universität wien

MASTERARBEIT / MASTER'S THESIS

Titel der Masterarbeit / Title of the Master's Thesis

Navigationsbasierter Erwerb von räumlichem Wissen mit Karten

Ein Vergleich zwischen analogen Karten und digitalen Navigationsanwendungen auf Tabletcomputern

verfasst von / submitted by

Armin Pflegpeter, BSc

angestrebter akademischer Grad / in partial fulfilment of the requirements for the degree of

Master of Science (MSc)

Wien, 2020

Studienkennzahl lt. Studienblatt / degree programme code as it appears on the student record sheet:	A 066 856
Studienrichtung lt. Studienblatt / degree programme as it appears on the student record sheet:	Kartographie und Geoinformation
Betreut von / Supervisor:	Ass.-Prof. Mag. Dr. Andreas Riedl

Danksagung

„Wie schaut es mit deiner Masterarbeit aus?“ – Eine Frage, die man gegen Ende seines Studiums öfters hört, aber je nach Schaffensfortschritt nicht immer gern beantwortet. Umso schöner ist es, wenn die letzten Zeilen näher rücken und der Moment erreicht ist, an dem man sich bei allen Personen bedanken kann, deren Unterstützung man im Studium erfahren durfte.

Ein besonderer Dank gilt meinen Eltern Edeltraud und Gerhard, die mir meine Ausbildung ermöglicht haben. Vielen Dank für eure Unterstützung!

Ein großes Dankeschön geht auch an Steffi. Ohne deine moralische Unterstützung wäre diese Arbeit nie fertig geworden und ohne dein Lektorat hätte sie niemand lesen wollen.

Herzlichen Dank auch an meinem Betreuer, Professor Riedl, für die vielen nützlichen Tipps und das konstruktive Feedback!

Dass diese Arbeit neben meiner Berufstätigkeit fertiggestellt werden konnte, verdanke ich meinen Vorgesetzten Bernhard, Sven und Georg. Vielen Dank!

Nicht zuletzt möchte ich mich auch bei den vielen freiwilligen Testpersonen bedanken, die sich bereit erklärt haben, an meiner Studie teilzunehmen.

Last but not least möchte ich mich noch bei unserer „Karto-Runde“ und ihrem Ehrenmitglied Patrick bedanken, die mit der richtigen Mischung aus Motivation und Prokrastination einen wertvollen Beitrag zu dieser Arbeit leisteten.

Inhaltsverzeichnis

Inhaltsverzeichnis ..... **i**

Abbildungsverzeichnis ..... **iii**

Tabellenverzeichnis ..... **iv**

Abkürzungsverzeichnis ..... **v**

Kurzfassung ..... **vi**

1 Einleitung **1**

1.1 Einführung in das Forschungsthema 1

1.2 Problemstellung 4

1.3 Hypothese 6

1.4 Methodik und Zielsetzung 6

2 Kognition **8**

2.1 Das kognitive System 8

2.2 Räumliche Kognition 11

3 Kognitive Karten **14**

3.1 Form und Struktur kognitiver Karten 15

3.2 Erwerb kognitiver Karten 19

3.2.1 Direkter Erwerb 21

3.2.2 Indirekter Erwerb 23

3.3 Genese und Entwicklung kognitiver Karten 28

3.3.1 Landmarken und räumliche Referenzsysteme 28

3.3.2 Ontogenese und Mikrogenese kognitiver Karten 32

4 Navigation **39**

4.1 Wayfinding und Lokomotion 39

4.2 Orientierung 40

4.3 Navigationsbasierter Wissenserwerb mit Karten 46

5 Kognitive Karten und Kartographische Kommunikation 52

5.1 Kartographie und Kognition 52

5.2 Kartographische Kommunikationsmodelle 57

5.3 Kartographische Kommunikation im Kontext technologischer Entwicklungen 63

5.3.1 Geographische Informationssysteme 64

5.3.2 Internet-Kartographie 65

5.3.3 Mobile Kartographie und Neocartography 68

5.3.4 Chancen und Risiken 70

6 Empirische Studie 74

6.1 Methodologische Überlegungen 74

6.2 Testdesign 80

6.2.1 Testpersonen 80

6.2.2 Testgebiet 82

6.2.3 Unterlagen 84

6.2.4 Versuchsablauf 87

6.3 Ergebnisse 93

6.3.1 Landmarkenwissen 93

6.3.2 Routenwissen 94

6.3.3 Überblickswissen 97

6.4 Schlussfolgerungen 99

7 Zusammenfassung 104

8 Literaturverzeichnis 108

9 Online Quellen 116

Anhang I: Navigationsgrundlage der Kartengruppe 117

Anhang II: SBSOD Onlinefragebogen 118

Anhang III: Landmarkenfotos 121

Anhang IV: Antwortbögen der Fotoaufgaben 133

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Analoge (nicht-hierarchische) Repräsentation des fiktiven Staats Dyland (LLOYD 1997: 14) ... 16

Abb. 2: Enkodierung des fiktiven Staats Dyland in einem propositionellen Netzwerk (LLOYD 1997: 15) ... 17

Abb. 3:Topologie der Bundesstaaten Nevada und Kalifornien bzw. der Städte Reno und San Diego ... 18

Abb. 4: Modell für kognitives Kartieren nach DOWNS (1970) ... 20

Abb. 5: Ausrichtung einer YAH-Karte in und entgegen der Blickrichtung des Betrachters (LEVINE 1982: 232) ... 27

Abb. 6: Egozentrisches Referenzsystem, Quelle: URL 2 ... 30

Abb. 7: Drehungs- und Ausrichtungsheuristiken: Südamerika wird an die Lage Nordamerikas angepasst und an den Meridianen ausgerichtet (LLYOD 1989: 105) ... 31

Abb. 8: Schematischer Vergleich der Theorien zur Entwicklung von räumlichem Wissen nach ISHIKAWA und MONTELLO 2006 ... 38

Abb. 9: Blickrichtung, Kurs und Peilung (aus LOOMIS 1999: 126) ... 41

Abb. 10: Schema für Wegintegration, Quelle: URL 3 ... 43

Abb. 11: Kommunikation im Sender-Empfänger-Modell, Quelle: URL 4 ... 58

Abb. 12: Modell kartographischer Kommunikation nach Koláčný in TAINZ (2010) ... 59

Abb. 13: Kartographisches Kommunikationsnetz, Quelle: HAKE et al. 2002: 22 ... 61

Abb. 14: LBS und AR in *Pokémon GO*, Quelle: URL 8 ... 69

Abb. 15: Verlauf der Testroute, Datenquellen: basemap.at, OSM, data.gv.at ... 83

Abb. 16: Format des Test-Tablets verglichen mit einer gedruckten Karte ... 85

Abb. 17: Ausschnitt der Testroute in *OsmAnd* ... 86

Abb. 18: Richtungsschätzung mit der App *GPS Status* ... 88

Abb. 19: Kartenskizze einer Testperson, der schwarze Rahmen entspricht im Original dem Format DIN A4 ... 90

Abb. 20: Foto aus der Landmarkenerkennungsaufgabe ... 91

Abb. 21: Foto mit möglichen Richtungsentscheidungen ... 92

Abb. 22: Verteilung der Testergebnisse aus dem sketch mapping ... 95

Abb. 23: Box-Plot der Distanzschätzungen ... 98

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kennzahlen der Testgruppen zu Alter und Geschlecht 81

Tabelle 2: Statistik der Tests zu Landmarkenwissen 94

Tabelle 3: Statistik der Tests zu Routenwissen 95

Tabelle 4: Statistik der Tests zu Überblickswissen 97

Tabelle 5: Korrelation zwischen SBSOD Score und den Testergebnissen 102

Abkürzungsverzeichnis

ADM	Arbeitskreis Deutscher Markt- und Sozialforschungsinstitute
ANCOVA	Analysis of Covariance
AJAX	Asynchronous JavaScript and XML
AR	Augmented Reality
DHTML	Dynamic Hypertext Markup Language
DIN	Deutsches Institut für Normung
GIS	Geographische Informationssysteme
GNSS	Globales Navigationssatellitensystem
GPS	Globa Positioning System
GPX	GPS Exchange Format
ITU	International Telecommunication Union
KG	Kartengruppe
LBS	Location Based Services
M	Arithmetisches Mittel
OGC	Open Geospatial Consortium
ÖPNV	Öffentlicher Personennahverkehr
OSM	Open Street Map
PDA	Personal Digital Assistant
SBSOD	Santa Barbara Sense of Direction Scale
SD	Standardabweichung
TCP/IP	Transmission Control Protocol/Internet Protocol
TG	Tabletgruppe
URL	Uniform Resource Locator
WLAN	Wireless Local Area Network
WWW	World Wide Web
XML	Extensible Markup Language
YAH	You Are Here

Kurzfassung

Räumliches Wissen befähigt Menschen sich in ihrer Umwelt zurechtzufinden, raumrelevante Entscheidungen zu treffen und räumliche Probleme zu lösen. Der Erwerb dieses Wissens findet im Zuge direkter Umweltinteraktion oder indirekt mit Hilfe von Modellen, Simulationen und Beschreibungen der Umwelt statt. Besonders in unbekannten Umgebungsräumen ist die Navigation mit Karten ein gängiges Anwendungsszenario in dem sowohl direkter als auch indirekter Wissenserwerb stattfindet. Im prädigitalen Zeitalter diente vor allem die gedruckte Karte als Navigationswerkzeug, während heute vorwiegend Navigationsanwendungen auf mobilen Endgeräten für diesen Zweck herangezogen werden. Navigationsapplikationen sind eine einfache und nutzerfreundliche Möglichkeit um zu einem gewünschten Ziel zu navigieren, da die Aufgaben der Positionierung und des Routings vom Nutzer/von der Nutzerin auf das Gerät ausgelagert werden können. In Bezug auf räumlichen Wissenserwerb werden dieser Umstand und die im Vergleich zur analogen Karte kleinere Darstellungsfläche jedoch oft als Nachteile angesehen. Die vorliegende Masterarbeit untersucht mögliche Unterschiede der beschriebenen Navigationsmodi anhand einer empirischen Studie. Darin wurden TeilnehmerInnen zweier Testgruppen aufgerufen entweder mittels einer gedruckten Karte oder Navigationsapplikation auf einem Tabletcomputer entlang einer vorgegebenen Route zu navigieren. Anschließend wurde das dabei erworbene räumliche Wissen mit acht Testverfahren überprüft und in einer Kovarianzanalyse verglichen. Dabei konnte in keinem der Tests ein signifikanter Unterschied zwischen der Karten- und Tabletgruppe festgestellt werden.

Schlüsselwörter: räumlicher Wissenserwerb, kognitive Karte, Navigation, Wayfinding, Orientierung, kartographische Kommunikation, Tablet

Abstract

Spatial knowledge is the foundation for wayfinding and spatial problem solving. The acquisition of spatial knowledge occurs directly through the interaction with one‘s surroundings or indirectly with the help of models, simulations and descriptions of the spatial environment. Map-based navigation is a common use case for both direct and indirect spatial knowledge acquisition, particularly in unknown environments. While paper maps were the prevalent navigation tool in the pre-digital era, today navigation applications on portable devices are dominating this field. Navigation apps are an easy and user-friendly way to navigate to a desired destination, since the user outsources the tasks of positioning and routing. However, in terms of spatial knowledge acquisition it has been argued that the outsourcing of cognitive tasks combined with a smaller map display area provided on mobile devices are seen as disadvantages compared to an analog map. This master thesis examines possible differences between the described navigation modes empirically. In a study, participants in two test groups had to navigate along a predefined route using either a printed map or navigation application on a tablet computer. The spatial knowledge acquired was then checked using eight test methods and compared in an analysis of covariance. The results revealed no significant differences between the groups in any of the tests.

key words: spatial knowledge acquisition, cognitive map, navigation, wayfinding, orientation, cartographic communication, tablet computer

1 Einleitung

Im folgenden Kapitel wird die Bedeutung der Erforschung von räumlichem Wissen im Allgemeinen und im kartographischen Kontext behandelt. Darauf aufbauend werden im Anschluss die behandelte Problemstellung, die aufgestellte Hypothese, die gewählte Methodik und die Zielsetzung der Arbeit beschrieben.

1.1 Einführung in das Forschungsthema

Jeder Mensch besitzt Wissen über seine räumliche Umwelt. Dieses Wissen eignen wir uns fortwährend in einem Prozess an, der bewusst und unbewusst stattfindet. Die einfachste und gängigste Art sich räumliches Wissen anzueignen, ist die direkte Umwelterfahrung. Die meisten menschlichen Aktivitäten haben einen räumlichen Kontext. Im Zuge dieser Aktivitäten eignen sich Menschen Informationen über ihre Umwelt an, die ihnen dabei helfen räumliche Problemstellungen zu bewältigen.

Eine räumliche Problemstellung, mit der man fortwährend konfrontiert wird, ist die der Orientierung bzw. der Navigation. Dabei gilt es zu klären, wo sich der eigene Standort befindet und wie man am effektivsten ein gewünschtes Ziel erreicht. Wenn man sich mit dieser Problemstellung in einem Gebiet auseinandersetzen muss, das man noch nicht kennt, ist neben der aktiven Umwelterfahrung die Zuhilfenahme von Sekundärquellen für räumliches Wissen notwendig, also die Verwendung von externen Repräsentationen des Raums. Dazu zählen schriftliche oder verbale Wegbeschreibungen, Filme oder Bilder, vor allem aber Karten und kartenverwandte Darstellungsformen.

Das Ergebnis der Aneignung räumlichen Wissens ist die mentale Repräsentation des wahrgenommenen Raums, die häufig als *mental map* bzw. *kognitive Karte* bezeichnet wird. Der Begriff wurde durch den amerikanischen Psychologen Edward TOLMAN (1948) geprägt. Er fand in Laborexperimenten heraus, dass sich Ratten in einem Labyrinth den Weg zu einem Futterreservoir nicht nur anhand von Reiz-Reaktionsschemata merken, sondern sich auch Wissen über übergeordnete räumliche Strukturen aneignen. Dieses Wissen ermöglichte es den Versuchsratten, die Zielposition auch auf alternativen Routen

zu finden. Die Überlegung, dass räumliches Verhalten von Tieren und Menschen durch eine kognitive Karte beeinflusst wird, wurde nach Tolmans Experiment zunächst hauptsächlich von Seiten der Psychologie erforscht. Ab den 1960er Jahren wendet sich auch die Geographie, speziell die Verhaltensgeographie, zunehmend kognitiven Fragestellungen zu (MARK et al. 1999: 751).

Innerhalb der Kartographie werden etwa zur gleichen Zeit vermehrt Studien zur Bedeutung der Kognition für den Kartenentwurf unternommen (vgl. MONTELLO 2002). Der Kartenentwurf wird dabei als Kommunikationsprozess verstanden, in dem raumbezogene Informationen zwischen einem/einer KartenerstellerIn und einem/einer KartennutzerIn über ein kartographisches Medium ausgetauscht werden. Die räumliche Umwelt wird in dem Kommunikationsprozess im Zuge des Kartenentwurfs durch das kartographische Modell repräsentiert. Dieses wird wiederum in einem weiteren Schritt auf Nutzerseite in Form des mentalen Modells wahrgenommen. Die Kognition bzw. die Prozesse, die daran beteiligt sind (z.B.: Wahrnehmung, Aufmerksamkeit, logisches Denken, Erinnerung), bilden dabei das Bindeglied zwischen diesen Modellen. Die Untersuchung kartographischer Kommunikation versucht demnach Zusammenhänge von Karte und kognitiver Karte offenzulegen, um den Entwurf und den Gebrauch von Karten zu verbessern. Im Sinne des Erwerbs von räumlichem Wissen zur Lösung räumlicher Problemstellungen stellt sich für die theoretische und angewandte Kartographie also die Frage, wie raumbezogene Informationen möglichst effizient an einen/eine KartennutzerIn kommuniziert werden können.

Die Erforschung von kartographischer Kommunikation und räumlichem Wissenserwerb erfolgt häufig in Zusammenhang mit dem Thema Navigation. Eine verständliche Assoziation, schließlich helfen Karten Menschen schon seit der Antike dabei, ihre Umwelt besser zu verstehen und möglichst schnell und sicher von „A nach B“ zu gelangen (ISHIKAWA 2013: 17). Vor allem wenn man einen Weg in einem Gebiet finden muss, welches einem nicht vertraut ist, sind Karten ein probates Hilfsmittel, um ans Ziel zu gelangen. Bis Ende des 20. Jahrhunderts wurde dieser Zweck ausschließlich von gedruckten Karten erfüllt. Durch die zunehmende Digitalisierung in allen Bereichen der Kartenherstellung

und die gleichzeitige Entwicklung immer leistungsfähigerer Hardware, wird die analoge Karte als Navigationshilfsmittel zunehmend von mobilen Endgeräten verdrängt. Diese Devices bieten mehr als eine statische Visualisierung der räumlichen Umwelt (DILLEMUTH 2005: 11). Moderne Smartphones sind standardmäßig mit unterschiedlichen Sensoren wie GPS (Global Positioning System)- oder anderen GNSS (Global Navigation Satellite System)-Empfängern, Accelerometern (Beschleunigungsmesser) oder Gyroskopen ausgestattet, die in Verbindung mit einer mobilen Datenverbindung und geeigneter Software (Karten- bzw. Navigationsdienste) dazu in der Lage sind, Position und Orientierung eines Anwenders/einer Anwenderin fortwährend zu erfassen und somit Routeninformationen in Echtzeit und in-situ bereitzustellen (HUANG et al. 2012: 107).

Diese Entwicklungen bieten neue Möglichkeiten, um die Navigation mit Karten einfacher und komfortabler zu gestalten. Sie stellen die moderne Kartographie jedoch auch vor neue Herausforderungen. Ein wichtiger Aspekt dabei ist die veränderte Größe des kartographischen Mediums. In der prä-digitalen Ära waren KartographInnen mit dem Problem konfrontiert, den Karteninhalt auf ein bestimmtes Papierformat abstimmen zu müssen. Karten, die in einem Navigationskontext verwendet wurden, sollten den nötigen Überblick über einen räumlichen Ausschnitt geben und das in einem handlichen Format. Entscheidend dafür waren die Wahl des Maßstabs, der Grad der Generalisierung, die verwendete Kartengraphik und die Falzung (GARTNER 2011).

Mobile Endgeräte wie Smartphones erlauben es, Karteninhalte dynamisch und interaktiv darzustellen. Funktionen wie Zooming oder Panning (Vergrößern bzw. Verschieben des Kartenausschnitts) gehören mittlerweile zum Standardrepertoire jeder zeitgemäßen Kartenanwendung. Dadurch ist man beim kartographischen Entwurf zwar nicht mehr auf die Kombination aus Papierformat und Maßstab beschränkt, hat aber weitaus weniger Platz zur Verfügung, um einen räumlichen Überblick zu bieten, was der kleineren Darstellungsfläche von Bildschirmen mobiler Endgeräte geschuldet ist. Für die Navigation mit Karten bedeutet dieser Umstand, dass ein modernes kartographisches Medium nicht denselben Überblick über einen räumlichen Ausschnitt bieten kann, wie sein analoges Pendant. Bei gleichem Maßstab kann auf elektronischen Navigationshilfen nur ein

kleinerer Kartenausschnitt dargestellt werden. Zur Visualisierung des gleichen Ausschnitts muss der Maßstab verkleinert werden, was wiederum eine stärkere Generalisierung mit sich bringt.

1.2 Problemstellung

Studien über die Navigation mit Karten auf unterschiedlichen Trägermedien versuchen meistens Erkenntnisse über die Effektivität des verwendeten Mediums für Navigationszwecke zu gewinnen. Der Grad der Effektivität wird dabei meist daran gemessen, ob, und wie schnell man ein Ziel mit Hilfe der verwendeten Karte erreicht. Karten- und Navigationsdienste auf elektronischen Endgeräten sind analogen Karten auf Papier in dieser Hinsicht trotz der Problematik der verkleinerten Darstellungsfläche meistens überlegen. Der Vorteil von Navigationssystemen gegenüber der Navigation mit Papierkarten besteht darin, dass sie die meisten Aufgaben des Navigators/der Navigatorin übernehmen. Dazu zählt die Positionsbestimmung, die Routenplanung und Routenverfolgung (RADOVAN 2008: 95). Wenn diese Aufgaben durch ein Gerät übernommen werden, bedeutet dies für den Navigator/die Navigatorin einen geringeren kognitiven und zeitlichen Aufwand, um erfolgreich ein Ziel zu erreichen.

Dank digitaler Navigationshilfen ist es also wesentlich einfacher und bequemer geworden, durch ein unbekanntes Gebiet zu navigieren. Ein Aspekt wird bei Studien zur Effektivität von Navigationshilfen jedoch oft vernachlässigt, nämlich die Auswirkungen auf den Erwerb von räumlichem Wissen während der Navigation. Einige Studien, die sich speziell mit diesem Thema befassen, zeigten, dass der räumliche Wissenserwerb durch die Verwendung von Navigationsdiensten negativ beeinflusst wird. Ishikawa fand in mehreren praktischen Studien heraus, dass sich Testpersonen mit mobilen Navigationssystemen bei Navigationsübungen ein weniger umfangreicheres Wissen über das Testgebiet aneigneten, als Probanden mit analogen Karten (ISHIKAWA et al. 2008, ISHIKAWA 2013; ISHIKAWA et al. 2009). Die Studien von MÜNZER (et. al. 2006) und HILLER (2008) kamen bei einem ähnlichen Testszenario (Navigation mit analoger Karte vs. Navigation mit Karte auf einem tragbaren Computer) zu vergleichbaren Ergebnissen.

Als negative Einflussgrößen für den räumlichen Wissenserwerb wurden mehrere Ursachen identifiziert. Einen Hauptfaktor stellt die geringere Darstellungsfläche im Vergleich zur Papierkarte dar. Wie bereits dargelegt, kann auf mobilen Endgeräten oft nicht der ganze Routenverlauf dargestellt werden, oder wenn, dann nur auf Kosten starker Generalisierung. Sowohl eine Segmentierung, als auch eine Generalisierung der Karteninhalte wirken sich negativ auf den Wissenserwerb aus (ISHIKAWA 2013: 18). Der geringere kognitive Aufwand bei der Verwendung von Navigationsanwendungen führt zu einem weiteren negativen Einflussfaktor, den MÜNZER als Prinzip der aktiven Enkodierung (*active encoding principle*) beschreibt (et al. 2006: 300). Demzufolge kann während der Navigation nur Information erlernt und im Gedächtnis gespeichert werden, die „aktiv", also unter Aufwendung kognitiver Ressourcen, verarbeitet wird. Diese kognitiven Ressourcen kommen bei der Verwendung von Navigationssystemen aber kaum zum Tragen oder werden für die Wahrnehmung des Geräts anstelle der Umgebung aufgewandt. Testpersonen richteten ihre Aufmerksamkeit 30 Prozent länger auf elektronische Karten, als auf Papierkarten (Ishikawa 2013: 22).

Ein Anwendungsfall, der in bisherigen Untersuchungen noch nicht berücksichtigt wurde, ist die Verwendung von Karten- und Navigationsanwendungen auf Tabletcomputern (kurz Tablets). Tablets sind tragbare Computer, die in Funktionalität, Leistung und Bedienung mit Smartphones vergleichbar sind. Die Verbreitung von Tablets hat in den letzten Jahren stark zugenommen. So wurden im Jahr 2017 weltweit bereits 164 Millionen Tablets verkauft (URL 1). Zudem sind die Karten- und Navigationsdienste der größten Anbieter *Google* (*Google Maps*), *Microsoft* (*Here Maps*) und *Apple* (*Apple Maps*) kostenlos verfügbar. Damit sind Tablets neben Smartphones eines der gängigsten mobilen Endgeräte, die für Navigationszwecke zum Einsatz kommen. Da bei Tablets die Telefonfunktion von keiner oder nur untergeordneter Bedeutung ist, weist diese Geräteklasse im Durchschnitt eine deutlich größere Displayfläche auf, als ein Smartphone. Dank einer ähnlich kompakten Bauweise, büßt ein Tablet im Vergleich aber nur wenig an Mobilität ein. Es stellt sich daher die Frage, ob Tablets, durch die Möglichkeit einen größeren oder weniger stark generalisierten räumlichen Ausschnitt als Smartphones

darzustellen, klassischen Papierkarten hinsichtlich des erworbenen Wissens bei der Navigation ebenbürtig sind oder ob aufgrund des geringeren kognitiven Aufwands beim Navigieren, ähnliche Ergebnisse wie bei Referenzstudien mit anderen mobilen Navigationshilfen zu erwarten sind.

1.3 Hypothese

In dieser Masterarbeit wird anhand einer empirischen Studie der Erwerb von räumlichem Wissen untersucht, welches sich Testpersonen entweder während der Navigation mit einer analogen Karte oder einem Navigationssystem auf einem Tablet aneignen. Die Fragestellung beschränkt sich dabei auf die Navigation zu Fuß im urbanen Raum. Um sicherzustellen, dass die Ergebnisse nicht verfälscht werden, werden nur Personen getestet, die noch kein räumliches Wissen über das Testgebiet besitzen.

Aus der beschriebenen Problemstellung ergibt sich im Rahmen dieser Testbedingungen folgende Hypothese:

Der Grad des erworbenen räumlichen Wissens ist bei Testpersonen, die mit analogen Karten navigieren, höher, als bei Personen, die mit Hilfe einer Navigationsanwendung auf einem Tablet navigieren.

Argumentation: Die erfolgreiche Navigation mit einer Karte setzt den Einsatz kognitiver Ressourcen zur Lagebestimmung, Orientierung und Routenplanung voraus. Es ist somit eine aktive Auseinandersetzung mit Karteninhalt und räumlicher Umwelt von Nöten. Bei der Navigation mit Tablet konzentrieren sich kognitive Ressourcen weitestgehend auf das Gerät, weshalb mit einer geringeren Aufnahme von Umweltstimuli und in weiterer Folge einem geringeren räumlichen Wissenserwerb zu rechnen ist.

1.4 Methodik und Zielsetzung

Die Prüfung der aufgestellten Hypothese erfolgt in zwei aufeinanderfolgenden Teilen. Im ersten Teil der Arbeit werden theoretische Grundlagen zum Erwerb räumlichen Wissens

anhand einer eingehenden Literaturrecherche erörtert. Dabei wird geklärt, wie Menschen Informationen über ihre Umwelt perzeptiv und kognitiv verarbeiten, wie die daraus entstehende mentale Repräsentation des Raums strukturiert ist und welche Methoden zur Verfügung stehen, um Erkenntnisse über räumliches Wissen zu erlangen. Das darauffolgende Kapitel widmet sich der Frage der Bedeutung kognitiver Karten im Kontext kartographischer Kommunikation.

Die theoretischen Grundlagen werden im zweiten Teil der Arbeit in Form einer empirischen Studie umgesetzt. Als Untersuchungsmethode wird ein Navigationsexperiment durchgeführt. Dabei müssen sind Testpersonen aufgerufen, entweder mit einer analogen Karte oder einer Kartenanwendung auf einem Tablet entlang einer vorgegebenen Route zu navigieren. Danach wird das erworbene räumliche Wissen anhand einer Reihe von Tests abgefragt, die bereits in vergleichbaren Studien zur Anwendung gekommen und erprobt worden sind. Dazu zählen eine Distanz- und Richtungsschätzung, der *Santa Barbara Sense of Direction-Test* (Selbsteinschätzung räumlicher Fähigkeiten), Anfertigen einer Kartenskizze (*sketch mapping*) sowie eine Landmarkenerkennungs-, Landmarkenabfolge-, Routenverlauf- und Landmarkenplatzierungsaufgabe. Die dadurch gewonnenen Daten werden verwendet, um einen Rückschluss auf das erworbene räumliche Wissen der beiden Testgruppen zuziehen. Mit Hilfe einer Kovarianzanalyse wird ermittelt, ob das Wissen der ProbandInnen sich signifikant unterscheidet. Abschließend werden alle Ergebnisse zusammengefasst, diskutiert und mit einem Ausblick auf zukünftige Fragestellungen ergänzt.

Die vorliegende Masterarbeit soll neue Erkenntnisse zum navigationsbasierten Wissenserwerb mit Karten liefern. Bislang existieren erst wenige Studien die räumlichen Wissenserwerb aus Karten im Navigationskontext untersuchen. Auch der direkte Vergleich zwischen analogen Karten und Navigationsapplikationen auf mobilen Endgeräten wurde erst selten angestellt. Hier herrscht eine Forschungslücke, die durch die beschriebene Studie zumindest teilweise geschlossen werden soll. Vorrangiges Ziel der Arbeit ist es, Daten unter realistischen Bedingungen und mit Hilfe von Navigationstools zu erheben, die dem aktuellen Stand der Technik entsprechen.

2 Kognition

Überlegungen darüber, wie Menschen sich Wissen aneignen, finden sich schon seit der Antike bei Philosophen wie Platon oder Ptolemäus (CARBON 1998: 1; RADOVAN 2008: 17). Außerhalb der Philosophie beginnt die wissenschaftliche Auseinandersetzung zu diesem Thema am Anfang des 20. Jahrhunderts in der Psychologie in Zusammenhang mit dem Begriff *Kognition*. Dieser leitet sich vom Wort *gignoskein* (Griechisch) bzw. *cognoscere* (Lateinisch) ab und kann mit *erfahren*, *wahrnehmen* oder *wissen* übersetzt werden. Die Bedeutung der Kognition für das Verhalten von Menschen und Tieren wird in der Psychologie in der Mitte des 20. Jahrhunderts zum zentralen Paradigma und leitet die sogenannte *kognitive Wende* vom Behaviorismus zum Kognitivismus ein. Während im Behaviorismus Verhalten, unabhängig von Vorgängen im Gehirn, als Reaktion auf interne und externe Reize erklärt wird (Reiz-Reaktions-Schema), ist im Kognitivismus der Einfluss von Phänomenen wie Gedächtnis, Wahrnehmung, Aufmerksamkeit oder Bewusstsein von zentraler Bedeutung, die mit dem Begriff Kognition zusammengefasst werden.

2.1 Das kognitive System

Die Grundlage für die theoretische und empirische Erforschung von Kognition basiert auf dem Informationsverarbeitungsansatz (REDTENBACHER 1996: 16). Dabei wird Kognition als Informationsverarbeitungssystem verstanden, „das zwischen Umgebungsinput und Verhalten interveniert“ (FRENSCH 2006: 20). Dieses kognitive System kann man sich wie einen Computer vorstellen, der über zwei Elementarkomponenten verfügt, einen Prozessor und einen Speicher. Durch den Prozessor können Informationen aufgenommen, kodiert und organisiert werden. Im Speicher kann die verarbeitete Information gesichert und zu einem späteren Zeitpunkt wieder abgerufen werden. Das Ergebnis von Verarbeitung und Speicherung ist die mentale Repräsentation von Information, die in der Kognitionspsychologie als Wissensrepräsentation bezeichnet wird. MAY bringt es wie folgt auf den Punkt: „*Der Mensch weiß etwas über die Realität (z.B. Gegenstände der realen Welt)*

dadurch, dass er mentale Strukturen bildet und transformiert, die stellvertretend für diese (repräsentierte) Welt stehen" (1992: 38).

Um sich Wissen anzueignen, ist also die mentale Verarbeitung und Speicherung von Information nötig. Da das kognitive System nur über eine begrenzte Kapazität verfügt und ständig mit einer unendlichen Menge an Information konfrontiert wird, finden während der Verarbeitung durch die menschliche Wahrnehmung und der Speicherung durch das Gedächtnis Selektions-, Vereinfachungs- und Ordnungsprozesse statt.

Die Wahrnehmung (auch Perzeption genannt) ist ein Teil des kognitiven Systems, das für die Aufnahme und Verarbeitung unmittelbar auftretender Reizinformationen verantwortlich ist. Diese räumliche und zeitliche Unmittelbarkeit unterscheidet perzeptive und kognitive Informationsverarbeitung (GOLLEDGE und STIMSON 1997: 191). Der Übergang von Perzeption zu Kognition findet also dann statt, wenn Umweltinformationen nicht mehr direkt durch die menschlichen Reizrezeptoren aufgenommen werden können. Für die Wahrnehmung stehen dem Menschen eine Reihe von Rezeptoren zur Verfügung. Man unterscheidet zwischen Rezeptoren, die auf Reizinformationen außerhalb des Körpers reagieren (Exterorezeptoren) und Rezeptoren, die zur Wahrnehmung des inneren Zustands des Organismus dienen (Interorezeptoren). Die Wahrnehmung durch Exterorezeptoren erfolgt visuell (Augen), auditiv (Ohren), olfaktorisch (Nase), gustatorisch (Mund) und taktil (Haut). Interorezeptoren ermöglichen die Wahrnehmung von Schmerz (Nozizeption), Temperatur (Thermozeption), Gleichgewicht sowie Körperempfindungen (Propriozeption). Rund 80 Prozent der wahrgenommenen Informationen entfallen dabei auf die visuelle Wahrnehmung (DAHM 2006: 41). Sie stellt vor allem bei der räumlichen Wahrnehmung den wichtigsten Informationsinput dar. Die akustische, taktile und olfaktorische Wahrnehmung sind im Kontext der räumlichen Wahrnehmung weitaus weniger wichtig und dienen der Ergänzung oder Präzisierung visueller Information. Der Geschmackssinn spielt für die räumliche Kognition praktisch keine Rolle (RADOVAN 2008: 16).

Die Wahrnehmung bildet den ersten Informationsfilter im kognitiven System. Das ist einerseits durch physiologische Einschränkungen bedingt, da die menschlichen

Sinnesorgane nur einen Teil der verfügbaren Information wahrnehmen können. So kann visuell nur ein kleiner Teil des elektromagnetischen Spektrums zwischen 380nm bis 750nm wahrgenommen werden. Die Grenzen der auditiven Wahrnehmung werden durch den Hörbereich definiert, der bei Menschen ca. zwischen 20 Hz und 20 000 Hz liegt. Die Umweltreize, die innerhalb dieser Grenzwerte noch wahrnehmbar sind, sind weiteren Selektionsprozessen unterworfen. Diese Selektionsprozesse sind notwendig, da das menschliche Gedächtnis nur über eine begrenzte Kapazität verfügt.

Im Informationsverarbeitungsansatz wird zwischen drei Gedächtnissystemen unterschieden, dem sensorischen (oder Ultrakurzzeit-)Gedächtnis, dem Arbeits- (oder Kurzzeit-)Gedächtnis und dem Langzeitgedächtnis. Die Reizaufnahme beginnt im sensorischen Gedächtnis, das eine große Aufnahmekapazität besitzt, dafür Informationen aber nur weniger als eine Sekunde lang speichern kann. Diese Zeitspanne reicht für die Objekterkennung, die durch die Aufmerksamkeit gesteuert wird. Aufmerksamkeit wird im kognitiven System als begrenzte Ressource betrachtet und ist für die Selektion relevanter Information verantwortlich (FRENSCH 2006: 21). Informationen im sensorischen Gedächtnis, für die Aufmerksamkeit aufgewendet wird, werden ins Kurzzeitgedächtnis übermittelt. Geschieht dies nicht, gehen die Informationen wieder verloren.

Im Arbeitsgedächtnis werden jene Informationen verarbeitet, die für den momentanen Kontext relevant sind. Dafür greift das Arbeitsgedächtnis sowohl auf neue Information aus dem sensorischen, als auch auf gespeichertes Wissen aus dem Langzeitgedächtnis zu. Die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses für diese Aufgabe ist stark beschränkt. Basierend auf den Untersuchungen des amerikanischen Psychologen George Miller geht man heute davon aus, dass das Arbeitsgedächtnis sieben (plus oder minus zwei) Informationseinheiten verarbeiten kann (MILLER 1956). Da diese Beschränkung für die anfallenden Mengen neuer Information aus dem sensorischen Gedächtnis nicht ausreicht, finden Prozesse statt, die als *chunking* bezeichnet werden. Beim chunking werden Informationseinheiten auf sinnvolle Art miteinander zu neuen Einheiten (*chunks*) verknüpft. Somit können zwar nicht mehr Einheiten, aber je Einheit können weitaus mehr Informationen verarbeitet werden (KULHAVY und STOCK 1996: 131). Ein einfaches Beispiel

für chunking ist das Zusammenführen mehrerer Wörter in ein Akronym. Zum Beispiel „IfGR“ anstelle von „Institut“, „für“, „Geographie“ und „Raumforschung“.

Dem Arbeitsgedächtnis stehen nicht nur eine begrenzte Speicherkapazität, sondern auch nur ein begrenzter zeitlicher Rahmen für die Informationsverarbeitung zur Verfügung. Abhängig von der kognitiven Problemstellung geht man von Sekunden bis wenigen Minuten aus. In dieser Zeitspanne müssen neue Informationen mit der bestehenden kognitiven Struktur verbunden werden – ein Vorgang den man als Enkodierung oder Elaboration bezeichnet (GERRIG et al. 2008: 235). Bei erfolgreicher Enkodierung werden Informationen im Langzeitgedächtnis gespeichert und können später wieder abgerufen werden.

Das Ergebnis der Verarbeitung von Information durch das Arbeitsgedächtnis ist die mentale Repräsentation im Langzeitgedächtnis, die als Wissen bezeichnet wird (JANSEN-OSMANN 1998: 10). Die Kapazität des Langzeitgedächtnisses ist theoretisch unbegrenzt und enthält das ganze Wissen einer Person über die Welt und sich selbst. Wissen, das im Langzeitgedächtnis gespeichert ist, kann aber auch wieder verloren gehen, also vergessen werden. Wie lange Wissen im Gedächtnis behalten wird, hängt eng damit zusammen, wie es erlernt wurde und wie oft es angewendet wird.

2.2 Räumliche Kognition

Bislang wurde beschrieben, wie sich Menschen Wissen in Form mentaler Repräsentationen durch kognitive Prozesse aneignen. Ein Spezialfall dieses Prozesses ist die räumliche Kognition, also die mentale Repräsentation des Raums. Raum ist der Erkenntnisgegenstand vieler Wissenschaften, wird aber je nach Kontext unterschiedlich definiert. In den Kognitionswissenschaften wird der Raum, der mental repräsentiert wird, als physikalischer Raum verstanden. Zwar geht die Physik heute von einem vierdimensionalen Raum-Zeit-Kontinuum mit einer nicht-euklidischen Metrik aus, zur Untersuchung kognitiver Aspekte wird der physikalische Raum jedoch als dreidimensionaler euklidischer Raum betrachtet (MAY 2006: 66). Der Teil dieses

physikalischen Raums, der vom Menschen wahrgenommen wird, wird wiederum als psychologischer Raum bezeichnet (JANSEN-OSMANN 1998: 12) und steht im Zentrum räumlich-kognitiver Fragestellungen.

Psychologische Räume werden hinsichtlich ihrer relativen Größe unterschieden. Die am weitesten gefasste Unterscheidung differenziert nur zwischen sogenannten *small-* und *large-scale spaces* (z.B.: ITTELSON 1973; DOWNS und STEA 1977). *Small-scale spaces* bezeichnet psychologische Räume, die von einem Betrachtungsort aus überblickt werden können, während in *large-scale spaces* Bewegung notwendig ist, um alle Teile des Raums wahrnehmen zu können. Wenn man Fragestellungen zum direkten Erwerb räumlichen Wissens untersucht, reicht diese Zweiteilung psychologischer Räume aus. Beschäftigt man sich darüber hinaus mit räumlichen Informationen aus Sekundärquellen wie Karten, muss eine genauere Abgrenzung erfolgen, da unterschiedliche Quellen kognitiv unterschiedlich repräsentiert werden (vgl. Kapitel 3.2). Die Klassifikation psychologischer Räume nach MONTELLO (1993: 315*f*) wird diesem Anspruch gerecht. Sie berücksichtigt neben dem Faktor Bewegung auch die Größe des Raums im Vergleich zum Betrachter/zur Betrachterin. Insgesamt identifiziert Montello vier Räume:

1. Ein figuraler Raum ist kleiner als der Betrachter/die Betrachterin und kann ohne Eigenbewegung wahrgenommen werden. Hierzu zählen Karten oder dreidimensionale Modelle.
2. Ein Vista-Raum ist größer als der Betrachter/die Betrachterin, kann aber noch ohne Bewegung überblickt werden (zum Beispiel ein Zimmer in einem Gebäude).
3. Ein Umgebungsraum ist zu groß, um ohne Lokomotion vollständig wahrgenommen werden zu können. Beispiele wären das Innere eines Gebäudes oder ein Stadtviertel.
4. Ein geographischer Raum ist noch größer als ein Umgebungsraum. Durch seine Ausdehnung kann er nur mehr über symbolische Repräsentationen, also Reduktion auf figurale Räume exploriert werden.

Die erwähnten Raumtypen werden bei anderen AutorInnen noch um zusätzliche Klassen bzw. Subklassen erweitert (vgl. FREUNDSCHUH und EGENHOFER 1997). Im Kontext dieser Arbeit genügt die Klassifizierung nach Montello, die sowohl den Wissenserwerb durch Karten (figuraler Raum), als auch den Navigationskontext (Umgebungsraum) berücksichtigt.

