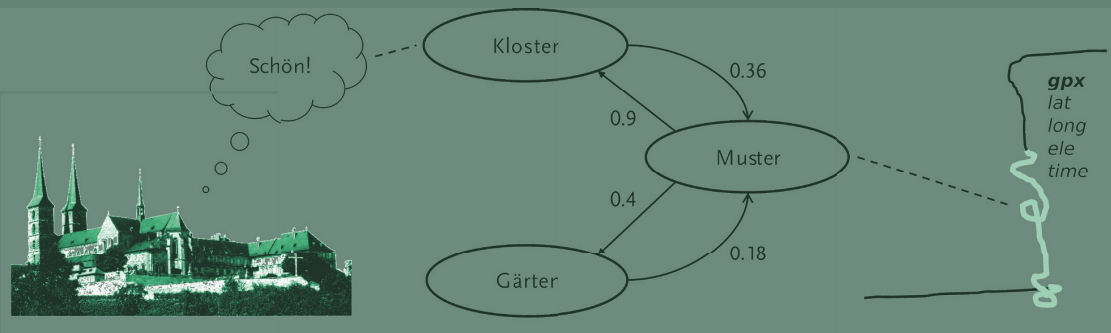


Rekonstruktion von Orten als sozialem Phänomen

Geoinformatische Analyse semantisch
annotierter Verhaltensdaten



30 Schriften aus der Fakultät Wirtschaftsinformatik
und Angewandte Informatik der Otto-Friedrich-
Universität Bamberg

Schriften aus der Fakultät Wirtschaftsinformatik
und Angewandte Informatik der Otto-Friedrich-
Universität Bamberg

Band 30

Rekonstruktion von Orten als sozialem Phänomen

Geoinformatische Analyse semantisch
annotierter Verhaltensdaten

von Dominik Kremer



Bibliographische Information der Deutschen Nationalbibliothek
Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliographie; detaillierte bibliographische Informationen sind im Internet über <http://dnb.ddb.de/> abrufbar.

Diese Arbeit hat der Fakultät Wirtschaftsinformatik und Angewandte Informatik der Otto-Friedrich-Universität als Dissertation mit dem Titel „Ein Framework zur geoinformatischen Analyse von semantisch annotierten Verhaltensdaten zur Rekonstruktion von Orten als sozialem Phänomen“ vorgelegen.

1. Gutachter: Prof. Dr. Christoph Schlieder

2. Gutachter: Prof. Dr. Andreas Dix

Tag der mündlichen Prüfung: 15.12.2016

Dieses Werk ist als freie Onlineversion über den Hochschulschriften-Server (OPUS; <http://www.opus-bayern.de/uni-bamberg/>) der Universitätsbibliothek Bamberg erreichbar. Kopien und Ausdrücke dürfen nur zum privaten und sonstigen eigenen Gebrauch angefertigt werden.

Herstellung und Druck: docupoint, Magdeburg

Umschlaggestaltung: University of Bamberg Press, Larissa Günther

© University of Bamberg Press Bamberg 2018

<http://www.uni-bamberg.de/ubp/>

ISSN: 1867-7401

ISBN: 978-3-86309-579-6 (Druckausgabe)

eISBN: 978-3-86309-580-2 (Online-Ausgabe)

URN: urn:nbn:de:bvb:473-opus4-518906

DOI: <http://dx.doi.org/10.20378/irbo-51890>

Vorwort

Die vorliegende Arbeit ist eine redigierte Fassung meiner Dissertation, die im Wintersemester 2016/17 an der Fakultät Wirtschaftsinformatik und Angewandte Informatik der Otto-Friedrich-Universität Bamberg angenommen wurde. Prof. Dr. Christoph Schlieder gilt in diesem Zusammenhang mein herzlichster Dank für die interdisziplinäre Inspiration, die Vielzahl an wertvollen Hinweisen und die bedingungslose Unterstützung während des gesamten Projekts. Prof. Dr. Andreas Dix als Zweitgutachter gilt besonderer Dank für die Unterstützung beim Weg in die Wissenschaft und für die gemeinsamen Projekte. Im Rahmen der zwischenzeitlichen Förderung durch die Bayerische Eliteförderung danke ich Prof. Dr. Daniel Göler für seine Unterstützung als Gutachter. Prof. Dr. Georg Glasze danke ich für die Vielzahl an interdisziplinären Diskussionen auf diversen Workshops und Tagungen.

Tiefer Dank für den ergebnisoffen geführten, regen interdisziplinären Austausch sowie für eine Vielzahl an fachlichen und technischen Anregungen gilt meinem langjährigen Freund Dr. Klaus Stein. Daneben danke ich meinen Kollegen Barbara Feulner, Dr. Peter Kiefer, Dr. Holger Lehmeier, Dr. Matthias Bickert, Gregor Glözl, Dr. Christian Bittner und Thomas Heinz für die vielen fruchtbaren Diskussionen. Besonderer Dank gilt auch der Vielzahl an Hilfskräften, die mich während meiner Zeit als Promovend unterstützt und durch ihre klugen Beobachtungen weitergebracht haben, insbesondere Rahel Baier, Valentin Ehret und Veronika Glaser sowie Robert Terbach und Tamara Engelbrecht. Für die umfassende Unterstützung bei der Drucklegung danke ich Christian Kremitzl.

Ganz besonders habe ich meiner Familie für ihre vielfältige Unterstützung während der Promotionszeit zu danken, insbesondere meiner Frau Anette, die sowohl durch die Erfahrung ihrer eigenen Promotion als auch durch die umfassende Unterstützung das Gelingen dieses Projekts in allen Phasen überhaupt erst möglich gemacht hat. Ich danke darüber hinaus meinen Eltern, Veronika und Volkmar Kremer, für ihre bildungsorientierte Erziehung und bedingungslose Unterstützung während der Studienzeit, ohne die ein akademischer Weg nicht möglich gewesen wäre.

Ich widme die Arbeit meinem Sohn David sowie meiner zwischenzeitlich verstorbenen Großmutter Auguste Kremer, die mir beide auf ihre Weise den Glauben an den eigenen Erfolg vermittelt haben.

Bamberg, im Mai 2018
Dominik Kremer

Inhaltsverzeichnis

1	Motivation	11
2	Forschungsüberblick	15
2.1	Geeignete Umweltrepräsentationen	16
2.1.1	Raum-Ontologien für GIS	16
2.1.2	Körpergebundene Kognition	20
2.1.3	Subjektzentrierte Umweltmodelle	26
2.1.4	Vergleich möglicher Umweltrepräsentationen	34
2.2	Modellierung von Ort	36
2.2.1	Beobachtete Aspekte von Ort	36
2.2.2	Operationalisierung verschiedener Aspekte von Ort	41
2.2.3	Einfache Ortsmodelle	49
2.2.4	Ähnlichkeitsmaße auf Orten	51
2.2.5	Anforderungsanalyse für das Ortsmodell	52
2.3	Sprechen über Orte	54
2.3.1	Automatische Extraktion ortsbezogener Information	55
2.3.2	Qualitative Inhaltsanalyse	59
2.3.3	Automatische Verortung von Ortsbezeichnungen	61
2.3.4	Ortsbezogene GIS	65
2.3.5	Auswirkungen der Verarbeitung von Sprachdaten auf das Ortsmodell	67
2.4	Raumhandeln	69
2.4.1	Im Alltag	70
2.4.2	Als Tourist	71
2.4.3	Analyse von Bewegungsspuren	74
2.4.4	Zeitgeographische Mobilitätsanalyse	78
2.4.5	Auswirkungen der Verarbeitung von Bewegungsdaten auf das Ortsmodell	80
2.5	Ansätze zur integrierten Analyse von Sprache und Mobilität	81
2.6	Begründung des Desiderats	85
2.7	Wahl einer Umweltrepräsentation	86

3	Detaillierte Beobachtung	93
3.1	Qualitativ-typisierende Vorarbeiten	93
3.1.1	Visualität	94
3.1.2	Ortsbewegung	106
3.1.3	Sprechen über Orte	108
3.2	Endgültiges Forschungsdesign	113
4	Geeignete Modellierung von Ort zur Berechnung von Ortsähnlichkeit	117
4.1	Eigenes Ortsmodell	118
4.2	Manueller Aufbau eines Place-Graphen	120
4.2.1	Manuelle Konstruktion des Place-Graphen	120
4.2.2	Verortung eines Place-Graphen	126
4.3	Extraktion interessanter Orte aus den Bewegungsdaten	139
4.3.1	Preprocessing	139
4.3.2	Extraktion interessanter Orte	140
4.3.3	Gemeinsame Zielrepräsentation	143
4.4	Generalisierung initialer Verortung	146
4.4.1	Topologische Hülloperationen	147
4.4.2	Graduelle Überlappung	150
4.5	Ähnlichkeit von Orten	153
4.5.1	Ähnlichkeit von Geo-Extensionen	153
4.5.2	Räumlicher Assoziationsgraph	156
4.6	Naheliegende Erweiterungen	161
5	Entwurf und Umsetzung der Referenz-Implementierung	165
5.1	Ziele	165
5.2	Unterstützter Workflow	165
5.3	Verwendete Technologien	165
5.4	Technische Optimierungen und Laufzeitbetrachtungen	168
6	Anwendung auf empirische Daten und Evaluation	171
6.1	Analyse der erhobenen Beispieldaten	171
6.1.1	Manuell modellierte Place-Graphen	171
6.1.2	Verortung von Ortskonzepten	177
6.1.3	Ortsindizierende Verhaltensmuster	180
6.1.4	Ortsbezogene Verbundoperation auf Basis von Assoziationsregeln	182
6.2	Fazit	187

7 Fazit	189
7.1 Ertrag des Forschungsansatzes	189
7.2 Grenzen des Ansatzes	190
7.3 Anschlussfähigkeit an zukünftige Forschung	190
Literatur	193
Abbildungsverzeichnis	213
Verzeichnis verwendeter Werkzeuge	219
1 Programmbibliotheken	219
2 Stand-Alone-Tools	221
3 Web-Services	221
4 Geodatendienste	221

1 Motivation

In der Geoinformatik werden seit einiger Zeit geeignete Modellierungen von Ort diskutiert, über die sich räumliches Wissen aus Assistenzsystemen möglichst nahtlos in Alltagskommunikation einbinden lässt (Winter, Kuhn und Krüger 2009; Winter und Freksa 2012). Ort dient dabei durch die körperliche Gebundenheit menschlichen Handelns als wichtiger Bezugsrahmen sowohl für die kognitive Verarbeitung als auch für die soziale Kommunikation von räumlicher Information (Agarwal 2005b). Übliche Repräsentationen von Ort als Punktkoordinate in einem Georeferenzsystem reichen für die Modellierung der inneren Struktur alltäglicher, subjektiver Umwelterfahrung bei weitem nicht aus (Jones, Purves u. a. 2008). Die Bemühungen zur Bereitstellung eines standardisierten Funktionsumfangs in Form ortsbezogener Geoinformationssysteme (engl. *place based GIS*) stehen allerdings noch immer am Anfang (Gao u. a. 2013). Erste Erfolge gibt es bei der Modellierung ortsbezogenen Wissens (Kim, Vasardani und Winter 2015b) und bei der Beschreibung der Anforderungen an ihren Funktionsumfang (Gao u. a. 2013; Vasardani, Winter und Richter 2013).

Ortsbezogenes Wissen ist vor allem in Form sprachlicher Äußerungen über Orte und als ortsgebundenes Handeln empirisch fassbar (Löv 2001; Vasardani, Winter und Richter 2013). Sozialwissenschaftliche Mehrebenenansätze, die beide Ebenen berücksichtigen (Christmann und Büttner 2011), beruhen bislang aber noch vollständig auf hermeneutisch-qualitativen Analysen und generalisieren kaum. In der Geoinformatik wiederum gibt es zwar mittlerweile, z. B. durch GeosPARQL, sehr mächtige Werkzeuge zum Modellieren raumbezogenen Wissens (Battle und Kolas 2012), aber kaum Datenquellen nennenswerten Umfangs. Mustersuche auf einfachen raumzeitlichen Verhaltensdaten, die nach dem Aufkommen von Social Media und Smartphones in großem Umfang (*big spatial data*) zur Verfügung stehen, beruhen dagegen allein aus Laufzeiterwägungen zu meist auf gut verstandenen Standardverfahren (Vatsavai u. a. 2012) und können Besonderheiten des Einzelfalls nicht würdigen.

Ziel der vorliegenden Arbeit ist es, zur Lösung von Desideraten im Kontext der Forschung zu ortsbezogenen Geoinformationssystemen

1. eine geeignete Modellierung von Ort vorzulegen, mittels derer Raumsprechen und Raumhandeln gleichermaßen repräsentiert werden können und
2. ein geeignetes Verfahren vorzulegen, um die Ähnlichkeit (z. B. bei intersubjektiv abweichenden Sichtweisen) zwischen solchen Orten abschätzen zu können,
3. durch die Referenz-Implementierung einer bislang nicht diskutierten Funktion (Ähnlichkeit zwischen Orten) einen Beitrag zur Diskussion essentieller Funktionen eines ortsbezogenen GIS zu leisten und
4. dadurch die Kluft zwischen Anwendungsfällen in den Sozialwissenschaften und standardisierten Lösungen durch Assistenzsysteme weiter zu verkleinern.

Dadurch ergeben sich folgende Einzelfragen:

1. Welche Eigenschaften von Ort sollen geoinformatisch modelliert werden?
2. In welcher Umweltrepräsentation (als Möglichkeitsraum von Ort) wird Ort dargestellt?
3. Wie lassen sich Raumsprechen und Raumhandeln integriert (bezogen auf die Sichtweise desselben Probanden) empirisch erheben?
4. Welche Muster in den erhobenen Daten lassen auf Ort schließen?
5. Wie können die extrahierten Muster in der Umweltrepräsentation verortet werden?
6. Wie kann in der gewählten Umweltrepräsentation Ähnlichkeit zwischen Orten berechnet werden?

Dazu wird in einem ersten Schritt der Forschungsstand aufgearbeitet (Kap. 2). Es werden Anforderungen an geeignete Umweltrepräsentationen beschrieben (Kap. 2.1), die Anforderungen in bestehende Ontologien von Raum eingeordnet sowie passende Umweltrepräsentationen vorgestellt und bezüglich der Anforderungen bewertet (Kap. 2.1.1–2.1.4). Im Anschluss werden in der Zusammenschau sozialwissenschaftlicher und geoinformatischer Sichtweisen die für Menschen in ihrem Alltag relevanten Eigenschaften von Ort herausgearbeitet (Kap. 2.2), theoretische Ansätze (Kap. 2.2.2) und bereits etablierte Ansätze zu ihrer Modellierung (Kap. 2.2.3) wie auch zur Berechnung von Ähnlichkeit zwischen Orten

(Kap. 2.2.4) vorgestellt. Zunächst separat voneinander werden für Sprach- und Bewegungsdaten die bestehende Analysemethodik zur Extraktion ortsbezogener Information präsentiert und Zusatzanforderungen für die Modellierung von Ort benannt (Kap. 2.3 bzw. 2.4). Anschließend werden disziplinübergreifend Beispiele zu ihrer integrierten Analyse vorgestellt (Kap. 3).

Der Forschungsüberblick schließt mit der begründeten Wahl einer zu den aggregierten Anforderungen passenden Umweltrepräsentation (Kap. 2.7). Anschließend werden die Ergebnisse empirischer Vorarbeiten zur Erhebung geeigneter Daten beschrieben und mit Close Monitoring ein integriertes Forschungsdesign zu ihrer kombinierten Erhebung (Kap. 3) sowie ein entsprechender Beispieldatensatz für die Evaluation des eigenen Ansatzes dargelegt.

Der eigene Ansatz beginnt mit der Vorstellung der gewählten Modellierung von Ort (Kap. 4.1). Es wird beschrieben, wie durch ein manuelles Vorgehen individuelles Ortswissen aus den Sprachdaten extrahiert und zu einem graphbasierten Ortsmodell aufgearbeitet wird (Kap. 4.2), das sich auf die gewählte Umweltrepräsentation abbilden lässt. Es wird ein automatisches Verfahren vorgestellt, mittels dessen auf Bewegungsdaten interessante Orte ermittelt werden (Kap. 4.3). Es wird ausgeführt, wie sich Ortsmuster zu Ortskonzepten generalisieren lassen und welche Möglichkeiten der Inferenz auf diesen generalisierten Konzepten bestehen (Kap. 4.4). Der Aufbau eines räumlichen Assoziationsgraphen erlaubt eine Antwort auf die Frage nach der Ähnlichkeit von Orten und Schlüsse über die relative Lage von Orten zueinander (Kap. 4.5).

Es wird eine Referenz-Implementierung des Ansatzes in Form einer Softwarebibliothek vorgestellt (Kap. 5), die Kernfunktionen eines ortsbezogenen Geoinformationssystems bereitstellt. Die Wirksamkeit des Ansatzes wird mittels des empirisch erhobenen Beispieldatensatzes evaluiert (Kap. 6) und abschließend die Erweiterbarkeit und Anschlussfähigkeit des eigenen Ansatzes im Rahmen zukünftiger Forschung diskutiert (Kap. 7).

2 Forschungsüberblick

Im Folgenden wird die für die aufgeworfenen Fragestellungen relevante Forschungsliteratur vorgestellt. Durch den Zuschnitt der Fragestellung als Assistenzlösung für sozialwissenschaftliche Anwendungsfälle soll dabei immer auch der Vergleich zum Forschungsstand in diesem Bereich gezogen werden, um die Anschlussfähigkeit der entwickelten Lösung sicherzustellen.

Vor der Betrachtung geeigneter Umweltrepräsentationen (Kap. 2.1.3) wird zunächst von konzeptioneller Seite geklärt, welche ontologischen Ansätze einen explizit handlungszentrierten und subjektbasierten Zugang zu Raum ermöglichen (Kap. 2.1.1 bzw. Kap. 2.1.2). Geeignete Umweltrepräsentationen (Kap. 2.1) sind bezüglich folgender Anforderungen zu bewerten:

- Repräsentation visueller Aufmerksamkeit als Indikator für Interesse
- Repräsentation von Ortsbewegung als Indikator für Raumhandeln. Zumindest Topologie und ggf. Partonomie der Handlungssequenz sind abbildbar.
- Abbildbarkeit des Sprechens über Orte (Verortung)
- Darstellbarkeit individuell interessanter Handlungsmuster
- Vorhandensein einer qualitativ homogenen, standardisiert zugreifbaren Datenquelle für die Umweltrepräsentation

Anschließend wird ebenso der für die Fragestellung zentrale Ortsbegriff (engl: *place*, vgl. Kap. 2.2) eingeführt, Möglichkeiten seiner Modellierung werden geprüft und zentrale Eigenschaften (Kap. 2.2) benannt, die in jedem Fall zu implementieren sind. Es wird am Beispiel bestehender Modelle (Kap. 2.2.3) gezeigt, dass sich diese Ansätze sehr gut zur aggregierten Analyse großer Datenmengen, nicht aber zum fallbasierten Abgleich ortsbasierter Handlungsstrukturen eignen. Zentrale Anforderung an ein Ortsmodell ist hier, alle Eigenschaften von Ort zu berücksichtigen, die nötig sind, um Ergebnisse des eigenen Ansatzes in Alltagskommunikation einbinden zu können. Die vorgestellten Umweltrepräsentationen werden vor diesen Anforderungen erneut bewertet (Kap. 2.2.5).

Hinsichtlich der gewählten Problemstellung wird anschließend jeweils für Raumsprechen (Kap. 2.3) und Raumhandeln (Kap. 2.4) ein Überblick über die zur Verfügung stehende Analysemethodik und ihre Einsatzmöglichkeiten gegeben und jeweils mit der Benennung von Zusatzanforderungen geschlossen. Im Anschluss wird auf Ansätze einer vergleichenden, integrativen Analyse von Raumsprechen und Raumhandeln (Kap. 2.5) eingegangen. Vor diesem Hintergrund kann gemäß der erarbeiteten Anforderungen eine Umweltrepräsentation für den eigenen Ansatz gewählt werden (Kap. 2.7).

2.1 Geeignete Umweltrepräsentationen

Strukturanalysen machen einen großen Anteil angewandter geographischer Forschung aus. Erst seit Hägerstraand (1970) richtet sich der Blick verstärkt auf das Raumhandeln einzelner Personen. Für detaillierte Analysen fehlten hier jedoch zunächst entsprechend fein aufgelöste Daten, für umfassende Analysen die Fallzahlen (Roche 2015). Erst durch die starke Verbreitung der Nutzung von Social Media und Smartphones und das Vorliegen personenbezogener Geoinformation in großem Umfang hat die Methodik zu ihrer Analyse an Dynamik gewonnen (Goodchild 2007; Vatsavai u. a. 2012). In diesem Zusammenhang muss zunächst geklärt werden, in welcher Umweltrepräsentation entsprechende Daten betrachtet werden können.

Vorbereitend dazu werden Eigenschaften von Raum-Ontologien beschrieben, die sich für den Einsatz in einem ortsbezogenen Geoinformationssystem eignen.

2.1.1 Raum-Ontologien für GIS

Analysen in den Geowissenschaften nutzen Raum häufig nicht als Attribut von Gegenständen, sondern als eigenständige Entität. Raum ist damit in Abhängigkeit vom gewählten Analyseansatz mehrdeutig. Weichhart (2006) unterscheidet wenigstens sieben Raumbegriffe (vgl. Tab. 2.1).

Weichhart (2006) selbst führt dabei den konstituierenden Einfluss von sozialen Konstruktionsprozessen auf den Landschaftsraum, den individuell erlebten Raum und die physisch-materielle Räumlichkeit an. Raum als Wahrnehmungsmodalität, Raum als Ordnungsstruktur und der Containerraum lassen sich daneben als kognitive Verarbeitungsstrategien vom

Geographischer Raumbegriff	Systematik bei Weichhart	Informatische Adaption
Erdraumausschnitt	Raum ₁	Musterbasierte Segmentierung der Erdoberfläche
Erlebter Raum	Raum _{1e}	Individuelles ortsabhängige Mindset
Eigenständige ontologische Struktur	Raum ₂	Kognitive Heuristik: räumliche Partitionierung von Welt
Ordnungsstruktur	Raum ₃	Projektionsfläche für mehrdimensionale Probleme, häufig kartographisch visualisiert
Räumlichkeit als Attribut der Dinge	Raum ₄	Topologische Relationen zwischen Entitäten
A priori der Wahrnehmung	Raum ₅	Kognitiver Bias: Unmöglichkeit nicht räumlich zu denken
Sozial konstituierter/konstruierter Raum	Raum _{6s}	Aggregation/Clustering von Raum _{1e}

Tabelle 2.1: Übersicht über mögliche Raumbegriffe (Weichhart 2006).

Umwelt zusammenfassen. Raum ist also kein Ding an sich, sondern eine Perspektive auf Welt.

Für Geoinformatik bedeutet dies, dass es stark vom jeweiligen Verarbeitungskontext abhängt, was ein gutes Modell von Raum ist. Schlieder (2003) spricht Räumen nur eine virtuelle Geltung zu, insofern sie für die Verarbeitung bestimmter Fragestellungen, für die sie optimiert sind, valide Resultate erzeugen, die vom Nutzer entsprechend interpretiert werden können.

Vor diesem Hintergrund ist zu klären, welche Repräsentation von Umwelt für die vorliegende Fragestellung passend ist. Dazu sind Ontologien im Bereich GIS als Ansatzpunkt gut geeignet, da sie einen *abstract, simplified view of the world that we wish to represent for some purpose* (Timpf 2002) anbieten. Insbesondere wird die Subjekt-Umwelt-Beziehung in einer Weise zu fassen sein, die ortsbezogene Fragestellungen bearbeitbar macht.

In der Informatik ist eine Ontologie eine konsensfähige, meist formal spezifizierte Grundlage für die (technische) Zusammenarbeit in einem Bereich, wobei individuell abweichende Sichtweisen berücksichtigt sind (Agarwal 2005a; Uschold und Gruninger 1996). Ontologien können generisch, normativ oder deskriptiv sein, formalisiert oder informell;¹ Sie unterscheiden sich in ihrer Ausdrucksmächtigkeit und den Möglichkeiten zum Ableiten neuer Information. Einen ausführlichen Überblick über

¹ Eine soziologische Theorie wie z. B. die Praxistheorie (Schatzki 2002) kann als informelle Ontologie ohne Möglichkeit zur Inferenz verstanden werden.

Ontologien im Bereich GIS gibt Agarwal (2005a).

Generische Ontologien von Raum legen einen allgemeinen Bezugsrahmen für die Beschreibung raumzeitlicher Phänomene und Prozesse fest. Ein Beispiel ist SNAP-SPAN (Bittner und Smith 2003a; Grenon und Smith 2004). Domänenspezifische Ontologien setzen den Bezugsrahmen für einen bestimmten Anwendungsbereich. Der Bezug auf Welt kann hier auf unterschiedliche Arten hergestellt werden, z. B. über kognitive Anker, Text, Handlungen, Sprache oder Semantik (Agarwal 2005a). Handlungsorientierte Ontologien im Bereich GIS wählen häufig den Zugang über Affordanzen (Handlungsangebote, vgl. Gibson 1982) oder Image-Schemata (Struktur und Sequenz von Ansichten, vgl. Johnson 1987, vgl. für detaillierte Beschreibung beider Ansätze Kap. 2.1.3).

Cohn und Renz (2007) erläutern Ansätze zur qualitativen Repräsentation räumlicher Information (engl. *qualitative spatial representation*, vgl. auch Freksa 1991). Die Abstraktion von einer auf detaillierten Messungen beruhenden Repräsentation räumlicher Information dient dabei zum einen der Reduktion der zu verarbeitenden Datenmenge und der Möglichkeit, qualitative Anfragen an die Informationsbasis stellen zu können. Qualitative räumliche Repräsentationen sind ontologisch auf ein bestimmtes Inventar an Simplizes (z. B. Punkt, Linie und Region) sowie durch Eigenschaften des Universums (z. B. diskret, endlich) festgelegt. Qualitative räumliche Repräsentationen sind in ihrer Anwendbarkeit nicht auf geographische Umwelten beschränkt.

Wesentliches Element sind Aussagen über die Art der Verbundenheit von Simplizes (Topologie), die in Form von paarweise jeweils verschiedenen, aber den Problemraum vollständig beschreibenden Relationen (engl. *jointly exhaustive, pairwise disjoint*) angegeben werden (z. B. RCC8, vgl. Randell, Cui und Cohn 1992). Unter Unterscheidung von Innerem, Grenze und Äußerem lassen sich die topologischen Relationen zwischen je zwei Simplizes in Form einer 9-Felder-Tafel (engl. *9 intersection model*) angeben. Alternative Ansätze unterscheiden nicht zwischen Innerem und Grenze (z. B. RCC5). Beim Qualitativen Räumlichen Schließen (engl. *qualitative spatial reasoning*) lassen sich Aussagen über transitive topologische Relationen (z. B. mittels Kompositionstabellen) ableiten. Qualitative räumliche Repräsentationen lassen sich schrittweise mit zusätzlicher Ausdrucksmächtigkeit anreichern. Es existieren qualitative Repräsentationen und Kalküle für Richtung und Orientierung (Schlieder 1995), Distanz und Größe sowie einschränkende Bedingungen für Form (Schlieder 1996). Insofern Qualitative Räumliche Repräsentationen von der vollständigen räumlichen Information abstrahieren (d. h. unterspezifiziert sind),

kann ihre Instanziierung in der Ebene als Constraint-Satisfaction-Problem (csp) verstanden werden (Cohn und Renz 2007, zum Problem der Vagheit räumlicher Information vgl. 2.2.2).

Linguistische Ontologien (z.B. GUM,² vgl. Bateman u. a. 2010) helfen dabei, die formalisierten Konzepte einer Ontologie mittels kognitionswissenschaftlicher Experimente in natürlicher Sprache zu verankern (Agarwal 2005a). So können Klippel und Montello (2007) durch Studien nachweisen, dass nicht alle durch rcc8 beschreibbaren topologischen Lagerrelationen zwischen Objekten kognitiv überhaupt relevant sind. Am besten wird das kognitive Modell des Menschen bezüglich Topologie durch Verzicht auf die Trennung zwischen Innerem und Rand angenähert (rcc5, vgl. Klippel und Montello 2007). Stock und Cialone (2011) schlagen aufgrund linguistischer Betrachtungen eine Generalisierung von rcc8 vor, in der alle in natürlicher Sprache unterscheidbaren Lagerrelationen abgebildet werden können.

Die einfachste Form einer Ontologie ist die Erstellung eines Datenmodells³ für einen technischen Verarbeitungszusammenhang (Agarwal 2005a). Übliche Datenmodelle für GIS arbeiten Feature-basiert. Ein Feature ist dabei ein klar abgrenzbares physisches Element in der Umwelt mit bestimmten Eigenschaften und einer genauen räumlichen Lage (Battle und Kolas 2012; Goodchild und Hill 2008). Golledge (1995) beschreibt allgemein beobachtbare Dimensionen räumlicher Objekte wie Position, Entfernung, Richtung, Anordnung und Verknüpfung als wichtige Elemente eines Datenmodells. Howald und Katz (2011) stellen ein Begriffsinventar für individuelle Raumerfahrung bereit, mittels dessen Geo-Objekte nicht in einem Referenzsystem, sondern mittels sprachlicher Mittel auf einer bestimmten Maßstabsebene und einem bestimmten rhetorischen und dynamischen zeitlichen Bezugsrahmen erfasst werden können. Fabrikant und Skupin (2005) regen an, die Tatsache individueller, körpergebundener Erfahrungen auch für Konzeptualisierung nicht-geographischer Problemräume zu nutzen, und legen ein generalisiertes Modell vor, das nur mit Ort (engl. *locus*), Bewegungsverlauf (engl. *trajectory*), Grenze und Aggregat auskommt. Abstrahiert vom räumlichen Kontext sind diese z. B. als Fundstelle, Relation, Differenz und Menge nutzbar (Fabrikant und Skupin 2005).⁴

² Für den Vergleich von GUM mit qualitativen räumlichen Repräsentationen vgl. Hois und Kutz (2008a) und Hois und Kutz (2008b).

³ Ein elaboriertes Beispiel für Geodaten ist das AFIS-ALKIS-ATKIS-Modell (<http://www.adv-online.de/AAA-Model11/>, 23.09.2015).

⁴ Für die Rolle räumlicher Wahrnehmung für die Begriffsbildung bei sozialen

Kollaborativ erstellte, nicht standardisierte Modelle von Alltagswissen werden auch Folksonomien (engl. *folk*: Volk) genannt (Ballatore, Bertolotto und Wilson 2013). Ein Beispiel für eine Folksonomie, die mittlerweile auch durch Assistenzsysteme wie Google Now⁵ genutzt wird, ist die Wikipedia.⁶ Eine semiformale Ontologie von Alltagssprache ist z. B. WordNet (Agarwal 2005a).⁷ Die bedeutendste Feature-basierte Folksonomie im GIS-Bereich ist Open Street Map⁸ (Ballatore, Bertolotto und Wilson 2013).

Agarwal (2005a) gibt dem Leser eine Checkliste an die Hand, mit deren Hilfe die Suche nach einer geeigneten Basisrepräsentation für eine bestimmte Fragestellung eingegrenzt werden kann.

Im Rahmen dieser Arbeit soll Umwelt nicht eigens ontologisch modelliert werden. Vielmehr soll ein (1) bereits vorhandenes, (2) von seiner Abdeckung weltweit möglichst gleichwertig zur Verfügung stehendes und (3) möglichst standardisiert zugreifbares (API) domänenspezifisches Datenmodell genutzt werden, innerhalb dessen geeignete Operationalisierungen von Sprache und Raumhandeln als Ort repräsentiert werden können.

Vor einer genaueren Anforderungsbeschreibung sollen nun in Zusammenschau sozialwissenschaftlicher und kognitiver Sichtweisen für den Fokus dieser Arbeit wichtige Eigenschaften von Umwelt unter Berücksichtigung der intersubjektiven Unterschiede von Raumerfahrung in der Subjekt-Umwelt-Beziehung beschrieben werden.

2.1.2 Körpergebundene Kognition

Viele performanzorientierte Sozialtheorien beschreiben Alltagserfahrung als körperlich, emotional aufgeladen und kontextualisiert. Die Auseinandersetzung mit der Umwelt wird dabei nicht als bewusste Konzeptbildung, sondern als ungeplantes Ergebnis verlustbehafteter Abbildung beschrieben. Nicht-repräsentationale Theorien (vgl. Thrift und Dewsbury 2000) fordern daher die Beschreibung des Stroms an Alltagserfahrungen als unmittelbaren und einzig legitimen wissenschaftlichen Zugang (vgl. z. B. Crouch 2003).

Luckmann und Schütz (2003) bezeichnen den Ort, an dem ein Mensch durch Raumhandeln auf die Welt einwirken kann, als Wirkzone und als

Phänomenen vgl. auch Tversky (2011).

⁵ <https://www.google.com/landing/now/>, 01.09.2015

⁶ <https://www.wikipedia.org/>, 01.09.2015

⁷ <https://wordnet.princeton.edu/>, 25.08.2015

⁸ <http://openstreetmap.de/>; im Folgenden osm, 01.09.2015, mit einem Umfang von z. Zt. über 3 Mrd. Geoobjekten in über 50000 semantischen Kategorien.

Welt in aktueller Reichweite den Bereich, innerhalb dessen mittels der Angabe von Lagerrelationen zum eigenen Körper (vorne – hinten, links – rechts, oben – unten, innen – außen, nah – fern, vgl. auch Lakoff und Johnson 2008) multimodal unmittelbare Wahrnehmungen angegeben werden können. Für die Verarbeitung von Informationen, die zwar bekannt, aber außerhalb der aktuellen Reichweite liegen (Welt in wiedererlangbarer Reichweite, vgl. Luckmann und Schütz 2003) sind Menschen daher auf Begriffsbildung (*Bedeutungszusammenhänge*) angewiesen. Die momentan nicht sinnlich erfahrbare Umwelt wird dabei auch bei großem zeitlichen Abstand gegenüber der letzten unmittelbaren Interaktion als unverändert angenommen. Ausschnitte der Umwelt ermöglichen bestimmte Handlungen. Mitberücksichtigt ist dabei immer der regulierende soziale Kontext, also die Frage danach, wie leicht (unter welchen Kosten) in einem bestimmten räumlichen Kontext eine bestimmte Handlung durchgeführt werden kann. Lakoff und Johnson (2008) betonen, dass Begriffsbildung kein der Wahrnehmung nachgeordneter Prozess ist, der beliebig unterdrückt oder ersetzt werden kann, sondern vermittels der körperlichen Erfahrungen und sozialen Strukturen unmittelbar erfolgt. Kognitionswissenschaftliche Befunde stützen dies: Welche Sinneswahrnehmungen überhaupt verarbeitet werden (Aufmerksamkeit), hängt stark von der aktuellen Aktivierung durch vorherige Sinneswahrnehmungen und dem aktuell aktivierten Wissen ab (Solso 2011).

Durch die wechselseitige Bezogenheit von Begriffsbildung und Körperlichkeit können Inferenzen in körperlicher Metaphorik sehr leicht durchgeführt und anschließend wieder auf das Ausgangsproblem übertragen werden. Lakoff und Johnson (2008) illustrieren dies an folgendem Beispiel: „France fell into a recession and Germany pulled it out.“

Durch die Verwendung der körperbezogenen Metaphern *fell* und *pulled out* werden abstrakte Entwicklungen dabei körperlich spürbar und ihre (wechselseitigen) Auswirkungen abschätzbar. Für die kognitive Verarbeitung von Information zu neuen Wissen spielt die Möglichkeit zur körperlichen Aufführung (engl. *enaction*) also eine entscheidende Rolle. Aus Sicht der körpergebundenen Kognition (engl. *embodied cognition*) erfüllt Körperlichkeit verschiedene Funktionen (vgl. Wilson und Foglia 2011):

- Körper als Einschränkung:
filtert Art und Inhalt der verarbeitbaren Information.
- Körper als Simulator:
Informationsverarbeitung mittels nicht-neuronaler Bestandteile
- Körper als Regulator:

koordiniert Informationsverarbeitung und Handeln.

- Körper als Mittel zur Begriffsbildung:
Handlungsermöglichende räumliche Konfigurationen (Affordanzen, vgl. Gibson 1982) beeinflussen die Wahl der Begriffe, mit denen diese Konfigurationen üblicherweise bezeichnet werden.

Die Bezugsgröße des menschlichen Körpers gibt auch den Rahmen für die Maßstabsebene vor, auf der Menschen Umwelterfahrungen einordnen können. Werlen (1997) beschreibt z. B. den privaten Raum in Kommunikationssituationen, der sich bezüglich des eigenen Körpers in intime, persönliche, soziale und öffentliche Distanz einteilen lässt.

Montello (1993) benennt körperbezogene Maßstabsebenen, die nach den beteiligten Sinnen und der nötigen Abstraktionsleistung unterscheiden.

- Figurenraum: alle Gegenstände kleiner als der menschliche Körper, aber auch Symbole und Signaturen, die haptischer Interaktion zugänglich sind
- Sichraum: alle Gegenstände, die von einem Standpunkt aus im Blickfeld liegen
- Umgebungsraum: alle Gegenstände, die durch Ortsbewegung zu einem Gesamteindruck integriert werden können
- Geographischer Raum: alle Gegenstände, die zu groß sind, um sie durch Ortsbewegung zu integrieren. Bemerkenswert ist, dass diese Gegenstände häufig, reduziert und symbolisiert, im Figurenraum verhandelt werden (z. B. als Karte).

Konsistent dazu unterscheidet Tversky (2003) den Körperraum, den Nahraum um den Körper, den Navigationsraum und den geographischen Raum sowie multiple Räume innerhalb derer die zur Inferenz nötigen Querbezüge zwischen den Räumen hergestellt werden können:

Mark und Freundschuh (1995) liefern eine Übersicht über alle bekannten ähnlichen Ansätze zum damaligen Zeitpunkt (vgl. Abb. 2.1) und generalisieren sie zu folgender Hierarchie:

- Mikroskopische Räume
- Räume kleiner als der menschliche Körper
- Räume größer als der menschliche Körper, aber kleiner als in etwa Hausgröße
- Räume, die ohne nennenswerte Ortsbewegung wahrnehmbar sind

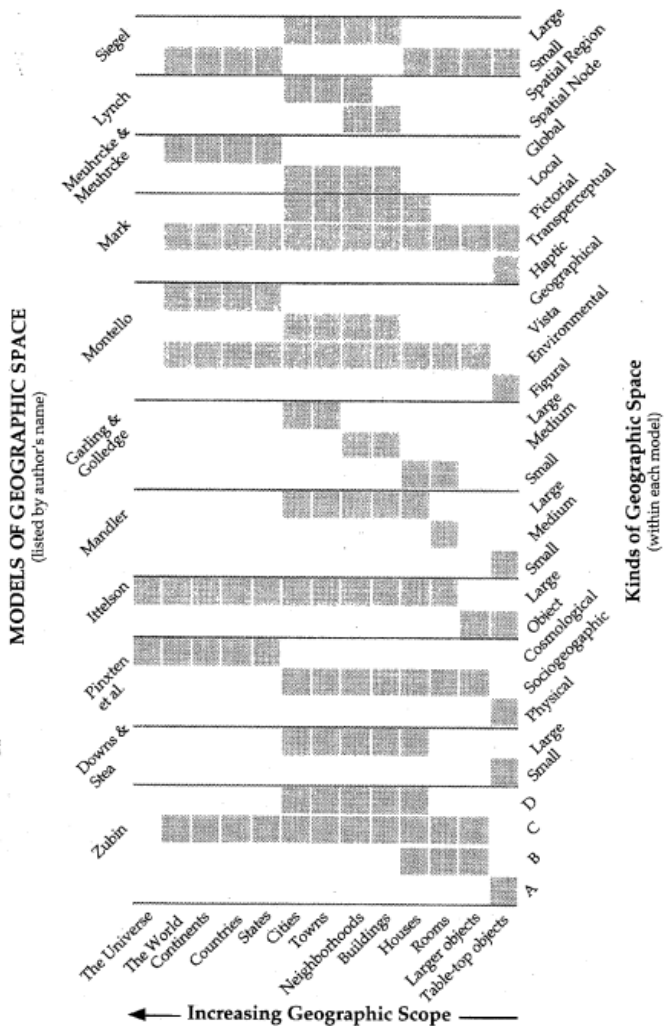


Figure 1. Models of geographic space.

Abbildung 2.1: Vergleichende Übersicht von Ansätzen für körperbezogene Maßstabsebenen (Mark und Freundschuh 1995).

- Räume, die von unterschiedlichen Standpunkten aus wahrnehmbar sind
- Wahrnehmung durch Ortsbewegung nicht mehr möglich

Insbesondere für die Integration von standortbezogenem Wissen zu einem Gesamtbild ist Ortsbewegung also essentiell. Das dabei erworbene Wissen ist nicht mit dem Überblickswissen, das z. B. aus Karten erworben werden kann, zu vergleichen, sondern pfad- oder routenbasiert (vgl. Franklin, Tversky und Coon 1992). Das auf diese Weise erworbene räumliche Wissen hat also eher den Charakter einer kognitiven Collage mit Querbezügen zwischen kognitiven Referenzpunkten (Tversky 1993). Metrische Distanzmaße und räumliche Orientierung sind auf sie nicht anwendbar. So werden Abzweigungen häufig zu rechten Winkeln normalisiert, die genaue Lage von Objekten durch Rotation und Ausrichtung auf eine Anordnung aus einfachen Geometrien (z. B. Rechtecken) zurückgeführt. Routen scheinen unabhängig von ihrer tatsächlichen Wegstrecke länger, wenn auf ihnen eine größere Anzahl an Abzweigungen, Barrieren oder Abweichungen vom direkten Weg liegt (Tversky 1993). Darüber hinaus ist das Umweltwissen paronomisch strukturiert, d. h. bestimmte Orte werden nur vermittels ihrer Zugehörigkeit zu allgemeineren Ortskonzepten zueinander in Beziehung gesetzt (Hirtle und Jonides 1985).

Ausgehend von der unmittelbaren körperbezogenen Wahrnehmung unterliegt Wissen über die Umwelt also etlichen Abstraktionsschritten, bevor es zur Urteilsfindung genutzt wird. Freksa (1991) stellt im Kontext qualitativen räumlichen Schließens (vgl. Kap. 2.1.1) eine Abstraktionshierarchie vor, mittels derer geometrische Information schrittweise generalisiert wird, bis eine Verhandlung in Alltagssprache möglich ist (vgl. Abb. 2.2). Umgekehrt wird sprachliche Information zu räumlichen Konfigurationen aufbereitet, um, wie bereits ausgeführt, die Möglichkeit zur körpergebundenen Inferenz (engl. *enacting*) nutzen zu können.

Freksa (1991) benennt eindeutige Identifizierbarkeit von Objekten, Verbindungen zwischen benachbarten Objekten (Topologie) und konzeptuelle Nachbarschaft zwischen räumlichen Lagerrelationen als minimale Eigenschaften, die für Inferenz auf unvollständiger (z. B. natürlichsprachlicher) räumlicher Information nötig sind.⁹ Schlieder (1995) definiert eine Zwischenebene zwischen geometrischer und topologischer Information, bei der sich zusätzlich durch die Angabe der räumlichen Orientie-

⁹ Ergebnisse aus den Kognitionswissenschaften (Strube 2003; Rauh, Schlieder und Knauff 1996) zeigen, dass Menschen bei unterspezifizierten räumlichen Konfigurationen bestimmte Lösungen intersubjektiv einheitlich bevorzugen.

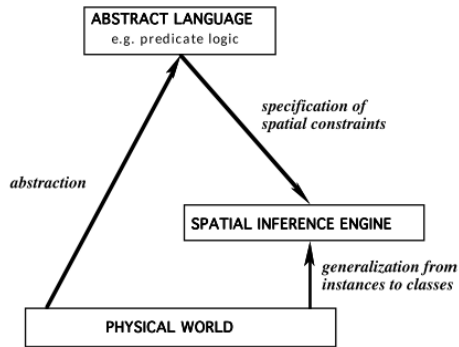


Abbildung 2.2: Abstraktion von der geometrischen Ausgangsinformation und körpergebundene Inferenz (Freksa 1991).

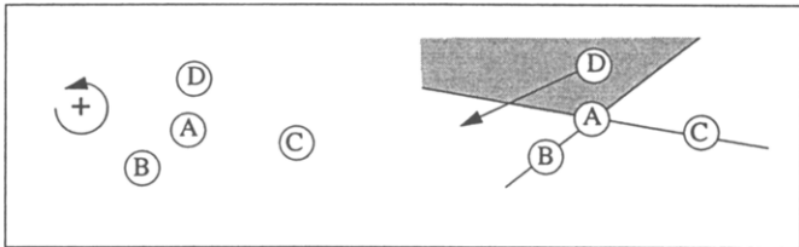


Abbildung 2.3: Nur durch die räumliche Orientierung der Punkte A, B, C und D ist die mögliche Lage von D auf den grauen Bereich beschränkt (Schlieder 1995).

rung von Objekten zueinander räumliche Konfigurationen unterscheiden lassen. Auf zwei Liniensegmenten in allgemeiner Lage lassen sich so 14 Anordnungen unterscheiden (vgl. Abb. 2.3).

Tab. 2.2 stellt die vier unterschiedenen Abstraktionsebenen zusammen und gibt Beispiele für ihre Repräsentation sowie mögliche Analysen.

Vor diesem Hintergrund lassen sich folgende weitere Anforderungen benennen, die eine geeignete Umweltrepräsentation erfüllen muss, in der sich Ausprägungen von Raumhandeln finden. Es muss möglich sein, (1) Ortsbewegung als routenbezogenes Mittel zur Integration von Einzeleindrücken zu einem Umgebungsraum abzubilden, d. h. zumindest die topologische Verbindung zwischen Sichträumen und ggf. auch das partonomische Verhältnis von Sicht- und Umgebungsräumen muss ausgedrückt

Ebene	Repräsentation	Analysen
Sprachliche Assoziation	Wissensgraph	z. B. Bestimmung kognitiver Anker
Topologie	Mobilitätsnetzwerke	z. B. Überlappung
Anordnung	Punktorientierung	z. B. Sichtbarkeit
Geometrie	Geo-Features	z. B. Flächenanteile

Tabelle 2.2: Abstraktionshierarchie räumlicher Information.

werden können. Darüber hinaus sollen (2) individuelle Besonderheiten im Raumhandeln in ihnen sichtbar werden, (3) diese Besonderheiten topologisch zueinander in Beziehung gesetzt und ggf. ergänzende Information inferiert werden können. Individuelle Besonderheiten im Raumhandeln sollen sich (4) zu den sprachlichen Äußerungen über Raum in Beziehung setzen lassen.

2.1.3 Subjektzentrierte Umweltmodelle

Daran anschließend werden nun verschiedene einfache subjektzentrierte Umweltmodelle diskutiert, die eine Repräsentation individueller, körpergebundener Raumerfahrung ermöglichen. Dabei sind Ansätze interessant, die in einer handlungs- bzw. affordanzbezogenen Ontologie begründet liegen (vgl. Kap. 2.1.1) und dies mit Mobilität verbinden. Klassische flächenbezogene, intersubjektiv objektivierende Ansätze¹⁰ scheiden dabei von vornherein aus (Roche 2015).

Als frühestes Beispiel für ein geeignetes Modell kann das Inventar von Lynch (1960) gelten, dessen Modell der Kartierung von Stadträumen zum Zweck der Sicherstellung einer klaren und einfachen Nutzung dient. Beispiele für optimierende Designkriterien sind die Ermöglichung reibungsloser Ortsbewegung, die aktive Gestaltung der Dominanz und Reichweite von Landmarken sowie die Setzung geeigneter Namen und Bedeutungen von Orten. Insgesamt unterscheidet Lynch (1960) folgende Strukturelemente:

- Pfade (engl. *paths*), die Mobilität durch einen Stadtraum ermöglichen
- Ränder (engl. *edges*), die Wege segmentieren (z. B. markante Bruchlinien wie Bahnstrecken, die ihrerseits auf einer höheren Maßstabsebene wieder Pfade sind)

¹⁰ Häufig für automatische Extraktion von Strukturegularitäten genutzt, vgl. z. B. Schwering und Kuhn (2009).

- Distrikte (engl. *districts*), bei denen an jedem Punkt einer Stadt eine Konzeptzugehörigkeit angegeben werden kann (innerhalb vs. außerhalb)
- Verbindungsknoten (engl. *nodes*), die Pfade miteinander verknüpfen
- Landmarken (engl. *landmarks* oder *point references*), die zur Orientierung dienen
- Muster (engl. *patterns* oder *complexes*): Aggregat der o. g. Simplicizes

Dazu beschreibt Lynch (1960) Gruppen gleichartiger Elemente (z. B. Netzwerke von Pfaden, Cluster von Landmarken und Mosaik, ¹¹ d. h. es können Lücken auftreten) genauso wie Verknüpfungen unterschiedlicher Elementarten, die z. B. die verstärkende oder hemmende Wirkung der Platzierung von Landmarken für umgebende Stadtviertel symbolisieren. Insgesamt modellieren die Lynch'schen Strukturelemente also tatsächlich Mobilitätspfade und Mobilitätshindernisse zwischen Sichträumen in einer urbanen Gesamtstruktur (vgl. Abb. 2.4). Hauptzweck ist allerdings die Kartierung intersubjektiv empfundener visueller Brüche bzw. Ansätze zu deren Behebung und gerade nicht die Erhebung einer individuellen Ortstruktur. Großer Nachteil ist zudem, dass Lynch zwar Designkriterien, aber keine geeigneten Operationalisierungen zu ihrer Bestimmung angibt. Eine geeignete Datenbasis für die entsprechende Repräsentation einer Umwelt gibt es nicht.

Einsicht in individuelle Sichten auf Raum liefern kognitive Karten (Downs und Stea 1973). Es gibt Beispiele für Analysen kognitiver Karten durch aggregierte Überlagerung (Kremer, Lehmeier und Stein 2011; Montello u. a. 2003; Weichhart 1987). Die Methode lässt Probanden frei zeichnen und gibt kein Inventar an Strukturelementen zur Gliederung der Umwelt vor, sodass sie im Folgenden nicht weiter betrachtet werden soll.

Explizit auf die empirische Beobachtung von Mobilität zwischen symbolreichen Sichträumen (vgl. Abb. 2.5) ausgelegt und in der Informatik wohl rezipiert sind Image-Schemata (Johnson 1987, vgl. für die Informatik auch Raubal, Egenhofer u. a. 1997). Während Lynch (1960) mit kartographischen Elementen, also der Metapher des Überblickswissens, arbeitet, strukturieren Image-Schemata eine Abfolge von Sichträumen (engl. *topological reasoning*, vgl. Raubal, Egenhofer u. a. 1997), die Situationen in Entscheidungssituationen, aber auch Routenwissen repräsentieren können. Zu diesem Zweck werden verschiedene Grundformen benannt:

¹¹ Eigenschaften einer Tessellierung (vgl. z. B. Schlieder, Vögele und Visser 2001) sind nicht gefordert.

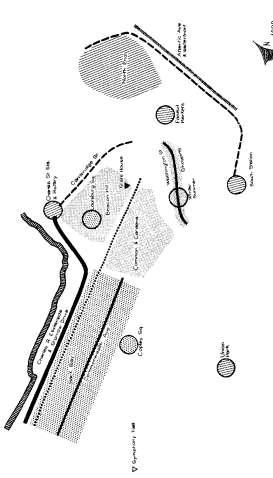


FIG. 37. The distinctive elements of Boston

FIG. 38. The visual form of Boston as seen in the field

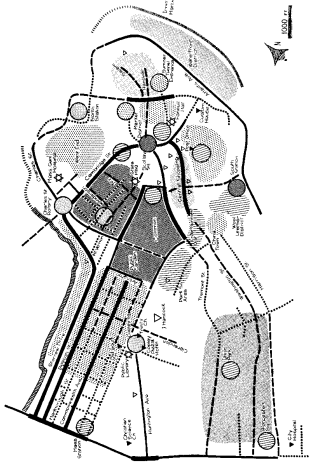
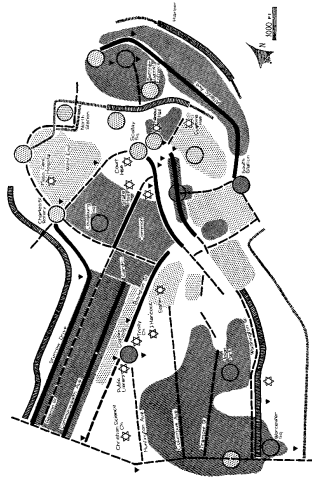


FIG. 35. The Boston image as derived from verbal interviews

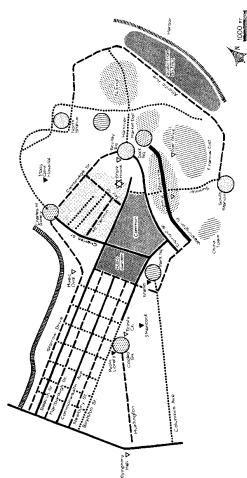


FIG. 36. The Boston image as derived from sketch maps

Abbildung 2.4: Mittels verschiedener Erhebungsmethoden erzeugte Image-Karten von Boston (Lynch 1960).



