/archiv/-/journal\\_content/56/12054/1559204/Die-neuen-Welt-F%C3%BChrer/](http://www.wissenschaft.de/archiv/-/journal_content/56/12054/1559204/Die-neuen-Welt-F%C3%BChrer/).
- Kraus, Karl. *Photogrammetrie*. 7. Auflage. Bd. 1. Berlin: Walter de Gruyter Verlag, 2004.
- Lancelle, Marcel, Volker Settgast, und Dieter W. Fellner. „Definitely Affordable Virtual Environment.“ *Proceedings of IEEE Virtual Reality*. 2008.
- Lovelace, Kristin, Mary Hegarty, und Daniel R. Montello. „Elements of good route directions in familiar and unfamiliar environments.“ In *Spatial information theory. Cognitive and computational foundations of geographic information science*, von C. Freksa und D. M. Mark, 65-82. Berlin Heidelberg: Springer, 1999.
- Lynch, Kevin. *The Image of the City*. Cambridge, MA: MIT Press, 1960.
- Maderthaner, Rainer, und Helmut Leder. „Allgemeine Psychologie.“ In *Psychologie als Wissenschaft*, von U. Kastner-Koller und P. Deimann, 35-56. Wien: WUV, 2006.
- Michon, Pierre-Emmanuel, und Michel Denis. „When and why are visual landmarks used in giving directions.“ In *Spatial Information Theory "COSIT 2001"*, von Daniel R. Montello, 293-305. Berlin Heidelberg: Springer, 2001.
- Montello, Daniel R. „A New Framework for Understanding the Acquisition of Spatial Knowledge in Large-Scale Environments.“ *Spatial and temporal reasoning in geographic information systems*, 1998: 143-154.

- Montola, Markus. „Exploring the Edge of the Magic Circle: Defining Pervasive Games.“ *Proceedings of DAC 2005*. 2005. 103.
- Münzer, Stefan, Hubert D. Zimmer, Maximilian Schwalm, Jörg Baus, und Ilhan Aslan. „Computer-assisted navigation and the acquisition of route and survey knowledge.“ *Journal of Environmental Psychology*, 26.Jg, Nr.4, 2006: 300-308.
- Nicklas, Daniela, Christoph Pfisterer, und Bernhard Mitschang. „Towards Location-based games.“ *Proceedings of the International Conference on Applications and Development of Computer Games in the 21st Century: ADCOG* *Proceedings of the International Conference on Applications and Development of Computer Games in the 21st Century: ADCOG*. 2001. 61-67.
- Ortag, Felix. *Sprachausgabe Vs Kartendarstellung in der Fußgängernavigation, Diplomarbeit*. 2005.
- Österreichisches Wörterbuch. *Schul Ausgabe*. 38. Aufl. Wien: ÖBV Pädagogischer Verlag, 1998.
- PacManhattan.com. 2004. [pacmanhattan.com](http://pacmanhattan.com).
- Piaget, Jean, und Bärbel Inhelder. *The Child's Conception of Space*. New York, 1967.
- pocketnavigation.de GmbH. *Die ganze Welt der Navigation*. 7. 11. 2008. <http://www.pocketnavigation.de/2008/11/smartphones-verkaufen-sich-besser-als-pnd/>.
- . *Die ganze Welt der Navigation*. 1. 2. 2012. <http://www.pocketnavigation.de/2012/02/pnd-absatz-erneut-rucklaufig/>.
- Presson, Clark C., und Daniel R. Montello. „Points of reference in spatial cognition: Stalking the elusive landmark\*.“ *British Journal of Developmental Psychology* 6.4, 1988: 378-381.
- Quantum GIS Development Team. *Quantum GIS Geographic Information System*. 2013. <http://qgis.osgeo.org>.
- R Development Core Team. *R: A language and environment for statistical computing*. 2008. <http://www.R-project.org>.