Das Ergebnis räumlicher Kognition ist die Repräsentation räumlichen Wissens im Langzeitgedächtnis. Der Erwerb von räumlichem Wissen ist ein fortwährender Prozess, da der Mensch ständig mit neuen Informationen aus seinem Umgebungsraum konfrontiert wird. Das kognitive System muss diese Informationen verarbeiten und in einer räumlichen Wissensstruktur organisieren, damit räumliche Problemstellungen möglichst effektiv gelöst werden können. Mit dem Begriff der *kognitiven Karte* werden in den Kognitionswissenschaften Konzepte und Theorien zu räumlichen Wissensstrukturen zusammengefasst (ALLEN 1999: 71). Analog dazu beschreibt der Begriff *kognitives Kartieren* die Prozesse, die am Erwerb von räumlichem Wissen beteiligt sind.

3 Kognitive Karten

Die Liste der Begriffe für räumliche Wissensrepräsentationen ist lang. Seit der Etablierung des Begriffs der kognitiven Karte durch TOLMAN (1948) gibt es rund 200 Begriffe, die eine ähnliche oder synonyme Bedeutung haben (MONTELLO und FREUNDSCHUH 1995: 170). Dafür können mehrere Ursachen identifiziert werden. Zum einen wird der räumliche Wissenserwerb von zahlreichen Disziplinen erforscht. Dazu zählten beispielsweise die Psychologie, Geographie, Informatik, Linguistik, Neurobiologie und die Architektur. Da die Thematik oft nur disziplinintern erforscht wurde, sind unterschiedliche Begrifflichkeiten entstanden, die meistens dasselbe Phänomen beschreiben. Andererseits spiegelt sich in der Begriffsvielfalt auch die Tatsache wider, dass bis heute nicht genau geklärt ist, welche Eigenschaften räumliches Wissen hinsichtlich seiner Form und seiner Struktur besitzt.

Tolman vermutete, dass sich seine Versuchsratten Wissen über ihr Labyrinth aneigneten, das über reine Reiz-Reaktions-Ketten hinausgeht. Ein solches Wissen sollte es den Ratten ermöglichen, alternative Routen zu wählen, wenn sich der Aufbau des Labyrinths änderte. Die Fähigkeit, Abkürzungen und Umwege zu finden, gilt als Zeichen dafür, dass man sich Wissen über die topologische und/oder topographische Struktur eines Raums angeeignet hat. Basierend auf diesem Wissen kann man, wie mit einer Straßenkarte, einen neuen Weg planen, wenn man während der Navigation zu einem gewünschten Ziel auf ein Hindernis trifft. Der Begriff der kognitiven Karte weißt also auf eine kartenähnliche Struktur räumlichen Wissens hin. Diese Kartenmetapher hat Vor- und Nachteile. Einerseits deutet sie auf Eigenschaften räumlicher Wissensstrukturen hin, die mit der einer Karte vergleichbar sind, andererseits suggeriert sie, kognitive Karten seien so etwas wie Vorstellungsbilder einer Karte. Im menschlichen Gehirn wird das Wissen über den Raum aber anders repräsentiert und modelliert, als bei Karten, die man am Papier oder auf Bildschirmen findet. Wie muss man sich also räumliches Wissen vorstellen?

Wissensrepräsentationen können durch ihr „Format“ und ihre Struktur beschrieben werden. Unter dem Format versteht man den Typ des mentalen Codes, der Wissen im

Gedächtnis repräsentiert, während die Struktur die Organisation der Information im Gedächtnis beschreibt (CARBON 1998: 6).

3.1 Form und Struktur kognitiver Karten

Wie in Kapitel 2.1 bereits dargelegt wurde, ist für die Verarbeitung und Speicherung eines Umweltreizes in der vorhandenen Wissensstruktur ein Vorgang notwendig, der als Enkodierung bezeichnet wird. Da das kognitive System nicht direkt beobachtbar ist, kann nicht mit Sicherheit bestimmt werden, in welchem Format Umweltreize in unserem Gehirn enkodiert werden. Aus diesem Umstand ging in den Kognitionswissenschaften die sogenannte *Imagery*-Debatte hervor, in der zwei konträre Repräsentationsformate diskutiert werden. AnhängerInnen der analogen Repräsentation (*depictive view*) vertreten den Standpunkt, dass Umweltreize wahrnehmungsbezogen (meistens visuell-bildlich) gespeichert werden. Demnach weisen mentale Repräsentationen Eigenschaften auf, die den Eigenschaften des repräsentierten Objekts entsprechen (MAST 2005: 80). Im Gegensatz dazu gehen VertreterInnen abstrakt propositionaler Repräsentationen davon aus, dass Wissensstrukturen nicht den Stimulus selbst, sondern dessen Bedeutung repräsentieren (CARBON 1998: 7).

In direktem Zusammenhang mit der Art der Speicherung steht die Art der Organisation verarbeiteter Information. Diese kann in hierarchischer oder nicht-hierarchischer Form erfolgen (MCNAMARA 1986). Nicht-hierarchische Theorien vermuten eine ganzheitliche Speicherung räumlicher Information, die über keinerlei Substrukturen verfügt. Meistens hängt diese Art der Organisation mit analoger Repräsentation in Form mentaler Bilder (*mental images*) zusammen. Mentale Bilder von räumlichen Informationen kann man sich wie kartenähnliche Abbilder der räumlichen Umwelt vorstellen (Abb. 1). ProponentInnen mentaler Bilder (zum Beispiel KOSSLYN et. al. 1978) nehmen an, dass man diese mental, wie mit einem inneren Auge, absuchen und daraus räumliche Informationen ableiten kann (GOLLEDGE und STIMSON 1997: 228).

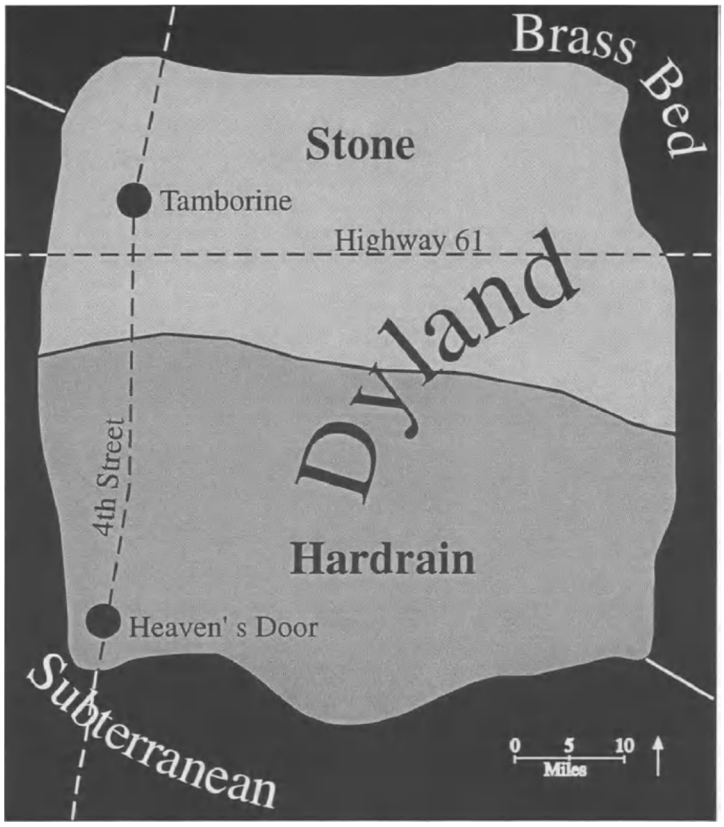


Abb. 1: Analoge (nicht-hierarchische) Repräsentation des fiktiven Staats Dyland (LLOYD 1997: 14)

Die Gegenposition dazu nehmen hierarchische Theorien ein, die besagen, dass das gespeicherte räumliche Wissen in einer verschachtelten, baumartigen Struktur organisiert ist (Abb. 2). Der Großteil der hierarchischen Theorien nimmt eine propositionale Enkodierung in Form propositionaler Netzwerke an. Wissen wird darin als Netzwerk miteinander verbundener Begriffe repräsentiert, die in Form abstrakter Bedeutungszusammenhänge gespeichert werden (ZIELKE 2015: 43). Meistens werden propositionale Netzwerke auf sprachliche Repräsentationen angewendet. Übertragen auf räumliches Wissen „würden in einem propositionalen System Distanzen zwischen einzelnen Objekten und deren gegenseitige Ausrichtung explizit als Attribute einzelner Gegenstände abgespeichert werden“ (CARBON 1998: 7).

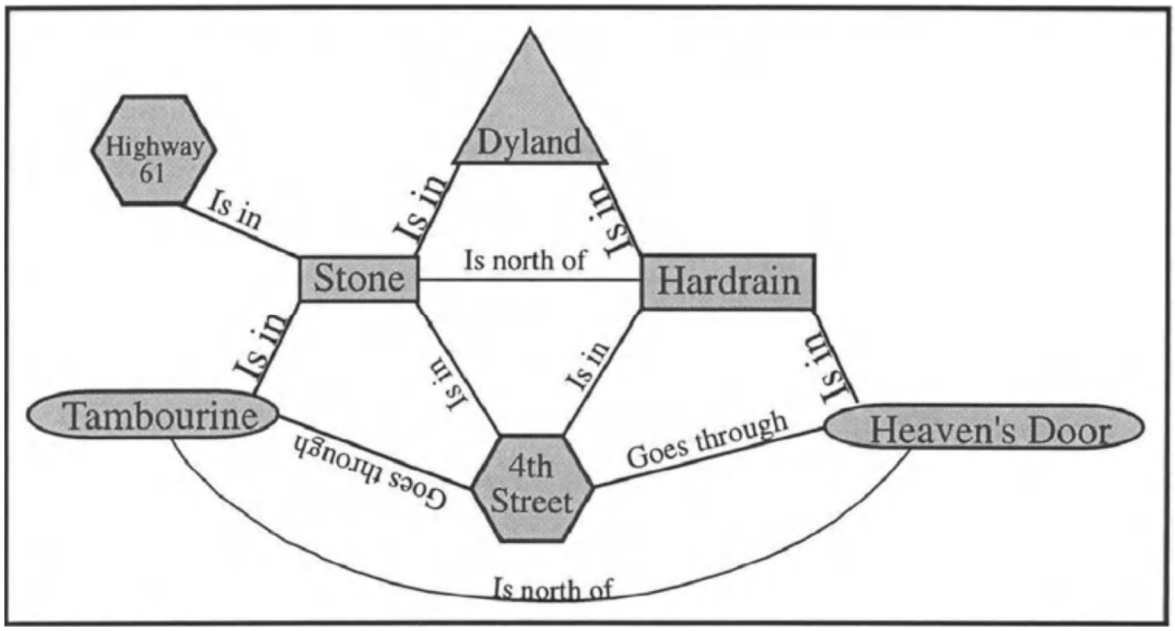


Abb. 2: Enkodierung des fiktiven Staats Dyland in einem propositionellen Netzwerk (LLOYD 1997: 15)

Die Repräsentation von räumlichem Wissen in Form von kognitiven Karten kann keiner der beschriebenen Typen der Kodierung und Organisation eindeutig zugeordnet werden. Die meisten Theorien gehen von einer hierarchischen Struktur aus (KITCHIN und BLADES 2002: 69). Ein Indikator für Hierarchien findet sich in Ergebnissen empirischer Untersuchungen, in denen das räumliche Wissen von Testpersonen anhand unterschiedlicher Schätzungen abgefragt wurde. So fand eine Studie von STEVENS und COUPE (1978) heraus, dass Einschätzungen über die relative Lage von Städten mit der relativen Lage der Bundesstaaten zusammenhingen, in denen diese Städte liegen. Zum Beispiel dachten Testpersonen fälschlicherweise, dass Reno (im Bundesstaat Nevada) östlich von San Diego (Bundesstaat Kalifornien) liegt, weil Nevada im Osten an Kalifornien grenzt (Abb. 3). In einer Studie von MCNAMARA (1986) konnte dasselbe Phänomen beobachtet werden. Sie zeigte, dass Schätzungen zur relativen Lage von Objekten in einem Raum durch das räumliche Arrangement der Grenzen beeinflusst wurden, die zwischen den Objekten gezogen wurden. Die Kategorien, in denen wir das Wissen über den Raum organisieren, wirken sich auch auf die Schätzung von Distanzen aus. HIRTLE und MASCOLO (1986) beobachteten, dass die Entfernung zwischen Kartenobjekten, die derselben

thematischen Kategorie angehören (zum Beispiel Freizeit) unterschätzt und Entfernungen zwischen Objekten unterschiedlicher Kategorie überschätzt werden.



Abb. 3:Topologie der Bundesstaaten Nevada und Kalifornien bzw. der Städte Reno und San Diego

All diese Erkenntnisse deuten darauf hin, dass kognitive Karten in unterschiedlichen räumlichen und semantischen Clustern organisiert sind. Dadurch wird die Kapazität des Arbeitsgedächtnisses optimal genutzt. Ob diese Cluster auf analoger oder propositioneller Enkodierung basieren, ist nach wie vor umstritten. In der Diskussion um das Format kognitiver Karten konnte bis heute, trotz zahlreicher Experimente, kein eindeutiger Nachweis für eine der konkurrierenden Theorien gefunden werden. Die Ergebnisse aus kognitionspsychologischen Studien (Erhebung von Reaktionszeiten und Fehlerraten) konnten nämlich sowohl mit dem einen, als auch dem anderen Standpunkt interpretiert werden (MAST 2005: 81). Während im analogen Lager mentale Bilder als direkte

Repräsentation der visuellen Wahrnehmung betrachtet werden, argumentieren AnhängerInnen der Gegenseite, dass bildhafte Information erst aus abstrakt-propositionalem Wissen abgeleitet wird, wenn eine Aufgabenstellung, wie das Schätzen von Distanzen, dies erfordert (KITCHIN und BLADES 2002: 74).

Es lässt sich also zusammenfassen, dass kognitive Karten eine Form der Repräsentation von räumlichem Wissen darstellen, das in logische Subeinheiten gegliedert ist und den wahrgenommenen Raum in Form von mentalen Bildern oder abstrakten Bedeutungszusammenhängen repräsentiert. Dadurch wird eine sowohl ökonomische, als auch effektive Verarbeitung und Speicherung raumbezogener Information ermöglicht. Das nächste Kapitel beschreibt, welche Faktoren den Erwerb und die Speicherung kognitiver Karten beeinflussen.

3.2 Erwerb kognitiver Karten

Kognitive Karten repräsentieren die Informationen, die sich Menschen über ihre räumliche Umwelt aneignen. Der Begriff Repräsentation deutet darauf hin, dass Elemente des physischen Raums kognitive Entsprechungen besitzen (GOLLEDGE 1993: 16). Dabei darf der Begriff der kognitiven Karte allerdings nicht zu wörtlich genommen werden, da das Wissen über den wahrgenommenen Raum in kognitiven Karten nicht mit der Vollständigkeit und Genauigkeit einer topographischen Karte vergleichbar ist. Andererseits weißt der Prozess des kognitiven Kartierens durchaus Parallelen zu Vorgängen auf, die stattfinden, wenn Karten entworfen werden. Ähnlich wie bei der kartographischen Modellierung, werden beim kognitiven Kartieren wichtige Informationen selektiert und weniger wichtige Informationen weggelassen oder generalisiert.

Die Relevanz einer wahrgenommenen Information hängt stark von der räumlichen Problemstellung ab, die gelöst werden will. Beim kognitiven Kartieren eignet man sich Informationen an, die das räumliche Verhalten beeinflussen. Umgekehrt bestimmt das räumliche Verhalten die Informationen, die der Wahrnehmung bzw. dem kognitiven

System zur Verfügung stehen. Diese Wechselseitige Beziehung wird in Abb. 4 (DOWNS 1970 in KITCHIN und BLADES 2002: 15) veranschaulicht. Downs Modell identifiziert zwei wichtige Aspekte kognitiven Kartierens: die aktive Rolle des Individuums beim Wissenserwerb und die Dynamik des Aneignungsprozesses. Damit ist gemeint, dass Menschen ihren Umgebungsraum, im Sinne einer rationalen Entscheidungsfindung, aktiv nach Informationen „durchsuchen" und nicht nur passive EmpfängerInnen von Umweltinformationen sind. Außerdem ist kognitives Kartieren ein Prozess, bei dem fortwährend neue Informationen verarbeitet und in die kognitive Karte integriert werden (ebend.: 14*f*).

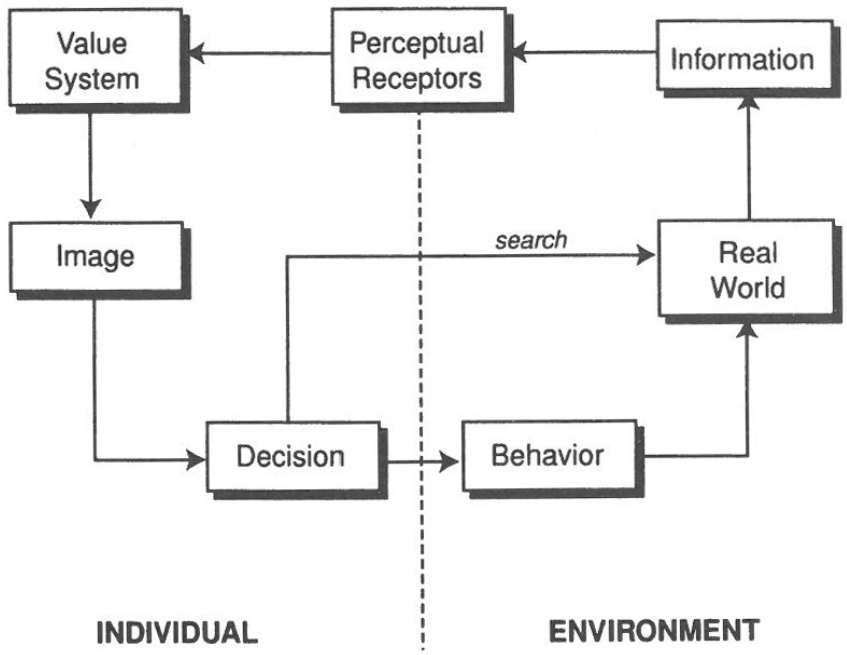


Abb. 4: Modell für kognitives Kartieren nach DOWNS (1970)

Man unterscheidet grundsätzlich zwei Arten, wie man sich Wissen über seine räumliche Umwelt aneignet: die direkte Erfahrung der Umwelt und den indirekten Erwerb aus Sekundärquellen, wie Karten oder Routenbeschreibungen (MONTELLO et al. 2004: 251).

3.2.1 Direkter Erwerb

Den Großteil der Informationen, die kognitive Karten enthalten, werden durch die direkte Umwelterfahrung gewonnen (HARTL 1990: 39). Wenn man sich Wissen über den Umgebungsraum aus der Umwelt selbst aneignet, kann das ohne Bewegung – von einem fixen Aussichtspunkt – erfolgen. In der Regel ist die Erkundung eines Raums aber mit irgendeiner Art von Fortbewegung verbunden. Als gängiges Szenario, welches auch in dieser Arbeit untersucht wird, ist hierbei die Navigation bzw. das *Wayfinding* zu nennen (siehe Kapitel 4.1). Die direkte Interaktion mit der räumlichen Umwelt ist entscheidend „für die Entwicklung und den erfolgreichen Einsatz unserer kognitiven Kartierfähigkeit zur Lösung von Aufgaben" (DOWNS und STEA 1982: 109). Mehrere Faktoren beeinflussen die Qualität und Quantität der Informationen, die aus sensomotorischer Interaktion mit der Umwelt gewonnen werden.

Der erste Faktor ist die Art bzw. der Grad der Interaktion. Ein Ort kann auf aktive oder passive Art wahrgenommen werden. Ein Autofahrer/eine Autofahrerin muss sich zum Beispiel anders mit seiner Umwelt auseinandersetzen als ein Beifahrer/eine Beifahrerin. Der Fahrer/die Fahrerin ist durch seine/ihre aktive Rolle dazu gezwungen sich mit seiner/ihrer Umwelt auseinanderzusetzen, muss aber gleichzeitig auch Aufmerksamkeitsressourcen für parallel stattfindende Handlungen aufwenden (auf andere VerkehrsteilnehmerInnen achten, fahren). Im Gegensatz dazu kann der Beifahrer/die Beifahrerin kognitive Ressourcen beliebig einsetzen und seine/ihre Umwelt entweder bewusst wahrnehmen oder ignorieren. Fortbewegungsart und -geschwindigkeit bilden weitere Einflussgrößen. Sie bestimmen, aus welcher Perspektive die Umwelt wahrgenommen werden kann und wieviel Zeit dem kognitiven System zur Verfügung steht, um einzelne Eindrücke zu einem Gesamtbild zusammenzusetzten. So wird man sich beispielsweise an einen Stadtteil, den man zu Fuß erkundet, anders erinnern, als nach einer Durchquerung mit dem Bus oder Auto.

Neben der Art der Interaktion spielt auch die Charakteristik der Umwelt selbst eine wichtige Rolle beim direkten Wissenserwerb. Selektion wichtiger Informationen ist ein

grundlegender Vorgang kognitiven Kartierens. Das Ziel der Selektion besteht darin, aus der Fülle an Informationen, die die räumliche Umwelt bereitstellt, jene auszuwählen, die zum Lösen von Problemstellungen gebraucht werden. Dabei handelt es sich meistens um markante Orte, denen aufgrund ihrer Funktion oder ihres Aussehens Bedeutung beigemessen wird (DOWNS und STEA 1982: 111*ff*). Ob ein räumliches Element als funktional oder visuell relevant beurteilt wird, hängt wiederum mit dem räumlichen Kontext des Elements zusammen. Grundsätzlich kann man zwischen der natürlichen und gebauten Umwelt unterscheiden (BUCHWALD und ENGELHARDT 1978). Die natürliche Umwelt bezeichnet einen vom Menschen unberührten Raum, während die gebaute Umwelt als „materieller Ausdruck menschlicher Aktivität" (SAHR 2002) verstanden werden kann. In der Praxis kann diese Unterscheidung nicht so scharf abgegrenzt werden, da heute beinahe alle Bereiche der Erdoberfläche mehr oder weniger durch menschliche Aktivität beeinflusst werden. Im Sinne der räumlichen Kognition macht es dennoch Sinn, zwischen natürlicher und gebauter Umwelt im Sinne von starkem oder geringem menschlichem Einfluss zu unterscheiden, weil diese Räume kognitives Kartieren durch ihre visuellen und strukturellen Eigenschaften unterschiedlich beeinflussen. Da die vorliegende Arbeit den räumlichen Wissenserwerb in einem urbanen Raum behandelt, soll nun im Speziellen auf Charakteristiken der gebauten Umwelt eingegangen werden.

WEISMAN (1981) unterscheidet vier Charakteristika der gebauten Umwelt die sich auf die Orientierung während der Navigation auswirken: Unterscheidbarkeit, Sichtbarkeit, Komplexität der räumlichen Anordnung sowie Beschilderung:

- Unterscheidbarkeit beschreibt den Grad der Ähnlichkeit zwischen einzelnen Elementen der Umwelt und kann sich auf Form, Farbe, usw. beziehen.
- Die Sichtbarkeit eines Raums ist ebenfalls ein wichtiger Faktor für das kognitive Kartieren. Denn ob wir beim Navigieren auf eine kognitive Karte zurückgreifen (müssen), hängt damit zusammen, ob das Ziel von einem Startpunkt aus gesehen werden kann. Urbane Gebiete schränken durch ihre Verbauung die Sichtbarkeit meist ein, weshalb es oft nötig ist, Wissen über räumliche Zusammenhänge aus einer Vielzahl an Einzeleindrücken zusammenzusetzen.

- Die Komplexität einer räumlichen Anordnung beschreibt, wie räumliche Elemente organisiert sind. Welche räumliche Anordnung vorteilhaft bei der direkten Umwelterfahrung für das kognitive Kartieren ist, bleibt bis heute Gegenstand der Forschung. In Zusammenhang mit Navigation fand man heraus, dass räumliche Muster, die aus einfachen geometrischen Formen aufgebaut sind, von Vorteil sein können (MONTELLO 2005: 277). Lineare und flächenhafte Elemente wie Straßen und Plätze können kognitiv leichter verarbeitet werden, wenn sie regelmäßige Ausprägungen wie einen rechtwinkeligen, quadratischen oder kreisförmigen Grundriss aufweisen. Elemente und Muster, die von dieser Norm abweichen, werden häufig kognitiv auf genannte Grundformen reduziert, was zu Fehlern und Verzerrungen in der kognitiven Karte führen kann.
- Beschilderung ist ein weiteres Charakteristikum gebauter Umwelten. Darunter versteht man die Platzierung von Schildern und Karten, die die Orientierung in einem Raum erleichtern sollen. Als semiotisches System ist die Beschilderung zwar Teil der gebauten Umwelt, gleichzeitig aber auch eine Sekundärquelle für den indirekten Wissenserwerb. Im nächsten Kapitel werden die spezifischen Eigenschaften solcher Sekundärquellen zusammengefasst. Es sei an dieser Stelle vorweggenommen, dass Beschilderungen sowohl einen positiven, als auch einen negativen Effekt auf den direkten Wissenserwerb haben können.

3.2.2 Indirekter Erwerb

Menschen erhalten nicht jede Information, die sie kognitiv kartieren, "aus erster Hand". Manche Räume sind zu groß, zu weit entfernt oder entziehen sich aus einem anderen Grund der direkten Erkundung. Trotzdem können solche Räume Gegenstand räumlicher Problemstellungen werden, zum Beispiel bei der Planung einer Reise. In solchen Fällen muss man sich das notwendige Wissen auf indirektem Weg – aus Modellen, Simulationen oder Beschreibungen der Umwelt – aneignen (MONTELLO et al. 2004: 252). MONTELLO und FREUNDSCHUH (1995: 171*f*) identifizieren insgesamt drei Kategorien indirekter Quellen für den räumlichen Wissenserwerb: dynamische bildhafte Repräsentationen und Sprache:

- Statische bildhafte Repräsentationen speichern und kommunizieren räumliche Informationen in Form zwei- oder drei-dimensionaler Modelle. Hierzu zählen unter anderem Karten, Diagramme, Fotos, oder Bilder.
- Dynamisch bildhafte Repräsentationen bilden die zweite Kategorie und umfassen dynamische Inhalte wie (Karten-)Animationen, Videos oder Simulationen der Umwelt (virtuelle Realität).
- Als dritte Kategorie nennen die Autoren sprachlichen Repräsentationen. Dazu zählen Texte und mündliche Beschreibungen, aber auch die Zeichensprache und Brailleschrift.

Sekundärquellen können die direkte Umwelterfahrung ergänzen, aber auch als eigenständige Quelle für kognitives Kartieren fungieren. Besonders Karten und kartenverwandte Darstellungsformen sind neben der direkten Exploration des Raums die wichtigsten Quellen raumbezogener Information. Karten sind Modelle des physischen Raums und besitzen als solche spezifische Eigenschaften, welche den indirekten Wissenserwerb in mehrerlei Hinsicht beeinflussen. Per Definition kann man unter einer Karte eine „*verebnete, maßstäblich verkleinerte, generalisierte und erläuterte kartographische Darstellung von Erscheinungen und Sachverhalten natürlicher und gesellschaftlicher Art der Erde, der anderen Weltkörper und des Weltraumes*“ verstehen (WITT 1979: 301). Witts Definition zeigt die besonderen Eigenschaften von Karten als Quelle für das kognitive Kartieren:

- Verebnet: durch die Kartenprojektion können Karten den dreidimensionalen Raum als zweidimensionale Abbildung darstellen. Die orthogonale Projektion bietet dem Betrachter/der Betrachterin einen Blick auf die Welt, der durch direkte Wahrnehmung gar nicht möglich wäre.
- Maßstäblich verkleinert: Karten geben die Umwelt immer in verkleinerter Form wieder, wobei der Maßstab das Verkleinerungsverhältnis zwischen Karte und Wirklichkeit angibt. Die Verkleinerung ermöglicht es, Räume beliebiger Ausdehnung abzubilden. Wissen über räumliche Eigenschaften von Regionen,

Ländern oder Kontinenten kann daher oft nur aus Karten gewonnen werden. Der Detailgrad der Karte sinkt allerdings mit kleiner werdendem Maßstab.

- Generalisiert: im Zuge der kartographischen Modellbildung werden Informationen über die Umwelt generalisiert. Generalisierung hat denselben Zweck und umfasst ähnliche Prozesse wie kognitives Kartieren. Man versucht die unendliche Komplexität der Umwelt auf ein möglichst repräsentatives Modell zu reduzieren. Dazu müssen relevante Daten zunächst erfasst und in einem Objektmodell modelliert werden. Anschließend entsteht das kartographische Modell durch Prozesse der kartographischen Generalisierung. Hierzu zählen das Vereinfachen, Vergrößern, Verdrängen, Zusammenfassen, Auswählen, Klassifizieren und Bewerten (Betonen, Mindern) der modellierten Daten (HAKE et al. 2002: 168). Je nach Typ und Maßstab der Karte kommen diese Vorgänge unterschiedlich stark zum Einsatz. Karten sind aus diesem Grund eine besonders hilfreiche Quelle für den indirekten räumlichen Wissenserwerb, weil sie per Definition bereits viele Prozesse des kognitiven Systems vorwegnehmen, indem sie raumbezogene Informationen zielgerichtet visualisieren.

Aufgrund dieser spezifischen Eigenschaften werden räumliche Informationen aus Karten anders erlernt und im Gedächtnis gespeichert, als Umweltreize aus direkter Interaktion. Karten können die Lage räumlicher Elemente und räumliche Relationen zwischen diesen Elementen auf einen Blick veranschaulichen. Beim räumlichen Wissenserwerb durch direkte Erfahrung (in Umgebungsräumen) kann man dieses Wissen nur nach und nach aus der Vielzahl sensomotorischer Wahrnehmungen ableiten. Die räumliche Umwelt mit einer Karte verstehen zu können, setzt allerdings die Fähigkeit voraus, eine Karte lesen zu können. Die meisten Menschen kommen schon in jungem Alter auf unterschiedliche Weise mit Karten in Berührung. Mehrere Studien konnten zeigen, dass Kinder bereits im Vorschulalter dazu in der Lage sind, Karten von anderen graphischen Medien zu unterscheiden und den Zusammenhang zwischen kartierten und wirklichen Objekten zu verstehen (KULHAVY und STOCK 1996: 124). Sollen räumliche Problemstellungen mit Hilfe einer Karte bewältigt werden, ist es jedoch meist nicht nur nötig kartographische

Konventionen zur Darstellung raumbezogener Inhalte nachvollziehen zu können. Man muss auch dazu in der Lage sein, Karte und kartierten Raum gedanklich übereinstimmen und gegebenenfalls die eigene Position in der Karte verorten zu können. Dieser Vorgang ist kognitiv anspruchsvoll und stellt auch für Erwachsene eine große Herausforderung dar, wenn der Umgang mit Karten nicht ausreichend geübt wurde.

Räumliches Wissen, das man sich aneignet, wenn Umwelt und Karteninhalt kognitiv in Einklang gebracht werden, kann eine sogenannte Orientierungsspezifik aufweisen. Orientierungsspezifisches Wissen kann nur in jener Orientierung abgerufen werden, in der es erlernt wurde (MCDONALD UND PELLEGRINO 1993: 60). Es gibt zahlreiche Studien, die darauf hinweisen, dass räumliches Wissen, das aus Karten erlernt wurde orientierungsspezifisch ist. Eine der bekanntesten und anschaulichsten Arbeiten dazu stammt von LEVINE (1982), der sich mit sogenannten *You Are Here Maps* (Sie-befinden-sich-hier-Karten, kurz YAH) beschäftigte.

YAH-Karten sind Orientierungshilfen, die mittels einer Signatur wie einem Punkt oder einem Pfeil explizit den eigenen Standort anzeigen. Man findet sie meist in Form von Informationstafeln in öffentlichen Gebäuden oder größeren Freizeitarealen wie Parks oder Einkaufszentren. Levine stellte fest, dass Testpersonen Probleme hatten mit Hilfe von YAH-Karten Richtungsschätzungen abzugeben, wenn die Karte und der kartierte Raum nicht gleich ausgerichtet waren (vgl. Abb. 5). Entsprach „oben“ in der Karte dem Teil des Raums, der in Bewegungsrichtung „vorne“ lag, traten die geringsten Fehler auf. Dieser *alignment effect* (Angleichungseffekt) konnte auch in anderen Studien beobachtet werden und gilt als typisches Phänomen beim indirekten Wissenserwerb aus Karten (MONTELLO et al. 2004: 264).

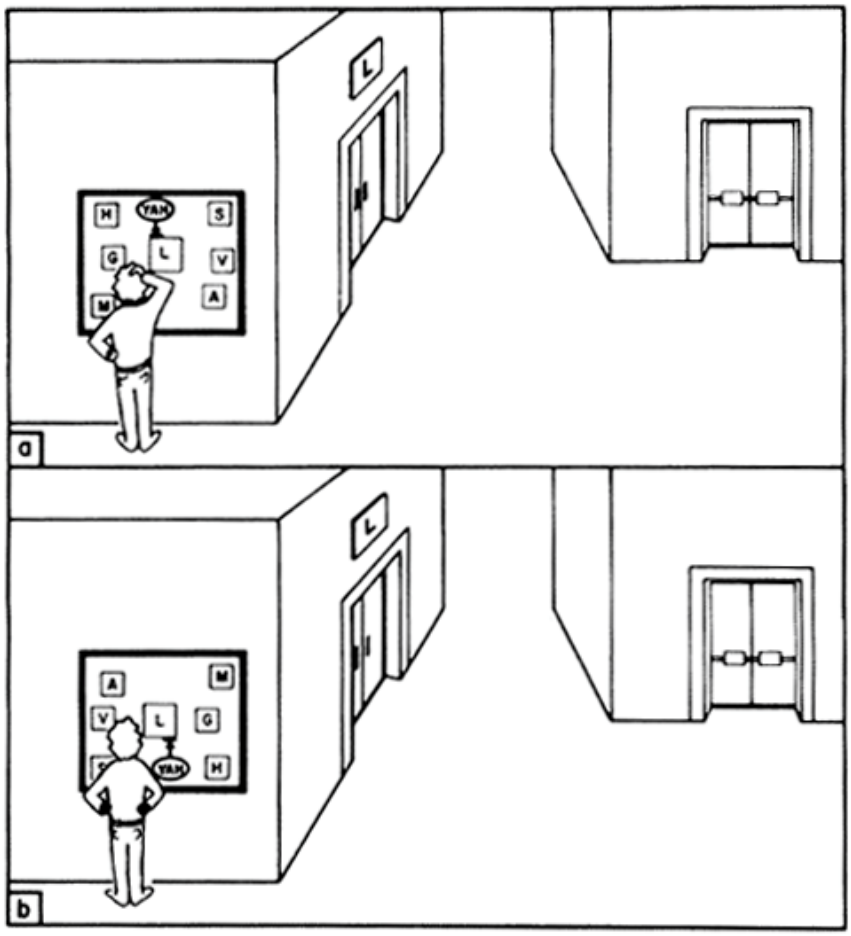


Abb. 5: Ausrichtung einer YAH-Karte in und entgegen der Blickrichtung des Betrachters (LEVINE 1982: 232)

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass die Quelle für räumliches Wissen und die damit zusammenhängenden Erwerbsmodalitäten bestimmende Faktoren beim kognitiven Kartieren sind und die resultierenden kognitiven Karten entscheidend beeinflussen. Raumbezogene Informationen können entweder durch die direkte Erfahrung der Umwelt oder aus Sekundärquellen wie Karten bezogen werden. Direkte Interaktion mit der Umwelt ist meistens mit Fortbewegung verbunden, weshalb räumliche Zusammenhänge erst aus der Integration einer Vielzahl visueller Eindrücke abgeleitet werden müssen. Dabei sind die Art der Interaktion und die Charakteristik der Umwelt wichtige Parameter. Indirekter Wissenserwerb vollzieht sich über Modelle und Beschreibungen der Umwelt. Karten und kartenverwandte Darstellungsformen sind unter den Sekundärquellen von besonderer Bedeutung. Sie stellen räumliche Zusammenhänge auf einen Blick dar und

nehmen einige kognitive Prozesse zum Verarbeiten raumbezogener Informationen vorweg. Andererseits setzen Karten die Fähigkeit, kartographische Darstellungen lesen und interpretieren zu können, voraus. Zudem wird räumliches Wissen aus Karten orientierungsspezifisch kodiert, was beim Abrufen des Wissens zu Fehlern führen kann.

3.3 Genese und Entwicklung kognitiver Karten

3.3.1 Landmarken und räumliche Referenzsysteme

Die Unterschiede zwischen direktem und indirektem Erwerb von Wissen über die räumliche Umwelt haben einen entscheidenden Einfluss auf die Form und Struktur kognitiver Karten. In der Praxis eignet man sich dieses Wissen aber selten nur auf die eine oder andere Art an. Für die raumbezogenen Probleme, mit denen man täglich konfrontiert wird, ist es notwendig eine Vielzahl an Eindrücken und Informationen flexibel miteinander zu kombinieren. Um dies zu bewerkstelligen, wird der physische Raum beim kognitiven Kartieren auf seine Grundelemente reduziert und mit Hilfe unterschiedlicher räumlicher Referenzsysteme organisiert.

Die meisten Theorien zur Entwicklung kognitiver Karten gehen davon aus, dass man unterschiedliche Ausprägungen von räumlichem Wissen unterscheiden kann (JANSEN-OSMANN 1998: 15). Die einfachste Ausprägung einer kognitiven Karte wird als Landmarkenwissen bezeichnet. Landmarken sind markante Objekte oder Punkte, die sich von ihrer Umwelt abheben (MAY 1992: 82). Damit ein Objekt als markant empfunden wird, muss es Eigenschaften besitzen, die es perzeptiv oder kognitiv klar von anderen Objekten unterscheidet (TVERSKI 2000). Man kann Landmarken identifizieren, die von einem Großteil der Bevölkerung als solche wahrgenommen werden, zum Beispiel den Stephansdom. Andererseits gibt es auch Landmarken, die nur für bestimmte Personen von Bedeutung sind, wie der Ort an dem man wohnt oder arbeitet.

Landmarkenwissen unterscheidet sich qualitativ von anderen Stufen räumlichen Wissens dadurch, dass darin noch keine räumlichen Zusammenhänge wie Verteilungen, Nachbarschaften oder Konnektivität repräsentiert werden. Durch das Wissen über

Landmarken werden aber die Voraussetzungen geschaffen, solche räumlichen Relationen abzuleiten. Zum einen dienen Landmarken beim kognitiven Kartieren als Referenzpunkte, um räumliches Wissen zu organisieren (GOLLEDGE 1999: 17). So kann man beispielsweise einen Umgebungsraum, den man noch nicht gut kennt, anfänglich anhand von Landmarken strukturieren. Aus funktionalen räumlichen Einheiten mit zentralen Landmarken können bei zunehmender Exposition immer umfangreichere Wissensstrukturen entstehen. Das Geschäft, in dem man einkauft, das Gebäude, in dem man arbeitet, das Haus, in dem man wohnt, usw. sind Beispiele für Landmarken, die als Referenzpunkte für den jeweiligen Umgebungsraum und andere Landmarken dienen. Eine weitere wichtige Funktion besitzen Landmarken im Zusammenhang mit Navigation (vgl. Kap. 4). Sie können dabei helfen, die eigene Position oder die Position eines Ziels zu bestimmen. Außerdem sind Landmarken oft Entscheidungspunkte entlang von Routen, anhand derer Richtungsentscheidungen getroffen werden.

Landmarken sind die Grundbausteine kognitiver Karten. Um Landmarkenwissen für das Lösen räumlicher Problemstellungen nutzbar zu machen, ist es jedoch notwendig, die Landmarken auf irgendeine Art zu verorten und räumliche Verbindungen zwischen ihnen herzustellen. Dieser kognitive Prozess vollzieht sich durch den Einsatz von Referenzsystemen, wobei man zwischen egozentrischen (lokalen) und exozentrischen (globalen) Referenzsystemen unterscheiden kann (ebend. 13). In egozentrischen Referenzsystemen bezieht sich die Lage von Objekten auf den Blickwinkel eines Betrachters/einer Betrachterin. Der Betrachter/Die Betrachterin bildet den Mittelpunkt eines virtuellen Koordinatensystems, das von zwei horizontalen und einer vertikalen Achse aufgespannt wird (Abb. 6). Die Angabe von Lage und Richtungen erfolgt relativ zu diesen Achsen.

Kognitive Karten werden meistens egozentrisch enkodiert, da es am einfachsten ist die Lage von Objekten so zu speichern, wie sie wahrgenommen wird. Außerdem ist es für räumliche Problemstellungen wie der Navigation wichtig, die Position eines Objekts in Bezug auf die eigene Orientierung zu kennen (MCDONALD UND PELLEGRINO 1993: 66).