Abbildung 2.5: Abflughalle eines Flughafens als Beispiel für einen symbolreichen Sichraum bei Raubal, Egenhofer u. a. (1997).

- Objekt: jeder Gegenstand, auf den Bezug genommen wird
- Container: Gegenstand, der andere Gegenstände beinhalten kann (testbar mittels des Prädikats *in*)
- Oberfläche: Außenfläche eines Gegenstandes, über die mit dem Gegenstand interagiert werden kann
- Pfad: Bewegungsmöglichkeit in Richtung eines Objekts

Dazu kommt ein elaboriertes ontologisches Inventar an Relationen, mittels derer das Verhältnis der Grundformen zueinander beschrieben werden kann, wie z. B. Ermöglichung, Blockierung, Fixiertheit, Anziehungskraft, Teil – Ganzes, Gegenstück, Übereinstimmung, Verknüpfung, Überlappung, Kontakt oder Teilung, womit sich im Wesentlichen die räumliche Topologie (ähnlich zu topologischen Lagerrelationen) in einem Sichtfeld ausdrücken lässt. Daneben finden sich auch raumzeitliche Konzepte, die Abläufe repräsentieren, wie z. B. Prozess, Zyklus oder Wiederholung.

Image-Schemata haben eine interne Struktur und können beliebig kombiniert und verschachtelt werden, wodurch sie helfen können, Regularitäten in Handlungsabläufen und Prozessen zu beschreiben. Image-Schemata können als Übersetzungsrepräsentation zwischen domänenbezogenen Ontologien dienen oder um Ontologien in sensorisch-motorischer Raumerfahrung zu verankern (vgl. Kuhn 2007). Raubal, Egenhofer u. a. (1997) nutzen sie als Analysewerkzeug, um am Beispiel von Wayfinding auf einem Flughafen empirisch zu erheben, welche Kombinationen von Schemata häufig auftreten (z. B. Pfad, Verknüpfung und Oberfläche für eine zielgerichtete Bewegung).

Image-Schemata kombinieren eine ausgereifte Ontologie für Sichträume mit Möglichkeiten zur Mobilitäts- und Prozessanalyse. Topologische Information kann allerdings nur implizit über Relationen zwischen Image-Schemata angegeben werden. Eine Unterscheidung individueller Sichtweisen ist möglich (vgl. Kazig und Popp 2011). Allerdings gibt es kaum standardisiert zugreifbare Datenquellen. Kazig und Popp (2011) sowie Raubal, Egenhofer u. a. (1997) transkribieren vor der Analyse Sprachdaten, die während des Aufenthalts der Probanden vor Ort aufgezeichnet wurden. Dadurch ist allerdings eine gute Anschlussfähigkeit an Alltagssprache eröffnet.

Explizit inspiriert durch die Theorie der Angebote (Affordanzen) von Gibson (1982) ist die Idee der Space-Syntax (Hillier 2007, vgl. dazu auch Marcus 2015). Ziel dieser Forschungsrichtung ist neben der Beschreibung der räumlichen Konfiguration von Siedlungsgebieten ausdrücklich die Möglichkeit zur Prädiktion von Bewegungsverhalten (Bafna 2003). Aus-

gangspunkt ist hierbei die Beobachtung, dass Gesellschaft und räumlich-materielle Umwelt sich wechselseitig beeinflussen. Umwelt wird in diesem Zusammenhang als topologischer Graph modelliert, auf dem sich mittels geeigneter Metriken für Zugänglichkeit oder Erreichbarkeit räumliche Anordnungen, in denen es häufig zu zwischenmenschlichen Interaktionen kommen wird, von eher privaten Räumen unterscheiden lassen.

Übliche Repräsentationen bilden Überblickswissen ab. Bafna (2003) gibt eine Übersicht über Verfahren zur Erzeugung solcher Abbildungen.

- Konvexe Karten: Hierbei wird ein Bereich schrittweise partitioniert. Zunächst werden beginnend mit den größten Flächen alle Flächen, die unter dem Aspekt Zugänglichkeit relevant sind, abgegrenzt. Anschließend werden die Flächen verbunden, die einen unmittelbaren Zugang zueinander aufweisen.
- Achsenkarte: Wiederum werden zunächst alle längstmöglichen Sichtlinien eingezeichnet, die sich vom Blick aus einer Teilfläche durch zumindest einen Zugang ergeben. Diese Linien sind die Knoten, ihre Schnittpunkte Kanten eines Graphen¹² (vgl. Abb. 2.6).
- Isovisten: Dies ist die Abbildung eines Sichtfeldes von einem bestimmten Standort aus auf ein Polygon in einer Überblicksdarstellung. Grenzen des Polygons sind Gebäudeumrisse und andere Hindernisse sowie Sichtlinien (Meilinger, Franz und Bühlhoff 2012). Auch Isovisten können zur Definition eines topologischen Graphen genutzt werden (Franz und Wiener 2008): Knoten sind die Segmente der Außenlinie des Isovisten-Polygons. Zwei Knoten sind verbunden, wenn sie baulich verbunden sind (also nicht durch eine verdeckende Kante getrennt, vgl. Abb. 2.7).

Haupteinsatzgebiet der Space-Syntax ist die Analyse der Verständlichkeit räumlicher Konfigurationen. Eine Route mit wenigen Entscheidungspunkten ist kognitiv einfacher als eine mit vielen (vgl. Tversky 1993). Franz und Wiener (2008) geben ein einfaches Verfahren an, mit dem der Mittelpunkt von Freiflächen errechnet werden kann und evaluieren dies in einer Nutzerstudie. Space-Syntax liefert also eine topologische Struktur einer Umwelt nach Sichtbarkeitsabwägungen (Bafna 2003) und kann dadurch Bewegungsverhalten vorhersagen (Montello 2007).

Space-Syntax ist grundsätzlich subjektorientiert, indem standortbezogene Sichtlinien im Raum berücksichtigt werden. Durch den Rückgriff

¹² Diese Definition von Sichtachsen macht sich die von Gibson (1982) postulierte verdeckende Kante zunutze, die bei Navigationsaufgaben auf kürzestem Weg angesteuert wird.

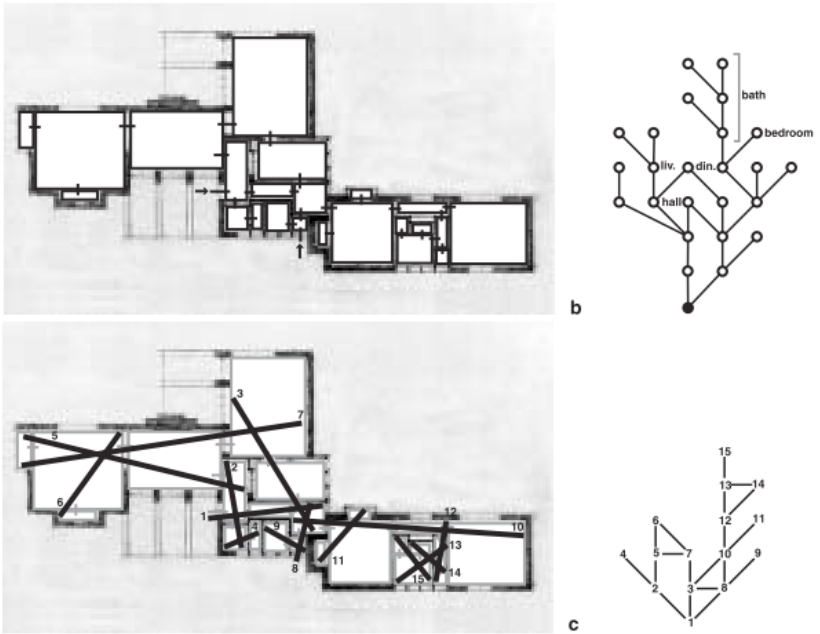


Abbildung 2.6: Resultierende Abbildung eines Gebäudeplans als konvexe Karte (b) und als Achsenkarte (c) (Bafna 2003).

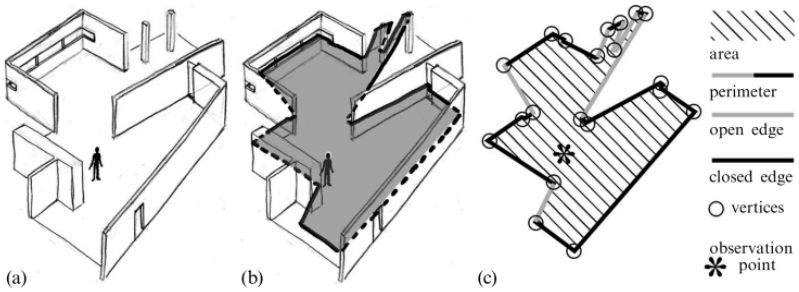


Abbildung 2.7: Abbildung eines Sichtfeldes auf ein Isovisten-Polygon (Franz und Wiener 2008).

auf kognitive Universalien können allerdings individuelle Unterschiede bei der Lösung einer Aufgabe nicht erklärt werden (Montello 2007). Standardisiert zugreifbare Daten sind nicht vorhanden; Isovisten beispielsweise werden aus 2D-Modellen anhand der Gebäudegrenzen oder unter Berücksichtigung der Topographie aus 3D-Stadtmodellen errechnet.

Zur Lösung und Visualisierung von Navigationsaufgaben werden Straßennetzwerke eingesetzt (Miller und Shaw 2001). Diese abstrahieren Umwelt auf die reine topologische Information von öffentlichen Wegen. Sie werden als Graph repräsentiert, dessen Knoten Verknüpfungspunkte von Wegsegmenten sind, die die Kanten darstellen. Für den Einsatz in Assistenzsystemen ist an die Kante häufig neben einer allgemeinen Kostenfunktion (z. B. Distanz oder Staugefahr) häufig auch die genaue Weggeometrie annotiert. Kanten sind gerichtet, um etwa Einbahnstraßen abbilden zu können. Spezifische Netzwerke je Fortbewegungsart (z. B. zu Fuß, Fahrrad, ÖPNV, Auto) können untereinander verknüpft sein. An Netzwerksegmente können andere, nicht netzwerkbezogene Daten (z. B. über umliegende Aktivitätsmöglichkeiten) annotiert sein.

Durch die Repräsentation als Graph können beliebige Graphmetriken (vgl. z. B. Bandelt und Chepoi 2008) auf sie angewendet werden. Dies kann genutzt werden, um konvexe Subgraphen zu ermitteln, die Ereignispunkte generalisieren (vgl. Schlieder und Kremer 2011). Maße aus der Analyse von sozialen Netzwerken (*social network analysis*) können verwendet werden, um z. B. mittels der Betweenness-Zentralität häufig frequentierte Entscheidungspunkte vorherzusagen (Park und Yilmaz 2010). Zusätzlich zur rein topologischen Information lassen sich bei Vorliegen der genauen Weggeometrien entlang der Kanten im Bedarfsfall durch Extraktion der räumlichen Orientierung (vgl. Schlieder 1995) räumliche Anordnungen berücksichtigen.

Straßennetzwerke sind damit dezidiert für die Unterstützung von Ortsbewegung optimierte, sehr einfache und gut verstandene topologische Repräsentationen von Umwelt (Miller und Shaw 2001), bei denen nutzerspezifische Sichtweisen durch Auszeichnung einzelner Elemente berücksichtigt werden können (Gartner 2012). Sichträume werden nicht erfasst, allerdings können Affordanzbereiche an den Graphen annotiert werden. Großer Vorteil ist, dass geometrische und semantische Daten über standardisierte Schnittstellen wie Google Maps¹³ bzw. Google Places¹⁴ oder Folksonomien wie osm global in hinreichender Qualität zur Verfügung

¹³ <https://www.google.de/maps>, 04.09.2015

¹⁴ <https://developers.google.com/places/>, 04.09.2015

stehen. Eine Anbindung an Alltagssprache ist nur über Ortsnamen möglich.

2.1.4 Vergleich möglicher Umweltrepräsentationen

Es lässt sich nun die Eignung der vorgestellten Repräsentationen von Umwelt bezüglich der eingangs in Kap. 2 beschriebenen Anforderungen bewerten (vgl. Tab. 2.3).

Die vorgestellten Basisrepräsentationen lassen sich in erster Instanz nach dem gewählten Forschungsansatz einteilen. Während City-Images und Image-Schemata auf empirischen Erhebungen beruhen, bei denen (auch) Interviews mit Probanden geführt werden, aus denen die raumbezogene Information extrahiert wird, lassen sich die Primärkonstrukte von Space-Syntax (z. B. Achsenkarte + Isovisten) und Straßennetzwerken automatisch aus Feature-basierten Geodatenbanken (z. B. Folksonomien) ableiten. Elemente können dann nachträglich vom Nutzer angepasst werden.

Bezüglich der Integration von Sichträumen zu Umgebungsräumen durch Bewegung wählen die vier Beispiele unterschiedliche Ansätze. So fokussieren Image-Schemata auf die Repräsentation der Ansicht und erlauben Modellierung von Ortsbewegung nur implizit über Verknüpfungen. Die übrigen Ansätze arbeiten mit Kartendarstellungen. City-Images modellieren mit Landmarken zwar visuelle Orientierungspunkte für Pfade, gehen aber auf lokale Sichträume vor Ort nicht ein. Space-Syntax nutzt Sichtbeziehungen lediglich zur Generierung möglicher Bewegungspfade; Straßennetze abstrahieren völlig von Ansichtsinformation. Beide letztgenannten Ansätze repräsentieren allgemeine Aufenthaltsorte (im Sinne von Scheider und Janowicz 2010);¹⁵ Zielbereiche¹⁶ von Ortsbewegung können nur indirekt über Zuordnung eines Teilgraphen (z. B. einer Kante) erfasst werden.

Topologische Inferenz ist bei City-Images nicht vorgesehen. Bei entsprechender Formalisierung ist wie bei Image-Schemata ontologische Inferenz über den verknüpfenden Relationen möglich. Space-Syntax und Straßennetze erlauben den direkten Vergleich von Netzwerkpfaden.

¹⁵ Turner (2007) zeigt, dass sich durch Generalisierung Maße, die auf Achsenkarten definiert sind, auch auf Straßennetzwerken berechnen lassen.

¹⁶ Folksonomien mit standardisierten Datenschnittstellen wie osm lassen sich nutzen, um Netzwerke mit semantischen Attributen, z. B. Affordanzen (Codescu u. a. 2011) und Ortsnamen, zu annotieren.

Kriterium	City Image	Image-Schemata	Space-Syntax	Straßennetzwerk
Visuelle Aufmerksamkeit	Aufsicht	Ansicht	Aufsicht (projizierte Ansicht)	Aufsicht
Raumhandeln	zielgebundene Pfade	Verknüpfung von sichtbaren Teilpfaden	Sichtachsen	Weggeometrien
Raumsprechen	Generierung aus Interviews	Generierung aus Interviews	Anreicherung mit Ortsnamen/Affordanzen	Anreicherung mit Ortsnamen/Affordanzen
Subjektorientierung	Probandensicht	Probandensicht	Nutzerannotation	Nutzerannotation
Datenquelle	empirische Erhebung	empirische Erhebung	ableitbar z. B. OSM	ableitbar z. B. OSM

Tabelle 2.3: Bewertung der vorgestellten Umweltrepräsentationen bezüglich der genannten Anforderungen.

Auf die Weggeometrien lassen sich daneben Kalküle wie rcc (vgl. Randell, Cui und Cohn 1992) anwenden.

2.2 Modellierung von Ort

Auf der Grundlage der genannten Anforderungen an eine geeignete Umweltrepräsentation kann nun der für die Arbeit essentielle Ortsbegriff eingeführt werden. Zunächst werden zentrale Aspekte des Begriffs zusammengetragen (vgl. Kap. 2.2.1). Dazu werden auch sozialwissenschaftliche Quellen als Bezugsrahmen gesichtet, insofern diese im Rahmen geoinformatischer Anforderungsanalysen ebenfalls gelesen werden. Winter und Freksa (2012) rezipieren z. B. die reichhaltige Tradition der *Place Research* von Tuan (1977) bis Cresswell (2013). Die Berücksichtigung sozialwissenschaftlicher Literatur zum Thema Ort ist an dieser Stelle daher konsequent. Nach Benennung der wesentlichen Eigenschaften werden mögliche Operationalisierungen von Ort (Kap. 2.2.2) und Ansätze zur Extraktion von Ortsmodellen aus geeigneten Daten beschrieben (Kap. 2.2.3). Unter Berücksichtigung der gestellten Forschungsfrage wird auf bestehende Ansätze zur Messung von Ähnlichkeit zwischen Orten eingegangen (Kap. 2.2.4). Als Ergebnis wird eine Anforderungsanalyse für die Wahl einer eigenen Ortsmodellierung vorgelegt.

2.2.1 Beobachtete Aspekte von Ort

Bennett und Agarwal (2007) benennen es als die vorrangige Funktion eines Ortes (engl. *place*), eine Position (engl. *location*) anzugeben. Als Bezugspunkt für eine solche Ortsangabe dient dabei die Extension von physisch-materiellen Gegenständen (Scheider und Janowicz 2010), die innerhalb eines bestimmten Bezugsrahmens weitgehend lagestabil sind (Winter und Freksa 2012). Die Bezugnahme erfolgt dabei üblicherweise durch die Angabe geometrischer oder topologischer Relationen, evtl. auch zu bestimmten Konfigurationen oder Oberflächen dieser Gegenstände (Bennett und Agarwal 2007). Erst durch diese relationale Anordnung von Orten zueinander wird für Cresswell (2013) Raum definiert.

Für Tuan (1977) ist Ort jeder lagestabile Gegenstand, auf den wir aufmerksam werden. Das können genauso naturräumliche Elemente sein wie mit einer bestimmten Absicht konstruierte Symbole. Agnew (1987) unterscheidet daher neben der Position und der physisch-materiellen Struktur (engl. *locale*) die Bedeutung eines Ortes (engl. *sense of place*,

vgl. auch Cresswell 2013). Bedeutung und Symbolik sind neben Position und materieller Struktur konstitutiv für soziale, also intersubjektiv kommunizierte Anordnungen im Sozialraum (Schatzki 2002). Nach Relph (1976) sind es also neben der physisch-materiellen Ausstattung eines Ortes und seiner Bedeutung bzw. Symbolik Ausprägungen menschlicher Aktivitäten im Umgang mit ihnen, die sich beobachten lassen. Menschliche Aktivität und Orte verweisen dabei gegenseitig aufeinander: Orte ermöglichen Aktivitäten und Aktivitäten schaffen Orte (Roche 2015). Löw (2001) betont dabei die hohe emotionale Suggestivkraft von Orten (z. B. *Hier gefällt es mir nicht!*).

Individuelle Raumerfahrung

Ort wird zunächst durch die individuelle Raumerfahrung wahrnehmbar (Scheider und Janowicz 2010; Relph 1976).¹⁷ Die Ortswahrnehmung genauso wie die Zuweisung einer Bedeutung können dabei intersubjektiv abweichen; nicht alle Menschen interpretieren einen Ort auf dieselbe Weise (Löw 2001). Zudem gibt es individuelle Präferenzen für bestimmte Orte (Winter und Freksa 2012). Die Funktion eines Ortes bewegt sich dabei auf einer Skala zwischen offener sozialer Interaktion (vorderseitig) und Rückzugsräumen (hinterseitig, vgl. Giddens 1988). Das individuelle Ortsverständnis beruht also neben der Wahrnehmung auf Bewertung durch Kognition (Jordan u. a. 1998) und äußert sich vor allem durch sprachliche Bezugnahme (Roche 2015). Giddens (1988) und Relph (1976) weisen darauf hin, dass Ortsangaben (*Ich bin gerade in ...*) dabei auf unterschiedlichen Maßstabsebenen erfolgen können (vgl. hierzu Kap. 2.1.2).

Unbestimmtheit

Ortsangaben sind zumeist vage, unbestimmt und häufig alltagssprachlich formuliert (Vasardani, Winter und Richter 2013; Winter und Freksa 2012).¹⁸ Absolute Distanzmaße sind auf sie nicht anwendbar (Roche 2015). Selbst ohne die Angabe einer genauen Begrenzung können aber Aussagen über die Ähnlichkeit und innere Homogenität von Orten gemacht werden (z. B. *Das ist ja wie in ...*; vgl. Bennett und Agarwal 2007).

¹⁷ Einen Überblick über die Beteiligung der unterschiedlichen Sinne bei der Raumwahrnehmung gibt Rodaway (2002) aus humangeographischer Sicht.

¹⁸ Dadurch sind viele Ortsangaben in Ortsverzeichnissen (engl. *gazetteers*) nicht auffindbar, da diese zumeist nur offizielle Ortsnamen beinhalten (Vasardani, Winter und Richter 2013).

Soziale Aushandlung

Orte sind nach Roche (2015) die kleinsten zusammengesetzten Einheiten von Gesellschaft, die über die individuelle Bedeutung hinaus soziale Praxis und intersubjektive Repräsentationen tragen können. Lefebvre (1991) bezeichnet sie als *first foci* bzw. *nexuses*, die den Kontext für soziale Interaktion bereitstellen (Werlen 1997). Ein Ort ist immer zugleich das Ergebnis menschlicher Handlungen auf mehreren Ebenen (z. B. ein Haus bauen, sich mit anderen treffen, ein Grundstück umzäunen) als auch ihr Medium bezüglich einer Aktivität (z. B. schwimmen gehen, lesen, einkaufen; vgl. Löw 2001; Schatzki 2002; Scheider und Janowicz 2010; Werlen 1997). Insofern die Raumerfahrung intersubjektiv zwar unterschiedlich bewertet wird, aber auf sensorischer Ebene als solche als abgrenzbare Einheit erlebt wird, kann ein Ort in Sprache verhandelt werden (Lefebvre 1991). Dazu muss ein geeigneter Ortsname gewählt werden (Roche 2015). Dabei haben Orte, die sich auf eine deutlich erkennbare Landmarke beziehen, auch einheitlichere, besser bekannte Namen (Winter und Freksa 2012). Orte können einander überlappen (Lefebvre 1991; Tuan 1977), d. h. selbst vom selben Sprecher kann derselbe Standort als zu verschiedenen Orten gehörend beschrieben werden. Ein Ort auf der Maßstabsebene des Umgebungsraums (z. B. ein Stadtteil, vgl. Kap. 2.1.2) wird sprachlich häufig als Menge von Orten niedrigerer Maßstabsebene (z. B. aus dem Sichtraum) instantiiert (vgl. Löw 2001), die für ihn typisch sind.

Affordanz und Kontrolle

Insofern Orte Medium für menschliches Handeln sind, können sie bestimmte Handlungen ermöglichen oder erleichtern und andere erschweren oder verhindern (Lefebvre 1991; Löw 2001; Schatzki 2002). Für die Nutzungsansprüche (Schatzki 2002) des Einzelnen bietet ein Ort idealerweise ein homogenes Affordanzfeld (Gibson 1982; Tanasescu und Domingue 2008; Tanasescu 2007): Er kann im Alltag immer wieder auf die gleiche Weise genutzt werden und stabilisiert dadurch individuelle Routinen (Giddens 1988; Löw 2001; Scheider und Janowicz 2010). So bietet ein Markt zuverlässig am selben Ort die Möglichkeit zum Einkaufen, ohne dass sein Standort täglich neu ausgehandelt wird und ein potentieller Käufer immer wieder neu nach möglichen Angeboten suchen muss (vgl. Relph 1976).

Auch wenn Orte innerhalb bestimmter sozialer Regeln (z. B. administrativ, rechtlich oder ökonomisch) gestaltet werden, entscheidet die faktische Kontrolle über einen Ort, welche Handlungen unterstützt oder toleriert werden und welche nicht erwünscht sind (Löw 2001). Orte können also danach unterschieden werden, wessen Eigentum sie sind und wel-

cher Jurisdiktion sie unterliegen (Bennett und Agarwal 2007). Die Körperlichkeit des Menschen (vgl. Kap. 2.1.2) spielt dabei insofern eine wichtige Rolle, als eine bestimmte physisch-materielle Anordnung bestimmte Handlungen effektiv unterbinden kann (Bourdieu 1991; Giddens 1988; Löw 2001). So ermöglicht ein Gefängnis durch seine physisch-materielle Anordnung (z. B. Mauern) und die soziale Kontrolle (z. B. durch ununterbrochene Überwachung) disziplinierenden Freiheitsentzug (Giddens 1988).

Wie aus der Gestaltung eines Ortes abzulesen ist, welche Handlungen dort möglich sind, ist soziokulturell erlernt (Löw 2001; Schlottmann 2007). Dies führt dazu, dass die physisch (d. h. über Sinneswahrnehmung) erlebbare Komponente von Ort häufig den Anschein des Natürlichen erweckt (Bourdieu 1991) und als unzweifelhafter Beleg für ein Argument verwendet wird (vgl. Kremer 2013). Durch die physisch-materielle Anordnung und die sozialen Regeln können soziale Gruppen mit einem bestimmten Nutzungsanspruch an einen bestimmten Ort dauerhaft benachteiligt sein (Löw 2001).¹⁹

Zeitaspekt I: Veränderung

Widerspricht die gegenwärtige physisch-materielle und soziale Struktur eines Ortes dem Nutzungsanspruch bestimmter Menschen, können Anstrengungen unternommen werden, den Ort entsprechend umzugestalten. Für den Einzelnen dient diese Veränderung der räumlichen Struktur dazu, Erwünschtes schnell erreichen zu können und Unerwünschtes auf Distanz zu halten (Bourdieu 1991). Dies kann implizit (nachfragegetrieben) durch einzelne Handlungen geschehen, die die bestehende Angebotsstruktur eines Ortes neu nutzen (Schatzki 2002). In diesem Fall werden Orte mit der Zeit kontinuierlich transformiert (Roche 2015), ohne dass zwingend die physisch-materielle Anordnung umgestaltet werden muss (Lefebvre 1991), etwa wenn Kirchenbauten anstelle spiritueller nun einer kulturellen Nutzung unterliegen (Bauer 2011). Es kann aber auch zu einem harten Bruch mit der Vornutzung kommen (vgl. Crouch 2003), indem (angebotsgetrieben) beispielsweise eine vormalige Durchgangsstraße für den Verkehr gesperrt wird. Die Veränderung der physisch-materiellen Anordnung (z. B. durch Gebäudeabbrüche oder Straßenbau) ist im Vergleich zur Veränderung der sozialen Regeln mit höheren Kosten verbunden (vgl. Bourdieu 1991), was die Persistenz bestehender Strukturen bedingt.

¹⁹ Ein Beispiel ist die Rauman eignung Jugendlicher, die sich oft der Regulierung zu entziehen versucht (vgl. hierzu Landolt 2010).

Bei der Wahl eines Ortsnamens fällt auf, dass Sprecher Orte mitunter anhand ihnen wohl bekannter früherer Nutzungen bezeichnen (Löw 2001; Kremer 2013), die die aktuelle Ortsstruktur nicht mehr zwingend erlaubt. Insofern auch diese Erinnerung an Orte zwischen Sprechern geteilt werden kann, spricht Hebbert (2005) im Sinne von Nora u. a. (1997) von den Straßen als Erinnerungsorten.²⁰

Zeitaspekt II: Bewegung

Für Handlungssequenzen in einem kürzeren zeitlichen Rahmen werden Orte durch körperliche Bewegung integriert (Agnew 1987; Curry 2002). So kann zunächst auf der Bank Geld abgehoben werden, um anschließend Einkäufe zu tätigen und dann nach Hause zurückzukehren. Neben Alltagsmobilität umfasst dies auch die Rauman eignung unbekannter Orte (vgl. detailliert Kap. 2.4). Ein allgemeiner Ort (engl. *place medium*) ist nach Scheider und Janowicz (2010) die Gesamtheit aller Positionen, die durch körperliche Bewegung erreicht werden können. Auch routinierte Bewegungssequenzen können sich über die Zeit verändern, etwa indem Routinen geändert werden oder der Aktionsraum vergrößert oder verkleinert wird (Löw 2001).

Orte als Kontext

In der Summe der bislang beschriebenen Eigenschaften kann Ort als Kontext verstanden werden (Goodchild 2011; Roche 2015; Tanasescu und Domingue 2008), der von den tatsächlichen materiellen und sozialen Strukturen abstrahiert und damit die Komplexität für die Abschätzung der Nutzbarkeit eines Ortes für bestimmte Handlungsabsichten reduziert (Löw 2001). Dies betrifft insbesondere Abschätzungen der Konzeptzugehörigkeit (*Ist das ein Ort zum ...*) und qualitative Distanzschätzungen (*Von hier ist es nicht mehr weit nach ...*; vgl. Agarwal 2005b). Durch die Verankerung von Orten an gut erkennbaren Gegenständen (Couclelis u. a. 1987) und die Abstraktion von absoluten Distanzmaßen setzt sich z. B. ein Stadtraum für die individuelle Wahrnehmung eher aus einem Netzwerk verbundener Orte als aus flächenhaften Gebieten zusammen (Roche 2015, vgl. auch Escobar 2001). Dieses Netzwerk an Orten in einem Stadtraum für seine Zwecke deuten zu können, nennt Roche (2015) *urban intelligence*, eine Fähigkeit, die nur in Abhängigkeit von dem oben beschriebenen soziokulturellen Hintergrund für eine Person als leicht oder schwer zu beschreiben ist.

²⁰ Für die Chronologie einer Veränderung auf Ebene geographischer Räume vgl. Dix (2002).

Insofern Aussagen über Ähnlichkeit zwischen Orten gemacht werden, ist der Bedeutungsüberschuss eines bestimmten Ortes für einen bestimmten Zweck immer im Kontrast zu anderen Vergleichsorten zu sehen (Winter und Freksa 2012), die diese Bedeutung in geringerem Maß oder auch gar nicht haben. Dies betrifft insbesondere auch die Wahl von Ortsnamen: Es wird die Bezeichnung gewählt, die den bezeichneten Ort in der Umweltwahrnehmung vor Ort, aber auch im sprachlichen Kontext am deutlichsten (salientesten) vom Hintergrund abhebt (Winter und Freksa 2012). *Wir treffen uns vorne am Brunnen!* setzt z. B. voraus, dass vorne und hinten bezüglich des gegenwärtigen Aufenthaltsortes klar ersichtlich sind und dass am Zielort der Brunnen im Kontext der umgebenden Szenerie klar als solcher zu erkennen ist.

2.2.2 Operationalisierung verschiedener Aspekte von Ort

Abgesehen von konzeptionellen Vorarbeiten (z. B. Jordan u. a. 1998; Bennett und Agarwal 2007) wird die Frage nach einer geeigneten Modellierung von Ort für die bessere nutzerbezogene Verarbeitung individueller ortsbezogener Information erst seit relativ kurzer Zeit gestellt (Winter, Kuhn und Krüger 2009). Ausgangspunkt ist die Beobachtung, dass menschliche Entscheidungen auf der Grundlage des komplexitätsreduzierenden Ortskonzeptes schnell und sicher getroffen und kommuniziert werden können. Dies macht die Implementierung in Assistenzsystemen, in denen zeitkritisch ortsbezogene Information übermittelt werden muss (z. B. in Notfällen), aber auch für eine bessere automatische Verarbeitung von Alltagssprache interessant (Winter und Freksa 2012). Eine Operationalisierung von Ort umfasst sprachliche und räumliche Ausprägungen von Ort sowie ihre Einordnung in eine Typologie (Goodchild und Hill 2008; Vasardani, Winter und Richter 2013; vgl. Abb. 2.8, siehe dazu auch Kap. 1). Roche (2015) ergänzt funktionale Kategorien (Affordanzbereiche) wie Wohnen, Arbeiten und Einkaufen,²¹ mittels derer sich Orte klassifizieren und bezeichnen lassen. Im Folgenden werden Ansätze vorgestellt, die diese drei Informationsarten für eine Operationalisierung von Ort nutzbar machen.

Sprache

Umfassende empirische Strukturanalysen zur Repräsentation der sprachlichen Ausprägungen von Ort geben Richter, Winter u. a. (2012) und Win-

²¹ Zu den Grunddaseinsfunktionen vgl. Maier u. a. 1977.

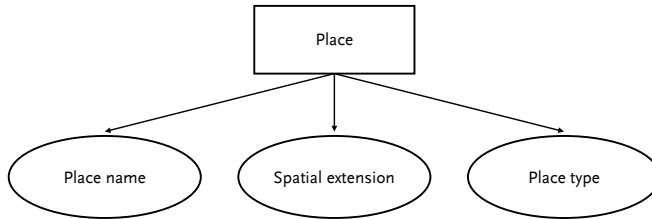


Abbildung 2.8: Ausprägungen von Ort (Vasardani, Winter und Richter 2013). Räumliche Extensionen werden im Folgenden als Geo-Extensionen bezeichnet.

ter, Kealy u. a. (2011).²² Ziel ist dabei die weitgehend automatische Interpretation auch komplexer natürlichsprachlicher Informationen über Orte im jeweiligen Kontext. Die Ortsbeschreibungen wurden manuell nach folgenden Kriterien kategorisiert:

- Typ: Position, Bewegungsrichtung, Route, nicht bezeichnet
- Bezugspunkt: Adresse, Geo-Feature, Ortsname, Funktion, individueller Bezug
- Granularität, orientiert an den vier Maßstabsebenen nach Montello (1993), vgl. auch Kap. 2.1.2
- Innen- vs. Außenbereich
- Relationstyp: qualitative vs. quantitative Entfernung, Orientierung, Topologie, relativer vs. absoluter Bezug, Bezug auf eine Landmarke

Allgemein bestehen Ortsbeschreibungen aus benannten oder unbenannten Orten und räumlichen Lagerrelationen zwischen ihnen. In 45 % der Fälle beinhalten sie hierarchische Strukturen (*Ich bin in ...*). Bezugspunkte in Ortsbeschreibungen beinhalten zu 55 % Adressangaben, weitere 20 % verweisen auf Landmarken, 13 % nennen Funktionen von Orten und 7 % Beschreibungen einer Ortsbewegung. Bezüglich der Maßstabsebene werden Bezugspunkte zu 46 % auf Straßenebene, zu 26 % auf Gebäudeebene und nur zu 8 % auf Stadtebene gesetzt.

Die gewählte Ortsbeschreibung hängt stark vom Kontext ab (Richter, Winter u. a. 2012; Winter und Freksa 2012). Unter anderen Voraussetzungen (z. B. der Kommunikationssituation: anderer Zweck des Gesprächs, anderer Gesprächspartner, ...) bezeichnen nicht nur verschiedene Personen, sondern auch dieselbe Person denselben Ort mitunter völlig anders

²² Einen Überblick über die bisher in dieser Forschungsgruppe geleistete Arbeit gibt die Seite <http://telluswhere.net/> (31.08.2015).

(Davies 2009). Ebenso können andere Voraussetzungen dazu führen, dass dieselbe Position in einem Fall als zu einem Ort zugehörig und in einem anderen Fall als nicht zugehörig betrachtet wird. Dies erschwert die Aggregation von Ortsangaben verschiedener Sprecher. Soziale Aushandlungsprozesse wirken dabei normierend, d. h. auch wenn dies nicht die persönlich bevorzugte Bezeichnung ist, gibt es Ortsbezeichnungen, die intersubjektiv gut verstanden werden. Schmid und Kuntzsch (2009) können daher prinzipiell eine hohe intersubjektive Kongruenz der Ortsbeschreibungen in Abhängigkeit vom Standort und der persönlichen Bekanntheit der Umgebung belegen.

Bennett und Agarwal (2007) unterscheiden vier linguistische Kategorien, die bei einer Extraktion von Ortsinformation aus Texten zu berücksichtigen sind:

- Ortsnamen (*Bamberg*)
- zählbare, klassifizierende Substantive (*Wald, Stadt*)
- verortende Präpositionalphrasen, durch die eine Position mit einem oder mehreren Ortsnamen in Bezug gesetzt wird (*das Haus links vom Rathaus*)
- Nominalphrasen, die den Ort über ein Zielprädikat, z. B. seine Funktion, genauer bezeichnen (*das Haus am Ende der Straße*)

Dazu kommen fünf Prinzipien für eine Begriffsbildung:

- Homogenität:²³ Abgrenzung über den größten zusammenhängenden Bereich, innerhalb dessen ein bestimmtes Prädikat erfüllt ist
- Kontrolle: Abgrenzung über rechtliche Eigentumsverhältnisse
- Nähe: Abgrenzung über ein bestimmtes Distanzmaß zu einer prototypischen Ausprägung (vgl. auch Davies 2009)
- Aggregat: Abgrenzung über eine Gruppe gleichartiger, unterscheidbarer Objekte (z. B. *Wald* statt *dicht stehende Gruppe von Bäumen*)
- Systemische Gruppe: Abgrenzung über einen Funktionszusammenhang zunächst völlig unterschiedlicher Einzelorte (*Flughafen*)

Bennett und Agarwal (2007) weisen darauf hin, dass die räumliche Relation *in* auf Orten je nach begrifflicher Abgrenzung unterschiedlich definiert sein kann. So ist *im Haus* (durch die bauliche Anordnung) klar abgegrenzt, während *im Wald* als Aggregat bezogen auf seine Einzelobjekte *unter/zwischen Bäumen* bedeutet.

²³ Zu den Gefahren dieses produktiven Prinzips im alltäglichen Sprachgebrauch vgl. Lippuner und Lossau 2004; Schlottmann 2005 und Kap. 2.3.2.

Geographische Argumentationsanalyse untersucht die Struktur raumbezogener Argumente und Schlussmuster in der Alltagssprache (Felgenhauer 2009; Kremer 2013; Pott 2007). Die Grundannahmen sind dabei an die bislang benannten Eigenschaften von Ort anschlussfähig (vgl. Kap. 2.2.1): Raum wird als begriffliche Kategorie betrachtet, die dazu dient, ein individuelles Weltverständnis in vereinfachter Form (Lippuner und Lossau 2004; Löw 2001) auf Basis eines körpergebundenen Inventars an Metaphern (Lakoff und Johnson 2008; Luckmann und Schütz 2003) zu kommunizieren.²⁴ Zur Beschreibung von Disparitäten wird Raum von Sprechern ähnlich zu Bennett und Agarwal (2007) als endlich und partitionierbar gedacht, seine Einheiten in ihren Eigenschaften als homogen und zeitlich konstant (Schlottmann 2007). Der Fokus liegt dabei meist auf der Untersuchung symbolisch verhandelter geographischer Räume, seltener auf Umgebungs- oder Sichträumen (für ein Beispiel siehe Kremer 2013).

Bei der Analyse lassen sich häufige, wiederholt auftretende Muster beobachten:

- territoriale Domestizierung: Körperlich erfahrbare Orte (Werlen 2008) dienen als unmittelbarer Beweis für eine Behauptung (Kremer 2013).
- homogener Container: Bestimmte Eigenschaften einer Person oder Sache werden aus deren räumlicher Herkunft gefolgert (Schlottmann 2005).
- Anthropomorphismus: Akteure in geopolitischen Konflikten werden personalisiert, was Aussagen über sie mittels Körpermetaphern erlaubt (Lakoff und Johnson 2008; Montello 1993).
- Zentrum-Peripherie-Metapher: Vertrautes oder Erwünschtes wird im Nahbereich und Fremdes oder Unerwünschtes im Außenbereich verortet (Schlottmann 2005).

Felgenhauer (2009) beobachtet anhand eines generalisierten Modells (vgl. Abb. 2.9), dass in vielen Fällen weder die Schlussregel, nach der eine Aussage über Orte zustande kommt, noch das Hintergrundwissen (der Kontext, z. B. vereinfachende Prinzipien nach Bennett und Agarwal 2007), auf deren Grundlage Schlüsse gezogen werden, sprachlich expliziert werden.

Für eine automatisierte Verarbeitung natürlicher Sprache ist also davon auszugehen, dass Kontextinformationen in vielen Fällen fehlen können.

²⁴ Dies steht in starkem Gegensatz zur Beobachtung objektiv messbarer Räumlichkeit in der geographischen Strukturanalyse.

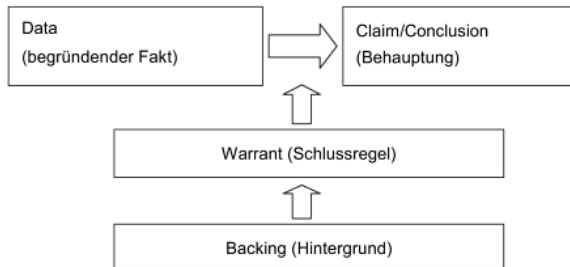


Abbildung 2.9: Zustandekommen systematischer Fehler beim Aufbau raumbezogener Argumente (Felgenhauer 2009).

Ein genauer Überblick über die Methoden und Verfahren zur automatischen Extraktion ortsbezogener Informationen aus Sprachdaten findet sich in Kap. 2.3.

Affordanzbasierte Ansätze

Affordanzbasierte Ansätze (vgl. Kap. 2.1.3) knüpfen unmittelbar an die Beobachtung an, dass die Einschätzung der Nützlichkeit eines Ortes unter einem bestimmten Aspekt, z. B. in einem bestimmten Handlungskontext, dazu führt, dass Menschen sicherer und schneller über Orte urteilen (Winter und Freksa 2012). Es wird daher vielfach versucht, eine Ortsbezeichnung durch eine explizite Modellierung des Handlungsziels, in dessen Kontext sie genannt wird, besser zu verstehen. Dazu müssen neben dem Sprecher und dem zu bezeichnenden Ort auch sein gegenwärtiger Aufenthaltsort und sein aktuelles Handlungsziel bekannt sein (z. B. *Finde den Weg von A nach B!* oder *Suche eine Gelegenheit zum Einkaufen!*, vgl. Cai 2007; Jordan u. a. 1998; Winter und Freksa 2012).

Jordan u. a. (1998) unterscheiden verschiedene Arten von Kontexten, die die Bezeichnungssituation beeinflussen:

- Handlungen: vor Ort vollzogene konforme bzw. abweichende Handlungen unterschiedlicher anwesender Personen²⁵
- Narrative: Reduktion einer standardisierten Erzählung auf einen Ortsnamen (*Tschernobyl*)
- Symbol: Reduktion eines Ortes auf eine Metapher (*Big Apple*)

²⁵ Die Eignung ist graduell und sicher ist auch die Toleranzschwelle je Mensch anders, ob er eine als ungewöhnlich erkannte Handlung trotzdem ausführt oder nicht (z. B. Skaten, Parcours).

- Kategoriebildung: Reduktion eines Ortes auf einen Typ (*Wald*)
- sozioökonomische Faktoren: mögliche sozial normierte Aktivitäten an einem Ort

Für die Nutzung in einem Assistenzsystem schlagen Winter und Freksa (2012) ein Ortsmodell vor, das durch Verfahren des maschinellen Lernens (vgl. Kap. 2.3.1) kontinuierlich an neue Daten angepasst werden kann. Dazu werden aus dem Kontext zunächst der thematische Handlungsrahmen sowie die Maßstabebene bestimmt. Anschließend können Ortsbeschreibungen im thematischen und maßstäblichen Kontext desambiguiert werden. Reicht die Ortsbeschreibung nicht aus, um einen Ort zweifelsfrei zu bestimmen, kann versucht werden, eine Lösung auf einer benachbarten Maßstabebene zu suchen (Zoomen).

Geo-Extensionen

Vasardani, Winter und Richter (2013) sowie Winter und Freksa (2012) geben eine Übersicht über mögliche Repräsentationen der Geo-Extensionen von Orten. Diese können relativ oder absolut angegeben werden.

- klassische geometriebasierte Ansätze
- graduelle Zugehörigkeit (engl. *fuzzy*)
- unscharfe Grenzen
- Ortsangabe relativ zu einem definierten Ankerpunkt

Klassische geometriebasierte Ansätze

Der Einfachheit halber werden Orte (z. B. bei punktförmigen Messdaten) als Punktkoordinate oder Polygon (im Aggregat die entsprechend Multi-geometrie) in einem bestimmten Georeferenzsystem angegeben. Zur Interpolation zwischen Messpunkten können Voronoi-Diagramme genutzt werden (Arampatzis u. a. 2006). Keine der bisher genannten Repräsentationen berücksichtigt allerdings die Unbestimmtheit des Ortsbegriffs (vgl. Kap. 2.2.1). Generalisierte Bereiche (etwa wenn eine Suchanfrage nicht eindeutig aufgelöst werden kann) können durch umschreibende Rechtecke (engl. *bounding box*) angegeben werden, die die Koordinaten möglicher Orte beinhalten. Inferenz auf Lagerrelationen (beispielsweise rcc8, vgl. Randell, Cui und Cohn 1992) wird unterstützt.

Teilweise Zugehörigkeit

Besser angenähert wird die Vagheit des Ortsbegriffs durch Ansätze teilweiser Zugehörigkeit. Repräsentationen sind meist grid-basiert (Weichhart 1987; Montello u. a. 2003; Kremer, Lehmeier und Stein 2011; Schockaert, De Cock und Kerre 2005): Für jedes Pixel kann in einem Bereich von 0 bis 1 der Grad der Konzeptzugehörigkeit angegeben werden (vgl. Abb. 2.10).

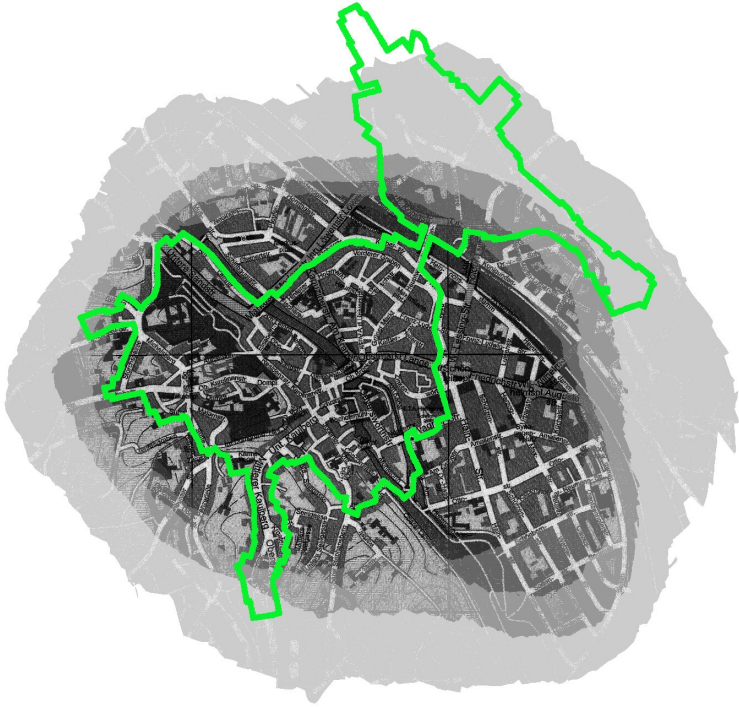


Abbildung 2.10: Graduelle Zugehörigkeit (Graustufen) zum Welterbkonzept am Beispiel der Stadt Bamberg, errechnet als Aggregat von Einzelzeichnungen im Stadtplan (engl. *sketch map*). Grün zum Vergleich die von der UNESCO anerkannten Welt-erbegrenzen, vgl. Kremer, Lehmeier und Stein (2011).

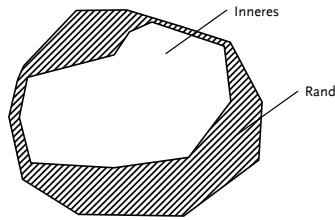


Abbildung 2.11: Ein Beispiel für unscharfe Grenzen sind breite Grenzen (Clementini und Di Felice 1996).

Unschärfe Grenzen

Die Grundidee von Repräsentationen mit unscharfen Grenzen ist immer, dass es eine innere Grenze gibt, die nach innen alle Bereiche abtrennt, die auf jeden Fall zum Ort gehören, und eine äußere Grenze, die alle Bereiche ausschließt, die definitiv nicht zum Ort gehören. Beispiele sind Rough Sets (Pawlak 1982), Supervaluation (Kulik 2001) und breite Grenzen (Eigelb, vgl. Abb. 2.11). Cohn und Gotts (1996) zeigen, dass Inferenz auf Lagebeziehungen möglich ist.²⁶ Bittner und Smith (2003b) abstrahieren von dieser Idee, insofern es einen Kern und eine äußere Grenze, dazwischen aber mehrere Projektionen gibt, die alternative Möglichkeiten zur Bestimmung der Grenze realisieren, die sich aber nicht bezüglich der Stärke ihrer Generalisierung ordnen lassen. In der Summe lässt sich für den Grenzbereich eine graduelle Zugehörigkeit in Abhängigkeit von der Zahl der Projektionen bestimmen, in denen ein bestimmter Punkt liegt.

Ortsangabe relativ zu einem Ankerpunkt²⁷

Für viele Anwendungsfälle ist es gar nicht nötig, eine genaue Lage des Ortes geometrisch angeben zu müssen (Winter und Freksa 2012). Die Grundidee bei diesem Verfahren ist es, Ortsangaben, die relativ zu bekannten Geo-Features gemacht werden, nicht aufzulösen, sondern nur die Lagebeziehung explizit anzugeben (Galton und Hood 2005). Kim, Vasardani und Winter (2015b) definieren dazu den Ortsgraphen, bei dem zwei Orte durch eine gerichtete Kante verbunden sind, die die Art der Lagerbeziehung angibt (vgl. Abb. 2.12).

Schlieder, Vögele und Visser (2001) abstrahieren mittels des Verbin-

²⁶ Bereits bei nur zwei Grenzen gibt es allerdings 46 unterschiedliche Lagerbeziehungen, die sich zu 13 Gruppen clustern lassen (Cohn und Gotts 1996).

²⁷ Zur Ankerpunkt-Hypothese vgl. Couclelis u. a. (1987).

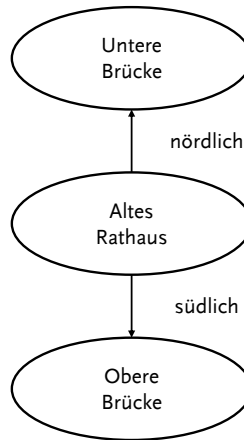


Abbildung 2.12: Einfaches Beispiel für einen Ortsgraphen (Kim, Vasardani und Winter 2015b).

dungsgraphen (engl. *connection graph*) von geometrischer Information. Benachbarte Orte werden durch eine gemeinsame Kante verbunden. Durch Enkodierung der Reihenfolge und Anzahl, in der sich die Kanten um einen Knoten anordnen, werden räumliche Konfigurationen definiert, die die mögliche Lage einzelner Orte zueinander einschränken.

2.2.3 Einfache Ortsmodelle

Für einfache, datengetriebene Ortsmodelle werden häufig informelle Ortsbeschreibungen mit Geo-Tags aus kollaborativen Diensten wie Twitter, Flickr oder Wikipedia (vgl. Goodchild und Hill 2008) genutzt. Ortsbewegung vor Ort wird dabei nicht berücksichtigt. Für eine gezielte, standardisierte Datenerhebung können diese Daten auch mittels Autofotografie oder Reflexiver Fotografie (Dirksmeier 2013) zum Einsatz kommen (vgl. Balomenou und Garrod 2014 oder Schlieder und Kremer 2011). Affordanzbereiche für bestimmte Aktivitäten, die in Tags zum Ausdruck kommen können (z. B. Sport) können mit den semantischen Attributen einer geeigneten Folksonomie abgeglichen werden (z. B. Tags in osm, vgl. Codescu u. a. 2011).

Häufig werden Tags (z. B. Ortsnamen) selektiert und die assoziierten Geo-Tags mittels raumzeitlicher Clusterverfahren aggregiert (Vasardani, Winter und Richter 2013). Girardin, Calabrese u. a. (2008) verwenden grid-

basiertes Clustering, Crandall und Snavely (2012) sowie Schlieder und Matyas (2009) distanzbasierte Cluster zur Berechnung von Dichtekarten der Nutzeraktivität. Bezogen auf Straßennetzwerke allgemein ist die Generalisierung der ermittelten Punktemengen durch die konvexe Netzwerkhülle möglich (Schlieder und Kremer 2011, vgl. hierzu Bandelt und Chepoi 2008).