- Raubal, Martin, und Stephan Winter. „Enriching Wayfinding Instructions with Local Landmarks.“ In *Geographic Information Science Vol. 2478 of Lecture Notes in Computer Science*, von Max J. Egenhofer und David M. Mark, 243-259. Berlin Heidelberg: Springer Verlag, 2002.
- Rehrl, Karl. „Kognitiv-ergonomische Sprachanweisungen als elektronische Navigationsunterstützung für Fußgängerinnen und Fußgänger. Dissertation.“ 2011.
- Rehrl, Karl, Elisabeth Häusler, und Sven Leitinger. „Comparing the effectiveness of GPS-enhanced Voice Guidance for pedestrians with Metric- and Landmark-based Instruction Sets.“ In *Geographic Information Science*, 189-203. Berlin Heidelberg: Springer, 2010.
- Renner, Georg. *Die Jagd nach Mr. X: Die Stadt als Spielbrett*. 2009. [http://diepresse.com/home/panorama/oesterreich/458989/Die-Jagd-nach-Mr-X\\_Die-Stadt-als-Spielbrett](http://diepresse.com/home/panorama/oesterreich/458989/Die-Jagd-nach-Mr-X_Die-Stadt-als-Spielbrett).
- Richter, Kai-Florian, Drew Dara-Abrams, und Martin Raubal. „Navigating and Learning with Location Based Services: A user-centric design.“ In *Proceedings of the 7th International Symposium on LBS and Telecartography*, von Georg Gartner und Yan Li, 261-276. Guangzhou, China, 2010.
- Rollett, Brigitte, Eva Dreher, und Judith Glück. „Entwicklungspsychologie.“ In *Psychologie als Wissenschaft*, von U. Kastner-Koller und P. Deimann, 77-91. Wien: WUV, 2006.
- Schneider, Jay, und Gerd Kortuem. „How to Host a Pervasive Game-Supporting Face-to-Face Interactions in Live-Action Roleplaying.“ *Position paper at the Designing Ubiquitous Computing Games Workshop at UbiComp*. 2001.
- Scotland Yard. *Luding*. 1983. <http://sunsite.informatik.rwth-aachen.de/luding/Skripte/GameData.py/DEgameid/9642>.
- Siegel, Alexander W., und Sheldon H. White. „The Development of Spatial Representations of Large-Scale Environments.“ In *Advances in Child Development and Behavior, Vol.10*, von H. W. Reese, 9-55. New York: Academic Press, 1975.

- Sorrors, Molly E., und Stephen C. Hirtle. „The nature of landmarks for real and electronic spaces.“ *Spatial Information Theory. Cognitive and Computational Foundations of Geographic Information Science*. Berlin Heidelberg: Springer Verlag, 1999. 37-50.
- Steck, Sibylle D., und Hanspeter A. Mallot. „The Role of Global and Local Landmarks in Virtual Environment Navigation.“ *Presence: Teleoperators and Virtual Environment 9.Jg., Nr.1*, 1997: 69-83.
- Tolman, Edward Chace. „Cognitive maps in rats and men.“ *Psychological Review 55*, 1948: 189-298.
- Tversky, Barbara. „Cognitive Maps, Cognitive Collages, and Spatial Mental Models.“ Herausgeber: A. U. Frank und I. Campari. *Spatial Information Theory: A Theoretical Basis for GIS. COSIT '93*. Berlin: Springer, 1993. 14-24.
- Tversky, Barbara, und Paul U Lee. „Pictorial and Verbal Tools for Conveying Routes.“ In *Spatial Information Theory: Cognitive and Computational Foundations of Geographic Information Science*, von C Freksa und D Mark, 51-64. Berlin Heidelberg: Springer Verlag, 1999.
- Wallace, Mark. *What's the best definition of Pervasive Gaming?* 2013. <http://thelastweblog.com/20111222/whats-the-best-definition-of-pervasive-gaming/>.
- Wikipedia. *jeweilige Begriffssuche*. 2013. <http://www.wikipedia.org>.
- Willis, Katharine S., C. Hölscher, G. Wilbertz, und C. Li. „A comparison of spatial knowledge acquisition with maps and mobile maps.“ *Computers, Environment and Urban Systems*, 2009: 100-110.