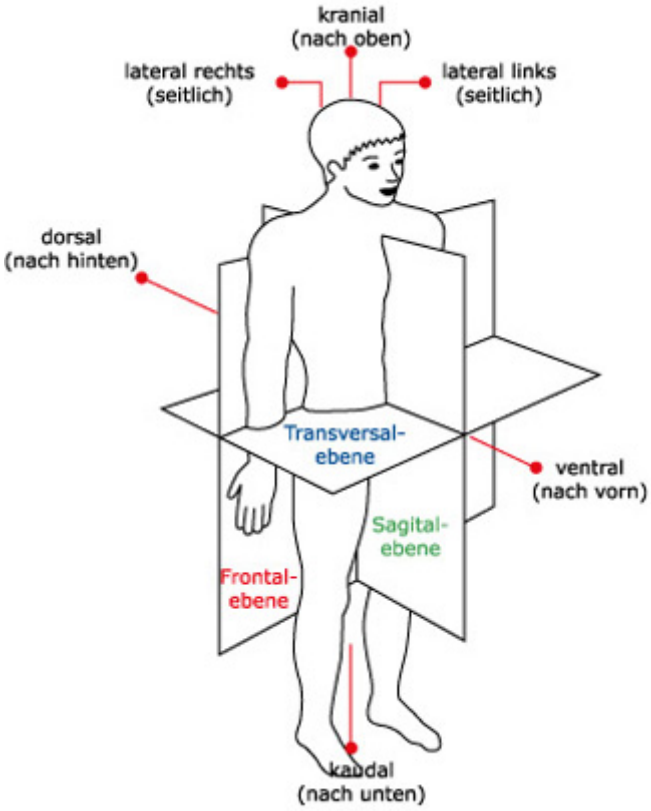


Abb. 6: Egozentrisches Referenzsystem, Quelle: URL 2

Exozentrische Referenzsysteme sind unabhängig von der Position des Betrachters/der Betrachterin. Sie sind feste Referenzsysteme, in denen die Lage anhand einer stabilen Landmarke oder eines anderen fixen Nullpunktes definiert wird. Karten liegen in der Regel in exozentrischer Form vor, und werden somit in diesem Referenzsystem enkodiert. Ohne die Hilfe von Sekundärquellen wie Karten, ist es allerdings schwierig, die egozentrisch wahrgenommene Umwelt in eine exozentrisch organisierte Repräsentation zu kodieren und häufig mit Fehlern, wie dem beschriebenen Angleichungseffekt, verbunden, wenn das Wissen abgerufen werden muss.

Die mentale Organisation von räumlichem Wissen über Landmarken in einem Referenzsystem bedingt immer eine Schematisierung des wahrgenommenen Raums, selbst wenn Menschen sehr gut mit einem Umgebungsraum vertraut sind. Zahlreiche empirische Befunde zeigen systematische Verzerrungen in kognitiven Karten. Hierzu zählen zum Beispiel die Ausrichtungs- und Drehungsheuristik durch Landmarken und an Achsen der Referenzsysteme (TVERSKI 1981). Als Ausrichtungsheuristik beschreibt Tverski das

Phänomen, wenn räumliche Elemente kognitiv relativ zueinander ausgerichtet werden. In ihrer Studie trat dieser Effekt auf, als Studierende aus einer Auswahl mehrerer Weltkarten jene Version als vermeintlich korrekt identifizierten, in denen die Kontinente eine regelmäßige Anordnung besaßen. Rotation beschreibt hingegen die Angleichung an natürliche Achsen wie Nord-Süd oder vertikal-horizontal (Abb. 7). Tverskis Versuchspersonen wählten aus mehreren möglichen Karten von Südamerika jene als die richtige aus, bei denen der Kontinent an eine N-S-Achse angeglichen wurde (ebend.: 414). Derselbe Effekt wurde auch in kognitiven Karten aus direktem Wissenserwerb nachgewiesen (MACEACHREN 1991: 156). So werden Straßen und Flüsse imaginär oft begradigt, Kreuzungen zu 90°-Winkeln verändert (Tverski 2000: 6) und Landmarken nach Haupthimmelsrichtungen ausgerichtet (LYNCH 1960).

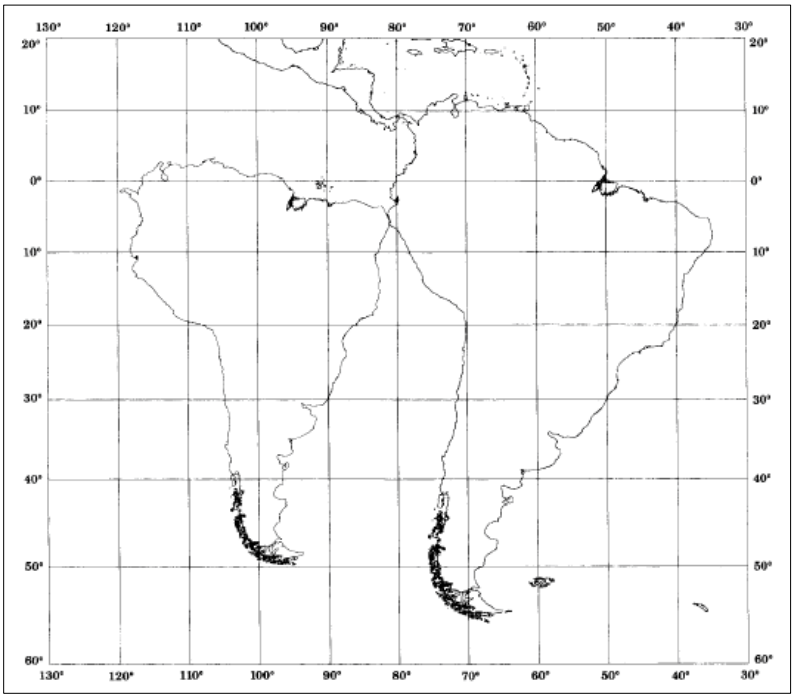


Abb. 7: Drehungs- und Ausrichtungsheuristiken: Südamerika wird an die Lage Nordamerikas angepasst und an den Meridianen ausgerichtet (LLYOD 1989: 105)

Ob die kognitive Karte einer Person in einem lokalen oder globalen Referenzsystem organisiert wird, hängt neben der Erwerbsmodalität auch eng mit dem Faktor Zeit zusammen. Exozentrisch referenziertes Wissen gilt als flexibler und hochwertiger, als egozentrisches Wissen (WEN et al. 2013: 177). Die meisten Theorien zur Entwicklung

kognitiver Karten gehen deshalb von einem zeitlich fortschreitenden Übergang von egozentrischen zu exozentrischen Referenzsystemen aus. Das nächste Kapitel fasst die wichtigsten Erkenntnisse zur Genese von räumlichem Wissen zusammen.

3.3.2 Ontogenese und Mikrogenese kognitiver Karten

Jeder Mensch wird im Laufe seines Lebens mehr oder weniger häufig mit der Situation konfrontiert, in eine unbekannte Umgebung zu kommen, mit der er sich vertraut machen muss. Ein Kind lernt nach seiner Geburt sein Zuhause kennen, während Erwachsene ihre „terra incognita" beim Wohnungswechsel, einem neuen Arbeitsplatz, im Urlaub und zahlreichen anderen räumlichen Aktivitäten vorfinden. Wie gut man sich in einem neuen räumlichen Umfeld zurechtfindet, hängt mit zwei Entwicklungsprozessen zusammen. Zum einen mit der Entwicklung jener geistigen Fähigkeiten, die unter dem Begriff räumlicher Kognition zusammengefasst werden (siehe Kapitel 2). Sie bilden die Voraussetzung dafür, dass man seine Umwelt nicht nur wahrnimmt, sondern auch versteht und aus diesem Verständnis Handlungen ableiten kann. In direktem Zusammenhang dazu steht die Entwicklung des räumlichen Wissens bei fortwährender Exposition durch direkte Interaktion oder indirekten Wissenserwerb. Man bezeichnet die Entwicklung von räumlichem Wissen von der Geburt bis zum Erwachsenenalter als Ontogenese, während Mikrogenese die Entwicklung der kognitiven Karte eines unbekannten Gebiets bei Erwachsenen beschreibt (MONTELLO und FREUNDSCHUH 1995: 169).

Zwei entscheidende Theorien zur Ontogenese kognitiver Karten gehen auf PIAGET (und INHELDER 1956) sowie HART und MOORE (1977) zurück. Piaget zeigte in zahlreichen empirischen Studien mit Kindern unterschiedlichen Alters Parallelen zwischen der allgemeinen kognitiven Entwicklung und der Entwicklung der Fähigkeiten zum kognitiven Kartieren. Daraus entwickelte er die Theorie, die von einer „*Entwicklungssequenz von einem sensomotorisch-konkreten und topologischen Raumverständnis beim jungen Kinde zu einem kognitiv-abstrakten und metrischen Raumverständnis beim Jugendlichen und Erwachsenen*" ausgeht (MAY 2006: 68). Diese

Entwicklung vollzieht sich in drei klar trennbaren Entwicklungsstufen, die hierarchisch aufeinanderfolgen und unumkehrbar sind (SCHNIOTALLE 2003: 28). Je Entwicklungsstufe identifiziert Piaget eine bestimmte Art räumlicher Relationen und unterscheidet ein topologisches, ein projektives und ein euklidisches Raumverständnis.

Hart und Moore griffen diese Theorie auf und konzipierten ein Modell über die Entwicklung räumlicher Referenzsysteme, welches ebenfalls drei distinktive Entwicklungsstufen unterscheidet. Sie beschreiben die qualitative Entwicklung räumlichen Wissens als eine Abfolge des angewendeten Referenzsystems, beginnend vom egozentrischen über das allozentrische zum geozentrischen (HARTL 1990: 35). In egozentrischen Referenzsystemen wird die Lage eines Objekts immer relativ zum eigenen Körper und eigenen Handlungen enkodiert. Egozentrisch strukturiertes Wissen manifestiert sich als Wissen über unterschiedliche Wege entlang von wichtigen Landmarken, deren Orientierung auf die wahrnehmende Person bezogen ist. Eine zusammenhängende Vorstellung vom Raum fehlt jedoch (ebend.: 35).

In der nächsten Entwicklungsstufe findet der Übergang zu exozentrischen Referenzsystemen statt, wobei Hart und Moore zwischen allozentrischer und geozentrischer Referenzierung unterscheiden. In allozentrischen Referenzsystemen werden fixe Landmarken anstelle des eigenen Körpers als Orientierungspunkt herangezogen. Die kognitiven Karten, die um diese Landmarken entstehen, können noch nicht zueinander in Beziehung gesetzt werden und können nur für lokale räumliche Problemstellungen angewendet werden. Geozentrisch kodiertes Wissen entsteht in der letzten Entwicklungsphase. Hier können alle wahrgenommenen Elemente bzw. relativen Räume anhand eines fixen Nullpunktes und imaginären Koordinatenachsen in einem absoluten Raum integriert werden (ebend. 35*f*).

Bei Kindern wurde die phasenweise qualitative Entwicklung von räumlichem Wissen durch die Entwicklung kognitiver Fähigkeiten erklärt. Parallel dazu ging man zunächst auch bei Erwachsenen von einer Entwicklung kognitiver Karten in mehreren aufeinanderfolgenden Stadien aus. Die Abfolge unterschiedlicher Referenzsysteme, die Hart und Moore beschreiben, findet demnach in ähnlicher Form bei Erwachsenen statt, die

sie sich mit einem neuen Umgebungsraum vertraut machen müssen. Die Abfolge von einem topologischen zu einem euklidischen Raumverständnis ist dabei allerdings nicht mehr durch die kognitive Entwicklung einer Person bestimmt, sondern ergibt sich durch die zunehmende Auseinandersetzung mit ihrem Umgebungsraum auf direkte oder indirekte Art (GOLLEDGE und STIMSON 1997: 165).

Eines der bedeutendsten Erklärungsmodelle zur räumlichen Mikrogenese stammt von SIEGEL und WHITE (1975), die drei Phasen der Mikrogenese unterscheiden, die sie als Landmarkenwissen (*landmark knowledge*), Routenwissen (*route knowledge*) und Überblickswissen (*configurational knowledge*) bezeichnen. Landmarken bzw. die Erkennung von Landmarken stellen bei Siegel und White (und vielen anderen Arbeiten zur Evolution kognitiver Karten) den kritischen Ausgangspunkt räumlichen Wissens dar (GOLLEDGE 1993: 32). Wie im letzten Kapitel bereits dargelegt wurde, sind Landmarken markante räumliche Elemente, die eine zentrale Funktion beim Erwerb und beim Abrufen kognitiver Karten besitzen (als Referenzpunkt oder Entscheidungspunkt). Landmarkenwissen umfasst das Wissen über die Eigenschaften einer Landmarke, geht aber nicht darüber hinaus. Das heißt die relative Lage zu anderen Landmarken ist noch nicht bekannt. Der Raum zwischen den Landmarken ist anfänglich noch „leer“ und nicht-metrischer Natur (ISHIKAWA und MONTELLO 2006: 94). Erst mit zunehmender Vertrautheit mit einem Umgebungsraum werden Verbindungen zwischen den Landmarken hergestellt.

Das Wissen über diese Verbindungen, also die Abfolge von Landmarken und Entscheidungen an Landmarken, bilden die Grundlage von Routenwissen. Routenwissen wird meist als topologisch beschrieben. Wissen über Entfernungen und Richtungen existiert in diesem Stadium, wenn überhaupt, nur innerhalb einer erlernten Route (MONTELLO et al 2004: 206).

Wenn Routen und Landmarken mit fortschreitender Erfahrung über ein gemeinsames Referenzsystem integriert werden, spricht man von Überblickswissen. Überblickswissen stellt laut Siegel und White die fortgeschrittenste Form von räumlichem Wissen dar und zeichnet sich dadurch aus, dass räumliche Zusammenhänge auch außerhalb erlernter Routen erkannt werden und im Idealfall im euklidischen Raum verortet werden können

(HIRTLE und HEIDORN 1993: 172). Ein typischer Indikator für den Übergang von Routen- zu Überblickswissen ist die Fähigkeit mit Hilfe einer kognitiven Karte Abkürzungen zu finden (GOLLEDGE 1999: 11). Überblickswissen kann Informationen zu Entfernungen und Richtungen zwischen Landmarken in topologischer und metrischer Form enthalten und wird häufig als zweidimensional und kartenähnlich angesehen (MEILINGER und KNAUFF 2008: 14).

Die Idee, dass kognitive Karten sich ausgehend von selektiver Information fortschreitend zu einer kartenähnlichen Repräsentation entwickeln, findet sich auch bei GOLLEDGE (1978). In seiner Theorie sind Landmarken, die er als Ankerpunkte bezeichnet, die zentralen Organisationspunkte von räumlichem Wissen. Ankerpunkte sind dabei nicht nur punkthafte Elemente, sondern können auch linienhaft (zum Beispiel Straßen) oder flächenhaft (zum Beispiel Bezirke) sein (GÄRLING und GOLLEDGE 2000: 49). Mit zunehmender Aufenthaltsdauer an einem Ort bzw. zunehmender Vertrautheit können Landmarken immer genauer verortet und zueinander in Beziehung gesetzt werden. Wie Siegel und White unterscheidet auch Golledge drei Ausprägungen räumlichen Wissens, die sich zeitlich nacheinander entwickeln. Anfangs werden Landmarken identifiziert, was Golledge als deklaratives Wissen bezeichnet. Deklaratives Wissen kann man sich wie eine Datenbank über Landmarken vorstellen, die sowohl räumliche Informationen, als auch nicht-räumliche Informationen über Landmarken enthalten kann (MACEACHREN 1991: 153). Um deklaratives Wissen für raumbezogene Problemstellungen nutzbar zu machen, wird prozedurales Wissen benötigt. Prozedurales Wissen setzt sich aus Heuristiken zusammen, die räumliches Verhalten an Entscheidungspunkten regelt. Wenn deklaratives Wissen beispielsweise Informationen über Routensegmente enthält, beschreibt prozedurales Wissen, wie diese Segmente kombiniert werden müssen, um erfolgreich von einem Start- zu einem Zielpunkt zu gelangen. Wenn prozedurales Wissen über ein rein topologisches Verständnis hinausgeht und die relative Lage von Ankerpunkten in Form von Distanz- und Richtungseinschätzungen abgeleitet werden kann, spricht Golledge von Überblickswissen. Wie bei Siegel und White ist bei Golledge Überblickswissen die letzte Stufe im Entwicklungsprozess kognitiver Karten.

Die Theorien von Siegel/White und Golledge wurden in zahlreichen Publikationen aufgegriffen und empirisch überprüft (KITCHIN und BLADES 2002: 60). Einige ihrer Ideen zur Entwicklung kognitiver Karten konnten in unterschiedlichen Studien untermauert werden und prägen den aktuellen Stand der Forschung. Hierzu zählt zum Beispiel die Unterscheidung unterschiedlicher Arten von räumlichem Wissen oder die Bedeutung unterschiedlicher Referenzsysteme für die Integration von Informationen in einer Wissensstruktur. Ein zentraler Punkt, der in allen erwähnten Theorien postuliert wurde – die rigide Abfolge der Wissensausprägungen – wird jedoch zunehmend in Frage gestellt.

Jüngere Theorien zur Mikrogenese kognitiver Karten gehen nicht davon aus, dass der Faktor Zeit das einzige Kriterium zur Unterscheidung der Art des erworbenen Wissens darstellt. Hinweise dafür fanden sich sowohl bei Studien mit Kindern, als auch mit Erwachsenen. So zeigten Experimente, dass Kinder unterschiedlichen Alters sich schon nach sehr kurzen Lernphasen Routen- und Überblickswissen aneignen können (zum Beispiel.: CORNELL und HAY 1984, CURTIS et al. 1981). Das widerspricht der Theorie Piagets, der zufolge die Aneignung von Überblickswissen erst im letzten Stadium der kognitiven Entwicklung bei älteren Kindern und Jugendlichen möglich ist. Auch bei Erwachsenen konnte in Studien nachgewiesen werden, dass räumlicher Wissenserwerb nicht immer dem strikten Verlauf von Landmarken- über Routen- zu Überblickswissen folgt. Ein Szenario, dass diesen Rückschluss erlaubt, sind vergleichende Studien, in denen Testgruppen sich Wissen über ein unbekanntes Gebiet direkt und indirekt aneignen müssen. THORNDYKE und HAYES-ROTH (1982) verglichen zum Beispiel Richtungs- und Distanzschätzungen von Personen, die das Layout eines Gebäudes mit Hilfe einer Karte oder durch wiederholte Begehungen erlernten. Dabei stellte sich heraus, dass die Kartengruppe schon nach kurzer Zeit Luftlinienentfernungen gut schätzen konnte, während die Navigationsgruppe besser bei der Schätzung der Routendistanz abschnitt. Entscheidend für die Art der kognitiven Karte war also nicht die Dauer, sondern die Art des Erwerbs. Ähnliche Hinweise, die nicht für eine phasenweise Entwicklung sprechen, fanden sich auch in zahlreichen anderen Studien (vgl. MCDONALD und PELLEGRINO 1993: 54).

Die Relativierung der zeitlichen Komponente beim Erlernen von räumlichem Wissen führt zu einem neuen theoretischen Ansatz, den MONTELLO als „*new framework for understanding spatial microgenesis by adults in environmental spaces*“ bezeichnet (1998: 146). Dieser Ansatz geht nicht mehr von einer Entwicklung von topologischem zu metrischem Wissen aus. Montello behält zwar weiterhin die Unterscheidung der unterschiedlichen Qualitäten des Wissens über den Umgebungsraum bei; also nichtmetrisches Wissen topologischer und sequentieller Natur (Landmarken- und Routenwissen) und metrisches Wissen in Form von kartenähnlichem Überblickswissen, welches Informationen über räumliche Relationen wie Entfernungen und Richtungen enthält.

Die Entwicklung vollzieht sich allerdings weniger qualitativ von nichtmetrischem zu metrischem Wissen, sondern vorwiegend quantitativ (Abb. 8). Damit ist gemeint, dass Menschen sich schon ab dem ersten Aufenthalt in einem neuen Umgebungsraum annähernd metrisches Wissen aneignen können. Montello benutzt dafür den Begriff *qualitative metric knowledge* – räumliches Wissen über Entfernungen und Richtungen, das zumindest anhand einer Intervallskala quantifiziert werden kann (ISHIKAWA und MONTELLO 2006: 124). Landmarken- und Routenwissen entwickeln sich nicht in getrennten Phasen, sondern können parallel in einer gemeinsamen Wissensstruktur existieren, wobei keine zeitliche Abhängigkeit zwischen den Wissensarten besteht. Mit zunehmender Erfahrung ändern sich stattdessen fortwährend der Umfang und die Genauigkeit des Wissens, eine qualitative Entwicklung muss jedoch nicht zwingend stattfinden.

Ein entscheidender Aspekt der Entwicklungstheorie Montellos ist die Berücksichtigung individueller Unterschiede beim kognitiven Kartieren. Manche Menschen können sich schon nach kurzer Zeit Überblickswissen aneignen, während anderen dieses räumliche Verständnis selbst nach langer Aufenthaltsdauer fehlt (ISHIKAWA 2013: 808).

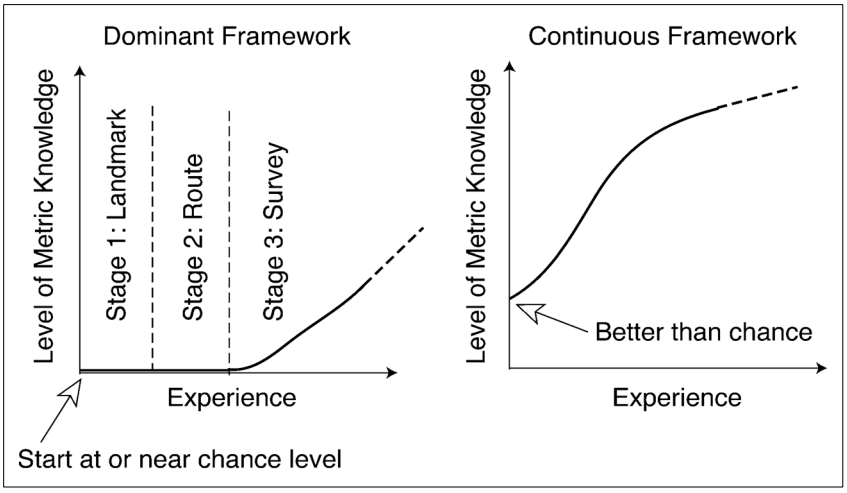


Abb. 8: Schematischer Vergleich der Theorien zur Entwicklung von räumlichem Wissen nach ISHIKAWA und MONTELLO 2006

Die Fähigkeit, das Wissen über separate Orte und Routen in einem globalen allozentrischen Referenzsystem zu integrieren, also der Erwerb von Überblickswissen, ist ein anspruchsvoller kognitiver Prozess. In diesem Zusammenhang wird oft vom Orientierungssinn (*sense of direction*) gesprochen, der je nach Person unterschiedlich stark ausgeprägt ist (HEGARTY et al. 2002). Ein guter Orientierungssinn führt demnach zu genauem Überblickswissen, wohingegen Menschen mit einem schlechten Orientierungssinn vorwiegend über Landmarken- und Routenwissen verfügen (WEN et al. 2011: 655).

Der Zusammenhang zwischen dem Orientierungssinn und der kognitiven Karte ist einer der wichtigsten Faktoren bei der Untersuchung von räumlichem Wissen. Er umfasst nämlich jene Fähigkeiten, die es ermöglichen, bestehende Wissensstrukturen abzurufen und darin neue Informationen zu integrieren. Das häufigste Szenario, in dem der Orientierungssinn zum Tragen kommt, ist die Navigation bzw. das *Wayfinding*[1]. Im nächsten Kapitel werden diese Begriffe daher näher behandelt, mit einem Schwerpunkt auf die Navigation mit Hilfe von Karten, welche den zentralen Forschungsgegenstand dieser Arbeit darstellt.

[1] In deutschsprachigen Texten wird sowohl der englische Begriff als auch die Übersetzung „Wegfinden" benutzt (z.B.: KAZIG und POPP 2011; MÜNZER et al. 2007)

4 Navigation

Viele menschliche Aktivitäten sind räumlicher Natur und für die meisten Menschen ist es selbstverständlich im Zuge ihrer Tätigkeiten kürzere und weitere Distanzen zu überwinden. Zu Fuß in einem Gebäude oder bei der Heimfahrt von der Arbeit nach Hause das erfolgreiche Planen und Zurücklegen eines Weges ist eine Problemstellung, die allgegenwärtig ist und deshalb banal erscheinen kann. Wer seine Umgebung gut kennt, kann sich mühelos darin bewegen, doch bevor dieses Stadium des „Sich-Auskennens" erreicht ist, ist es für viele Menschen schwierig den Weg zu einem gewünschten Ziel zu finden. Das Wort „auskennen" deutet schon darauf hin, dass die kognitive Karte eines Umgebungsraums eine entscheidende Rolle dabei spielt, ob wir Navigationsaufgaben effizient lösen können. Wenn nur geringes oder gar kein räumliches Wissen vorhanden ist, sind externe Repräsentationen wie Karten notwendig, um sich in einer unvertrauten Umgebung zurechtzufinden.

Das folgende Kapitel beschäftigt sich mit den Rahmenbedingungen der Navigation, speziell mit dem Teilgebiet, das als Wayfinding bezeichnet wird. Dabei wird auf die Strategien eingegangen, die bei Navigation zur Anwendung kommen. Basierend darauf wird die Navigation mit Karten und die Rolle der kognitiven Karte beim Wayfinding erörtert. Aufgrund der Forschungsfrage dieser Arbeit wird das Thema dabei auf die Navigation von Fußgängern in einem neuen Umgebungsraum eingegrenzt.

4.1 Wayfinding und Lokomotion

Der Begriff Navigation beschreibt die koordinierte und zielgerichtete Fortbewegung durch Lebewesen oder intelligente Maschinen (RADOVAN 2008: 9). Im englischsprachigen Raum findet sich neben *Navigation* auch der Begriff *Wayfinding*. Umgangssprachlich werden die beiden Begriffe zwar oft synonym verwendet, im wissenschaftlichen Kontext stellt Wayfinding jedoch einen speziellen Bereich der Navigation dar. Wird Wayfinding als Spezialfall der Navigation definiert, wird es meistens der Lokomotion gegenübergestellt. Sowohl Wayfinding als auch Lokomotion sind Navigationsprozesse, die koordiniert

stattfinden und zum Erreichen eines räumlichen Ziels dienen. Der Übergang von Lokomotion zu Wayfinding kann nicht scharf abgegrenzt werden. Wayfinding findet dann statt, wenn die Fortbewegung zu einem Ziel stattfindet, welches nicht direkt vom Navigierenden wahrgenommen wird (ALLEN 1999: 47). Im Gegensatz dazu findet Lokomotion im näheren Umgebungsraum statt, der sensorisch wahrgenommen werden kann. Wayfinding setzt also kognitive Prozesse voraus, die über Perzeption hinausgehen. Um ans Ziel zu kommen, bedarf es einer internen Repräsentation des Raums (kognitive Karte) oder externer Repräsentationen wie Karten, wenn die kognitive Karte allein nicht ausreicht.

Navigation ist in den meisten Fällen eine Kombination aus Lokomotion und Wayfinding. Während der Lokomotion bewältigt man räumliche Problemstellungen, die unmittelbar um den eigenen Körper auftreten, beispielsweise beim Ausweichen von Hindernissen oder Ansteuern von sichtbaren Bezugspunkten (MONTELLO 2005: 259). Das kann entweder mit oder ohne die Hilfe von Fahrzeugen und auf aktive oder passive Art stattfinden. Im Alltag kommt es jedoch selten vor, dass man nur zu Zielen innerhalb des Lokomotionsradius navigiert. Wenn sich ein Ziel durch physische Barrieren oder durch seine Entfernung zum Startpunkt der sinnlichen Wahrnehmung des Navigators/der Navigatorin entzieht, muss man auf internes und/oder externes Wissen zurückgreifen um ans Ziel zu gelangen. Anhand dieses Wissens wird eine Route geplant und zurückgelegt. Wie erfolgreich das Planen und Ausführen einer Route ist, steht in direktem Zusammenhang mit dem Orientierungsvermögen.

4.2 Orientierung

Unter Orientierung versteht man die Lage eines Objekts und ihre Ausrichtung zu einem anderen Objekt. Im Navigationskontext beschreibt Orientierung(svermögen) die Fähigkeit einer Person, ihren eigenen Standort (Position) zu kennen und zu wissen, in welcher Richtung sich räumliche Objekte des Umgebungsraums befinden, die für die Navigation zu einem Ziel relevant sind (Lage) (RADOVAN 2008: 10). Position und Lage werden immer anhand eines Referenzsystems bestimmt, wobei die Orientierung anhand konkreter

Objekte (z.B.: einer Landmarke, oder einer Straßenachse) oder abstrakter Referenzpunkte (z.B.: einem koordinativen Nullpunkt oder einer Himmelsrichtung) hergestellt werden kann. Wie im letzten Kapitel bereits beschrieben wurde, kann man hierbei zwischen egozentrischen und exozentrischen Referenzsystemen unterscheiden.

Positionsangaben können absolut oder relativ ausgedrückt werden. Die absolute Position wird anhand fixer Werte wie Längen- und Breitengraden oder Adressen angegeben. Im Gegensatz dazu beschreibt die relative Position, wo sich etwas in Bezug auf ein Referenzobjekt befindet. Während der Navigation kann sich die relative Position eines Objekts ändern, ihre absolute Position bleibt jedoch immer gleich.

Die Lage wird immer in Bezug auf eine Referenzrichtung angegeben (z.B. einer Himmelsrichtung), wobei man zwischen Blickrichtung (*heading*), Kurs (*course*) und Peilung (*bearing*) unterscheidet (LOOMIS et al. 1999: 125*ff*, Abb. 9):

- Der Kurs beschreibt den Winkel zwischen Referenzrichtung und der Bewegungsrichtung. Da man sich in der Fußgängernavigation in der Regel in die gleiche Richtung bewegt, in die man blickt, sind Blickrichtung und Kurs meistens ident.
- Unter Peilung versteht man die Richtung zu einer Landmarke relativ zur Referenzrichtung oder relativ zur Bewegungsrichtung.

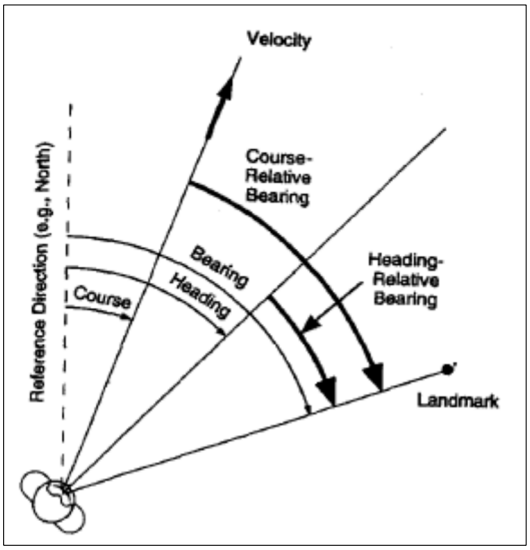


Abb. 9: Blickrichtung, Kurs und Peilung (aus LOOMIS 1999: 126)

Jeder Navigationsvorgang gliedert sich in zwei Teilprozesse, einer Planungsphase und einer Umsetzungsphase (RADOVAN 2008: 53). Während beider Phasen spielt die Orientierung eine entscheidende Rolle. In der Planungsphase wird anhand von internem oder externem Wissen die Route zu einem gewünschten Ziel geplant. Dazu wird die Orientierung am Ausgangspunkt hergestellt und ausgehend davon ein Handlungsplan zum Erreichen des Ziels erstellt. In der nächsten Phase erfolgt die Umsetzung dieses Handlungsplans in Form der zielgerichteten Bewegung zum Ziel.

Im Zuge der Bewegung verändert sich die Position und Lage des Navigierenden. Während der Routenplan umgesetzt wird, ist es daher notwendig sich fortwährend zu orientieren, um nicht von der geplanten Route abzuweichen. Fehler beim Navigieren können ausgeglichen werden, vorausgesetzt sie werden früh genug erkannt. Dazu wird die Orientierung wiederhergestellt, und man begibt sich entweder auf den geplanten Pfad zurück oder plant, ausgehend vom derzeitigen Standort, eine neue Route zum Ziel. Im schlimmsten Fall verliert man seine Orientierung und verirrt sich (ebend. 53). Um die Orientierung während der Navigation beizubehalten, stehen dem Navigierenden grundsätzlich zwei Strategien zur Verfügung: Wegintegration und landmarkenbasierte Strategien (DILLEMUTH 2005: 38).

Bei der Wegintegration aktualisiert man die eigene Orientierung, indem man Informationen zur Bewegungsrichtung und Bewegungsgeschwindigkeit sammelt. Für die Wegintegration wird vorausgesetzt, dass man die Ausgangsposition einer Route kennt. Ausgehend davon ergibt sich aus Bewegungsrichtung und -geschwindigkeit ein Bewegungsvektor. Ändert man während der Fortbewegung die Richtung, entsteht ein neuer Bewegungsvektor – man kann eine Route also in seine Teilvektoren bzw. Teilstrecken unterteilen, die zu einer Gesamtstrecke addiert werden (Abb. 10).

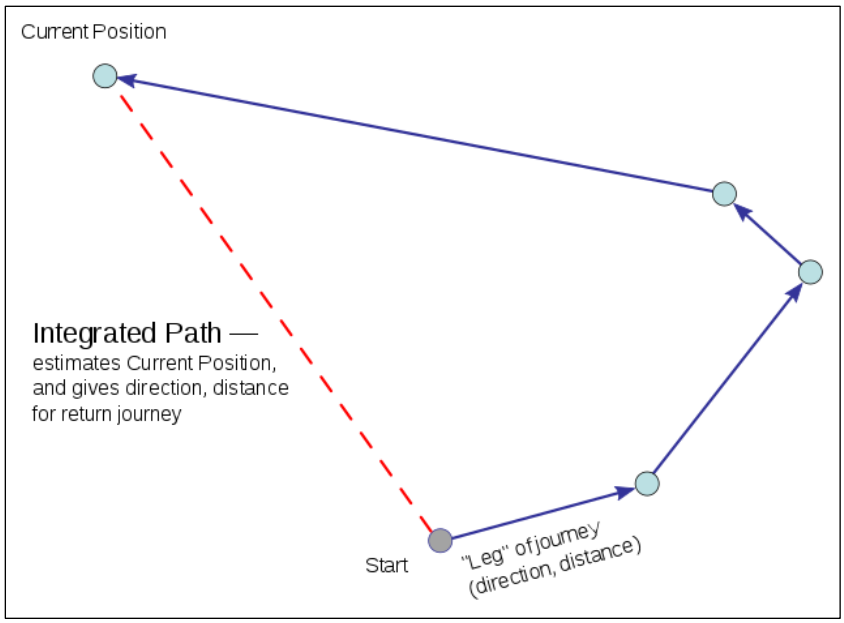


Abb. 10: Schema für Wegintegration, Quelle: URL 3

Navigation durch Wegintegration kann bei Menschen und Tieren beobachtet werden. Beispielsweise wurde in mehreren Studien von WEHNER (1996, 1999) festgestellt, dass Wüstenameisen bei der Nahrungssuche mittels Wegintegration zu ihrem Nest zurückfinden. Menschen greifen ebenfalls auf diese Navigationsstrategie zurück, vor allem in unbekannten Umgebungen und wenn keine externen Orientierungshilfen zur Verfügung stehen. Für die Umsetzung von Wegintegration ist es notwendig, seine eigene Bewegung wahrzunehmen. Dabei helfen externe und interne Signale, die von der menschlichen Sensorik aufgenommen und zu Informationen über Kurs und Geschwindigkeit verarbeitet werden. Interne (oder idiothetische) Information wird durch Propriozeption gewonnen (vgl. Kap. 2.1). Hierzu zählt unter anderem der Trägheitssinn, mit dem Beschleunigungs- und Bremsvorgänge wahrgenommen werden können (MALLOT 2004: 20). Der Großteil der notwendigen Informationen für Wegintegration ist jedoch externer (allothetischer) Natur. Hierzu zählt die Wahrnehmung des optischen und (in geringerer Form) des akustischen Flusses. Während man sich bewegt, wird der Umgebungsraum visuell als fließende Abfolge von Bildern wahrgenommen. Anhand dieses optischen Flusses lassen sich die Bewegungsrichtung, die Bewegungsgeschwindigkeit und die Bewegungsdauer schätzen (DRESEL 2009: 13).

Während Wegintegration im Tierreich bei Spezies wie Bienen oder Ameisen sehr erfolgreich zur Navigation eingesetzt wird, ist sie beim Menschen weniger effizient. Zwar konnten Studien zeigen, dass Menschen selbst mit verbundenen Augen einen Weg mittels Wegintegration zurückverfolgen konnten (z.B.: LOOMIS et al. 1993), doch ohne Hilfsmittel wie einer Karte oder einem Kompass ist diese Strategie sehr fehleranfällig.

Ein Problem bei der Navigation durch Wegintegration ist, dass man seine Ausgangsposition kennen muss und seinen aktuellen Standort nur relativ dazu bestimmen kann. Außerdem kumulieren sich Fehler, die beim Orientieren auftreten, mit der Zeit. Das heißt mit jeder Fehleinschätzung von Position und Kurs wird die Routenverfolgung ungenauer und die Wahrscheinlichkeit sich zu verirren, größer (MONTELLO 2005: 268). Nichtsdestotrotz liefert Wegintegration wichtige Informationen zum Beibehalten der Orientierung, vor allem als Ergänzung zu der zweiten Navigationsstrategie – der Zielführung. Wegintegration birgt auch den Vorteil, ohne Hilfsmittel in einem unbekannten Gebiet navigieren zu können. Das räumliche Wissen, das man dabei über den Umgebungsraum gewinnt, kann mit der Zeit zu einer ersten kognitiven Karte integriert und in weiterer Folge als Grundlage für die Zielführung herangezogen werden (LOOMIS et al. 1999: 129).

Sowohl beim Erkunden eines neuen Gebiets, als auch beim Navigieren bekannten Terrains, benutzt man meistens externe Referenzpunkte, um sich zu orientieren und ans Ziel zu finden. Bei der Navigation mit Hilfe von Landmarken unterscheidet man Routenverfolgung und Zielführung (MALLOT 2004). Routenverfolgung ist die kognitiv weniger anspruchsvolle Methode und spielt sich innerhalb des Wahrnehmungsradius – in der Regel innerhalb des Sichtfeldes – ab. Dabei dienen sichtbare Landmarken beim Navigieren entweder als Indikator für ein Ziel oder als Ziel selbst. Im einfachsten Fall erkennt man die Landmarke als das Ziel und bewegt sich darauf zu. Im etwas anspruchsvolleren Fall der Routenverfolgung, bei dem die Sicht zum Ziel nicht vorhanden ist, dienen Landmarken als Assoziationspunkte für Routenentscheidungen (CHAN et al. 2012: 8). Für diese Navigationspraxis wird bereits eine Form von räumlichem Wissen, nämlich Routenwissen, vorausgesetzt.

Wenn Landmarken bei der Navigation nicht nur als Routenzeiger, sondern als Orientierungshilfe dienen, spricht man von Zielführung. Bei der Zielführung bestimmt man anhand einer sichtbaren Landmarke die eigene Position und Lage auf einer Karte, die den momentanen Standort und den Standort des Ziels enthält (MONTELLO 2005: 267). Mit fortwährender Orientierung kann auf der Karte so die Route zu einem Ziel verfolgt werden, auch wenn es sich außerhalb des Sichtradius befindet. Die Karte kann dabei interner und externer Natur sein. In einem neuen Umgebungsraum benötigt man eine gedruckte oder digitale Karte, um sich mit Hilfe markanter Objekte in der näheren oder entfernten Umgebung orientieren zu können. Kennt man die Umgebung bereits, kann man auch auf die kognitive Karte zurückgreifen, um sich zu orientieren (DILLEMUTH 2005: 38). Egal ob auf Papier gedruckt oder in Form von Überblickswissen im Gedächtnis gespeichert – wenn der Standort einer Landmarke bekannt ist und man über die Wahrnehmung die Entfernung und Richtung dazu feststellen kann, kann man mit dieser Information die eigene Position bestimmen.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass es zwei Phasen in einem Navigationsvorgang gibt: die Planungsphase und die Umsetzungsphase. Um erfolgreich an ein Ziel zu gelangen, ist in beiden Phasen die Orientierungsfähigkeit von entscheidender Bedeutung. Beim Orientieren ermittelt der Navigierende die Position und Lage von sich selbst oder von Objekten aus seinem Umgebungsraum. Dafür stehen ihm zwei Strategien zur Verfügung. Bei der Wegintegration werden Positions- und Lageveränderungen durch die Wahrnehmung der eigenen Bewegung überwacht. Im Fall landmarkenbasierter Strategien orientiert man sich über das Wahrnehmen und Erkennen markanter Punkte des Umgebungsraums, mit deren Hilfe man die eigene Position und Lage auf einer externen oder internen Karte ermitteln kann.

Wegintegration und Zielführung können situationsabhängig eingesetzt und kombiniert werden (PHILBECK und SARGENT 2013: 101, GOLLEDGE 1999: 27). Da Menschen räumliche Informationen über die visuelle Wahrnehmung am genauesten erfassen können, wird Zielführung gegenüber der ungenaueren Wegintegration tendenziell bevorzugt. Andererseits kann Wegintegration ohne Orientierungshilfen wie Karten praktiziert

werden und liefert zudem Informationen mit denen vorhandenes Wissen verbessert und strukturiert werden kann.