Rein räumliche Clusteransätze sind ungenau, da nur anhand des Standorts Motivgleichheit unterstellt wird (vgl. Hollenstein und Purves 2010). So werden ggf. Bilder von unterschiedlichen Motiven zusammengefasst und Bilder desselben Motivs liegen in unterschiedlichen Clustern. Dies kann verhindert werden, indem Motive ggf. manuell annotiert (Schlieder und Kremer 2011) und anschließend alle Fotos eines Motivs aggregiert werden. Schlieder und Matyas (2009) abstrahieren von der Bildinformation und interpretieren ein Foto als Indikator für Interesse oder Aufmerksamkeit an einem bestimmten Standort (*spatial choice*). Crandall und Snavely (2012) nutzen Verfahren der automatischen Bildverarbeitung, um nicht nur Bilder mittels visueller Ähnlichkeit zu clustern, sondern auch um eine aggregierte 3D-Repräsentation der Motive aus den Daten abzuleiten.

Girardin, Calabrese u. a. (2008) zeigen, dass die Positionsdaten von Fotos mit gemeinsamen Tags aggregiert häufig in zusammenhängende Regionen liegen. Auf Flickr²⁸ werden Alpha Shapes (Edelsbrunner, Kirkpatrick und Seidel 1983) zur formtreuen Generalisierung von Punktemengen verwendet²⁹ (vgl. Hollenstein und Purves 2010). Schockaert, De Cock und Kerre (2005) geben zusätzlich für alle zum Cluster gehörenden Punkte den Grad ihrer Zugehörigkeit zum jeweiligen Ort an. Hollenstein und Purves (2010) nutzen geeignete volumenbasierte Schwellwerte von Dichte-Oberflächen (engl. *density surface*), um anhand der Tags in Fotosammlungen auch für vage Anfrageterme (z. B. *Stadtzentrum*) sinnvolle Grenzen zu bestimmen. Dalton (2006) verwendet für die Prädiktion von Nachbarschaften³⁰ einen Ansatz auf (topologisch strukturierten) Straßennetzwerken, indem er das Verständlichkeitsmaß aus der Space-Syntax (vgl. Hillier 2007) auf Achsenkarten anwendet.

Girardin, Calabrese u. a. (2008) nutzen zusätzlich den Zeitstempel der Fotos, um einen probabilistischen Transitionsgraphen zwischen Clustern zu erstellen (für die Extraktion von Orten aus Bewegungsdaten vgl. Kap. 2.4.3). El-Geneidy und Levinson (2011) nutzen diesen Graphen,

²⁸ <https://www.flickr.com/>, 13.09.2015

²⁹ <http://code.flickr.net/2008/10/30/the-shape-of-alpha/>, 13.09.2015

³⁰ Dies ist vergleichbar zur Vorhersage von Distrikten im Sinne von Lynch (1960).

um den *Place Rank* (analog zum *Page Rank*, vgl. Brin und Page 1998) von Orten zu berechnen. Ortsbezogene Soziale Netzwerke (engl. *location-based social network*) nutzen die individuellen raumzeitlichen Pfade der Nutzer, um Aussagen über Nutzerähnlichkeit zu machen (Zheng 2011; Zheng und Xie 2011). Nutzerpräferenzen für bestimmte Orte können auf Grundlage anderer Nutzereigenschaften erklärt werden (z. B. Stefanidis, Crooks und Radzikowski 2013). Wiederholte Kopräsenz, also die Anwesenheit unterschiedlicher Nutzer zur selben Zeit am selben Ort, kann genutzt werden, um Freundschaft oder zumindest Bekanntschaft der Nutzer mit hoher Genauigkeit vorherzusagen (Crandall, Backstrom u. a. 2010; Cranshaw u. a. 2010). Crandall und Snavely (2012) berichten, dass fünf Orte mit Kopräsenz für eine Genauigkeit der Prädiktion von 60 % ausreichen.

Assoziationsregeln (Hipp, Güntzer und Nakhaeizadeh 2000) stellen ein einfaches Mittel zur Extraktion von regelbasiertem Wissen aus Datenbeständen dar (vgl. Fayyad, Piatetsky-Shapiro und Smyth 1996) und lassen sich auch auf räumliche Datenbanken anwenden (Koperski und Han 1995). Aus der Gültigkeit bestimmter räumlicher Lagerrelationen zwischen Geo-Features lassen sich dabei weitere inferieren. Tan, Kumar und Srivastava 2004 untersuchen die Aussagekraft verschiedener Gütekriterien für die inferierten Regeln.

Die vorgestellten Modelle nutzen allesamt in großem Umfang Standard-APIs vorhandener Datenquellen und zeigen, wie aus ihnen ortsbezogenes Wissen abgeleitet werden kann. Ein entgegengesetzter Ansatz wird in der Debatte um ortsbezogene GIS verfolgt, wo die Standardisierung eines bestimmten Funktionsumfangs ortsbezogener Operatoren unabhängig von konkreten Datenquellen vorangetrieben wird (vgl. Kap. 2.3.4).

2.2.4 Ähnlichkeitsmaße auf Orten

Vagheit und individuelle Sichtweisen (vgl. Kap. 2.2.1 und 2.2.2) machen geeignete Ähnlichkeitsmaße auf Orten zur Bestimmung von Referenzgleichheit erforderlich. Ein weiterer Anwendungsfall ist die Suche nach strukturgleichen räumlichen Konfigurationen in einer anderen räumlichen Umgebung (engl. *place cloning*, vgl. Castello 2010 sowie Kiefer, Matyas und Schlieder 2007). Durch den Charakter als Kommunikationsobjekte mit Geo-Extension kommen sowohl semantische als auch räumliche Ähnlichkeitsmaße in Frage. Jones, Alani und Tudhope (2001) berechnen semantische Nähe in einem ontologischen Modell. Schlieder, Vögele und Visser (2001) können Nähe im partonomischen Nachbarschaftsgraphen (engl. *connectivity graph*) als Pfaddistanz zwischen räumlichen

Bezugseinheiten angeben. Einen Ansatz für ein kombiniertes Ähnlichkeitsmaß, bestehend aus semantischer Ähnlichkeit über Merkmalsvektoren und (räumliche) Relationen von Objekten zueinander, nutzen Schwing und Kuhn (2009). Einen Vergleich von Orten auf Basis ihres Image-Schema-Modells im Sinne einer (funktional) bedeutungstragenden räumlichen Konfiguration verwenden Rüetschi und Timpf (2005).

2.2.5 Anforderungsanalyse für das Ortsmodell

Für die Unterstützung einer gemeinsamen ortsbezogenen Verarbeitung von Sprach- und Bewegungsdaten wird ein Ortsmodell auf Basis einer der vorgestellten Umweltrepräsentationen (vgl. Kap. 2.1.4) benötigt. Orte sind dabei nicht ein physisch-materieller Umweltausschnitt, sondern eine individuelle, soziokulturell und handlungszielorientiert (aufgabenbezogen) eingeschränkte Sichtweise auf räumliche Umwelt und umfassen einen oder mehrere Ortsnamen und genau eine Geo-Extension. Für die vollständige Modellierung der individuellen Sichtweise eines Ortes sind folgende Eigenschaften zu berücksichtigen:

- Unbestimmtheit: Eine Geo-Extension kann für jeden in ihr gelegenen Punkt den Grad der Zugehörigkeit zum Ort angeben.
- Ortsbeschreibungen: Auf Orte kann außer über Ortsnamen auch indirekt Bezug genommen werden, z. B. über die relative Lage des Ortes zu gut identifizierbaren (salienten) Landmarken.
- Typen: Bezogen auf Handlungskontexte stellen Orte Funktionen oder Affordanzbereiche bereit.
- Dynamik: Beim Wechsel eines Handlungskontextes kann sich die Ortsdefinition auch für dieselbe Person ändern.
- Partonomische Gliederung: Orte höherer Maßstabebene (z. B. Umgebungsraum) umfassen Orte niedrigerer Maßstabebene (z. B. Sichtraum) und können durch diese definiert werden.
- Ähnlichkeit: Orte können jederzeit miteinander verglichen werden.
- Topologie: Verknüpfbarkeit von Orten zu einem Netzwerk; Orte sind verbunden, wenn sie ohne einen Umweg über andere Orte unmittelbar benachbart sind.
- Veränderung: Änderung der Lage und Bedeutung von Orten über die Zeit

Für die vorgestellten Umweltrepräsentationen lässt sich nun ihre Eignung zur Repräsentation einer Sichtweise auf einen Ort angeben. Besonderer

Modell	City-Image	Image-Schemata	Space-Syntax	Straßennetzwerk
graduelle Zugehörigkeit	—	— (Ansicht)	Anteil Zielisoviste	Netzwerkfüllen
indirekte Bezugnahme	nur Ankerobjekt	genaue Objektkonfiguration	topologische Nähe	topologische Nähe
partonomische Gliederung	Aggregation	Teil–Ganzes	Subgraphen	Subgraphen
Ähnlichkeit	— (kein Referenzrahmen)	topologisch, semantisch	topologisch, geometrisch, semantisch	topologisch, geometrisch, semantisch
Topologie	— (nur Aggregat)	— (Ansicht)	Sichtachsen	redundante Weggeometrien

Tabelle 2.4: Eignung möglicher Repräsentationen von Ort für die genannten Anforderungen.

Fokus soll dabei auf den für das Erleben von Stadträumen wichtigen Geo-Extensionen in Sicht- und Umgebungsräume liegen (vgl. Kap. 2.4.3). Geo-Extensionen lassen sich für alle vier Modelle angeben. Damit können sie in einem nächsten Schritt auf ihre unmittelbare Unterstützung der Anforderungen hin bewertet werden. Affordanzbereiche können über Eigenschaften der in der jeweiligen Repräsentation vorhandenen Strukturelemente abgebildet werden (u. a. explizit über die Relation *Ermöglichung* bei Image-Schemata). Dynamik lässt sich als handlungsbezogene Filterung bestimmter Affordanzen verstehen. Veränderung kann jeweils als iterative Modifikation des entsprechenden zustandsbasierten Modells realisiert werden. Tab. 2.4 gibt eine Einschätzung für die verbleibenden Charakteristika. City-Images eignen sich für die Repräsentation von Orten nur bedingt. Image-Schemata haben Stärken bei der affordanzbezogenen Modellierung komplex strukturierter Räume, können aber Bewegungsabläufe nur teilweise unterstützen. Ortsähnlichkeit kann bei Image-Schemata semantisch oder als topologische Graphähnlichkeit der beteiligten Strukturelemente errechnet werden. Space-Syntax hat Stärken bei der Repräsentation gradueller Zugehörigkeit, falls Orte über bestimmte Sichtbeziehungen definiert sind. Es kann angegeben werden, welcher Prozentsatz einer prototypischen Zielisoviste von einem bestimmten Standort aus eingesehen werden kann. Isovisiten unterstützen nur Bewegung entlang von Sichtachsen, was vom tatsächlichen Layout des öffentlichen Raums abstrahiert. Ortsähnlichkeit kann semantisch und durch Überlagerung von Isovisiten berechnet werden. Straßennetzwerke müssen zwar umgekehrt für die Modellierung von Sichtbeziehungen auf Zusatzdaten wie Fotos zurückgreifen, bieten aber durch exakte Weggeometrien eine gute Repräsentation des Straßenraums und durch redundante Weggeometrien (z. B. Gehsteig vs. Straße) Ankerpunkte für verschiedene Bewegungsarten. Ortsähnlichkeit kann semantisch und durch die Überlagerung der Weggeometrien entsprechender Subgraphen realisiert werden.

2.3 Sprechen über Orte

Vor einer Analyse von in natürlicher Sprache enthaltenen Ortsinformationen sind folgende Aufgaben zu lösen:

1. Akustische Spracherkennung³¹

³¹ In der vorliegenden Arbeit wird davon ausgegangen, dass bereits Textdaten vorliegen. Für einen Überblick über Verfahren der automatischen Spracherkennung vgl. z. B.

2. Erkennung von Georeferenzen (engl. *geoparsing*)
3. Extraktion von räumlichen Relationen zwischen Georeferenzen
4. Errechnen einer geeigneten Geo-Extension (engl. *Grounding*)

Diese Aufgaben können weitgehend automatisch (Kap. 2.3.1) oder manuell (Kap. 2.3.2) gelöst werden. Eine entsprechende Repräsentation ortsbezogenen Wissens vorausgesetzt, können der derzeit diskutierte Funktionsumfang ortsbezogener GIS (Kap. 2.3.4) und entsprechende Forschungsdesiderate (Kap. 2.3.5) beschrieben werden.

2.3.1 Automatische Extraktion ortsbezogener Information

Bei Extraktion der ortsbezogenen Information sind zwei Teilaufgaben zu unterscheiden:

1. eine linguistische, bei der aus natürlicher Sprache mithilfe von Schlüsselwörtern und zugeordneten Satzgliedteilen (z. B. *das letzte Haus vor der Brücke*) räumliche Information extrahiert wird
2. eine formale, bei der die extrahierten Informationen zu Inferenzzwecken auf ein geeignetes Modell (engl. *spatial calculus model*) abgebildet werden, das das Ableiten von Wissen auf Basis geeigneter räumlicher Kalküle erlaubt (Kordjamshidi u. a. 2012).

Geoparsing bezeichnet das Erkennen von Ortsnamen und anderen Georeferenzen in Texten, sowie ihre formale Repräsentation (Goodchild 2011; Jones, Purves u. a. 2008). Dies ist mithilfe von standardisierten Ortsnamenverzeichnissen (engl. *gazetteers*, vgl. Goodchild und Hill 2008) möglich. Regelbasierte, linguistisch motivierte Heuristiken helfen dabei, Ortsnamen von anderen Eigennamen zu unterscheiden (Jones, Purves u. a. 2008). Einfache Analysen basieren auf Bildung von Wortmengen auf Satzebene (engl. *word bag*, vgl. Ballatore und Adams 2015) und darauf aufbauenden Kookkurrenzanalysen (Jones, Purves u. a. 2008). Ballatore und Adams (2015) können so mittels Abgleich der gemeinsam mit bestimmten Ortsnamen auftretenden Begriffe mit der Ontologie WordNet-Affect³² ein Stimmungsbild extrahieren, das mit den Orten assoziiert wird.

Für eine automatische Erkennung von Ortbeschreibungen, bei denen die Lage von Orten relativ zu einem kognitiven Anker benannt wird (siehe Kap. 2.2.2), sind ein tiefer gehendes linguistisches Verständnis für die

Juang und Rabiner (2005).

³² <http://wndomains.fbk.eu/wnaffect.html>, 16.09.2015

Struktur der sprachlichen Information, ein geeignetes Modell und Methoden zu ihrer Extraktion nötig. Ein wesentlicher Träger von Ortsbeschreibungen sind dabei Präpositionalphrasen, die als Lokalangaben fungieren (Vasardani, Winter und Richter 2013).

Linguistische Struktur

Hois und Kutz (2008a) sowie Kordjamshidi u. a. (2012) beschreiben ein geeignetes Modell zur Repräsentation der in Ortsbeschreibungen enthaltenen Information (Abb. 2.14):

- *locatum*: das Element, dessen Lage beschrieben wird (auch Trajektor)
- *relatum*: das Element, das als kognitiver Anker verwendet wird, um die Lage des locati zu beschreiben (auch Landmarke oder Referenzpunkt)
- räumliche Modalität: das Verhältnis, in dem locatum und relatum stehen (auch räumlicher Indikator)

Eine räumliche Modalität kann von verschiedenen Wortarten indiziert werden, darunter Präpositionen, Adverbien, Adjektive oder durch bestimmte Verbmodifikatoren. Inhaltlich können durch sie (qualitative) Entfernungsangaben, funktionale Abhängigkeiten oder relative Positionen bezeichnet sein. Relatum und räumliche Modalität realisieren zusammen das Platzierungselement (engl. *placement*) eines locati. Linguistisch können locata durch beliebig viele Platzierungselemente bestimmt werden, wobei sich diese wechselseitig genauer beschreiben oder redundant paraphrasieren können (Hois und Kutz 2008a). Für eine exakte automatische Dereferenzierung des bezeichneten Ortes sind häufig Kontextinformationen nötig, die nicht immer unmittelbar aus den sprachlichen Äußerungen hervorgehen (vgl. Kap. 2.2.2). Hois und Kutz (2008a) sowie Howald und Katz (2011) benennen:

- Sprecher und Gesprächspartner: die genaue Position, Orientierung (Perspektive) im Raum
- Art der Bezugnahme: z. B. deiktisch, relativ, absolut oder durch Ortsnamen
- Art des beschriebenen Vorgangs: z. B. Zustand oder Bewegung
- Granularität der Aussage: Figuren-, Sicht-, Umgebungs- oder geographischer Raum (vgl. Montello 1993)
- Zusatzwissen über inneren Aufbau und Anordenbarkeit von Objekten im Raum
- Art des dargestellten Ereignisses: z. B. Wahrnehmung oder Bericht

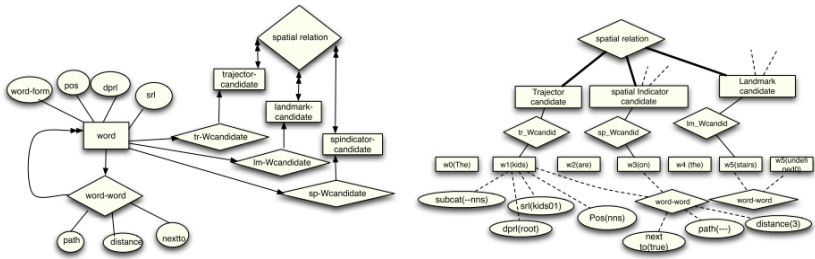


Abbildung 2.13: Beispiel für die musterbasierte Erkennung von Ortsinformation auf Satzebene anhand der auftretenden Wortarten (Kordjamshidi u. a. 2012).

- Art des pragmatischen Rahmens: z. B. Erläuterung oder Hintergrundinformation

Ausgehend von der Perspektive des Sprechers kann das relatum mit seiner Position zusammenfallen oder gänzlich unbestimmt sein (Hois und Kutz 2008a). Einmal sprachlich gesetzte räumliche Kontextinformationen fungieren in vielen Fällen für nachfolgende Äußerungen als Bezugsrahmen (Persistenz, vgl. Howald und Katz 2011). Dadurch kann die Reihenfolge, in der Aussagen gemacht werden, für die Inferenz des Kontexts genutzt werden (Hois und Kutz 2008a). Auch präferierte mentale Modelle können zur Prädiktion des Kontexts bei unterbestimmten Äußerungen verwendet werden (vgl. Rauh, Schlieder und Knauff 1996).

Erkennung

Im einfachsten Fall können Ortsbeschreibungen direkt manuell aus Texten extrahiert werden (Richter, Winter u. a. 2012; Vasardani, Timpf u. a. 2013; Winter, Kealy u. a. 2011). Die automatische Erkennung von Ortsinformation in natürlichsprachlichen Texten (engl. *natural language processing*) fällt als Methode der Wissensgewinnung (Fayyad, Piatetsky-Shapiro und Smyth 1996) in den Bereich des maschinellen Lernens (Howald und Katz 2011). Das Gebiet des Text Mining beschäftigt sich dabei allgemein mit der Extraktion von Inhalten aus Texten (Feldman und Sanger 2007; Witten und Frank 2005). Die Extraktion der raumbezogenen Information aus natürlicher Sprache wird von Kordjamshidi u. a. (2012) als relationales Lernproblem formalisiert. Vorbedingung ist, dass auf den Texten eine automatische Wortarterkennung (engl. *part of speech tagging*) durchgeführt wurde. Eine Ortsbeschreibung kann dann als Muster definiert werden, für das auf Wortebene in einem Satz nach geeigneten Instanzierungen gesucht wird (vgl. Abb. 2.13). Prinzipiell kommen vorwiegend probabilis-

utterance	locatum	spatialModality	relatum
the armchair is almost directly to my right	armchair	RightProjectionExternal	me
with the table just in front of it	table	FrontProjectionExternal	it
further to the right a little bit in front is alliving room	living room	RightProjection + FrontProjection	—

Tabelle 2.5: Aus Beispieldaten generierte Datentripel (Hois und Kutz 2008a).

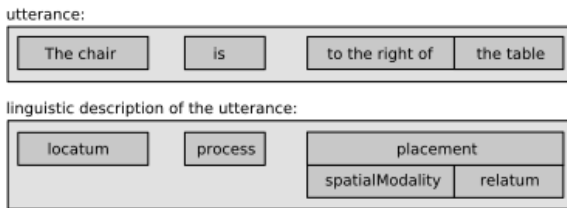


Abbildung 2.14: Modellierung räumlicher Information als Datentripel (Hois und Kutz 2008a).

tische Verfahren aus dem Kanon maschinellen Lernens in Frage, mit denen sich sprachliche Pfadabhängigkeiten berücksichtigen lassen (z. B. *Hidden Markov Models*, vgl. Howald und Katz 2011; Witten und Frank 2005). Das Ergebnis der Extraktion wird als Menge von Datentripeln dargestellt (vgl. Tab. 2.5 bzw. Abb. 2.14). Kordjamshidi u. a. (2012) berichten von einer hohen Rate an zu Unrecht als Ortsinformation erkannten Tripeln. Durch sekundäre Auswahlregeln auf der Kandidatenmenge lassen sich einige dieser Fälle ausschließen.

Zielrepräsentation und Inferenz

Um zusätzliches Wissen aus der Ortsinformation ableiten zu können, müssen die erkannten Muster in eine geeignete Zielrepräsentation überführt werden. Das Ableiten zusätzlicher Information durch Qualitatives Räumliches Schließen (vgl. Kap. 2.1.1) erfordert allerdings je nach Art der verarbeiteten Information unterschiedliche Kalküle wie z. B. für Topologie (Randell, Cui und Cohn 1992), Orientierung (relativ: Freksa 1992, absolut: Stein 2003) und Anordnung (Schlieder 1995). Hois und Kutz (2008a) schlagen daher ein Framework zur Unterstützung multiperspektivischer Logik auf Basis eines gemeinsamen Begriffsinventars vor. Als Ontologie

für die Wissensbasis wird GUM³³ genutzt, das Stärken bei der Ausdrucksmächtigkeit bezüglich der beschriebenen Kontextelemente (z. B. Mobilität, vgl. Hois und Kutz 2008b) hat und sich in Beschreibungslogik formulieren lässt. Vor der Nutzung eines geeigneten Kalküls zur Inferenz wird das Wissen in die entsprechende Repräsentation überführt (Hois und Kutz 2008b).

Allgemein definieren die extrahierten Datentripel einen Place-Graphen mit Orten (*locatum* bzw. *relatum*) als Knoten und räumlichen Relationen als gerichteten Kanten (Kim, Vasardani und Winter 2015b). Formal ist ein Place-Graph die räumliche Variante eines Eigenschaftsgraphen (engl. *property graph*), eines gerichteten, beschrifteten Multigraphen, bei dem Knoten und Kanten mit Zusatzinformation attribuiert sein können (Vasardani, Timpf u. a. 2013). Inferenz ist auch direkt auf dem Graphen möglich, insbesondere ein knotenbasiertes Zusammenführen verschiedener Place-Graphen unter Nutzung geeigneter Ähnlichkeitsmaße (z. B. *Similarity Flooding*, vgl. Melnik, Garcia-Molina und Rahm 2002). Mittels Graphkernen (engl. *graph kernels*, vgl. Vishwanathan u. a. 2010) können durch Aufsummieren über die Ähnlichkeit zwischen Zufallspfaden (engl. *random walks*) bestimmter Länge ganze Graphen global auf den Grad ihrer Übereinstimmung geprüft werden.

Kim, Vasardani und Winter (2015a) stellen ein Verfahren zur Generierung großer Place-Graphen aus im Web verfügbaren Datenquellen vor. Place-Graphen können jederzeit in ein geeignetes Ontologieformat überführt werden. In Frage kommen neben RDF³⁴ oder Topic Maps³⁵ auch DAML³⁶ oder DOLCE³⁷ (Agarwal 2005a).

2.3.2 Qualitative Inhaltsanalyse

Für eine vollständig manuelle Extraktion der Ortsinformation gibt es in den Sozialwissenschaften einen standardisierten Methodenfundus. Häufig eingesetzt wird die qualitative Inhaltsanalyse (Krippendorff 2012; Mayring 2010, für eine explizit linguistisch motivierte Variante vgl. Jäger 2004). Grundprinzip ist die schrittweise, entweder theoriegeleitete oder streng induktive (Glaser und Strauss 2009) qualitativ-typisierende Kategorisierung von zunächst manuell zu Text transkribierten Sprachdaten (vgl. Abb. 2.15).

³³ <http://www.ontospace.uni-bremen.de/ontology/gum.html>, 16.09.2015

³⁴ vgl. <https://www.w3.org/RDF/>, 23.02.2016

³⁵ vgl. <http://www.topicmaps.org/>, 23.02.2016

³⁶ vgl. <http://www.daml.org/>, 23.02.2016

³⁷ vgl. <http://www.loa.istc.cnr.it/old/DOLCE.html>, 23.02.2016

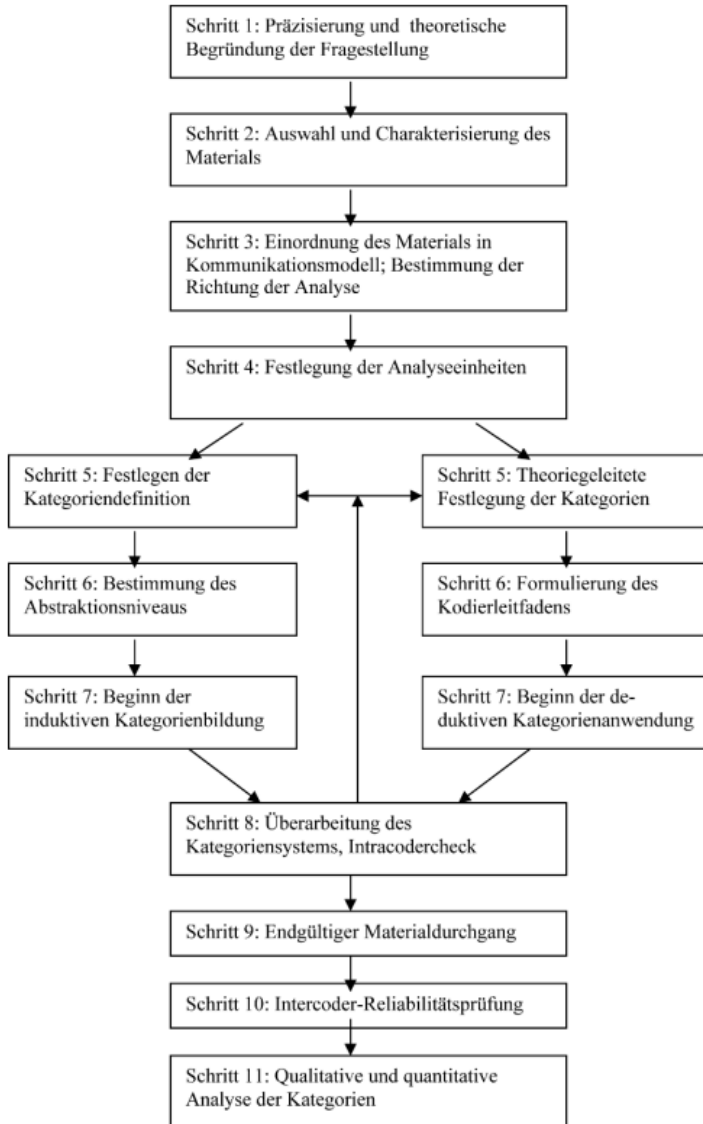


Abbildung 2.15: Allgemeines Vorgehen bei der qualitativ-typisierenden Kategorisierung von Inhalten (Mayring 2010).

Bei Videodaten können auch Kontextinformationen wie Mimik und Gestik berücksichtigt werden (vgl. Weihe u. a. 2008). Zur Kategorisierung werden in einem iterativen Prozess expandierende, reduzierende und strukturierende Phasen durchlaufen. Eine Kategorie repräsentiert dabei einen Auswertungsaspekt, für den es Vorkommen in den Daten geben muss, die einer bestimmten für diese Kategorie definierten Kodierregel entsprechen. Kategorien gruppieren sich zu einem Kategoriensystem, sind also hierarchisch strukturiert.

Graphbasierte Ansätze (d. h. beliebige Assoziationen zwischen Kategorien) sind trotz der hohen Kongruenz der genannten Strukturelemente (Kategorien, Kategorienhierarchie und Vorkommen) z. B. zu Topic Maps (Themen, Assoziationen und Vorkommen) in dieser Forschungsrichtung noch wenig verbreitet. Böhm u. a. (2002) nutzen etwa Topic Maps, um aus Texten einfache Kollokationsgraphen signifikant häufig gemeinsam auftretender Begriffe zu extrahieren. Ein Verfahren zur semiautomatischen Konstruktion von ortsbezogenen Begriffsnetzen explizit im Sinne der qualitativen Inhaltsanalyse legt Kremer (2007) auf der Basis von Assoziationsregeln (Hipp, Güntzer und Nakhaeizadeh 2000) vor.

Die Methode der qualitativen Inhaltsanalyse wird in der Geographie auf orts- und raumbezogene Fragestellungen angewendet (Felgenhauer 2009; Kremer 2013; Pott 2007; Schlottmann 2007). Inspiriert durch die Sprechakttheorie (Hindelang 2010; Searle 1982) steht dabei die Argumentationsanalyse der Aussagen eines Sprechers unter Rückgriff auf Semantik und Pragmatik³⁸ im Mittelpunkt. Davon inhaltlich zu unterscheiden ist die Diskursanalyse (Foucault 1991), die aus Kommunikationsakten die Strukturen und Regeln abzuleiten versucht, nach denen eine Gesellschaft (raumbezogenes) Wissen produziert (Glasze und Mattissek 2009; Schlottmann 2007), auch wenn das methodische Vorgehen in der Textarbeit häufig sehr ähnlich ist.

2.3.3 Automatische Verortung von Ortsbezeichnungen

Verortung von ortsbezogener Information ist die Abbildung und ggf. Visualisierung dieser Information auf einen Ausschnitt einer geeigneten Umweltrepräsentation, die in einem wohl definierten Georeferenzsystem oder kartographischen Bezugssystem vorliegen. Automatisiert wird dieser Vorgang vor allem im Kontext geographischer Informationsrückge-

³⁸ Für ein Basisinventar pragmatischer Kontexte, in denen raumbezogene Information verwendet werden kann (vgl. Howald und Katz 2011).

winnung (engl. *geographic information retrieval*) Grounding genannt (Jones, Purves u. a. 2008). Einfachste Möglichkeit ist das Nachschlagen eines Ortsnamens in einem digitalen Ortsnamenverzeichnis (engl. *gazetteer*; vgl. Goodchild und Hill 2008). Neben Kontextinformationen wie Typ und Bedeutung des Ortes finden sich dort auch geographische Koordinaten, die häufig aber nur als Punktkoordinate oder umschreibendes Rechteck (engl. *minimum bounding rectangle*) ausgeprägt sind. Digitale Ortsnamenverzeichnisse umfassen nur standardisierte, meist administrativ gebrauchte Ortsnamen. Daneben ist die Angabe einer prototypischen Punktkoordinate für ausgedehnte Ortslagen ebenso unbefriedigend wie die Angabe einer oberen Grenze für die ungefähre Lage eines Ortes.

Umgangssprachliche Ortsnamen oder Namen administrativ nicht abgegrenzter Regionen müssen indirekt, z. B. durch den thematischen Kontext, in dem sie auftreten, verortet werden. Neben den bereits vorgestellten Aggregationsverfahren auf Geo-Tags (vgl. Kap. 2.2.3) kommen vorrangig Modelle gradueller Zugehörigkeit (engl. *fuzzy membership*, vgl. Kap. 2.2.2) in Frage. Jones, Purves u. a. (2008) stellen einen Ansatz vor, bei dem Ortsnamen, die in den von einer Suchmaschine für einen bestimmten Anfrageterm (z. B. den Namen einer unscharfen Region) zurückgegebenen Dokumenten auftreten, einzeln in einem Ortsnamenverzeichnis nachgeschlagen und durch Kerndichteschätzungen (engl. *kernel density estimation*) zu einer Fuzzy-Oberfläche aggregiert werden. Dabei werden zunächst die den jeweiligen Orten zugeordneten Punktkoordinaten mit der Anzahl ihres Auftretens gewichtet. Dabei ist das Problem der Mehrdeutigkeit von Ortsnamen auf verschiedenen Ebenen zu lösen (Jones, Purves u. a. 2008):

- Mehrdeutigkeit des Referenten:
Verschiedene Orte haben denselben Namen.
- Mehrdeutigkeit der Referenz:
Verschiedene Namen verweisen auf denselben Ort.
- Mehrdeutigkeit des Referententyps:
Namen können Eigennamen oder Ortsnamen sein.

Anschließend werden durch Wahl eines geeigneten Entfernungsmaßes (z. B. Radius) und eines geeigneten Kerndistanzmaßes (z. B. quadratische Abnahme mit der Entfernung) alle innerhalb dieses Entfernungsmaßes liegenden Punkte in die Fläche extrapoliert. Mittels eines geeigneten Schwellwerts kann die graduelle Zugehörigkeit zu einem Polygon dichotomisiert werden. Durch das Hinzunehmen von nicht-räumlichen Begriffen zur Anfrage lassen sich Ausprägungen desselben Ortes in unterschiedlichen thematischen Kontexten ermitteln (Jones, Purves u. a. 2008).

Adams und Janowicz (2012) nutzen ein ähnliches Vorgehen zum Erstellen thematischer Fingerabdrücke für Orte. Dazu wird zunächst mittels Extrapolation durch Kerndichteschätzung für verschiedene nicht-räumliche Begriffe anhand der in ihrem Kontext auftretenden Ortsnamen eine globale Wahrscheinlichkeitsoberfläche ihres Auftretens errechnet. Es ist also bekannt, wie wahrscheinlich Topic A an Ort X ist. Anschließend können aus beliebigen Textdokumenten ihre bedeutungstragenden Begriffe extrahiert und durch Überlagerung der zugehörigen, zuvor errechneten Wahrscheinlichkeitsoberflächen Orte errechnet werden, die ähnliche Themenschwerpunkte wie die in den Texten genannten auf sich vereinen.

Für die Verortung von Ortsangaben, die sich (wie beim Place-Graphen) in ihrer Lage durch die Angabe räumlicher Relationen wechselseitig einschränken, stellen Vasardani, Timpf u. a. (2013) ein manuelles Verfahren zur Konstruktion einer (von ggf. mehreren möglichen) konsistenten räumlichen Konfiguration aus Ortsbeschreibungen in natürlicher Sprache vor.³⁹ Dabei wird wie folgt vorgegangen:

1. Platziere zunächst das *relatum*, das vermutlich die Anfrageregion beschreibt.
2. Platziere anschließend jeweils das nächste *relatum*, für das eine Position bekannt ist. Finde für alle *locata*, die mit diesem *relatum* über eine räumliche Relation verbunden sind, eine Lage, die die Relation erfüllt.
3. Wiederhole den Vorgang für alle *relata*. Falls ein *locatum* schon in einer früheren Iteration platziert wurde, überprüfe die Lage auf Konsistenz mit den neu hinzukommenden Relationen. Finde im Konfliktfall eine neue Lage, die alle Relationen des *locatum* erfüllt.
4. Alle getroffenen Entscheidungen werden in einem Entscheidungsbaum festgehalten, in dem im Fall nicht unmittelbar auflösbarer Konflikte nach alternativen Lösungen für früher getroffene Entscheidungen gesucht werden kann.

Alle Orte werden als Rechteck passender Lage repräsentiert. Abb. 2.16 zeigt ein Beispiel für die Verortung eines Place-Graphen.

Approximativ kann eine Verortung in Form einer räumlichen Konfiguration auch automatisch errechnet werden. Schockaert, Smart und Twaroch (2011) geben ein Verfahren an, das für *locata* aus den bekannten Lagerrelationen zu bekannten *relata* eine mögliche geometrische Lage ihrer Geo-Extensionen generiert. Durch iterative, zufällige Rekombination

³⁹ Falls es eine konsistente Lösung gibt; vgl. das NP -vollständige Problem der planaren Realisierbarkeit (Cohn und Renz 2007).

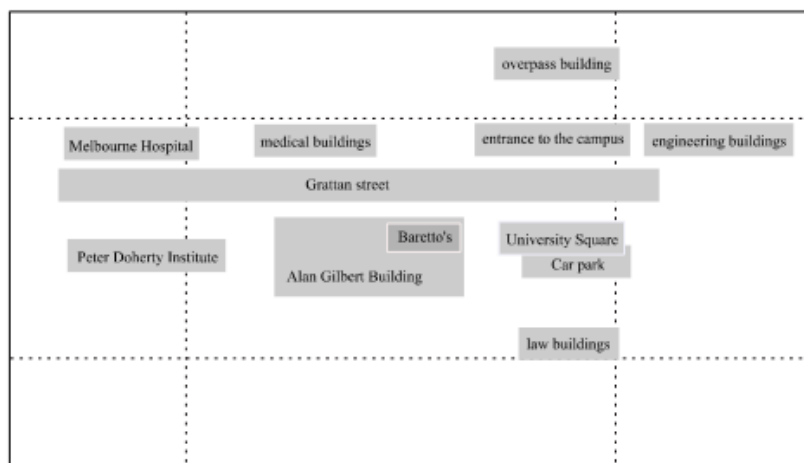
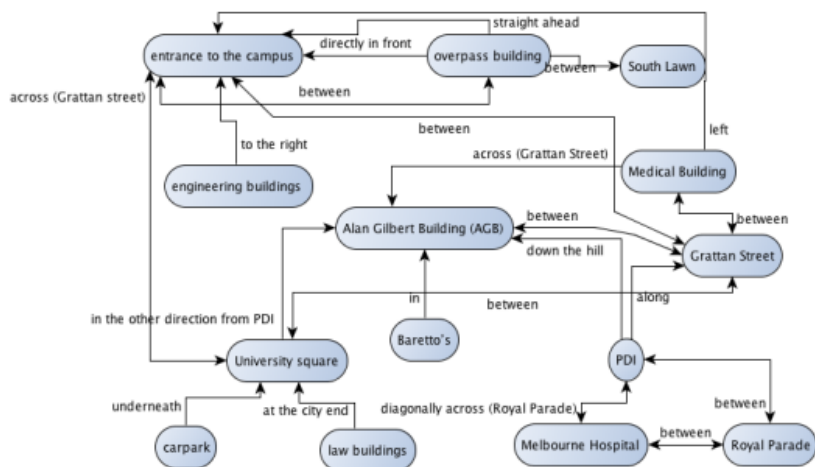


Abbildung 2.16: Place-Graph und konstruierte mögliche Verortung (Vasardani, Timpf u. a. 2013).

der gefundenen Lösung wird dabei der Lösungsraum so weit exploriert, dass nach Abschluss des Verfahrens wiederum für jeden Punkt der Fläche eine graduelle Zugehörigkeit zum *locatum* und damit eine Fuzzy-Oberfläche angegeben werden kann.

2.3.4 Ortsbezogene GIS

Derzeit nehmen Ansätze zur Implementierung erster Funktionen eines ortsbezogenen Geoinformationssystems konkrete Formen an (Roche 2015), das Forschungsgebiet als solches steht aber noch am Anfang (Gao u. a. 2013). Elwood, Goodchild und Sui (2013) benennen sechs Aufgaben eines ortsbezogenen GIS:

1. Unterstützung der Verknüpfung von Information auf der Basis von Ortsnamen anstelle von Positionsangaben
2. Klären des Funktionsumfangs
3. Welche Arten von vGI⁴⁰ können die Datenbasis für ein ortsbezogenes GIS bilden?
4. Welche Forschung im Bereich der Kognitionswissenschaften ist nötig, um die Funktionen eines ortsbezogenen GIS bereitzustellen?
5. Was ist ein geeignetes Datenmodell?
6. Wie soll mit (räumlicher) Unschärfe umgegangen werden?

Nach Vasardani, Winter und Richter (2013) sind im Wesentlichen zwei Fragen aus Nutzersicht besonders wichtig:

- Zu einem bestimmten Begriff (nicht zwingend ein Ortsname) ist eine geeignete Position (engl. *location*) zu ermitteln, an der er anzutreffen ist (vgl. hierzu auch Quesnot und Roche 2015).
- Ausgehend von einer bestimmten Position ist ein passender Ortsname zu ermitteln.

Inbesondere müssen nach Vasardani, Winter und Richter (2013) solche Systeme dazu zunächst ihre Fähigkeit unter Beweis stellen, sprachliche Ortsbeschreibungen adäquat verarbeiten zu können. Gao u. a. (2013) beklagen insbesondere die mangelnde Möglichkeit zur semantisch informierten Inferenz auf ortsbezogenen Daten und betonen ebenfalls die Bedeutung der Verarbeitung von Sprachdaten für die Erweiterung klassischer GIS um ortsbezogene Funktionen. Sie schlagen weitere Funktionen vor, die ein solches System anbieten müsste:

⁴⁰ Engl. *volunteered geographic information*, also von Freiwilligen, häufig Laien, erhobene Geodaten.

- Ortsbezogene Verbundoperation: Aggregatfunktionen (z. B. Summe oder Durchschnitt) auf räumlichen Datenbanken über Attribute mehrerer Orte, die durch ein topologisches Prädikat (z. B. *Teil von* oder *gelegen bei*) verbunden sind
- Ortsbezogener Puffer: topologische Pufferfunktion, die anstelle eines metrischen Bereichs benachbarte Netzwerkknoten oder partonomische Relationen nutzt
- teilweise/graduelle Überlappung von Orten anstelle eindeutiger partonomischer Hierarchien

Ob zwei Orte als benachbart aufeinander bezogen werden, hängt dabei von der Fortbewegungsart und der gewählten Betrachtungsebene ab (vgl. Montello 1993); Nähe kann auch durch rein semantische Ähnlichkeit der Orte (z. B. auf Basis von Kookkurrenzanalysen) definiert sein. Für den ortsbezogenen Join und den ortsbezogenen Puffer nennen Gao u. a. (2013) Beispiel-Implementierungen, die teilweise Überlappung von Orten wird als Desiderat beschrieben.

Eine automatische Verarbeitung und Nutzung ortsbezogener Information sind durch den Forschungsansatz von Kim, Vasardani und Winter (2015b), Vasardani, Winter und Richter (2013), Vasardani, Timpf u. a. (2013) und Winter, Kealy u. a. (2011) bereits folgende Aufgaben realisiert:

1. Theoretische Fundierung des Ortsbegriffs durch Analyse der Vorarbeiten
2. Eigene empirische Vorarbeiten zur Schärfung des Problemverständnisses
3. Automatische Extraktion ortsbezogener Information aus Sprachdaten
4. Aufbau eines Place-Graphen unter Nutzung von Relationen aus den Bereichen Richtung, Topologie, Anordnung und Entfernung
5. Fähigkeit zur Inferenz transitiver Relationen durch Kompositionstabellen für Topologie und Richtung
6. Repräsentation intersubjektiv unterschiedlicher Sichtweisen und Verfahren zum automatisierten Abgleich (engl. *matching*) und zur Zusammenführung (engl. *merging*)
7. Verfahren zur Verortung indirekt georeferenzierter Orte (*locata*)

Der automatisierte Abgleich erweitert dabei die bislang vorgestellten Ähnlichkeitsmaße auf Orten (vgl. Abb. 2.2.4). Der Abgleich unterschiedlicher Place-Graphen kann dabei auf verschiedene Weisen erfolgen:

- Übereinstimmung zwischen Knoten durch String-Matching

- Berücksichtigung von Synonymen bzw. paarweise Ähnlichkeit der semantischen Färbung (engl. *gloss vectors*, vgl. Patwardhan und Pedersen 2006) aller in den Ortsbeschreibungen auftretenden Begriffe; berücksichtigt wird die maximale beobachtete Ähnlichkeit.
- Berücksichtigung der Strukturähnlichkeit zwischen Knoten (Melnik, Garcia-Molina und Rahm 2002); Knoten sind umso ähnlicher, je mehr gleichlautend typisierte Kanten zu anderen Knoten sie besitzen; mehrdeutige Kanten verringern die Ähnlichkeit.

Das Zusammenführen der Graphen auf Grundlage der erkannten Übereinstimmung wird als Desiderat beschrieben, da entsprechende Regeln für das Zusammenführen der Knotenattribute und Kanten, an denen die Knoten beteiligt sind, zu entwickeln sind (vgl. Abb. 2.17).

Daneben gibt es Ansätze, Funktionen eines ortsbezogenen GIS in Wikis zu implementieren. Roche und Feick (2012) benennen die Anforderungen für einen solchen Ansatz, die übliche Wiki-Funktionen an den ortsbezogenen Fall anpassen:

- Für jeden Ort gibt es eine unbeschränkte Zahl an Geo-Features, die jeder Nutzer anlegen oder ändern kann.
- Der Aushandlungsprozess der Datengenerierung und -änderung ist offen nachvollziehbar (*history*).
- Entwicklungsschritte (*diffs*) müssen in geeigneter Weise visualisiert werden können, insbesondere bezüglich der Übereinstimmung bzw. Abweichung verschiedener Nutzer hinsichtlich ihrer getroffenen Setzungen eines Ortes.

Eine Implementierung findet sich z. B. in Priedhorsky (2010). Stein und Schlieder (2013) erweitern den Ansatz um eine Alterungsfunktion für Features, die kurzzeitig relevante Hindernisse für die Alltagsmobilität darstellen können (z. B. Baustellen oder Schneeverwehungen). Solche Features können von den Nutzern kartiert werden und werden nach einer bestimmten Zeitspanne automatisch inaktiv.

2.3.5 Auswirkungen der Verarbeitung von Sprachdaten auf das Ortsmodell

Unabhängig davon, ob das Ortswissen manuell oder automatisch aus Sprachdaten extrahiert wird, bieten sich graphbasierte Ansätze zur Modellierung dieses Wissens an. Der Place-Graph tritt als fünfte Variante (vgl. Kap. 2.2.5) neben die zuvor bereits benannten Repräsentationen, bei

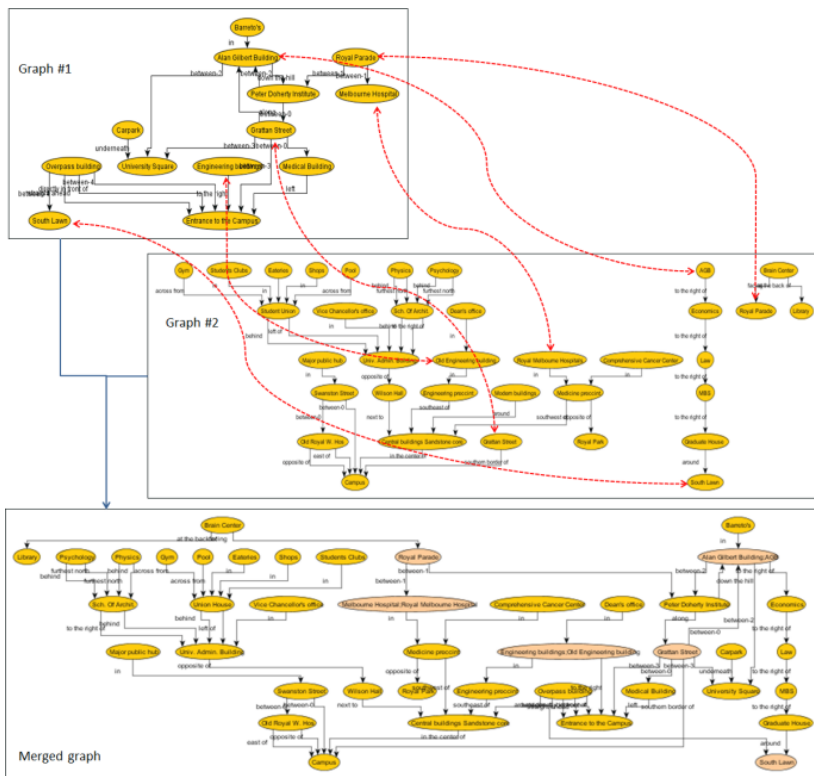


Abbildung 2.17: Zwei Place-Graphen und der aus ihrer Zusammenführung resultierende Graph (Kim, Vasardani und Winter 2015b).

der auf eine Modellierung einer Geo-Extension und damit auf das Feststellen einer Ausprägung in einer Umweltrepräsentation ausdrücklich verzichtet werden kann. Modelliert werden ausschließlich die sprachlichen Bezugnahmen auf Orte. Beziehungen zwischen Orten können aus Ortsbeschreibungen extrahiert und auf standardisierte Inventare von Relationen abgebildet werden, auf denen Kalküle zur Inferenz transitiver Relationen unterstützt werden.

2.4 Raumhandeln

Raumhandeln umfasst das Verfolgen eines Handlungsziels in einer Umwelt. Dabei werden Orte durch Ortsbewegung zu einer Handlungssequenz integriert (Amin und Thrift 2002; Cresswell 2010; Curry 2002, vgl. Kap. 2.2.1). Beobachtbare Aspekte sind neben dem durch sprachliche Äußerungen vermittelten Raumwissen (vgl. Kap.2.3) Bewegungsverhalten und räumliche Entscheidungen. Cresswell (2010) unterscheidet konsistent zur Beobachtung von physischem, sozialen und angeeignetem Raum bei Bourdieu (1991) bezüglich des Bewegungsverhaltens körperliche Bewegung, die Funktion einer Bewegung (Repräsentation) und die tatsächliche individuelle Ausführung (Praxis). Dabei lassen sich verschiedene Dimensionen von Bewegung hinterfragen (Cresswell 2010; Laube 2009):

- Wie schnell ist die Bewegung?
- Welchen Pfaden folgt die Bewegung?
- Welche wiederholten Sequenzen weist eine Bewegung auf (Anordnung)?
- An welchen anderen bewegten Personen oder Objekten orientiert sich die Bewegung (Schwarmverhalten)?
- Welche äußeren Ereignisse wirken auf die Bewegung ein?
- Warum bewegt sich jemand oder etwas?
- Von welcher Stimmung ist die Bewegung getragen?
- Welche Pfade werden bewusst wahrgenommen (Tunneleffekt)?
- Wie kommt eine Bewegung zum Abschluss (freiwillig, abrupt oder erzwungen)?

Die ersten vier Fragen lassen sich direkt aus Daten zum Bewegungsverhalten beantworten, wenn Daten in hinreichender zeitlicher Auflösung für mehrere Personen zur Verfügung stehen. Das Routenwissen über die Umwelt kann dabei gut durch Straßennetzwerke beschrieben werden

(vgl. Kap. 2.1.3). Äußere Ereignisse können von Sensoren stammen. Die übrigen Fragen können nur indirekt aus der sprachlichen Bezugnahme der Handelnden abgeleitet werden.

Im Folgenden werden zunächst Unterschiede im routinierten Umgang mit einer bekannten und der Neuaneignung einer bislang unbekanntem Umwelt beschrieben (Kap. 2.4.1 und Kap. 2.4.2). Anschließend wird die verfügbare Methodik zur Analyse von Bewegungsverhalten (Kap. 2.4.3) und zur automatischen Benennung interessanter Muster beschrieben. Zum Abschluss werden die für die Fragestellung der vorliegenden Arbeit nötigen Anforderungen benannt (Kap. 2.4.5).

2.4.1 Im Alltag

Routinierte Alltagsmobilität definiert den Aktionsraum (Friedrichs 1990) einzelner Menschen. Im Wesentlichen dient das Bewegungsverhalten dem effizienten Ortswechsel zwischen Standorten, an denen die eigenen Grunddaseinsfunktionen (darunter Wohnen, Arbeiten, Freizeit, Sich-Versorgen, Sich-Bilden, vgl. Maier u. a. 1977) vollzogen werden. Die Notwendigkeit zur Ortsbewegung (Am-Verkehr-Teilnehmen) kann als Grunddaseinsfunktion zweiter Ordnung beschrieben werden (Maier u. a. 1977).