## Fragebögen

Name _____ ID __ Gruppe __ Datum _____
Alter __ Geschlecht: m / w Wetter _____

**Fragen vor 1. Testabschnitt:**

JA NEIN

- |  |                          |                          |
|--|--------------------------|--------------------------|
| 1. Waren Sie schon einmal in diesem Bezirksteil der <i>Landstrasse</i> ? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2. Waren Sie schon öfter hier?   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3. Sind Sie im Umgang mit Smartphones vertraut?                          | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4. Besitzen Sie selbst ein Smartphone?                                   | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5. Haben Sie schon einmal ein Navigationsgerät benutzt?                  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
- a. als AutofahrerIn:  tägl.  wöchtl.  monatl.  selten  nie
- b. als FußgängerIn:  tägl.  wöchtl.  monatl.  selten  nie

**Fragen nach jedem Testabschnitt:**

6. Wie lange schätzen Sie die zurückgelegte Route in Metern?

Route 1: \_\_\_\_\_ Meter      Route 2: \_\_\_\_\_ Meter

7. Zeigen Sie bitte in die Richtung, in der der Startpunkt dieser Route liegt!

Route 1: \_\_\_\_\_ Grad (Richtung: \_\_\_\_\_)      Route 2: \_\_\_\_\_ Grad (Richtung: \_\_\_\_\_)

8. Wie gut kannten Sie die zurückgelegte Route?

Route 1:      Route 2:

- |                          |                          |  |
|--------------------------|--------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Ich wohne/wohnte in der Gegend.                          |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Ich bin/war öfter in der Gegend und kenne die Route gut. |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Ich kenne die zurückgelegte Route gar nicht.             |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Ich kenne nur folgende Teile der Route:                  |
|                          |                          | Route 1: _____   |
|                          |                          | Route 2: _____   |

9. Wie gut schätzen Sie ihre erworbenen Ortskenntnisse der eben zurückgelegten Route ein?

Route 1:	<input type="checkbox"/> sehr gut	<input type="checkbox"/> gut	<input type="checkbox"/> wenig gut	<input type="checkbox"/> nicht vorhanden
Route 2:	<input type="checkbox"/> sehr gut	<input type="checkbox"/> gut	<input type="checkbox"/> wenig gut	<input type="checkbox"/> nicht vorhanden

Name _____ ID __ Gruppe __ Datum _____
--

10. Bitte sehen Sie sich folgende Fotos an.

- a. Wählen Sie bitte jene Fotos aus, bei denen Sie glauben, dass sie auf der Route liegen.
- b. Bitte sortieren Sie diese Fotos gemäß dem Routenverlauf.
- c. Für Fotos von Kreuzungen geben Sie bitte an, in welche Richtung Sie gegangen sind.

**Route 1:**

a.	2	3	4	5	7	9	12	13	16	20	22	24	25
b.	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
c.	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____

**Route 2:**

a.	1	6	8	10	11	14	15	17	18	19	21	23	26
b.	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____
c.	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____	_____

11. Bitte zeichnen Sie die gegangene Wegstrecke sowie die Fotostandpunkte in die Karte ein. Zeichnen Sie die Position so genau wie möglich ein und geben Sie die Foto-Nummer an. Sie können auch Fotos einzeichnen, die nicht entlang der Route aufgenommen wurden.

**Nach 2. Testabschnitt:**

12. Bitte bewerten Sie die beiden, getesteten Navigationsarten „klassische Navigation“ und „Location-Based Gaming“. Wie gut haben Sie die Umgebung entlang der Route wahrgenommen? Und begründen Sie ihre Bewertung!