4.3 Navigationsbasierter Wissenserwerb mit Karten

Navigation als Teilbereich von räumlichem Verhalten und räumliches Wissen sind Teile eines Wirkungskreislaufs, die sich gegenseitig beeinflussen. Einerseits beeinflusst die Art sich zu orientieren und zu navigieren, wie man den Raum wahrnimmt und kognitiv verarbeitet. Andererseits hängen beim Wayfinding die Planung und Durchführung einer Route davon ab, ob man bereits etwas bzw. was man über einen Umgebungsraum weiß. Wenn man den navigationsbasierten Erwerb von räumlichem Wissen untersucht, müssen daher die Rahmenbedingungen der Navigation berücksichtigt werden, um Rückschlüsse auf das erworbene Wissen ziehen zu können. Die zentrale Forschungsfrage dieser Arbeit behandelt den räumlichen Wissenserwerb während der Navigation durch ein unbekanntes Gebiet. Dabei wird also von einer räumlichen Problemstellung ausgegangen, die Wayfinding voraussetzt. Beim Wayfinding in einem unbekannten Umgebungsraum wird externes Wissen als Orientierungshilfe benötigt, sei es zur Bestimmung der Ausgangsposition bei der Wegintegration oder zur Identifikation von Landmarken bei der Zielführung. Das gängigste Hilfsmittel dafür ist eine Karte, wobei grundsätzlich auch andere räumliche Modelle in Frage kommen.

Obwohl die Navigation mit Karten ein sehr anwendungsbezogenes Szenario ist, stellt der navigationsbasierte Wissenserwerb mit Karten ein noch wenig erforschtes Themengebiet dar (ISHIKAWA et al. 2008: 75). Studien zum räumlichen Wissenserwerb beschränken sich nämlich meistens entweder auf den Erwerb durch die direkte Wahrnehmung der Umwelt oder die indirekte Aneignung aus Sekundärquellen wie Karten (siehe Kap. 3.2). Häufig werden diese zwei Erwerbsmodalitäten einander gegenübergestellt. In Vergleichsstudien, in denen sich Versuchspersonen auf direkte oder indirekte Weise mit ihrem Umgebungsraum vertraut machen müssen, wurden Hinweise gefunden, dass sich die Art des erworbenen Wissens aus direkter Interaktion qualitativ und quantitativ von Kartenwissen unterscheidet. Obwohl einige dieser Erkenntnisse wertvoll für die

Erforschung des Wissenserwerbs während der Navigation mit Karten sind, kann man sie nicht ohne weiteres für dieses Anwendungsgebiet übernehmen. Die klare Trennlinie zwischen direktem und indirektem Wissenserwerb kann hier aus mehreren Gründen nicht mehr gezogen werden.

Während man mit einer Karte durch einen unbekannten Umgebungsraum navigiert, gewinnt man Informationen über den Raum sowohl aus der Wahrnehmung des Raums selbst, als auch durch die Verwendung der Karte. Diese Gleichzeitigkeit von direkter und indirekter Umweltwahrnehmung schafft hinsichtlich des Wissenserwerbs besondere Rahmenbedingungen, die berücksichtig werden müssen. Studien, die sich nur auf eine Erwerbsmodalität beschränken, fokussieren sich häufig auf das bewusste Kennenlernen der Testumgebung. ProbandInnen werden beispielsweise gebeten, sich eine Karte eines Gebäudes so gut wie möglich einzuprägen oder über längere Zeit in einem Gebäude Wege zurückzulegen, um sich damit vertraut zu machen (z.B. THORNDYKE und HAYES-ROTH 1982, RICHARDSON et al. 1999). In solch einem Szenario findet räumlicher Wissenserwerb bewusst statt. Eine Studie, die eine realitätsnahe Navigation mit Karten behandelt, impliziert räumlichen Wissenserwerb nur indirekt, denn die primäre Aufgabe, die ProbandInnen in diesem Szenario bewältigen müssen, ist nicht das bewusste Erlernen des Umgebungsraums, sondern die Herstellung der Orientierung mit Hilfe der Karte, um erfolgreich zu navigieren. Der räumliche Wissenserwerb ist dabei nur ein Nebeneffekt beim Wayfinding. Erkenntnisse, die aus dem Erlernen von Karten gewonnen wurden, müssen nicht unbedingt für das Navigieren mit Karten gelten. Welche Problemstellungen ergeben sich also für den navigationsbasierten Erwerb von räumlichem Wissen mit Karten?

Betreibt man Wayfinding mit Hilfe einer Karte, muss man sich fortwährend orientieren (siehe Kapitel 4.2). Das bedeutet, dass zwei Referenzsysteme in Einklang gebracht werden müssen: ein egozentrisches, in dem die Orientierung in Bezug auf den wahrgenommenen Raum hergestellt wird und ein allozentrisches, in dem die eigene Position und Lage auf einer Karte identifiziert werden. Den dreidimensionalen Raum der Wahrnehmung und den zweidimensionalen Raum der Karte mental in Einklang zu bringen, um zu navigieren, ist

ein kognitiv anspruchsvoller Prozess. Besonders schwierig ist diese Aufgabe, wenn der Navigierende und die verwendete Karte nicht gleich ausgerichtet sind, also die Blickrichtung „vorne“ nicht der Kartenrichtung „oben“ (i.d.R. Norden) entspricht. Die Verzerrungen und Fehler, die beim räumlichen Wissenserwerb durch diesen Ausrichtungseffekt entstehen können, wurden bereits im Zusammenhang mit *You-Are-Here-Maps* beschrieben (siehe Kap. 3.2.2).

Im Regelfall werden die wenigsten Menschen bei einer kartenbasierten Navigation immer denselben Kurs beibehalten. Es genügt ein einziges Mal abzubiegen, damit Blick und Karte nicht mehr identisch ausgerichtet sind. Um trotzdem nicht die Orientierung zu verlieren, muss der Navigator/die Navigatorin entweder die Karte bei allen Richtungsänderungen mitdrehen oder diese Drehung gedanklich vornehmen. Neben dieser mentalen Rotation, bedarf es zusätzlich einer kognitiven Transformation, die für das Kartenlesen notwendig ist. Hierzu zählen die maßstabsgebundene Verkleinerung des dreidimensionalen Raums, seine Transformation in die zweidimensionale Kartenebene und seine Symbolisierung durch Kartensignaturen.

Sich mit einer Karte zu orientieren, beansprucht also das kognitive System in mehrerlei Hinsicht. Die geistige Beanspruchung kann einerseits Quelle für Fehler beim Routing sein, stellt andererseits aber auch eine Möglichkeit dar, sich räumliches Wissen anzueignen. Kognitives Kartieren kann als Nebeneffekt von Navigation stattfinden und wird in der Literatur durch das Prinzip der aktiven Enkodierung erklärt (MÜNZER et al. 2006: 300). Für das erfolgreiche Enkodieren, also Speichern neuer Informationen im Langzeitgedächtnis spielt Aufmerksamkeit eine wichtige Rolle. Aufmerksamkeit kann die Wahrnehmung von einem unterbewussten in einen bewussten Zustand überführen (RADOVAN 2008: 16). Sie steuert das sensorische Gedächtnis und beeinflusst somit welche Informationen durch das Arbeitsgedächtnis verarbeitet und potentiell mit der vorhandenen Wissensstruktur im Langzeitgedächtnis verknüpft werden.

Im Zusammenhang mit räumlicher Orientierung ist die Aufmerksamkeit in zweierlei Hinsicht von Bedeutung (ALLEN und KIRASIC 2003). Der Einsatz der kognitiven Ressource Aufmerksamkeit bedeutet einerseits eine Selektion jener Information, die für die jeweilige

räumliche Problemstellung wichtig ist. Beim Wayfinding können das zum Beispiel Landmarken sein, die zur Orientierung dienen. Andererseits impliziert Aufmerksamkeit auch einen kognitiven Aufwand, der zur Lösung einer Problemstellung betrieben wird. Je anspruchsvoller die Problemstellung, desto höher der kognitive Aufwand. Es wurde bereits erläutert, dass die Navigation mit Karten in mehrerlei Hinsicht eine anspruchsvolle Aufgabe für das kognitive System darstellt. Die Orientierung in einem unbekannten Gebiet über eine längere Strecke beizubehalten, setzt Aufmerksamkeit voraus. Es müssen Navigationsstrategien eingesetzt werden, die einer aktiven Auseinandersetzung mit dem Umgebungsraum bedürfen. Sie werden auch als explizite (Navigations-)Strategien bezeichnet (MONTELLO 2005: 270). Ergebnisse aus zahlreichen Studien weisen darauf hin, dass der Grad der Aufmerksamkeit bzw. der Grad der aktiven Auseinandersetzung die Genauigkeit von räumlichem Wissenserwerb entscheidend beeinflussen kann (PARUSH et al. 2007: 251).

Die Besonderheit für das kognitive Kartieren beim Navigieren mit Karten in einem unbekannten Gebiet besteht also darin, dass die kognitiv aufwändige Aufgabe des Sich-Orientierens eine aktive Auseinandersetzung mit dem Umgebungsraum voraussetzt. Der Einsatz der begrenzten Ressource Aufmerksamkeit fokussiert die Wahrnehmung und erhöht die Chancen, dass Informationen aus dem sensorischen Gedächtnis als Wissen im Langzeitgedächtnis gespeichert werden (RADOVAN 2008: 16). Wenn man für die Navigation jedoch anstelle von analogen Karten moderne Navigationshilfen verwendet, kann ein gegenteiliger Effekt eintreten. Moderne Hardware wie Navigationsgeräte, Smartphones oder Tablets ermöglichen es, Navigation zu automatisieren. Dabei übernimmt das Gerät nahezu alle Aufgaben, die für einen erfolgreiche Navigation notwendig sind: eine Navigationssoftware wie Google Maps kann mit Hilfe eines GPS-Empfängers jederzeit Position, Lage und Routenverlauf auf einer Bildschirmkarte darstellen und zudem durch textliche oder akustische Routenanweisungen ergänzen. Das macht moderne Navigationshilfen zu praktischen und hilfreichen Begleitern, wenn es darum geht, sich in unbekanntem Terrain zurechtzufinden. Orientierungsfehler – wie sie bei klassischen Navigationshilfen wie Papierkarten auftreten können – werden minimiert. Das bietet nicht

nur einen großen Vorteil für Menschen mit einem schwach ausgeprägten Orientierungssinn, sondern trägt auch dazu bei, schneller, effizienter und sicherer ans Ziel zu gelangen, besonders dann, wenn die Navigation in einem Fahrzeug stattfindet.

Für das räumliche Lernen kann automatisierte Navigation aber einen negativen Effekt haben. Studien wie jene von PARUSH (et al. 2007) oder MÜNZER (et al. 2006) deuten darauf hin, dass moderne Navigationshilfen die Entwicklung von räumlichem Wissen hemmen können. Wenn perzeptive und kognitive Vorgänge von einem Gerät übernommen werden, ändern sich die Parameter für den Wissenserwerb. Die räumliche Problemstellung vereinfacht sich, somit sinken auch der kognitive Aufwand und die Notwendigkeit der aktiven Auseinandersetzung mit der Umgebung. Die Aufmerksamkeit fokussiert die Wahrnehmung nicht mehr primär auf orientierungsrelevante Umweltreize, sondern auf die Routenverfolgung (Routenanweisungen, Verkehr, Bedienung des Geräts). ISHIKAWA und TAKAHASHI (2013) fanden in einer Navigationsstudie heraus, dass Versuchspersonen mit einer digitalen Navigationshilfe ihre Blicke länger auf das Gerät richteten, als eine Vergleichsgruppe mit einer Papierkarte und sich zudem schlechter an die zurückgelegte Route erinnern konnten. Es wird daher angenommen, dass während automatisierter Navigation weniger aktive Enkodierung stattfindet und somit weniger räumliches Wissen kognitiv kartiert wird.

Für den Kartennutzer/die Kartennutzerin, welcher/welche die Karte nur als Werkzeug verwendet, um die räumliche Problemstellung von „A nach B kommen“ zu lösen, mag dieser Effekt auf den ersten Blick vernachlässigbar erscheinen. Die Navigation mit computerbasierten, GPS-gestützten Navigationssystemen, die heute standardmäßig auf jedem Smartphone installiert sind, ist:

- Einfacher: es reicht, den Zielort einzugeben, den Rest erledigt die Software
- Komfortabler: durch die Möglichkeit verschiedene Kartenansichten zu wählen, Zusatzinformationen wie interessante Orte einblenden zu lassen, turn-by-turn Navigation, Sprachausgabe
- Effizienter: Algorithmen berechnen innerhalb von Sekunden die optimale Route zu einem Ziel

Zudem sind die Navigationsapplikationen der größten Anbieter kostenlos verfügbar. Für die Kartographie sind die möglichen Effekte automatisierter Navigation auf den räumlichen Wissenserwerb jedoch auch von Interesse.

Die zentrale Aufgabe der Kartographie besteht nämlich darin, räumliche Prozesse und Strukturen an den Kartennutzer/die Kartennutzerin zu kommunizieren, damit er/sie eine Vorstellung über seine/ihre Umwelt gewinnen kann. Karten ermöglichen georäumliche Erkenntnisgewinnung und unterstützen bei der Lösung raumbezogener Problemstellungen. Immer wenn Menschen Karten verwenden, findet ein Kommunikationsprozess statt. Die Navigation mit Karten – insbesondere in einer Umgebung, die noch unbekannt ist – ist wohl eines der gängigsten Szenarien, in denen kartographische Kommunikation stattfindet. Einerseits hat sich durch den technologischen Wandel die Art der kartengestützten Navigation stark verändert. Auf der anderen Seite hat sich an der Aufgabe der Kartographie, nämlich raumbezogene Informationen effektiv zu vermitteln, nichts geändert. Für die moderne Kartographie stellt sich daher die Frage, welche Implikationen sich durch technologische Entwicklungen für den Prozess kartographischer Kommunikation ergeben. Innerhalb dieser Fragestellung ist auch das Thema dieser Arbeit angesiedelt. Während der Navigation mit analogen Karten und jener mit GPS-gestützten Navigationssystemen gelten hinsichtlich der kartographischen Kommunikation unterschiedliche Rahmenbedingungen. Daher werden im nächsten Kapitel die theoretischen Grundlagen kartographischer Kommunikation, der Einfluss technologischer Entwicklungen, sowie die Implikationen, die sich für die Forschungsfrage ergeben, beschrieben.

5 Kognitive Karten und Kartographische Kommunikation

Dieser Teil der Arbeit beschreibt die Erforschung räumlicher Kognition innerhalb der Kartographie und ihre Rolle in der Etablierung der Kartographie als (Kommunikations-) Wissenschaft. Im Anschluss werden kartographische Kommunikationsmodelle im Kontext kognitiver Karten diskutiert. In welcher Hinsicht sich die Rahmenbedingungen kartographischer Kommunikation aufgrund technologischer Entwicklungen verändert haben, wird schließlich in Kapitel 5.3 zusammengefasst.

5.1 Kartographie und Kognition

Wie in Kapitel 2.1 beschrieben, kann Kognition als informationsverarbeitendes System bzw. Schnittstelle zwischen Umgebungsinput und Verhalten verstanden werden. Die wissenschaftliche Erforschung der Zusammenhänge von Reizaufnahme, Kognition und Verhalten erfolgt zunächst innerhalb der Kognitiven Psychologie, einer Teildisziplin der Psychologie, die sich in den 1940er-Jahren entwickelte. Eine Erweiterung um räumliche Fragestellungen erfährt die Kognitionsforschung spätestens seit der Arbeit TOLMANs *Cognitive Maps in Rats and Men* (1948). Seine Studie zum Orientierungsverhalten von Ratten bildet einen wichtigen Grundstein für die Erforschung der Mikrogenese räumlichen Wissens (vgl. Kapitel 3.3.2). Des Weiteren lässt sich der Begriff der Kognitiven Karte auf Tolman zurückführen. In den 1950er- und 60er-Jahren steht die räumliche Kognition zunehmend im Fokus. Die Forschungsarbeit von PIAGET und INHELDER (1956, 1960) liefert theoretische Grundlagen zur Ontogenese kognitiver Karten. Mit Kevin LYNCH's *The image of the city* (1960) erscheint erstmals ein wichtiger Beitrag zur räumlichen Kognition außerhalb der Psychologie (Lynch war Stadtplaner). In den folgenden zwei Jahrzehnten befassen sich auch vermehrt geographische Forschungsarbeiten mit Aspekten räumlicher Kognition.

Während Forschungsfragen zur räumlichen Kognition anfangs meist nur innerhalb einer Disziplin untersucht wurden, finden sich ab den 1970er Jahren zunehmend interdisziplinäre Forschungskollaborationen, v.a. zwischen PsychologInnen und

GeographInnen (MARK et al. 1999: 751). Beispiele für derartige Zusammenarbeiten sind DOWNS und STEAS *Maps in Mind* (1977), oder *Environmental Knowing: Theories, Research, and Methods* von MOORE und GOLLEDGE (1976).

Die Untersuchung von Karten und räumlicher Kognition lässt sich analog zu der beschriebenen Entwicklung nachverfolgen. Innerhalb der Psychologie beschränkte sich das Interesse für Karten meist auf ihren Einsatz als Werkzeug zur Untersuchung kognitiver Fähigkeiten. Dabei versuchte man zu ergründen, wie Karten oder kartenähnliche Stimuli durch das kognitive System verarbeitet werden. Für die Geographie bzw. Kartographie rückte die Karte bzw. der Kartennutzer/die Kartennutzerin in den Fokus des Forschungsinteresses. Ziel dabei war es, den Entwurf und die Nutzung von Karten bzw. kartenverwandten Ausdrucksformen zu verbessern, indem man Erkenntnisse der Kognitionsforschung beim Entwurf von kartographischen Produkten berücksichtigte (MONTELLO 2001: 14772). Dieser kartographische Fokus auf räumliche Kognition, der zunächst nur innerhalb der Geographie präsent war, basierte jedoch nur selten auf kognitiven Theorien zu räumlichem Wissen aus der Kognitiven Psychologie (LOBBEN 2004: 271). In der Mitte des 20. Jahrhundert begann sich schließlich – aus den gemeinschaftlichen Forschungsleistungen von Kartographie und Psychologie – das Forschungsfeld der kognitiven Kartographie (*cognitive cartography*, MONTELLO 2002: 283) zu entwickeln.

Die Berücksichtigung kognitiver Prozesse im Kartenentwurf markiert einen Paradigmenwechsel in der Etablierung der Kartographie als Wissenschaft. Bis ins 20. Jahrhundert war der Entwurf von Karten mehr Handwerkskunst, als Wissenschaft und der Zweck der Karte beschränkte sich darauf, ein Präsentationsmittel für räumliche Informationen zu sein. Ob dieser Zweck erfüllt wurde, wurde vorwiegend nach ästhetischen Gesichtspunkten beurteilt oder von KartographInnen durch „trial and error"-Verfahren ermittelt (ebend.: 284). Anders formuliert: Vor der Ära der Kognitiven Kartographie unterlag der Kartenentwurf keinen theoretischen Grundlagen, die empirisch belegbar waren. Eine entscheidende Wende von der Kartographie als Handwerk hin zur wissenschaftlichen Kartographie markiert ROBINSONS *The Look of Maps* (1952). In seiner Dissertation, die sich mit den Grundlagen des Kartenentwurfs auseinandersetzt,

argumentiert Robinson, dass die primäre Funktion einer Karte darin besteht, mit dem Kartennutzer/der Kartennutzerin zu kommunizieren.

Die Effektivität dieses Kommunikationsprozesses wird im Rahmen kognitionspsychologischer Theorien untersucht. Demnach ist die Karte eine Ansammlung raumbezogener Informationen, die wahrgenommen, prozessiert und im Idealfall als interne Repräsentation in Form einer kognitiven Karte im Langzeitgedächtnis des Kartennutzers/der Kartennutzerin gespeichert werden. Der Entwurf einer Karte beeinflusst wie der Raum, der in der Karte abgebildet wird, wahrgenommen wird. Wenn das kognitive System Informationen aus Karten verarbeitet, sind daran unterschiedliche kognitive Prozesse beteiligt. Um welche Prozesse es sich dabei handelt, hängt sowohl von der Karte, als auch von dem Nutzer/der Nutzerin ab (LOBBEN 2004: 270). Laut Robinson sollte daher beim Kartenentwurf berücksichtigt werden, wie Karten wahrgenommen und prozessiert werden. Dazu benötige es eine wissenschaftliche Basis für Kartendesign in Form theoretischer und empirischer Forschungsansätze (MONTELLO 2002: 284*f*).

Die Kognitionspsychologie entdeckte die Karte bereits viele Jahrzehnte vor der Kartographie als Forschungsgegenstand kognitiver Fragestellungen. Es verwundert daher nicht, dass KartographInnen sich bei der Erforschung effektiven Kartendesigns an Theorien und Methoden der Psychologie bedienten. Das gemeinsame Interesse am Zusammenhang zwischen Karten und räumlichen Wissen bildet schließlich das neue Forschungsfeld der kognitiven Kartographie. Montello definiert kognitive Kartographie als „*(…) the application of cognitive theories and methods to understanding maps and mapping and the application of maps to understanding cognition*". Des Weiteren unterscheidet er zwischen drei Forschungsschwerpunkten innerhalb der kognitiven Kartographie: Kartenentwurf (*map-design*), Kartenpsychologie (*map-psychology*) und Kartendidaktik (*map-education*) (ebend.: 283*f*).

Kartenpsychologie wurde, wie der Name schon vermuten lässt, vor allem von Seiten der Psychologie untersucht und benutzt Karten und kartenähnliche Stimuli, um Erkenntnisse über menschliche Perzeption und Kognition zu gewinnen. Kartendidaktik versucht den didaktischen Einsatz von Karten unter Berücksichtigung kognitiver Prozesse zu

verbessern. In diesem Bereich forschten GeographInnen, KartographInnen und PsychologInnen gleichermaßen. Das zentrale Betätigungsfeld der Kartographie bildet allerdings der Bereich *Kartenentwurf*. In diesem Bereich beschäftigt sich kognitive Kartographie damit, kognitive Prozesse zu verstehen, die bei der Interaktion mit einer Karte stattfinden und entwickelt basierend darauf Grundlagen für den Entwurf von Karten (ebend.: 284). Typische Fragestellungen aus diesem Bereich sind unter anderem: Wie werden Karten gelesen bzw. welche kognitiven Prozesse sind daran beteiligt? Warum können manche Menschen Karten besser lesen als andere? Wie werden die unterschiedlichen Elemente einer Karte bzw. unterschiedliche Karten wahrgenommen? Welche kognitiven Fähigkeiten spielen für die Interpretation von Karten eine Rolle? Welche Rolle spielt vorhandenes Wissen bei der Verwendung von Karten?

Die ersten empirischen Arbeiten der kognitiven Kartographie bildeten psychophysische Studien von KartennutzerInnen in den 1950er-Jahren. Psychophysik untersucht das Verhältnis zwischen einem messbaren physikalischen Reiz und der subjektiven Wahrnehmung dieses Reizes (LLOYD 2000: 363). Ein Beispiel für eine psychophysische Studie wäre es, Testpersonen ein Geräusch in unterschiedlichen Lautstärken vorzuspielen und danach das Verhältnis der Variation zwischen tatsächlicher Lautstärke und wahrgenommener Lautstärke zu messen. Im kartographischen Kontext wurde in psychophysischen Studien die Wahrnehmung unterschiedlicher Elemente der Kartengrafik untersucht. Hierzu zählte das Einschätzen von Unterschieden bei Signaturen, Text, Farbe oder Layout (LOBBEN 2004: 272).

Neben psychophysischen Studien waren für die Kartographie zunehmend Fragestellungen aus dem Bereich der Kartenpsychologie von Interesse. Um zu verstehen wie KartennutzerInnen räumliche Informationen aus der Karte wahrnehmen und prozessieren, war es notwendig, die kognitiven Prozesse zu identifizieren, die beim Betrachten und Lesen einer Karte stattfinden (MONTELLO 2002: 288). Dazu wurden empirische Studien über die Interaktion zwischen Karte und KartennutzerIn durchgeführt. Versteht man das Kartenlesen als einen Vorgang räumlicher Kognition, findet dabei eine Synthese aus wahrgenommener Information (aus der Karte) und gespeicherter

Information (aus dem Gedächtnis) statt. Kognitionsbezogene Studien über das Kartenlesen umfassen demnach die perzeptive Informationsverarbeitung einerseits und die kognitive Informationsverarbeitung andererseits.

Im Zusammenhang mit Perzeption wurden beispielsweise die Augenbewegungen von Menschen während des Betrachtens einer Karte analysiert (ebend. 2002: 289). Derartige Studien lieferten Einblicke zum Einsatz visueller Aufmerksamkeit, einem wichtigen Faktor bei der Selektion von Informationen, die in einer kognitiven Karte gespeichert werden. Ebenfalls im Bereich der Perzeption angesiedelt sind Fragestellungen zur visuellen Suche (*visual search*, LLOYD 2000: 364). Dabei wird festgestellt, wie lange eine Testperson benötigt, um ein vorgegebenes Kartenelement zu identifizieren oder es wird überprüft, ob Informationen zu Kartenelementen einer vorher studierten Karte korrekt abgerufen werden können.

Nach der unmittelbaren Wahrnehmung der Karte selbst, ist die kognitive Prozessierung von Informationen beim Kartenlesen ein weiteres Interessensgebiet von Kartographie und Psychologie. In diesem Bereich versucht man festzustellen, welche kognitiven Prozesse beim Lesen einer Karte beteiligt sind und welchen relativen Einfluss diese Prozesse auf Strategien beim Verwenden von Karten haben. Beispiele für kognitive Prozesse sind Objektrotation, Dekodieren abstrakter Kartenzeichen, mentale Transformation (zweidimensionale Karte – dreidimensionaler Umgebungsraum) oder Verortung der eigenen Position auf der Karte (LOBBEN 2004: 275*ff*). Ob und wie stark ein kognitiver Prozess beim Verarbeiten kartographischer Information beteiligt ist, wird empirisch oft durch Korrelationsstudien untersucht. Dabei könnte beispielsweise die Hypothese geprüft werden, ob Ergebnisse bei Tests zu Objektrotation mit jenen von Kartenlesetests korrelieren (ebend. 273).

Neben den kognitiven Prozessen, die bei der Wahrnehmung von Karten stattfinden, ist die Frage, wie Menschen Informationen in ihrem Gedächtnis enkodieren von ebenso großem Interesse. Ein Überblick der gesammelten Erkenntnisse und theoretischen Grundlagen in diesem Bereich findet sich in Kapitel 3.2. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass empirische Studien zu diesem Thema darauf hindeuten, dass Informationen aus Karten

anders enkodiert werden, als räumliche Informationen aus direkter Umweltinteraktion. Über die Enkodierung von Karten während des Wayfinding gibt es bislang wenige Erkenntnisse. Beim Wayfinding mit Karten findet direkte und indirekte Umweltwahrnehmung gleichzeitig statt. Neben der Kombination aus Faktoren, den diese Erwerbsmodalitäten mit sich bringen, müssen beim Wayfinding mit Karten zudem auch Aspekte des Kartendesigns berücksichtigt werden, die an späterer Stelle in diesem Kapitel besprochen werden. Zuvor soll allerdings noch eine Leistung der kognitiven Kartographie erörtert werden, die eine solche Analyse überhaupt erst ermöglicht.

Mit *The Look of Maps* argumentierte Robinson, dass Kartographie als Kommunikation zwischen Kartograph/Kartographin und Kartennutzer/Kartennutzerin verstanden werden müsse. Die Entscheidungen, die ein Kartograph beim Kartenentwurf trifft, beeinflussen wie der Nutzer/die Nutzerin die Karte wahrnimmt und somit auch die Informationen, die man daraus gewinnt. Demnach genügt es nicht, in Karten räumliche Information möglichst genau und ästhetisch ansprechend zu präsentieren, vielmehr muss der Inhalt einer Karte auch verständlich kommuniziert werden. Damit beeinflusse er nicht nur nachhaltig wie der Kartenentwurf sowie die Nutzung von Karten wissenschaftlich erforscht wurden, sondern legt auch den Grundstein für das Kartographische Kommunikationsmodell, welches wiederum den theoretischen Rahmen der modernen Kartographie vorgibt. Das nächste Kapitel behandelt kartographische Kommunikationsmodelle und die Rolle, die die kognitive Karte darin einnimmt. Basierend darauf wird zusammengefasst, wie aktuelle technologische Entwicklungen die Rahmenbedingungen kartographischer Kommunikation beeinflussen.

5.2 Kartographische Kommunikationsmodelle

Ein kartographisches Kommunikationsmodell beschreibt die Kartenherstellung als Kommunikation kartographischer Information. Der Begriff *Kommunikation* geht auf das lateinische Wort *communicatio* zurück, bedeutet übersetzt so viel wie Verkehr, Verbindung oder Mitteilung und beschreibt den Austausch von Informationen zwischen Menschen, Tieren, Pflanzen oder Maschinen. Die Grundlagen von Kommunikation

können mit Hilfe des sogenannten „Sender-Empfänger-Modells“ erklärt werden, welches durch die Mathematiker SHANNON und WEAVER (1949) etabliert wurde. Dabei wird Information von einem Sender über ein Zeichensystem, welches auch dem Empfänger bekannt ist, verschlüsselt (enkodiert) und über einen Kommunikationskanal an den Empfänger weitergegeben, der die Information wiederum entschlüsselt (dekodiert) (Abb. 11).

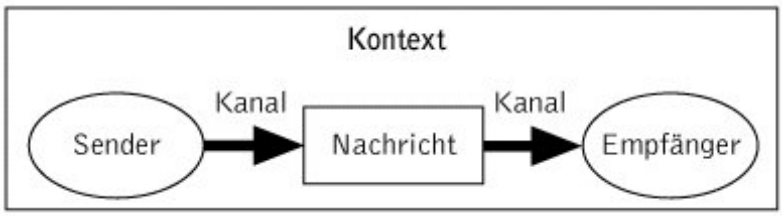


Abb. 11: Kommunikation im Sender-Empfänger-Modell, Quelle: URL 4

Wird das Sender-Empfänger-Modell im kartographischen Kontext angewendet, umfasst kartographische Kommunikation

„(…) *die ein- oder mehrseitigen Übermittlungsprozesse bei der Aufnahme, der Verarbeitung und dem Austausch von raumbezogenen Informationen mittels kartographischer Medien auf der Grundlage der Kartenzeichen und der Sprache*“ (TAINZ 2010).

In den 60er- und 70er-Jahren des 20. Jahrhunderts entstanden einige graphische Repräsentationen des kartographischen Kommunikationsmodells, die auf den Komponenten des Sender-Empfänger-Modells aufbauten und um weitere Details ergänzten. Darunter gilt das Modell nach KOLÁČNÝ (1968, Abb. 12) als prototypischer Vertreter kartographischer Kommunikationsmodelle und diente als Basis für darauffolgende Konzepte kartographischer Kommunikation (siehe BOARD 2011).

In den klassischen graphischen Modellen wie jenem Koláčnýs, nimmt der Kartograph/die Kartographin die Rolle des Senders ein. Er/Sie kommuniziert raum-zeitliche Informationen über kartographische Modelle der Realität. Dabei handelt es sich meistens um Karten, prinzipiell kommen aber alle kartographischen Darstellungsformen in Frage. Der Kartenentwurf kann mit der Enkodierung von Information im Sender-Empfänger-Modell gleichgesetzt werden. Die Karte ist in dieser Hinsicht als Kommunikationskanal zu

verstehen. Der Kartennutzer/die Kartennutzerin ist wiederum der Empfänger kartographischer Information. Er/Sie interpretiert die „Nachricht" des Kartographen/der Kartographin basierend auf seinen/ihren Fähigkeiten und seinem/ihrem Vorwissen und generiert bzw. erweitert sein/ihr Abbild der Wirklichkeit. Das Lesen einer Karte kann also mit der Dekodierung kartographischer Information gleichgesetzt werden.

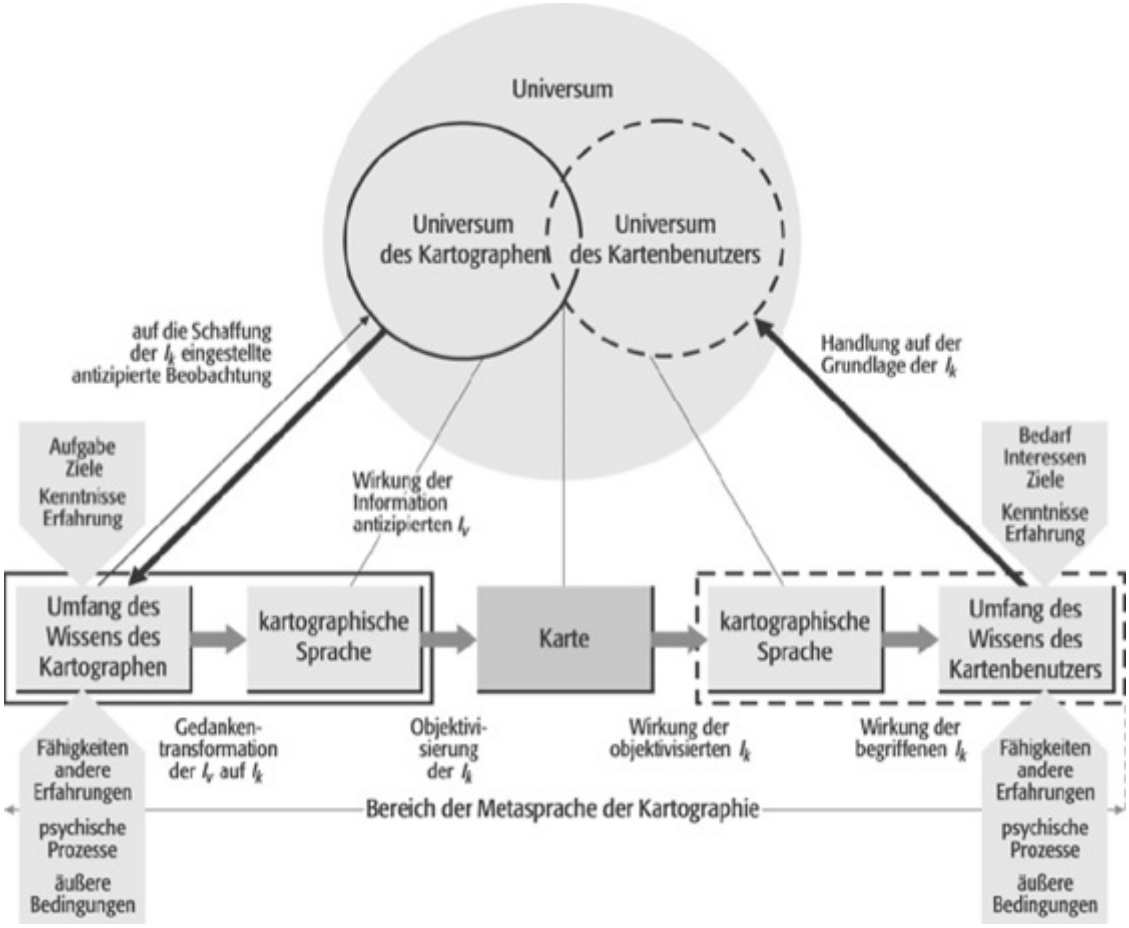


Abb. 12: Modell kartographischer Kommunikation nach Koláčný in TAINZ (2010)

Enkodierung und Dekodierung räumlicher Information erfolgt bei Karten – wie auch in anderen Kommunikationsprozessen – über ein Repertoire aus Zeichen. Nur wenn man die vom Kartographen/von der Kartographin verwendeten Zeichen in ihrem Sinngehalt verstehen kann, ist eine erfolgreiche Kommunikation möglich. Die wissenschaftliche Auseinandersetzung mit der Kommunikation durch Zeichen erfolgt durch die Zeichentheorie (auch *Semiotik* oder *Semiologie* genannt). Die beschriebenen Spezifika von

Karten ergeben eine besondere Ausprägung der Zeichenlehre – die Kartosemiotik. Diese unterscheidet drei Dimensionen eines Kartenzeichens (*Signatur*)(HAKE et al. 2002: 10):

1. **Syntaktik**: Die Kartosyntaktik untersucht die formale Bildung, sowie die bedeutungsunabhängige Beziehung von Signaturen zueinander. Dabei spielen Aspekte wie die Lage von Zeichen in der Karte und zueinander oder die Lesbarkeit in Bezug auf Unterscheidbarkeit und graphischen Kontrast eine wichtige Rolle.
2. **Semantik**: Die Kartosemantik betrifft die Beziehung einer Signatur zu dem Gegenstand, den sie abbildet. In der semantischen Dimension eines Kartenzeichens kommt also die Zeichenbedeutung zum Ausdruck (ebend.). Grundsätzlich liefert die Zeichenerklärung einer Karte die eindeutige Bedeutung einer Signatur. In der Kartographie werden aber oft Übereinstimmungen, Ähnlichkeiten, Analogien oder Konventionen eingesetzt, um die gedankliche Übereinstimmung von Kartenzeichen und abgebildetem Objekt bei der Kartennutzung zu erleichtern (TAINZ und KOCH 2010).
3. **Pragmatik:** Die Kartopragmatik untersucht die Beziehung zwischen der Signatur (einschließlich ihrer Bedeutung) und dem Kartennutzer/der Kartennutzerin. Die pragmatische Dimension eines Kartenzeichens beschäftigt sich damit, wie das Zeichen interpretiert wird und nimmt damit Einfluss auf die Verhaltensweise des Kartennutzers/der Kartennutzerin (HAKE et al. 2002: 10). Hierbei spielen perzeptions- und kognitionsbezogene Faktoren eine wichtige Rolle. Das Vorhandensein von räumlichem Wissen und die Fähigkeit, eine Karte lesen zu können, sind entscheidende Einflussgrößen in pragmatischen Fragestellungen (TAINZ und KOCH 2010).

Kartographische Kommunikation kann als Anwendungsfall räumlicher Kognition verstanden werden. Räumliche Kognition ist ein fortwährender kognitiver Prozess, der dazu dient, sich räumliches Wissen (kognitive Karten) anzueignen, um räumliche Problemstellungen lösen zu können. Definiert man Kartographie als Prozess der Kommunikation kartographischer Information, kann man die Kommunikationsleistung einer Karte oder kartographischen Ausdrucksform daran messen, ob sie die Aneignung

von raumbezogenem Wissen ermöglicht, einen Erkenntnisgewinn liefert und als Handlungsgrundlage für raumbezogene Frage- und Problemstellungen herangezogen werden kann. Die kognitive Karte ist somit ein elementarer Bestandteil des kartographischen Kommunikationsprozesses. HAKE (et al. 2002: 22*f*) sprechen in diesem Zusammenhang von einem Tertiärmodell (Abb. 13). Sie modellieren kartographische Kommunikationsvorgänge als Abfolge von Umweltmodellen. Zunächst werden Umweltdaten erfasst und in einem Primärmodell gespeichert. Das Primärmodell wird durch den Kartographen/die Kartographin in ein kartographisches Modell umgewandelt, das als Sekundärmodell bezeichnet wird. Dieser Vorgang umfasst die Enkodierung räumlicher Objekte mittels Kartenzeichen in Form analoger oder digitaler Karten oder kartenverwandter Ausdrucksformen. Bei der Verwendung des kartographischen Modells durch den Benutzer/die Benutzerin manifestiert sich ein Vorstellungsmodell, das Tertiärmodell.