Lange Zeit war es technisch nicht möglich, die alltäglichen Routinen einzelner Personen detailliert nachzuvollziehen. Heute bieten beispielsweise Daten, die in sozialen Netzwerken freiwillig zur Verfügung gestellt werden, Einblick in das individuelle alltägliche Bewegungsverhalten (Roche 2015). Durch die Nutzung von Smartphones haben die Anbieter von mobilen Funkzellen auch ohne Zustimmung der Nutzer Einblick in alltägliche Routinen. Daraus lassen sich zumindest Wohnort und Arbeitsstätte zuverlässig ableiten (Isaacman u. a. 2011; Millionig, Brändle u. a. 2009; Zhu, Zheng und Yang 2011).

GIS-gestützte Analysen versuchen, die sprachliche Schilderung der Alltagserfahrungen mit Aktionsräumen in Verbindung zu setzen (Mennis, Mason und Cao 2013; Orłowski 2011). Mennis, Mason und Cao (2013) verbinden damit eine Analyse der emotionalen Bewertung von Standorten (vgl. Abb. 2.18); Orłowski (2011) versucht zu ermitteln, welche Faktoren bei Arbeitslosen zu einer erheblichen Einschränkung ihres Aktionsraums führen. Beide Ansätze abstrahieren bzw. anonymisieren, da bei hinreichender raumzeitlicher Auflösung der eigene Aktionsraum eine Person identifizierbar macht. Aufenthaltsschwerpunkte über den Alltag hinaus (Aktionsreichweite) lassen sich z. B. mittels der Bewegungsspuren

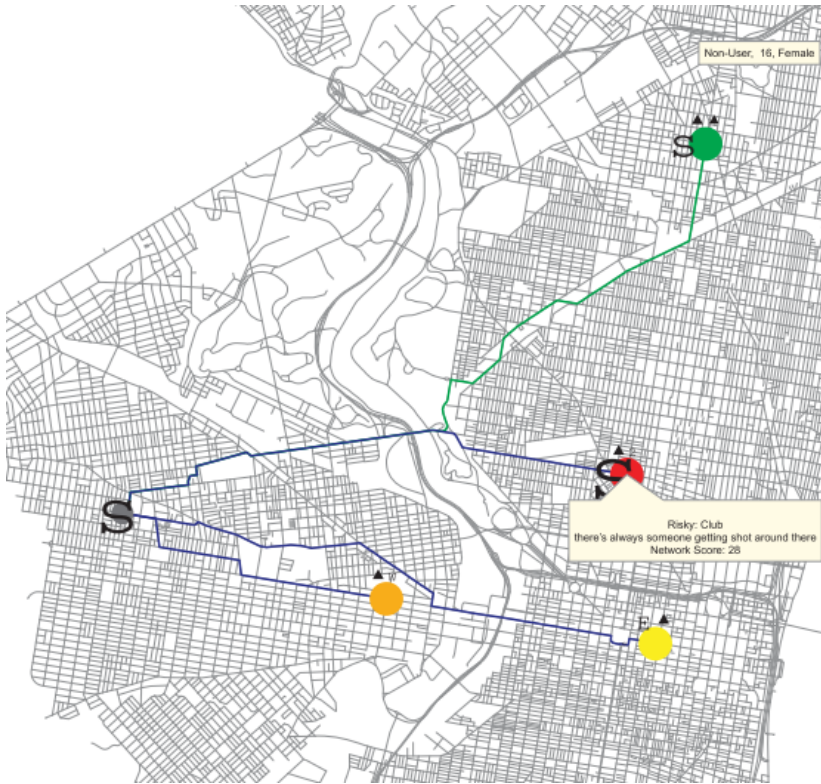


Abbildung 2.18: Durch sprachliche Äußerungen benannter, aus Bewegungsdaten abgeleiteter Aktionsraum eines Probanden (Mennis, Mason und Cao 2013).

einer Person über einen längeren Zeitraum bestimmen (Kremer und Stein 2014).

2.4.2 Als Tourist

Vorrangiges Kennzeichen von Tourismus ist der Wunsch, die Routinen des Alltags für eine bestimmte Zeit hinter sich zu lassen (Enzensberger 1958). An der Tourismusdestination haben die Touristen noch keine Raumbindung, was mit dem Gefühl von Freiheit verbunden wird. Touristische Werbung ist daher besonders dann erfolgreich, wenn sie mit Fotos von menschenleeren, einladenden Orten wirbt (Wöhler 2011). Unabhängig

gig von einer konkreten Ortskenntnis wenden Touristen ihre soziokulturell erlernten Deutungsmuster (Löfgren 1999, vgl. Kap. 2.2.1) auf die unbekannte Umwelt an und eignen sich diese rasch an.

Elemente touristischer Erfahrung

Die touristische Erfahrung der unbekannteren Umwelt ist dabei durch Ortsbewegung moderiert. Löfgren (1999) betont die Bedeutung der Bewegungsart (z. B. zu Fuß oder mit dem Auto) für die Qualität und Intensität der Wahrnehmung. Er charakterisiert die touristische Erfahrung als ein räumlich und zeitlich beschränktes Erlebnis, das vorab in Form einer bestimmten Erwartungshaltung antizipiert wird, die sich erfüllen kann, aber auch enttäuscht werden kann (Tussyadiah 2010). Urry (1999) betont die besondere Bedeutung des Visuellen für die touristische Erfahrung. Aussichten und Sehenswürdigkeiten stellen die Schwerpunkte touristischer Aktivitäten dar (Löfgren 1999). Die Dokumentation der visuellen Erlebnisse durch Fotos dient zum einen als Beweis der eigenen Teilhabe (Moir 2010; Schurian-Bremecker und Köck 2001) als auch als Anker für Reiseerzählungen (Löfgren 1999). Die Suche nach dem Malerischen bzw. Abbildenswerten (engl. *picturesque*), das sich in ästhetisch wertvollen Fotos abbilden lässt, kann dabei verschiedenen Strategien folgen (Urry und Larsen 2011):

- romantisch: Aura eines Ortes
- gemeinschaftlich: geteilte Erinnerungen
- spektakulär: kurze Ereignisse oder Episoden
- systematisch: dokumentarische Sammlung
- anthropologisch: Beobachtung und Interpretation

Unabhängig von der verwendeten Strategie kann das Fotografieren als Tätigkeit verstanden werden, durch die der Fotograf Kontrolle über eine neue, bislang unbekannte Umwelt ausübt, insofern er sie als Bildinhalt in Szene setzt (Urry 1999).

Analysen touristischen Bewegungsverhaltens

Die Analyse touristischen Bewegungsverhaltens erlaubt ein besseres Verständnis touristischer Entscheidungen. Entsprechende Hintergrundtheorien sind entscheidungs- und aktivitätsbezogen (Barten u. a. 2010) oder leiten Verhaltensvorhersagen aus den Einschränkungen der Umwelt ab (Dietvorst 1994). Da ein routiniertes Bewegungsverhalten bei Touristen nicht gegeben ist, entscheidet sich die nächste Aktivität abhängig von

- den Angeboten der Umwelt (z. B. Sehenswürdigkeiten in der Nähe),

- den Motiven des Touristen,
- den soziokulturellen und individuellen Vorstellungen und Präferenzen des Touristen,
- der Erwartungshaltung des Touristen (z. B. anhand von Reisebrochüren) sowie
- sozialen Verpflichtungen (z. B. bei Gruppenreisenden)

kontinuierlich neu (Barten u. a. 2010; Dietvorst 1994; Lew und McKercher 2006; McKercher und Lau 2008). Besuchspläne ändern sich also während eines Aufenthalts (Barten u. a. 2010).

Bewegungsverhalten wird in der traditionellen Tourismusforschung aus Reisetagebüchern abgeleitet (McKercher und Lau 2008). Dazu kommt die Analyse touristischer Fotos (Haldrup 2004) und die Erhebung des verfügbaren Zeitbudgets (Barten u. a. 2010; Hall und Page 2014). Shoval und Isaacson (2009) beschreiben die Nutzung von GPS-Daten.

Haldrup (2004) ermittelt unterschiedliche Bewegungsstile:

- Wohnen: stark auf einen Standort (z. B. Hotel) bezogene Erfahrung
- Navigieren: auf den effizienten Besuch einer vorab geplanten Zahl von Sehenswürdigkeiten fokussierte Erfahrung
- Driften: auf die Affordanzen der Umwelt eingehende Erfahrung

Durch einfache Aggregation der Bewegungsspuren lassen sich touristische Hauptaufenthaltsorte bestimmen (Dietvorst 1994; Freytag 2010). Lew und McKercher (2006) und McKercher und Lau (2008) extrahieren qualitative Typologie von Bewegungsmustern (vgl. Abb. 2.19). Die Besuchssequenz von Orten an der Destination definiert topologische Pfade, die sich netzwerkbasiert analysieren lassen (Barten u. a. 2010; Dietvorst 1994; Girardin, Vaccari u. a. 2009). Aggregiert ergibt sich ein probabilistischer Übergangsgraph mit touristisch interessanten Orten als Knoten, dessen gerichtete Kanten mit der Frequenz ihrer Transition gewichtet sind (Girardin, Calabrese u. a. 2008). Die Bedeutung der Orte lässt sich messen, indem der Place Rank (El-Geneidy und Levinson 2011, analog zum Page Rank, vgl. Brin und Page 1998) der Netzwerknoten berechnet wird (vgl. Abb. 2.20). Durch Beobachtung über einen längeren Zeitraum lässt sich eine Veränderung der Bedeutung einzelner Orte feststellen (Girardin, Vaccari u. a. 2009). Auf der Grundlage des Graphen lässt sich das raumzeitliche Verhalten von Touristen mit erwartetem (häufigem) Verhalten kontrastieren und mit bestimmten soziodemographischen Eigenschaften des Touristen erklären (Barten u. a. 2010). So lassen sich unterschiedliche Besuchstypen ableiten: Einheimische Touristen wenden z. B. den gesamten

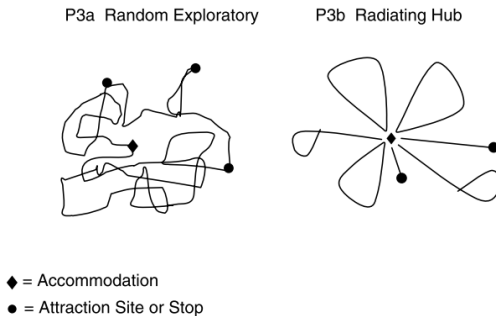


Abbildung 2.19: Beispiele für Typen touristischer Exploration an der Destination ausgehend von der Unterkunft (Lew und McKercher 2006).

Besuch gezielt für eine Attraktion auf, während Tagestouristen eine ganze Reihe verschiedener Attraktionen zu einer Route kombinieren (Dietvorst 1994).

2.4.3 Analyse von Bewegungsspuren

Zur Analyse von Bewegungsspuren gibt es ein Standardrepertoire an ausgereiften Ansätzen (Buchin u. a. 2011; Laube 2009; Millionig und Gartner 2011), anhand derer im Folgenden die wesentlichen Methoden vorgestellt werden. Ausgereifte technische Werkzeuge zur Visualisierung und Analyse stellen u. a. Andrienko u. a. (2013), Kraak und Huisman (2009) sowie Prelipcean, Gidófalvi und Susilo (2014) bereit.

Allgemein setzt sich eine Bewegungsspur aus einer Sequenz von raumzeitlichen Messpunkten zusammen, bestehend aus geographischer Länge, Breite, ggf. Höhe und dem Zeitstempel. Durch lineare Interpolation werden die Messpunkte zu einer Bewegungsspur integriert.⁴¹ Zwischen zwei Messpunkten lassen sich mit der Richtung der Bewegung und der Geschwindigkeit zwei weitere Attribute berechnen. Mit der Analyse von Bewegungsspuren können häufig verwendete Routen, die Art der Fortbewegung (zu Fuß, Auto, Bus, ...) und bestimmte Bewegungsmuster erkannt

⁴¹ Terminologisch kann zwischen der reinen Verhaltenssequenz und der um semantische Information angereicherten eigentlichen Bewegungsspur unterschieden werden. Mit Bewegungsspur wird im Folgenden abweichend davon auch die Verhaltenssequenz bezeichnet.

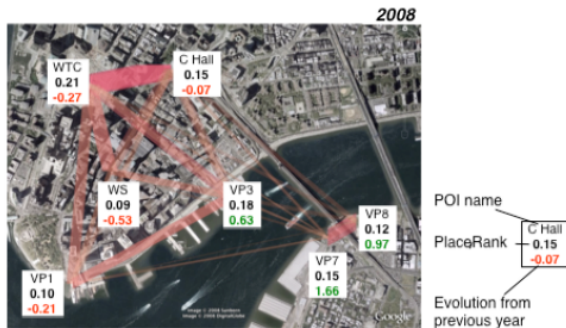


Abbildung 2.20: Beispiel für einen Graphen der Besuchssequenzen für bestimmte Orte (Girardin, Vaccari u. a. 2009).

werden. Entsprechende Zusatzdaten aus Befragungen vorausgesetzt, können auch die mit der Bewegung verbundenen Handlungsziele rekonstruiert werden. Obwohl verschiedene andere Umweltmodelle in Frage kommen (vgl. Laube 2009), werden Bewegungsspuren häufig in Bezug auf Straßennetzwerke analysiert. Die entsprechenden Messdaten können auf unterschiedliche Weise gewonnen werden:

- direkt: GPS, WLAN, RFID oder Funkzelle
- inferiert: z. B. aus Überwachungsvideos
- rekonstruiert: Reisetagebücher (McKercher und Lau 2008), Beobachtung oder Befragung

Auch anonymisiert können die Daten häufig sehr gut auf Einzelpersonen bezogen werden. Daher bestehen datenschutzrechtliche Bedenken für ihre Verwendung. Für eine Zusammenfassung der aktuellen Debatte vgl. z. B. Kremer und Stein (2014).

Vorverarbeitung

Vor einer weiteren Analyse lassen sich Bewegungsspuren auf die Datenqualität untersuchen. Insbesondere kann eine Verbesserung durch folgenden Schritte erreicht werden (Lee und Krumm 2011):

- Erkennung von Ausreißern
- Erkennung von Signalverlust
- Glättung der Bewegungspur

Die Glättung der Bewegungsspur kann statistisch durch Kalman-Filter (vgl. Wendel 2011), geometrisch (vgl. Stein 2003) oder durch Abgleich mit Umweltwissen (map matching, vgl. Zhu, Zheng und Yang 2011) erfolgen.

Berechnung von Indikatoren

Für die Berechnung weiterer Indikatoren lassen sich raumzeitliche Kontextoperatoren definieren:

- lokal: nur ein Messpunkt
- intervallbasiert: ein festes Zeitintervall oder eine durch einen festen Radius definierte Distanz, z. B. eine gleitende Nachbarschaft um einen Messpunkt
- episodisch: Segmente der Bewegungsspur mit ähnlichem Verhalten
- global: die gesamte Bewegungsspur

Innerhalb eines Kontextoperators lassen sich folgende Indikatoren für eine Verhaltensänderung berechnen:

- Änderungsrate der Bewegungsrichtung (Winkel/Zeit)
- Geschwindigkeitsverhältnis (maximale/minimale Geschwindigkeit)
- Umweg (tatsächliche Pfadlänge/kürzester Weg)
- Gewundenheit (Winkelamplitude/Pfadlänge)
- Kurvigkeit (kumulierter Winkelbetrag/Pfadlänge)
- Abweichung der aktuellen Bewegungsrichtung von der Richtung, in der das Ziel liegt
- Annäherungsrate (Weggewinn zum Ziel/Zeit)

Mustererkennung

Auf der Bewegungsspur lassen sich im Sinne von Fayyad, Piatetsky-Shapiro und Smyth (1996) Muster definieren, die bestimmte Verhaltenssequenzen operationalisieren. Begrifflich sind Muster erster Ordnung, die statisch auf die Umwelt bezogen sind, von Mustern zweiter Ordnung von bewegten Objekten zueinander zu unterscheiden. Ein einfaches Beispiel für ein Muster erster Art ist ein Stopp der Bewegung, Beispiele für Muster zweiter Ordnung sind konforme Bewegung, Begegnung oder Vorbild (Jeung, Yiu und Jensen 2011). Muster können auf verschiedene Weise bestimmt werden:

- manuell
- umweltbezogen: Definition bestimmter Zielbereiche in einer Umweltprepräsentation
- zeitgeographisch: durch Angabe bestimmter Zielzeiträume

- probabilistisch⁴² (z. B. *Hidden Markov Model*, Zhou u. a. 2007)
- grammatikalisch (z. B. *tree-adjointing grammar*, Kiefer 2012)

Eine Mustererkennung ist insofern schwierig, da die konkrete Ausprägung eines Musters von den räumlichen Einschränkungen vor Ort und von der Maßstabebene abhängt, auf der das Muster realisiert ist. Handlungsziele (Intentionen) und damit das Relevant-Werden anderer Muster zur Realisierung des neuen Ziels im Ortsnetzwerk lassen sich hinreichend schnell erkennen, um in Echtzeit darauf reagieren zu können (Kiefer 2012). Die Verhaltenssequenz einer bestimmten Person, die unter einem bestimmten Handlungsziel vollzogen wird, kann sich allerdings mit der Zeit ändern. Dies kann z. B. durch probabilistische Methoden des maschinellen Lernens kompensiert werden (z. B. Zhou u. a. 2007).

Extraktion interessanter Orte

Ein wichtiger Einsatzzweck der Mustererkennung ist die Extraktion interessanter Orte (im einfachsten Fall durch Stopperkennung, vgl. Millonig, Brändle u. a. 2009). Zheng und Xie (2011) schlagen einen für Empfehlungssysteme geeigneten Ansatz vor:

1. Alle Stützpunkte der Tracks aller Nutzer werden mittels eines Distanzmaßes zu Knoten geclustert.
2. Orte und ihre Extension ergeben sich durch kombinierte Anwendung geeigneter Dichte- und Distanzmaße (vgl. Zhou u. a. 2007).
3. Für jeden Nutzer ergibt sich wiederum ein Graph der Besuchssequenz.
4. Orte und dazwischen liegende Kanten (Pfade außerhalb von Orten) werden durch Anzahl der Nutzer gewichtet, die sie besucht haben.

Aus diesem Ortsnetzwerk lassen sich sowohl individuelle Bewegungsmuster als auch häufig benutzte Pfade ablesen. Bei einer Verwendung in Empfehlungssystemen können die Orte anhand neu hinzukommender Daten dynamisch gelernt und aktualisiert werden (Millonig, Brändle u. a. 2009).

Das nachträgliche Berechnen von passenden Ortsnamen sowie weitere Attributen (z. B. Affordanz- bzw. Aktivitätsbereichen) zu den extrahierten interessanten Orten kann anhand von Ortsnamenverzeichnissen oder Folksonomien erfolgen, in denen das nötige Umweltwissen und ein geeignetes (z. B. geometrisches oder topologisches) Prädikat für Nähe vorhan-

⁴² Genauso wie beim Sprachhandeln (vgl. Kap. 2.3.1) kommt es auch bei räumlicher Bewegung zu Pfadabhängigkeiten.

den sind (Zhou u. a. 2007).⁴³ Für umgangssprachliche Ortsbeschreibungen wird in Assistenzsystemen vielfach eine Benennung unmittelbar vor Ort von Nutzern erfragt (Richter, Winter u. a. 2012; Schmid und Kuntzsch 2009; Winter, Kealy u. a. 2011; Zhou u. a. 2007).

Für die Analyse von Bewegungsspuren stehen Standarddatensätze wie z. B. die Microsoft GeoLife Trajectories (Zheng, Zhang u. a. 2009) zur Verfügung. Diese verfügen jedoch über die Bewegungsart (Bus, zu Fuß, U-Bahn, Auto, Taxi, Bahn) hinaus über keinerlei semantische Zusatzinformationen.

2.4.4 Zeitgeographische Mobilitätsanalyse

Durch zeitliche Dynamisierung wird aus Orten integrierendes Bewegungsverhalten (Curry 2002). Ausgehend von der Bewegung ist Ort nur noch ein Aspekt an der Bewegung, aber keine eigenständige Analyseeinheit (Miller 2007). Für die Analyse der zeitlichen Dimension von Bewegungsspuren ist die Zeitgeographie gut geeignet (Hägerstrand 1970). Allgemein unterstützt Zeitgeographie die Analyse der raumzeitlichen Einschränkungen, denen Raumhandeln bezüglich möglicher Aufenthaltsorte einer bestimmten Menge an fest geplanten Aktivitäten unterliegt (Raubal, Miller und Bridwell 2004). Eine geeignete Formalisierung gibt Miller (2005).

Ein Raum-Zeit-Diagramm visualisiert das Bewegungsverhalten einer Person durch einen raumzeitlichen Pfad in einem dreidimensionalen Koordinatensystem bezüglich geographischer Länge und Breite und dem Zeitverlauf. Unter der Annahme eines bestimmten Zeitlimits und einer maximalen Geschwindigkeit des Reisenden, dem Fehlen geplanter Aktivitäten und räumlicher Einschränkungen in der Umwelt limitiert das Zeitbudget den in dieser Zeit maximal möglichen Aufenthaltsort in Form eines Entfernungsradius. Im Zeitverlauf ergibt sich ein zeitgeographischer Trichter, der sich ausgehend von der Startposition bis zum Zeitlimit öffnet. Der Trichter stellt eine obere Grenze dar: Alle in dieser Zeit möglichen raumzeitlichen Pfade liegen innerhalb dieses Trichters, dem möglichen Pfadraum (Miller 2005). Unter der zusätzlichen Annahme, dass Start- und Zielpunkt identisch sein sollen (z. B. der Wohnort am Anfang und Ende des Tages) öffnet sich der Trichter nur bis zum in der Hälfte der Zeit mög-

⁴³ z. B. Google Maps Geocoding API (<https://developers.google.com/maps/documentation/geocoding/intro>, 21.07.2015)

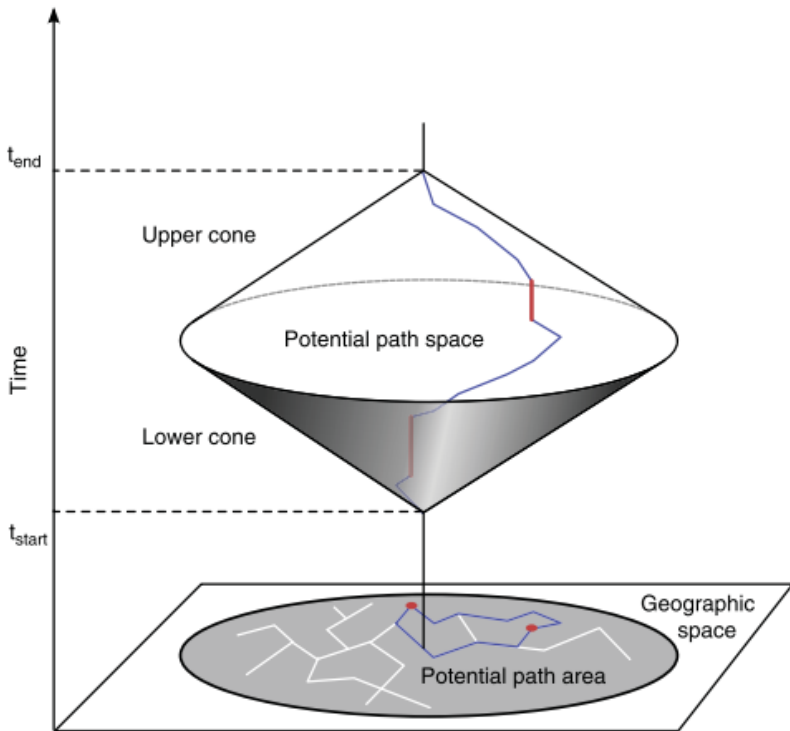


Abbildung 2.21: Zeitgeographische Analyse möglicher Aufenthaltsorte durch ein Raum-Zeit-Prisma (Kremer und Schlieder 2014).

lichen Radius, um anschließend wieder gegen den Zielort zu konvergieren. Die Kombination aus unterem und oberem Trichter wird Raum-Zeit-Prisma genannt (Miller 2005, vgl. Abb. 2.21).

Die Projektion des möglichen Pfadraums auf den geographischen Raum ergibt die mögliche Pfadfläche. Kommt als Umweltrepräsentation ein Straßennetzwerk zum Einsatz (Kuijpers u. a. 2010), können Aufenthaltsorte außerhalb des Netzwerks ausgeschlossen werden. Abb. 2.22 veranschaulicht die schrumpfende mögliche Pfadfläche für bestimmte Zeitpunkte.

Raubal, Miller und Bridwell (2004) beschreiben auf Basis der Zeitgeographie einen ortsbezogenen Dienst für Geschäftsreisende. Der Funktionsumfang umfasst



Abbildung 2.22: Mit der Zeit schrumpfende mögliche Pfadfläche (Kremer und Schlieder 2014).

- raumzeitliche Freiheitsgrade für bestimmte Aktivitäten (d. h. das Volumen des Prismas),
- Erreichbarkeitsanalysen für bestimmte Aktivitäten und
- mögliche Treffpunkte für Personen mit unterschiedlichen terminlichen Einschränkungen.

Annahme in diesem Szenario ist jeweils, dass nur kleine Zeitintervalle zur Verfügung stehen und ein geringer Handlungsspielraum optimal genutzt werden soll.

2.4.5 Auswirkungen der Verarbeitung von Bewegungsdaten auf das Ortsmodell

Auf Bewegungsspuren sind Orte Muster, die auf verschiedene Weise aus Bewegungsdaten extrahiert werden können. Die raumzeitlichen Messpunkte von Tracks können daneben zur Analyse der zeitlichen Rhythmisierung der Tracks verwendet werden, z. B. über zeitgeographische Analysen. Dynamische Ortsnetzwerke, deren Kanten mit frequenzbasierten Übergangswahrscheinlichkeiten annotiert sind, lassen sich durch Aggregation einzelner Bewegungsspuren errechnen. Für Handlungsziele, die Ortsbewegung zwischen Orten erfordern, stellen Umweltrepräsentationen wie Achsenkarten oder Straßennetzwerke, kombiniert z. B. mit aus Folksonomien extrahierten Affordanzbereichen, optimale Unterstützung bereit.

Forschungsinteresse	Strukturmuster	Einzelfall
akzidentielle Nutzung	big spatial data (Vatsavai u. a. 2012)	VG1 (Goodchild 2007)
gezielte Erhebung	collective sensing, z. B. Erdfernbeobachtung (Blaschke u. a. 2011)	close monitoring (Schlieder und Kremer 2011)

Tabelle 2.6: Bewertung der vorgestellten Umweltrepräsentationen bezüglich der genannten Anforderungen.

2.5 Ansätze zur integrierten Analyse von Sprache und Mobilität

Mit der Metapher des nahen und fernen Lesens (engl. *close vs. distant reading*, vgl. Moretti 2013) lassen sich Forschungsansätze, die den Einzelfall würdigen, von solchen unterscheiden, bei denen auf großen Datenmengen nach Strukturähnlichkeiten gesucht wird. Zusätzlich lassen sich Ansätze danach unterscheiden, ob Daten gesteuert durch den Forscher erhoben werden. Tabelle 2.6 nennt Beispiele für die möglichen Erhebungsarten: Die Qualität der Daten liegt bei einer gezielter Erhebung höher als bei einer akzidentiellen Nutzung. Zudem gibt die Auswahl einer kleinen Stichprobe mehr Kontrolle über die Einzelfälle (Kitchin und Lauriault 2014). Einen besonderen Schub für die Digital Humanities und die Computational Social Science versprechen sich Kitchin und Lauriault (2014) allerdings, wenn diese kleinen, hoch auflösenden Samples mit großen standardisierten Datenbeständen verknüpft werden.

Die Kombination von Methoden zum Ausgleich wechselseitiger Defizite wird als Triangulation bezeichnet (Flick 2011). Wie erwähnt kann so z. B. Bewegungsverhalten (vgl. Kap. 2.4.3) durch Informationen über die zugrunde liegenden Motive angereichert werden (Laube 2009). Im Folgenden sollen bestehende Forschungsansätze für Close-Monitoring-Analysen im Sinne dieser Arbeit ortsbezogene Sprachdaten zu Bewegungsverhalten in Beziehung setzen.

Psenner (2004) kombiniert manuell Fotos und verbale Beschreibung mehrerer Probanden, die während einer vorgegebenen Navigationsaufgabe aufgenommen wurden. Fotos sind hierbei mit einem Standort und verbalen Beschreibungen assoziiert. Sie werden aufsteigend in zeitlicher Folge sortiert, sodass sie durch einfaches Verschieben der Folge manuell auf den nächsten Standort synchronisiert werden können. Durch die Anmerkungen der Probanden zu einem Foto können so die Blickwinkel und

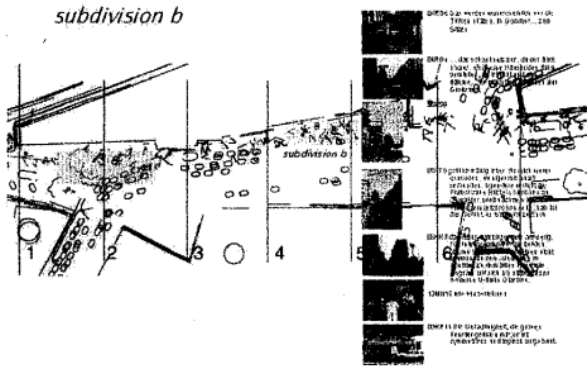


Abbildung 2.23: Vergleichende Auswertung der Fotos und Aussagen zu einem Wegabschnitt (Psenner 2004).

zugehörigen Aussagen der Probanden während der Navigationsaufgaben Schritt für Schritt vergleichend ausgewertet werden (Abb. 2.23).

Kazig und Popp (2011) stellen mit dem kommentierten Parcours eine Methode vor, mithilfe derer der Einfluss des soziokulturellen Hintergrunds auf Navigationsaufgaben ermittelt werden soll. Die Probanden beschreiben dabei die während der Lösung einer Navigationsaufgabe wahrgenommenen Umweltelemente und reflektieren ihren Lösungsansatz in einer Nachbesprechung (vgl. Abb. 2.24). Die Daten werden genutzt, um das durch körperliche Erfahrung vor Ort gewonnene praktische Wissen (vgl. Schatzki 2002) der Probanden zu extrahieren.

Degen und Rose (2012) regen Einwohner verschiedener Städte während eines begleiteten Stadtspaziergangs dazu an, möglichst frei über ihre Empfindungen und Bewertungen vor Ort zu sprechen. Hintergrund ist die Bestrebung, Daten möglichst nahe an der körpergebundenen Erfahrung bei der Bewegung vor Ort zu gewinnen. Paradoxaerweise berichten vor Ort viele Probanden ausführlich von ihren Erinnerungen zu einem Ort, ohne ihn näher zu betrachten. Nachträgliche Interviews, bei denen mittels Fotoelizitation (Dirksmeier 2013) Erzählanreize gesetzt werden, ergänzen den Datenbestand. Beide Methoden kommen ohne automatische Analysen aus.

Kwan und Ding (2008) bereiten biographische Narrative über bestimmte Tagesabläufe in der Vergangenheit der Probanden (am Beispiel von 9/11) aus Sprachdaten, Fotos und Videos zu aktivitätsbezogenen Tagebü-



Abbildung 2.24: Beispiel für einen intersubjektiv als unattraktiv bezeichneten Straßenabschnitt (Kazig und Popp 2011).

chern computergestützt zu zeitgeographischen Pfaden auf, um diese mittels Analyse in einem GIS auf Übereinstimmungen und Muster untersuchen zu können.

Ein sozialwissenschaftliches, empirisch zugängliches Mehrebenenmodell zur schrittweisen Integration von alltäglichem Raumhandeln in Diskurse über Räume legen Christmann und Büttner (2011) vor:

1. Raumpioniere als Einzelakteure gestalten unmittelbare körperlich erfahrbare Umwelt oder kommunizieren ihre eigene Erfahrung.
2. Lokale Akteursgruppen von Raumpionieren handeln in der Kommunikation über ihr eigenes Raumhandeln Wirklichkeitsdeutungen aus.
3. Mehrebenennetzwerke etablieren den Kontakt zwischen Interessensvertretern unterschiedlicher Akteursgruppen (z. B. Anwohner, kommunale Verwaltung und Investoren).
4. Über die lokale Presse wird ein öffentlicher Diskurs über Diskussionen zwischen den Interessensvertretern hergestellt.

Der methodische Zugang für empirische Studien ist ausschließlich textbasiert. Einzelakteure werden mithilfe von Leitfadeninterviews befragt, Akteursgruppen und Mehrebenennetzwerke durch fokussierte Ethnographie begleitet. Analysen sind rein qualitativ. Presstexte werden durch Methoden der Diskursanalyse ausgewertet.

Keul und Kühberger (1996) rekonstruieren noch ohne Positionstechnologie beliebte Wege von Städtetouristen an einer Destination. Dies gelingt ihnen durch Kombination der Zählung an Kontrollpunkten in der Stadt, dem unbeobachteten Verfolgen von Touristen und der Befragung nach dem Besuch. Dadurch können häufige Pfade, die Positionen häufiger Stopps und die Art der Aktivität (hauptsächlich Betrachten und Fotografieren) ermittelt werden. Keul und Kühberger (1996) können zeigen, dass sich die touristischen Pfade auf wenige Straßen beschränken und die resultierenden Bewegungsmuster von einer zufälligen Verteilung im Raum (modelliert durch Brownsche Molekularbewegung) stark abweichen. Erstbesucher optimieren ihr Zeitbudget auf längere Aufenthaltszeit an den Stopps, was zu schnellerer Bewegung zwischen den Standorten führt, während Touristen, die die Stadt schon kennen, eher gleichmäßig schlendern. Keul und Kühberger (1996) kommen zu dem Schluss, dass die Umwelt das Verhalten mehr bestimmt als individuelle Präferenzen.

Weber und Bauder (2013) modernisieren das Verfahren und führen eine exemplarische Analyse von GPS-Tracks, Fragebögen und Reiseführern zur Identifikation von Mobilitätstypen im Städtetourismus durch. Für die mit-

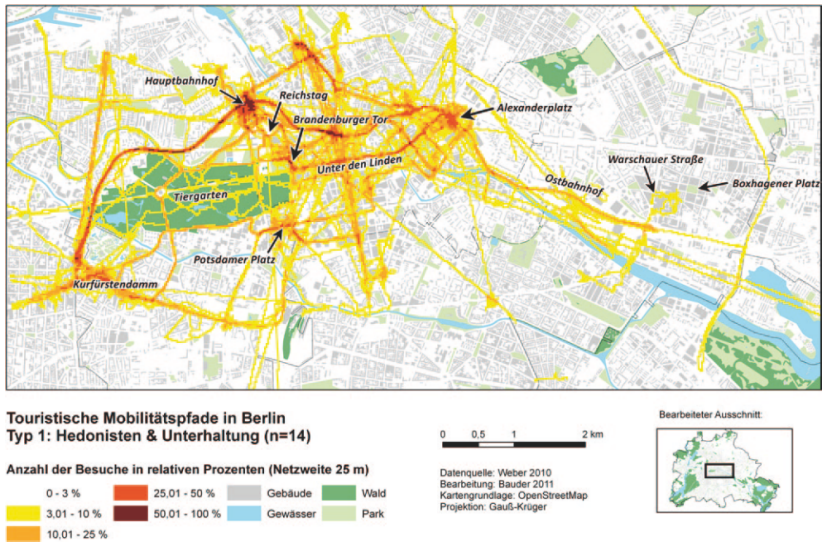


Abbildung 2.25: Visualisierung der Aufenthaltsfrequenz eines durch Hauptkomponentenanalyse aus den Fragebogendaten bestimmten Touristentyps (Weber und Bauder 2013).

tels Hauptkomponentenanalyse auf Basis der Fragebögen identifizierten Touristentypen können anschließend vergleichende Visualisierungen der bevorzugten Aufenthaltsorte erstellt werden (vgl. Abb. 2.25). Die Zeitinformation der Tracks wird für die Analyse nicht genutzt. Weber und Bauder (2013) betonen für ihre Arbeit explizit die Vorteile einer kombinierten Anwendung unterschiedlicher Methoden und zeigen, wie sich die aus GPS-Tracks, Fragebögen und Reiseführern gewonnenen Informationen gegenseitig ergänzen (vgl. Tab. 2.7).

2.6 Begründung des Desiderats

Das in der Einleitung (Kap. 1) postulierte Forschungsdesiderat konnte aufgezeigt werden:

1. Als Ort erkannte Muster auf Bewegungsspuren und sprachliche Bezugnahmen auf Ort wurden bislang noch nicht in ein gemeinsames Modell überführt. Es gibt noch keinen Ansatz, um entsprechende Umweltrepräsentationen, z. B. Ortsnetzwerke und Place-Graphen,

	GPS-Tracking	Fragebogen-erhebung	Reise-führer-analyse
Hochaufgelöste Raum-Zeit-Daten	ja	nein	nein
Erfassung von Orten und Pfaden	ja	nein	nein
Hohe Fallzahl möglich (mittlerer 3-stelliger Bereich)	ja	ja	nein
Universelle Verfügbarkeit	ja	ja	ja
Sozialwissenschaftliche Differenzierung	nein	ja	nein
Schnittstelle zwischen Individual- und Raumdaten	ja	ja	nein
Langzeiterfassung	ja	ja	nein
Erfassung von Ortszuschreibungen	nein	ja	ja
Erfassung von touristischen Praktiken	nein	ja	ja

Tabelle 2.7: Vergleich verschiedener Erhebungsmethoden im Städtetourismus (Weber und Bauder 2013).

- aufeinander zu beziehen (vgl. Kap. 2.3.4).
2. Kombinierte Ähnlichkeitsmaße auf Orten existieren übergreifend zwischen Geometrie- und Sachdaten (Schwering und Kuhn 2009), auf so unterschiedlichen Quelldaten wie Raumsprechen und Raumhandeln sind sie noch nicht unterstützt.
 3. Teilweise bzw. graduelle Überlappung von Orten ist ein explizit eingefordertes Forschungsdesiderat (vgl. Gao u. a. 2013) für die Erweiterung des Funktionsumfangs ortsbezogener GIS.

2.7 Wahl einer Umweltrepräsentation

In der pragmatischen Lesart einer Ontologie als Datenmodell kommen für Ort die in Kap. 2.2.5 und 2.3.5 bewerteten Umweltrepräsentationen in Frage. Das Datenmodell fungiert als gemeinsame Zielrepräsentation, in die die aus Sprach- und Bewegungsdaten extrahierten ortsbezogenen Informationen abgebildet werden. Quellrepräsentationen können zunächst davon abweichen. Auf das gemeinsame Datenmodell werden dann anschließend geeignete Ähnlichkeitsoperatoren angewendet.

Quelldatenmodelle

Als Modellierung für die aus den Sprachdaten extrahierte Ortsinformation sind Place-Graphen sehr gut geeignet (vgl. Kap. 2.3). Eine Alternative ist der Aufbau eines Image-Schema-Graphen aus Objekt- und Relationsschemata (Kap. 2.1.3). Während Place-Graphen unmittelbar auf den sprachlichen Ortsangaben und den Relationen zwischen ihnen aufbauen und so-

mit das Ortswissen der Sprecher abbilden, repräsentieren Image-Schemata die visuelle Struktur von Blickwinkeln in einem Sichtraum und deren Verbundenheit untereinander. Soll die Modellierung von Image-Schemata auf empirischen Daten beruhen, muss jeder Blickwinkel zumindest durch ein repräsentatives Foto dokumentiert sein. Das Ergebnis modelliert wie bei Place-Graphen eine individuelle Umweltwahrnehmung, die mittels geeigneter Graph-Matching-Algorithmen intersubjektiv abgeglichen werden kann (vgl. Kap. 2.2.4 bzw. Kap. 2.3.4). Da Fotodaten aber nicht zwingend ausreichen, um die individuell erlebte Ortsstruktur zu repräsentieren, wäre eine nachträgliche Rekonstruktion der Ortswahrnehmung mittels Image-Schemata lückenhaft. Für den eigenen Ansatz wird daher ausschließlich auf die Konstruktion eines Place-Graphen fokussiert, die manuell oder automatisiert erfolgen kann (Kap. 2.3.1 bzw. Kap. 2.3.2).

Als Vorgehen zur Extraktion der Ortsinformation aus den Bewegungsdaten (einschließlich der Fotos) kommen zwei Lösungen in Frage:

1. Aggregation von semantisch und mit Geoinformation getaggten Fotodaten
2. Aggregation von individuellen Ortsnetzwerken aus reinen Bewegungsspuren

Die Aggregation der auf den touristischen Fotos dokumentierten Orte (vgl. Kap. 2.2.3) setzt voraus, dass ihnen durch die Probanden selbst oder nachträglich durch Experten Tags (z. B. Ortsnamen) zugewiesen wurden. Das Modell besteht dann aus semantisch annotierten Punktmengen, die z. B. durch Kerndichteschätzungen (Jones, Purves u. a. 2008) in die Fläche extrapoliert werden können. Als zweite Option können Ortsnetzwerke, die direkt aus Bewegungsdaten abgeleitet werden (Kap. 2.4.3), z. B. als Verbindungsgraphen (Schlieder, Vögele und Visser 2001) definiert werden und so als Ergebnis der Aggregation individueller Bewegungsspuren Routenalternativen zwischen zwei Orten repräsentieren. Ein Ortsnetzwerk umfasst nach der Aggregation also Orts- und Routenwissen der Probanden, allerdings noch ohne dies zu ihren sprachlichen Bezugnahmen in Beziehung setzen zu können. Das einfachere Ortsmodell auf Basis der touristischen Fotos kann dagegen über die semantischen Tags direkt auf sprachliche Äußerungen bezogen werden.

Die Fotos können bei der zweiten Option durch ihren Zeitstempel innerhalb der Verhaltenssequenz dazu genutzt werden, um durch ihre Position im jeweiligen Ortsnetzwerk dieses mit Zusatzinformationen anzureichern. Dies ist das im Folgenden gewählte Verfahren.

Alle Verfahren erzeugen Ergebnisse zunächst unabhängig von einer

Umweltrepräsentation bzw. bauen diese in Teilen selbst auf. Der Place-Graph repräsentiert dabei sprachliche Intensionen, aggregierte Geo-Tags bzw. Ortsnetzwerke Geo-Extensionen eines Ortskonzepts (vgl. Kap. 2.2.2).

Zieldatenmodell

Die Konstruktion der Umweltrepräsentation direkt aus den empirischen Daten hat den Vorteil, dass für unterschiedliche Handlungsziele oder Aufgaben⁴⁴ zwischen unterschiedlichen Ausprägungen eines Ortes gleichen Namens unterschieden werden kann. So ist *Regnitz* als touristischer Ort innerhalb Bambergs ein bestimmter Ausschnitt der Oberfläche des Fließgewässers gleichen Namens, innerhalb dessen der Fluss während eines touristischen Aufenthalts erfahrbar wird. Dieser Ausschnitt wird sich von der Geo-Extension *Regnitz* innerhalb Bambergs als Ort der Binnenschifffahrt deutlich unterscheiden. Ortsnetzwerke bilden eine einfache Form von Umweltwissen, zu der Muster auf Bewegungsspuren in Beziehung gesetzt werden können, das aber in Assistenz- und Empfehlungssystemen keine Verhaltensvorhersagen (Generalisierung) über Teile der Umwelt erlaubt, in denen bislang noch keine Daten vorliegen.

Zur Anreicherung mit weiteren Informationen können Ortsnetzwerke auf bestehende Umweltrepräsentationen bezogen werden. Von den vorgestellten Umweltrepräsentationen eignen sich dabei Achsenkarte und Straßennetzwerke als topologische Graphen besonders gut als Bezugsrahmen für die Bewegung zwischen den Orten im Ortsnetzwerk im öffentlichen Raum und für das Ortserleben ausgedehnter Orte wie Partymeilen, Einkaufsstraßen oder die Besichtigung historischer Innenstädte. Orte selbst können als (nicht zwingend zusammenhängende) Subgraphen im topologischen Netzwerk modelliert werden (vgl. Kap. 2.2.5), an denen eine bestimmte Handlung ausgeführt werden kann (Affordanzen, vgl. Gibson 1982).

Straßennetzwerke, ebenso wie ihre Annotation mit Affordanzbereichen (z. B. touristische Attraktionen) können sehr leicht aus Geo-Folksonomien wie oSM abgeleitet werden (Codescu u. a. 2011). Für die Konstruktion der für die Berechnung von Achsenkarten nötigen Sichtbeziehungen müssen zumindest für den zweidimensionalen Fall zusätzliche Daten über Gebäudegrundrisse genutzt werden. Ein topologisches Netzwerk lässt sich durch die Attributdaten der Folksonomie zu einem Property-Graph erweitern, bei dem Knoten und Kanten zusätzliche, semantische Informationen tragen. In Analogie zum Place-Graphen (vgl. Kap. 2.3.1) als Ortswissen kann

⁴⁴ Für die Erkennung von Handlungszielen aus Handlungssequenzen vgl. Kiefer (2012).

diese Modellierung von routenbezogenem Wissen als Route-Graph bezeichnet werden, dessen Berechnung durch Vorverarbeitungsschritte erfolgen kann. Daneben wird dem Charakter von Orten als Einheiten, die auf der Grundlage individueller Bewertungsvorgänge sozial ausgehandelt werden (vgl. Kap. 2.2.1), durch die kontinuierliche Aushandlung und Fortschreibung von Geodaten in der kollaborativ erarbeiteten Wissensbasis von Geo-Folksonomien Rechnung getragen. Pragmatisch bedeutet dies, dass die Vielzahl von Nutzern mit ganz unterschiedlichen Motiven und Verwendungskontexten eine hohe Diversität der Eigenschaften einzelner Orte mit sich bringt, was das Auffinden einer Entsprechung für natürlich-sprachlichen Aussagen über diese Orte (Name, Affordanz, Nutzungsbeschränkungen) in der Datenbasis von Geo-Folksonomien wahrscheinlich macht.

Aufgrund dieser Besonderheiten, ihrer weiten Verbreitung und guten Unterstützung durch Softwareschnittstellen (z. B. für Routing) wurde auf Straßennetzwerke fokussiert, obwohl sich Visualität und Affordanzen nur indirekt (als Eigenschaften von Knoten bzw. Kanten) abbilden lassen. Anders als bei Achsenkarten, innerhalb derer die Reichweite eines Ortes über mögliche Sichtbeziehungen repräsentiert werden kann, ist dies bei Straßennetzwerken nicht möglich. Daher werden die während des touristischen Besuchs zu diesem Zweck erhobenen Fotodaten als Indikatoren für Sichtbeziehungen zu relevanten Objekten und damit ortskonstituierende Sichträume verwendet. Ortsnetzwerke werden dabei nicht als eigenständige Repräsentation (z. B. durch Clustering) berechnet, sondern immer bezogen auf ein Straßennetzwerk.

Wie bei der Ableitung der Umweltrepräsentation aus Bewegungsdaten ist neben der fehlenden Repräsentation von Sichtbeziehungen in einem Straßennetzwerk eine Modellierung von Orten abseits der im Straßennetzwerk enthaltenen Pfade nicht möglich. Hier kann z. B. der nächstgelegene Punkt im Netzwerk als Repräsentation dienen. Dies betrifft auch bei hoher Datendichte größere Areale ohne explizite Durchwegung wie z. B. innerstädtische Freiflächen, Wasserflächen, Sportstätten, Parkanlagen oder offenes Gelände. Es ist üblich, die Kanten eines Straßennetzwerks für Navigationszwecke mit der exakten Geometrieinformation des Wegverlaufs zu annotieren. Zur Unterstützung von Freiflächen können analog dazu bestimmte Knoten eines Straßennetzwerks geometrische Zusatzdaten und Affordanzen öffentlich zugänglicher Bereiche kapseln. Bewegungsverhalten kann dann auf Aufenthaltszeiten innerhalb dieser Zusatzgeometrien überprüft werden.

Das Bewegungsverhalten muss nicht zwingend an Straßen gebunden

2 Forschungsüberblick



Abbildung 2.26: Lösungsansatz zur gemeinsamen Repräsentation von Sprach- und Bewegungsverhalten (links oben) durch Abgleich mit einer Folksonomie (z. B. oSM; rechts oben). Dazu werden Features mit den sprachlich benannten Attributen gewählt und interessante Orte auf dem Bewegungsverhalten bestimmt (links unten). Anschließend werden beide auf Teilstraßennetzwerke in der Nähe abgebildet (rechts unten), auf die eine Ähnlichkeitsmetrik angewendet werden kann.

sein – für bestimmte Anwendungsfälle kommen auch Schienennetzpläne oder Wasserstraßen in Frage, die in Form von multi-modalen Netzwerken ergänzt werden können (Miller und Shaw 2001). Neben geographischen Ex-post-Analysen wie im vorliegenden Fall (vgl. Kap. 3) ist der gewählte Modellierungsansatz für alle Arten von Empfehlungssystemen von Vorteil, die dem Nutzer bereits bei der Annäherung an einen bestimmten Ort (aufgrund eines bestimmten Kriteriums für Nähe) weitere Informationen anbieten sollen.

In der vorliegenden Arbeit wurde unter Fokussierung auf ein geeignetes Ähnlichkeitskriterium auf die Unterstützung von größeren Freiflächen verzichtet. Das Straßennetzwerk wird optimiert für fußläufige Bewegung aufgebaut, wie sie für die Besichtigung mittelalterlicher, mitteleuropäischer Innenstädte typisch ist, d. h. Einbahnstraßen und Abbiegevorschriften können in diesem Fall ignoriert werden. Dafür werden Schnellstraßen vorab als ungeeignet ausgefiltert.

Abb. 2.26 visualisiert den Lösungsansatz. Bewegungsverhalten, das als Routenwissen verstanden werden kann, wird auf ein aus einer Geo-Folksonomie abgeleitetes Straßennetzwerk und Sprachverhalten auf individuelles Ortswissen in Form eines Place-Graphen abgebildet. Über die semantischen Attribute von Place-Graph und Routewissen (im einfachsten Fall ihre Annotation mit Ortsnamen) können die beiden Datenstrukturen zueinander in Beziehung gesetzt werden. Versteht man Ortswissen als eine semantische Überlagerung eines allgemeinen Mediums für Bewegung (Scheider und Janowicz 2010), lässt sich die Gesamtanordnung in Analogie zur Topic-Map als Place-Map beschreiben, bei der räumlich organisiertes Wissen (Place-Graph) auf ein räumliches Vorkommen (Geo-Extension) verweist.

Die zeitliche Sequenz des Bewegungsverhaltens erlaubt weitere Ex-post-Analysen der Rhythmisierung von Track-Parametern sowie zeitgeographische Analysen. Dies wird im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter betrachtet (für entsprechende Analyseansätze vgl. z. B. Kremer und Schlieder (2014).

3 Detaillierte Beobachtung

Detaillierte Beobachtung (engl. *close monitoring*) zielt als eigene empirische Erhebungsmethode (Schlieder und Kremer 2011; Kremer und Schlieder 2014) auf die Erhebung von Daten zur alltäglichen oder touristischen Aneignung von individuell unmittelbar erfahrbaren Räumen und fokussiert damit auf Sicht- und Umgebungsräume. Tab. 3.1 bewertet die Maßstabsebenen von Montello (1993) bezüglich ihres Ortsbezugs und nennt mögliche Erhebungsverfahren.

Zur Erprobung der kombinierten Analyse verschiedener aufeinander bezogener Datenarten (vgl. Kap. 2.5) wurden explorative Vorstudien durchgeführt, deren Ergebnisse im Folgenden vorgestellt werden (vgl. Kap. 3.1). Die Überprüfung auf Vollständigkeit der abgeleiteten qualitativen Typisierungen oder das Messen von Effektstärken ist nicht Teil dieser Arbeit. Aufbauend auf diesen Erfahrungen wird das abschließende Forschungsdesign beschrieben (vgl. Kap. 3.2), das zur Erhebung der in dieser Arbeit verwendeten Daten genutzt wurde.

3.1 Qualitativ-typisierende Vorarbeiten

Zur Datenerhebung wurden in Lehrprojekten diverse Pre-Tests durchgeführt und umfangreiche Befragungen vorgenommen. Gemäß der in Kap. 2.4 gesetzten Grundlagen stammen die Daten von Touristen ohne eine auf dem eigenen Raumhandeln beruhende Raumerfahrung im Untersuchungsbereich sowie langjährigen Einwohnern mit fest gefügten Routinen im Raumhandeln. Diese wurden einer qualitativ-typisierenden Voruntersuchung unterzogen, was in erster Instanz dem Aufbau eines für das Problemverständnis geeigneten Begriffsinventars und der Diskussion möglicher Modellierungen der beobachteten Phänomene diente (vgl. die in Kap. 2 diskutierten konzeptionellen und methodischen Ansätze).