**Route 1:** (sehr gut) 1 2 3 4 5 (schlecht)

Grund: \_\_\_\_\_

**Route 2:** (sehr gut) 1 2 3 4 5 (schlecht)

Grund: \_\_\_\_\_

13. Hätten Sie gern mehr Informationen über die Umgebung entlang der Route erhalten?

**Route 1:**      JA    NEIN

Wenn JA: Was und warum? \_\_\_\_\_

**Route 2:**      JA    NEIN

Wenn JA: Was und warum? \_\_\_\_\_

**Santa Barbara Sense of DirectionTest**

Name: \_\_\_\_\_

ID: \_\_ Gruppe: \_\_ Datum: \_\_\_\_\_

Dieser Fragebogen besteht aus verschiedenen Aussagen über Ihre räumlichen Fähigkeiten, Vorlieben und Erfahrungen beim Finden von Wegen. Zu jeder Aussage sollen Sie angeben, wie der Grad Ihrer Zustimmung mit dieser Aussage am besten übereinstimmt.

„1“ Sie stimmen der Aussage stark zu,

„7“ Sie lehnen diese Aussage stark ab,

„4“ wenn Sie weder zustimmen noch ablehnen.

1. Ich bin sehr gut im Geben von Wegbeschreibungen.

stimme stark zu      1   2   3   4   5   6   7      lehne stark ab

2. Ich kann mir nur schlecht merken, wo ich Dinge liegen gelassen habe.

stimme stark zu      1   2   3   4   5   6   7      lehne stark ab

3. Ich bin sehr gut im Schätzen von Entfernungen.

stimme stark zu      1   2   3   4   5   6   7      lehne stark ab

4. Mein „Orientierungssinn“ ist sehr gut.

stimme stark zu      1   2   3   4   5   6   7      lehne stark ab

5. Wenn ich über meine Umgebung nachdenke, verwende ich meist die vier Himmelsrichtungen (N,S,O,W).

stimme stark zu      1   2   3   4   5   6   7      lehne stark ab

6. In einer neuen Stadt verlaufe ich mich sehr leicht.

stimme stark zu      1   2   3   4   5   6   7      lehne stark ab

7. Landkarten lesen macht mir Spaß.

stimme stark zu      1   2   3   4   5   6   7      lehne stark ab

8. Ich habe Probleme, Wegbeschreibungen zu verstehen.

stimme stark zu      1   2   3   4   5   6   7      lehne stark ab

9. Ich bin sehr gut im Kartenlesen.

stimme stark zu      1   2   3   4   5   6   7      lehne stark ab

10. Als Beifahrer im Auto erinnere ich mich nicht sehr gut an die gefahrenen Strecken.

stimme stark zu      1   2   3   4   5   6   7      lehne stark ab

11. Ich gebe nicht gerne Wegbeschreibungen.

stimme stark zu      1   2   3   4   5   6   7      lehne stark ab

12. Für mich ist es nicht wichtig, zu wissen wo ich bin.

stimme stark zu      1   2   3   4   5   6   7      lehne stark ab

13. Normalerweise überlasse ich anderen die Wegeplanung für längere Fahrten.

stimme stark zu      1   2   3   4   5   6   7      lehne stark ab

14. In der Regel kann ich mich an einen neuen Weg erinnern, wenn ich ihn lediglich einmal zurückgelegt habe.

stimme stark zu      1   2   3   4   5   6   7      lehne stark ab

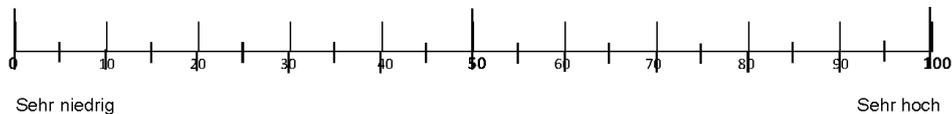
15. Ich habe keine sehr gute „innere Karte“ meiner Umgebung.