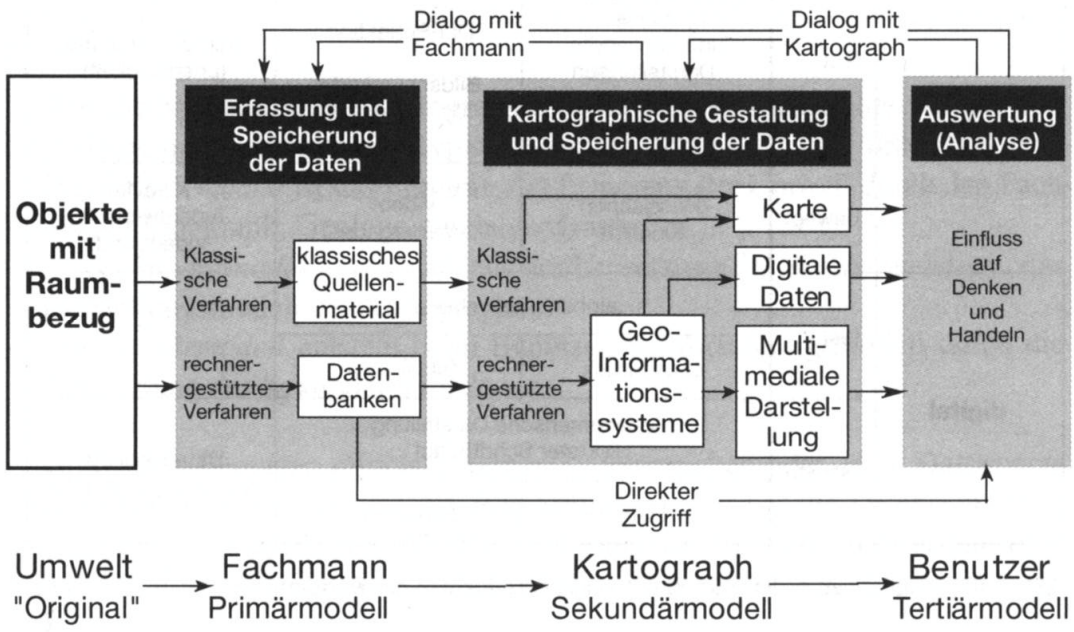


Abb. 13: Kartographisches Kommunikationsnetz, Quelle: HAKE et al. 2002: 22

Sieht man von der Terminologie ab, ist der Informationsfluss in klassischen Modellen kartographischer Kommunikation immer derselbe: von der Umwelt in die Karte und weiter in die kognitive Karte (LECHTHALER 2009: 386). An diesem Prozess sind das kognitive System des Kartenerstellers/der Kartenerstellerin und das des Kartennutzers/der

Kartennutzerin beteiligt. Auf Seite des Kartographen/der Kartographin umfassen kognitive Prozesse Überlegungen hinsichtlich der Datenselektion, der Wahl des Abbildungsmaßstabs und der Projektion, sowie Entscheidungen bei der Anwendung kartographischer Generalisierungsmaßnahmen. Auf der NutzerInnenseite finden wiederum kognitive Prozesse statt, die notwendig sind, um aus der Karteninformation räumliches Wissen abzuleiten. Sowohl der Entwurf, als auch die Verwendung von Karten, wird durch bereits vorhandenes räumliches Wissen beeinflusst. Im gesamten Kommunikationsprozess kommt es daher zu gewolltem und ungewolltem Informationsverlust oder Verfälschung von Information. Eine erfolgreiche Kommunikation mit Karten zielt darauf ab, diesen Informationsverlust so gering wie möglich zu halten. Dazu müssen die Faktoren kartographischer Kommunikationsprozesse beim Kartenentwurf berücksichtigt werden. Hierzu zählen die *Funktionen der Kartennutzung* und die damit verbundenen Abbildungseigenschaften, die jeweilige *Kommunikationssituation* und die *Nutzergruppe* (TAINZ 2010).

Die Funktion bzw. der Einsatzzweck der Karte gibt den ersten Gestaltungsrahmen für die Kommunikation mit dem Nutzer/der Nutzerin vor. TAINZ nennt in diesem Zusammenhang fünf Hauptfunktionen von Karten:“

- *die Orientierung im Georaum und die Navigation im Gelände und in der Umwelt*
- *die Gewinnung von georäumlichen Überblicksinformationen und neuen Erkenntnissen*
- *das Ausmessen, Analysieren und Überprüfen von Informationen*
- *das Lernen mit georäumlichen Informationen*
- *das Dokumentieren und Archivieren georäumlicher Erkenntnisse*“ (ebend.)

Die Kommunikationssituation umfasst alle äußeren Bedingungen, die die Übermittlung und Präsentation der Kartenhinhalte betreffen und ergibt sich direkt durch die Kartenfunktion. Man unterscheidet zwischen statischen und dynamischen, standortgebundenen und standortunabhängigen, sowie optischen, akustischen und taktilen Präsentationsumgebungen (ebend.).

Für eine erfolgreiche kartographische Kommunikation ist es nicht nur wichtig zu berücksichtigen, warum und wie eine Karte genutzt wird. Die Frage der Zielgruppe, also wer die Karte verwendet, sollte beim Kartenentwurf ebenso geklärt werden. Wichtige Kriterien hinsichtlich des Nutzers/der Nutzerin sind dessen/deren kognitive Fähigkeiten oder bereits vorhandenes Fachwissen.

Wenngleich die zentrale Aufgabe der Kartographie auch ein halbes Jahrhundert nach der Postulierung Koláčnýs Modells unverändert geblieben ist, hat sich die Herstellung und Nutzung von Karten einem starken Wandel unterworfen. Der einseitige Informationsfluss vom Kartographen/von der Kartographin zum Nutzer/zur Nutzerin ist heute in einer Vielzahl kartographischer Anwendungsszenarien nicht mehr zutreffend. Das nächste Kapitel behandelt daher die Elemente und Faktoren kartographischer Kommunikation im Kontext aktueller Entwicklungen in der Kartographie und die Implikationen, die sich daraus für die empirische Studie dieser Arbeit ergeben.

5.3 Kartographische Kommunikation im Kontext technologischer Entwicklungen

Modelle kartographischer Kommunikation, wie jene von KOLÁČNÝ (1968), BOARD (1967), FREITAG (1971) oder HAKE (1973) sind ein Produkt ihrer Zeit. Sie beschreiben eine Situation, in der analoge Papierkarten die gängige Präsentationsform darstellten, über die mit Karten kommuniziert wurde. Doch seit dem Einzug der Digitalisierung in die Herstellung, Verbreitung und Nutzung kartographischer Produkte, muss kartographische Kommunikation differenzierter betrachtet werden.

Klassische Modelle kartographischer Kommunikation basieren auf dem Sender-Empfänger-Modell, in dem der Kartograph/die Kartographin die Rolle des Senders und der Nutzer/die Nutzerin der Karte die Rolle des Empfängers einnimmt. Als Kommunikationsszenario wird dabei die Nutzung einer herkömmlichen analogen Karte auf Papier angenommen, welches von einer zeitlichen Trennung von Herstellung und Nutzung ausgeht. In der Zeit, in der ausschließlich analoge Verfahren zur Datenerfassung,

Modellbildung und Distribution von Karten zur Verfügung standen, bildete das monodirektionale Sender-Empfänger Modell die Kommunikation adäquat ab, da ein Informationsaustausch zwischen ErstellerIn und NutzerIn nur schwer möglich war. So konnten beispielsweise Überarbeitungswünsche oder –hinweise eines Kartennutzers/einer Kartenutzerin in der analogen Kartographie erst in einer neuen Kartenauflage berücksichtigt werden (FABY 2011:3). Bis solche Informationen den Weg zurück zum Kartographen/zur Kartographin und schließlich in ein redigiertes Kartenwerk fanden, konnten Monate bis Jahre vergehen.

Analoge Karten haben auch heute noch ihren Platz in der Palette kartographischer Produkte und ihre Herstellung und Anwendung kann nach wie vor im Sinne eines Sender-Empfänger-Modells verstanden werden, obwohl anzumerken ist, dass Kartenentwurf und -distribution heute weitestgehend auf digitalen Verfahren beruhen und Informationsrückkopplungen besser im Prozess implementiert werden können. In zahlreichen anderen Anwendungsfällen moderner Kartographie ist die Trennung von Kartenherstellung und -nutzung allerdings nicht mehr zeitgemäß. Die Rolle von Karten als Kommunikationsmedium hat sich im Zuge technischer Entwicklungen massiv verändert. Als wesentliche Wirkungsfelder sind hier die digitale Kartographie im Allgemeinen bzw. die Internet-Kartographie (*web cartography*), mobile Kartographie (*mobile cartography*), ubiquitäre Kartographie (*ubiquitous cartography*) und *NeoGeography* im Speziellen zu nennen (vgl. BASARANER 2015, GARTNER und SCHMIDT 2012).

5.3.1 Geographische Informationssysteme

Die Verbreitung von Computern, die Entwicklung der elektronischen Datenverarbeitung und die damit einhergehende Digitalisierung am Ende des 20. Jahrhunderts bildeten die Ausgangslage, aus der die digitale Kartographie hervorging. Digitale Kartographie umfasst den Entwurf, die Bearbeitung und Vervielfältigung, sowie Nutzung von Karten unter Anwendung digitaler Techniken (GROSSER, 2010). Durch immer leistungsfähigere Hard- und Software wurden spätestens seit den 1990er-Jahren analoge Arbeitsprozesse in der Kartographie weitgehend abgelöst. Durch die Hinwendung zu digitalen Verfahren wurden

geographische Informationssysteme (GIS) ein wichtiger Bestandteil kartographischer Kommunikationsprozesse. GIS Bezeichnet im engeren Sinn Software, … "*mit dessen Hilfe Geodaten erfasst, verwaltet und ausgegeben werden können*" (MÜLLER 2010:). Im weiteren Sinn können neben der Software auch die zugehörige Hardware, die „Brainware" (also das Know-how der GIS-AnwenderInnen) und die Daten selbst zur GIS-Systemarchitektur gezählt werden (RIEDL und RIEDL 2010: 7).

Wie in der analogen Kartographie spricht man auch im Zusammenhang mit GIS von einem Primär- und Sekundärmodell. In einem GIS wird die reale Welt im Primärmodell in Form von Geodatenbanken modelliert. Darin werden georäumliche Objekte durch geometrische Primitiva und den dazugehörigen Attributen (meist in relationalen Datenbanken) abgebildet. Für derartige Datenmodelle wird auch der Begriff *digitales Objektmodell* verwendet (HAKE et al. 2002: 152). Die kartographische Darstellung des digitalen Objektmodells durch Vorgänge der kartographischen Visualisierung liefert das Sekundärmodell, das als digitales kartographisches Modell bezeichnet wird (ebend.: 164*ff*). Beispiele kartographischer Modelle sind digitale topographische und thematische Karten.

Im Gegensatz zur analogen Kartographie ist in der digitalen Kartographie die Erfassung und Verarbeitung von Geodaten nicht mehr zwingend auf die Kartenproduktion ausgelegt. Geodatenbanken können in Verbindung mit GIS dazu dienen, räumliche Daten und Sachverhalte auf vielfältige Weise an den Nutzer/die Nutzerin zu kommunizieren. Doch auch wenn die klassische Papierkarte oft nicht mehr den primären Output darstellt, ist der generelle Stellenwert von Karten für kartographische Kommunikation nicht geringer geworden. Im Gegenteil – raumbezogene Sachverhalte müssen nach wie vor visualisiert werden und im digitalen Zeitalter nehmen Karten die wichtige Rolle als Schnittstelle zu räumlichen Informationssystemen und als Präsentationsform raumbezogener Daten ein.

5.3.2 Internet-Kartographie

Eine weitere technologische Entwicklung, die nicht nur die kartographische Kommunikation, sondern menschliches Kommunikationsverhalten und die Nutzung von

Medien nachhaltig beeinflusste, ist das Internet. Das Internet ist der weltweit größte Verbund von Computern bzw. Computernetzen. Im Internet kann sich theoretisch jeder Rechner mit einem anderen Rechner verbinden und Daten über standardisierte Internetprotokolle austauschen, die man mit dem Begriff *TCP/IP* zusammenfasst (eng. transmission control protocol/ internet protocol). Die Architektur des Internets basiert auf dem Client-Server-Modell. Server sind Programme, die auf leistungsstarken Rechnern laufen und einen Dienst (eng. service) anbieten. Hierbei kann es sich beispielsweise um Aufgaben wie den Mailversandt, Druckservice oder die Ausführung einer spezifischen Anwendung handeln. Clients sind wiederum Programme, die solche Dienste in Anspruch nehmen. Clientseitige Anwendungen dienen dazu, Daten vom Server abzufragen und dem Nutzer/der Nutzerin darzustellen. Ein typisches Beispiel dafür sind E-Mail-Clients wie *Thunderbird* oder *Outlook*, die Kontakt mit einem Mailserver herstellen, um Emails zu empfangen oder zu versenden.

Die Entwicklung des *World Wide Web* (WWW) in den 1990er-Jahren verhalf dem Internet zu einer rasanten Verbreitung. WWW bezeichnet ein System aus elektronischen Hypertext-Dokumenten (Webseiten), die untereinander durch sogenannte Hyperlinks verknüpft sind. Die Hyperlink-Funktionalität ermöglicht einen einheitlichen Zugang zu Webseiten, die neben Text- oder Bildinformation eine breite Palette an multimedialen Elementen darstellen können. Clientseitige Anwendungen, die das Abrufen von Webseiten und Hyperlinks ermöglichen, werden als Browser bezeichnet. Seit der Kommerzialisierung des Internet am Ende des 20. Jahrhunderts hat die Zahl der Menschen, die das Netzwerk nutzen, stark zugenommen. Die Internationale Fernmeldeunion (ITU) verzeichnete 2018 3,9 Milliarden InternetnutzerInnen. Weltweit ist derzeit also bereits jede zweite Person online, in Industrienationen liegt der Anteil sogar schon bei 80 Prozent (ITU 2018: 2).

Durch das Internet ergeben sich zahlreiche neue Möglichkeiten um über GIS und Karten mit NutzerInnen zu kommunizieren. Es ermöglicht eine kostengünstige Distribution von Karten, erleichtert den Zugang zu kartographischer Information, erhöht die Nachfrage nach Karten und geographischer Information und bietet NutzerInnen die Möglichkeit

selbst Karten zu entwerfen (PLEWE 2007: 133). Häufig werden die Begriffe *Internet-Kartographie* oder *Web Mapping* benutzt, um Prozesse zu beschreiben, die bei der Erstellung, Verbreitung und Nutzung von Karten im Internet beteiligt sind. In den Anfangsjahren des WWW beschränkte sich Web Mapping meist auf die Darstellung statischer Karten. Die nächste Generation von Internetkarten konnte bereits auf Technologien wie DHTML (dynamische Hypertext-Auszeichnungssprache), *Java* und *ActiveX* zurückgreifen, die eine erweiterte Interaktivität und Funktionalität ermöglichten (GARTNER und SCHMIDT 2012: 54). Die Erstellung von Kartenanwendungen war allerdings noch relativ komplex und ExpertInnen mit Kenntnissen im Programmieren und Servermanagement vorbehalten. Dieser Umstand änderte sich aufgrund mehrerer Entwicklungen, die die dritte Generation von Web Mapping kennzeichnen. Zunächst wurde im Jahr 2000 die künstliche Verschlechterung des GPS-Signals (eng. Global Positioning System) für Zivilpersonen aufgehoben, was einem weltweiten Nutzerkreis ermöglichte mit relativ kostengünstigen Empfängergeräten Geodaten mit einer Genauigkeit von 6-10m zu erfassen. Durch den neuen GPX- (eng. GPS Exchange Format) Standard konnten GPS-Daten zudem auf einfache Weise in ein GIS integriert werden.

Zur gleichen Zeit wurden durch das Open Geospatial Consortium (OGC) eine Reihe von Standards für Web Mapping festgesetzt, die es ermöglichten, Geodaten unterschiedlicher Quellen ohne hohen Zeitaufwand in einer Karte zu integrieren. Mit JavaScript und AJAX standen zudem neue Technologien zur Verfügung, die ein neues Level der Interaktion mit den NutzerInnen ermöglichten (ebend.: 54). Erstmals war es möglich, Internetkarten nahezu ohne Verzögerung und mit intuitiven Mauseingabemethoden zu verschieben bzw. zu vergrößern und zu verkleinern. Das 2005 erschienene Google Maps war die erste Kartenapplikation die eine derart nutzerfreundliche Bedienung einer Internetkarte ermöglichte.

Die zunehmende Verbreitung öffentlicher APIs (eng. Application Programming Interface, Programmierschnittstelle) war ein weiterer wichtiger Impuls im Bereich des Web Mapping. Über APIs können AnwenderInnen Inhalte eines oder mehrerer Anbieter mittels Webdiensten dynamisch in eine Kartenanwendung integrieren. Zur Verwendung von

APIs sind keine umfangreichen Programmierkenntnisse notwendig, wodurch die Welt des Web Mappings einem größeren Nutzerkreis von EntwicklerInnen erschlossen wird. Insgesamt werden die erwähnten Technologien und daraus resultierenden Möglichkeiten der Anwendungsentwicklung unter dem Begriff Web 2.0 subsummiert (HAKLAY et al. 2008: 2019). Das Web 2.0 führte zu einer starken Diversifizierung von Kartentypen und folglich zu Veränderungen in Bereichen der Kartenherstellung und -nutzung (FABY 2011: 3). Für die Rahmenbedingungen kartographischer Kommunikation spielen dabei zwei weitere Entwicklungen eine wichtige Rolle: die Verwendung von Karten auf mobilen Ein- und Ausgabegeräten und die Möglichkeit auf NutzerInnenseite eigenständig Karten zu produzieren.

5.3.3 Mobile Kartographie und Neocartography

Die Verfügbarkeit leistbarer und leistungsstarker mobiler Endgeräte in Verbindung mit wachsenden Übertragungsraten des Mobilfunks schufen die Voraussetzungen mobile Web Mapping-Anwendungen zu entwickeln. Sensoren wie GNSS-Empfänger, Gyroskope oder Accelerometer gehören in Geräten wie Smartphones oder Tablets meist zur Standardausstattung, wodurch Informationen wie die Lage und Position des Anwenders/der Anwenderin in Echtzeit mit kartenbasierten Anwendungen visualisiert werden können. Um derartige Anwendungen zu programmieren, stehen für die zwei dominierenden Anbieter mobiler Betriebssysteme Google und Apple (99% Marktanteile weltweit, URL 5), kostenlose Entwicklungsplattformen zur Verfügung, was zu einer starken Verbreitung und Zunahme von „Apps“, so der geläufige Name für mobile Anwendungen, geführt hat. 2017 konnte man insgesamt mehr als 5,5 Millionen Apps in den App Stores (digitale Vertriebsplattformen) der beiden Anbieter erwerben (URL 6).

Die speziellen technischen Eigenschaften mobiler Geräte ermöglichen neue Anwendungsszenarien für Karten. Ein Beispiel dafür sind *Location Based Services* (LBS). LBS sind Informations- oder Unterhaltungsdienste, welche die aktuelle Position der NutzerInnen bzw. des Geräts verwenden, um darauf basierend ortsrelevante Informationen darzustellen (REICHENBACHER 2004: 40). LBS können beispielsweise dazu

dienen, alle naheliegenden Restaurants in einem Kartendienst anzuzeigen oder den Nutzer/die Nutzerin einer Navigationsapp auf einen Verkehrsstau aufmerksam zu machen. Ein weiteres Anwendungsfeld bilden *Augmented Reality*- (AR) Applikationen. AR beschreibt Anwendungsszenarien, bei denen das Sichtfeld des Nutzers/der Nutzerin mit zusätzlichen Informationen überlagert wird. Dabei kommen entweder spezielle AR-Brillen, Headsets, Smartphones oder Tablets zum Einsatz. Eine bekannte Anwendung, die sowohl auf AR als auch auf LBS zurückgreift, ist das 2016 erschienene Spiel *Pokémon GO*, in dem SpielerInnen mit Hilfe von Tablets oder Smartphones virtuelle Fantasiewesen an realen Standorten „fangen" können (Abb. 14). Die Grundlage zur Verortung der NutzerInnen bildet dabei die Karte aus Open Street Map. 2018 verzeichnete die App bereits über 800 Millionen Downloads (URL 7) und zeigt, dass Anwendungen der mobilen Kartographie heute auch abseits klassischer Nutzungsszenarien allgegenwärtig sind.



Abb. 14: LBS und AR in *Pokémon GO*, Quelle: URL 8

Die technologischen Entwicklungen bedingten nicht aber nur eine Diversifizierung von Kartentypen, sondern führten auch zu einem Paradigmenwechsel im Verständnis kartographischer Kommunikation. Das kartographische Kommunikationsnetz ist heute nicht mehr zwingend ein monodirektionaler Informationsfluss vom Fachmann/von der

Fachfrau zum Nutzer/zur Nutzerin. Die moderne Internet-Kartographie bietet dem Nutzer/der Nutzerin nicht nur die Möglichkeit, Karteninhalte zu individualisieren und darauf orts- und kontextbezogen zuzugreifen, sondern auch die Werkzeuge um Karten selbst zu erstellen. In diesem Zusammenhang spricht man auch von *Neocartography* (BASARANER 2015: 74) oder *NeoGeography* (GARTNER 2012: 56). Ein typisches Beispiel dafür ist das Open Street Map-Projekt (OSM). OSM ist ein kollaboratives Projekt, das darauf abzielt, eine kostenlose Karte der Welt zu erstellen, welche auf einer offen zugänglichen Datenbank basiert. Die dafür notwendigen Geodaten werden von weltweit aktiven NutzerInnen erfasst und zur Verfügung gestellt. Aktuell (Oktober 2019) verzeichnet die Kartenplattform über 5,4 Millionen angemeldete NutzerInnen (URL 9), wobei der Kreis der Mitwirkenden nicht nur KartographInnen und GIS-Profis, sondern auch kartenbegeisterte Laien und Laiinnen umfasst.

5.3.4 Chancen und Risiken

Die Evolution kartographischer Kommunikation bringt sowohl neue Möglichkeiten, als auch neue Herausforderungen für den kartographischen Gestaltungsprozess, die in weiterer Folge auch den räumlichen Wissenserwerb mit Karten beeinflussen. Die grundlegende Aufgabe kognitiven Kartierens, nämlich räumliche Problemstellungen zu bewältigen, können digitale Karten bzw. interaktive und hypermediale Kartenanwendungen und Dienste heute besser unterstützen, denn je zuvor. Die Verfügbarkeit von leistungsstarken Smartphones, kostenlosen Karten- bzw. kartenbasierten Apps und mobile Internetverbindungen mit hohen Übertragungsraten führen dazu, dass heute ein großer und nach wie vor wachsender NutzerInnenkreis nahezu überall und jederzeit Zugriff auf kartographische Inhalte hat.

Dass digitale Karten zu einem Massenmedium avancierten, legt die Vermutung nahe, dass sich gleichzeitig auch der Erwerb von räumlichem Wissen steigert. Ironischerweise könnten jedoch viele der Eigenschaften, die Karten zu einer neuen Popularität verhalfen, potentiell hemmende Faktoren für den Erwerb kognitiver Karten darstellen. Diese Arbeit vergleicht die Kommunikationsleistung einer gedruckten Karte mit der, einer digitalen

Karte in einer Navigationsapplikation. In Kapitel 4.3 wurde bereits beschrieben, wie Navigationshilfen dem Nutzer/der Nutzerin den kognitiven Prozess des Orientierens und Navigierens abnehmen können, aber gleichzeitig die aktive Auseinandersetzung mit der räumlichen Umwelt vermindern (Prinzip der aktiven Kodierung). Durch die Migration des Navigationswerkzeugs Karte von Papier auf den Bildschirm, könnte der Kommunikationsprozess zudem durch den Faktor „Größe“ beeinflusst werden. Auch diese Entwicklung ist abseits des Kommunikationskontextes durchaus positiv zu bewerten. Die Möglichkeit, Karten auf Smartphones und Tablets zu nutzen, bringt eine hohe Mobilität, Flexibilität und Aktualität mit sich. Die Bildschirmgröße dieser Geräte ist aber vergleichsweise klein, da im Sinne der Portabilität eine möglichst kompakte Größe angestrebt wird. Zwar lässt sich bei Smartphones ein Trend zu immer größer werdenden Bildschirmen bei kleiner werdenden Gehäusen beobachten, doch selbst die Abmessungen aktueller Modelle liegen noch weit unter der Fläche einer DIN-A4-Seite.

Die Limitierung des Karteninhalts durch die vorhandene Darstellungsfläche ist ein Umstand, mit dem sich KartographInnen bereits in der analogen Ära der Kartographie auseinandersetzen mussten und noch immer gilt es für Karten, die für Navigationszwecke entworfen werden, einen möglichst guten Kompromiss zwischen dem inhaltlichen Detailgrad und einem handlichen Format zu finden. Bei der Umsetzung sind dabei die Wahl des Maßstabs, der Grad der Generalisierung und die Falzung entscheidend. Für Karten, die für Navigationsapplikationen verwendet werden, gelten im Prinzip dieselben Anforderungen. Allerdings erlauben hier die beschriebenen technologischen Entwicklungen eine flexible, dynamische und interaktive Darstellung von Karteninhalten. So kann der Detailgrad eines Kartenausschnitts durch die Zoomfunktion erhöht oder umgekehrt ein kleinmaßstäbiger Überblick geschaffen werden. Während diese Funktionalitäten die Limitierung der Bildschirmfläche gut kompensieren, kann hinsichtlich des Wissenserwerbs dennoch ein negativer Effekt eintreten. Empirische Untersuchungen zeigten, dass ProbandInnen sich weniger oder ungenaueres räumliches Wissen aus Karten aneignen, wenn sie anstelle einer Gesamtdarstellung inkrementell Teilausschnitte präsentiert bekommen (ISHIKAWA 2018, ISHIKAWA 2013, DILLEMUTH 2009,

GARTNER und HILLER 2009, WILLIS et al. 2009). Diese Form der inkrementellen Präsentation ist in Navigationsanwendungen Standard, da der Kartenausschnitt normalerweise auf den Nahbereich der aktuellen Position des Nutzers/der Nutzerin vergrößert wird, um dessen/deren unmittelbare Umgebung möglichst detailreich darzustellen. Beim Navigieren mit gedruckten Karten tritt dieser Effekt nicht ein, da man in der Regel den gesamten Karteninhalt auf einen Blick sieht. Dieser Umstand erleichtert den Erwerb von Überblickswissen, während die Fragmentierung von räumlichen Informationen, wie sie bei Smartphones auftritt, das Schätzen von Richtungen oder Distanzen erschwert, zumal der Zusammenhang wahrgenommener Fragmente erst kognitiv hergestellt werden muss. In den zitierten Studien wird daher argumentiert, dass die geringere Größe des Kartenträgers Bildschirm, ein signifikantes Hemmnis für kognitives Kartieren darstellt (ebend.).

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass sich die Rahmenbedingungen kartographischer Kommunikation durch technologische Entwicklungen massiv verändert haben. Durch die Möglichkeiten, die moderne Hard- und Software in Verbindung mit Internettechnologien mit sich bringen, findet kartographische Kommunikation heute nicht mehr primär im Zuge gedruckter analoger Karten, sondern auf digitalem Weg in Verbindung mit GIS, LBS und Web 2.0-Anwendungen statt. Die Navigation mit Karten ist dank dieser Entwicklungen um vieles einfacher und nutzerfreundlicher geworden. Standort, Orientierung und Route können dem Nutzer/der Nutzerin in Echtzeit angezeigt werden und zudem stellen die größten Anbieter von Navigationsapps weltweites Kartenmaterial kostenlos zur Verfügung. Der Trend zur Navigation mit mobilen Endgeräten birgt aber auch Nachteile für den räumlichen Wissenserwerb. Als wichtigste Effekte sind die Auslagerung kognitiver Prozesse auf das Gerät zu nennen, die zu einer geringeren aktiven Enkodierung von Umweltinformationen im Langzeitgedächtnis führen können, sowie die größenbedingte Fragmentierung von Karteninhalten, die den Erwerb von Routen- und Überblickswissen erschwert.

Die Fragestellung, wie stark sich eine gerätebasierte Navigation von der Navigation mit gedruckten Karten unterscheidet, bildet den Ausgangspunkt der empirischen

Untersuchung dieser Arbeit. Ziel ist, die bisherigen Erkenntnisse zum navigationsbasierten Wissenserwerb mit Karten zu überprüfen und zu ergänzen. Der Fokus dabei liegt auf dem Grad des erworbenen Wissens in Zusammenhang mit dem verwendeten Navigationswerkzeug (Papierkarte vs. Navigationsapplikation). In der Vergangenheit wurden bereits diverse Geräte für derartige Vergleichsstudien herangezogen. Als Beispiele wären hier *Personal Digital Assistants* (dt. persönliche digitale Assistenten, kurz PDA) (ASLAN et al. 2006, MÜNZER et al. 2006, HILLER 2008), GPS-Handhelds (FIELD et al. 2011), Mobiltelefone (ISHIKAWA et al. 2008) oder Smartphones zu nennen (HUANG et al 2012, ISHIKAWA und TAKASHI 2013). In der vorliegenden Arbeit wird ein Tabletcomputer (kurz Tablet) als Navigationsgerät verwendet. Bei Tablets handelt es sich um tragbare, flache Computer mit einem Touchscreen, die hinsichtlich ihrer Ausstattung, Leistung, Bedienung und ihres Designs modernen Smartphones sehr stark ähneln. Da Tablets aber nicht primär auf die Telefonfunktion, sondern eher auf die Wiedergabe multimedialer Inhalte ausgelegt sind, weisen die Geräte wesentlich größere Bildschirmflächen als Smartphones auf. Es stellt sich daher die Frage, ob die zusätzlich verfügbare Bildschirmfläche ausreicht, um den erschwerten Erwerb von Überblickswissen zu verhindern oder gedruckte Karten hinsichtlich des navigationsbasierten Wissenserwerbs nach wie vor signifikant bessere Ergebnisse erzielen.

6 Empirische Studie

Im folgenden Kapitel werden die in Kapitel 1.3 postulierten Hypothesen anhand einer empirischen Studie überprüft. Da es bislang noch keine Standardtestverfahren gibt, um Daten zu kognitiven Karten zu erfassen, werden einleitend methodologische Herausforderungen dargelegt. Im Anschluss daran wird ausgeführt, welche Methoden für diese Arbeit gewählt wurden und warum. Daran anknüpfend erfolgen die Dokumentation des Studiendesigns und die Präsentation der Ergebnisse und der darauf basierenden Schlussfolgerungen. Abschließend werden zukünftige Forschungsansätze diskutiert.

6.1 Methodologische Überlegungen

Will man das räumliche Wissen einer Person testen, ist man mit dem Problem konfrontiert, dass kognitive Karten empirisch immer nur auf indirektem Weg untersucht werden können. Die Vorgänge, die während der Enkodierung von räumlichem Wissen im Gehirn stattfinden, werden seit den ersten Versuchen TOLMANs (1948) erforscht und lieferten wichtige Erkenntnisse über räumliche Kognition. So wurde 2014 der Nobelpreis für Medizin an drei Personen verliehen, deren Forschungsarbeiten im Bereich der Neurophysiologie bzw. der physiologischen Psychologie einen Nachweis erbrachten, dass bestimmte Hirnzellen für die Speicherung räumlicher Information in jenen Bereichen des Gehirns verantwortlich sind, die als Hippocampus und entorhinaler Cortex bezeichnet werden (URL 10). Inwieweit diese Erkenntnisse, die durch Tests mit Ratten gewonnen wurden, auf menschliche Kognition umgelegt werden können, ist derzeit allerdings noch Gegenstand wissenschaftlicher Studien und obwohl Verfahren wie die funktionale Magnetresonanztomographie zeigen können, welche Gehirnareale beim kognitiven Kartieren aktiv sind (z.B. JAVADI et al. 2017), gibt es nach wie vor kein direktes Verfahren um räumliches Wissen zu messen.

Unabhängig von der verwendeten Methode, folgt die Untersuchung von räumlichem Wissen immer demselben Prinzip. ProbandInnen müssen eine oder mehrere Aufgaben erfüllen, die voraussetzen, dass sie die mentale Repräsentation eines bestimmten Raums

abrufen. Dabei kann bereits vorhandenes Wissen überprüft werden, oft impliziert das Forschungsdesign aber auch eine Lernphase, während der sich die Testperson so viel Wissen wie möglich über einen Raum aneignen muss. Im Zuge der Aufgaben muss die Testperson ihr Wissen externalisieren. Die daraus gewonnenen Daten ermöglichen eine Gegenüberstellung des realen physikalischen Raums und dessen Wahrnehmung in der kognitiven Karte. Die Überlegung dabei ist, über den Grad der Übereinstimmung zwischen Wirklichkeit und Kognition eine Aussage über den Grad des erworbenen Wissens zu ermöglichen.

Eine erste umfangreiche empirische Erfassung kognitiver Karten findet sich in LYNCHs *The Image of the City* (1960). Seitdem entstand im Umfeld der multidisziplinären Erforschung kognitiver Karten eine Vielzahl an methodologischen Ansätzen. Ein detaillierter Überblick der Methoden findet sich bei KITCHIN und BLADES (2002: 127*ff*) oder MAY (1992: 97*ff*). Erstgenannte fassen eine geringfügig breitere Palette an Methoden zusammen, da sie auch qualitative Ansätze miteinbeziehen, ansonsten unterscheiden sie sich von der Zusammenschau Mays aber nur durch die Art, wie die Methoden gruppiert werden. In KITCHIN und BLADES werden Methoden nach Art der gewonnenen Daten in 1-dimensionale Datengenerierung (*Unidimensional Data Generation*), 2-dimensionale Datengenerierung (*Two-dimensional Data Generation*) und qualitative Ansätze (*Qualitative Approaches*) unterschieden (2002: 127,139,156). Im Gegensatz dazu gruppiert MAY nach Art der Erhebungsmethode in Einschätzungsverfahren, Rekonstruktionsverfahren und chronometrische Verfahren (1992: 99).

Auf eine vollständige Auflistung und Beschreibung der Methoden, wie sie bei genannten Autoren vorliegt, wird an dieser Stelle verzichtet, da sie den Rahmen dieser Arbeit sprengen würde. Vielmehr soll in diesem Kapitel die Methodenwahl der vorliegenden Studie begründet werden, zumal es noch kein Standardverfahren für die Erhebung kognitiver Karten gibt. Deshalb gilt es, besonders in diesem Forschungsfeld, methodenbedingte Vor- und Nachteile hinsichtlich der behandelten Forschungsfrage abzuwiegen. Die Tatsache, dass räumliches Wissen nur indirekt erfasst werden kann, führt nämlich zu mehreren Problemstellungen. Ein erstes Problem ist die Beeinflussung der

gewonnenen Messdaten durch die Wahl der Erhebungsmethode. Wie bereits erörtert wurde, sind Form und Struktur kognitiver Karten noch nicht abschließend geklärt. Betrachtet man die kognitive Karte als primäres Modell der wahrgenommenen Umwelt und deren Externalisierung durch eine Testperson als sekundäres Modell, so wird das sekundäre Modell entscheidend durch die Externalisierungsmethode beeinflusst, weil die Fähigkeiten sich räumliches Wissen anzueignen bzw. abzurufen, von Person zu Person stark variieren können (ALLEN 1999: 73). Es kann daher vorkommen, dass ProbandInnen ihr Wissen durch die bereitgestellten Mittel nicht ausreichend wiedergeben können oder es erst transformieren müssen, um den Vorgaben eines Tests gerecht zu werden (MONTELLO et al. 2004: 261). Als Beispiel kann hier noch einmal auf die missverständliche Auslegung des Begriffs *kognitive Karte* hingewiesen werden (siehe Kap. 3). Würde man annehmen, eine Person könne ihr räumliches Wissen in Form eines mentalen Abbilds einer Karte abrufen und in Form einer Kartenskizze externalisieren, könnte dies zu Ergebnissen führen, die das tatsächlich vorhandene Wissen nur unzureichend repräsentieren.

Die methodologisch bedingte Verzerrung von Testergebnissen kann durch mehrere Maßnahmen verringert werden. Zu nennen sind hier eine an die Fragestellung angepasste Methodenwahl, die Verwendung mehrerer Erhebungsmethoden für jede getestete Variable und die Berücksichtigung individueller Unterschiede bei der Aggregation von Gruppenwerten.

Die Methodenwahl sollte sich an dem getesteten Sachverhalt orientieren. Nicht jede Methode zur Erhebung von räumlichem Wissen ist für jede Fragestellung anwendbar. Die vorliegende Arbeit untersucht den Erwerb von Landmarken-, Routen- und Überblickswissen während der Navigation. Jede dieser qualitativen Ausprägungen von räumlichem Wissen weist bestimmte Eigenschaften auf, die mit bestimmten Erhebungsmethoden analysiert werden können. Anhand von Überblickswissen können räumliche Relationen in einem allozentrischen Referenzsystem verortet werden. Für Untersuchungen zu Überblickswissen werden daher häufig Einschätzungsverfahren wie Richtungs- oder Distanzschätzungen verwendet, generell sind aber alle Methoden, die ein

allozentrisches Referenzsystem voraussetzen, für die Abfrage von Überblickswissen geeignet.

Routenwissen ermöglicht keine Schätzungen im euklidischen Raum, dafür aber die Wiedergabe topologischer Beziehungen zwischen Landmarken entlang einer Route. Zur Erhebung von Routenwissen kommen also alle Methoden in Frage, die mit topologischem Wissen bewältigt werden können. Als Beispiel sind hier Rekonstruktionsverfahren zu nennen, in denen ProbandInnen Routenabfolgen oder Richtungsentscheidungen wiedergeben müssen. Auch *sketch mapping*, also die Anfertigung von Kartenskizzen, kann Rückschlüsse zu Routenwissen liefern.

Landmarkenwissen ist die einfachste Ausprägung von räumlichem Wissen. Im Gegensatz zu Routenwissen spielt die Topologie von Landmarken noch keine Rolle (siehe Kapitel 3.3.2). Eine Person, die über Landmarkenwissen verfügt, sollte aber zumindest in der Lage sein, eine Landmarke mit ihren spezifischen Eigenschaften aus dem Langzeitgedächtnis abrufen zu können. Zur Überprüfung von Landmarkenwissen kommen alle Testverfahren in Frage, in denen ProbandInnen auf Landmarkenwissen zurückgreifen müssen. Dazu zählen beispielsweise Aufgabenstellungen, die auf eine graphische oder verbale Externalisierung von Landmarken abzielen. Landmarkenwissen kann zudem auch mit Wiedererkennungsaufgaben erhoben werden. Dabei müssen Probanden aus einer Sammlung von Fotos oder Abbildungen jene Landmarken identifizieren, die sie wiedererkennen. Voraussetzung für derartige Tests ist, dass die Abbildungen die Landmarken von derselben Perspektive zeigen, aus der sie wahrgenommen wurden.

Neben der Berücksichtigung des Forschungsgegenstands sollten auch individuelle Unterschiede von Testpersonen im Testdesign berücksichtigt werden. Personen, die über ein ähnlich ausgeprägtes räumliches Wissen verfügen, können sich in ihrer Fähigkeit dieses Wissen im Rahmen einer Aufgabenstellung zu externalisieren, unterscheiden. Dieser Umstand könnte zu einer Verzerrung der Daten und der daraus gewonnenen Schlussfolgerungen führen. Um die Validität und Integrität zu erhöhen, sollten deshalb

immer mehrere Tests für jeden getesteten Sachverhalt eingesetzt werden (KITCHIN 2000: 18).

Auch individuelle Unterschiede der Fähigkeit sich räumliches Wissen anzueignen, sollten im Testdesign unbedingt berücksichtigt werden. Dabei spielt der Orientierungssinn eine entscheidende Rolle. Als Maßstab wird dafür häufig die Selbsteinschätzung des eigenen Orientierungssinns verwendet. Wie sich in unterschiedlichen Studien zum räumlichen Wissenserwerb herausstellte, lässt sich ein positiver Zusammenhang zwischen der Selbsteinschätzung und Ergebnissen bei Tests zu erworbenem Wissen feststellen (WEN et al. 2011: 655). Als Standardverfahren zur Selbsteinschätzung räumlicher Fähigkeiten hat sich die sogenannte Santa Barbara Sense-of-Direction-Skala (SBSOD) bewährt, besonders in Testdesigns, die Wissen über den Umgebungsraum und Wissen aus direkter Interaktion mit der Umwelt untersuchen (HEGARTY et al. 2002).

Der an der *University of California, Santa Barbara*, entwickelte Test umfasst 15 Aussagen über die räumlichen Fähigkeiten, Aktivitäten und Präferenzen des Befragten (MONTELLO und XIAO 2011: 265). Anhand einer 7-stufigen Likert-Skala, die von 1 („stimme stark zu“) bis 7 („stimme gar nicht zu“) reicht, können ProbandInnen ihren Orientierungssinn einschätzen. Die ersten sieben Aussagen sind dabei positiv formuliert (z.B. „Mein Orientierungssinn ist sehr gut“), die letzten acht negativ (z.B.: „Ich gebe nicht gerne Wegbeschreibungen.“). Aus den 15 Einschätzungen wird ein Durchschnittswert ermittelt, wobei die Zahlenwerte der positiv formulierten Fragen umgekehrt werden. Der Orientierungssinn laut SBSOD ist somit umso besser, je näher der Wert an 7 liegt und umso schlechter, je näher er sich 0 nähert.

Bei Studien zum kognitiven Kartieren stellt sich neben der Frage nach der geeigneten Methodik, auch die Frage nach dem adäquaten Testsetting. Man kann dabei zwischen kontrollierten Testumgebungen im Labor und naturalistischen Settings unterscheiden. Grundsätzlich kommen beide Formen für Untersuchungen zu räumlichem Wissen in Frage. Wirft man einen Blick auf die Entwicklung der Erforschung von räumlichem Wissen, das aus Karten gewonnen wird, zeigt sich eine Trendwende von kontrollierten hin zu naturalistischen Testbedingungen. Ein Grund hierfür ist sicherlich die beschriebene

Evolution von Karten als Massenmedium in mobilen Applikationen. Diese Entwicklung hat die Art wie Menschen Wayfinding mit Karten betreiben, nachhaltig verändert, zumal kognitive Prozesse, wie die Bestimmung von Position und Orientierung, weitgehend auf ein elektronisches Gerät ausgelagert werden. Dieser Umstand beeinflusst sowohl die Umweltwahrnehmung, als auch die Wahrnehmung von Informationen aus der Karte. Will man ausschließlich untersuchen, wie Informationen beim Studieren einer Karte im Gehirn „abgespeichert" werden, bieten sich Laborsettings an. Derartige Studien haben den Vorteil, dass Einflussfaktoren während des Erwerbs kontrolliert werden können und liefern wichtiges Grundlagenwissen zum direkten Wissenserwerb mit Karten. Während der kartenbasierten Navigation ist der Erwerb von räumlichem Wissen hingegen nur ein Nebeneffekt des Wayfindings (siehe Kapitel 4.3). Die Umwelteinflüsse beim Wayfinding können in einem Labor nur schwer simuliert werden und sollten daher unter realen Bedingungen getestet werden.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass es keine Standardmethode für die Erhebung kognitiver Karten gibt. Da räumliches Wissen nicht direkt gemessen werden kann, muss dieses erst von Testpersonen im Rahmen unterschiedlicher Testmethoden externalisiert werden. Die Wahl der Testmethodik und die Wahl des Testsettings hängen vom Untersuchungsgegenstand ab. Außerdem sollten individuelle Unterschiede bei Fähigkeiten zum Erwerb und zur Externalisierung von räumlichem Wissen im Testdesign berücksichtigt werden.