Gemäß der getroffenen Operationalisierung von Raumhandeln als Ortsbewegung und Sprachen über Räume als Text wurden Bewegungsspuren und Sprachdaten erhoben. Da viele einfache ortsbezogene Modellierungen auf Fotos zurückgreifen (vgl. Kap. 2.2.3), wurden zusätzlich

Bilddaten betrachtet. Nach einer Vorstellung der Vorarbeiten wird ein endgültiges Forschungsdesign (Kap. 3.2) festgesetzt und das damit erzeugte Sample beschrieben.

3.1.1 Visualität

Gillian (2001) weist auf die Gefahren der nachträglichen Interpretation von Bildinhalten hin, insofern häufig kein Wissen über den Kontext der Bildentstehung vorhanden ist (verwendeter Sensor, Absicht des Fotografen und beabsichtigtes Zielpublikum) und auch der Präsentationsrahmen, innerhalb dessen die Interpretation vorgenommen wird, das Ergebnis der Interpretation beeinflussen kann. Vielfach wird daher versucht, die Lesart des Betrachters mitzuerheben (Dirksmeier 2013, vgl. Tabelle 3.2). Bei der Fotoelizitation wird vorhandenes, ggf. vom Forscher selbst erzeugtes Bildmaterial verwendet, zu dem die Interpretation eines Probanden erfragt werden soll. Autodriving unterscheidet sich davon insofern, als die Probanden selbst auf den Bildern abgebildet sind.

Vom Probanden selbst erzeugtes Bildmaterial entsteht bei der Autofotografie. Eine Variante, bei der der Proband über einen längeren Zeitraum seine alltägliche Umwelt dokumentiert, ist die Photo Novella. In beiden Fällen interpretiert der Forscher die Bilder ohne Rücksprache mit dem Probanden und unterliegt damit oben genannten Einschränkungen. Eine Verbesserung stellt die Methode der Reflexiven Fotografie dar, bei der die Probanden selbst zu den von ihnen erzeugten Bildern sprechen. Ab einem gewissen zeitlichen Abstand kann allerdings auch der Urheber der Abbildung ihren ursprünglichen Kontext nicht mehr zweifelsfrei rekonstruieren (Gillian 2001).

Da durch die Methode der Reflexiven Fotografie zusätzlich zu den erzeugten Fotodaten auch die unmittelbare Interpretation der Probanden erfasst werden kann, wurden in einem ersten Pre-Test zehn Studierende gebeten, für sie typische Sichten ihres Studienstandortes zu zeigen. Die Fokussierung auf eine genaue Aufgabenstellung erleichtert zusätzlich eine spätere Interpretation.

Die genauen Arbeitsanweisungen lauteten:

- Bereiten Sie eine Stadtführung durch das Gebiet der Bamberger Altstadt vor, auf der Sie Bamberg-Typisches zeigen!
- Wählen und fotografieren Sie bis zu zehn Standorte!
- Notieren Sie sich, warum Sie diesen Standort ausgewählt haben und was Sie dort zeigen wollen!

Erfahrungsräume nach Montello (1993)	Figurenraum	Sichtraum	Umgebungsraum	geographischer Raum
Erfahrbar durch	Berührung	Betrachtung	Ortsbewegung	Kommunikation
Ortsbezug	Handlungen an einem Ort	Blickwinkel an einem Ort	Routen zwischen Orten	Wissen über prototypische Orte
Sensorik	Haptische Sensorik	Eye-Tracking	Bewegungs-Tracking	Sprachaufzeichnung

Tabelle 3.1: Körpergebundene Erfahrung der Umwelt nach Montello (1993) und mögliche Erhebungsmethoden.

Methode	Wer fotografiert?	Wer und wie wird untersucht?	Ursprünge	Vertreter/innen
Fotoelzitation	Forscher	Individuen, denen zu Interviewbeginn Fotografien gezeigt werden	Ethnologie/Soziologie	Collier/Collier 1987; Harper 1986
Reflexive Fotografie	Proband	Individuen, die selbst fotografieren und über ihre Bilder sprechen	Psychologie/Ethnologie	Adair/Worth 1972; Douglas 1998
Autofotografie	Proband/en	Individuen/Gruppen fotografieren, die Bilder werden vom Forscher inhaltsanalytisch ausgewertet	Psychologie/Ethnologie	Adair/Worth 1972; Ziller/Rorer 1985
Photo Novella	Proband/en	Individuen/Gruppen fotografieren, die über einen längeren Zeitraum ihre Lebenswelt fotografieren	Pflegewissenschaft/ Ethnologie	Burris/Wang 1994; Berman et al. 2001
Autodrivng	Forscher	Individuen/Gruppen fotografieren, die in Aktion fotografiert werden und im Anschluss diese Bilder erläutern	Psychologie/ Konsumforschung	Arsenian Cornelson 1960; Heisley/Levy 1991

Tabelle 3.2: Überblick über methodische Ansätze zur Erhebung der Lesart von Fotos (Dirksmeier 2013).

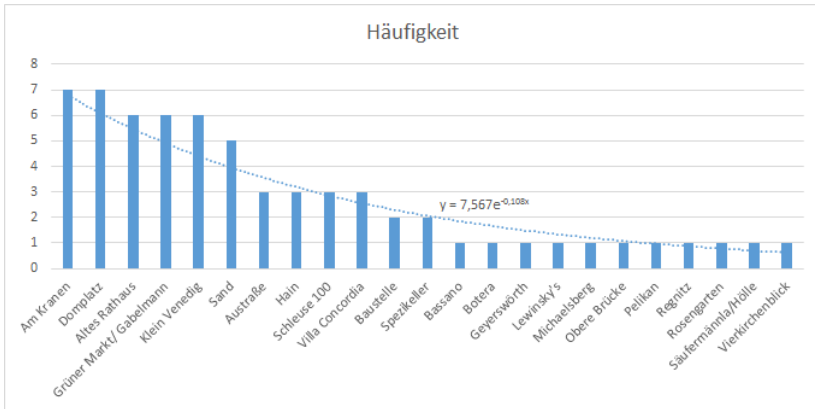


Abbildung 3.1: Häufigkeit der Nennung manueller extrahierter Ortskonzepte aus den studentischen Stadtführungen. Wenige Orte werden von der Mehrheit, viele Orte nur von einem Studierenden genannt.

Als Ergebnis lagen Fotos und zugeordnete stichwortartige Beschreibungen vor. Abb. 3.1 zeigt die Häufigkeit der Nennungen nach einer manuellen Aggregation der bezeichneten Orte ($n=7$). Es zeigt sich, dass Bamberg-Typisches mit hoher Kongruenz die wichtigsten Sehenswürdigkeiten produziert, die sich auch auf andere Weise leicht bestimmen lassen (Schlieder und Matyas 2009; Schlieder und Kremer 2011). Trotz der geringen Fallzahl zeichnet sich eine Exponentialverteilung zwischen wenigen Orten, die eine Mehrheit der Probanden nennt, und vielen, individuell aus verschiedenen Gründen bedeutsamen Orten ab (vgl. Schlieder und Matyas 2009).

Bereits die Klassifizierung der textuellen Beschreibung auf einen oder mehrere Affordanzbereiche (vgl. Tanasescu und Domingue 2008) der aggregierten Orte zeigt völlig unterschiedliche Funktionen, aus denen heraus ein Ort als Bamberg-typisch benannt wird (vgl. Abb. 3.2). Obwohl in der Aufgabenstellung nicht explizit gefordert, werden am häufigsten Orte gezeigt, die aufgrund ihrer visuellen Qualität oder aufgrund einer standardisierten, wohlbekannten Erzählung zum Standort auch als touristische Sehenswürdigkeiten fungieren können. Erst dahinter folgen individuelle Stadträume.

Abhängig vom jeweiligen Affordanzbereich wird auch das Zentrum Bambergs abhängig vom Handlungsziel anders benannt:

- Tourismus: Dom als Hauptattraktion
- Treffpunkt/Verweilqualität: Gabelmann als Lebensmittelpunkt

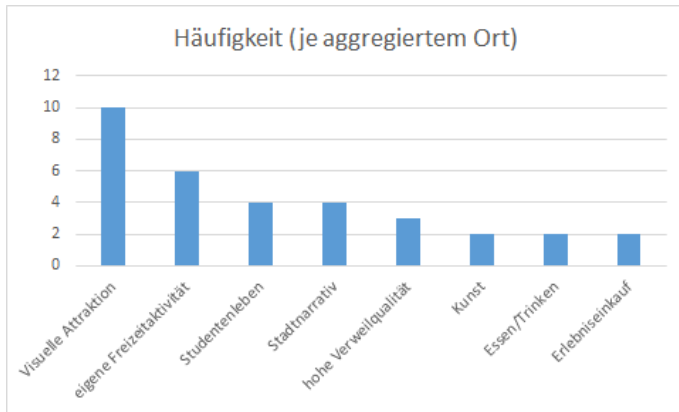


Abbildung 3.2: Häufigkeit der Zuschreibung von Affordanzbereichen je aggregiertem Ortskonzept.

- Freizeit/Studentenleben: Sandstraße als Partymeile

Eine Stadt hat also für eine bestimmte Person abhängig vom jeweiligen Handlungsziel mehr als nur ein Zentrum. Eine automatische Verarbeitung und Aggregation von Orten kann folglich nur bei Bezug auf dasselbe Handlungsziel erfolgen (vgl. Kap. 2.2.1).

Zusätzlich wurden die zehn Studierenden mittels der Methode der Fotoelicitazation gebeten, ihre Lesart von fünf Bamberg-Ansichten textuell darzulegen. Abb. 3.3 zeigt die entsprechenden Abbildungen, die bewusst so gewählt wurden, dass sie keine der oben genannten touristischen oder narrativen Sehenswürdigkeiten unmittelbar abbilden. Die zugrunde liegende Annahme war, dass solche Fotos keine allgemein bekannte Lesart reproduzieren, sondern wirklich aufgrund der individuellen Wahrnehmung beschrieben werden.

Die Arbeitsanweisungen lauteten:

- Kommentieren Sie die fünf Bamberg-Ansichten so, dass Sie einem Betrachter damit Ihre Sicht auf die Dinge erläutern können!
- Annotieren Sie dazu das Foto mit einem der grafischen Beschreibungselemente¹ Objekt (Punkt oder Fläche), Wechselwirkung, Barriere, Pfad oder Knotenpunkt.

¹ Ähnlich zu Lynch 1960



(a) Geyserswörth



(b) Untere Mühlen



(c) Fischerei



(d) Promenade



(e) Theatergassen

Abbildung 3.3: Die fünf im Rahmen der Fotoelizitation gezeigten Standorte.

- Notieren Sie im Feld *Beschreibung*, warum Sie dieses Element ausgewählt haben und was Sie dort für relevant halten!

Tabelle 3.3 fasst die mittels qualitativer Inhaltsanalyse durchgeführten Ergebnisse zusammen. Es finden sich, wie angenommen, teils sehr stark abweichende Bewertungen. Hierbei spielt wieder der zugrunde gelegte Kontext eine vermittelnde Rolle. Die bauliche Qualität der halb verfallenen Unteren Mühlen vor dem Alten Rathaus kann visuell als idyllisch empfunden werden, aus Sicht der Stadtplanung jedoch als Problemfeld. Abweichungen finden aber auch vor demselben Bewertungskontext statt: Die Theatergassen werden von der Aufenthaltsqualität her sowohl als idyllisch als auch als kahl und unruhig beschrieben. Da alle beschriebenen Motive keine gut bekannten Attraktionen und auch keine wichtigen Orte im eigenen Leben sind, fällt auf, dass vielfach Pfade als kognitiver Anker (Couclelis u. a. 1987) für eine Beschreibung dienen (*Da geht es zum ..., Da laufe ich, wenn ich ...*). Die gezeigten Motive werden also während der Ortsbewegung in der Stadt, nicht aber als Zielpunkt wahrgenommen.

Bezogen auf die Bildinhalte wurden Touristen analog zum späteren Forschungsdesign (vgl. Kap. 3.2) gebeten, ihren Aufenthalt in der Stadt durch mindestens ein Foto alle zehn Minuten zu dokumentieren.

Unabhängig vom konkreten Motiv lässt sich das Bildmaterial ohne Anspruch auf Vollständigkeit in wiederkehrende Typen einteilen:

- Fernblickbeziehung eines Objekts
- Ansicht einer Landmarke oder eines Ensembles
- Einzelansicht eines Objekts
- Seitenblicke entlang von kreuzenden Sichtachsen
- markante Wegstücke (z. B. Steigung, Treppe)
- Details im Nahraum (architektonische Details, Schilder, Figurenraum)

Abb. 3.4 zeigt jeweils entsprechende Beispiele. Fotos markanter Wegstücke können durch die Arbeitsanweisung verursacht sein, wenn Wegstücke ohne interessante Blicke länger als zehn Minuten dauern. Alle Bildtypen können durch Hinzunehmen eines größeren Bildausschnitts im Kontext gezeigt werden.

Die Typen gruppieren sich innerhalb einer touristischen Tour zu wiederholt auftretenden Sequenzen, z. B. der Dokumentation einer Annäherung an ein Zielobjekt (Metapher des Ankommens). Dabei werden unter anderem folgende Phasen durchlaufen, die innerhalb einer Sequenz nicht zwingend alle realisiert sein müssen:



(a) Fernblickbeziehung



(b) Ensemble



(c) Einzelsicht



(d) Wegstück



(e) Seitenblick



(f) Nahraum

Abbildung 3.4: Wiederholt auftretende Bildtypen Individualreisender im Städtetourismus.

Standort	was?	wie? (assoziativ)	wie? (emotional)	Wahrnehmungselement	Kommentar
Theatergassen	Rückzugsraum, Neubauten (Wohnungen und Einzelhandel)	<i>negativ:</i> planarisches Ziel verfehlt, kaum frequentiert; <i>neutral:</i> Nähe BVD; <i>positiv:</i> Platz für Café	<i>negativ:</i> verwinkelt, kahl, dunkel, hässlich, eng, unruhig; <i>positiv:</i> idyllisch, Urlaub	<i>path</i> (Passage)	»Hinterhof«, »künstlich erzeugt«
Geyerswörth	Touristeninformation, ehem. Stadtbad, ehem. Fischteiche	Praktikum, Nähe Tiefgarage, innenstadtmah	<i>positiv:</i> einladend, grün, angenehme Atmosphäre, verschönert, aufgewertet; <i>negativ:</i> gewöhnungsbedürftig	<i>portal</i> (Eintrittspunkt)	
Untere Mühlen	Altes Rathaus, denkmalgeschützt	<i>Variante 1:</i> Wahrzeichen; <i>Variante 2:</i> renovierungsbedürftig; <i>Variante 3:</i> Nähe Regnitz	<i>positiv:</i> idyllisch, mittelalterlich; <i>negativ:</i> ungepflegt, planlos	heterogen: <i>path vs. locations</i>	»differenziertes Stadtbild«
Fischerei	alte Fischerhäuser, denkmalgeschützt	<i>negativ:</i> schwierige Verkehrssituation; <i>neutral:</i> Nähe Schule, Nähe Kneipen	<i>positiv:</i> romantisch, ruhig, hübsch; <i>neutral:</i> verwinkelt, schmal, mittelalterlich; <i>negativ:</i> störende Autos	<i>path</i> (Segment)	»Schleichweg«
südliche Promenade	Zufahrt zOB, Taxistand, Kreiswehrratsamt	viel Verkehr, Schlaglöcher, höherwertige Dienstleistungen	<i>neutral:</i> modern; <i>negativ:</i> hässlich, un schön, unattraktiv	<i>portal/path</i> (»Zufahrt«)	»hässliche Seite Bambergs«, »Zufahrt zum Dreh- und Angelpunkt«

Tabelle 3.3: Durch die Probanden kommentierte Fotoanreize.

- erster Blickkontakt zum Zielobjekt
- Zielobjekt vollständig sichtbar
- Zielobjekt kommt nach Okklusion wieder in Sicht
- isolierte Einzelaufnahme des Zielobjekts bei der Ankunft
- Nahbereich des Zielobjekts: Details im Nahraum, Innenbereich von Gebäuden

Der erste Blick kann eine Fernsichtbeziehung zu Teilen des Objekts sein, die Exploration des Nahbereichs kann durchaus auch eine intensive Beschäftigung mit dem Inneren einer baulichen Anlage (z. B. Burg) oder eines Gebäudes nach sich ziehen. Es gibt in den Daten keine der Annäherung entsprechende Dokumentation eines Abschieds (Rück-Blicks), sondern stets eine neue Blickorientierung auf das nächste Ziel. Eine Wiederaufnahme der Blickbeziehung zum Zielobjekt aus anderer Perspektive zu einem späteren Zeitpunkt sowie ein erneuter Besuch sind durchaus möglich. Ein Beispiel für die Dokumentation einer Annäherung zeigt Abb. 3.5.

Es fällt auf, dass sich in geeigneten Umweltrepräsentationen Standorte präzisieren lassen, die für bestimmte Bildtypen geeignet sind. Ein Seitenblick ist z. B. nur im Schnittpunkt zweier Sichtachsen einer Achsenkarte (vgl. Kap. 2.1.3) möglich, ein Wegstück entlang einer Achse. Für andere objektbezogene Bildtypen ist zusätzlich ein geeignetes Maß für die Salienz von sichtbaren Objekten nötig.

Eine Reduzierung der Wahrnehmungsmodi auf wenige Typen ist in Bezug auf eine bestimmte Aufgabe oder ein Handlungsziel auch dann möglich, wenn keine bewusste Selektion eines Motivs durch den Probanden stattfindet. Im folgenden Beispiel wurde während einer geographischen Exkursion durch eine an einer geeigneten Kopfbedeckung befestigte Minikamera ein kontinuierlicher Wahrnehmungsstrom erzeugt, bei dem alle fünf Sekunden ein Aufnahme gemacht wurde. Es liegen für unterschiedliche Exkursionsinstanzen Daten sowohl aus Sicht des Exkursionsleiters als auch aus Sicht eines Exkursionsteilnehmers (Studierenden) vor.

Bezüglich der Wahrnehmungsmodi lag der Fokus beim Exkursionsleiter auf der Unterrichtssituation in der Gruppe und auf der Lösung der Navigationsaufgabe von Standort zu Standort (vgl. Abb. 3.6a). Umgekehrt fokussierten sich die Studierenden in der Wahrnehmung auf die eigenen Notizen, den Exkursionsleiter sowie auf die Bewegung und Kommunikation in der Gruppe.²

² Auf bestenfalls 3 % der erzeugten Bilder werden Umweltelemente betrachtet. Dies kann als Hinweis für eine unzureichende didaktische Ausarbeitung der Exkursion dienen.



(a) erster Blickkontakt



(b) vollständig sichtbares Zielobjekt



(c) zwischenzeitliche Okklusion, in diesem Fall zugleich isolierte Einzelaufnahme



(d) Details im Nahbereich des Zielobjekts

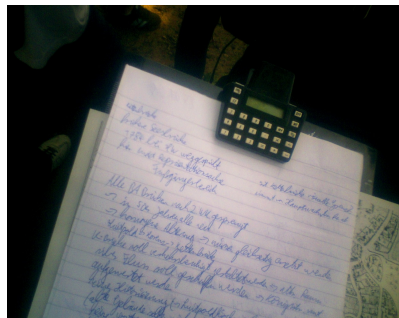


(e) Wiederaufnahme der Blickbeziehung

Abbildung 3.5: Typische Dokumentation einer Annäherung an ein Zielobjekt.



(a) Fokussierung auf Unterrichtssituation und Navigation beim Dozenten.



(b) Fokussierung auf den Exkursionsleiter, die Exkursionsgruppe und die eigene Mitschrift beim Studenten.

Abbildung 3.6: Visueller Fokus während der Exkursion in Abhängigkeit von der Rolle.

Wahrnehmungssequenzen in noch höherer zeitlicher Auflösung zusätzlich der Information über das jeweils vom Betrachter fixierte Objekt lassen sich durch Eye-Tracking erheben. Dies wird unter anderem eingesetzt, um individuell relevante Informationsquellen und die getroffenen Entscheidungen bei Navigationsaufgaben besser zu verstehen (Kiefer, Straub und Raubal 2012). Unabhängig vom Objekt kann auch hier eine Fixierung mit dem Blick über einen bestimmten Zeitraum als allgemeiner Indikator für Aufmerksamkeit gelten. Ein guter Prädiktor für Sättigung bei der Exploration eines Sichtraums (z. B. eines Stadtpanoramas) ist, wenn bereits bekannte Elemente erneut fixiert werden und keine neuen mehr dazu kommen (Kiefer, Giannopoulos u. a. 2014).

Sichträume können also eine visuelle Reichhaltigkeit aufweisen, die Interesse weckt und ggf. zum Verweilen einlädt. Das Interesse hängt stark von der jeweiligen Aufgabe oder vom jeweiligen Handlungsziel ab. Es wurde gezeigt, dass Wahrnehmungsmodi intersubjektiv auf ein festes Inventar von Typen hin konvergieren, das sich bei Ansichten beispielsweise mithilfe von Image-Schemata (vgl. Kap. 2.1.3) in seiner Struktur weiter formalisieren lässt.

Für eine automatische Verarbeitung problematisch ist die Aggregation von individuell relevanten Objekten (z. B. Landmarken) auf Basis eines geeigneten Ähnlichkeitskriteriums. Zwar kann mittels automatischer Bildverarbeitung direkt auf den Bildinhalten gerechnet und auch ein Matching von Bildinhalten durchgeführt werden (Crandall und Snaveley 2012), dies lässt jedoch offen, ob dieselbe Ansicht für unterschiedliche Individuen im selben Handlungskontext überhaupt dieselbe Relevanz hat (z. B.: fehlende Aufmerksamkeit). Umgekehrt lässt sich die erweiterte, individuell relevante Bildinformation bestehend aus Bildinhalt, Wahrnehmungsmodus und Aufgabe durch Image-Schemata an das Bild annotieren, was ein Struktur-Matching ermöglicht (Rüetschi und Timpf 2005). Dies ist allerdings nur manuell zu leisten und spiegelt bei einer nachträglichen Zuschreibung ebenfalls nicht zwingend die Sichtweise des Probanden wider.

Ohne die Interpretation des Bildinhaltes kommt die Verwendung von Fotos als Indikatoren für besondere Aufmerksamkeit eines Probanden an einem bestimmten Standort aus (Schlieder und Matyas 2009). Allgemein kann eine dichte zeitliche Folge an Fotos als starker Beleg für eine intensive Auseinandersetzung mit einer Umwelt gelten. Dadurch wird allerdings vollständig vom Bildinhalt und insbesondere der Position des Bildinhalts im Verhältnis zum Standort des Fotografen abstrahiert (insbesondere bei Fernsichtbeziehungen). Die Nachteile eines rein standortbezogenen Clusterings wurden bereits in Kap. 2.2.3 diskutiert.



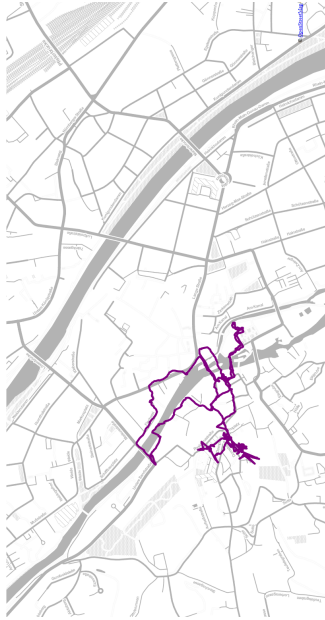
Abbildung 3.7: Verhaltensmuster räumlicher Entscheidungen in einem ortsbezogenen Spiel: (a) Orientierungsphase bei Unsicherheit, (b) Umkehren nach einer falschen Entscheidung (Kremer, Schlieder u. a. 2013).

3.1.2 Ortsbewegung

Für die Voranalyse von Bewegungsspuren bietet sich die Suche nach wiederkehrenden Bewegungsmustern an (vgl. u. a. McKercher und Lau 2008). Hierbei soll der Fokus gemäß der getroffenen Entscheidungen auf Mustern in Sicht- und Umgebungsräumen liegen. Auf der Ebene von Sichträumen lassen sich vor allem Navigationsmuster erkennen, die Orientierungsverhalten widerspiegeln (vgl. Abb. 3.7). Eine Erklärung aus der Wahrnehmung der Umwelt heraus bedarf detaillierter Sensordaten, wie sie etwa mittels Eye-Tracking gewonnen werden (vgl. Kap. 3.1.1).

Auf Ebene von Umgebungsräumen lassen sich Art und Sequenz der besuchten Orte auf Sichtraumebene beschreiben. Im Beispiel wurden GPS-Tracks von etwa 100 Tagestouristen analysiert, die während des Aufenthalts in Bamberg aufgezeichnet wurden. Das Erhebungsverfahren entspricht für die Bewegungsspuren dem späteren Forschungsdesign (vgl. Kap. 3.2). Insgesamt wurden zu verschiedenen Jahreszeiten über einen Zeitraum von drei Jahren ca. 100 Bewegungsspuren gesammelt. Abb. 3.8 und 3.9 geben einen Überblick über die identifizierten Muster.

Vollständig durch vorher bekanntes Wissen lassen sich die Bewegungsspuren von Gruppenreisenden erklären, die innerhalb eines mehrstündigen Aufenthalts eine Stadtführung gebucht haben. Beinahe alle weisen dieselbe Struktur auf. Beim Bushalt für Reisebusse beginnt eine touristische Führung, die mit wenigen Routenoptionen in die Innenstadt führt und dort endet. Der knappe zeitliche Rahmen erlaubt nur eine geringe räumliche Exploration, bevor üblicherweise mit einem größeren zeitlichen Puffer auf direktem Weg (Überblickswissen) oder entlang der nun bekannten Pfade (Routenwissen) zum Ausgangspunkt zurückge-



(b) Ausschließlicher Besuch der drei Hauptsehenswürdigkeiten



(b) Ausschließlicher Besuch von Brauereien



(a) Gruppenreise mit Stadtführung

Abbildung 3.8: Beispiele für leicht erklärbare Bewegungsspuren.



(a) Ausschließlicher Besuch von Klerikalräumen

Abbildung 3.9: Beispiele für thematisch fokussierte Exploration.

kehrt wird. Ebenfalls durch vorher bekanntes Wissen präzisieren lassen sich Bewegungsspuren Individualreisender, die nach einem Besuch der drei Hauptsehenswürdigkeiten (vgl. z. B. Schlieder und Matyas 2009) zum Ausgangspunkt zurückkehren.

Daneben finden sich Bewegungsspuren von Individualreisenden, die einen eindeutigen thematischen Schwerpunkt aufweisen (z. B. Kirchen oder Brauereien). Ist dieser thematische Schwerpunkt bereits vor dem Aufenthalt bekannt, lässt sich durch Auswahl geeigneter Affordanzbereiche in einer Umweltrepräsentation (vgl. z. B. Codescu u. a. 2011) die Menge möglicher Aufenthaltsorte während des Besuchs ebenfalls stark eingrenzen. Routenoptionen hängen dann nur noch von der zur Verfügung stehenden Zeit ab (vgl. Kap. 2.4.3).

Auch auf Ebene geographischer Räume lassen sich Aufenthaltsschwerpunkte bestimmen. Kremer und Stein (2014) zeigen am Beispiel von in osm öffentlich verfügbaren Nutzertracks, an welchen Orten Nutzer, die gemeinsam in einem bestimmten Bereich arbeiten (im Beispiel: Jerusalem), weitere Aufenthaltsschwerpunkte haben (vgl. Abb. 3.10). Dies setzt für eine inhaltliche Interpretation natürlich voraus, dass die von den Nutzern hochgeladenen Tracks repräsentativ für ihr Bewegungsverhalten insgesamt sind.

Interessante Orte lassen sich aus Bewegungsspuren leicht extrahieren (z. B. Isaacman u. a. 2011). Für räumliche Empfehlungssysteme können aus Umweltrepräsentationen wie osm dann wie beschrieben mögliche Affordanzbereiche für diese Orte bestimmt werden, mithilfe derer sich schrittweise die Interessen eines Besuchers eingrenzen lassen. Empfehlungen (z. B. für touristische Attraktionen) lassen sich dann unter Kenntnis der aktuell für diese Aktivität noch zur Verfügung stehenden Restzeit als zeitgeographisches Problem lösen (Kremer und Schlieder 2014, vgl. Abb. 3.11).

3.1.3 Sprechen über Orte

Zur Extraktion ortsbezogener Information aus natürlicher Sprache gibt es eine Fülle an Vorarbeiten in Geographie und Informatik (vgl. Kap. 2.3). Im Anschluss an z. B. Felgenhauer (2009) sowie Winter, Kealy u. a. (2011) wurde eine eigene empirische Studie durchgeführt, um vor allem die bislang wenig erforschte Struktur der inhaltlichen Aussagen über Orte besser verstehen zu lernen. Zu diesem Zweck wurden ca. 50 langjährige Bamberger Einwohner mithilfe eines Leitfadens in jeweils ca. einstündigen Interviews zu ihrer Sicht auf ihre alltägliche Umwelt befragt.

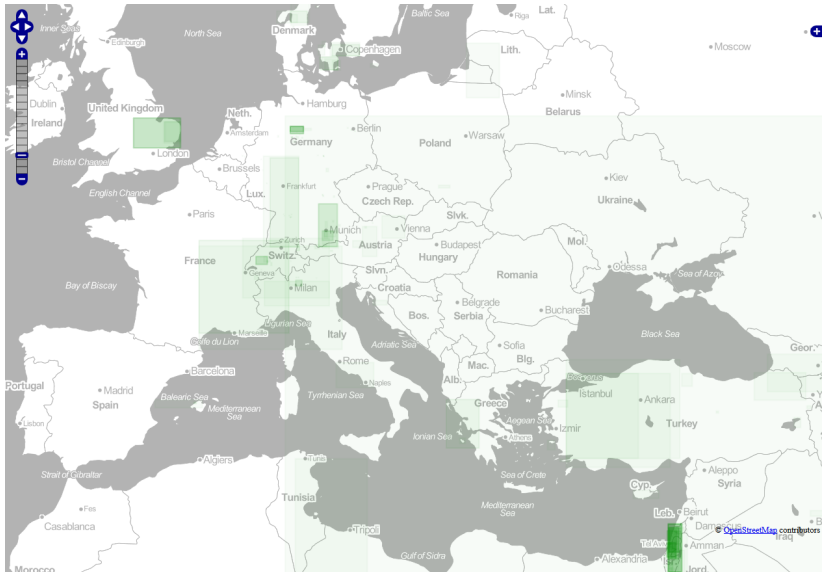


Abbildung 3.10: Beitragsschwerpunkte von Nutzern, die auch in Jerusalem kartiert haben.



Abbildung 3.11: Verbleibende Routenoptionen (rot) im möglichen Pfadraum (grün) mit hinreichend Zeit zum Besuch von Sehenswürdigkeiten (orange) für einen Touristen mit einem bestimmten Zielort bei einer bestimmten Restzeit (Kremer und Schlieder 2014).

Hintergrund war ursprünglich die historisch-geographische Frage nach retrospektiven Bewertungsvorgängen (Kremer 2013). Die Studie war damit inhaltlich an der Schnittstelle zwischen inhaltlicher Stadtdiskursforschung und geographischer Erinnerungsforschung angesiedelt. Im Einzelnen bestand der Leitfaden aus fünf aufeinander aufbauenden Schritten:

- Persönlicher Hintergrund: Seit wann leben Sie in Bamberg? Leben Sie schon immer hier?
- Lokale Expertise: Was würden Sie einem Besucher zeigen, der zum ersten Mal nach Bamberg kommt? Was sind für Sie Orte in der Stadt, zu denen Sie darüber hinaus einen persönlichen Bezug haben? Woher beziehen Sie bzw. bezogen Sie Ihre Informationen über das aktuelle Geschehen in Bamberg?
- Aktuelle Situation: Fühlen Sie sich in Bamberg wohl? Was gefällt Ihnen an Bamberg? Was stört Sie an Bamberg? Welcher Ort ist gegenwärtig am meisten in der Diskussion?
- Wahrgenommene Veränderung: Denken Sie zurück! Wo hat sich die Stadt, seit Sie hier leben, am stärksten verändert? Was ist heute dort anders als früher? Wie empfinden Sie diesen Wandel? Woran machen Sie es fest?
- Fotoelizitation: Betrachten Sie fünf Fotos! Wie hat sich dieser Ort in Bamberg verändert? Können Sie die Veränderungen zeitlich einordnen?

Die Frage nach der touristischen Route und der Fragenblock zur aktuellen Situation dienten ähnlich der Studie in Kap. 3.1.1 der Aktivierung der kognitiven Anker in der Alltagswelt der Sprechenden, um die Fragen nach den Veränderungsprozessen und deren Bewertung durch die Probanden vorzubereiten. Zur Datengewinnung wurde das Verfahren der primären Selektion über persönliche Auswahl mit sekundärer Selektion über lokale Presse und Radio kombiniert und anschließend auf eine möglichst gute Verteilung des Wohnsitzes der Interviewpartner über das Stadtgebiet geachtet (*local experts*). Dennoch ist ein Großteil der Sprechenden dem akademischen Kontext, Lokalhonoratioren bzw. Personen mit politischem Gestaltungswillen (*gate keepers*) zuzuordnen, wobei zumindest alle sozialen Schichten vertreten sind. Bezüglich des Geschlechterproporztes wurden entsprechend des Rücklaufs etwa doppelt so viele Männer wie Frauen interviewt.

Durch systematische Extraktion ortsbezogener Aussagen aus den Texten (vgl. Kap. 2.3.2) wurden Basiskategorien für Konnotationsebenen erar-

beitet, auf denen die Aussagen gemacht wurden. Die Ortsangaben selbst wurden dabei in der bei Bennett und Agarwal (2007) benannten textuellen Form (vgl. Kap. 2.2.2) belassen. Es wurden verschiedene Inhaltsebenen differenziert, auf denen Ortsangaben im semantischen Kontext verwendet werden (Kremer 2013):

- Zeitliche Einschränkungen: Bedeutung des Ortes in Routinen oder nur zu bestimmten Uhrzeiten
- Individuelles Erleben: sensorisch-emotionale Qualität einer topologischen Struktur bestehend aus Orten und Pfaden
- Individuelle Bedeutungszuschreibung: Bedeutung für den eigenen Aktionsraum, Bedeutung im Verhältnis zu anderen Orten oder Aussage über den Ort (z. B. Kategorisierung). Bedeutungszuschreibungen können sich überlagern (vgl. Kap. 2.2.1).
- Verwendung in einer Argumentation: Abwägung, Begründung oder standardisiertes Narrativ in einem Gesamtdiskurs

Wichtig ist die Beobachtung, dass sich die Inhaltsebenen eng verzahnt aufeinander beziehen und gegenseitig stützen. Dies lässt sich an folgendem Beispiel illustrieren:

Die alten Bamberger haben gesagt, an der Bahnlinie hört Bamberg auf! (Kremer 2013)

Die Setzung einer raumbezogenen Aussage wird hier an eine physisch erfahrbare Barriere gebunden und metasprachlich als überindividuell anerkannt markiert. In einer Argumentation kann beides der Rechtfertigung eines Urteils im Diskurs dienen.

Abb. 3.12 zeigt, wie Argumentationslinien strukturell ähnlich zu Weihe u. a. (2008) auf unterschiedlichen Inhaltsebenen extrahiert werden können. Die manuell annotierte Information kann analog zur Wissensmodellierung in anderen Kontexten (Staab und Studer 2013) sehr einfach als Graph repräsentiert werden (vgl. Kap. 2.3).

Die Studie zeigt den hohen Mehrwert, bei automatisierten Analysen den semantischen Kontext von Ortsangaben mit einzubeziehen. Da eine automatisierte Analyse die enthaltene Information nur näherungsweise erfassen kann, kommt auch eine manuelle Aufarbeitung der Daten zu einem Wissensgraphen in Frage, der algorithmisch leichter weiterverarbeitet werden kann. Über Folksonomien wie osm kann der semantische Kontext von Ortsangaben zu einer Referenzrepräsentation von Umwelt in Bezug gesetzt werden.

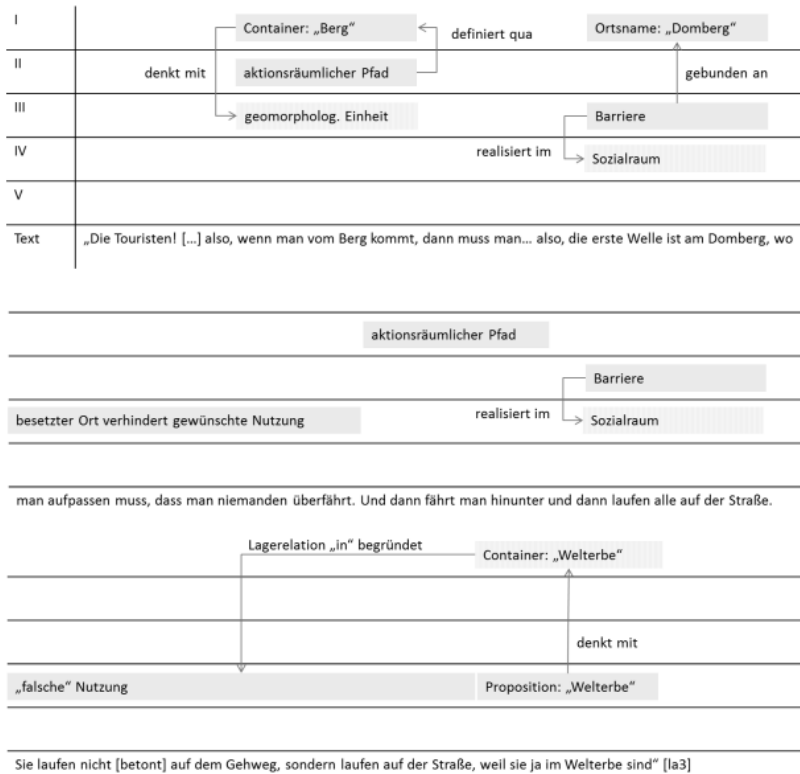


Abbildung 3.12: Beispielanalyse des semantischen Kontexts ortsbezogener Information unter Nutzung der explorierten Kategorien am Beispiel eines Nutzungskonflikts.

3.2 Endgültiges Forschungsdesign

Das eigene Forschungsdesign zielt auf Close-Monitoring (vgl. Kap. 2.5) von Städtetouristen, deren Aufenthalt nicht bereits durch Routinen vorstrukturiert ist (vgl. Kap. 2.2.1 bzw. Kap. 2.4). Die Aufgabe der touristischen Exploration einer Destination setzt dabei einen Filter für touristische Affordanzen. Auf detailliertere Aufträge wie z. B. Navigationsaufgaben wurde bewusst verzichtet, d. h. das touristische Explorationsverhalten kann beliebig in Handlungssequenzen realisiert sein. Wie bereits angesprochen, kommen für die Erhebung vor allem Individualreisende infrage, da das Bewegungsverhalten von Reisegruppen nur gering von geführten Touren abweicht, die in ihrem Verlauf vorab bekannt sind (vgl. Kap. 3.1.2). Eine klare Erwartungshaltung bezüglich eines Besichtigungsplans bezieht allerdings eine Mehrheit der Individualreisenden vor Reiseantritt aus (Online-)Reiseführern (vgl. Kremer, Lehmeier und Stein 2011).

Der Arbeitsauftrag der Touristen bestand darin, während Ihres Besuchs in Bamberg mittels einer GPS-Kamera Fotos während ihres Aufenthalts zu machen. Dazu wurden Individualreisende, die einen Aufenthalt von mindestens zwei Stunden Dauer planten, am örtlichen Tourismusbüro angesprochen. Den Touristen wurden ein GPS-Empfänger mit hoher Genauigkeit und eine GPS-Kamera mit der Anweisung ausgehändigt, wenigstens alle 10 Minuten ein Foto zu machen. Um sicherzustellen, dass die Fotos nicht für den Zweck der Erhebung bewusst oder unterbewusst konstruiert werden, wurden die Touristen gebeten, keine eigenen Aufnahmen zu machen. Statt dessen wurde ihnen die Zusendung der Fotos an eine Kontaktadresse ihrer Wahl innerhalb von drei Wochen angeboten. Insgesamt bestehen die erhobenen Daten aus

- Bewegungsspuren mit einem Messpunkt alle 5 Sekunden (abgesehen von Signalverlust),
- verorteten Fotodaten,
- standardisierten Interviewdaten vor und nach dem Aufenthalt sowie
- der Aufzeichnung fünf- bis zehnminütiger Erlebnisberichte nach dem Besuch, gesteuert durch einen Leitfaden.

Vor dem Besuch wurden die Touristen nach ihrem bereits vorhandenen Wissen und ihren Besuchsplänen gefragt:

- Kontextwissen: Nennen Sie uns bitte spontan die drei Begriffe, die Ihnen zu Bamberg einfallen? Haben Sie sich vor Ihrer Ankunft ge-

zielt über Bamberg informiert? Wenn ja, welche Informationsquellen haben Sie genutzt?

- Vertrautheit: Woher kommen Sie? Wie oft waren Sie schon in Bamberg?
- Pläne: Wie lange sind Sie in Bamberg? Was wollen Sie in Bamberg besichtigen? Wann wollen Sie wieder zurück sein (Uhrzeit)?

Nach dem Besuch wurden die Touristen nach den besuchten Orten, nach grundlegenden Aktivitäten und danach gefragt, wie sie sich in der Stadt orientiert hätten:

- Aktivitäten: Haben Sie in einem Restaurant oder Café Pause gemacht? Haben Sie etwas eingekauft?
- Besuchte Orte: Was haben Sie besichtigt? Gab es Orte, die Sie zufällig entdeckt haben?
- Orientierung: Wie haben Sie sich in der Stadt orientiert?

Im einem anschließenden, mittels Leitfaden geführten Interview wurden folgende Fragen zur Bewertung der Ortsstruktur angesprochen:

- Positiv: Wo hat es Ihnen besonders gut gefallen?
- Negativ: Wo hat es Ihnen nicht gefallen?
- Wiederholung: Was würden Sie sich gerne auch nochmals anschauen?
- Zeitbudget: Welche Orte hätten sie gerne gesehen, haben es zeitlich aber nicht mehr geschafft?

Während des Besuchs wurden weitere Kontextinformationen erhoben:

- Alter des Probanden in Altersstufen
- Geschlecht des Probanden als dichotome Variable
- Temperatur
- Luftfeuchtigkeit
- Windstärke
- Niederschlagsereignisse
- Öffentliche Events im Innenstadtbereich

Fotos und GPS-Daten können durch den Abgleich der Zeitstempel zu einer gemeinsamen Verhaltenssequenz integriert und somit gemeinsam ausgewertet werden. Dadurch kann fehlerhafte Positionierung durch die GPS-Kamera korrigiert werden. Die nachträglich erhobenen Sprachdaten können nur indirekt (z. B. über Ortsnamen und ggf. deren Maßstabsebene) mit den Bewegungsdaten assoziiert werden. Es ist zentrales Interesse

dieser Arbeit, für einen solche Fall einen Ansatz zum automatischen Abgleich anzubieten. Degen und Rose (2012) sowie Kazig und Popp (2011) lassen im Gegensatz dazu Sprachkommentare direkt vor Ort und nicht im Nachhinein einsprechen (reflexive Fotografie, vgl. oben) und können sie dadurch ebenfalls Standorten zuordnen.

Abbildung 3.13 zeigt eine der Bewegungsspuren, Tabelle 3.4 stellt Kennzahlen der Aufenthalte zusammen. Die Aufenthalte dauerten ungefähr zwischen zwei und sechs Stunden. Alle Probanden kamen der Aufforderung nach, wenigstens alle zehn Minuten ein Bild zu erzeugen. Bei der Länge und der Durchschnittsgeschwindigkeit der Tracks ergeben sich große Unterschiede, da Fall 2013_03 spontan an einer Bustour durch Bamberg (Sieben-Hügel-Tour) teilnahm und Fall 2013_05 für einen kurzen Aufenthalt in der Ferienwohnung mit dem Auto in eine Bamberger Nachbargemeinde fuhr. Bei Temperaturen zwischen 20 und 27°C ohne Niederschläge waren für alle Probanden vergleichbare, optimale Bedingungen zum Aufenthalt im Freien gegeben. Das Vorwissen der Probanden wies Schnittmengen in folgenden Bereichen auf:

- Sehenswürdigkeiten, insbesondere Dom (4 von 5 Nennungen)
- Essen und Trinken, insbesondere Bier (3 von 5 Nennungen)
- Historizität, insbesondere Welterbestatus (2 von 5 Nennungen)

Obwohl dies aufgrund der geringen Größe des Samples nicht verallgemeinert werden kann, fällt die hohe Kongruenz (Produktmomentkorrelation 0,95) zwischen der Anzahl der aufgenommenen Fotos und der Dauer des Erlebnisberichts auf. Die Zahl der aufgenommenen Fotos ist innerhalb der Stichprobe umso mehr ein starker Indikator für den Umfang der bleibenden ortsbezogenen Erlebnisse, als die Fotos selbst während der abschließenden Befragung gar nicht thematisiert wurden und somit auch den Erlebnisbericht nicht beeinflussten. Die Aufenthaltszeit korreliert dagegen nur schwach mit der Dauer des Erlebnisberichts (Produktmomentkorrelation 0,45). Der Anteil der Standzeit ohne Ortsbewegung (z. B. während der Pausen) korreliert wiederum stark negativ mit der Dauer des Erlebnisberichts (Produktmomentkorrelation $-0,87$). Innerhalb der Stichprobe ist also nicht Verweilen, sondern eine irgendwie geartete Ortsbewegung als Ausdruck von Exploration Indikator für bewusste (erinnerbare) ortsbezogene Erlebnisse.

Track	Dauer	davon Standzeit	Länge	Geschwindigkeit	Fotos	Fotos/ Stunde	Sprechzeit
2013/01	3:57 h	2:20 h	5 km	1,3 km/h	32	8,1	2:49 min
2013/02	1:49 h	0:14 h	4,1 km	2,3 km/h	49	27,0	5:09 min
2013/03	5:46 h	0:39 h	24,6 km	4,3 km/h	57	9,9	6:22 min
2013/04	5:38 h	1:07 h	9,3 km	1,7 km/h	70	12,4	6:51 min
2013/05	6:18 h	1:33 h	33,5 km	5,3 km/h	47	7,5	5:29 min

Tabelle 3.4: Kennzahlen der fünf für die Evaluation erhobenen Fälle.



Abbildung 3.13: Beispielvisualisierung der Rohdaten eines touristischen Tracks.

4 Geeignete Modellierung von Ort zur Berechnung von Ortsähnlichkeit

Im Folgenden werden die für die Lösung der gestellten Forschungsfrage nötigen Schritte benannt (Kap. 2.7) sowie eine gemäß der zuvor beschriebenen Anforderungen (Kap. 2.2) gewählte Modellierung von Ort vorgestellt und diskutiert (Kap. 4.1). Bezogen auf passende Umweltrepräsentationen (vgl. Kap. 2.1.3) werden die Knoten des Place-Graphen und Bewegungsmuster in dasselbe Zieldatenmodell (vgl. Kap. 2.7) überführt. Dazu wird ein Verfahren vorgestellt, das mittels qualitativer Inhaltsanalyse von transkribierten Sprachdaten (vgl. Kap. 3.2) einen Place-Graphen aufbaut (Kap. 4.2, vgl. auch Kap. 2.3.1).

Für den Place-Graphen werden mehrere Möglichkeiten zur Verortung der Knoten (vgl. Kap. 2.3.3) dargelegt, die sich wechselseitig ergänzen (vgl. Evaluation in Kap. 6). Kap. 4.3 beschreibt, wie Muster auf Bewegungsdaten dazu genutzt werden, um interessante Orte zu identifizieren.

In Kap. 4.4 werden Verfahren zur schrittweisen Generalisierung der so erzeugten Geo-Extensionen diskutiert. Es werden geeignete Ähnlichkeitsmaße für Orte auf Basis ihrer Geo-Extensionen diskutiert und mit dem räumlichen Assoziationsgraphen eine Datenstruktur zur Berechnung und Visualisierung der graduellen Überlappung von Orten vorgestellt (Kap. 4.5). Auf dieser Basis lässt sich die Einbettung von individuellen Sichtweisen in eine gemeinsame Ortsstruktur genauso realisieren wie eine ortsbezogene Verbundoperation (vgl. Evaluation in Kap. 6.1.4).

Es wird wie folgt vorgegangen:

- Aufstellen eines Datenmodells zur Repräsentation der räumlichen Informationen aus dem Forschungsdesign (vgl. Kap. 3.2) und Offenlegen der zugrunde liegenden Annahmen
- Präzisierung der zu lösenden Teilprobleme
- Begründete Kombination existierender Verfahren (Kap. 2) zur Vorverarbeitung

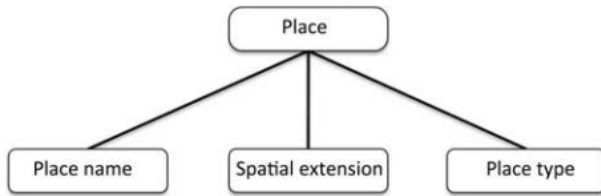


Abbildung 4.1: Ausprägungen von Ort (Vasardani, Winter und Richter 2013).

- Vorstellung und Diskussion von Metriken und Verfahren zur Lösung der gestellten Forschungsfragen (Kap. 1)

Unabhängig vom Anwendungsfall der touristischen Exploration von Stadträumen soll eine Lösung generisch genug sein, um beliebige aus Bewegungsspuren und Sprachdaten extrahierte Orte zueinander in Beziehung setzen zu können. Der zugrunde liegende Anwendungsfall humangeographischer Forschung ist, dass auf diese Weise sprachlich vermitteltes Ortswissen durch die eigene physische Anschauung validiert (falls bereits eine Erwartungshaltung bezüglich eines Ortes vorliegt) oder direkt erworben wird (bei der Exploration unbekannter Orte).

4.1 Eigenes Ortsmodell

Die gewählte Modellierung von Ort erweitert das Modell von Vasardani, Winter und Richter (2013), das Abb.4.1 nochmals zeigt. Im Folgenden sollen die für eine hinreichend differenzierte Modellierung nötigen Begriffe geklärt werden.

Wichtig für die vorliegende Arbeit ist der Charakter eines Ortes als einer je nach Kontext (z. B. bei touristischer Exploration) und subjektiv verschiedenen Sichtweise, die sich sprachlich oder durch Bewegungsverhalten ausdrückt. Zur Adressierung eines Ortsbegriffs mit diesen Eigenschaften wird im Folgenden von einem Ortskonzept gesprochen:

Ortskonzept Kontextbezogene Sichtweise einer bestimmten Person auf einen bestimmten Ort durch sprachliche Bezugnahme oder Bewegungsverhalten vor Ort.

Ein Ortskonzept hat im gewählten Modell Vorkommen an Knoten eines Place-Graphen sowie an Mustern im Bewegungsverhalten. Ein Knoten

eines Place-Graphen hat dabei zunächst keine Verortung im geographischen Raum und ein Bewegungsmuster vorläufig keine semantischen Attribute.

Da der Place-Graph ein Property-Graph ist, sind Ortskonzepte Objekte, die beliebige Attribute haben können. Ein besonderes Attribut ist der Ortsname, da dieser zum eindeutigen Auffinden einer Geo-Extension in Ortsnamenverzeichnissen genutzt werden kann (vgl. hierzu Kap. 2.3.1).

Ortsname Ein Ortsname ist ein Bezeichner für das Ortskonzept einer bestimmten Person, das der Person hinreichend bekannt und präzise erscheint, um damit über ihr Ortskonzept kommunizieren zu können. Ein Ortsname ist häufig nur unter Hinzunahme eines einschränkenden räumlichen Kontexts global eindeutig.

Beispiele für räumliche Einschränkungen im administrativen Bereich sind *Bad Neustadt an der Saale* oder *Newcastle upon Tyne*. Attribute umfassen Aussagen über ein Ortskonzept (z. B. *Bamberg ist schön*, *Im Hain kann man gut chillen*). In der vorliegenden Modellierung ersetzen sie die Angabe eines Ortstyps, da sich aus ihnen ebenfalls Affordanzbereiche ableiten lassen.