stimme stark zu      1   2   3   4   5   6   7      lehne stark ab

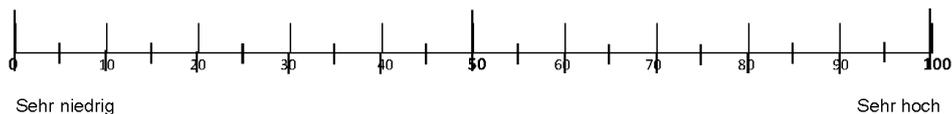
Name \_\_\_\_\_ ID \_\_\_\_\_

Bitte kreuzen Sie jenen Punktwert auf den folgenden Skalen an, der am besten Ihrer Erfahrung mit dem getesteten Szenario **reine Navigation (GeoRoute)** entspricht:

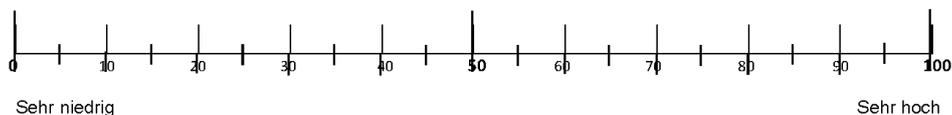
**Geistige Anforderung** Wie hoch waren die geistigen Anforderungen der Aufgabe?  
z.B. Denken, Entscheiden, Rechnen, Erinnern, Beobachten, Suchen, usw.



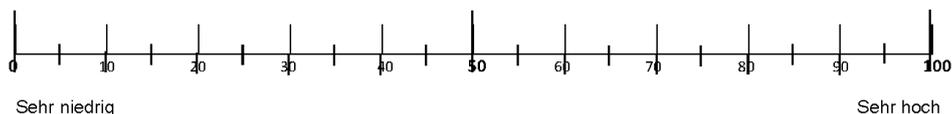
**Körperliche Anforderung** Wie sehr war die Aufgabe körperlich fordernd?



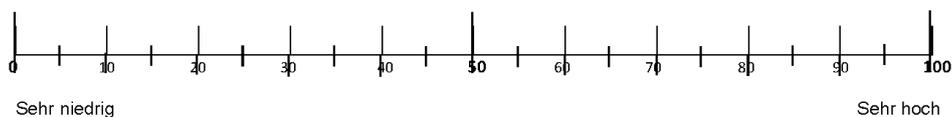
**Zeitliche Anforderungen** Wie sehr eilig oder hastig war die Aufgabe durchzuführen?



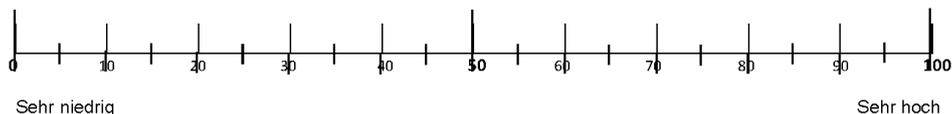
**Leistung** Wie erfolgreich haben Sie die geforderte Aufgabe ihrer Ansicht nach durchgeführt?



**Anstrengung** Wie sehr mussten Sie sich anstrengen um die Aufgabe zu erfüllen?



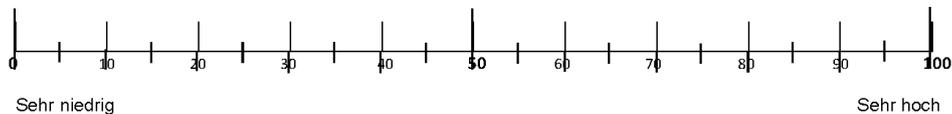
**Frustration** Wie unsicher, entmutigt, irritiert, gestresst und verärgert waren Sie?