In der vorliegenden Arbeit wird der Erwerb von Landmarken-, Routen- und Überblickswissen während der kartenbasierten Navigation untersucht. Für das dafür vorgesehene Testdesign ergeben sich folgende Schlussfolgerungen:

- Um Rückschlüsse über den Wissenserwerb der Testgruppen ziehen zu können, werden mindestens zwei Tests pro getestetem Sachverhalt (Landmarkenwissen: 2, Routenwissen: 3-, Überblickswissen: 3) durchgeführt.
- Für die Überprüfung von Überblickswissen werden zwei Einschätzungsverfahren und ein Positionierungsverfahren verwendet: *Distanzschätzung*, *Richtungsschätzung* und *Landmarkenplatzierung*.

- Die Überprüfung von Routenwissen erfolgt durch drei Rekonstruktionsverfahren: *Landmarkenabfolge*, *Routenentscheidung an Landmarken* und *sketch mapping*.
- Landmarkenwissen wird ebenfalls über ein Rekonstruktions-, sowie über ein Wiedererkennungsverfahren überprüft: *sketch mapping* und *Landmarkenerkennung*.
- Der Wissenserwerb beim Wayfinding wird unter realen Bedingungen simuliert. Im Fall der Tabletgruppe muss auf die Einblendung von Routenanweisungen verzichtet werden (siehe Kapitel 6.2.3), da die Bestimmung der aktuellen Lage und Position aber weiterhin vom Gerät übernommen werden, sollte ein negativer Effekt hinsichtlich der aktiven Enkodierung von Umweltinformationen nach wie vor auftreten (siehe Kapitel 1.2). Darüber hinaus werden Navigationsapplikationen auch durchaus ohne die Zuhilfenahme einer Routingfunktion für Navigationszwecke eingesetzt.
- Das individuelle Orientierungsvermögen fließt als Kovariate in die statistische Auswertung ein. Als Kenngröße dient die Selbsteinschätzung durch das SBSOD-Verfahren.

6.2 Testdesign

6.2.1 Testpersonen

An der Studie nahmen insgesamt 60 Personen teil, die gleichmäßig auf zwei Gruppen aufgeteilt wurden: Kartengruppe (KG) und Tabletgruppe (TG). Die Stichprobengröße von 30 Personen pro Gruppe entspricht somit dem in statistischen Erhebungen gängigen Mindestumfang, der annähernd normalverteilte Stichprobenergebnisse gewährleistet (ADM 2014: 56). Da aufgrund des Testdesigns nur Einzelerhebungen möglich waren (um eine gegenseitige Beeinflussung auszuschließen) und ein Testdurchlauf pro Person ca. eine Stunde in Anspruch nahm, wurde die Stichprobe auf diesen Mindestumfang beschränkt, um in einem vertretbaren zeitlichen Rahmen zu bleiben.

Das Durchschnittsalter der Testpersonen betrug 28,2 Jahre mit einer Altersspanne zwischen 18 und 63 Jahren. An der Studie nahmen 24 weibliche und 36 männliche Personen teil. Da die vorliegende Studie keine geschlechts- oder altersspezifischen Unterschiede beim räumlichen Wissenserwerb untersucht, waren weder Alter noch Geschlecht der ProbandInnen Kriterien bei der Gruppenaufteilung. Da individuelle Fähigkeiten beim Wayfinding mittels SBSOD berücksichtig wurden, erfolgte die Zuteilung zu KG und TG größtenteils randomisiert. Es wurde jedoch jeder der Teilnehmenden vor der Zuteilung gefragt, ob grundsätzliche Schwierigkeiten im Umgang mit einem der Navigationswerkzeuge bestehen. In zwei Fällen wurde nach diesbezüglichem Einwand der Testpersonen die Gruppenzuteilung geändert. Dadurch sollte sichergestellt werden, dass TestteilnehmerInnen nicht einem für sie unrealistischen Navigationsszenario ausgesetzt werden (z.B. ein Tablet zum Navigieren verwenden zu müssen, obwohl sie unsicher im Umgang damit sind).

Im Test wurde der Wissenserwerb in einem bislang unbekannten Umgebungsraum untersucht. Daher durften nur Personen am Test teilnehmen, die kein Vorwissen über das Testgebiet hatten. Die Überprüfung von möglichem Vorwissen erfolgte erst nach den Tests, damit ausgeschlossen werden konnte, dass sich ProbandInnen vor dem Test in irgendeiner Form mit dem Testgebiet auseinandersetzen und somit ihr Wissen darüber beeinflussen. Die Frage, ob die Testroute oder Teile davon bereits vor Durchführung der Übung bekannt waren, wurde von allen Teilnehmern verneint, wodurch eine Verzerrung der Ergebnisse durch Vorwissen ausgeschlossen werden konnte.

Hinsichtlich des Alters und des Geschlechts ergaben sich für die zwei Testgruppen folgende Kennzahlen:

Testgruppe	Teilnehmer	Alter (M)	Alter (SD)	Geschlecht (m/w)
Karte	30	30,5	9,7	23/7
Tablet	30	25,9	4,3	13/17

Tabelle 1: Kennzahlen der Testgruppen zu Alter und Geschlecht

6.2.2 Testgebiet

Alle TestteilnehmerInnen mussten entlang einer festgelegten Route vom Start- zum Zielpunkt navigieren, um zu garantieren, dass alle getesteten kognitiven Karten auf denselben Umweltreizen beruhten. Die Wahl des Testgebiets fiel auf eine Route im Osten des Wiener Gemeindebezirks Währing (Abb. 15). Nach einer Besichtigung des Testleiters, der die Strecke selbst zum ersten Mal erkundete, erschien das Gebiet geeignet, räumlichen Wissenserwerb in einem unbekannten Umgebungsraum zu testen. Denn zum einen befinden sich entlang der Route, die durch ein Wohn- und Gewerbegebiet verläuft, zahlreiche markante Punkte (Parks, Geschäfte, Cafés, etc.), also potentielle Landmarken. Andererseits sind diese Landmarken keine weithin bekannten Orte, was die Wahrscheinlichkeit verringerte, dass Testpersonen bereits mit der Strecke vertraut waren, sofern es sich nicht um BewohnerInnen dieses Teils des Bezirks handelte.

Die Planung der Teststrecke basiert auf Überlegungen zu Wayfinding-Szenarien von FußgängerInnen im urbanen Raum. Meist werden zu Fuß jene Distanzen zurückgelegt, die nicht durch den öffentlichen Personennahverkehr (ÖPNV) erreichbar sind. Je länger die Strecke zwischen ÖPNV-Station und Start- bzw. Zielort ist, desto größer ist die Wahrscheinlichkeit, dass eine Karte oder kartenbasierte Navigationsanwendung zu Hilfe genommen wird. Mit der Länge der Route, nimmt auch die Wahrscheinlichkeit möglicher Richtungswechsel an Entscheidungspunkten zu. Will man, wie in der vorliegenden Arbeit, solches Routenwissen überprüfen, sollte die Testroute also über eine ausreichende Zahl an Entscheidungspunkten verfügen.

Die Route sollte zudem lang und komplex genug sein, um ein Szenario zu simulieren, in dem alle Ausprägungen von räumlichem Wissen entstehen könnten. Andererseits sollte die Teststrecke innerhalb einer Länge bleiben, die man im Normalfall zu Fuß zurücklegen würde. Aus diesen Bedingungen ergab sich der Verlauf der in Abbildung 15 skizzierten Testroute, die eine Länge von 1050 Metern und acht Richtungsentscheidungspunkten aufweist.

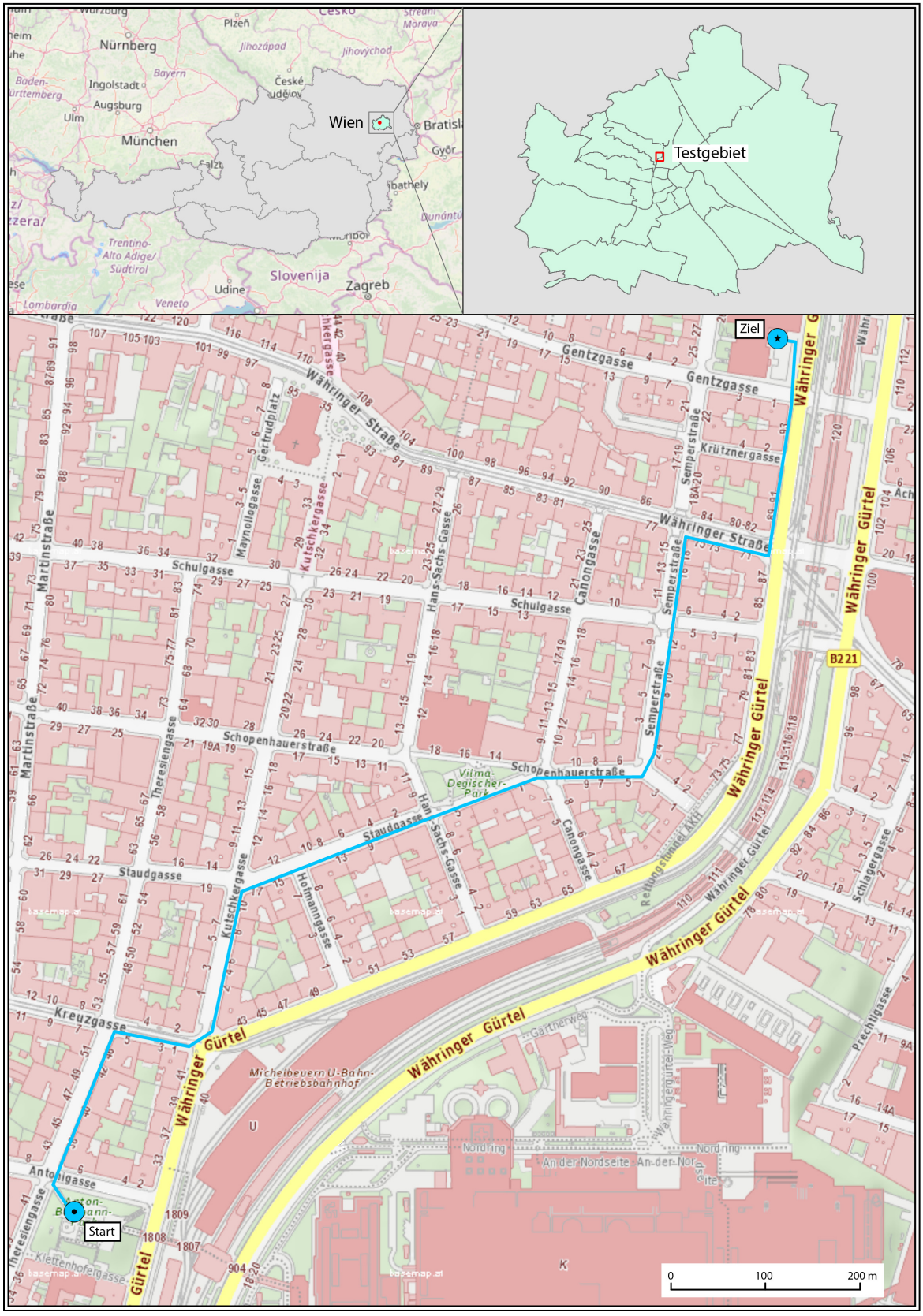


Abb. 15: Verlauf der Testroute, Datenquellen: basemap.at, OSM, data.gv.at

6.2.3 Unterlagen

Je nach Gruppenzuteilung standen den Testpersonen unterschiedliche Navigationswerkzeuge zur Verfügung. TeilnehmerInnen der KG wurde ein A4-Blatt mit einem Stadtplan, basierend auf der Karte *basemap.at*, im Maßstab 1:4000 ausgehändigt, der den Start- und Zielpunkt, sowie den Routenverlauf abbildete (Anhang I). Ergänzend dazu wurde der Kartenrand mit einem graphischen und numerischen Maßstab und einem Nordpfeil ausgestattet. Das Kartenfeld wies mit 19 x 23cm eine Fläche von 437cm² auf und bildete damit ein reales Gebiet von ungefähr 0,7km² ab.

Die TG navigierte mit dem Gerät *Xperia Tablet Z3 Compact* der Marke Sony, welches aufgrund seiner Ausstattung sehr gut als Navigationswerkzeug geeignet war. Zum einen ist bei diesem Gerät ein eigener GPS-Sensor verbaut, während andere Geräte nur eine Ortung über das Mobilfunknetz oder WLAN erlauben, was entweder eine WLAN-Verbindung oder ein LTE-Modul voraussetzt. Zudem ist das Gerät nach dem Standard IP65 zertifiziert und ist somit gegen Staub und Strahlwasser abgedichtet, was den Einsatz bei Regen oder Schneefall erlaubte. Nicht zuletzt sprach auch das kompakte Format für den Einsatz des Tablets. Das Gewicht von nur 270g ermöglichte eine hohe Mobilität und die Abmessungen von 12,4 x 21, 3 x 0,6 cm entsprechen ungefähr dem Format einer gefalteten Karte (Abb. 16). Das Display nimmt dabei eine Größe von 10,8 x 17,4 cm ein, was einer Fläche von ca. 188 cm² entspricht. Damit bietet das Tablet zwar nur 43% der Fläche der gedruckten Karte, ist aber dafür bei der Visualisierung des Karteninhalts nicht an einen bestimmten Maßstab gebunden.

Hinsichtlich der Navigationssoftware fiel die Wahl auf die App *Open Street Map for Android* (*OsmAnd*). *OsmAnd* bietet die Funktion, auf unterschiedliche Kartendienste, darunter auch die Karte von basemap.at, zurückgreifen zu können. Durch den Umstand, dass sowohl KG als auch TG die *basemap* als Kartengrundlage verwendeten, konnte ausgeschlossen werden, dass die Testergebnisse durch unterschiedliche Kartendesigns verfälscht wurden.



Abb. 16: Format des Test-Tablets verglichen mit einer gedruckten Karte

Für die Vergleichbarkeit der beiden Testgruppen musste auch sichergestellt werden, dass jeder Teilnehmer/jede Teilnehmerin dieselbe Route zurücklegte. In Navigationsapps wird meistens die kürzeste oder schnellste Route berechnet. In einem realen Anwendungsfall ist dieses automatische Routing sinnvoll und erwünscht, doch im simulierten Testszenario hätte die computergenerierte Route nicht mit der für den Test vorgesehenen Route übereingestimmt. Aus diesem Grund wurde am Tablet die Route nicht über die App generiert, sondern mit Hilfe eines vorgefertigten GPX-Tracks dargestellt. Das GPS Exchange Format, kurz GPX, ist ein gängiges Format für die Speicherung von punkt- und linienhaften Geodaten wie Wegpunkten oder Routen in GNSS-Empfängern. Die GPX-Funktion von *OsmAnd* ermöglichte es, die Testroute, die im Vorfeld in einem GIS digitalisiert wurde, in die Applikation zu importieren und über einer Grundkarte darzustellen.

Da in der Navigationsapplikation ein GPX-Track anstelle der automatischen Routenberechnung verwendet wurde, wurden den TestteilnehmerInnen keine

Routenanweisungen eingeblendet. Die aktuelle Position und Lage sowie der Routenverlauf wurden den Testpersonen aber fortwährend vom Gerät angezeigt. Die Bedienung von *OsmAnd* vollzieht sich analog zu anderen verbreiteten Navigationsapps wie *Google Maps* oder *HERE WeGo*. Das Kartenfenster kann mittels Icons am Bildschirm oder Gestensteuerung vergrößert, verkleinert und verschoben werden. Im Fall der *basemap* werden bis zu 20 unterschiedliche Zoomstufen angeboten. Weitere Schaltflächen erlauben die Zentrierung der Karte auf die momentane Position und die Konfiguration der Kartenrotation (Karte genordet oder in Zeigerichtung des Tablets orientiert). Punkt- und Kegelsignatur zeigen zudem fortwährend Position und Orientierung des Benutzers/der Benutzerin (bzw. des Tablets) an (Abb. 17).

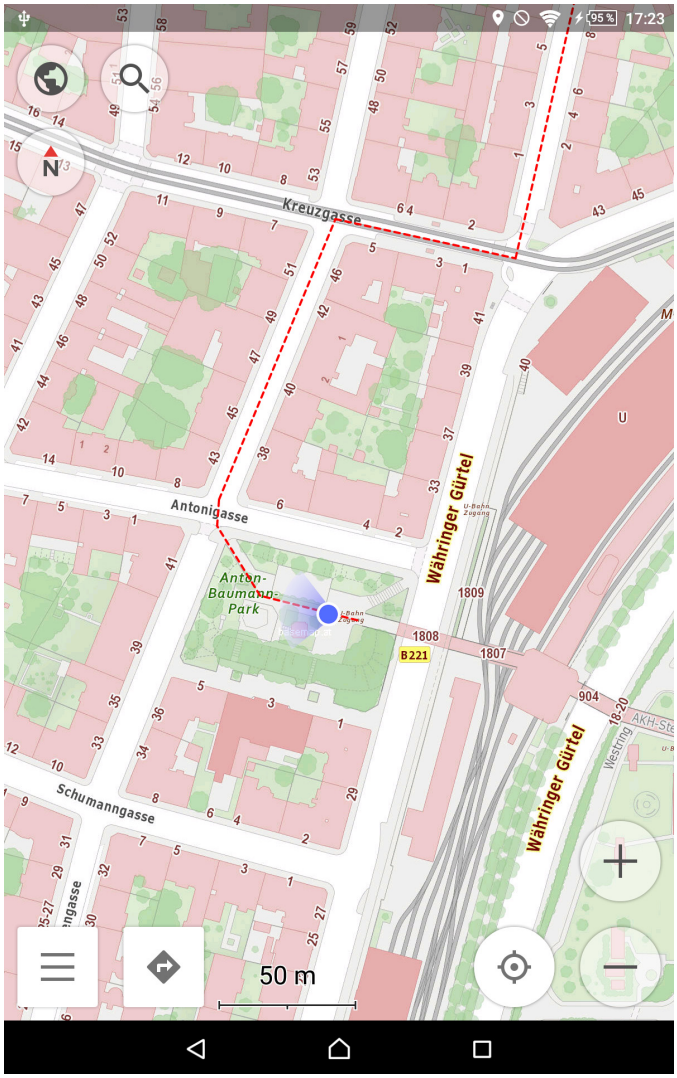


Abb. 17: Ausschnitt der Testroute in *OsmAnd*

6.2.4 Versuchsablauf

SBSOD-Test

Im Vorfeld des Tests mussten alle TeilnehmerInnen den SBSOD-Test ausfüllen, was über ein Onlineformular auf der Website des Anbieters *Lamapoll* möglich war. Der englische Originaltext (MONTELLO und XIAO 2011: 281) wurde für diesen Zweck ins Deutsche übersetzt und für die Eingabe am Computer adaptiert (Anhang II). Zusätzlich wurde im Formular noch Name, Alter und Geschlecht der TeilnehmerInnen abgefragt. Nachdem das Online-Formular vollständig ausgefüllt wurde, wurden Einzeltermine für die Navigationsaufgabe vereinbart.

Navigationsaufgabe

Vor Ort begann der Test mit einem einleitenden Gespräch in der Nähe des Startpunkts, wo den Probanden und Probandinnen der Ablauf und die Aufgabenstellung erklärt wurden. TeilnehmerInnen der Tablet-Gruppe erhielten außerdem eine kurze Einschulung in der Bedienung der Navigationsapp *OsmAnd*. Im Anschluss mussten die Testpersonen mit den ausgehändigten Hilfsmitteln entlang der vorgegebenen Route zum Zielort navigieren. Dabei wurden sie vom Testleiter begleitet, der aber nur in das Geschehen eingreifen sollte, wenn technische Probleme auftraten oder jemand von der Route abweichen sollte – ein Fall, der in keinem der 60 Tests eintrat.

Nach der Ankunft am Ziel mussten die Navigationswerkzeuge wieder an den Testleiter übergeben werden. Im Anschluss wurde das räumliche Wissen, dass sich die Testperson während der Navigation aneignete, anhand mehrerer Tests abgefragt, wobei die Abfolge der Tests so gewählt wurde, dass das abgefragte Wissen nicht durch Testunterlagen beeinflusst werden konnte. Die Abfrage von Konfigurationswissen anhand einer stummen Karte erfolgte beispielsweise erst zuletzt, um auszuschließen, dass die ProbandInnen ihr räumliches Wissen erst aus der stummen Karte beziehen.

Distanz- und Richtungsschätzung

In den ersten beiden Tests wurde Überblickswissen anhand einer Distanz- und Richtungsschätzung überprüft. Im Fall der Distanzschätzung wurden die TeilnehmerInnen gebeten eine Einschätzung der zurückgelegten Routenlänge in Metern abzugeben. Die Differenz zwischen geschätzter und realer Distanz bildete die erste Kennzahl für Überblickswissen. Für die Richtungsschätzung mussten die ProbandInnen vom Zielpunkt aus in die Richtung des Startpunkts zeigen. Für diesen Test bekamen die Testpersonen ein Smartphone mit der App *GPS Status* ausgehändigt, mit der die Zeigerichtung des Telefons aufgezeichnet werden konnte (Abb. 18).

Die Genauigkeit des digitalen Kompasses wurde dafür zuvor mit einem analogen Kompass überprüft. Ähnlich wie bei der Distanzschätzung wurde auch in diesem Test eine Kennzahl aus der Differenz zwischen geschätzter und tatsächlicher Peilung ermittelt.

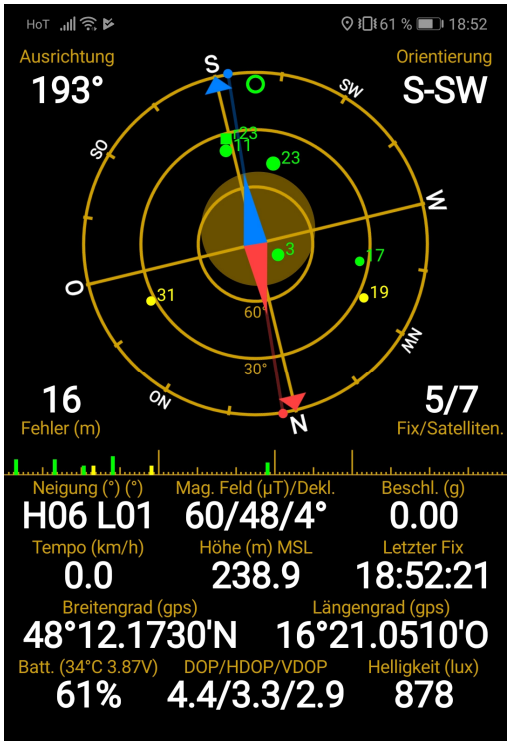


Abb. 18: Richtungsschätzung mit der App *GPS Status*

Sketch Mapping

Die nächste Aufgabe – das Anfertigen einer Kartenskizze – löste bei manchen der TeilnehmerInnen sichtliches Unbehagen aus. Obwohl diese Methode einen großen Spielraum bei der Externalisierung von räumlichem Wissen bietet und häufig für die Erforschung kognitiver Karten herangezogen wird, müssen ihre Einschränkungen berücksichtigt werden (GARTNER 2011: 3). Denn wie die Reaktion einiger ProbandInnen zeigte, verfügt nicht jeder Mensch über die zeichnerischen Fähigkeiten, um ein akkurates Abbild seines räumlichen Wissens herzustellen. Empirische Nachweise dafür gibt es aus den Studien von TVERSKY (1981) oder THORNDYKE und HAYES-ROTH (1982), die zeigen konnten, dass Überblickswissen durch Kartenskizzen nicht ausreichend repräsentiert wird. Man sollte sich bei der Auswertung von Sketch Maps daher auf topologische Gesichtspunkte beschränken. Die für die vorliegende Studie angefertigten Kartenskizzen wurden daher nur für die Abfrage von Routen- und Landmarkenwissen herangezogen.

Die Sketch-Mapping- und darauffolgenden Aufgaben fanden in einem ruhigen Bereich im nahegelegenen Gebäude der Fachhochschule Wien statt, wo ein Tisch und Sitzgelegenheiten zur Verfügung standen und die Routingstrecke nicht mehr eingesehen werden konnte. Für die Kartenskizze bekamen die ProbandInnen ein Blatt Papier im A4-Format und einen Stift ausgehändigt und wurden gebeten die zurückgelegte Route aus dem Gedächtnis abzurufen und so detailreich wie möglich aufzuzeichnen. Dabei sollte jedes skizzierte Kartenelement beschriftet werden, um eine einheitliche Auswertung der Zeichnungen zu ermöglichen (Abb. 19).

Für die Abfrage von Landmarkenwissen wurde die Anzahl der skizzierten Landmarken ausgewertet. Dabei galt jedes beschriftete Element als eine Landmarke, unabhängig davon, ob es sich dabei um ein punkt-, linien- oder flächenhaftes Element handelte. Inkorrekte Landmarken, wie falsche oder nicht existente Straßennamen, wurden dabei nicht gezählt.

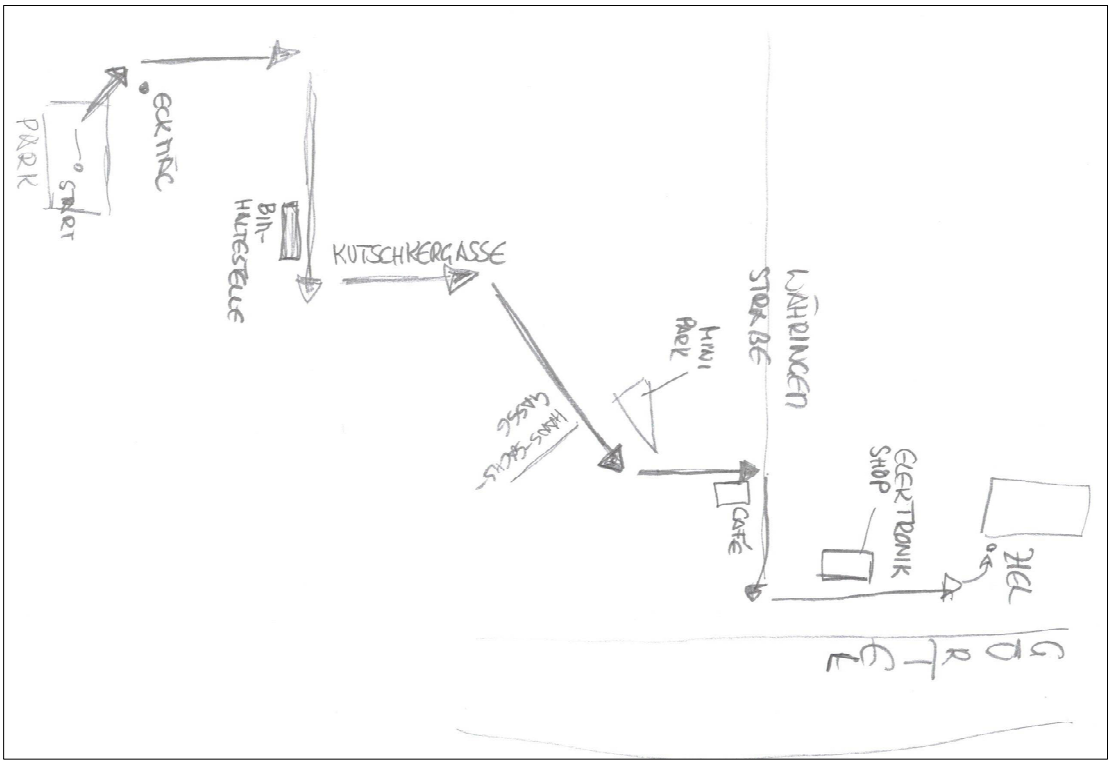


Abb. 19: Kartenskizze einer Testperson, der schwarze Rahmen entspricht im Original dem Format DIN A4

Für die Beurteilung von Routenwissen wurde der skizzierte Routenverlauf hinsichtlich seiner Topologie ausgewertet. Als Kennzahl diente dabei der Anteil der korrekt skizzierten Richtungsänderungen (z.B. Rechtsabbiegen der Route) an allen möglichen Richtungsänderungen. Je nach Detailgrad der Skizze wurden dabei auch kleinere Richtungsänderungen beim Vergleich mit der realen Situation berücksichtigt. Die Kartenskizze in Abb. 19 gibt die Routenfolge beispielsweise zu 100% wieder, da jede Richtungsentscheidung in Bezug auf das Folgesegment korrekt abgebildet wurde.

Foto-Aufgaben

In den letzten vier Aufgaben bekamen die TestteilnehmerInnen Fotos ausgehändigt, die im Vorfeld aufgenommen wurden. Mit Hilfe der Fotos wurden eine Landmarkenerkennungs-, eine Landmarkenabfolge-, eine Richtungsentscheidungs-, sowie eine Landmarkenplatzierungsaufgabe durchgeführt. Diese Verfahren zur Überprüfung

von Landmarken-, Routen- und Überblickswissen kamen bereits in ähnlichen Studien zur Überprüfung von räumlichen Wissenserwerb zum Einsatz (HUANG et al. 2012, KULA 2015).

In der Landmarkenerkennungsaufgabe wurden den TeilnehmerInnen 15 Fotos im Format 17,3 x 12,5 cm ausgehändigt, die für die spätere Auswertung mit einer Kurzbezeichnung versehen wurden (Abb. 20). Davon bildeten elf Fotos Orte entlang der Teststrecke ab, währen vier Fotos andernorts aufgenommen wurden. Aus den Fotos mussten nun jene Orte ausgewählt werden, die die ProbandInnen aus der Navigationsaufgabe wiedererkannten. In der Auswertung wurde jedes korrekt erkannte Foto mit einem Punkt gewertet bzw. ein Punkt für jede falsche Landmarke abgezogen. Als Kennzahl für Landmarkenwissen wurde aus der Gesamtpunktzahl ein Prozentwert ermittelt, wobei 100% der maximalen Punktzahl von 11 und 0% allen Werten <= 0 entsprechen.



Abb. 20: Foto aus der Landmarkenerkennungsaufgabe

Die ausgewählten Fotos dienten als Grundlage für die nächste Aufgabe, die Landmarkenabfolge. Dafür mussten die ProbandInnen mit den Fotos der wiedererkannten

Orte die Abfolge der Landmarken während der Begehung wiedergeben. Da dazu auf kognitiver Ebene Routenwissen abgerufen werden muss, kann selbiges mit diesem Test überprüft werden. In der Auswertung wurde jede korrekte Abfolge mit einem Punkt bewertet. Für den Fall, dass Fotos in der Erkennungsaufgabe vergessen wurden, wurde auch für eine lückenhafte Abfolge ein Punkt vergeben (z.B. die Abfolge Ort 1 - Ort 3), Abzüge gab es in dieser Auswertung nicht. Auch hier wurde aus der möglichen Gesamtpunktzahl zwischen 0 und 10 ein Prozentwert als Kenngröße für Routenwissen ermittelt.

In der dritten fotobasierten Aufgabe mussten die TestteilnehmerInnen die getroffenen Routenentscheidungen aus ihrer kognitiven Karte abrufen. Für diesen Zweck mussten sie die verbleibenden Fotos umdrehen. Auf der Rückseite war die Landmarke der Vorderseite ein zweites Mal abgedruckt, wo zusätzlich noch mehrere Pfeile mit Nummern abgebildet waren, die mögliche Abbiegeentscheidungen anzeigten (Abb. 21). In jedem Foto musste nun die Nummer der zugehörigen Richtungsentscheidung angegeben werden.

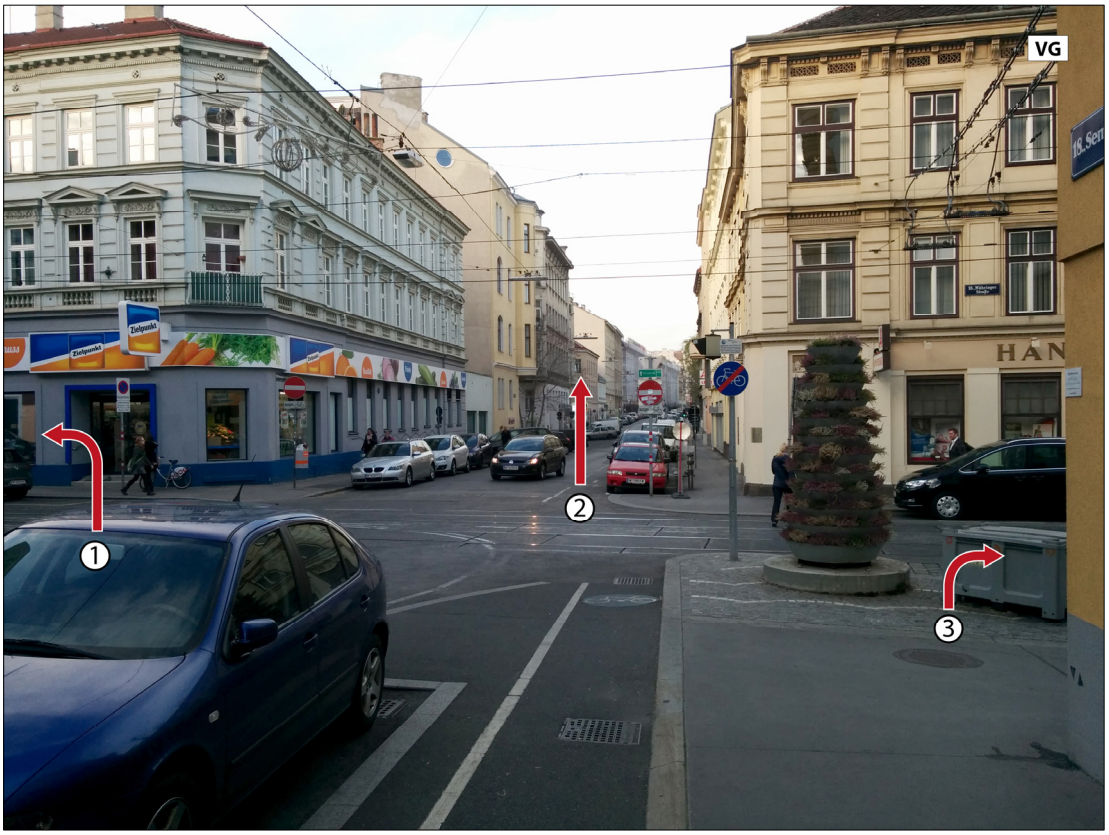


Abb. 21: Foto mit möglichen Richtungsentscheidungen

Für jede korrekte Richtungsentscheidung wurde ein Punkt vergeben, für falsche Antworten wurde ein Punkt abgezogen. Durch fehlende Landmarken konnte die höchstmögliche Punktzahl nicht erreicht werden, Abzüge gab es dafür nicht. Aus dem Anteil der Gesamtpunktzahl an der erreichbaren Höchstpunktzahl wurde wieder ein Prozentwert als Kennzahl für Routenwissen berechnet.

Im letzten Test mussten die ProbandInnen den Aufnahmestandort der Fotos in einer stummen Karte des Testgebiets einzeichnen und mit der Kurzbezeichnung des Fotos beschriften (siehe Anhang III). Für die Auswertung wurde anhand dieser Kartierung die euklidische Distanz zwischen dem geschätztem und dem tatsächlichen Standort in der Karte gemessen und in Meter umgerechnet. Die Summe aller Einzelabweichungen ergab dann eine weitere Kenngröße für Überblickswissen. Hierbei ist anzumerken, dass für jeden fehlenden Standort eine Abweichung der Gesamtroutenlänge veranschlagt wurde.

6.3 Ergebnisse

In der Studie wurde untersucht, ob beim Erwerb von räumlichem Wissen ein signifikanter Unterschied zwischen Tablet- und KartennutzerInnen festgestellt werden konnte. Dafür wurden für jeden Teilnehmer/jede Teilnehmerin anhand der beschriebenen Methoden acht Kenngrößen zur Quantifizierung von Landmarken-, Routen- und Überblickswissen gemessen. Zusätzlich wurde mittels SBSOD eine Kenngröße für das Orientierungsvermögen der TeilnehmerInnen erfasst. Für jeden Test wurden aus den Einzelergebnissen die Gruppenmittelwerte der Tablet- und Kartengruppe gebildet. Die Mittelwerte wurden mit einer ANCOVA (Kovarianzanalyse, eng. analysis of covariance) auf ihre Varianz überprüft, wobei der SBSOD-Wert als Kovariate herangezogen wurde. Für alle Analysen wurde ein Signifikanzniveau von 0.05 verwendet.

6.3.1 Landmarkenwissen

Zur Überprüfung des Landmarkenwissens wurden zwei Testverfahren angewandt – sketch mapping und die Landmarkenerkennung mittels Fotos. Hierbei wurden die Anzahl

der skizzierten Landmarken bzw. die korrekt wiedererkannten Landmarken gezählt. Eine Übersicht der Ergebnisse findet sich in Tabelle 2.

	Karte		Tablet	
	M	*SD*	*M*	*SD*
Skizzierte Landmarken	7,0	2,8	5,9	3,1
Landmarkenerkennung	75%	15%	73%	16%

Tabelle 2: Statistik der Tests zu Landmarkenwissen

Die Auswertung der Kartenskizzen zeigte, dass TeilnehmerInnen der KG im Durchschnitt rund eine Landmarke mehr aus dem Gedächtnis abrufen konnten. Die dazu relativ hohen Standardabweichungen von rund drei Landmarken in beiden Gruppen ist jedoch ein Indikator für die großen individuellen Unterschiede, die schon oft in anderen Studien zu sketch mapping festgestellt wurden (siehe Kapitel 5.2.4). Betrachtet man die Ergebnisse aus der zweiten Erhebung zu Landmarkenwissen, fallen die Unterschiede weitaus geringer aus. Zwar wurde auch hier von der KG ein besseres Ergebnis erzielt, im Durchschnitt jedoch nur um ca. 2%. Generell erkannten die TeilnehmerInnen beider Gruppen rund drei Viertel aller (korrekten) Landmarken der Fotoaufgabe wieder.

Ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen KG und TG lag in keinem der beiden Tests vor. Für das **sketch mapping** ergab die ANCOVA $F(1,57) = 1{,}420$, $\boldsymbol{p = 0{,}238}$, für die **Landmarkenerkennung** $F(1,57) = 0{,}000$, $\boldsymbol{p = 0{,}999}$.

6.3.2 Routenwissen

Das Routenwissen der TeilnehmerInnen wurde aus drei unterschiedlichen Tests abgeleitet. In den fotobasierten Aufgaben musste der Routenverlauf und Richtungsentscheidungen entlang der Route mit Hilfe von Landmarkenfotos rekonstruiert werden. In den sketch maps wurde der Anteil korrekt skizzierter Abbiegungen ausgewertet. Tabelle 3 zeigt die Durchschnittsergebnisse pro Gruppe.

	Karte		Tablet	
	M	*SD*	*M*	*SD*
Skizzierte Routenabfolge	91%	16%	82%	16%
Fotos (Routenverlauf)	66%	16%	59%	19%
Fotos (Richtungsentscheidungen)	64%	18%	55%	21%

Tabelle 3: Statistik der Tests zu Routenwissen

Vor der statistischen Auswertung wurden alle Testdaten auf ihre Eignung für eine ANCOVA untersucht. Dabei wurden im Fall des Datensatzes aus dem sketch mapping (Routenabfolge) mehrere Besonderheiten in den Stichproben festgestellt. Zum einen zeigte die graphische Auswertung mittels Box-Plot zwei statistische Ausreißer in der Kartengruppe (Abb. 22).