Sprachliche Verknüpfungen von Ortskonzepten (z. B. *Vom Pfahlplätzchen geht es zum Kaulberg hoch*) werden im Place-Graphen durch Relationen zwischen Ortskonzepten repräsentiert. Im Property-Graphen sind auch Relationen semantisch attribuiert, z. B. *Der Weg vom Rosengarten zum Michelsberg ist beschwerlich, aber lohnend*. Ein Sonderfall ist die Ortsbeschreibung, bei der die Bezeichnung eines Ortes über eine relative Lagebeschreibung zu einem kognitiven Anker erfolgt (vgl. Couclelis u. a. 1987). Ein Bezeichner eines Ortskonzepts in Form eines Ortsnamens kann jederzeit fehlen (z. B. *das rote Haus rechts von der Kirche*, *das Schloss am Park*, *das Rathaus*). Ortsbeschreibungen und Ortsnamen werden im Folgenden gemeinsam Ortsbezeichnungen genannt.

Geo-Extension Eine Geo-Extension eines Ortskonzepts ist seine Verortung, also die Abbildung auf einen Ausschnitt einer bestimmten Umweltrepräsentation.

Wie eingangs motiviert (vgl. Kap. 2.7), wird dabei anders als bei der Rekonstruktion einer passenden räumlichen Konfiguration (vgl. Vasardani, Timpf u. a. 2013) eine Verortung in einem Straßennetzwerk vollzogen, insofern dieses die geeignete Umweltrepräsentation für Ortsbewegung ist.

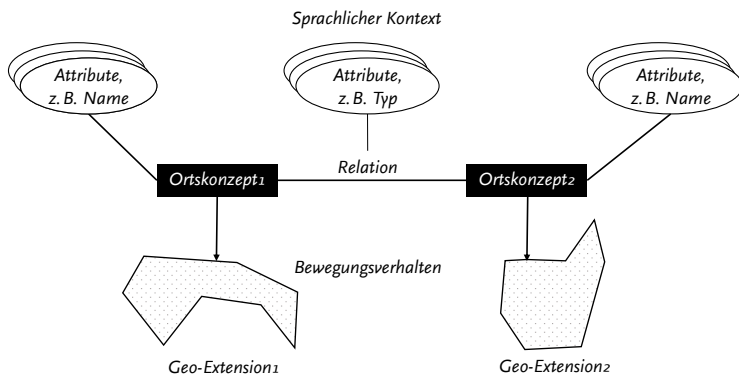


Abbildung 4.2: Ortsmodell, bestehend aus Ortskonzept, Attributen (inkl. Ortsnamen), Relationen (inkl. Ortsbeschreibungen) und Geo-Extensionen. Es ist zu beachten, dass gemäß der Modellierung als Sichtweise nicht nur die gesetzten Attribute, sondern auch die gesetzten oder beobachtbaren Geo-Extensionen Konzeptualisierungen einer bestimmten Person sind.

Sowohl ein eigenes Bewegungsverhalten vor Ort, aber auch Ortsbezeichnungen können fehlen und ein Ortskonzept dennoch als solches erkennbar bleiben: *Da im Urlaub war es echt toll!*

Abb. 4.2 illustriert das modifizierte Modell.

4.2 Manueller Aufbau eines Place-Graphen

Im Folgenden werden das manuelle Ableiten eines Place-Graphen aus den transkribierten Interviews (Kap. 4.2.1) und die direkte oder indirekte Verortung der enthaltenen Ortskonzepte in einem Straßennetzwerk (vgl. Kap. 2.7) bzw. die Verortung aufgrund von Geo-Tags beschrieben (vgl. Kap. 4.2.2).

4.2.1 Manuelle Konstruktion des Place-Graphen

Das Verfahren verallgemeinert das Vorgehen aus Richter, Winter u. a. (2012), um einen Place-Graph durch systematisches, manuelles Durcharbeiten des aus Sprachdaten transkribierten Textmaterials abzuleiten (vgl. Abb. 4.3). Das Ergebnis der qualitativen Textarbeit ist ein Place-Graph (vgl. Kim, Vasardani und Winter 2015b):

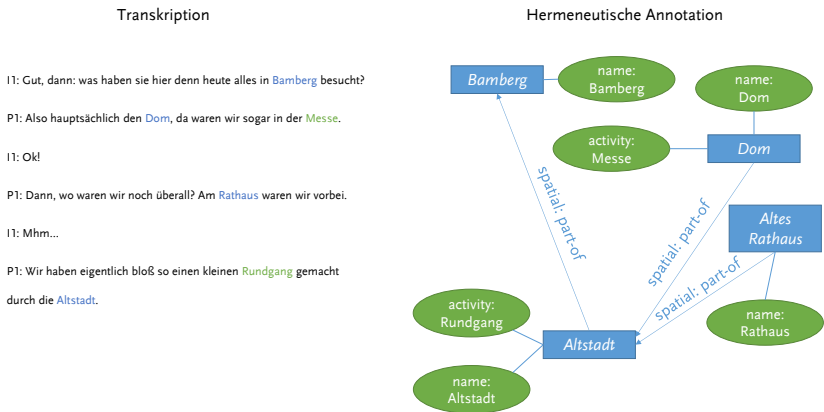


Abbildung 4.3: Ausschnitt einer Interview-Transkription mit dem annotierten Place-Graphen.

Place-Graph Ein Place-Graph (O, A, P, M) ist ein Viertupel, bestehend aus einer Menge O von Ortskonzepten, einer Menge A von Attributen, einer Menge von Attribuierungen $P \subseteq O \times A$ und einer Menge M von binären Relationen, wobei für jede Relation $R \in M$ gilt: $R \subseteq O \times O \times A$ (Relationen sind ebenfalls attribuiert).

Desambiguierung von Ortskonzepten

Ein Experte leistet für jedes aufgefundene Ortskonzept dessen semantische Desambiguierung:

- Homonymie: Bezeichnet dieselbe Ortsbezeichnung (*An der Uni*) unterschiedliche Ortskonzepte?
- Referenzgleichheit: Beziehen sich unterschiedliche Ortsbezeichnungen (*Main-Donau-Kanal* vs. *Rhein-Main-Donau-Kanal*) auf dasselbe Ortskonzept?

Falls nötig, muss dazu der Kontext bereits identifizierter Ortskonzepte erneut betrachtet werden. Stellt der Experte eine Referenzgleichheit zwischen Ortskonzepten fest, muss zunächst Übereinstimmung auf den Maßstabsebenen nach Montello (1993) geprüft werden, bevor die Orts-

Maßstabsebene	Beispiele im urbanen Kontext	Beispiel in Bamberg
Sichtraum	Platz, Straßenzug	An der Weberei
Umgebungsraum	Quartier, Park	ERBA
geographischer Raum	Stadt, Umland	Bamberg

Tabelle 4.1: Ein möglicher Kodierschlüssel für Maßstabsebenen von Ortskonzepten. Die beiden rechten Spalten benennen geeignete stadtgeographische Bezugseinheiten und Beispiele.

konzepte zusammengeführt werden können.¹ Sofern für ein Ortskonzept seine genaue geographische Referenz bekannt ist, kann für eine spätere Visualisierung vom Experten ein möglichst weit verbreiteter Ortsname als Standardname für das resultierende Ortskonzept angegeben werden.

Eigenschaften von Ortskonzepten

Für jedes Ortskonzept werden semantische Eigenschaften angegeben, die durch einen Eigenschaftstyp klassifiziert werden (z. B. *emotional: schön, aktivitätsbezogen: Festival, metaphorisch: Stilleben*). In diesem Zusammenhang wird zu jedem Ortskonzept seine Maßstabsebene (engl. *zooming*, vgl. Richter, Winter u. a. 2012) nach Montello (1993) angegeben. Ortsbeschreibungen verwenden als kognitiven Anker üblicherweise Sichträume (z. B. *das gelbe Haus links von der Domschule*). Dies gilt nicht nur für Ortsbeschreibungen von Umwelt-, sondern auch von Figurenräumen (z. B. *der Rasenmäher in den Domherrenhöfen*). Da die Interaktion auf der Ebene von Figurenräumen durch die Probanden aus den verwendeten Bewegungsdaten aufgrund der eingeschränkten räumlichen Auflösung nicht zu ermitteln ist, werden die relevanten Maßstabsebenen im vorliegenden Fall auf Sichtraum, Umgebungsraum und geographischen Raum beschränkt (vgl. Tab. 4.1).²

Relationen zwischen Ortskonzepten und ihre Eigenschaften

Ortskonzepte sind im Place-Graphen durch Relationen verknüpft, die ebenfalls durch typisierte semantische Kategorien attribuiert sind. Relationen können in der Textarbeit zunächst ohne Weiteres mit den von den Sprechern selbst verwendeten Bezeichnungen eingeführt werden (z. B. *räumlich: gegenüber, zeitlich: danach, metaphorisch: Gegenstück*).

¹ Andernfalls muss z. B. zwischen Bamberg im weiten und Bamberg im engen Sinne unterschieden werden.

² Bestimmte Ortskonzepte können beim Kodieren der Textdaten an dieser Stelle auch explizit vom Grounding ausgeschlossen werden.

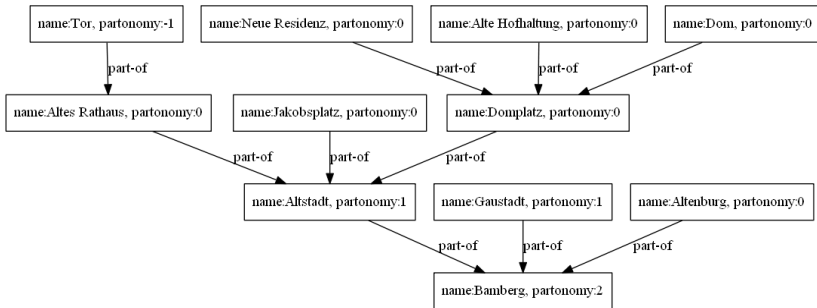


Abbildung 4.4: Beispielgraph einer Sichtweise auf Ort mit einer sehr elaborierten partonomischen Struktur.

Zur Angabe des Verhältnisses zwischen Ortskonzepten werden häufig partonomische Beziehungen genutzt (vgl. Kap. 2.2.2, Richter, Vasardani u. a. 2013 sowie Hirtle und Jonides 1985). Dabei wird ein Ort größerer Maßstabsebene zu einigen seiner Teile explizit in Beziehung gesetzt (z. B. legt die Ortsbeschreibung *Danach haben wir uns den Domplatz angeschaut, also Dom, Hofhaltung, Residenz* die partonomische Struktur des Ortskonzepts eines Sprechers offen; vgl. auch Kremer 2013). Ein Beispiel für die partonomische Ordnungsstruktur eines Sprechers zeigt Abb. 4.4.

Unterbestimmte Ortskonzepte

Durch die Textarbeit ist für unterbestimmte Ortskonzepte (z. B. *unter der Brücke*) zu entscheiden, ob ein neues unbenanntes Ortskonzept eingeführt wird oder ob sich anhand unmittelbar vorher gemachter Aussagen (vgl. Kap. 2.3.1, Howald und Katz 2011) eine Ortslage eindeutig rekonstruieren lässt. Für die spätere automatische Verortung ist es wichtig, die Ortslage in diesem Fall durch geeignete, idealerweise mehrere alternative Ortsnamen zu bezeichnen. Solche rekonstruierten Ortsnamen sind gegenüber vom Sprecher selbst benannten Ortsnamen für eine spätere Visualisierung entsprechend zu kennzeichnen, z. B. mit eckigen Klammern: *[Am Nonnengraben]*.

Falls eine Ortslage nicht rekonstruiert werden kann, ist über die Relationen dennoch häufig die Herstellung eines Zusammenhangs zu anderen Ortskonzepten im Place-Graphen möglich. Richter, Winter u. a. (2012) beschreiben generische, unbestimmte Aussagen (z. B. *Ich habe mich verirrt*), für die dies nicht möglich ist. Ortsbeschreibungen können allerdings auch

nur teilweise unterbestimmt sein, insofern binäre räumliche Relationen ausgesagt werden, bei denen jeweils nur ein Relationsgegenstand nicht bekannt ist. Aus dem eigenen Textkorpus sind folgende Beispiele ersichtlich (zu möglichen Typen von Ortsbeschreibungen vgl. Kap. 2.2.2):

- Bewegungsverlauf: *durch die Innenstadt, vorbei am Rathaus*
- Verweis von einer unbekanntem Position aus: *da oben am Dom*
- Abgrenzung von einer unbekanntem Position aus: *draußen vor der Stadt, drüben im Osten*

Für eine Modellierung unterbestimmter Ortskonzepte im Place-Graphen bieten sich verschiedene Optionen. Nicht alle Modellierungsoptionen können alle unterbestimmten Ortsbeschreibungen gleich gut abbilden. Im Zusammenhang mit der strukturierten Transkription sind zumindest folgende Modellierungsoptionen erforderlich:

1. Repräsentation als Eigenschaft. Das unterbestimmte Ortskonzept wird dabei Relationsattribut oder Teil eines Relationsattributs:

name: Rathaus,
affordance: Rundgang,
experience: anstrengungslos erlaufen

2. Repräsentation als Selbstreferenz: Wird der spezifizierter Ort als gleichzeitiger Träger des unterbestimmten Ortes angesehen, kann er zugleich Start- und Zielknoten der Relation sein. Das unterbestimmte Ortskonzept wird dabei Relationsattribut oder Teil eines Relationsattributs (vgl. 1.):

name: Rathaus } *spatial: vorbei*

3. Einfügen eines (vorläufig) unbestimmten Knotens. Für den unterbestimmten Relationsbestandteil wird ein Knoten eingefügt, für den zu einem späteren Zeitpunkt (d. h. im Verlauf der Annotation der Interviewtexte) Orte bekannt werden können, die den formulierten Bedingungen entsprechen:

metaphorical: wie Plattenbau aus
name: Bamberg-Ost —————→ *name: none, description: Osten*

Die erste und zweite Möglichkeit unterscheiden sich lediglich darin, ob die Aussage als Attribut oder als Selbstreferenz des jeweils bestimmten

Knoten im Place-Graphen repräsentiert wird. Der letzte Ansatz erlaubt durch die Einführung eines eigenen, vorläufig unbestimmten Knotens ein späteres Zusammenführen mit einem als identisch erkannten, benannten Ortskonzept.

Eine Modellierung als Eigenschaft ist immer möglich, allerdings geht dadurch Strukturinformation im Graphen verloren. Eigenschaften sollten daher nur angewendet werden, wenn Aussagen über in ihrer genauen Lage unbestimmte Teile eines Ortes (z. B. Aktivitäten, Erlebnisse) gemacht werden, bei denen lediglich nicht sicher ist, ob diese Aussagen für die ganze Geo-Extension des Ortskonzeptes oder nur für die unbekanntenen Teile gelten. Im Beispiel ist also unklar, ob sich *Rundgang* auf Bamberg als Umgebungsraum oder explizit auf eine Sequenz unbenannter Sichträume bezieht.

Für unbekanntene, auf einen Aufenthaltsort des Sprechers bezogene Positionen ist die Einführung eines neuen, leeren Knotens sinnvoll, da bezüglich der beschriebenen Relationen nachträglich strukturgleiche und somit für den dargestellten Aufenthaltsort in Frage kommende Orte identifiziert werden können. Für den Experten ist es darüber hinaus möglich, die Suche nach passenden Positionen auf der Grundlage zuvor genannter Orte einzuschränken. Alle unbekanntenen Orte sind z. B. durch eine künstliche ID voneinander zu unterscheiden, um nicht schon an dieser Stelle die Menge möglicher Verortungen durch eine hypothetische Annahme einer Referenzgleichheit einzuschränken. Da bei einer gedachten Bewegung entlang eines Weges oder beim Durchqueren eines Ortes Start- und Endpunkt auf denselben kognitiven Anker bezogen sind, kommt hier auch eine Modellierung als rekurrente Kante in Frage.

Die folgende Liste beschreibt das resultierende Vorgehensmodell – die entscheidenden Kriterien (insbesondere für Identität zweier Ortsbezeichnungen) in der Textarbeit sind dabei wie bereits erwähnt der Abwägung eines Experten mit entsprechenden Ortskenntnissen (z. B. Humangeographen) überlassen:

1. Geh zum nächsten im Text auftretenden Ortsnamen. Führe ggf. ein neues (ggf. unbenanntes) Ortskonzept ein, falls das Ortskonzept noch nicht bekannt ist (z. B. *Rosengarten*).
2. Notiere die über das Ortskonzept im Kontext ausgesagten Attribute. Typisiere die Attribute (z. B. *emotional: schön*).
3. Notiere die über das Ortskonzept im Kontext ausgesagten binären Relationen zu anderen Ortskonzepten. Führe ggf. ein neues (ggf. unbenanntes) Ortskonzept ein, falls das zweite Ortskonzept noch

nicht bekannt ist.

4. Notiere die über die Relation im Kontext ausgesagten Attribute. Typisiere die Attribute (z. B. *temporal: danach*).

Um die im Place-Graphen enthaltenen Informationen möglichst nahe an der Aussage der Sprecher zu halten, werden für Attributwerte nur Begriffe verwendet, die vom Sprecher in genau dieser Form geäußert wurden.

Abb. 4.5 zeigt zwei Beispiele für das Ergebnis des manuellen Modellierungsprozesses.

Verallgemeinerung zur Topic-Map

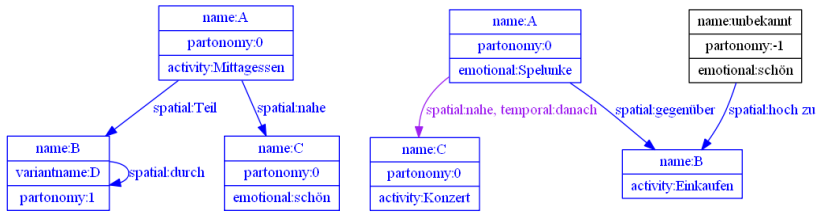
Auf die gleiche Weise, auf die Knoten im Place-Graphen auf Geo-Extensionen (in einem Straßennetzwerk) verweisen, können auch die Eigenschaften der Relationen und Ortskonzepte ihrerseits als semantische Überlagerung des Place-Graphen verstanden werden, die sich als Topic-Map modellieren lässt (vgl. Abb. 4.6). In diesem Topic-Graphen sind dann zusätzlich Relationen zwischen Themengebieten darstellbar, die Vorkommen an bestimmten Ortskonzepten im Place-Graphen haben, die ihrerseits Vorkommen (engl. *occurrences*) an Geo-Extensionen im Straßennetzwerk haben. Zugunsten einer Fokussierung auf Ortskonzepte wurde auf diesen Modellierungsansatz verzichtet. Unter Verzicht auf Relationen zwischen Themen können semantische Überlagerungen zu einem bestimmten Thema jederzeit durch Filtern der Knoten des Place-Graphen nach bestimmten Eigenschaften abgeleitet werden.

Abgleich von Place-Graphen

Noch vor einer automatischen Verortung können die ortsbezogenen Sichtweisen unterschiedlicher Personen auf Basis der sie repräsentierenden Place-Graphen abgeglichen und zusammengeführt werden. Zur Kennzeichnung der überindividuellen Bedeutung kann nach dem Zusammenführen an entsprechende Elemente (Attribute von Knoten bzw. Kanten) die Häufigkeit ihres Auftretens in den Einzelsichtweisen annotiert werden (Abb. 4.7).

4.2.2 Verortung eines Place-Graphen

Verortung (engl. *grounding*) bezeichnet das Ableiten einer Geo-Extension aus den semantischen Attributen (insbesondere Ortsnamen) eines Ortskonzepts. Ziel der Verortung ist, wie bereits in Kap. 2.7 eingeführt, die Identifikation eines passenden Subgraphen eines geeigneten Straßennetzwerks. Das Verfahren leistet eine Vereinfachung von Umweltwissen



(a) Ort B dient auf der Maßstabsebene eines Umgebungsraums (*partonomy: 1*) als Bezugspunkt für Anfang und Ende der Bewegung (*spatial:durch*), was als zirkuläre Kante modelliert wurde.

(b) Ein unbekannter Ausgangsort dient als Ausgangspunkt für eine Bewegung (*spatial:hoch zu*), die an Ort B endet. In diesem Fall wurde ein zusätzliches Ortskonzept eingeführt, das nicht automatisch verortet werden soll (*partonomy: -1*).

Abbildung 4.5: Beispiel für die Modellierung unterbestimmter Orte.

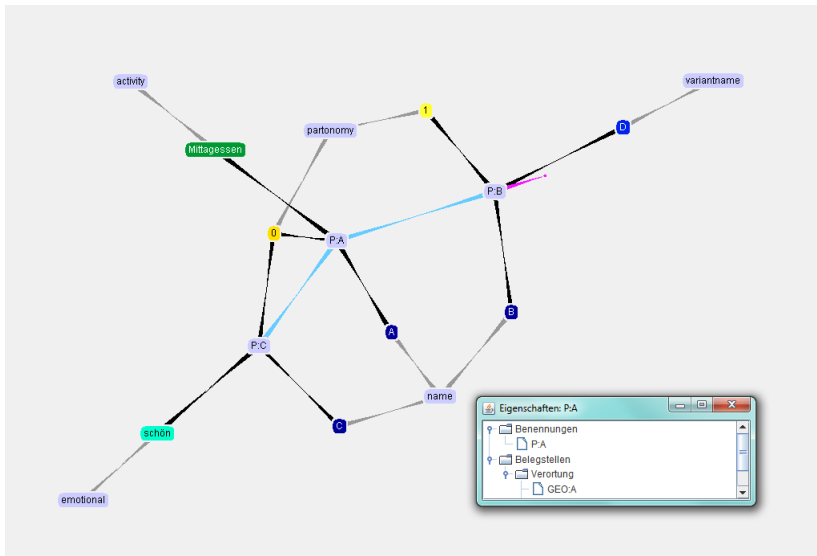


Abbildung 4.6: Beispielmodellierung des ersten Place-Graphen aus Abb. 4.5 (in der Abbildung links) als Topic-Map. Wichtig ist die Trennung zwischen den Ortsnamen und den Ortskonzepten (Präfix »P:«; ein Ortskonzept benötigt eine eindeutige ID) innerhalb der semantischen Überlagerung. Vorkommen eines Ortskonzepts verweisen dann auf Geo-Extensionen (z. B. Geo-URLS).

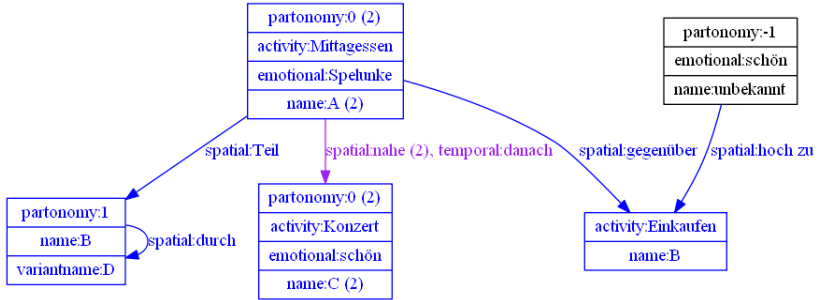


Abbildung 4.7: Zusammengeführter Place-Graph aus den beiden Sichtweisen in Abb. 4.5 auf Basis einfacher String-Gleichheit der Ortsnamen.

in Form von Geo-Features auf eine topologische Repräsentation möglicher Routen, was sich für den Abgleich mit Bewegungsspuren sehr gut eignet. Dazu sollen zunächst die benötigten Eigenschaften eines Straßennetzwerks betrachtet werden.

Ein Straßennetzwerk ist ein Graph möglicher Routen. Je nach Datenquelle liegen Straßennetzwerke in unterschiedlicher Form vor. Wird die Weggeometrie entlang der Kanten des Netzwerks explizit im Graphen modelliert, so gilt:

Straßennetzwerk Ein Straßennetzwerk $RN = (V, E)$ ist ein Graph mit einer Menge von Knoten(Punkten) V und einer Menge von Kanten $E = (u, v) \subseteq V \times V$.

Endpunkt Ein Endpunkt eines Straßennetzwerks ist ein Knoten mit Grad 1.

Stützpunkt Ein Stützpunkt eines Straßennetzwerks ist ein Knoten mit Grad 2.

Entscheidungspunkt Ein Entscheidungspunkt ist ein Knoten mit einem Grad größer 2.

Diese Modellierung geht davon aus, dass die vollständige Geometrie-Information durch die Knoten bestimmt wird und die Kanten diese linear verbinden, selbst also keine Geometrie besitzen. Ein Weg zwischen zwei Entscheidungs- oder Endpunkten besteht also aus einer Sequenz von durch

Kanten verbundenen, paarweise verschiedenen Knoten mit Grad 2. In anderen Formen vorliegende Straßennetze lassen sich mittels der Stützpunkte der Weggeometrien problemlos auf obige Modellierung abbilden. Dafür müssen ggf. Koinzidenzbeziehungen zwischen Straßengeometrien geprüft werden, um Entscheidungspunkte aus den Geometrien der Straßenverläufe ableiten zu können.³

Für die Verortung eines Ortskonzepts anhand seiner Attribute (insbesondere der Ortsnamen) in einem Straßennetzwerk werden verschiedene Strategien verfolgt:

1. Für die Eigenschaften eines Ortskonzepts liegen in Geodatendiensten Features mit passenden Attributen vor. In diesem Fall wird die Geo-Extension mithilfe der Geometrien dieser Features bestimmt. Es werden als Geo-Extension diejenigen Subgraphen des als Basisrepräsentation genutzten Straßennetzwerks ausgewählt, die (1) innerhalb zumindest einer dieser Geometrien liegen oder die (2) bezüglich zumindest einer dieser Geometrien unterhalb eines bestimmten Schwellwerts für ein geeignetes Abstandsmaß liegen.
2. Sind in keinem der genutzten Geodatendienste Features mit passenden Attributen hinterlegt, wird eine geeignete Geo-Extension für ein Ortskonzept als Vereinigung der Geo-Extensionen aller seiner im Place-Graphen explizit modellierten partonomischen Teile errechnet, sofern diese benannt sind.
3. Alternativ werden Geo-Extensionen aus Geo-Tags (z. B. Ortsnamen an Fotodaten) errechnet (vgl. Schlieder und Kremer 2011; Kremer und Schlieder 2014).

Geodaten, die der Geodatendienst *osm* bereitstellt, sind konform zum oben eingeführten Modell eines Straßennetzwerks. Da die Geodaten darüber hinaus kollaborativ zusammengetragen werden, eignet sich diese Datenquelle besonders gut für einen Abgleich mit den aus den Textdaten extrahierten Ortskonzepten, da hier in großem Umfang nicht nur standardisierte, sondern auch in der jeweiligen Alltagskommunikation der Kontribuenten gebräuchliche Varianten von Ortsnamen abrufbar sind. Für den Zugriff auf die Daten gibt es zudem gut dokumentierte Schnittstellen.⁴

Im Folgenden werden die drei benannten Ansätze genauer beschrieben.

³ vgl. http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/index.html#/Understanding_connectivity/004700000009000000/

⁴ z. B. <http://overpass-turbo.eu/>, 06.10.2015

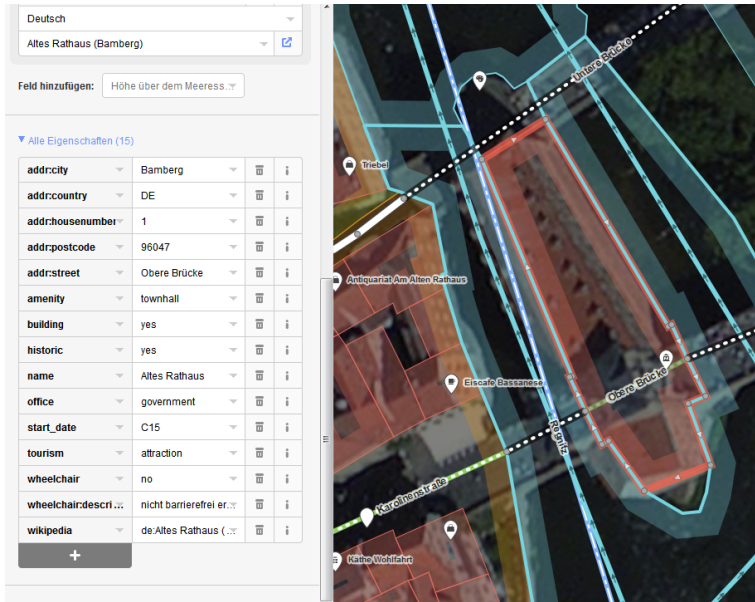


Abbildung 4.8: Attribute und Geometrie des osm-Features *Altes Rathaus* (way, id=27009786).

Automatische Verortung auf Basis von osm-Features

Vor einer Abbildung auf das Straßennetzwerk müssen in einer Geodatenbasis Geo-Features mit passenden Attributen ermittelt werden. Eine Geobasisrepräsentation besteht dabei aus einer Menge $F = \{f_1, f_2, \dots, f_n\}$ von Geo-Features. Das Feature *Altes Rathaus* hat beispielsweise die Attribute *Name: Altes Rathaus*, *Nutzung: Rathaus*, *Tourismus: Attraktion* und die Gebäudegeometrie (Abb. 4.8).

Geometrie Eine Geometrie g besteht aus einer nichtleeren Menge von Punkten in einem geographischen Referenzsystem. Beispiele sind Punkte, Linien, Polygone und Multigeometrien (vgl. Kap. 2.2.2).

Footprint Der Footprint $\mathcal{F}_A = \{f \in F : \text{match}(A, A_f)\}$ einer Menge von Attributen A bezüglich einer Geo-Basisrepräsentation F ist die Teilmenge von F , deren Attribute A_f bezüglich eines Ähnlichkeitsmaßes match zu A passen. Dabei kann match eine lexikalische Übereinstimmung auf Ortsnamen bedeuten,

zur Desambiguierung mittels des Affordanzbereichs lassen sich diese z. B. durch die Funktion als touristische Attraktion weiter einschränken.

Es wurde bereits ausgeführt, dass Ortsnamenverzeichnisse⁵ aufgrund der mangelnden räumlichen Auflösung von Ortslagen für die Verortung von Sicht- und Umgebungsräumen ungeeignet sind (vgl. Kap. 2.3.3). Eine Alternative sind Geodatendienste wie z. B. Nominatim⁶ oder Google Maps Geocoding API,⁷ die Anfragen straßen- bzw. gebäudegenau auflösen können. Dazu wird ein Teil des Straßennetzwerks als Repräsentation genutzt:

Teilstraßennetzwerk Ein Teilstraßennetzwerk eines Straßennetzes

$RN' = (V', E') \subseteq RN = (V, E)$ ist ein Subgraph mit Knoten $V' \subseteq V$, Kanten $E' \subseteq (V' \times V')$.

Anschließend können die für ein Ortskonzept identifizierten Features mittels eines geeigneten Kriteriums für Nähe auf einen Teil eines Straßennetzwerks abgebildet werden. Nähe ist in jedem Fall gegeben, wenn die identifizierten Features Teile des Straßennetzwerks beinhalten (rcc5: proper part):

Teilstraßennetzwerk bezüglich einer Geometrie Ein Teilstraßennetzwerk $RN_B = (V_B, E_B)$ bezüglich einer Geometrie B ist der größte Subgraph innerhalb B :

$$RN_B = (V_B, E_B) = \max\{(V', E') \subseteq RN : \bigcup_{v \in V'} g_v \subseteq B | g_v\},$$

wobei g_v die geographische Koordinate des Knotens v ist.

Abb. 4.9 zeigt ein Beispiel für das Teilstraßennetzwerk von Bamberg, das vollständig vom osm-Feature *Gaustadt* umschlossen wird. Je nach Zahl und Lage der identifizierten Features muss das Teilstraßennetzwerk keinen zusammenhängenden Bereich ausbilden.

⁵ NGA Geonet Names Server (<http://earth-info.nga.mil/gns/html/>, 03.03.2015),
Getty Thesaurus of Geographic Names

(<http://www.getty.edu/research/tools/vocabulary/tgn/>, 03.03.2015),
The Fuzzy Gazetteer (<http://dma.jrc.it/services/fuzzyg/>, 03.03.2015)

⁶ <http://nominatim.openstreetmap.org/>, 05.03.2015

⁷ z. B. Google Maps Geocoding API
(<https://developers.google.com/maps/documentation/geocoding/intro>,
21.07.2015)

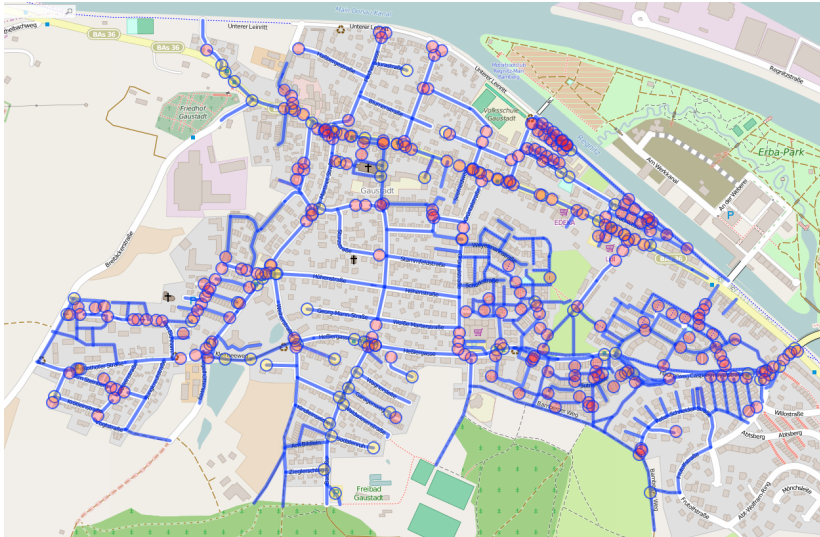


Abbildung 4.9: Weggeometrien in Bamberg, die vollständig vom OSM-Feature *Gaustadt* umschlossen werden.

Liegt innerhalb der Geometrie des Footprints kein Teil des Straßennetzes, bleiben mehrere Optionen, um relevante Teile des Straßennetzwerks in der Nähe zu identifizieren:

- Auswahl des nächstgelegenen Entscheidungspunkts im Straßennetzwerk RN
- Auswahl der nächstgelegenen Kante des Straßennetzwerks RN (Diskussion der Selektivität, z. B. *Altes Rathaus*)
- Auswahl der Teile des Straßennetzwerks RN , bei denen ein bestimmter Abstand zu \mathcal{F}_A nicht überschritten wird.

Abb. 4.10 visualisiert die zur Verfügung stehenden Optionen. Bei der Wahl des nächstgelegenen Entscheidungspunkts werden näher gelegene, tangential zum Entfernungsradius verlaufende Kanten im Straßennetzwerk ignoriert. Dennoch wird diese Lösung von vielen Routing-Services⁸ verfolgt. Die Wahl der nächstgelegenen Kante behebt das Problem nur teilweise, da für das gewählte Ortsmodell die Bedeutung bzw. Reichweite eines Ortskonzeptes nicht nur auf eine (Himmels-)Richtung (z. B. des Haupteingangs eines Gebäudes) beschränkt sein muss. Es muss also mög-

⁸ z. B. GraphHopper (<https://graphhopper.com/>, 07.10.2015)

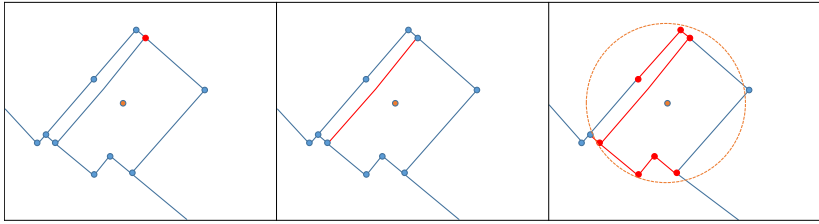


Abbildung 4.10: Möglichkeiten zur Verortung von Geo-Features (orange) im Straßennetzwerk: Projektion auf den nächsten Verbindungsknoten des Straßennetzwerks (links), Projektion auf die nächstgelegene Kante (Mitte), Projektion auf alle Stützpunkte und vollständig zwischen diesen liegende Kanten des Straßennetzwerks innerhalb eines bestimmten Abstandsmaßes (rechts). Für eine noch feingranularere Auswahl eines Teilnetzwerks müssten Kanten an den Schnittpunkten mit den Grenzen des durch das Abstandsmaß bestimmten Bereichs gesplittet werden. Da dadurch neue Knoten im Straßennetzwerk entstehen, die für Berechnungen berücksichtigt werden müssen, wird im Folgenden darauf verzichtet.

lich sein, mehr als nur ein Element des Straßennetzwerks in der Nähe auszuwählen. Allerdings verlieren sowohl die Wahl der nächstgelegenen Kanten wie auch der nächstgelegenen Knoten an Relevanz, je größer der dabei überbrückte Abstand ist. Für die Modellierung eines Umfelds, innerhalb dessen ein Ort erlebbar ist (vgl. Kap. 3.1.1), ist daher die Beschränkung des Bereichs auf ein geeignetes Abstandsmaß zum Footprint \mathcal{F}_A des Ortes nötig.

Kombiniert man die in \mathcal{F}_A beinhalteten Teile des Straßennetzwerks mit den Teilen, bei denen ein bestimmtes Abstandsmaß zu \mathcal{F}_A nicht überschritten wird, ergibt sich eine Operation, die äquivalent zum Puffern von \mathcal{F}_A und der anschließenden Auswahl der beinhalteten Teile des Straßennetzwerks ist. Der Puffer ist dabei wie folgt definiert:

Puffer eines Footprints Der Puffer eines Footprints \mathcal{F} ist die Geometrie

$$P(\mathcal{F}) = \left\{ p : \text{dist}(p, g) \leq \varepsilon \text{ mit } g = \bigcup_{f \in \mathcal{F}} g_f \right\}.$$

Die Geo-Extension eines Ortskonzepts mit Attributen A auf Basis eines Straßennetzwerks RN lässt sich also durch das Teilstraßennetzwerk $RN_{P(\mathcal{F}_A)}$ bestimmen.

Abb. 4.11 zeigt die Bestimmung der für ein bestimmtes Attribut relevanten Teile eines Straßennetzwerks an einem Beispiel.



Abbildung 4.11: Verortung von Geo-Features (oben; im Beispiel alle mit dem Schlüsselwort *Tourismus* gekennzeichneten Objekte in der Bamberger Innenstadt) im Straßennetzwerk: Da die Features überwiegend *an* Straßen liegen, gibt es nur einzelne Berührungspunkte mit dem Straßennetzwerk (unten; grün). Durch die beschriebene Erweiterung um eine Pufferzone (im Beispiel 20m) findet sich bei der Verortung eine Vielzahl nahe gelegener Straßen und Wege (unten; rot).

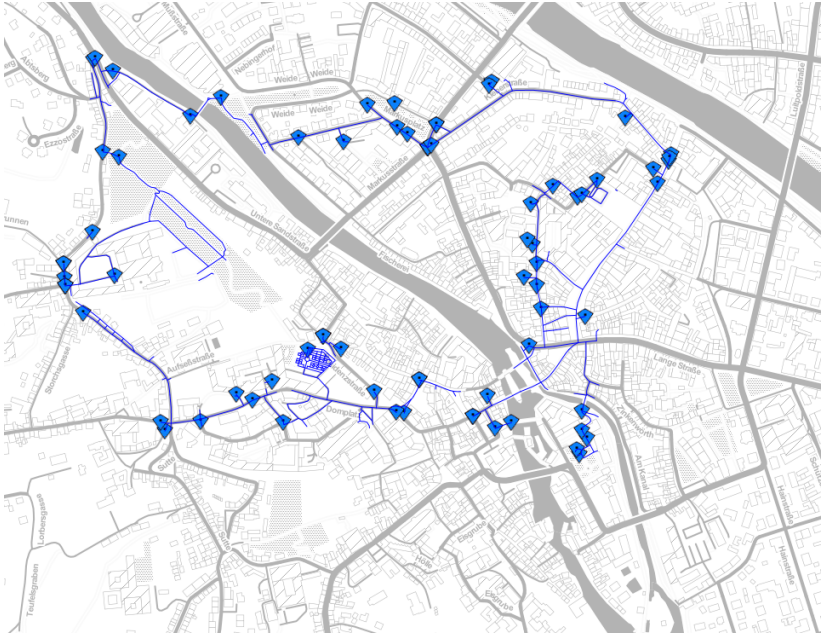


Abbildung 4.12: Ergebnis der Projektion von Verhaltensdaten (Fotos bzw. Bewegungsspuren) auf ein Straßennetzwerk mittels Multi-Snapping (punktgenaue Auswahl der Weggeometrien; einzelne Punkte sind durch die Auswahl von Stützpunkten zu Punkten degenerierte Wege).

Dasselbe Verfahren kann auf Bewegungsspuren angewandt werden, wenn deren Geometrie als Footprint behandelt wird. Abb. 4.12 zeigt das Ergebnis der Bestimmung nahegelegener Straßen eines Beispiel-Tracks. Die zeitliche Folge der Bewegungspur geht dabei verloren.

Verortung gemäß partonomischer Setzung

Wie bereits beschrieben, bilden Sichträume den wesentlichen Anker für Ortsbezeichnungen (vgl. Kap. 2.1.2). Features für Umgebungsräume oder geographische Räume sind dagegen in Geodatendiensten nur dann zu erwarten, wenn sie administrativen Charakter haben (z. B. als Ortsteil, Landkreis oder Bundesland). Umgangssprachliche Bezeichnungen können dagegen wohl bekannt, ihre genaue Lage aber nicht weiter spezifiziert sein. Ähnlich zu Jones, Purves u. a. (2008) können Verortungen für Umgebungsräume über die von Sprechern häufig (vgl. Richter, Vasardani

Text	Graph	Lesart
Danach sind wir weiter zum Domplatz, also Dom, Residenz und Hofhaltung	<pre> graph TD Dom[Dom] -- part-of --> Domplatz[Domplatz] Hofhaltung[Hofhaltung] -- part-of --> Domplatz Residenz[Residenz] -- part-of --> Domplatz </pre>	Domplatz := {Dom, Residenz, Hofhaltung}

Tabelle 4.2: Abbildungsweg vom Text über den Place-Graphen zur Konstruktion der Sichtweise. Das Ortskonzept *Domplatz* kann anschließend rekursiv über die Geo-Extensionen seiner Teile (*Dom*, *Residenz* bzw. *Hofhaltung*) verortet werden.

u. a. 2013) als in ihnen liegend benannten Sichträume bestimmt werden (vgl. Tab. 4.2 bzw. Kap. 4.2.1). Die Auswahl betreffender Ortskonzepte ist einfach, da mittels des vorgestellten Verfahrens (vgl. Kap. 4.2.1) Ortskonzepte im Place-Graphen bereits mit der entsprechenden Maßstabsebene annotiert sind. Kann kein Footprint bestimmt werden, der zu den Attributen eines Ortskonzepts auf Ebene von Umgebungs- oder geographischen Räumen passt, erfolgt eine Verortung im Straßennetzwerk rekursiv über die Vereinigung der Geo-Extensionen der benannten Teilorte.

Verortung auf Basis von Fotos mit Geo-Tags

Geo-Extensionen von Ortskonzepten werden im gewählten Ansatz unabhängig davon aus empirisch erhobenen Fotodaten (vgl. Kap. 3.2) abgeleitet. Vorbedingung ist, dass die Daten mit den Ortsnamen der auf Fotos abgebildeten Motive getaggt wurden. Idealerweise stammt dabei die Benennung der auf den Fotos sichtbaren Motive von den Probanden selbst, es ist aber auch ein nachträgliches Tagging durch einen Experten möglich. Der \mathcal{F}_A für ein Ortskonzept wird in diesem Fall durch die Punktmenge aller Standorte abgebildet, an denen Fotos aufgenommen werden, die mit einem Ortsnamen des betreffenden Ortskonzepts annotiert sind. Die Geo-Extension wird anschließend konsistent zum oben beschriebenen Vorgehen durch Auswahl von nahe gelegenen Features eines Straßennetzwerkes bestimmt.

Tags können für eine differenzierte Verwendung ähnlich zu den in den Texten enthaltenen Ortskonzepten vor der Verarbeitung semantisch desambiguiert werden, um zwischen polysemen Tags unterscheiden bzw. referenzgleiche Tags aufeinander abbilden zu können. Es ist daneben fraglich, inwieweit der Standort eines aus großer Entfernung aufgenommenen Fotos Teil einer gültigen Geo-Extension eines bestimmten Ortskonzepts ist. Gemäß der gewählten Hintergrundtheorie (Kap. 2.2.1) ist reine Sichtbarkeit ohne physischen Aufenthalt nicht hinreichend für ein Ortserleben. Gerade für touristische Anwendungsfälle impliziert der Begriff *Se-*



Abbildung 4.13: Das Kloster Michelsberg vom Bamberger Rosengarten aus gesehen.

henswürdigkeit allerdings, dass Affordanzraum und Sichtbeziehung häufig zusammenfallen. Sollen Fernsichtbeziehungen ausgeschlossen werden, ist eine einfache Strategie, dies über einen Schwellwert für die Bedeutung dieses Ortes im Bildmotiv (z. B. über den Anteil der eingenommenen Bildfläche) zu tun.

Abb. 4.13 zeigt einen entsprechenden Grenzfall: Die Klosteranlage Michelsberg ist das einzige auf dem Foto abgebildete Motiv und nimmt die gesamte Bildfläche ein, wurde jedoch aus ca. 300m Entfernung über ein dazwischen liegendes Tälchen (topologische Barriere) hinweg aufgenommen. Dieses Problem tritt immer auf, wenn entfernte Motive bei der Aufnahme heranzoomt werden. Da in diesem Fall aber eine inhaltliche Relevanz für das Ortskonzept durchaus gegeben ist – der Proband hat sich bewusst dafür entschieden, gerade diesen Teil des Panoramas bildfüllend darzustellen –, wird der Standort richtigerweise mit erfasst.

Abb. 4.14 zeigt die aus getaggtten Fotodaten abgeleitete prototypische Geo-Extension als MultiPoint-Feature und als relevante Teile des Straßennetzwerks.



Abbildung 4.14: Straßenfragmente (unten; rot) in der Nähe von Fotopunkten einer Sehenswürdigkeit (oben; grün), im Beispiel Klein Venedig in Bamberg.

4.3 Extraktion interessanter Orte aus den Bewegungsdaten

Gemäß dem vorgestellten Ortsmodell ist das Ziel der Extraktion interessanter Orte aus den Bewegungsdaten das Ableiten von individuellen, auf eigener Anschauung beruhenden, aber nicht zwingend mit einem Ortsnamen benannten Ortskonzepten.

4.3.1 Preprocessing

Die Verhaltensdaten aus Bewegungs- und Fotodaten werden zunächst in eine gemeinsame Verhaltenssequenz überführt.

Bewegungsspur Eine Sequenz $S = ((t_0, l_0), (t_1, l_1), \dots, (t_n, l_n))$ einer Bewegungsspur ist eine Folge von Zeitpunkten t_i mit $i < j \Rightarrow t_i < t_j$ (zeitliche Ordnung) und zugeordneten Geokoordinaten $p_i = (lat_i, lon_i)$.

Fotos unterscheiden sich von den anderen Messpunkten der Bewegungssequenz nur dadurch, dass sie zusätzlich Bildinformation zugeordnet haben.

Anschließend werden Ausreißer identifiziert und Messpunkte geringer Genauigkeit ex post verbessert oder entfernt. Dies ist insbesondere für Fotodaten von GPS-Kameras nötig, die für den Fall, dass kein Standort bestimmt werden konnte (etwa weil der Zeitraum der Aktivierung der Kamera für die Bestimmung eines GPS-Fixes zu kurz war), als Geokoordinate immer die Koordinate des letzten GPS-Fixes verwenden, der einige Zeit zurückliegen kann. Für eine Glättung werden folgende in Kap. 2.4.3 vorgestellten Verfahren genutzt:

1. **Kriterielle Verbesserung:** Es wird für bestimmte Verhaltensauffälligkeiten (z. B. unplausibel erhöhte Geschwindigkeit für einen kurzen Zeitraum) eine explizit kodierte Regel zur Korrektur (z. B. Interpolation) definiert. Dies realisiert zugleich eine Erkennung von Ausreißern.
2. **Statistische Verbesserung:** Innerhalb einer zeitlichen Nachbarschaft im Track können unter der Annahme kontinuierlicher Bewegungen benachbarte Stützpunkte eines Tracks zur Verbesserung von fehlerhaften Messdaten verwendet werden. Ausreißer werden dadurch implizit entfernt, sofern das fehlerhafte Signal nicht länger als

die definierte zeitliche Nachbarschaft anhält. Ein Vorteil der Verwendung des Geo-Medians (s.u.) gegenüber dem arithmetischen Mittel ist, dass zwar bestimmte Messpunkte ausgefiltert werden, das Ergebnis aber nur aus tatsächlich vorhandenen (und dann ggf. wiederholt auftretenden) Messpunkten besteht.

3. Verbesserung durch Umweltwissen: Beim Vorliegen entsprechender Vergleichsdaten (z. B. eines Straßennetzwerks) können die Trackdaten auf dieses Netzwerk bezogen werden (vgl. Abb. 4.12 oder Zhu, Zheng und Yang 2011). Dies schließt Aufenthaltsorte außerhalb des Straßennetzwerks aus, sofern nicht zusätzliche Geometrie-Information an das Straßennetzwerk annotiert ist.

Der Geo-Median einer Menge von Punkten ist allgemein derjenige Punkt der Menge, der bezüglich einer Distanzfunktion die Summe der Residuen zu allen Punkten der Menge minimiert (vgl. Wesolowsky 1993):

Geo-Median Der geometrische Median \tilde{p} einer Menge von geographischen Positionen P ist

$$\tilde{p} = \arg \min_{q \in P} \left\{ \sum_{p \in P} \text{dist}(q, p) \right\}.$$

Als Distanzfunktion dist kommt neben der direkten euklidischen Entfernung zweier Punkte auf der Erdoberfläche aufgrund der dem gewählten Ortsmodell zugrunde liegenden Umweltrepräsentation auch die Entfernung der beiden jeweils nächstgelegenen Punkte im Straßennetzwerk in Frage. Dadurch wird als Geo-Median der Punkt ausgewählt, der innerhalb des Straßennetzwerks von den anderen Punkten aus auf kürzestem Weg zu erreichen ist. Abb. 4.15 illustriert, wie auf diese Weise die Wahl von Punkten als Verbesserung vermieden wird, die topologisch zu kaum realisierbaren Tracks im öffentlichen Raum führen. Abb. 4.16 zeigt den Verbesserungseffekt auf realen Daten.

4.3.2 Extraktion interessanter Orte

Für die Extraktion interessanter Orte können neben den räumlichen Distanz- und Dichtemaßen (vgl. Kap. 2.4.3) auch Muster in der zeitlichen Rhythmik der Verhaltenssequenzen herangezogen werden. Dies ist durch die Vorstudien motiviert (vgl. Kap. 3.1.1), z. B. dadurch, dass Sehenswürdigkeiten von der ersten Blickbeziehung bis zur Ankunft am Objekt Aufmerksamkeit erfahren. So können neben dem Kriterium räumlicher Nähe

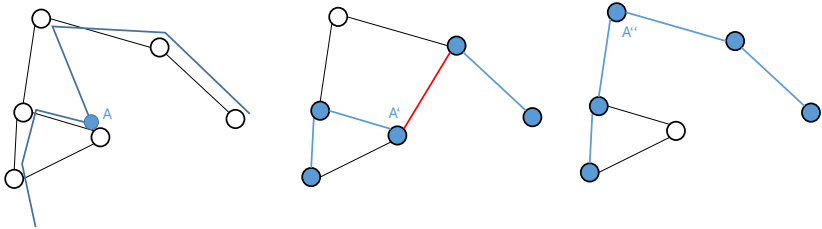


Abbildung 4.15: Trackverbesserung der zeitlichen Nachbarschaft einer Bewegungsspur (blau) in einem Straßennetzwerk (schwarz). Verbessert werden soll Punkt A (links). Wird der Median im euklidischen Raum berechnet (Punkt A' , Mitte), führt dies zu einer Bewegungssequenz, die im Straßennetzwerk nicht stattfinden haben kann. Wird der Median dagegen mittels der Entfernungen im Straßennetzwerk berechnet (A'' , rechts), ist die resultierende Bewegungsspur im Straßennetzwerk plausibel.



Abbildung 4.16: Trackverbesserung des gemeinsamen Verhaltensdatenstroms aus GPS-Track und Fotos. Rohdaten (links) werden durch gleitenden Geo-Median einer einmütigen Nachbarschaft geglättet (rechts, Visualisierung der gewählten Messpunkte).

zeitliche, pfad- und damit kontextabhängige Muster definiert werden, die Ort auf Grundlage einer besonderen Verhaltenssequenz präzisieren. Neben den bereits vorgestellten bewegungsbezogenen Indikatoren ist dabei auch die Information interessant, wann Fotos in schneller zeitlicher Abfolge gemacht wurden.