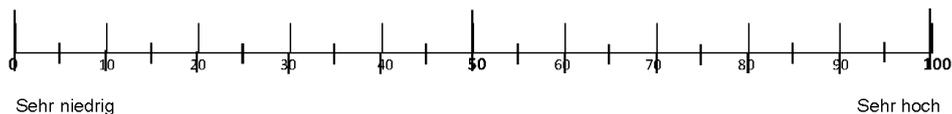
Name \_\_\_\_\_ ID \_\_\_\_\_

Bitte kreuzen Sie jenen Punktwert auf den folgenden Skalen an, der am besten Ihrer Erfahrung mit dem getesteten Szenario **Location-based Game (GeoBuddy)** entspricht:

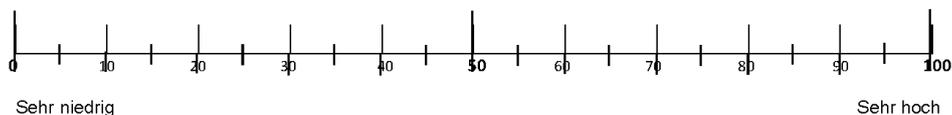
**Geistige Anforderung** Wie hoch waren die geistigen Anforderungen der Aufgabe?  
z.B. Denken, Entscheiden, Rechnen, Erinnern, Beobachten, Suchen, usw.



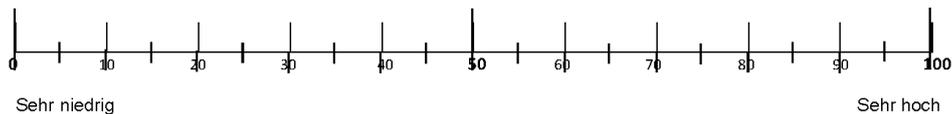
**Körperliche Anforderung** Wie sehr war die Aufgabe körperlich fordernd?



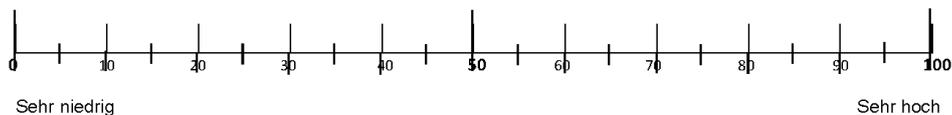
**Zeitliche Anforderungen** Wie sehr eilig oder hastig war die Aufgabe durchzuführen?



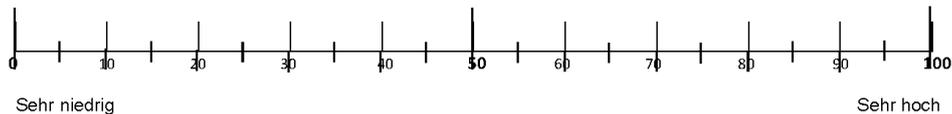
**Leistung** Wie erfolgreich haben Sie die geforderte Aufgabe ihrer Ansicht nach durchgeführt?



**Anstrengung** Wie sehr mussten Sie sich anstrengen um die Aufgabe zu erfüllen?



**Frustration** Wie unsicher, entmutigt, irritiert, gestresst und verärgert waren Sie?



Name: \_\_\_\_\_ ID: \_\_\_\_\_

Stumme Karte - Route 1  
Zeichne die gegangene Route und alle Wegpunkte, Strassennamen und sonstige Orientierungshilfspunkte ein.  
Schreibe dabei für die Wegpunkte einfach die ID-Nummer der Fotos dort auf den Plan, wo sie sich deiner Meinung nach befinden.

Endpunkt

Startpunkt

Legende  
Strasse, Weg  
Gebäude

Quantum GIS - Kartographie: Herold Cerny - copyright 2013

Name: \_\_\_\_\_ ID: \_\_\_\_\_

Stumme Karte - Route 2  
Zeichne die gegangene Route und alle Wegpunkte, Strassenamen und sonstige Orientierungshilfspunkte ein.  
Schreibe dabei für die Wegpunkte einfach die ID-Nummer der Fotos dort auf den Plan, wo sie sich deiner Meinung nach befinden.

Legende  
Strasse, Weg  
Gebäude

Startpunkt

Endpunkt

Quantum GIS - Kartographie: Herold Cerny - copyright 2013