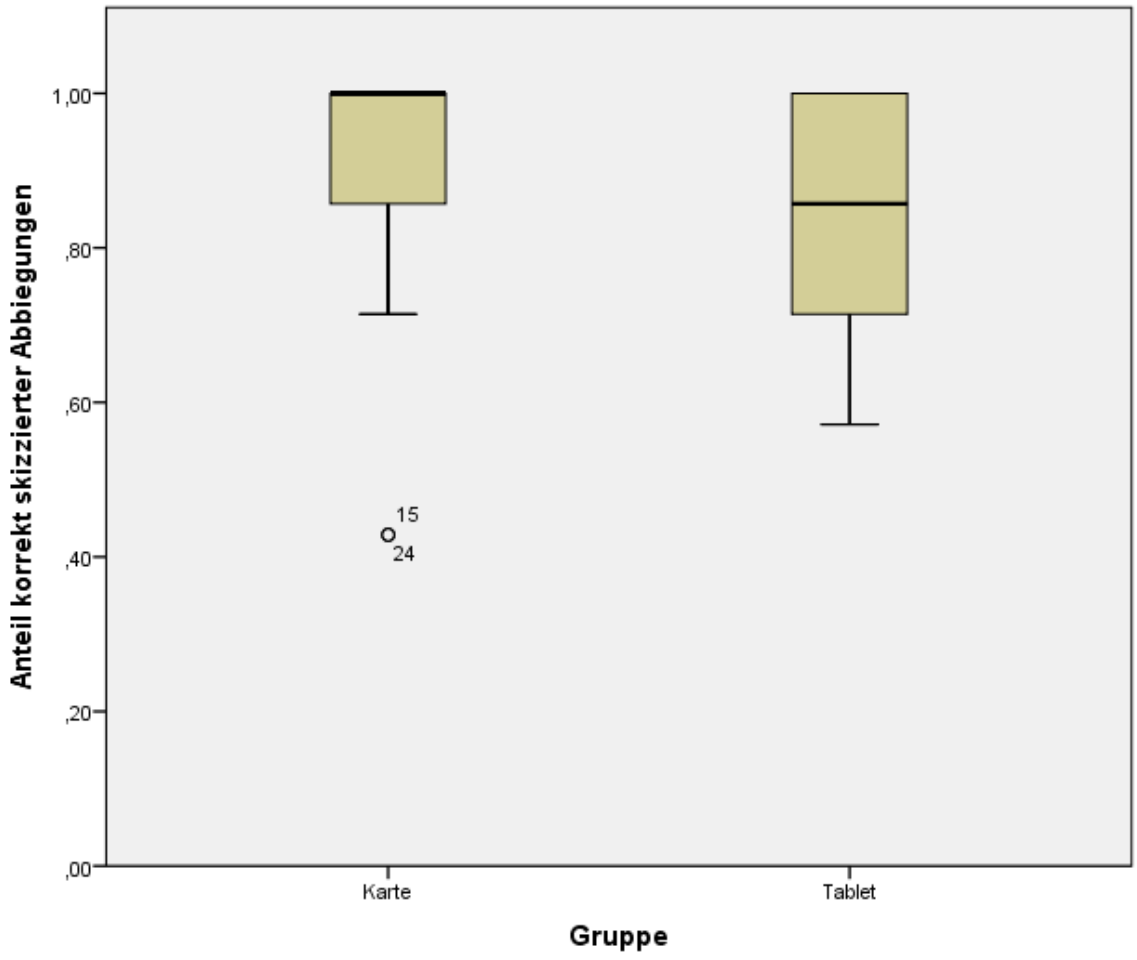


Abb. 22: Verteilung der Testergebnisse aus dem sketch mapping

Hierbei handelt es sich um einfache Ausreißer, die mehr als den 1,5-fachen Interquartilsabstand vom unteren Quartil entfernt sind. Theoretisch können Ausreißer die Validität einer ANCOVA gefährden. In diesem Fall wurden die Ausreißer jedoch aus mehreren Gründen in der Auswertung miteinbezogen. Einerseits konnte ein Messfehler aufgrund der vorliegenden Erhebungsmethode ausgeschlossen werden. Zudem besteht insbesondere im Fall der Kartenskizze die Möglichkeit, dass bestimmte TestteilnehmerInnen aufgrund mangelnder zeichnerischer Fähigkeiten unverhältnismäßig schwächer als der Durchschnitt abschneiden. Die Tatsache, dass in keinem der beiden anderen Verfahren zur Erhebung von Routenwissen vergleichbare Ausreißer auftraten, erhärtet diese Annahme. Um den Effekt der Ausreißer auf die Analyse zu überprüfen, wurden außerdem in einem Vergleich der Ergebnisse der ANCOVAs, die einmal mit und einmal ohne Ausreißer durchgeführt wurden, keine relevanten Unterschiede festgestellt. Von Maßnahmen wie der Datentransformation oder dem Einsatz eines nicht-parametrischen Verfahrens konnte daher abgesehen werden.

Vor der ANCOVA wurden die Residuen auch auf Normalverteilung getestet. Im Fall der Kartenskizze ergab das Testverfahren nach SHAPIRO-WILK (1965) für die KG keine Normalverteilung ($p < 0.05$). Da eine ANCOVA als robust gegenüber nicht-normalverteilten Daten gilt (LAERD STATISTICS 2017), wurde auch in diesem Zusammenhang auf eine Datentransformation verzichtet.

Die Ergebnisse der Tests zu Routenwissen fielen wie beim Landmarkenwissen durchwegs zu Gunsten der Kartengruppe aus, wenn auch wieder nur geringfügig. In keinem der drei Tests konnte die Nullhypothese verworfen werden, da die ANCOVA keinen signifikanten Unterschied der Gruppenmittelwerte ergab. Das Resultat $F(1,57) = 3{,}803$, $\boldsymbol{p = 0{,}056}$ im **sketch mapping**-Test liegt zwar nur knapp über dem Signifikanzniveau, was jedoch aufgrund der erwähnten Datenbeschaffenheit in der KG nicht überbewertet werden sollte. Die beiden weiteren Tests sprechen mit $F(1,57) = 1{,}410$, $\boldsymbol{p = 0{,}240}$ (**Routenverlauf**) und $F(1,57) = 2{,}553$, $\boldsymbol{p = 0{,}116}$ (**Richtungsentscheidungen**) eindeutig gegen Unterschiede beim Erwerb von Routenwissen.

6.3.3 Überblickswissen

Um festzustellen ob, und in welchem Umfang sich TestteilnehmerInnen Überblickswissen aneigneten, wurden drei Tests durchgeführt. Nachdem die ProbandInnen in der Navigationsübung am Zielort angekommen waren, wurden sie gebeten die Richtung und Entfernung zum Startpunkt zu schätzen. Die Ergebnisse in Tabelle 4 zeigen, wie weit die Gruppen durchschnittlich vom tatsächlichen Wert abweichen. In einem weiteren Test mussten die zuvor identifizierten Foto-Landmarken so genau wie möglich in einer stummen Karte eingezeichnet werden. Das Ergebnis dieses Tests gibt die durchschnittliche Abweichung zur tatsächlichen Position einer Landmarke an.

	Karte		**Tablet**	
	M	*SD*	*M*	*SD*
Richtungsschätzung	19,8°	12,0°	24,2°	17,0°
Distanzschätzung	430,00 m	718,30 m	318,33 m	323,89 m
Foto (Landmarkenplatzierung)	287,77 m	153,25 m	311,16 m	156,60 m

Tabelle 4: Statistik der Tests zu Überblickswissen

Die vorbereitenden statistischen Tests ergaben ähnlich wie bei den Tests zu Routenwissen mehrere Abweichungen zu Idealbedingungen für eine ANCOVA. Im Fall der Distanzschätzung fanden sich Ausreißer in beiden Testgruppen, davon zwei in der KG und einer in der TG (Abb. 23).

Obwohl die Ausreißer der KG dabei bereits mehr als den 2,5-fachen Interquartilsabstand überschritten und somit als starke Ausreißer gelten, wurde auch hier von einer Datentransformation abgesehen. Ein Messfehler kann ausgeschlossen werden und eine zweite ANCOVA ohne Ausreißer erbrachte keine signifikant abweichenden Ergebnisse. Die mit den Ausreißern verbundene Verletzung der Normalverteilung nach Shapiro-Wilk konnte, wie in Kapitel 6.3.2 bereits dargelegt wurde, ebenso vernachlässigt werden.

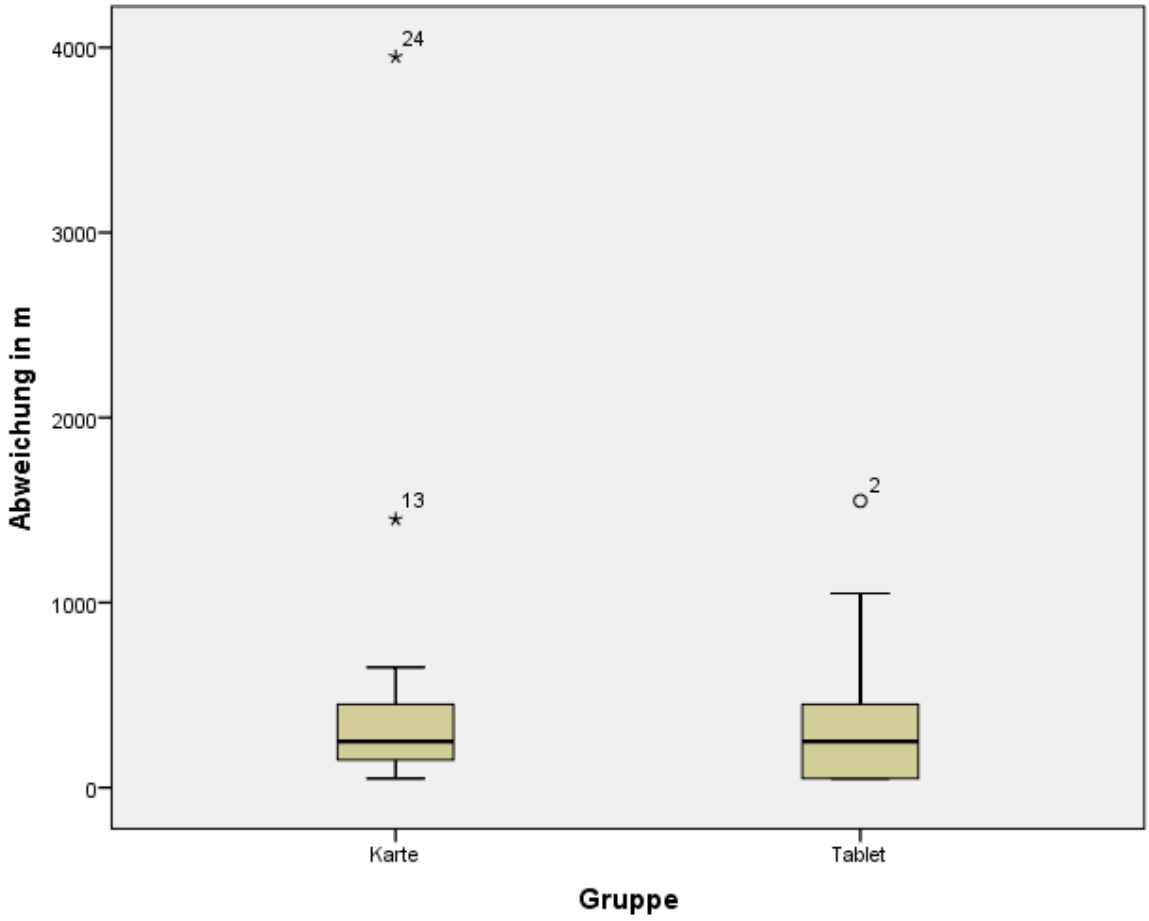


Abb. 23: Box-Plot der Distanzschätzungen

Die Auswertung der Ergebnisse der Richtungsschätzungen mittels LEVENE (1960) zeigte, dass für diese Stichproben keine Varianzhomogenität vorlag ($F(1,58) = 5{,}097$, $p = 0{,}028$). In einer ANCOVA stellt dies allerdings kein Problem dar, sofern die Stichprobengrößen, wie in der vorliegenden Studie, ident sind (LEECH et al. 2005: 144).

Die statistischen Kennzahlen (Tab. 4) der Testergebnisse zeigten, dass die Unterschiede zwischen den Gruppen beim Abrufen von Überblickswissen eine ähnliche Ausprägung wie die übrigen Resultate der Studie aufweisen. Die Distanzschätzung bildet eine Ausnahme hiervon, da sie das einzige aller angewendeten Testverfahren war, in dem die Tablet-Gruppe im Durchschnitt ein besseres Ergebnis erzielte, als die ProbandInnen der Kartengruppe. Angesichts der Ausreißer in der KG relativiert sich dieses Ergebnis jedoch. Wie gering die Unterschiede zwischen den Mittelwerten tatsächlich waren, kann der ANCOVA entnommen werden. Auch bei den Ergebnissen zu Überblickswissen ermittelte

die ANCOVA für keines der Testverfahren einen signifikanten Unterschied in den Resultaten der Testgruppen. Aufgrund der Resultate – $F(1,57) = 0{,}937$, $\boldsymbol{p = 0{,}337}$ für die Richtungsschätzung, $F(1,57) = 0{,}906$, $\boldsymbol{p = 0{,}345}$ für die Distanzschätzung und $F(1,57) = 0{,}003$, $\boldsymbol{p = 0{,}958}$ für die Landmarkenplatzierung – kann die Nullhypothese erneut für keinen der Tests verworfen werden.

Zusammenfassend lässt sich demnach festhalten, dass die Hypothese eines besseren Erwerbs von räumlichem Wissen mittels analoger Karten gegenüber kartenbasierter Navigationsanwendungen auf Tabletcomputern in der vorliegenden Studie eindeutig verworfen werden muss. In keinem der acht Testverfahren konnte ein statistisch signifikanter Unterschied zwischen Karten- und Tablet-NutzerInnen in Bezug auf Landmarken-, Routen- oder Überblickswissen festgestellt werden.

6.4 Schlussfolgerungen

Empirische Untersuchungen zum navigationsbasierten Wissenserwerb mit Karten und elektronischen Navigationshilfen deuteten bislang nahezu ausnahmslos darauf hin, dass eine Navigationsanwendung einer gedruckten Karte immer unterlegen ist, wenn es um die Frage geht, wieviel räumliches Wissen man sich während der Navigation aneignet. Interessanterweise lieferte die vorliegende Studie, die diesen Vergleich erstmals mit Tablets durchführte, keine Ergebnisse, die auf einen derartigen Unterschied hinweisen. Die Ursachen, die bislang für das schlechtere Abschneiden von Navigationshilfen ins Feld geführt wurden, müssen deshalb allerdings nicht in Frage gestellt werden. Nach Meinung des Autors sind die Ergebnisse vielmehr ein Indiz dafür, dass die technologischen Entwicklungen im Bereich digitaler Karten auf elektronischen Geräten erstmals einen Punkt erreicht haben, an dem kartographische Kommunikationsprozesse nicht mehr durch technologische Einschränkungen erschwert werden.

Ein Grund für die vergleichsweise besseren Ergebnisse der TabletnutzerInnen könnte in der zusätzlichen Displayfläche festgemacht werden. Als wesentlicher Nachteil elektronischer Navigationshilfen gegenüber gedruckten Karten wurde in vergangenen

Studien häufig die geringere Darstellungsfläche für Karteninhalte genannt (DILLEMUTH 2005, PAUSCHERT et al. 2010, GARTNER und SCHMIDT 2012, MONTELLO und RAUBAL 2013). Zu den Geräten auf die sich diese Aussage bezog, zählten Mobiltelefone, PDAs, GPS-Handhelds oder Smartphones. Obwohl sich all diese Geräte in der Größe und der Auflösung des Bildschirms unterscheiden können, muss hinsichtlich der kartographischen Visualisierung in jedem Fall ein Kompromiss zwischen der räumlichen Ausdehnung und dem Detailgrad des Karteninhalts eingegangen werden. Selbst auf einem Smartphone reicht die Fläche des Bildschirms in den seltensten Fällen aus, um die Gesamtansicht einer Navigationsroute im selben Maßstab wie eine gedruckte Karte anzuzeigen. Die Notwendigkeit der Segmentierung bzw. Generalisierung von Karteninhalten wird als ein wesentliches Hindernis für kognitives Kartieren mit mobilen Navigationsanwendungen genannt.

Im Gegensatz zu den bisher getesteten Geräten steht bei Tablets wesentlich mehr Displayfläche zur Verfügung. Diese reicht zwar nach wie vor nicht an die Größe des Kartenfelds einer analogen Karte heran, doch wenn man berücksichtigt, dass beim Navigieren mit gedruckten Karten in der Regel auch nur eine Teilfläche des Kartenfelds genutzt wird, kann man von vergleichbaren Flächen für Inhalte desselben Maßstabs ausgehen. Selbst bei dem getesteten Gerät, das aufgrund seiner kompakten Größe die Inhalte der gedruckten Karte auf einer 57% kleineren Fläche darstellen musste, konnte in keinem der Tests zu Routen- und Überblickswissen ein signifikanter Unterschied zur Kartengruppe festgestellt werden. Die Annahme eines negativen Effekts bei Erwerb räumlichen Wissens durch eine geringere Darstellungsfläche auf mobilen Navigationsgeräten konnte also insofern bestätigt werden, als dass eine größere Darstellungsfläche zu einer geringeren Segmentierung von Karteninhalten und damit weniger Fehlern beim Abrufen kognitiver Karten führt.

Angesichts der ähnlichen Ergebnisse in beiden Testgruppen stellt sich auch die Frage des Effekts der aktiven Enkodierung. Bislang wurde angenommen, dass elektronische Navigationshilfen den Erwerb von räumlichem Wissen erschweren, da sie kognitive Prozesse des Nutzers/der Nutzerin, die beim Kartenlesen und Wayfinding stattfinden,

übernehmen und somit keine Enkodierung von Umweltinformationen im Arbeits- bzw. im Langzeitgedächtnis stattfindet (MÜNZER 2006). Zudem würde der Großteil der Aufmerksamkeit des Nutzers/der Nutzerin auf das Gerät gerichtet, wodurch wichtige Ressourcen des Arbeitsgedächtnisses in Anspruch genommen werden (WILLIS et al 2009: 103).

Die Annahme, dass man sich während der Navigation mit analogen Karten mehr oder genauere Umweltinformationen als NutzerInnen von Navigationshilfen aneignet, konnte in der Studie nicht bestätigt werden. In diesem Punkt scheint der Fortschritt in der Aufbereitung kartographischer Inhalte für Navigationsanwendungen eine naheliegende Erklärung. Seit den Studien von MÜNZER (2006), HILLER (2008) oder FIELD (et al. 2011) avancierten digitale Karten zu einem Massenmedium. Navigationsanwendungen wie Google Maps oder Apple Maps gehören heute zur Standardsoftware auf nahezu jedem Smartphone und Tablet. Die extrem einfache und nutzerfreundliche Form der Navigation, die diese Applikationen bieten, in Verbindung mit ihrer kostenlosen Verfügbarkeit und dem gebotenen Kartenmaterial, das eine globale Abdeckung aufweist, führen dazu, dass für viele Menschen die Navigation mit einem Smartphone oder Tablet heute die intuitivste Form des Wayfindings mit Karten darstellt. Der große Vorteil in der Bedienung von Navigationsapps sind die zahlreichen Anpassungsmöglichkeiten des Kartenmaterials. Dazu zählt das stufenlose Vergrößern und Verkleinern des Kartenausschnitts, das Ändern der Ansicht von einer allozentrischen zur egozentrischen Perspektive oder die Möglichkeit der Kartenrotation (z.B. in Bewegungsrichtung). Besonders für Menschen, die Schwierigkeiten beim Navigieren mit gedruckten Karten haben, können solche Individualisierungsoptionen dabei helfen, während der Navigation orientiert zu bleiben und somit mehr Ressourcen für die Wahrnehmung ihres Umgebungsraums zur Verfügung zu haben.

In der empirischen Studie konnten die TeilnehmerInnen der Tablet-Gruppe die Zoomstufe und Kartenrotation beliebig verändern. Die geringen Unterschiede zur Kartengruppe bei der Anzahl der skizzierten und erkannten Landmarken lässt den Schluss einer geringeren Umweltwahrnehmung bei der Verwendung von Navigationshilfen nicht zu. Es muss daher

hinterfragt werden, ob die Auslagerung des Orientierungsprozesses auf ein Navigationsgerät zwingend einen negativen Effekt auf den räumlichen Wissenserwerb nach sich zieht. Die Problemstellung des Sich-Orientierens, die beim klassischen Navigieren mit analogen Karten auftritt, zwingt den Nutzer/die Nutzerin sich aktiv mit dem Umgebungsraum auseinanderzusetzen, was mit der Enkodierung von räumlichen Informationen einhergeht. Gleichzeitig besteht jedoch auch die Gefahr, die Orientierung zu verlieren, was zu Fehlern und Lücken in der kognitiven Karte führen kann. Das Wayfinding mittels Navigationshilfen ist weniger fehleranfällig, birgt allerdings die Gefahr einer geringeren aktiven Enkodierung. Die jüngsten Erkenntnisse zur Mikrogenese von räumlichem Wissen nennen das individuelle Orientierungsvermögen als bestimmenden Faktor für das erfolgreiche Enkodieren räumlicher Informationen. Es ist daher anzunehmen, dass sich Personen mit einem geringen Orientierungsvermögen nur wenig räumliches Wissen beim Navigieren aneignen, unabhängig davon, ob sie eine Karte oder eine Navigationsapplikation verwenden. Diese Annahme entspricht auch den gewonnenen Daten zum Orientierungsvermögen. Denn in vier der acht Tests gab es eine signifikante Korrelation zwischen dem Orientierungsvermögen gemäß SBSOD und dem Ergebnis beim Abrufen von räumlichem Wissen (Tab. 5). Demzufolge konnten die TestteilnehmerInnen mit einem höheren SBSOD Score mehr Landmarken identifizieren, diese genauer platzieren und den Routenverlauf besser reproduzieren. Der Einfluss des Orientierungsvermögens lässt sich somit für Landmarken-, Routen- und Überblickswissen feststellen.

Korrelationen

		Richtungsschätzung	Distanzschätzung	Sketch Mapping (Landmarken)	Sketch Mapping (Turns)	Fotoaufgabe (Landmarken erkennung)	Fotoaufgabe (Landmarken platzierung)	Fotoaufgabe (Routen abfolge)	Fotoaufgabe (Abbiege entsch.)
SBSOD	Korrelation nach Pearson	-0,124	-0,090	0,162	,258*	,266*	-,315*	,284*	0,117
	Signifikanz (2-seitig)	0,345	0,493	0,216	0,047	0,040	0,014	0,028	0,373

*. Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

Tabelle 5: Korrelation zwischen SBSOD Score und den Testergebnissen

Der Zusammenhang von Orientierungsvermögen und räumlichem Wissenserwerb zeigt sich auch im Vergleich der Gruppenmittelwerte. So besitzt die Kartengruppe mit 5,0 SBSOD-Punkten einen geringfügig höheren Durchschnittswert als die Tabletgruppe (4,6). Im Vergleich durch eine ANOVA ergibt sich allerdings kein signifikanter Unterschied ($F(1,58) = 3{,}014$, $p = 0{,}088$**)**. Wie bereits dargelegt, konnte für das Tablet kein inhärenter Nachteil gegenüber der Navigation mit analogen Karten festgestellt werden. Gemäß der Annahme, dass somit gleichwertige Rahmenbedingungen für den Prozess des kognitiven Kartierens bestehen, müsste das individuelle Orientierungsvermögen den Ausschlag über die Gesamtgruppenleistung geben. Diese Annahme konnte in der Studie insofern bestätigt werden, als dass Unterschiede beim Orientierungsvermögen zu entsprechenden Unterschieden in den Tests zu räumlichem Wissenserwerb führten.

7 Zusammenfassung

Jede menschliche Aktivität, die in einem räumlichen Kontext stattfindet, setzt räumliches Wissen voraus. Der Erwerb von räumlichem Wissen kann direkt, im Zuge der unmittelbaren Raumwahrnehmung, oder indirekt über den Gebrauch von Sekundärquellen wie Karten erfolgen. Ein häufiger Anwendungsfall im Schnittbereich dieser Erwerbsmodi ist die Navigation mit Karten. Vor allem in unbekannten Umgebungsräumen sind Karten das wichtigste Hilfsmittel zum Planen und Verfolgen einer Route. Trotzdem gibt es erst wenige empirischen Studien zum navigationsbasierten Wissenserwerb mit Karten. Gerade zur Anwendung von Navigationsapplikationen auf mobilen Endgeräten existieren bislang nur wenige Erkenntnisse, obwohl sie heute die gängigste Form der Navigation mit Karten darstellt. Die vorliegende Arbeit zielte deshalb darauf ab, den bisherigen Erkenntnisstand mit neuen Daten zu ergänzen und zu erweitern.

Die primäre Fragestellung widmete sich dem Vergleich zwischen analogen und digitalen Karten in Bezug auf ihre spezifischen Eigenschaften beim Erwerb von räumlichem Wissen. Ausgehend von bisherigen Erkenntnissen wurde die Hypothese aufgestellt, dass der Erwerb von räumlichem Wissen beim Navigieren mit einer gedruckten Karte quantitativ und qualitativ höher ist, als mit einer Navigationsapplikation auf einem Tablet. Hauptargumente dafür waren die geringere Darstellungsfläche, die auf elektronischen Navigationshilfen für die Visualisierung von Karteninhalten zur Verfügung steht und der geringere Grad direkter Umweltwahrnehmung durch die Auslagerung kognitiver Prozesse auf das Gerät.

Die Überprüfung der Fragestellung erfolgte anhand einer empirischen Studie, in der ProbandInnen, die kein Vorwissen über das Testgebiet hatten, entweder mit einer gedruckten Karte oder einer Navigationsapplikation entlang einer vordefinierten Route zu einem Zielort navigieren mussten. Im Anschluss wurden das Landmarken-, Routen- und Überblickswissen, das die TestteilnehmerInnen sich während der Übung aneigneten, anhand von acht Tests überprüft. Zusätzlich wurde im Vorfeld das Orientierungsvermögen der ProbandInnen mit Hilfe der SBSOD- (Santa Barbara Sense of

Direction) Skala ermittelt. Anhand der Daten, die zu Orientierungsvermögen und räumlichem Wissen gewonnen wurden, konnte ein Vergleich der Tablet- und Kartengruppe mittels Kovarianzanalyse durchgeführt werden. Diese stellte für keinen der Tests einen signifikanten Unterschied zwischen dem erworbenen Wissen der Karten- und Tabletgruppe fest. Somit konnte die Nullhypothese nicht verworfen werden, wodurch der inhärente Nachteil elektronischer Navigationshilfen in Bezug auf den Erwerb von räumlichem Wissen differenzierter betrachtet werden muss. Mit den Möglichkeiten, die Tablets und moderne Navigationsanwendungen bieten, scheinen die negativen Effekte, die in früheren Studien festgestellt wurden, nicht mehr in einem signifikanten Maß aufzutreten.

Bei Tablets steht zwar nach wie vor weniger Platz zum Anzeigen von Karteninhalten zur Verfügung, das vergleichsweise große Display und die Möglichkeit die Zoomstufe der Karte beliebig zu ändern scheinen das Problem der Segmentierung und Generalisierung von Routen- und Überblickswissen jedoch weitgehend aufzuheben. Es konnte auch kein Hinweis dafür gefunden werden, dass beim Navigieren mit einem Tablet eine geringere Umweltwahrnehmung stattfindet. Qualität und Quantität des räumlichen Wissens hängen vielmehr vom individuellen Orientierungsvermögen einer Person ab. Daher könnten elektronische Navigationshilfen sogar einen Vorteil gegenüber gedruckten Karten bringen – speziell für Personen, die Schwierigkeiten beim Lesen einer Karte haben. Die Auslagerung kognitiver Prozesse auf das Gerät kann also nicht generell mit einem niedrigeren Grad aktiver Umweltenkodierung gleichgesetzt werden.

Bislang galten Karten, die auf mobilen Endgeräten zur Anwendung kommen als probates Mittel um den Weg von A nach B zu finden, hatten aber oft den Ruf kartographische Informationen ungeeignet zu kommunizieren. Zumindest im Anwendungsfall mit Tablets fand sich allerdings kein Hinweis dafür, dass das Trägermedium der Karte die Umweltwahrnehmung (bei identen Karteninhalten) in einem entscheidenden Ausmaß beeinflussen könnte. Die Ergebnisse dieser Arbeit zeigten jedoch, dass die Informationsleistung einer Karte im Navigationskontext in signifikantem Zusammenhang mit dem Orientierungsvermögen steht.

Das Ziel der vorliegenden Arbeit war, neue Erkenntnisse zum navigationsbasierten Wissenserwerb mit Karten zu gewinnen. Vorrangig sollten dabei Forschungslücken in Bezug auf zeitgemäße Navigationshilfen geschlossen werden. Nach Meinung des Autors konnte die Studie dieser Anforderung gerecht werden. Nichtsdestotrotz besteht hinsichtlich der vorliegenden Forschungsfrage noch weiterer Forschungsbedarf. Denn nach wie vor gibt es nur sehr wenige empirische Studien, die den Zusammenhang von Karten und kognitiven Karten außerhalb des Labors untersuchen. So lange es keine Verfahren gibt, um den Vorgang und die Ergebnisse räumlicher Kognition direkt zu beobachten, ist die Forschung auf indirekte Methoden zur Evaluierung von räumlichem Wissen angewiesen. In diesem Zusammenhang stellen sich noch viele methodologische Fragen. Besonders die fehlende Standardisierung von Erhebungsmethoden erschwert den Vergleich themenverwandter Forschungsergebnisse. Ein zukünftiger Forschungsschwerpunkt sollte daher auch auf der Test-Retest-Reliabilität der Erhebungsmethoden von räumlichem Wissen liegen.

In dieser Arbeit konnte nur ein kleiner Aspekt der Fragestellung digitaler Navigationshilfen im Kontext räumlichen Wissens untersucht werden. Viele Fragestellungen bleiben nach wie vor unbeantwortet Wie schwer wiegt der Faktor Bildschirmgröße beim direkten Vergleich zwischen Tablet und Smartphone? Sind die Ergebnisse auf andere Rahmenbedingungen übertragbar (Navigation in Fahrzeug, nicht-urbaner Umgebungsraum, längere oder komplexere Testroute, Einblendung von Routenanweisungen, etc.)?

Der Faktor Zeit konnte im vorliegenden Testdesign nur im Sinne der unmittelbar gespeicherten Information im Langzeitgedächtnis berücksichtigt werden. Langzeitstudien zu Entwicklung und Verfall des erworbenen Wissens über Wochen und Monate, wie jene ISHIKAWAS (2013) könnten hierfür weitere wertvolle Erkenntnisse liefern. In jedem Fall wäre ein zunehmender Schwerpunkt auf kognitive Fragestellungen innerhalb der Kartographie eine wünschenswerte Entwicklung. Mit dem erneuten Aufstieg von Karten zu einem digitalen Massenmedium wird das Wissen, das Menschen sich über ihren Umgebungsraum aneignen, zunehmend durch kartographische Ausdrucksformen geprägt.

Eine effektive Kommunikation kartographischer Information sollte daher mehr denn je im Zentrum des Forschungsinteresses unserer Disziplin stehen.

8 Literaturverzeichnis

ALLEN G. L. (1999): *Spatial Abilities, Cognitive Maps, and Wayfinding: Bases for Individual Differences in Spatial Cognition and Behavior.* - In: GOLLEDGE, R. G. (Hrsg.): Wayfinding behavior. Cognitive mapping and other spatial processes. - Baltimore Md. u.a, 46–80.

ALLEN G. L. und **KIRASIC K. C.** (2003): *Visual Attention during Route Learning: A Look at Selection and Engagement.* - In: KUHN, W.,WORBOYS, M. und TIMPF, S. (Hrsg.): Spatial information theory. Foundations of geographic information science : international conference, COSIT 2003, Kartause Ittingen, Switzerland, September 2003 : proceedings. - Berlin, New York. (= Lecture Notes in Computer Science 2825), 390–398.

ADM (Arbeitskreis Deutscher Markt- und Sozialforschungsinstitute e.V) (2014): *Stichproben-Verfahren in der Umfrageforschung. Eine Darstellung für die Praxis.* - Wiesbaden.

ASLAN I., SCHWALM M., BAUS J., KRÜGER A. und **SCHWARTZ T.** (2006): *Acquisition of Spatial Knowledge in Location Aware Mobile Pedestrian Navigation Systems.* - In: NIEMINEN, M. und RÖYKKEE, M. (Hrsg.): Proceedings of the 8th Conference on Human-Computer Interaction with Mobile Devices and Services. - New York. (= ACM conference proceedings series 159), 105–108.

BASARANER M. (2015): *Revisiting cartography. Towards identifying and developing a modern and comprehensive framework.* - In: Geocarto International 31 (1), 71–91.

BOARD C. (1967): *Maps and Models.* - In: CHORLEY, R. J. und HAGGETT, P. (Hrsg.): Models in Geography. - London.

BOARD C. (2011): *Cartographic Communication.* - In: DODGE, M.,KITCHIN, R. und PERKINS, C. R. (Hrsg.): The map reader. Theories of mapping practice and cartographic representation. - Chichester, 37–47.

BUCHWALD K. und **ENGELHARDT W.** (1978): *Handbuch fur Planung, Gestaltung und Schutz der Umwelt.* - Munchen.

CARBON C.-C. (1998): *Emotionale und konfigurale Einflüsse auf die Verarbeitung räumlicher Informationen.* - Diplomarbeit, Universität Trier. - Trier.

CHAN E., BAUMANN O., BELLGROVE M. A. und **MATTINGLEY J. B.** (2012): *From objects to landmarks: the function of visual location information in spatial navigation.* - In: Frontiers in psychology 3, 304.

CORNELL E. H. und **HAY D. H.** (1984): *Children's Acquisition of a Route via Different Media.* - In: Environment and Behavior 16 (5), 627–641.

CURTIS L. E., SIEGEL A. W. und **FURLONG N. E.** (1981): *Developmental differences in cognitive mapping: Configurational knowledge of familiar large-scale environments.* - In: Journal of Experimental Child Psychology (31), 456–469.

DAHM M. (2006): *Grundlagen der Mensch-Computer-Interaktion.* - München.

DILLEMUTH J. (2005): *Human-map Interaction for Mobile Cartography,* University of California. - Santa Barbara.

DILLEMUTH J. A. (2009): *Navigation Tasks with Small-Display Maps. The Sum of the Parts Does Not Equal the Whole.* - In: Cartographica: The International Journal for Geographic Information and Geovisualization 44 (3), 187–200.

DOWNS R. M.: *Geographic space perception: past approaches and future prospects.* - In: Progress in Geography (2), 65–108.

DOWNS R. M. und **STEA D.** (1977): *Maps in minds. Reflections on cognitive mapping.* - New York.

DOWNS R. M. und **STEA D.** (1982): *Kognitive Karten – Die Welt in unseren Köpfen.* - New York.

DRESEL A. (2009): *Kortikale Mechanismen der Wegintegration beim Menschen.* - Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität. - München.

FABY H. (2011): *Von der Kartographie zur Neo-cartography?* - In: Kartographische Nachrichten 61 (1), 3–9.

FIELD K., O'BRIEN J. und **BEALE L.** (2011): *Paper Maps or GPS? Exploring differences in way finding behaviour and spatial knowledge acquisition.* - In: ICA (International Cartographic Association) (Hrsg.): Proceedings of the 25th International Cartographic Conference, online unter: http://tinyurl.com/nernsbr (05.11.2015).

FREITAG U. (1971): *Semiotik und Kartographie. Über die Anwendung kybernetischer Disziplinen in der theoretischen Kartographie.* - In: Kartographische Nachrichten (21), 171–182.

FRENSCH P. A. (2006): *Kognition (Cognition).* - In: FUNKE, J. (Hrsg.): Handbuch der Allgemeinen Psychologie - Kognition. - Göttingen, Wien u.a. (= Handbuch der Psychologie 5), 19–28.

FREUNDSCHUH S. und **EGENHOFER M. J.** (1997): *Human conception of spaces: Implications for geographic information systems.* - In: Transactions in GIS 2 (4), 361–375.

GÄRLING T. und **GOLLEDGE R. G.** (2000): *Cognitive mapping and spatial decision-making.* - In: KITCHIN, R. (Hrsg.): Cognitive mapping. Past, present and future. - London u.a. (= Routledge frontiers of cognitive science 4), 45–65.

GARTNER G. (2011): *The impact of different presentation forms on the efficiency of supporting pedestrian wayfinding.* - In: ICA (International Cartographic Association) (Hrsg.): Proceedings of the 25th International Cartographic Conference, online unter: http://tinyurl.com/ov8lsst (22.10.2015).

GARTNER G. und **HILLER W.** (2009): *Impact of Restricted Display Size on Spatial Knowledge Acquisition in the Context of Pedestrian Navigation.* - In: GARTNER, G. und REHRL, K. (Hrsg.): From sensor fusion to context models ; 5th International Conference on Location Based Services and TeleCartography, 2008, Salzburg. - Berlin, Berlin. (= Lecture notes in geoinformation and cartography / Georg Gartner ... [eds.] ; 2), 155–166.

GARTNER G. und **SCHMIDT M.** (2012): *Moderne Kartographie - Technologische Entwicklungen und Implikationen.* - In: Vermessung & Geoinformation (1), 53–60.

GERRIG R. J., ZIMBARDO P. G. und **GRAF R.** (2008): *Psychologie.*

GOLLEDGE R. G. (1978): *Learning about urban environments.* - In: CARLSTEIN, T.,PARKES, D. und THRIFT, N. J. (Hrsg.): Making sense of time. - London. (= Timing space and spacing time v. 1), 76–98.

GOLLEDGE R. G. (1993): *Geographical Perspectives on Spatial Cognition.* - In: GÄRLING, T. (Hrsg.): Behavior and environment. Psychological and geographical approaches. - Amsterdam u.a. (= Advances in psychology 96), 16–46.

GOLLEDGE R. G. (1999): *Human Wayfinding and Cognitive Maps.* - In: GOLLEDGE, R. G. (Hrsg.): Wayfinding behavior. Cognitive mapping and other spatial processes. - Baltimore Md. u.a, 5–45.

GOLLEDGE R. G. und **STIMSON R. J.** (1997): *Spatial behavior. A geographic perspective.* - New York.

GROSSER K. (2010): *Digitale Kartographie.* - In: BOLLMANN, J. (Hrsg.): Lexikon der Kartographie und Geomatik. - Heidelberg u.a., auch online unter: https://www.spektrum.de/lexikon/kartographie-geomatik/digitale-kartographie/976.

HAKE G. (1973): *Kartographie und Kommunikation.* - In: Kartographische Nachrichten (23), 137–148.

HAKE G., GRÜNREICH D. und **MENG L.** (2002): *Kartographie. Visualisierung raum-zeitlicher Information.* - Berlin.

HAKLAY M., SINGLETON A. und **PARKER C.** (2008): *Web Mapping 2.0. The Neogeography of the GeoWeb.* - In: Geography Compass 2 (6), 2011–2039.

HART R. A. und **MOORE G. T.** (1977): *The development of spatial cognition. A review.* - [Milwaukee].

HARTL A. (1990): *Kognitive Karten und kognitives Kartieren.* - In: FREKSA, C. (Hrsg.): Repräsentation und Verarbeitung räumlichen Wissens. - Berlin u.a. (= Informatik-Fachberichte 245), 34–46.

HEGARTY M., RICHARDSON A. E., MONTELLO D. R., LOVELACE K. und **SUBBIAH I.** (2002): *Development of a self-report measure of environmental spatial ability.* - In: Intelligence 30 (5), 425–447.

HILLER W. (2008): *Die Beeinflussung des räumlichen Wissenserwerbs in Abhängigkeit von der Größe der Darstellungsfläche des Präsentationsmediums.* - Diplomarbeit, Technische Universität Wien. - Wien.

HIRTLE S. C. und **HEIDORN B. P.** (1993): *The Structure of Cognitive Maps: Representations and Processes.* - In: GÄRLING, T. (Hrsg.): Behavior and environment. Psychological and geographical approaches. - Amsterdam u.a. (= Advances in psychology 96), 170–192.

HIRTLE S. C. und **MASCOLO M. F.** (1986): *Effect of Semantic Clustering on the Memory of Spatial Locations.* - In: Journal of Environmental Psychology 12 (2), 182–189.

HUANG H., SCHMIDT M. und **GARTNER G.** (2012): *Spatial Knowledge Acquisition with Mobile Maps, Augmented Reality and Voice in the Context of GPS-based Pedestrian Navigation. Results from a Field Test.* - In: Cartography and Geographic Information Science 39 (2), 107–116.

ISHIKAWA T. (2013): *Retention of memory for large-scale spaces.* - In: Memory (Hove, England) 21 (7), 807–817.

ISHIKAWA T. (2018): *Satellite Navigation and Geospatial Awareness. Long-Term Effects of Using Navigation Tools on Wayfinding and Spatial Orientation.* - In: The Professional Geographer 44 (3), 1–13.

ISHIKAWA T., FUJIWARA H., IMAI O. und **OKABE A.** (2008): *Wayfinding with a GPS-based mobile navigation system: A comparison with maps and direct experience.* - In: Journal of Environmental Psychology 28 (1), 74–82.

ISHIKAWA T. und **MONTELLO D. R.** (2006): *Spatial knowledge acquisition from direct experience in the environment: individual differences in the development of metric knowledge and the integration of separately learned places.* - In: Cognitive Psychology 52 (2), 93–129.

ISHIKAWA T., MURASAWA K. und **OKABE A.** (2009): *Wayfinding and art viewing by users of a mobile system and a guidebook.* - In: Journal of Location Based Services 3 (4), 277–293.

ISHIKAWA T. und **TAKAHASHI K.** (2013): *Relationships between Methods for Presenting Information on Navigation Tools and Users' Wayfinding Behavior.* - In: Cartographic Perspectives (75), 17–28.

ITTELSON W. H. (1978): *Environmental Perception and Urban Experience.* - In: Environment and Behavior 10 (2), 193–213.

ITU (International Telecommunication Union) (2018): *Measuring the Information Society Report. Executive summary.* - Genf, online unter: https://www.itu.int/en/ITU-D/Statistics/Documents/publications/misr2018/MISR2018-ES-PDF-E.pdf.