Indikatoren werden zusätzlich über eine zeitliche Nachbarschaft gemittelt, um anstelle von situiertem Verhalten (z. B. kurzes Anhalten aufgrund der Verkehrssituation oder zur Orientierung) mittelfristige Trends zu erkennen. Die zeitliche Nachbarschaft ist dabei hinreichend klein zu wählen, dass die Parameter in ihrem Wertebereich nicht an Aussagekraft verlieren. So kann die Gewundenheit (Winkelamplitude/Pfadlänge) den Wert von 360 Grad/Pfadlänge nicht überschreiten, der bei hinreichend langen Pfaden mit Explorationssequenzen und Rückkehr zum Ausgangspunkt schnell erreicht wird. Bestimmte Indikatoren (z. B. Gewundenheit) werden noch vor der Glättung auf den Rohdaten berechnet, um nicht Aussagekraft zu verlieren. Für die Extraktion interessanter Orte werden alle Indikatoren mittels Entfernungen im Straßennetzwerk berechnet.

Folgende Liste zeigt die verwendeten Kriterien zur Mustererkennung auf Bewegungsspuren zur (1) Ermittlung von Kandidaten und (2) zur abschließenden Prüfung auf geeignete Akzeptanzbedingungen. Für eine robuste Klassifikation wird zusätzlich eine Toleranz für zwischenzeitlich fehlende Akzeptanzbedingungen definiert. Das beschriebene allgemeine Verfahren wurde mit heuristisch gewählten Schwellwerten an den Anwendungsfall angepasst. Allgemein sollte der Informationsgehalt (vgl. Shannon 2001) der extrahierten Muster möglichst groß sein, d. h. es sollte von der Bewegungssequenz deutlich abstrahiert werden, aber dennoch aus den erkannten Mustern die Besuchssequenz stationsartig nachvollziehbar sein.

Auf den gesammelten Beispieldaten haben sich in Entsprechung zu den Beobachtungen in den Voranalysen (vgl. Kap. 3.2) drei einfache Muster als produktiv erwiesen:

- Stopps
 1. Kandidaten: Geschwindigkeit $v < 0,5 \text{ km/h}$, danach Abstand zum Beginn des Fensters $< 50 \text{ m}$
 2. Akzeptanz: mind. 2 Messpunkte über mind. 60 s
- Fotosequenz
 1. Kandidaten: einzelnes Foto oder zeitlicher Abstand zum letzten Foto $< 60 \text{ s}$
 2. Akzeptanz: mind. 2 Fotos

- Slow Movement
 1. Kandidaten: $v < 0,5 \text{ km/h}$ und Abstand $< 15 \text{ m}$, jeweils zum vorhergehenden Messpunkt
 2. Akzeptanz: mind. 2 Messpunkte über mind. 60 s

Das Vorgehen für die Verortung entspricht dem für Geometrien \mathcal{F}_A , nur dass anstelle einer Menge von relevanten Features die Geometrie der Bewegungsspur als Eingabe verwendet wird. Durch Nutzung einer generischen Mustererkennung ist es jederzeit möglich, andere Kriterien, wie z. B. Wechsel automatisch erkannter Intentionen (vgl. Kiefer 2012), zu definieren.

Abb. 4.17 zeigt als Orte erkannte Muster eines geglätteten und in einem Straßennetzwerk verorteten Beispiel-Tracks. Es wird deutlich, dass langsame Bewegung und visuelle Aufmerksamkeit unterschiedliche Qualitäten von Ort anzeigen, die nicht notwendigerweise immer gleichzeitig vorliegen müssen (vgl. zu diesem Befund auch Schlieder und Kremer 2011).

4.3.3 Gemeinsame Zielrepräsentation

Sowohl Sprach- als auch Bewegungsdaten liegen nach den in Kap. 4.2 und 4.3 beschriebenen Schritten gemäß der gewählten Modellierung als Ortskonzepte vor, die zumindest über Geo-Extensionen verfügen. Räumliche Inferenz auf den Geo-Extensionen ist durch die automatische Verortung an dieser Stelle bereits möglich, ohne dass weitere Attribute der Bewegungssequenz (z. B. Intentionserkennung, vgl. Kiefer 2012) bekannt sein müssen. Die automatische Verortung der Knoten eines Place-Graphen liefert dabei einen Möglichkeitsraum für die Geo-Extension eines Ortskonzepts, der umso unspezifischer ist, je allgemeiner der verfügbare Ortsname ist (vgl. Abb. 4.18). Es wird also individuelles Bewegungsverhalten in einem bestimmten Affordanzbereich mit einem Aggregat der zu Ortsnamen in diesem Affordanzbereich passenden Features abgeglichen. Dies erlaubt Analysen zu:

1. Verortung: Welche Geo-Extensionen können üblicherweise mit der Nennung eines bestimmten Ortsnamens adressiert werden?
2. Eigene Anschauung: Verfügt eine Person, die Aussagen über ein bestimmtes Ortskonzept macht, überhaupt über eine eigene Anschauung in der Nähe der Geo-Extension dieses Ortes?
3. Relevante Teile: Welche Teile der räumlich nicht zwingend zusammenhängenden Geo-Extension eines Ortskonzepts haben für eine

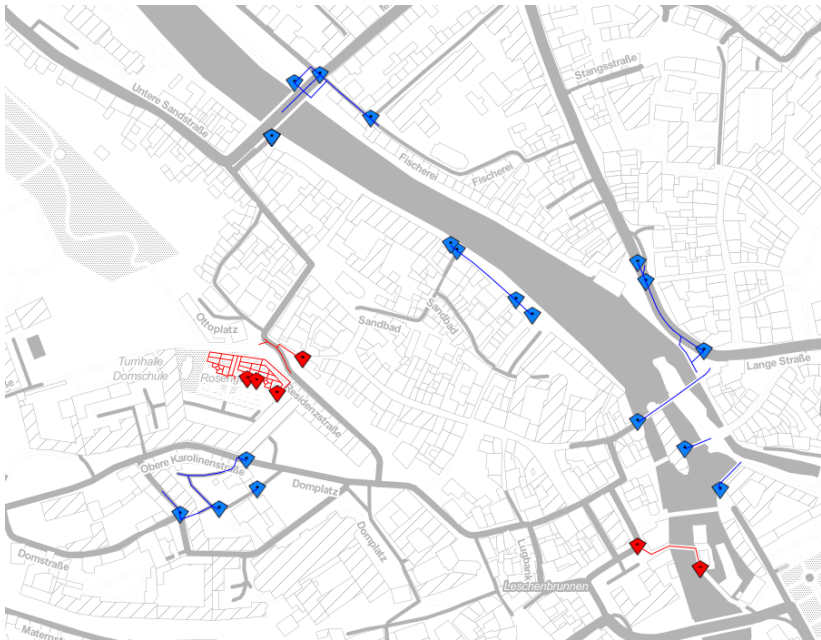


Abbildung 4.17: Erkannte Muster langsamer Bewegung (rot) und einer Fotosequenzerkennung (blau) eines geglätteten und in einem Straßennetzwerk verorteten Beispiel-Tracks. Einzelpunkte entstehen, wenn bei der Verortung genau ein Punkt, aber keine Kante einer Weggeometrie des Straßennetzwerks selektiert wird.

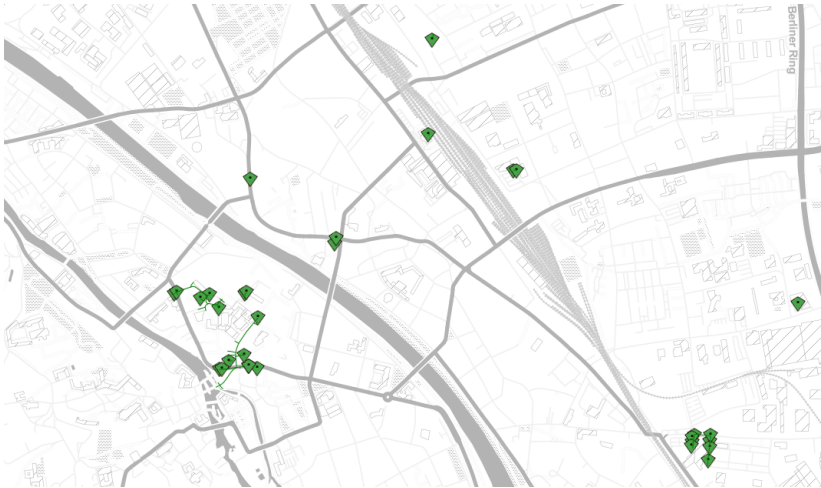


Abbildung 4.18: Relevante Teile des Straßennetzwerks in der Nähe aller Orte der Bamberger Innenstadt, deren Ortsname *Markt* enthält. Der Möglichkeitsraum repräsentiert in diesem Fall die Aggregation von alternativen Verortungen. Ein Möglichkeitsraum liegt generell schon dann vor, wenn ein Ort von mehr als einer Position aus zugänglich oder nutzbar ist.

Person, die Aussagen über dieses Ortskonzept macht, aus ihrer eigenen Anschauung heraus Relevanz?

Im Folgenden wird, da nicht auf die konkrete Ähnlichkeitsmetrik, sondern auf ihre Verwendung zur Inferenz (vgl. Kap. 4.5.2) fokussiert wird, nur dieser Ansatz (räumlicher Filter) weiterverfolgt. Dies stellt indes keinen Tritt in die Raumfalle dar (vgl. Lippuner und Lossau 2004), da die Verortungen nicht arbiträr generiert sind. Bezieht sich eine Person sprachlich auf eine Ortserfahrung, ist diese durch die Bewegungsdaten im Sinne von Lakoff und Johnson (2008) immer auf die eigene körperliche Erfahrung vor Ort bezogen. Der gewählte Ansatz ermöglicht durch den Vergleich von Geo-Extensionen, die auf bestimmtem Bewegungsverhalten beruhen, das Aufdecken unterschiedlicher körpergebundener Ortserfahrung am selben Aufenthaltsort. Nur durch den Abgleich sprachlicher Bezugnahme kann diese Referenzgleichheit der Schilderung von Erlebnissen in einem bestimmten Kontext auch vom Experten nicht immer aus Sprachdaten entnommen werden.

Wir waren auf dem *Markt*.

Wir haben uns am *Gabelmann* getroffen.

Die beiden Ortsbeschreibungen konzeptualisieren denselben Ort als unterschiedliche Affordanzbereiche, nämlich als Einkaufsmöglichkeit bzw. als Treffpunkt. Da *Markt* aber sowohl als Funktionsbezeichnung als auch als Teil von Ortsnamen sehr unspezifisch ist, kann nur ein Abgleich der Bewegungsspuren der beiden Sprecher klären, ob sie denselben Ort besucht haben, wenngleich der jeweilige Nutzungsanspruch (Einkaufsmöglichkeit bzw. Treffpunkt) beider Sprecher unterschiedliche Affordanzen dieses Ortes adressiert.

4.4 Generalisierung initialer Verortung

Abb. 4.14 belegt, dass das Ergebnis einer Abbildung von Geodaten auf das Straßennetzwerk noch sehr fragmentiert sein kann. Für die in Kap. 4.2.2 bestimmten Teilgraphen ist topologischer Zusammenhang kein Kriterium, sodass unverbundene Bereiche und abgeschnittene Wege entstehen, die vor dem Hintergrund einer kontinuierlichen Ortsbewegung im Raum unmotiviert sind. Dies kann inhaltlich gerechtfertigt sein (z. B. bei alternativen Verortungen, vgl. Abb. 4.18), es kann aber auch Anzeichen für eine unzureichende topologische Generalisierung der bislang bestimmten Geo-Extensionen sein.

Für Anwendungsfälle wie ortsbasierte Empfehlungssysteme (Kremer und Schlieder 2014) ist es aber sinnvoll, dass bereits während der Bewegung entlang des Straßennetzwerks in entsprechender räumlicher Nähe zum Ortskonzept Empfehlungen gegeben werden können. Eine geeignete Generalisierung der Zwischenergebnisse realisiert einen ortsbezogenen Puffer im Verständnis von Gao u. a. (2013) und somit einen ortsbezogenen Operator für Nähe, der Vorhersagen über die Ortsstruktur neuer, unbekannter Verhaltensdaten ermöglicht. Um verschiedene Anwendungsfälle unterstützen zu können, bietet es sich an, mehrere, unterschiedlich stark generalisierende Ansätze anzubieten, die im Folgenden diskutiert werden sollen.

Bezüglich möglicher Generalisierungen gilt:

Geometrische Generalisierung Eine Generalisierungsabbildung \mathcal{H} bildet eine Geometrie A auf eine Geometrie $\mathcal{H}(A)$ mit $A \subseteq \mathcal{H}(A)$ ab. Im Folgenden gilt: $\mathcal{H}_0(A) = A$ beschreibt die Identitätsabbildung. $\mathcal{H}_\infty(A) = \mathcal{B}$ liefert den Bezugsrahmen (An-

fragebereich), d. h. die Obermenge aller möglichen Geometrien.

Stärke geometrischer Generalisierungen Eine Generalisierung \mathcal{H}_2 ist *stärker* als \mathcal{H}_1 (geschrieben $\mathcal{H}_2 \geq \mathcal{H}_1$), wenn für beliebige A gilt: $\mathcal{H}_1(A) \subseteq \mathcal{H}_2(A)$. \mathcal{H}_2 ist *echt stärker* als \mathcal{H}_1 (geschrieben $\mathcal{H}_2 > \mathcal{H}_1$), wenn sogar die echte Teilmengenbeziehung gilt: $\mathcal{H}_1(A) \subset \mathcal{H}_2(A)$.

4.4.1 Topologische Hülloperationen

Eine einfache Ausweitung des räumlichen Puffers bei der Verortung von Geometrien im Straßennetzwerk (vgl. Kap. 4.2.2) ist für eine Generalisierung unzureichend, da so ggf. nur neue Fragmente erzeugt werden. Kern-dichteverfahren (vgl. Jones, Purves u. a. 2008) modifizieren nur die Relevanz der Fragmente, indem für jede Kante im Straßennetzwerk einen Grad der Zugehörigkeit zu einem Ortskonzept berechnet wird. Bezogen auf ein Straßennetzwerk als Möglichkeitsraum von Ortsbewegung ist Generalisierung von Ort als homogenem Affordanzbereich (vgl. Kap. 2.2.1) sinnvollerweise als Herstellen von topologischem Zusammenhang zu verstehen.

Analog zur konvexen Hülle einer Menge von Punkten im euklidischen Raum verwenden bereits Schlieder und Kremer (2011) die konvexe Netzwerkhülle (Bandelt und Chepoi 2008), die einen gegebenen Teilgraphen rekursiv um Knoten und Kanten aus dem Graphen ergänzt, bis alle kürzesten Wege zwischen beliebigen Knoten (d. h. End-, Entscheidungs-, und Stützpunkten des Teilstraßennetzwerks) der Hülle selbst Teil der Hülle sind. Dazu wird zunächst der kürzeste Weg zwischen zwei Entscheidungspunkten im Straßennetzwerk definiert:

Streckenmaße im Straßennetzwerk Für ein Straßennetzwerk RN mit einer Kante (u_1, u_2) ist die Entfernung $\text{dist}_{RN}(u_1, u_2)$ die geometrische Streckenlänge auf der Erdoberfläche.

Länge eines Weges Die Länge eines Weges $w_{RN}(u, v)$ ist die Summe der Länge seiner Kanten.

Minimale Entfernung Für zwei Punkte u, v ist die (minimale) Entfernung $\text{dist}_{RN}(w_{RN}(u, v))$ die Länge des kürzesten Wegs zwischen u und v , wenn dieser existiert, andernfalls ∞ .

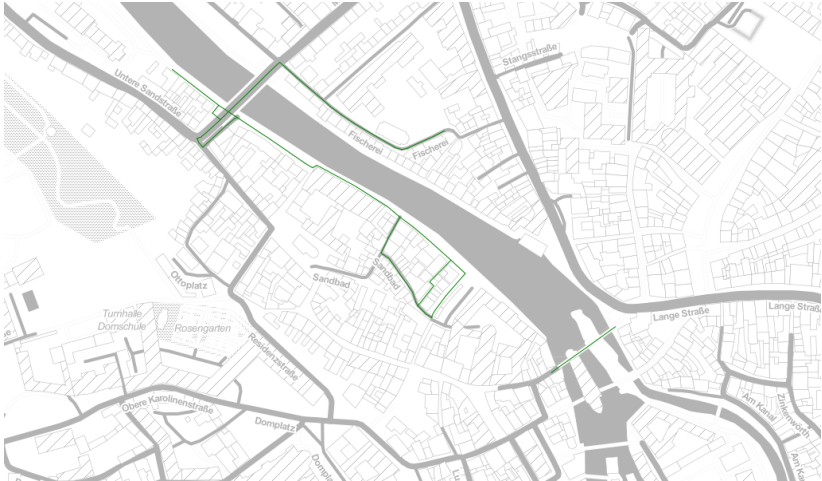


Abbildung 4.20: α -konvexe Netzwerkhülle des Teilstraßennetzwerks aus Abb. 4.14. Durch das Abstandskriterium wird ein Zusammenhang (iterativ) nur zwischen nahegelegenen Fragmenten hergestellt. Das Ergebnis kann auf Basis der empirischen Daten als Menge der Pfade verstanden werden, auf denen Klein Venedig *unmittelbar* (visuell) erlebt werden kann.

Die α -konvexe Netzwerkhülle lässt sich dann wie folgt definieren:

α -konvexe Netzwerkhülle Für ein Straßennetzwerk RN und ein Teilnetzwerk RN_B ist die α -konvexe Netzwerkhülle $\mathcal{H}^\alpha(RN_B)$ derjenige Subgraph, für den gilt, dass

1. $RN_B \subseteq \mathcal{H}^\alpha(RN_B) \subseteq RN$ und
2. für alle Paare von Knoten $(u, v) \in \mathcal{H}^\alpha(RN_B)$ die Kanten des kürzesten Wegs $(w_{RN}(u, v))$ genau dann ebenfalls Teil von $\mathcal{H}^\alpha(RN_B)$ sind, wenn $\text{dist}_{RN}(w_{RN}(u, v)) < \alpha$.

Hierbei werden neue Pfade nur dann ergänzt, wenn eine bestimmte Entfernung zwischen den Endpunkten des Pfads nicht überschritten wird. Die Berechnung wird so auf das Herstellen lokaler topologischer Zusammenhänge beschränkt (vgl. Abb. 4.20). Es lässt sich zeigen, dass keine Teilpfade eines Weges zwischen zwei Knoten betrachtet werden müssen, wenn die Berechnung aller Pfade zwischen zwei Punkten, die bereits zur Netzwerkhülle gehören (initial das Fragment selbst), so lange wiederholt

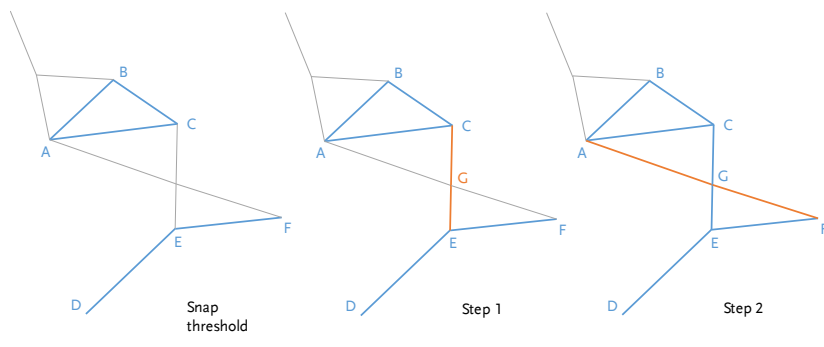


Abbildung 4.21: Prinzip der iterativen Berechnung der α -konvexen Netzwerkhülle auf einem Straßennetzwerk. Blau dargestellt ist der initial gegebene Netzwerkauschnitt, der in jedem Fall Teil der Netzwerkhülle ist, rot der Schwellwert für neu hinzukommende Pfade (links). A bis F sind Entscheidungspunkte im Straßennetzwerk. Im ersten Schritt (Mitte) wird nur der kürzeste Pfad von C nach E in die Netzwerkhülle übernommen, da die Länge des Pfads von A nach F über dem Schwellwert liegt. Pfade wie z. B. von D nach B, die Teilpfade unterhalb des Schwellwerts enthalten, müssen nicht auf Teilpfade geprüft werden, da durch die Prüfung *aller* kürzesten Pfade zwischen *allen* Entscheidungspunkten des Netzwerks dieser Teilpfade in jedem Fall explizit geprüft wird. Durch das Einfügen des neuen Entscheidungspunktes G auf dem Pfad von C nach E wird in einem zweiten Schritt (rechts) auch der Schwellwert für die Länge der Pfade von A nach G bzw. von F nach G unterschritten, sodass diese ebenfalls in die Netzwerkhülle übernommen werden.

wird, bis keine neuen Teilpfade mehr dazu kommen (vgl. Abb. 4.21).⁹

4.4.2 Graduelle Überlappung

Für den Abgleich der graduellen Überlappung der Geo-Extensionen generalisierter Ortskonzepte lässt sich der Schnitt auf Netzwerkhüllen wie folgt definieren:

Schnitt von Hüllen Für eine Generalisierung \mathcal{H} ist der Schnitt

$$A \cap_{\mathcal{H}} B := \mathcal{H}(A) \cap \mathcal{H}(B).$$

⁹ Zur Verkürzung der Laufzeit kann für das verwendete Straßennetzwerk vorab in $O(n^2)$ einmalig eine vollständige Diagonalmatrix der Entfernungen zwischen zwei Knoten des Netzwerks berechnet werden.

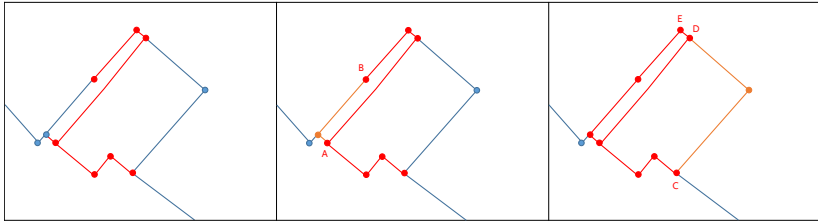


Abbildung 4.22: Prinzip der schrittweisen Generalisierung von Daten. Ausgangspunkt ist die Projektion von Geo-Features auf das Straßennetzwerk (links). Durch die α -konvexe Netzwerkhülle wird der kürzeste Weg zwischen Punkt A und B (orange) hinzugefügt, da er noch nicht Teil der Geo-Extension ist und unterhalb einer bestimmten Pfadlänge liegt (Mitte). Die konvexe Netzwerkhülle fügt zusätzlich den kürzesten Pfad von C nach D hinzu, dessen (geometrische) Pfadlänge oberhalb des Schwellwerts für das Hinzufügen zur α -konvexen Netzwerkhülle liegt. Dieser Pfad ist im Beispiel auch Teil der kürzesten Verbindung zwischen C und E.

Bereits ab genau einer Generalisierungsstufe gelten allerdings für die Inferenz topologischer Relation zwischen den Geo-Extensionen verschiedener Ortskonzepte die zusätzlichen Einschränkungen beim Rechnen mit breiten Grenzen (Cohn und Gotts 1996).

Für manche Anwendungsfälle kann es durchaus relevant sein, mehrere Generalisierungsansätze zu schachteln, um z. B. in Empfehlungssystemen Grade der Nähe zu einem Ortskonzept abzuschätzen:

- $hull_0$: Abbildung von Geo-Features auf das Straßennetzwerk
- $hull_1$: α -konvexe Netzwerkhülle
- $hull_2$: konvexe Netzwerkhülle

Abb. 4.22 zeigt, wie sich α -konvexe und konvexe Netzwerkhülle zur schrittweisen Generalisierung nutzen lassen. Abb. 4.23 zeigt ein Beispiel für eine schrittweise Generalisierung auf nicht-artifiziellen Daten.

Soll ermittelt werden, welche qualitative Bedeutung der Schnitt zwischen schrittweise generalisierten Geo-Extension zweier Ortskonzepte hat, kann ein Schnitt der Geo-Extension von $hull_i$ qualitativ höher gewichtet werden als ein Schnitt von Geo-Extension von $hull_{i+1}$.

Als geeigneter Operator lässt sich die Wertigkeit eines Schnitts auf einer Hierarchie von Netzwerkhüllen definieren:

Wertigkeit des Schnitts von Hüllen Die Wertigkeit $W(A, B)$ eines

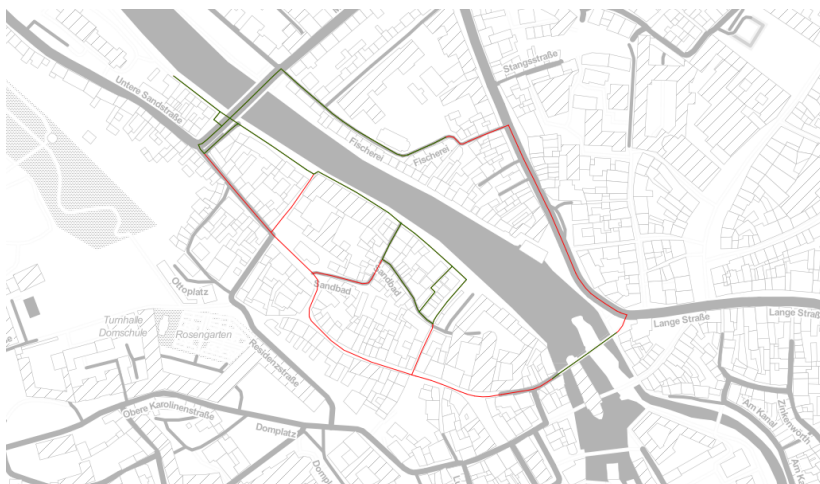


Abbildung 4.23: Geschachtelte Generalisierung, bestehend aus α -konvexer (grün) und konvexer (rot) Netzwerkfläche.

Schnitts $A \cap_{\mathcal{H}'} B$ für eine Folge von Generalisierungen

$$\mathcal{H}_\infty > \mathcal{H}_n > \mathcal{H}_{n-1} > \dots > \mathcal{H}_1 > \mathcal{H}_0$$

ist die Generalisierung \mathcal{H}' mit

$$(A \cap_{\mathcal{H}'} B \neq \emptyset) \wedge (\forall \mathcal{H}_i < \mathcal{H}' : A \cap_{\mathcal{H}_i} B = \emptyset).$$

Die metrisch kleinste Generalisierung ist dabei die qualitativ bedeutsamste und umgekehrt. Die Generalisierungen sind so zu wählen, dass eine stärkere Generalisierung eine (nicht zwingend echte) Obermenge aller schwächeren darstellt. Alternative Projektionen nach Bittner und Smith (2003b) lassen sich in Form eines Verbands zumindest in eine partielle Ordnung bringen.

Abb. 4.24 veranschaulicht das Konzept der Wertigkeit des Schnitts zwischen Geometrien.

Jedwede Generalisierung hat einen hypothetischen, nicht empirisch durch Daten belegten Charakter. Ob sich die Geo-Extensionen zweier Ortskonzepte überlappen, lässt sich auf Basis der Wertigkeit des Schnitts somit in dreiwertiger Logik angeben (Tab. 4.3): Im Fall der vorliegenden

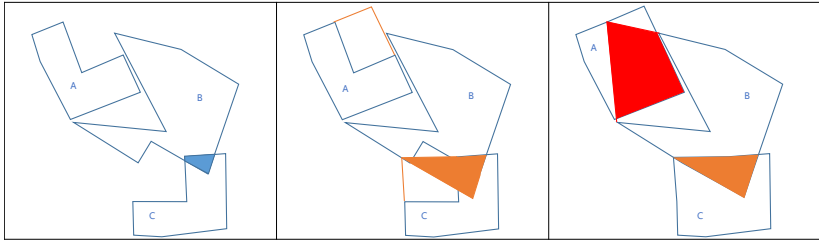


Abbildung 4.24: Auf den Ausgangsgeometrien besteht bereits ein Schnitt zwischen Geometrie B und C (links) der qualitativ bedeutendsten Wertigkeit. Bei schwacher Generalisierung (\mathcal{H}_1 , Mitte) ändert sich qualitativ nichts. Erst bei starker Generalisierung (\mathcal{H}_2 , rechts) entsteht ein qualitativ weniger bedeutender Schnitt zwischen A und B.

Es gilt: $W(B, C) = \mathcal{H}_0 < W(A, B) = \mathcal{H}_2 < W(A, C) = \mathcal{H}_\infty$.

	$A_{\mathcal{H}_\infty}$	$A_{\mathcal{H}_{1..n}}$	$A_{\mathcal{H}_0}$
$B_{\mathcal{H}_\infty}$	false	false	false
$B_{\mathcal{H}_{1..n}}$	false	maybe	maybe
$B_{\mathcal{H}_0}$	false	maybe	true

Tabelle 4.3: Wahrheitswert einer Überlappung zwischen Ortskonzepten, falls der Schnitt in der jeweiligen Tabellenzelle der qualitativ bedeutsamste ist.

Arbeit stellt der räumliche Puffer um Weg- bzw. Feature-Geometrien bereits eine erste, nicht-topologische Generalisierung dar (\mathcal{H}_1). Wahr im Bezug auf die zugrunde liegenden Daten ist ein Schnitt zwischen Ortskonzepten nur auf dem unmittelbaren Schnitt identifizierter Feature-Geometrien mit den Weggeometrien des Straßennetzwerks.

4.5 Ähnlichkeit von Orten

Ähnlichkeit von Orten wird auf Basis der geschaffenen Grundlagen als Ähnlichkeit der in einem Straßennetzwerk verorteten Geo-Extension von Ortskonzepten operationalisiert.

4.5.1 Ähnlichkeit von Geo-Extensionen

Während durch das Konzept der Wertigkeit eines gemeinsamen Schnittbereichs zwar wie gezeigt ein Hinweis auf die qualitative Bedeutung des

Schnitts von Geo-Extensionen nach deren Generalisierung geliefert wird, ist durch dieses Maß allein noch keine Aussage über die Stärke der Überlappung möglich. Den Grad einer Überlappung anzugeben, ist – wie dargestellt – nur dann sinnvoll, wenn alle Geo-Extensionen gleich stark generalisiert vorliegen (z. B. auf \mathcal{H}_i).

Absolute Zahlen wie Flächen oder Weglängen im Schnitt zweier Ausschnitte des Straßennetzwerks sind für die Messung des Überlappungsgrads wertlos. Erst durch die Hinzunahme einer entsprechenden Bezugsgröße (Normalisierung) kann ein Überlappungsgrad angegeben werden. Für eine entsprechende Operationalisierung muss zunächst der Betrag des Schnitts auf Straßennetzwerken geeignet definiert werden. Dafür kommen zwei Verfahren in Betracht:

- Die Anzahl der Segmente im Straßennetzwerk zwischen Entscheidungspunkten, an denen die zu vergleichenden Ortskonzepte Anteile haben
- Die Gesamtlänge der gemeinsamen Wegstücke zweier Ortskonzepte im Straßennetzwerk

Abb. 4.25 zeigt beide Rechenwege an einem Beispiel. Beide Ansätze haben ihre Berechtigung. Während die metrische Variante gut abschätzt, zu welchem Anteil ihrer Streckenlängen mögliche Pfade unterschiedlicher Ortskonzepte übereinstimmen, kann die ordinale Variante eine Aussage darüber liefern, wie groß der Anteil an gemeinsamen Entscheidungspunkten im Netzwerk ist. Dies lässt sich darüber motivieren, dass entlang einer Kante, wie z. B. entlang eines Flusses oder in einer Wohnstraße, unabhängig von ihrer metrischen Länge nur eine geringe Änderung sowohl der räumlichen Konfiguration der Landmarken (Schlieder 1995) wie auch der angebotenen Affordanzen zu erwarten ist. Umgekehrt erfolgt an Entscheidungspunkten häufig eine Richtungsänderung und dadurch das Aufdecken vorher nicht sichtbarer Bereiche, die eine als unterscheidbar erkennbare Wahrnehmungsqualität für den Beobachter konstituieren. Allerdings müssen in diesem Fall gerichtete Wegstücke betrachtet werden, da sich die qualitative Umweltwahrnehmung entlang eines Pfades in entgegengesetzte Richtungen deutlich unterscheiden kann. Turner (2007), der das Problem für Segmente von Achsenkarten beschreibt, bevorzugt die Berechnung auf Weglängen.

Auf dieser Grundlage kann der Überlappungsgrad zwischen Geometrien auf verschiedene Weisen definiert werden (für eine Übersicht möglicher Assoziationsmaße siehe Tan, Kumar und Srivastava 2004):

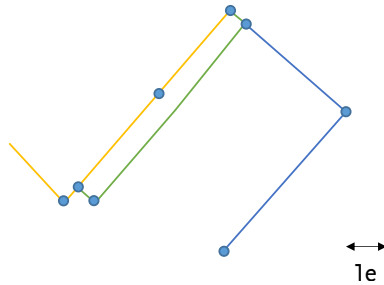


Abbildung 4.25: Berechnung des Betrags des Schnitts (grün) auf den Weggeometrien A (gelb) und B (blau). Gemeinsame Kanten: 3 (A: 7, B: 5); gemeinsame Streckenlänge (bezogen auf Basiseinheit 1e): 6,3 (A: 14,5, B: 14,5).

Symmetrischer Überlappungsgrad (Jaccard) Der symmetrische Überlappungsgrad ist das Verhältnis vom Schnitt der Mengen zu deren Vereinigung:

$$\text{overlap}_{\text{degree}} = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|}$$

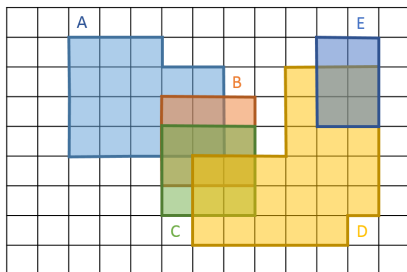
Asymmetrischer Überlappungsgrad (Assoziation) Der Asymmetrische Überlappungsgrad ist das Verhältnis vom Schnitt der Mengen zu jeweils einer der beteiligten Mengen:

$$\text{confidence} = \frac{|A \cap B|}{|A|}$$

Dies entspricht dem Konfidenzmaß im Association-Rule-Mining (Hipp, Güntzer und Nakhaeizadeh 2000).

Abb. 4.26 und 4.27 visualisieren die beiden Ansätze. Es wird deutlich, dass die symmetrische Überlappung ebenso als Kriterium für den Grad der Überlappung zweier Geometrien dienen kann wie die asymmetrische Überlappung. Die asymmetrische Überlappung durch Association-Rule-Mining auf Geometrien kann dagegen zusätzlich Konfigurationen unterscheiden, in denen sich eine Geometrie vollständig auf eine andere bezieht, z. B. weil sie von einer Geometrie wesentlich größerer Ausdehnung vollständig umschlossen wird (rcc:proper-part).

Soll der Überlappungsgrad als Indikator für die Referenzgleichheit von Verhaltensmustern dienen, ist dies auf dieser Grundlage schwellwertba-



$$overlap_degree_{A,B} = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|}$$

	A	B	C	D	E
A	1	.17	.08	0	0
B		1	.50	.06	0
C			1	.13	0
D				1	.14
E					1

Abbildung 4.26: Beispielrechnung für den symmetrischen Schnitt, vgl. Tan, Kumar und Srivastava (2004).

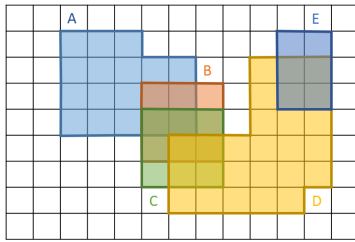
siert möglich. Erkenne zwei Teilstraßennetzwerke auf Basis ihrer geometrischen Extensionen als referenzgleich, wenn

- die symmetrische Überlappung über einem bestimmten Schwellwert liegt oder alternativ
- die asymmetrische Überlappung (Konfidenz der Regeln) in beide Richtungen über einem bestimmten Schwellwert liegt.

4.5.2 Räumlicher Assoziationsgraph

Die Tatsache, dass die asymmetrische Überlappung eine gerichtete Kante zwischen Weggeometrien ermöglicht, lässt sich zum Aufbau eines räumlichen Assoziationsgraphen nutzen, aus dem sich ablesen lässt, welche Geometrie mit einer bestimmten Konfidenz auf eine andere Geometrie verweist:

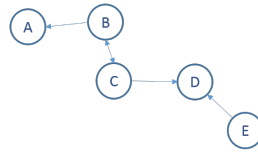
Räumlicher Assoziationsgraph Ein räumlicher Assoziationsgraph *RAG* ist ein Graph mit einer Menge von Knoten *V* und einer Menge von Kanten $E = (u, v, r) \subset (V \times V \times \mathbb{R})$, wobei *V*



$$confidence_{A \rightarrow B} = \frac{|A \cap B|}{A}$$

	A	B	C	D	E
→ A	1	0.44	0.22	0	0
→ B	0.22	1	0.66	0.08	0
→ C	0.11	0.66	1	0.15	0
→ D	0	0.22	0.44	1	0.66
→ E	0	0	0	0.15	1

Räumlicher Assoziations-Graph



Regel zum Zusammenführen:
 Wenn $confidence_{A \rightarrow B} > \alpha$ und $confidence_{B \rightarrow A} > \alpha$
 $A' := A \cup B$
 z.B. $\alpha = 0.5$

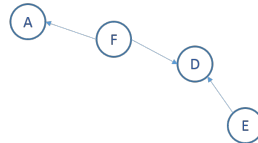


Abbildung 4.27: Ableiten eines räumlichen Assoziationsgraphen aus Assoziationsregeln (links). Für alle Regeln mit einer Konfidenz über einem bestimmten Schwellwert wird eine entsprechende Kante im Graphen eingefügt (rechts oben). Im Anschluss werden alle Knoten paarweise auf Referenzgleichheit geprüft. Liegt die Konfidenz in beide Richtungen über einem bestimmten Schwellwert, werden die Knoten zusammengeführt (rechts unten).

die Menge aller vorliegenden Ortskonzepte und E die Menge aller gerichteten Kanten ist, die mit der *Konfidenz* der entsprechenden Assoziationsregel annotiert sind.

Zur besseren Visualisierung lassen sich Kanten unterhalb eines bestimmten Schwellwerts herausfiltern.

α -beschränkter räumlicher Assoziationsgraph Ein α -beschränkter räumlicher Assoziationsgraph RAG' ist ein räumlicher Assoziationsgraph, bei dem alle Kanten unterhalb eines bestimmten Schwellwerts α gefiltert wurden.

Abb. 4.27 illustriert das allgemeine Verfahren inklusive einer möglichen Regel zum Zusammenführen (engl. *merging*) von Ortskonzepten auf Grundlage der Referenzgleichheit ihrer Geo-Extensionen: Werden Ortskonzepte auf Grundlage geeigneter Schwellwerte im räumlichen Assoziationsgraphen als referenzgleich erkannt, muss für das Zusammenführen geeignetes Verfahren definiert sein, um neben ihren Attributen

Unbenannter Stopp	Match 1	Match 2		
1	1 → <i>Regnitz</i> :	1.0		
	1 ← <i>Regnitz</i> :	0.003		
2	2 → <i>Rosengarten</i> :	1.0	2 → <i>Residenz</i> :	0.40
	2 ← <i>Rosengarten</i> :	0.45	2 ← <i>Residenz</i> :	0.16

Tabelle 4.4: Assoziationsregeln zweier erkannter Stopp-Muster 1 und 2 zu touristischen Attraktionen in *Bamberg* (berechnet mittels Schnitt auf Weglängen nach Projektion auf Straßennetzwerk).

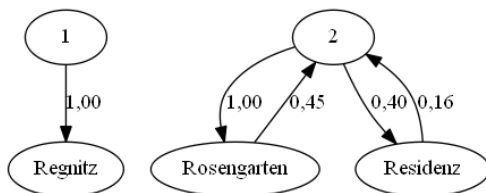


Abbildung 4.28: Räumlicher Assoziationsgraph zu Tab. 4.4. Kanten mit einer Konfidenz unter 0.1 wurden gefiltert.

(vgl. Kim, Vasardani und Winter 2015b) auch ihre Geo-Extensionen zusammenzuführen. Der Schnitt der beteiligten Weggeometrien ist dabei unzureichend, da er bei wiederholter Aggregation leer sein kann (zum Erleben aus verschiedenen Richtungen vgl. 3.1.1). Die Vereinigung ist im Gegenzug keine geeignete Repräsentation für einen Ort, bezüglich dessen sozialer Konsens herrscht. Eine einfache Lösung ist das explizite Speichern der Menge aller bislang bekannten Geo-Extensionen eines Ortskonzepts.

Bezüglich anderer, bereits verorteter Ortskonzepte lassen sich mit den erkannten Orten aus Abb. 4.17 nun die in Tab. 4.4 dargestellten Assoziationsregeln ableiten.

Daraus lässt sich ein räumlicher Assoziationsgraph (Abb. 4.28) aufbauen: Dieser Graph lässt sich nun wie folgt interpretieren: Muster 2 liegt vollständig in der Geo-Extension des Teilstraßennetzwerks *Rosengarten* und nimmt fast die Hälfte der Streckenlängen dieses Teilstraßennetzwerks ein. Ein Schnitt besteht auch mit dem Teilstraßennetzwerk *Residenz*. Dieser macht aber weniger als die Hälfte von Muster 2 und nur ein Sechstel der Streckenlängen des Subgraphen von *Residenz* aus. Eine Zuordnung des Ortskonzeptes zum *Rosengarten* ist damit sinnvoller. Muster 1 liegt voll-

Räumlicher Assoziationsgraph		rcc5	
$\text{confidence}(A \rightarrow B) = 0$	\wedge	$\text{confidence}(B \rightarrow A) = 0$	A disjoint B, B disjoint A
$0 < \text{confidence}(A \rightarrow B) < 1$	\wedge	$0 < \text{confidence}(B \rightarrow A) < 1$	A overlaps B, B overlaps A
$\text{confidence}(A \rightarrow B) = 1$	\wedge	$0 < \text{confidence}(B \rightarrow A) < 1$	A within B, B contains A
$\text{confidence}(A \rightarrow B) = 1$	\wedge	$\text{confidence}(B \rightarrow A) = 1$	A equals B, B equals A

Tabelle 4.5: Mögliche Rückschlüsse von räumlichen Assoziationsgraphen auf räumliche Lage-Relationen. Abhängig vom konkret repräsentierten Problem können 0 und 1 durch entsprechende Min- und Max-Schwellwerte ersetzt werden. Dies ist dadurch zu motivieren, dass graduelle Überlappung im Association-Rule-Mining üblicherweise als Konfidenz verstanden wird (vgl. Koperski und Han 1995).

ständig im Teilstraßennetzwerk *Regnitz*, macht dort aber nur einen verschwindend geringen Bruchteil aus. Das Ergebnis kann so interpretiert werden, dass zwar während des gesamten Bewegungsmusters auch *Regnitz* erlebt wurde, dieser Ortsname aber für die vorliegende Ortserfahrung sehr unspezifisch ist.

Gemäß dieser Beobachtungen lassen sich aus dem räumlichen Assoziationsgraphen neben der Abschätzung des Grads der Referenzgleichheit auch genau die räumlichen Lagerelationen ableiten, die auch rcc5 ausdrücken kann. Tab. 4.5 gibt eine vergleichende Übersicht.

Der räumliche Assoziationsgraph kann also zum Aufbau einer Partonomie genutzt werden.¹⁰

Durch den räumlichen Assoziationsgraphen steht nun ein vollständig von Quelldaten abstrahierter, überindividueller Abgleich von ortsbezogener Raumerfahrung zur Verfügung. Mögliche Anwendungsfälle umfassen (aufeinander aufbauend):

1. Unter die Geo-Extension welchen Ortskonzepts (und damit unter welchen Ortsnamen) fällt ein bestimmtes Bewegungsmuster?
2. Wie kongruent sind die Geo-Extensionen von Ortskonzepten (und damit wie gut geeignet als Landmarken in der Kommunikation), die verschiedene Personen mit demselben Ortsnamen bezeichnen?
3. Hat Person *X* an der Geo-Extension des Ortskonzepts, den Person *Y* mit dem Ortsnamen *P* bezeichnet hat, Erfahrung aus eigener Anschauung?

¹⁰ Es kommt auch die Interpretation der Konfidenzen als bedingte Wahrscheinlichkeiten und des räumlichen Assoziationsgraphen als Bayes-Netz in Frage. Dies ist allerdings formal nicht möglich, da ein Bayes-Netz als gerichteter, azyklischer Graph keine Zirkelbeziehungen erlaubt, die im Assoziationsgraphen sehr wohl auftreten können.

4. An welchen Geo-Extensionen ist ein Attribut A , das immer wieder über Ortskonzepte ausgesagt wird, auf der Grundlage der eigenen Anschauung verschiedener Personen erfahrbar?

Zusammen mit dem Place-Graphen stellt der räumliche Assoziationsgraph im vorgestellten Ansatz die Wissensbasis für ortsbezogenes Wissen dar. Überindividuelles Wissen wird dabei auf unterschiedlichen Ebenen hergestellt:

1. Erstellung und Modellierung des Place-Graphen: Desambiguierung und Vereinheitlichung auf realräumlich auffindbare Ortskonzepte
2. Zusammenführen der Place-Graphen als Repräsentation individueller Sichtweisen nach einem der genannten Kriterien (vgl. Kap. 4.2.1)
3. Zusammenführen der Ortskonzepte eines Place-Graphen mit Bewegungsmustern, die Ort indizieren, auf Grundlage der räumlichen Assoziation von Geo-Extensionen gebräuchlicher Ortsnamen (z. B. aus Geobasisdaten)

Insofern diese Wissensbasis kontinuierlich durch neue Informationen fortgeschrieben werden kann, ist dadurch auch eine Modellierung der zeitlichen Dynamik von Ort gewährleistet.

Das Prädikat der ortsbezogenen Verbundoperation kann durch Bedingungen (z. B. Schwellwert für die Konfidenz oder die Mindestdauer eines Bewegungsmusters) gezielt gesteuert werden. Abfragen auf Basis der Konfidenz von räumlich interpretierten Assoziationsregeln lassen sich in einer SQL-ähnlichen Syntax formulieren:

1. `SELECT FROM Ortskonzept patialJoin Bewegungsverhalten
ON Konfidenz(Bewegungsverhalten.Ortsmuster.Geo-Extension
→ Ortskonzept.Geo-Extension) > α`
2. `SELECT FROM Ortskonzept patialJoin Bewegungsverhalten
ON Konfidenz(Bewegungsverhalten.Ortsmuster.Geo-Extension
→ Ortskonzept.Geo-Extension) > α
WHERE Ortskonzept.CaseID = Bewegungsverhalten.CaseID`
3. `SELECT FROM Ortskonzept patialJoin Bewegungsverhalten
ON Konfidenz(Bewegungsverhalten.Ortsmuster.Geo-Extension
→ Ortskonzept.Geo-Extension) > α
WHERE Ortskonzept.Tag = 'emotional'`

4. SELECT FROM Ortskonzept *patialJoin* Bewegungsverhalten
 ON Konfidenz(Bewegungsverhalten.Ortsmuster.Geo-Extension
 → Ortskonzept.Geo-Extension) > α
 WHERE Ortskonzept.Tag = 'emotional'
 AND Bewegungsverhalten.Ortsmuster.Dauer > t

Das eingangs dargestellte Forschungsdesiderat kann damit als gelöst beschrieben werden:

1. Als Ort erkannte Muster auf Bewegungsspuren und sprachliche Bezugnahmen auf Ort können durch den räumlichen Assoziationsgraphen aufeinander bezogen werden.
2. Die graduelle Überlappung von Orten kann nun durch die Maße für Stärke und Wertigkeit des Schnitts zwischen Orten modelliert werden.
3. Mit der α -konvexen Hülle auf Straßennetzwerken wird eine Möglichkeit zur plausiblen topologischen Generalisierung vorgestellt.
4. Die Konfidenz der räumlichen Assoziationsregeln realisiert ein Ähnlichkeitsmaß auf Orten und dadurch eine ortsbezogene Verbundoperation.

4.6 Naheliegende Erweiterungen

Place-Graph

Für spätere Inferenz lassen sich die im Place-Graphen enthaltenen Relationen auf ein wohl standardisiertes Basisinventar abbilden, das entsprechende Kalküle unterstützt (für topologische Inferenz z. B. RCC8, vgl. Randell, Cui und Cohn 1992). Durch Angabe der Art der Inferenz an der Kante (z. B. *reasoning: topology*) lassen sich aus dem Place-Graphen durch Filterung der entsprechenden Kanten Graphen ableiten, auf die das jeweilige Kalkül angewendet wird. Inferierte Information kann dem zugrunde liegenden Place-Graphen hinzugefügt werden.

Für das Matching der individuellen Place-Graphen unterschiedlicher Probanden können die in Kap. 2.3.4 vorgestellten Methoden verwendet werden. Als Maß divergierender Sichtweisen ist dabei insbesondere die lokale Strukturähnlichkeit von den Knoten interessant, die gleiche Namensattribute tragen (vgl. Melnik, Garcia-Molina und Rahm 2002). So können z. B. Informationen über Antonyme aus WordNet genutzt werden, um divergierende Lesarten von Affordanzbereichen zu erkennen, und partono-

mische Relationen, um die überindividuelle Übereinstimmung von Ortskonzepten bezüglich ihrer Teilorte zu bestimmen (gehört Ort X für Person A und Person B gleichermaßen zu Ort Y ?).

Nutzer mit hoher globaler Graphähnlichkeit (z. B. durch die k nächsten Nachbarn bzgl. Graph-Kernel, vgl. Vishwanathan u. a. 2010) können als Ausgangspunkt dienen, um für unterbestimmte Ortskonzepte passende Kandidaten im Place-Graphen ähnlicher Nutzer zu ermitteln, die zu den beschriebenen Attributen und Relationen des unbenannten Ortskonzepts passen. Bei einer hinreichend großen Ähnlichkeit bzw. Kongruenz zwischen den Ortskonzepten bzw. Nutzern ist es dann möglich, Namen für Ortskonzepte automatisch zu inferieren.

Wie in Kap. 4.2.1 beschrieben, kann ein Place-Graph zur Topic-Map verallgemeinert werden.

Abbildung auf das Straßennetzwerk

Zur Abbildung von Geo-Features auf das Straßennetzwerk (vgl. Kap. 4.2.2) durch einen geometrischen Puffer kann mit Dichtefunktionen bzw. gradueller Zugehörigkeit (vgl. Kap. 2.2.2) von Kanten des Straßennetzwerks zu einem Ortskonzept gearbeitet werden. Ein möglicher Gradient interpoliert die Konzeptzugehörigkeit zwischen Kanten im Schnittbereich von Features und Straßennetzwerk (Konzeptzugehörigkeit 1) bis hin zur Außenlinie des Puffers (Konzeptzugehörigkeit 0).

Signalverlust kann dadurch modelliert werden, dass ab einem gewissen zeitlichen Abstand zwischen zwei Messpunkten diese nicht durch eine Kante verbunden werden. Dadurch wird eine Abbildung von Segmenten einer Bewegungsspur vermieden, innerhalb derer aufgrund des zeitlichen Abstands die tatsächliche vom Probanden zurückgelegte Weggeometrie unbekannt ist. Technisch bestehen die Falldaten in diesem Fall aus Einzelspuren, deren zeitliche Abfolge bekannt ist.

Bei der Abbildung von Geo-Features auf das Straßennetzwerk ist bei Features in der Nähe des Straßennetzwerks anstelle eines geometrischen Puffers auch ein topologisches Kriterium für die Wahl passender Kanten des Straßennetzwerks denkbar. Ist das Feature über eine bestimmte Anzahl von Entscheidungspunkten mit einem Segment des Straßennetzwerks verbunden, wird das Segment unabhängig von seiner geometrischen Distanz in die Auswahl übernommen; über dem Schwellwert werden auch Straßensegmente in kurzer Entfernung nicht übernommen.

Alternativ zur α -konvexen Netzwerkhülle können die Daten vor der Anwendung der konvexen Hülloperation durch gängige Clusterverfahren generalisiert werden, die für zweidimensionale Problemräume definiert

sind (z. B. DBSCAN), falls deren Abstandsmaß zuvor ebenfalls auf eine geeignete topologische Metrik im Straßennetzwerk angepasst wurde.