JANSEN-OSMANN P. (1998): *Kognition von Distanzen - laborexperimentelle Untersuchungen in virtuellen Umgebungen.* - Dissertation, Gerhard - Mercator - Universität Gesamthochschule Duisburg. - Duisburg.

JAVADI A.-H., EMO B., HOWARD L. R., ZISCH F. E., YU Y., KNIGHT R., PINELO SILVA J. und **SPIERS H. J.** (2017): *Hippocampal and prefrontal processing of network topology to simulate the future.* - In: Nature communications 8, 14652.

KAZIG R. und **POPP M.** (2011): *Unterwegs in fremden Umgebungen.* - In: Raumforschung und Raumordnung 69 (1), 3–15.

KITCHIN R. (2000): *Collecting and analysing cognitive mapping data.* - In: KITCHIN, R. (Hrsg.): Cognitive mapping. Past, present and future. - London u.a. (= Routledge frontiers of cognitive science 4), 9–23.

KITCHIN R. und **BLADES M.** (2002): *The cognition of geographic space.* - London u.a.

KOLÁČNÝ A. (1968): *Cartographic Information—a Fundamental Concept and Term in Modern Cartography.* - In: The Cartographic Journal 6 (1), 47–49.

KOSSLYN S. M., BALL T. M. und **REISER B. J.** (1978): *Visual images preserve metric spatial information: evidence from studies of image scanning.* - In: Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance 4, 47–60.

KULA G. (2015): *Ein Vergleich der Effektivität verschiedener Auswertungsmethoden in der Beurteilung von räumlichem Wissenserwerb.* - Diplomarbeit, Technische Universität Wien. - Wien.

KULHAVY R. W. und **STOCK W. A.** (1996): *How Cognitive Maps are Learned and Remembered.* - In: Annals of the Association of American Geographers 86 (1), 123–145.

LAERD STATISTICS (2017): *One-way ANCOVA using SPSS Statistics. Statistical tutorials and software guides., online unter:* https://statistics.laerd.com.

LECHTHALER M. (2009): *Interactive and Multimedia Atlas Information Systems as a Cartographic Geo-Communication Platform.* - In: GARTNER, G. und ORTAG, F. (Hrsg.): Cartography in Central and Eastern Europe: CEE 2009. - Berlin, Heidelberg, 383–402.

LEECH N. L., BARRETT K. C. und **MORGAN G. A.** (2005): *SPSS for intermediate statistics. Use and interpretation.* - Mahwah, N.J.

LEVENE H. (1960): *Robust tests for equality of variances.* - In: OLKIN, I. (Hrsg.): Contributions to probability and statistics. Essays in honor of Harold Hotelling, ed. - Stanford, 278–292.

LLOYD R. (1989): Cognitive Maps. *Encoding and Decoding Information.* - In: Annals of the Association of American Geographers 79 1, 101–124.

LLOYD R. (1997): Spatial cognition. *Geographic environments.* - Dordrecht.

LEVINE M. (1982): *You-Are-Here Maps. Psychological Considerations.* - In: Environment and Behavior 14 (2), 221–237.

LLOYD R. (2000): *Understanding and learning maps.* - In: KITCHIN, R. (Hrsg.): Cognitive mapping. Past, present and future. - London u.a. (= Routledge frontiers of cognitive science 4), 84–107.

LOBBEN A. (2004): *Tasks, Strategies, and Cognitive Processes Associated With Navigational Map Reading: A Review Perspective.* - In: The Professional Cartographer 56 (2), 270–281.

LOOMIS J. M., KLATZKY R. L., GOLLEDGE R. G., CICINELLI J. G., PELLEGRINO J. W. und **FRY P. A.** (1993): *Nonvisual navigation by blind and sighted: assessment of path integration ability.* - In: Journal of experimental psychology. General 122 (1), 73–91.

LOOMIS J. M., KLATZKY R. L., GOLLEDGE R. G. und **PHILBECK J. W.** (1999): *Human Navigation by Path Integration.* - In: GOLLEDGE, R. G. (Hrsg.): Wayfinding behavior. Cognitive mapping and other spatial processes. - Baltimore Md. u.a, 125–151.

LYNCH K. (1960): *The image of the city.* - Cambridge.

MACEACHREN A. M. (1991): *The role of maps in spatial knowledge aquisition.* - In: The Cartographic Journal 28, 152–162.

MALLOT H. A. (2004): *Kompass im Kopf.* - In: Gehirn und Geist (5), 18–25.

MARK D. M., FREKSA C., HIRTLE S. C., LLOYD R. und **TVERSKY B.** (1999): *Cognitive models of geographical space.* - In: International Journal of Geographical Information Science 13 (8), 747–774.

MAST F. W. (2005): *Mit dem inneren Auge sehen - Wie hängen Wahrnehmung und Vorstellung zusammen?* - In: Neuroforum 11 (3), 80–87.

MAY M. (1992): *Mentale Modelle von Städten. Wissenspsychologische Untersuchungen am Beispiel der Stadt Münster.* - Münster u.a.

MAY M. (2006): *Raum (Space).* - In: FUNKE, J. (Hrsg.): Handbuch der Allgemeinen Psychologie - Kognition. - Göttingen, Wien u.a. (= Handbuch der Psychologie 5), 66–74.

MCDONALD T. P. und **PELLEGRINO J. W.** (1993): *Psychological Perspectives on Spatial Cognition.* - In: GÄRLING, T. (Hrsg.): Behavior and environment. Psychological and geographical approaches. - Amsterdam u.a. (= Advances in psychology 96), 47–82.

MCNAMARA T. P. (1986): *Mental representations of spatial relations.* - In: Cognitive Psychology 18 (1), 87–121.

MEILINGER T. und **KNAUFF M.** (2008): *Ask for directions or use a map. A field experiment on spatial orientation and wayfinding in an urban environment.* - In: Journal of Spatial Science 53 (2), 13–23.

MILLER G. A. (1956): *The magical number seven, plus or minus two. Some limits on our capacity for processing information.* - In: Psychological Review 63 (2), 81–97.

MONTELLO D. R. (1993): *Scale and multiple psychologies of space.* - In: FRANK, A. U. (Hrsg.): Spatial information theory. A theoretical basis for GIS ; European conference ; proceedings. - Berlin [u.a.]. (= Lecture Notes in Computer Science 716), 312–321.

MONTELLO D. R. (1998): *A New Framework for Understanding the Acquistition of Spatial Knowledge in Large-Scale Environments.* - In: EGENHOFER, M. J. und GOLLEDGE, R. G. (Hrsg.): Spatial and temporal reasoning in geographic information systems. - New York u.a. (= Spatial information systems), 143–154.

MONTELLO D. R. (2001): *Spatial cogntition.* - In: SMELSER, N. J. und BALTES, P. B. (Hrsg.): International encyclopedia of the social & behavioral sciences. - Amsterdam, New York, 14771–14775.

MONTELLO D. R. (2002): *Cognitive Map-Design Research in the Twentieth Century: Theoretical and Empirical Approaches.* - In: Cartography and Geographic Information Science 29 (3), 283–304.

MONTELLO D. R. (2005): *Navigation.* - In: SHAH, P. und MIYAKE, A. (Hrsg.): The Cambridge handbook of visuospatial thinking. - Cambridge, UK, New York, 257–294.

MONTELLO D. R. und **FREUNDSCHUH S. M.** (1995): *Sources of spatial knowledge and their implication for GIS: An Introduction.* - In: Geographical Systems (2), 169–176.

MONTELLO D. R., HEGARTY M., RICHARDSON A. E. und **WALLER D.** (2004): *Spatial Memory of Real Environments, Virtual Environments, and Maps.* - In: ALLEN, G. L. (Hrsg.): Human spatial memory. Remembering where. - Mahwah NJ u.a, 251–285.

MONTELLO D. R. und **RAUBAL M.** (2013): *Functions and applications of spatial cognition.* - In: WALLER, D. A. und NADEL, L. (Hrsg.): Handbook of spatial cognition. - Washington, D.C., 249–264.

MONTELLO D. R. und **XIAO D.** (2011): *Linguistic and Cultural Universality of the Concept of Sense-of-Direction.* - In: EGENHOFER, M.,GIUDICE, N.,MORATZ, R. und WORBOYS, M. (Hrsg.): Spatial Information Theory. 10th International Conference, COSIT 2011, Proceedings. - Berlin, Heidelberg. (= Lecture Notes in Computer Science 6899), 264–282.

MOORE G. T. und GOLLEDGE R. G. (Hrsg.) (1978): *Environmental Knowing: Theories, Research, and Methods.* - Stroudsburg, Pa. (= @Community development series 23).

MÜLLER A. (2010): *Geoinformationssystem.* - In: BOLLMANN, J. (Hrsg.): Lexikon der Kartographie und Geomatik. - Heidelberg u.a., auch online unter: https://www.spektrum.de/lexikon/kartographie-geomatik/geoinformationssystem/1771.

MÜNZER S., ZIMMER H. D., BAUS J. und **STAHL C.** (2007): *Räumliches Lernen mit Navigationssystemen.* - In: magazin forschung (2).

MÜNZER S., ZIMMER H. D., SCHWALM M., BAUS J. und **ASLAN I.** (2006): *Computer-assisted navigation and the acquisition of route and survey knowledge.* - In: Journal of Environmental Psychology 26 (4), 300–308.

PARUSH A., AHUVIA S. und **EREV I.** (2007): *Degradation in Spatial Knowledge Acquisition When Using Automatic Navigation Systems.* - In: WINTER, S.,DUCKHAM, M.,KULIK, L. und KUIPERS, B. (Hrsg.): Spatial information theory. 8th international conference, COSIT 2007, Melbourne, Australia, September 19-23, 2007 ; proceedings. - Berlin, New York. (= Lecture Notes in Computer Science 4736), 238–254 (04.11.2015).

PAUSCHERT C., RIPLINGER E., TIEDE C. und **COORS V.** (2010): *Papierkarten und mobile Navigationssysteme - Vorteile durch Kombination zweier Welten.* - In: STROBL, J. (Hrsg.): Angewandte Geoinformatik 2010. Beiträge zum 22. AGIT-Symposium Salzburg. - Berlin, Offenbach, 226–235.

PHILBECK J. und **SARGENT J.** (2013): *Perception of spatial relations during self-motion.* - In: WALLER, D. A. und NADEL, L. (Hrsg.): Handbook of spatial cognition. - Washington, D.C., 99–115.

PIAGET J. und **INHELDER B.** (1956): *The Child's Conception of Space.* - New York.

PIAGET J., INHELDER B. und **SZEMINSKA A.** (1960): *The child's conception of geometry.* - New York.

PLEWE B. (2007): *Web Cartography in the United States.* - In: Cartography and Geographic Information Science 34 (2), 133–136.

RADOVAN D. (2008): *From map and compass to ubiquitous Navigation. How navigation tools, strategies and errors work in a natural environment.* - Dissertation, Technische Universität Wien. - Wien.

REDTENBACHER C. (1996): *Kognitive Karten im Spielfilm.* - In: VITOUCH, P. und TINCHON, H.-J. (Hrsg.): Cognitive Maps und Medien. Formen mentaler Repräsentation bei der Medienwahrnehmung. - Frankfurt am Main, New York. (= Schriftenreihe zur empirischen Medienforschung Bd. 1), 15–72.

REICHENBACHER T. (2004): *Mobile Cartography – Adaptive Visualisation of Geographic Information on Mobile Devices.* - Dissertation, Technische Universität München. - München.

RIEDL A. und **RIEDL D.** (2010): *Einführung in die Geoinformation.* - Vorlesungsskript, Universität Wien. - Wien.

ROBINSON A. (1952): *The Look of Maps: An Examination of Cartographic Design.* - University of Wisconsin.

SAHR W.-D. (2002): *Gebaute Umwelt.* - In: BRUNOTTE, E. (Hrsg.): Lexikon der Geographie. - Heidelberg, Berlin, auch online unter: https://www.spektrum.de/lexikon/geographie/gebaute-umwelt/2818.

SCHIRLBAUER J. (2007): Berücksichtigung der pragmatischen Dimension der Kartosemiotik ber der Gestaltung mediumspezifischer Karten für Routenplaner. *Vor dem Hintergrund des Cross Media Publishings für die Medien Cumputerbildschirm und Papier.* - Diplomarbeit, Technische Universität Wien. - Wien.

SCHNIOTALLE M. (2003): *Räumliche Schülervorstellungen von Europa. Ein Unterrichtsexperiment zur Bedeutung kartographischer Medien für den Aufbau räumlicher Orientierung im Sachunterricht der Grundschule.* - Berlin.

SHANNON C. E. und **WEAVER W.** (1949): *The mathematical theory of communication.* - Urbana.

SIEGEL A. W. und **WHITE S. H.** (1975): *The development of spatial representations of large-scale environments.* - In: Advances in child development and behavior (10), 9–55.

STEVENS A. und **COUPE P.** (1978): *Distortions in Judged Statial Relations.* - In: Cognitive Psychology (10), 422–437.

TAINZ P. (2010): *Kartographische Kommunikation.* - In: BOLLMANN, J. (Hrsg.): Lexikon der Kartographie und Geomatik. - Heidelberg u.a., auch online unter: http://www.spektrum.de/lexikon/kartographie-geomatik/kartographische-kommunikation/2721 (03.08.2017).

TAINZ P. und **KOCH W. G.** (2010): *Kartographische Zeichentheorie.* - In: BOLLMANN, J. (Hrsg.): Lexikon der Kartographie und Geomatik. - Heidelberg u.a., auch online unter: https://www.spektrum.de/lexikon/kartographie-geomatik/kartographische-zeichentheorie/2743.

THORNDYKE P. W. und **HAYES-ROTH B.** (1982): *Differences Differences in Spatial Knowledge Acquired from Maps and Navigation.* - In: Cognitive Psychology 14, 560–589.

TOLMAN E. C. (1948): *Cognitive maps in rats and men.* - In: The Psychological Review 55 (4), 189–208.

TVERSKY B. (1981): *Distortions in memory for maps.* - In: Cognitive Psychology 13 (3), 407–433.

TVERSKY B. (2000): *Levels and structure of spatial knowledge.* - In: KITCHIN, R. (Hrsg.): Cognitive mapping. Past, present and future. - London u.a. (= Routledge frontiers of cognitive science 4), 25–43.

WEHNER R. (1996): *Middle-scale navigation: the insect case.* - In: The Journal of experimental biology 199 (Pt 1), 125–127.

WEHNER R. (1999): *Large-Scale Navigation: The Insect Case.* - In: FREKSA, C. und MARK, D. M. (Hrsg.): Spatial information theory. Cognitive and computational foundations of geographic information science: international conference COSIT '99 Stade, Germany, August 25-29, 1999, proceedings. - Berlin, New York. (= Lecture Notes in Computer Science 1661), 1–20.

Weisman J. (1981): *Evaluating Architectural Legibility. Wayfinding in the Built Environment.* - In: Environment and Behavior (13), 189–204.

Wen W., Ishikawa T. und **Sato T.** (2011): *Working memory in spatial knowledge acquisition. Differences in encoding processes and sense of direction.* - In: Applied Cognitive Psychology 25 (4), 654–662.

Wen W., Ishikawa T. und **Sato T.** (2013): *Individual Differences in the Encoding Process of Egocentric and Allocentric Survey Knowledge.* - In: Cognitive Science (37), 176–192.

Willis K. S., Hölscher C., Wilbertz G. und **Li C.** (2009): *A comparison of spatial knowledge acquisition with maps and mobile maps.* - In: Computers, Environment and Urban Systems 33 (2), 100–110.

Witt W. (1979): *Lexikon der Kartographie.* - Wien.

Zielke B. (2015): Kognition und soziale Praxis: Der Soziale Konstruktionismus und die Perspektiven einer postkognitivistischen Psychologie.

9 Online Quellen

Letzter Zugriff am 01.03.2020

URL 1 Weltweite Tablet Verkäufe 2017

https://www.statista.com/statistics/272070/global-tablet-shipments-by-quarter/.

URL 2 Egozentrisches Referenzsystem

http://www.harms-spinesurgery.com/src/plugin.php?m=harms.628.preview&t=file&nocache=1&ism=off&lang=de.

URL 3 Schema für Wegintegration

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/88/Path_integration_diagram.svg/640px-Path_integration_diagram.svg.png

URL 4 Kommunikation im Sender-Empfänger-Modell

https://www.spektrum.de/lexika/showpopup.php?lexikon_id=4&art_id=7973&nummer=169.

URL 5 Marktanteile mobiler Betriebssysteme weltweit

https://de.statista.com/statistik/daten/studie/184335/umfrage/marktanteil-der-mobilen-betriebssysteme-weltweit-seit-2009/.

URL 6 Anzahl der Apps in Appstores 2019

https://de.statista.com/statistik/daten/studie/208599/umfrage/anzahl-der-apps-in-den-top-app-stores/.

URL 7 Pokémon GO Downloads 2018

https://www.nzz.ch/feuilleton/pokemon-go-monster-und-menschen-zwei-jahre-nach-dem-hype-ld.1440460.

URL 8 LBS und AR in Pokémon GO

https://mobilemarketingmagazine.com/pokemon-go-begins-rollout-android-ios

URL 9 Aktueller Stand der OSM Nutzerzahlen

https://www.openstreetmap.org/stats/data_stats.html.

URL 10 Presseaussendung zum Nobelpreis für Physiologie oder Medizin 2014

https://www.nobelprize.org/prizes/medicine/2014/press-release/.

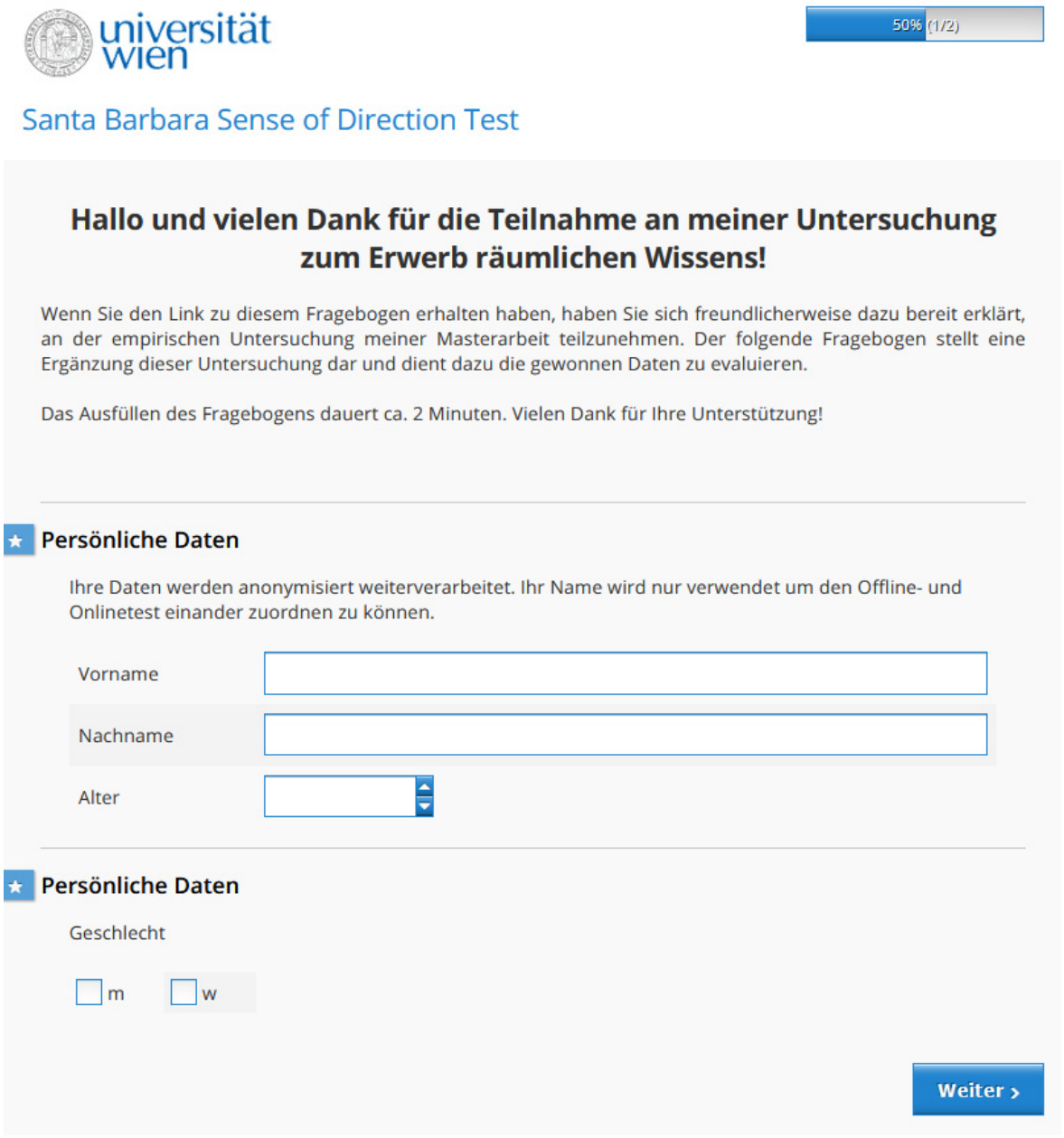
Anhang I: Navigationsgrundlage der Kartengruppe

Anmerkung: der schwarze Rahmen entspricht im Original dem Format DIN A4

Navigationsübung



Anhang II: SBSOD Onlinefragebogen



Bitte beantworten Sie alle Pflichtfragen auf dieser Seite.

universität wien

100% (2/2)

Santa Barbara Sense of Direction Test

Dieser Fragebogen enthält verschiedene Aussagen über Ihre räumlichen Fähigkeiten, sowie Vorlieben und Erfahrungen beim Finden von Wegen. Bitte geben Sie bei jeder Aussage auf einer Skala von 1 bis 7 an, wie stark sie dieser zustimmen, wobei 1 bedeutet, dass Sie der Aussage sehr zustimmen, 7, dass Sie die Aussage stark ablehnen und 4, dass Sie der Aussage weder zustimmen noch sie ablehnen.

Ich bin sehr gut darin Wegbeschreibungen zu geben.

1 (trifft sehr zu) 2 3 4 5 6 7 (trifft gar nicht zu)

Ich kann mir schlecht merken, wo ich Dinge liegengelassen habe.

1 (trifft sehr zu) 2 3 4 5 6 7 (trifft gar nicht zu)

Ich kann Entfernungen gut einschätzen.

1 (trifft sehr zu) 2 3 4 5 6 7 (trifft gar nicht zu)

Mein "Orientierungssinn" ist sehr gut.

1 (trifft sehr zu) 2 3 4 5 6 7 (trifft gar nicht zu)

Wenn ich über meine Umgebung nachdenke, verwende ich dazu Himmelsrichtungen (N,S,O,W).

1 (trifft sehr zu) 2 3 4 5 6 7 (trifft gar nicht zu)

In einer neuen Stadt verlaufe ich mich leicht.

1 (trifft sehr zu) 2 3 4 5 6 7 (trifft gar nicht zu)

Landkarten zu lesen macht mir Spaß.

1 (trifft sehr zu) 2 3 4 5 6 7 (trifft gar nicht zu)

★ Ich habe Probleme damit, Wegbeschreibungen zu verstehen.

◯ 1 (trifft sehr zu) ◯ 2 ◯ 3 ◯ 4 ◯ 5 ◯ 6 ◯ 7 (trifft gar nicht zu)

★ Ich bin sehr gut im Kartenlesen.

◯ 1 (trifft sehr zu) ◯ 2 ◯ 3 ◯ 4 ◯ 5 ◯ 6 ◯ 7 (trifft gar nicht zu)

★ Ich erinnere mich nicht gut an Routen, die ich als Beifahrer in einem Auto erlebt habe.

◯ 1 (trifft sehr zu) ◯ 2 ◯ 3 ◯ 4 ◯ 5 ◯ 6 ◯ 7 (trifft gar nicht zu)

★ Ich gebe nicht gerne Wegbeschreibungen.

◯ 1 (trifft sehr zu) ◯ 2 ◯ 3 ◯ 4 ◯ 5 ◯ 6 ◯ 7 (trifft gar nicht zu)

★ Für mich ist es nicht wichtig, meinen geographischen Standort zu kennen.

◯ 1 (trifft sehr zu) ◯ 2 ◯ 3 ◯ 4 ◯ 5 ◯ 6 ◯ 7 (trifft gar nicht zu)

★ Die Routenplanung für längere Reisen überlasse ich normalerweise anderen.

◯ 1 (trifft sehr zu) ◯ 2 ◯ 3 ◯ 4 ◯ 5 ◯ 6 ◯ 7 (trifft gar nicht zu)

★ Normalerweise kann ich mich bereits an eine neue Route erinnern, sobald ich sie zum ersten Mal zurückgelegt habe.

◯ 1 (trifft sehr zu) ◯ 2 ◯ 3 ◯ 4 ◯ 5 ◯ 6 ◯ 7 (trifft gar nicht zu)

★ Ich habe keine sehr gute "innere Karte" meiner Umgebung.

◯ 1 (trifft sehr zu) ◯ 2 ◯ 3 ◯ 4 ◯ 5 ◯ 6 ◯ 7 (trifft gar nicht zu)

‹ Zurück Beenden ›

Anhang III: Landmarkenfotos

Folgende Fotos wurden für die Tests zu Landmarkenerkennung, Landmarkenabfolge, Routenentscheidungen und Landmarkenplatzierung verwendet. Die Fotos mit den Kennzeichnungen „LO“, „TU“, „HX“ und „AH“ am Ende der Bildserie zeigen „falsche“ Landmarken, die nicht Teil der Testroute waren. Die Standorte mit den Kennzeichnungen „WL“, „CF“, „NV“, „SB“, „IZ“, „AF“, „GM“, „VG“ und „YC“ wurden beidseitig abgedruckt, da auf der Rückseite die Grafiken zum Routenentscheidungstest abgebildet wurden. Die Originalgröße der Fotos wies das Format 17,3 x 12,8 cm auf.




WL


WL
1
2

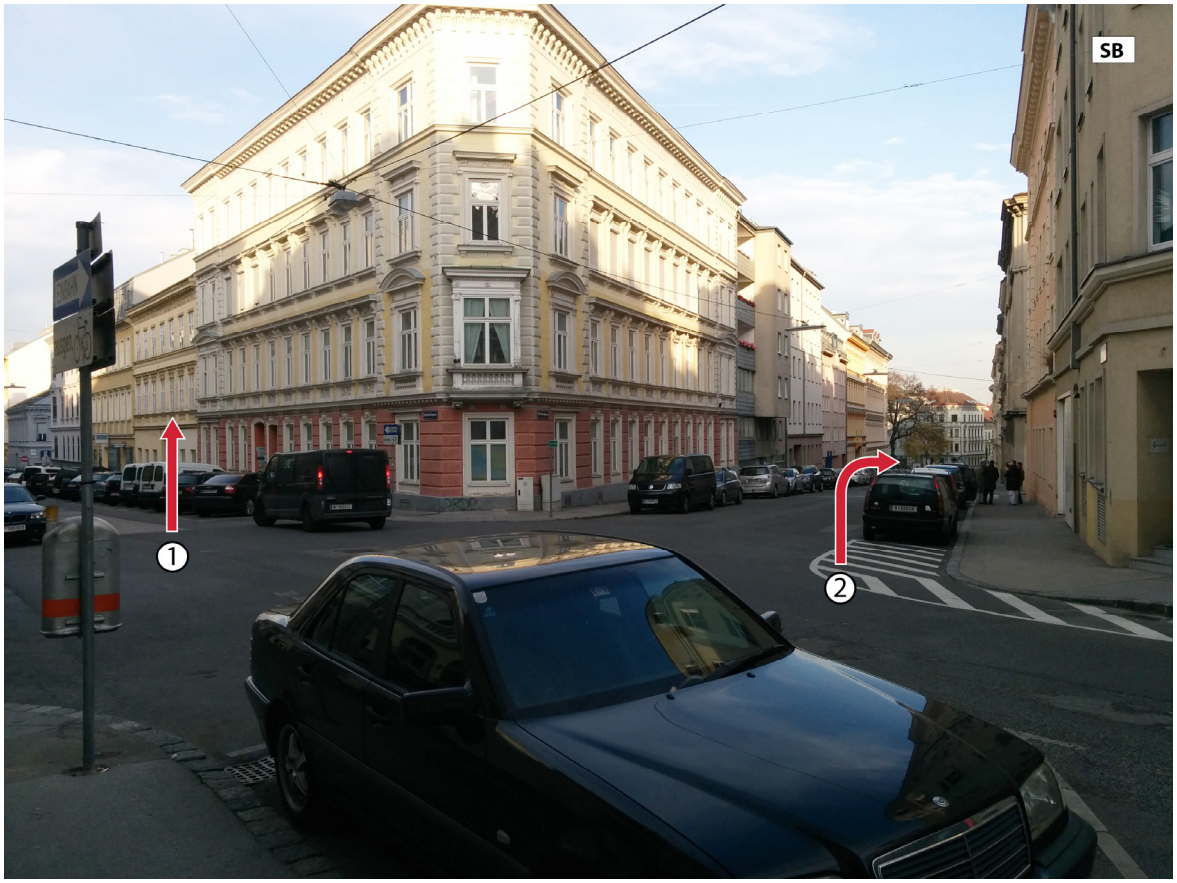

CF
APOTHEKE


CF
APOTHEKE
1
2
3


NV
POLSTERMÖBEL
MD 603 IH


NV
POLSTERMÖBEL
MD 603 IH
1
2
3


SB


SB
1
2


VORSICHT
KINDER
IZ
H
SPITAL


VORSICHT
KINDER
IZ
H
SPITAL
1
2
3

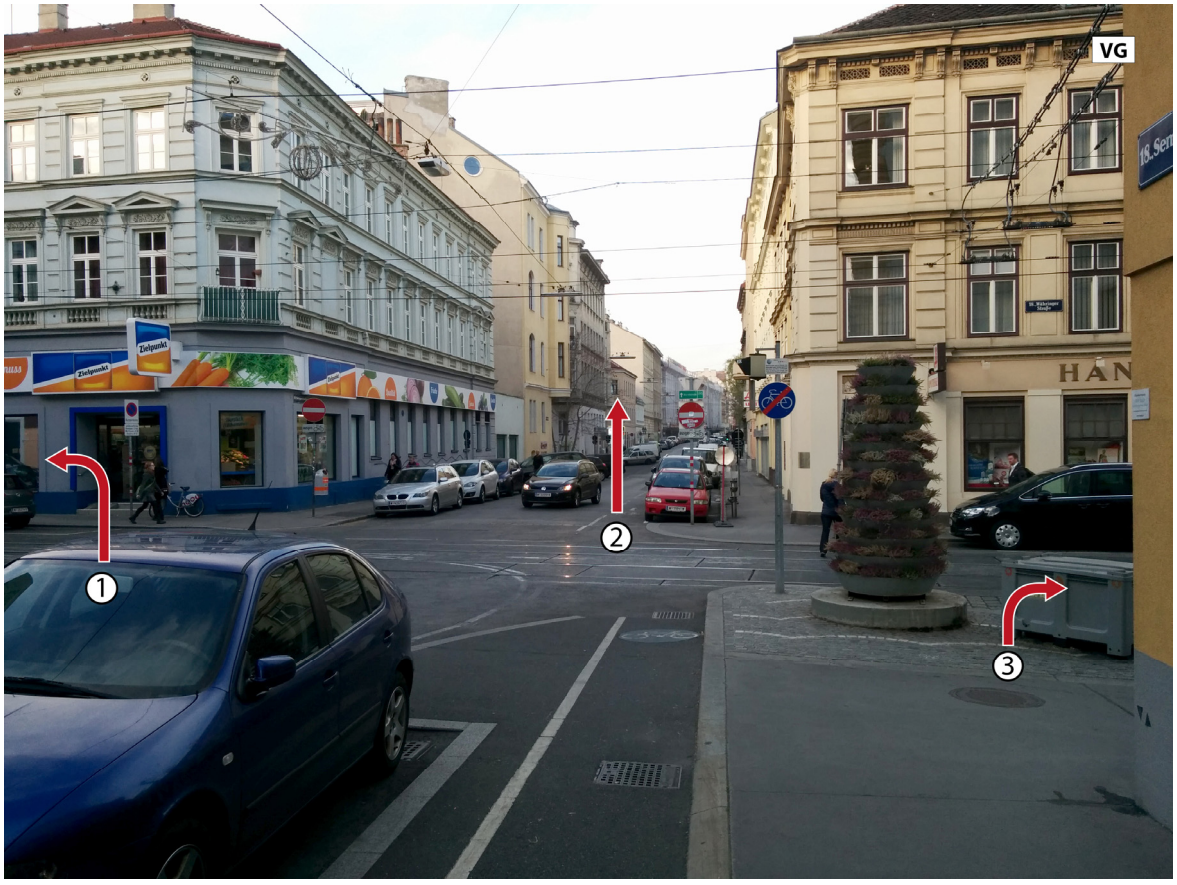

AF


AF
1
2


ANIMALS
GM
FAHRSCH
MICHELBEU
18..Sem
EINBAHN
Wahringer Gürtel
Anfang
HATTINGER
cremesso
Miele
NESPRESSO
SIEMENS
dyson
HATTINGER


ANIMALS
GM
FAHRSCH
MICHELBEU
18..Sem
EINBAHN
Wahringer Gürtel
Anfang
HATTINGER
cremesso
Miele
NESPRESSO
SIEMENS
dyson
HATTINGER
1
2


VG


VG
1
2
3


YC


YC
1
2


LO
IMMOSAN
IMMOSAN Immobilien Ges.m.b.H.
01 / 503 69 80
30
Zone


TU
BILLA


HX
Anfang


AH

Anhang IV: Antwortbögen der Fotoaufgaben

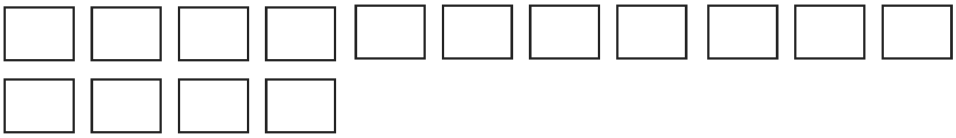
Anmerkung: der schwarze Rahmen entspricht im Original dem Format DIN A4

Name: _____

Navigationsübung – Fotoaufgaben

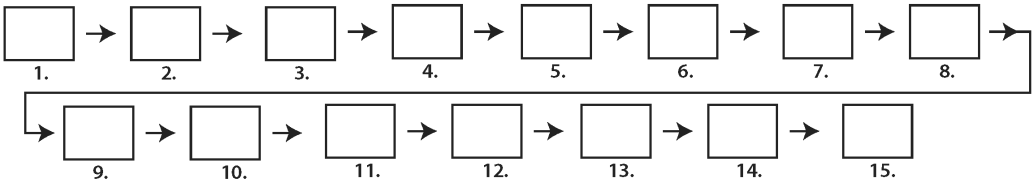
Aufgabe 1

Bitte wählen Sie jene Fotos aus, auf der Sie Teile der Strecke wiederekennen, die sie soeben zurückgelegt haben. Notieren Sie anschließend in den Kästchen die IDs der gewählten Fotos (zweistellige Buchstabenkombination im Foto rechts oben).



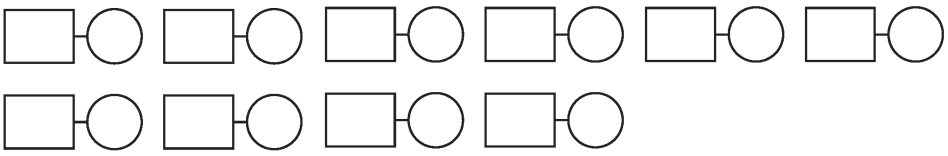
Aufgabe 2

Versuchen Sie nun die gewählten Fotos in jener Reihenfolge zu ordnen, die ihrer Abfolge vom Start zum Ziel entspricht. Tragen Sie anschließend wieder die Foto-IDs ein, beginnend beim Kästchen 1.



Aufgabe 3

Drehen Sie nun die von Ihnen gewählten Fotos um. Auf der Rückseite der meisten Fotos sind Grafiken zu finden, die mögliche Richtungsänderungen an Entscheidungspunkten abbilden (rote Pfeile). Geben Sie an, welcher Pfeil die Route beschreibt, die Sie während der Navigationsübung zurückgelegt haben. Notieren Sie dazu wieder die ID des Fotos im Kästchen und die Zahl für die korrekte Routenwahl im Kreis.

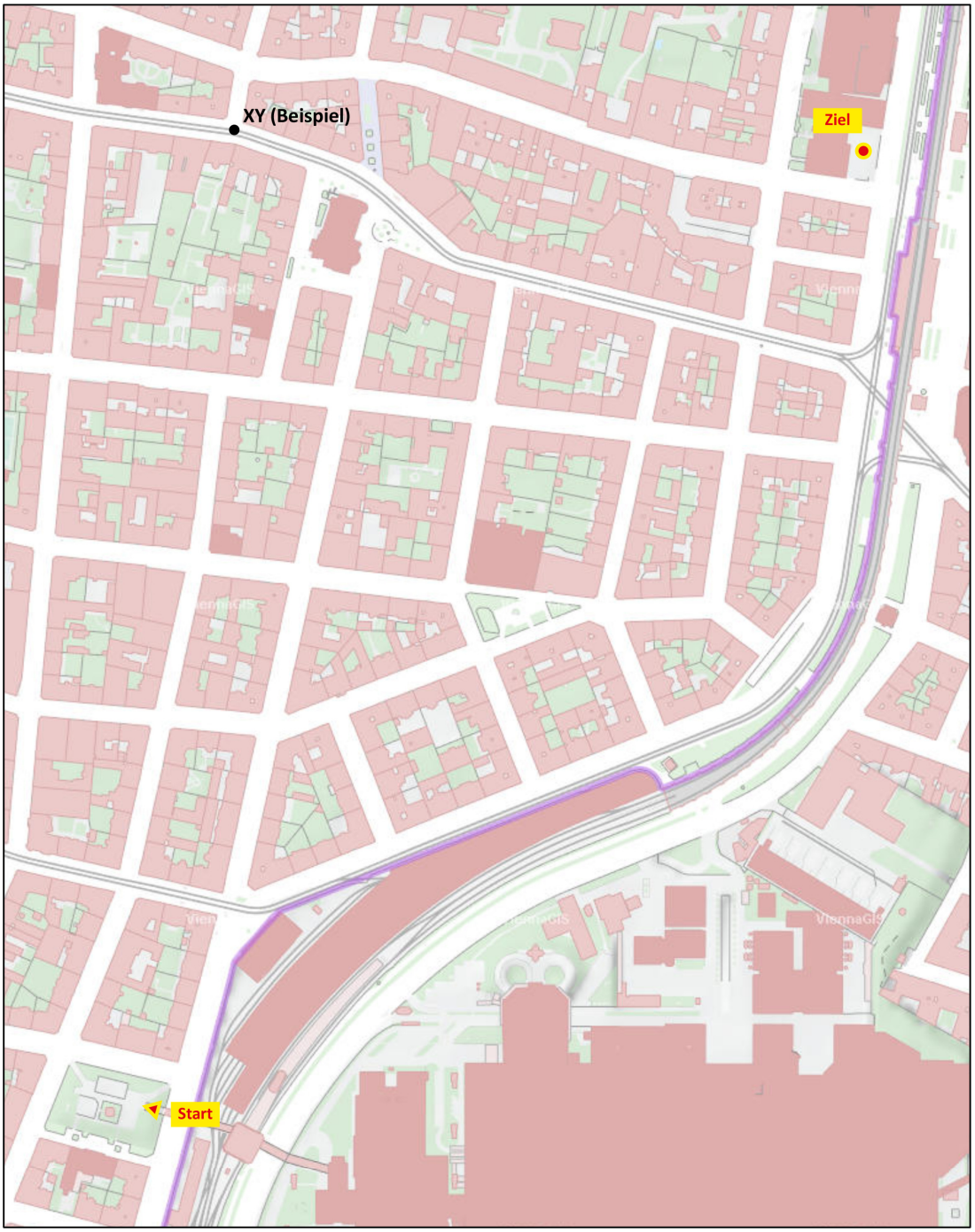


Aufgabe 4

Beschreibung Siehe Folgeblatt

Aufgabe 4

Bitte zeichnen Sie den Standort, der auf den von Ihnen gewählten Fotos zu sehen ist mit einem Punkt ein. Beschriften Sie anschließend den Punkt mit der Foto-ID. Der Punkt in der Karte sollte dabei dem Aufnahmestandort des Fotos entsprechen. Ein Beispiel finden Sie im nordwestlichen Abschnitt der Karte



Datenquelle: Stadt Wien – data.wien.gv.at

Hiermit versichere ich,

- dass ich die vorliegende Masterarbeit selbstständig verfasst, andere als die angegebenen Quellen und Hilfsmittel nicht benutzt und mich auch sonst keiner unerlaubter Hilfe bedient habe,
- dass ich dieses Masterarbeitsthema bisher weder im In- noch im Ausland in irgendeiner Form als Prüfungsarbeit vorgelegt habe
- und dass diese Arbeit mit der vom Begutachter beurteilten Arbeit vollständig übereinstimmt.

Wien, am Unterschrift