Ortsbasierte Verbundoperation

Im vorliegenden Ansatz werden die Knoten eines Place-Graphen auf Subgraphen eines Straßennetzwerks abgebildet, mittels derer räumliche Ähnlichkeit zu interessanten Mustern auf Bewegungsspuren berechnet wird. Umgekehrt wäre es genauso möglich, zu den im Straßennetzwerk verorteten interessanten Mustern in Bewegungsspuren z. B. mittels osm die Attribute benachbarter Features zu extrahieren und die Ortskonzepte im Place-Graphen zu ermitteln, die zu den Attributen entlang einer Bewegungsspur gut passen. Anstelle eines Möglichkeitsraums von Pfaden an einem bestimmten Ortskonzept lassen sich auf diesem Weg Hypothesen über den Möglichkeitsraum der Affordanzbereiche eines bestimmten Aufenthaltsortes bilden. Analog zur Analyse der Verortungen erlaubt dies Analysen zu

1. Affordanzbereichen: Wie werden Orte entlang einer bestimmten Bewegungsspur üblicherweise benannt?
2. eigenen Aussagen: Nennt eine Person, die Aussagen über ihre Erfahrungen macht, Attribute, die zu denen eines Ortskonzeptes passen?
3. relevanten Teilen: Welche Ortskonzepte haben, auch vermittelt ihrer genannten Eigenschaften, für eine Person, die ein bestimmtes Bewegungsverhalten aufweist, gemäß ihrer Aussagen vermutlich Relevanz?

Während auf der einen Seite der Raum möglicher Pfade in der Nähe von Geo-Extensionen zu Ortsnamen, die eine Person genannt hat, durch das tatsächliche Bewegungsverhalten dieser Person vor Ort validiert werden kann (räumlicher Filter), müssen auf der anderen Seite aus dem Place-Graphen geeignete Ortskonzepte gewählt werden, deren Attribute auf ermittelte Attribute in der Nähe der Bewegungsspur dieser Person passen (semantischer Filter). Eine nicht gerechtfertigte Erkennung impliziert im ersten Fall, dass Geo-Extensionen gewählt werden, die für den Nutzer gar nicht unter das zugehörige Ortskonzept fallen und im zweiten Fall, dass Ortskonzepte gewählt werden, die an dieser Stelle der Bewegungsspur qua Affordanzbereiche passen, aber für die Person nicht relevant waren. Beide Ansätze gemeinsam können zur Berechnung kombinierter Ähnlichkeitsmetriken genutzt werden (vgl. Schwering und Kuhn 2009). Eine wechselseitige Evaluation der beiden Ansätze bezüglich Qualität und Performanz

auf unterschiedlichen Daten steht ebenfalls aus.

Soziodemographischen Falldaten

Über die erhobenen Falldaten lassen sich die Probanden nach unterschiedlichen soziodemographischen Merkmalsgruppen (z. B. nach Geschlecht, Alter oder Vorwissen über die Destination) trennen (vgl. dazu auch Weber und Bauder 2013) und untereinander in ihrem Bewegungsverhalten vergleichen.

Ortsnetzwerk

Für die Muster interessanter Orte in den Bewegungsdaten lassen sich, z. B. in Form eines Verbindungsgraphen (vgl. Schlieder, Vögele und Visser 2001), die gewählten Routen zwischen diesen Orten repräsentieren.

5 Entwurf und Umsetzung der Referenz-Implementierung

Der gewählte Lösungsansatz (Kap. 4) wird durch eine geeignete Referenz-Implementierung (vgl. Kap. 6) nutzbar. Nach der Benennung der bei der Implementierung verfolgten Ziele (Kap. 5.1) und allgemeinen Architekturüberlegungen (z. B. Erweiterbarkeit der Bibliothek, Kap. 5.2), werden an dieser Stelle die implementierten Teilfunktionen dokumentiert. Im Anschluss werden die verwendeten Technologien (Kap. 5.3) und die bei der Umsetzung getroffenen technischen Optimierungen (Kap. 5.4) benannt.

5.1 Ziele

Ziel der Implementierung ist die Bereitstellung einer Bibliothek, die alle benötigten Funktionen zur Verfügung stellt, um aus den empirisch erhobenen Datenarten (vgl. Kap. 3.2) das Ortsmodell (Kap. 4) und den räumlichen Assoziationsgraphen (4.5.2) aufbauen zu können. Die Implementierung erfolgte dabei so generisch wie möglich, d. h. auch wenn Festlegungen auf bestimmte Verfahren getroffen wurden, sind diese durch Implementierung gegen Interfaces gekapselt und gegen alternative Verfahren austauschbar. Wo möglich, wurden für die spätere Evaluierung (vgl. Kap. 6) zumindest zwei redundante Verfahren implementiert.

5.2 Unterstützter Workflow

Durch die für das beschriebene Ähnlichkeitsmaß beschriebenen Verarbeitungsschritte (Kap. 4) ergibt sich der in Abb. 5.1 dargestellte Workflow.

5.3 Verwendete Technologien

Abb. 5.2 zeigt das implementierte System in Abhängigkeit von den verwendeten Bibliotheken und Datenquellen. Das Kernsystem besteht aus

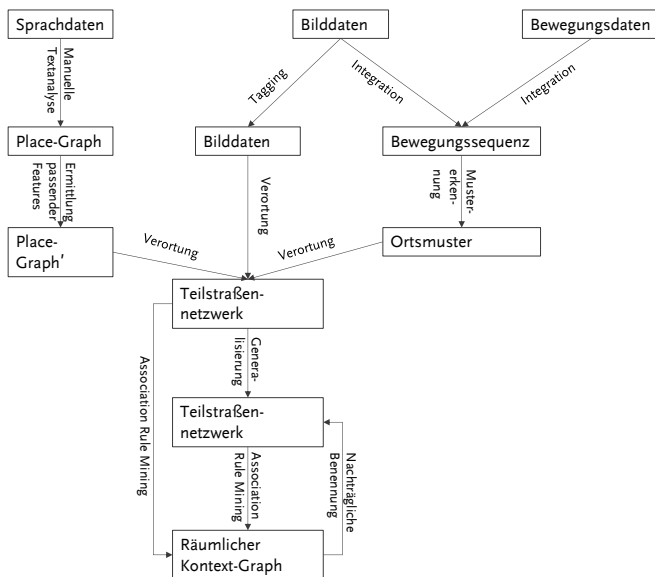


Abbildung 5.1: Allgemeiner Workflow, der durch die implementierte Bibliothek pbgis unterstützt wird.

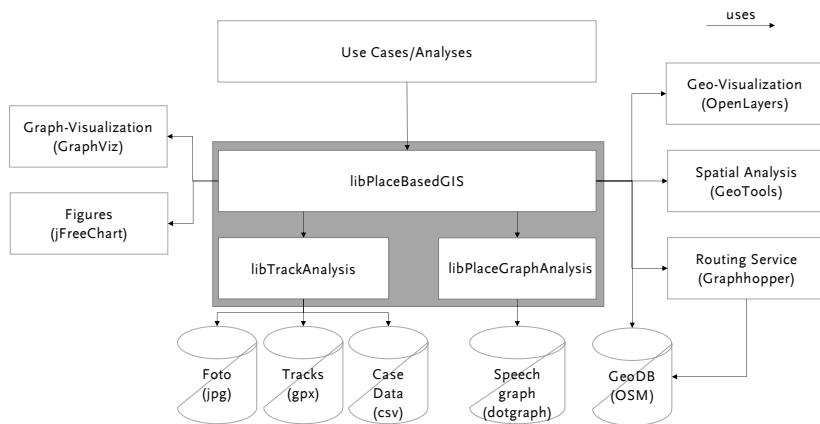


Abbildung 5.2: Eigenes System mit verwendeten Bibliotheken.

Verarbeitungsschritt	Implementierte Optionen	Softwarebibliothek
Extraktion des Place-Graphen aus Sprachdaten	nur manuell	Ergebnis ist dotGraph
Matching von Place-Graphen	Stringgleichheit der Namen	libPlaceGraphAnalysis
Merging von Place-Graphen	Stringgleichheit bei Key-Value-Paaren	libPlaceGraphAnalysis
Forward-Geocoding auf Straßennetzwerk	Verortung durch Puffer	libPlaceBasedGIS
Trackverbesserung	geostatistisch (Geomedian), anschließend durch Verortung im Netzwerk	libTrackAnalysis
Mustererkennung auf Tracks	Generisches Interface für robuste Klassifikation: Separate Kandidatenermittlung & -prüfung	libTrackAnalysis
Verortung von Features im Straßennetzwerk	Verortung durch Puffer	libPlaceBasedGIS
Generalisierung von Subgraphen des Netzwerks	Topologischer DBSCAN, (α -)konvexe Netzwerkhülle	libPlaceBasedGIS
Gradueller Schnitt	– nicht implementiert –	libPlaceBasedGIS
Räumlicher Assoziationsgraph	Anzahl gemeinsamer Kanten oder Länge gemeinsamer Weggeometrien; asymmetrische Überlappung (Association Rule Mining)	libPlaceBasedGIS
Merging von RAC, Reverse Geocoding	Schwellwertbasiertes Konfidenzmaß	libPlaceBasedGIS

Tabelle 5.1: Übersicht über die implementierten Funktionen und die Einordnung in die jeweilige Bibliothek.

drei Bibliotheken, die für verschiedene Ex-post-Analysen oder andere Anwendungsfälle (z. B. *place based recommendations*) in Software eingebunden werden können (vgl. Tab. 5.1:

- libTrackAnalysis: Vorverarbeitung der GPS-Tracks und Mustererkennung
- libPlaceGraphAnalysis: Einlesen, Matching und Merging der manuell erzeugten Place-Graphen
- libPlaceBasedGIS: Vorverarbeitung (Projektion auf das Straßennetzwerk und Generalisierung) und eigentliche ortsbasierte Analyse (Aufbau und Merging von räumlichen Assoziationsgraphen)

Für die Implementierung wurden folgende Technologien verwendet: Zur Berechnung von Routen mittels Dijkstra (1959) wird die Bibliothek *Graphhopper*¹ eingebunden, für Berechnungen auf den Geometrien der Geo-Features die Bibliothek *GeoTools*² (inkl. der *Java Topology Suite*³). Geodaten aus osm wurden mittels eines eigenen Wrappers für die *Overpass-API*⁴ bezogen. Für die Geovisualisierung kommt mangels einer nativen Java-Bibliothek ein eigener Wrapper für *OpenLayers*⁵ zum Einsatz. Zur Repräsentation und Visualisierung von Place-Graphen wird *GraphViz*,⁶ für die Verarbeitung und Visualisierung von Topic Maps *Ontopia*⁷ verwendet.

Für die Verarbeitung der Fotos werden jpg-Dateien und die zugehörigen EXIF-Daten (mit Zeitstempel, Geokoordinate und ggf. Tag) verarbeitet. Da die Tags nachträglich vergeben werden, kann eine Mapping-Datei im JSON-Format genutzt werden. Die Bewegungsspuren liegen im GPX-Format vor. Die Daten aus den strukturierten Interviews werden als csv-Tabelle eingelesen.

5.4 Technische Optimierungen und Laufzeitbetrachtungen

Zwischenergebnisse der Berechnungen (z. B. verortete Teilstraßennetze für Ortskonzepte) wurden für den wiederholten Zugriff als Datei

¹ <https://graphhopper.com/>, 30.10.2015

² <http://geotools.org/>, 30.10.2015

³ <http://sourceforge.net/projects/jts-topo-suite/>, 30.10.2015

⁴ <http://overpass-api.de/>, 30.10.2015

⁵ <http://openlayers.org/>, 30.10.2015

⁶ <http://www.graphviz.org/>, 30.10.2015

⁷ <http://www.ontopia.net/>, 30.10.2015

abgelegt. Dadurch war es möglich, die für die Analysen benötigten osm-Daten nur zu einem Zeitpunkt (03.06.2015) herunterzuladen und sich somit auch bei nachträglichen Analysen auf denselben Datenstand zu beziehen.

Da nach dem Crawlen der Verhaltensdaten alle benötigten Muster (Ortskonzepte und User-Tracks) an das Straßennetzwerk annotiert werden können, muss in einem möglichen Assistenzsystem nur der räumliche Assoziationsgraph zu einer Anfragegeometrie aufgebaut werden, was ein Cloud-Service bei Nutzung räumlicher Indexe in Echtzeit leisten kann.

6 Anwendung auf empirische Daten und Evaluation

In diesem Abschnitt wird durch Anwendung der entwickelten Analysemethodik (Kap. 4) auf die erhobenen Beispieldatensätze (Kap. 3) evaluiert, inwieweit die Ergebnisse im Rahmen humangeographischer Forschung nutzbar und interpretierbar sind. Dazu werden zunächst die manuell modellierten Place-Graphen erläutert (Kap. 6.1.1) und anschließend die Möglichkeiten zur Verortung der Ortskonzepte verglichen (Kap. 6.1.2). Im Anschluss an den Vergleich der Möglichkeiten zur Extraktion von Ortsmustern aus den Bewegungsspuren (Kap. 6.1.3) wird anhand von Beispielabfragen gezeigt, wie der räumliche Assoziationsgraph zum Aufbau einer ortsbezogenen Verbundoperation im Sinne von Gao u. a. (2013) genutzt werden kann.

6.1 Analyse der erhobenen Beispieldaten

6.1.1 Manuell modellierte Place-Graphen

Entsprechend des in Kap. 4.2 vorgestellten Verfahrens wurde für die fünf Testdatensätze aus den transkribierten Leitfadeninterviews, die nach dem touristischen Aufenthalt in Bamberg geführt wurden, jeweils ein Place-Graph erstellt. Die Abbildungen 6.1 bis 6.6 zeigen das Ergebnis.

Place-Graphen

Die Aspekte von Ort in den Erlebnisberichten spiegeln die eingangs eingeführten Begriffsnuancen wider (vgl. Kap. 2.2.1).

- Affordanz: Orte tragen bestimmte Aktivitäten (Fälle 2013_01 und 2013_03).
- Räumliche Ordnung: Orte tragen einen Rundgang (Fälle 2013_01 und 2013_04) oder definieren Grenzen (Fall 2013_03).
- Bedeutung: Das Erlebnis gruppiert sich um als zentral empfundene Orte (Fälle 2013_02 und 2013_05).

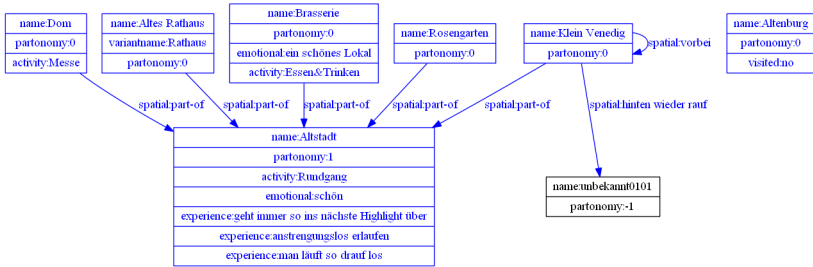


Abbildung 6.1: Proband 2013_01 berichtet aktivitätsbezogen (Besuch der Messe im Dom, Mittagessen in der Brasserie). Die Orte werden als Stationen in den Rundgang durch die Altstadt eingebettet.

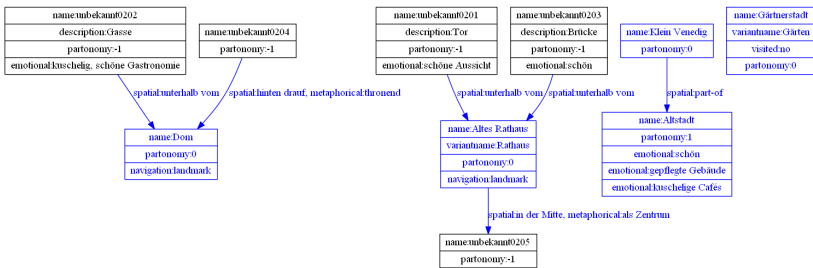


Abbildung 6.2: Proband 2013_02 berichtet über den emotionalen Wert der Orte, die entsprechend ihrer Bedeutung angeordnet werden (Altes Rathaus im Zentrum, darüber thronend der Dom).

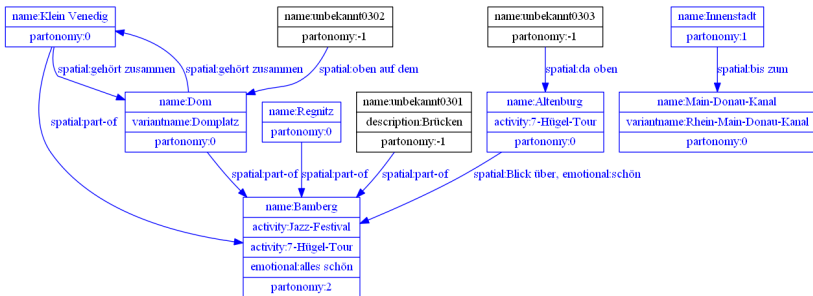


Abbildung 6.3: Proband 2013_03 berichtet von einem allgemeinen, aktivitätsbezogenen Bamberg-Erlebnis (Jazz-Festival, Sieben-Hügel-Tour), das durch die Nennung prototypischer und begrenzender Orte nur grob differenziert wird.

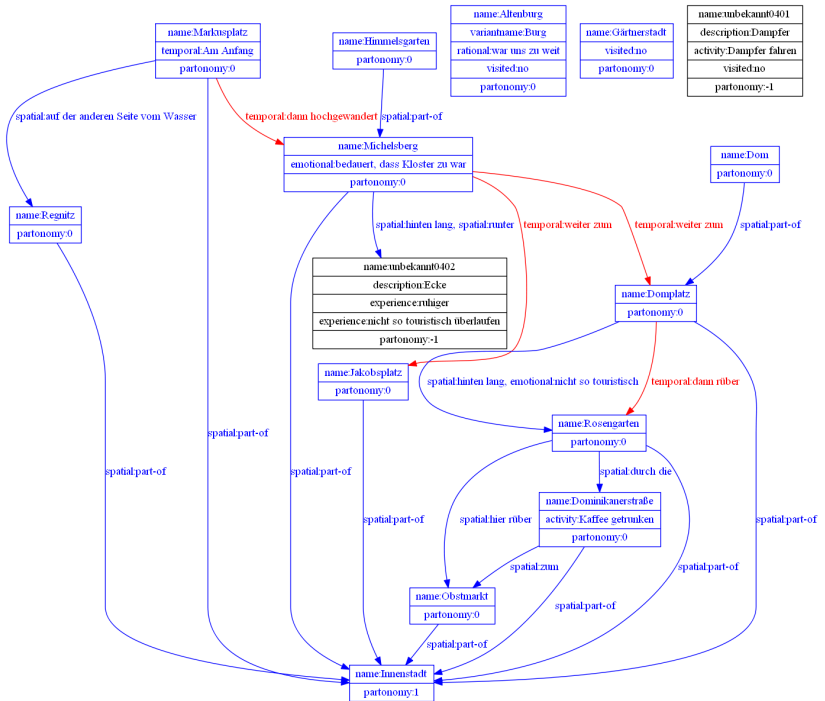


Abbildung 6.4: Proband 2013_04 versucht mithilfe einer Karte (aus Para-Text der Sprachaufzeichnung ersichtlich) den genauen Besuchsverlauf zu rekonstruieren. Es finden sich daher zeitliche Relationen als Ordnungsstruktur (*dann/weiter*).

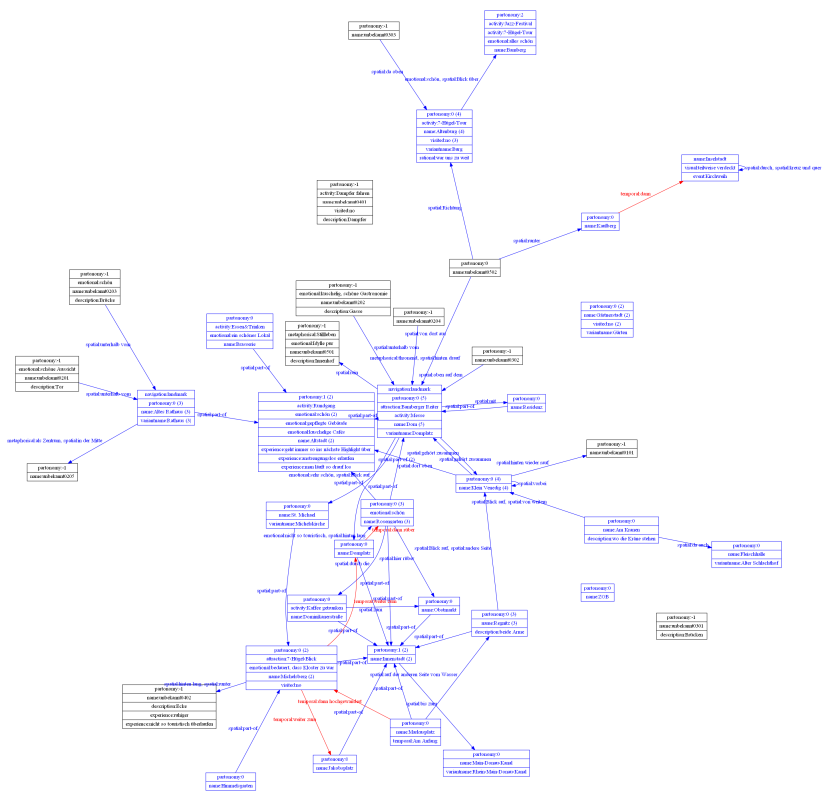


Abbildung 6.6: Auf Basis von Stringgleichheit zusammengeführter Place-Graph mit annotierter Häufigkeit der Nennung.

- Partonomie: Orte werde auf unterschiedlichen Maßstabsebenen zu einander in Beziehung gesetzt (alle Fälle).

Interessant ist, dass häufig ein einzelner Aspekt Leitmetapher für den touristischen Erlebnisbericht ist.

Wenig verwunderlich finden sich Übereinstimmungen beim Zusammenführen auf Stringgleichheit vor allem auf den Namen der Ortskonzepte, da diese durch das gewählte Vorgehen im Gegensatz zu den Relationen zwischen ihnen vom Experten vereinheitlicht wurden. Mehrfachnennungen spiegeln mit dem *Dom* (5 Nennungen), *Klein Venedig* (4 Nennungen), dem *Alten Rathaus* und dem *Rosengarten* (jeweils 3 Nennungen) die touris-

tischen Hauptattraktionen wider, die dem Namen nach gut bekannt sind. Hinzu kommen mit *Regnitz* (3 Nennungen) und *Altenburg* (4 Nennungen) zwei Elemente, die innerhalb des Stadtraums hohe visuelle Sichtbarkeit haben. Interessant ist, dass die *Altenburg* von 3 der 5 Sprecher namentlich erwähnt wurde, obwohl sie gar nicht besucht wurde, weil explizit bedauert wurde, dass für einen Besuch keine Zeit mehr war.

Beim manuellen Aufbau des Place-Graphen systematisch herausgearbeitet und somit sinnvoll verwertbar ist bei den Relationen die partonomische Teil-Ganzes-Beziehung. Interessanterweise wird mit *Klein Venedig* als Teil der *Altstadt* aber nur eine partonomische Relation fallübergreifend erwähnt. Dies ist auch dadurch bedingt, dass *Altstadt* und *Innenstadt* überlappende Konzepte auf Ebene der Umgebungsräume bilden, die mit *Klein Venedig* und *Dom* auf 2 von 5 (bezogen auf *Altstadt*) bzw. 2 von 9 (bezogen auf *Innenstadt*) enthaltenen Sichträumen übereinstimmen. Nutzt man das unter Kap. 4.2.2 vorgestellte Verfahren und verortet die Ortskonzepte *Altstadt* (*Klein Venedig*, *Rosengarten*, *Brasserie*, *Altes Rathaus* und *Dom*) und *Innenstadt* (*Dom*, *Domplatz*, *Rosengarten*, *Dominikanerstraße*, *Obstmarkt*, *Jakobsplatz*, *Michelsberg*, *Markusplatz*, *Regnitz*) mittels der Vereinigung der Geo-Extensionen geeigneter osm-Tags¹ im Straßennetzwerk, ergeben sich folgende Assoziationsregeln:

- $\text{Konfidenz}(\text{Altstadt} \rightarrow \text{Innenstadt}) = 0,996$
- $\text{Konfidenz}(\text{Innenstadt} \rightarrow \text{Altstadt}) = 0,227$

Unter diesen Kennzahlen (vgl. Kap. 4.5.2) kann *Altstadt* unter *Innenstadt* subsumiert werden. Da bei der Verortung über alle osm-Features mit demselben Namensattribut mittels der α -Netzwerkhülle generalisiert wurde (vgl. im Folgenden Kap. 6.1.2), lässt sich dies jedoch darauf zurückführen, dass neben der Übereinstimmung von *Altstadt* und *Innenstadt* bei *Dom* und *Rosengarten* die Konzepte *Klein Venedig* und *Altes Rathaus* als Teil von *Altstadt* vom sehr ausgedehnten Konzept *Regnitz* auf Seiten der *Innenstadt* dominiert werden. Dennoch zeigt sich, dass bei entsprechender Datenqualität die Methode der indirekten Verortung von Umgebungsräumen über ihre partonomischen Teile dazu genutzt werden kann, um das implizite partonomische Verhältnis von Umgebungsräumen untereinander zu klären.

¹ Nicht für alle Ortsnamen können mittels Foto-Tags Geo-Extensionen aus den Daten selbst heraus abgeleitet werden.

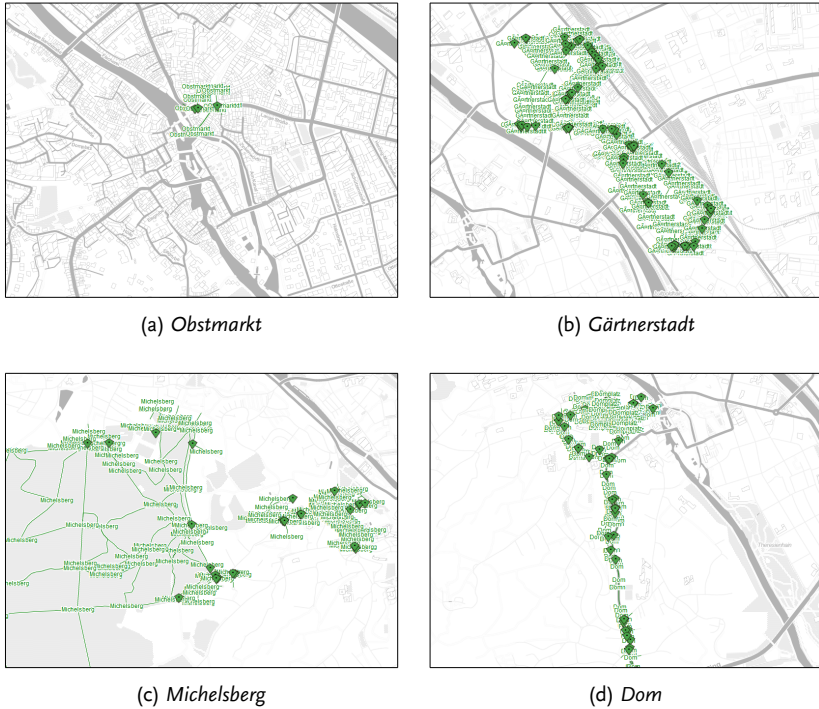


Abbildung 6.7: Geo-Extensionen von Ortskonzepten, die auf Grundlage von passenden osm-Attributen im Straßennetzwerk verortet wurden.

6.1.2 Verortung von Ortskonzepten

Abb. 6.7 zeigt Beispiele für Geo-Extensionen von Ortskonzepten, die auf Grundlage von passenden osm-Attributen im Straßennetzwerk verortet wurden (vgl. Kap. 4.2.2). Verwendet wurden alle Geo-Objekte, die einen Namensbestandteil mit dem Ortskonzept gemeinsam haben. Abb. 6.8 visualisiert im Vergleich dazu die Geo-Extensionen von Ortskonzepten, bei denen Foto-Tags auf das Straßennetzwerk bezogen wurden. In beiden Fällen wurde die Geo-Extension anschließend durch die α -konvexe Netzwerkhülle (vgl. Kap. 4.4.1) generalisiert. Die Beispiele für die Verortung mittels osm-Attributen machen deutlich, warum die Geo-Extension ohne Kenntnis der Bewegungsspuren des Sprechers nur einen Möglichkeitsraum für die Verortung eines Ortskonzepts darstellt (vgl. Kap. 4.3.3). Nur für einzigartige Ortsnamen (*Obstmarkt*) ist das Ergebnis ein plausibler, beschränk-

ter Bereich. Für die dem Namen nach geläufige, aber nicht administrativ abgegrenzte *Gärtnerstadt* gibt ein in osm eingetragener Rundweg (Relationsattribut) gleichen Namens eine gute Abschätzung. Bereits beim Beispiel *Michelsberg* wird deutlich, dass es sich um alternative Verortungen mit diesem Namensbestandteil handelt, da sowohl *Kloster Michelsberg*, *Klinikum am Michelsberg* als auch der *Michelsberger Wald* für den Sprecher relevante Ausformungen dieses Ortskonzepts sein können. Die Verortung von *Dom* ist dadurch unplausibel, dass überregionale Themenrouten mit diesem Namensbestandteil mit einbezogen werden. Da mit räumlichen Assoziationsregeln ein asymmetrisches Ähnlichkeitsmaß gewählt wurde, ist dies jedoch für die Ermittlung relevanter Ortskonzepte zu einem Bewegungsmuster unschädlich, insofern sich durch den Schnitt mit den entsprechenden Bewegungsspuren die für die tatsächliche Geo-Extension des Ortskonzepts relevanten Teile einfach identifizieren lassen. Umgekehrt sind Bewegungsmuster unter Umständen nur sehr unspezifisch für ausgedehnte Geo-Extensionen (Zu welchem Grad besucht die *Burgenstraße*, wer die *Altenburg* besucht?).

Im Vergleich dazu liefern Verortungen auf Basis von semantisch getagten Fotos von vornherein eine gute Abschätzung der Geo-Extension eines Ortskonzepts, da sie die Geo-Extension auf faktisch (in der Wahl des Touristen) unter diesem bestimmten Handlungsziel (d. h. im vorliegenden Fall touristisches Sightseeing) relevante Bereiche reduziert. Insbesondere bei touristischen Sehenswürdigkeiten, die entlang mehrerer unterschiedlicher Pfade im Straßennetzwerk erfahren werden können (z. B. *Klein Venedig*) ist dies hilfreich. Problematisch sind Fehler in den Daten² oder schlicht das Fehlen von Tags zu Namen, die aber in den natürlich-sprachlichen Erfahrungen verwendet werden.

Beide Ansätze können in Anwendungen auf verschiedene Weise kombiniert zur Anwendung kommen, um die jeweiligen Stärken zu nutzen:

1. Verwende die Verortung anhand touristischer Fotos, da diese einen Relevanzfilter für den Affordanzbereich Tourismus bereitstellen.
2. Filtere diese ggf. um Teile, die sehr weit von der alternativen Verortung anhand von osm-Attributen entfernt liegen.
3. Verwende die Verortung auf Basis der osm-Attribute als Fallback für Ortskonzepte, zu deren Namen keine Fotos aufgenommen wurden.

Wenn, wie im vorliegenden Fall, mit dem Straßennetzwerk eine Umweltrepräsentation gewählt wurde, die Visualität nur indirekt berücksichtigt

² In der Abbildung 6.8 findet sich rechts im Kartenausschnitt für das Ortskonzept *Altes Rathaus* ein Bereich, von dem aus dieses Objekt nicht einsehbar ist.

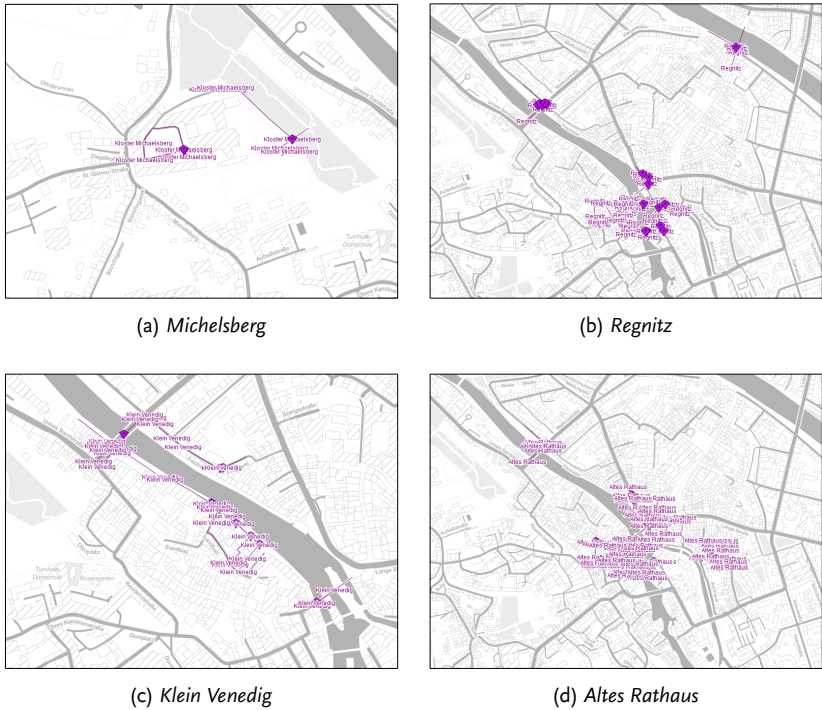


Abbildung 6.8: Geo-Extensionen von Ortskonzepten, die auf Grundlage der Abbildung und anschließenden Generalisierung von Foto-Tags im Straßennetzwerk verortet wurden.

kann, bietet sich vor allem die Verwendung von Foto-Tags an. Wenn sichergestellt ist, dass sich die Tags immer auf Bildmotive beziehen (wie z. B. in Kap. 4.2.2), definiert die Isoviste vom Standort des Bildmotivs aus die obere Grenze möglicher Bildstandorte im Straßennetzwerk. Innerhalb dieses Rahmens liefern die empirischen Daten eine Relevanzbewertung möglicher Blickbeziehungen in einem bestimmten Handlungskontext (z. B. Tourismus).

6.1.3 Ortsindizierende Verhaltensmuster

Abb. 6.9 zeigt für alle fünf erhobenen Testfälle das Ergebnis der Mustererkennung auf den Bewegungsspuren, jeweils für die in Kap. 4.3.2 beschriebene Erkennung von Stopps und von Fotosequenzen. Die Muster wurden anschließend im Straßennetzwerk verortet. Da sie spezifisch für den Einzelfall (konsistent mit den Bewegungsdaten) sind, wurden sie im Gegensatz zu den auf Grundlage bestimmter Attribute in einer Umweltrepräsentation (hypothetisch) verorteten Ortskonzepten nicht weiter generalisiert.

Durch den gewählten Ansatz kann nicht zwischen Bewegungsmustern erster und zweiter Art differenziert werden (vgl. Kap. 2.4.3). Bei Fall 2013_05 findet sich beispielsweise ein Muster, bei dem der längere Aufenthalt am Parkplatz des eigenen PKWs als Ort erkannt wurde. Dies ist nicht falsch, die Aussage über die umgebende Umwelt aber gering (d. h. eine mögliche Ausprägung des Affordanzbereichs Parkplatz).

Tab. 6.1 stellt zur Evaluation des Informationsgehalts der extrahierten Muster Anzahl und Dauer der extrahierten Muster absolut und in Relation zur Gesamtaufenthaltsdauer zusammen. Es konnten für jeden Beispieldatensatz Muster identifiziert werden (Min: 2, Max: 15). Dabei war die Erkennung von Stopps im Durchschnitt produktiver (11,4 je Bewegungsspur) als die Erkennung von Fotosequenzen (6,8). Insofern Fotos eine intensive Auseinandersetzung mit der Umwelt indizieren, kehrt sich dieses Verhältnis für die Dauer der Muster um (Fotosequenzen 16,0%, Stopps 10,6% der Dauer der Bewegungsspur). Der Anteil erkannter Muster (beider Arten) an der Dauer der Gesamtbewegungsspur liegt zwischen 7,4% bei Fall 2013_01 und 36,8% bei Fall 2013_03 und damit in einem für den Informationsgehalt bezüglich der reinen Ortsbewegung sinnvollen Rahmen (selten genug für eine hohe Aussagekraft). Bezogen auf den touristischen Anwendungsfall, können die Ergebnisse z. B. genutzt werden, um aus sozialwissenschaftlichen Studien bekannte Besuchstypen (Haldrup 2004, vgl. Kap. 2.4.2) zu identifizieren:

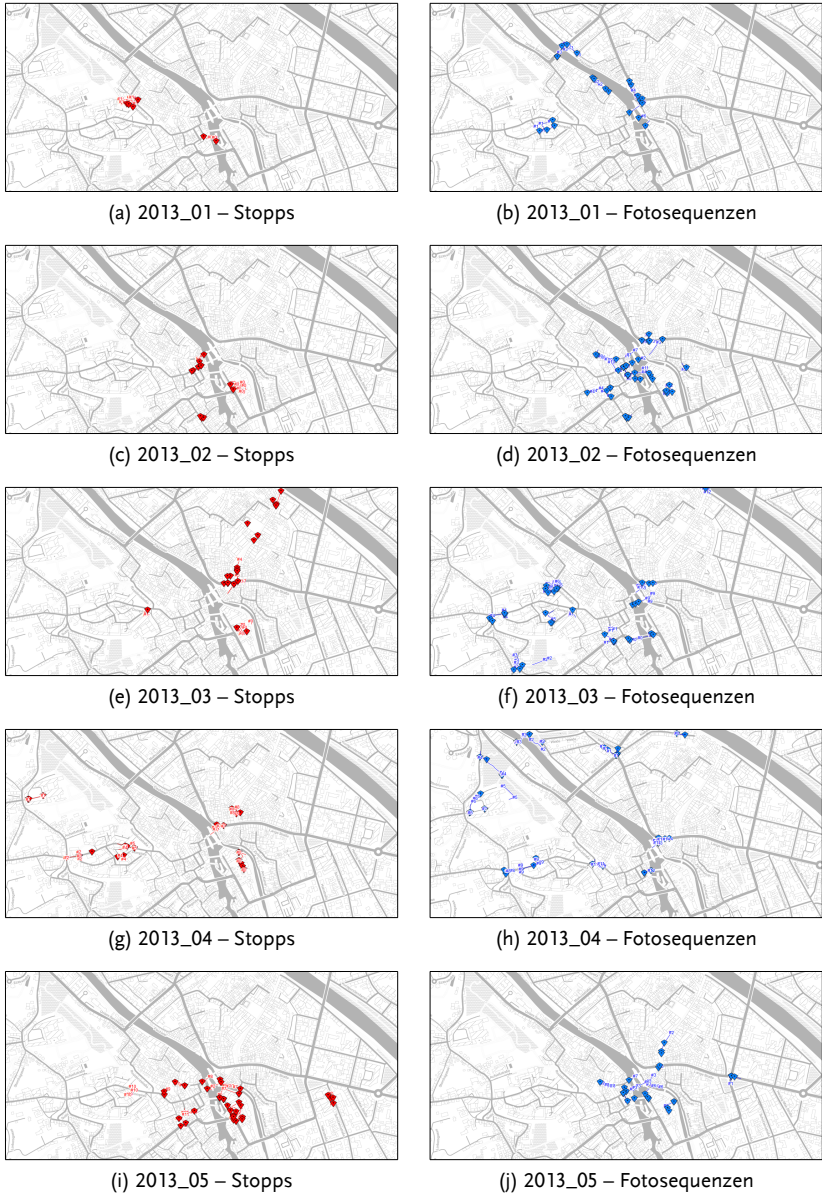


Abbildung 6.9: Aus den Bewegungsdaten extrahierte Muster für Stopps bzw. Fotosequenzen.

ID	Foto	Dauer	Stopp	Dauer	Stopp→Foto	Foto→Stopp
2013_01	2	385s (2,7%)	7	674s (4,7%)	0	0
2013_02	3	553s (8,4%)	13	1483s (22,6%)	0,41	0,15
2013_03	8	6064s (29,4%)	13	1524s (7,4%)	0,10	0,03
2013_04	9	3647s (18,0%)	15	2564s (12,6%)	0,28	0,17
2013_05	12	4803s (21,4%)	9	1329s (5,9%)	0,24	0,38

Tabelle 6.1: Vergleich der Ortsmuster nach Anzahl und Dauer (Anteile jeweils bezogen auf die in Tab. 3.4 genannten Werte) und räumliche Assoziation zwischen den Fotosequenzen und Stopps eines Falls.

- Navigieren: geringer Anteil der Ortsmuster an der Gesamtbewegungsspur
- Wohnen: hoher Anteil an Stopps
- Driften: hoher Anteil an Fotosequenzen

In Entsprechung zu Ergebnissen aus Vorstudien (Schlieder und Kremer 2011, vgl. Kap. 3.1.1) indizieren Stopps bzw. Fotos unterschiedliche Arten von touristischem Ortserleben. Der höchste Konfidenzwert für die Überlappung zwischen Stopps und Fotosequenzen wird mit 41 % bei Fall 2013_02 erreicht, die jeweiligen Muster in Fall 2013_01 sind völlig disjunkt.

Die Ähnlichkeit zwischen den Probanden lässt sich über die räumliche Assoziation des Aggregats der aus ihren jeweils aus den Bewegungsspuren extrahierten Ortsmuster (sowohl Fotos als auch Stopps) berechnen und als räumlicher Assoziationsgraph visualisieren (Abb. 6.10). Die Konfidenzwerte sind wie erwartet gering, da sich bereits beobachten ließ, dass der Besuch ein und desselben Ortes durch überschneidungsfreies Bewegungsverhalten erfolgt sein kann. Eine erhöhte Kongruenz fällt zwischen den Fällen 2013_02 und 2013_05 auf, was insofern interessant ist, als ihre Ortskonzeptualisierungen eine völlig andere Erlebnisqualität bezeugen (detailliert – strukturiert vs. metaphorisch – vage, vgl. Abb. 6.2 bzw. 6.5 bzw. vgl. Kap. 6.1.1).

6.1.4 Ortsbezogene Verbundoperation auf Basis von Assoziationsregeln

Insofern nun Verortungen der Ortskonzepte eines Place-Graphen und Ortsmuster auf den Bewegungsspuren beide als Ausschnitte eines Straßennetzwerks vorliegen, kann der in Kap. 4.5 vorgestellte Ähnlichkeitsoperator problemlos auf Muster unterschiedlicher Datenherkunft ange-

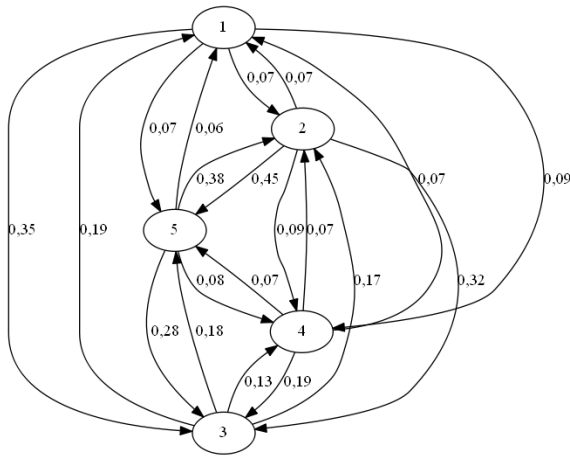


Abbildung 6.10: Räumlicher Assoziationsgraph der Ähnlichkeit zwischen den Probanden (1–5) durch räumliche Assoziation des Aggregats der aus ihren Bewegungsspuren extrahierten Ortsmuster (sowohl Fotos als auch Stopps).

wendet werden. Dadurch wird letztlich eine ortsbezogene Verbundoperation (Gao u. a. 2013) auf den Geometrien des Straßennetzwerks realisiert, d. h. es können nun Attribute von Bewegungs- und Sprachverhalten aufeinander bezogen und gemeinsam ausgewertet werden.

Ein wichtiger Anwendungsfall ist das automatische Tagging von Mustern auf Bewegungsspuren. Dadurch kann für ein Bewegungsverhalten zumindest eine Kandidatenmenge an möglicherweise zutreffenden Ortsnamen identifiziert werden. Für jedes Label kann durch die Konfidenz der Assoziationsregel der Grad des Zutreffens angegeben werden. Die Richtung der Assoziationsregel gibt dabei das dominierende partonomische Verhältnis an (vgl. Tab. 4.5). Abb. 6.11 zeigt die resultierenden Graphen für beide Musterarten (Fotosequenz bzw. Stopps) und beide Methoden zur Verortung der Ortskonzepte der Place-Graphen (Foto-Tags bzw. osm-Attribute) an einem Beispielfall. Die Verortung durch Foto-Tags bzw. anhand von osm-Attributen ergänzen sich im Beispiel wechselseitig. Stopp Nr. 4 und 7 können nur durch die jeweils komplementäre Methode bestimmt werden. Wengleich die Konfidenzen insgesamt gering sind, können Bestimmungen durch den Abgleich zwischen den Ergebnissen der beiden Methoden verifiziert werden (Stopp Nr. 3: *Klein Venedig* bzw. Fotosequenz Nr. 2: *Rosengarten*). Bei Fotosequenz Nr. 2 lässt sich die Vermutung aufstellen, dass Bewegungsverhalten in der Nähe von Fotos, auf denen die

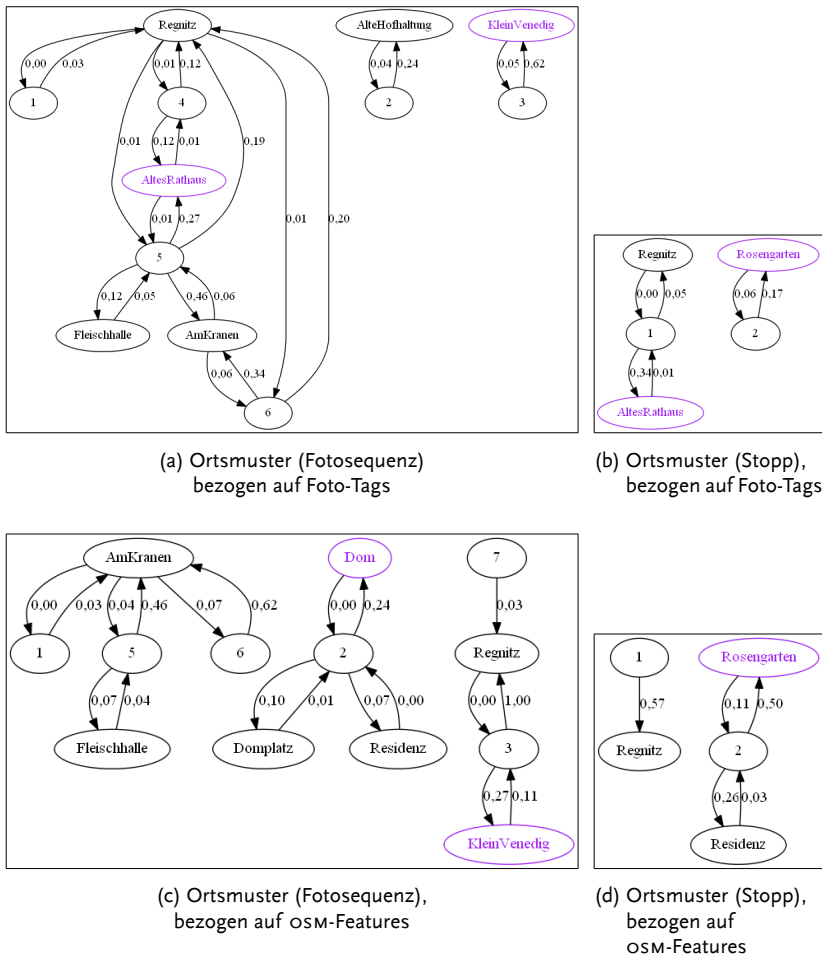


Abbildung 6.11: Mögliche Zuordnungen von Bewegungsmustern zu explizit von den Probanden benannten Ortskonzepten am Beispiel von Fall 2013_01. Die Muster sind in zeitlicher Folge aufsteigend nummeriert. Lila markiert sind jeweils die Ortskonzepte, die Sprecher 2013_01 selbst im Interview erwähnt hat (die anderen Begriffe stammen aus der Datenbasis und folglich von anderen Sprechern).

ID	Erwähnte besuchte Sichträume	Ortsmuster verortet auf osm-Tags	Ortsmuster verortet auf Geo-Tags	insgesamt
2013_01	5	3	3	4 (80 %)
2013_02	3	1	1	2 (66 %)
2013_03	5	3	2	3 (60 %)
2013_04	10	7	2	7 (70 %)
2013_05	12	4	2	5 (42 %)

Tabelle 6.2: Anzahl von Ortsmustern auf den jeweiligen Bewegungsspuren aller fünf Probanden, zu denen als besucht geschilderte Sichträume aus den Erlebnisberichten passen.

Alte Hofhaltung zu sehen ist, konzeptionell in der Erinnerung (vermutlich stellvertretend für das Konzept *Domplatz*) dem *Dom* zugeordnet wird. Stopp Nr. 5 findet zwar *Am Kranen* statt, befindet sich aber in der Nähe von (vermutlich von dort aus aufgenommenen) Fotos, die das *Alte Rathaus* zeigen, das auch als solches erinnert wird.

In der Summe können für vier der fünf Sichträume, die für den Sprecher in seinem Erlebnisbericht die Bamberger Altstadt ausmachen (Abb. 6.1), tatsächlich auffällige Bewegungsmuster identifiziert werden.

Tab. 6.2 zeigt die Anzahl aller Ortsmuster auf den jeweiligen Bewegungsspuren aller fünf Probanden, zu denen Ortskonzepte aus den Erlebnisberichten passen. Es kann verschiedene Ursachen haben, warum zu einem im Interview erwähnten Ortskonzept keine entsprechenden Ortsmuster aufgefunden werden können:

- Es liegt zwar Bewegungsverhalten, aber kein auffälliges Ortsmuster an der Geo-Extension der Ortskonzepte vor.
- Es liegt gar kein Bewegungsverhalten an dem Ortskonzept vor, entweder aufgrund von Fernsichtbeziehungen, Aufenthalt im Gebäudeinneren oder weil Ortsnamen verwechselt wurden.
- Zu den entsprechenden Ortskonzepten konnte keine Geo-Extension errechnet werden, sodass für ein Bewegungsmuster keine Entsprechung gefunden werden kann.

Die Ortsmuster zeichnen die Stationen von Fall 2013_04 auffällig gut nach, bei dem der Sprecher seinen Weg im Interview anhand einer Karte rekonstruiert. Kognitive Anker der Erinnerung sind in diesem Fall tatsächlich eigene intensive Erlebnisse vor Ort. Nicht erkannt wird ein im Interview erwähnter Sichtraum im Gebäudeinneren. In Fall 2013_05 fehlen unter anderem zwei Berichte über Fernsichtbeziehungen (vgl. Abb. 4.13).

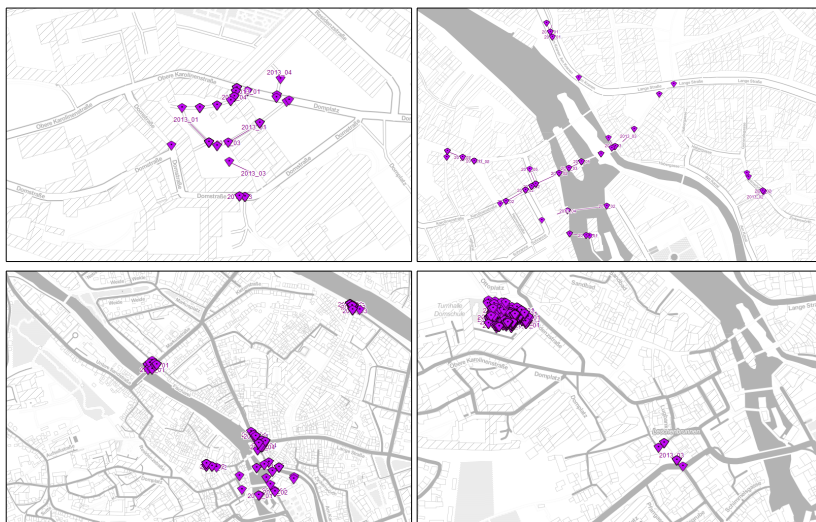


Abbildung 6.12: Ausschnitte der jeweiligen Ortsmuster der fünf Bewegungsspuren, die innerhalb der Geo-Extension des Ortskonzepts *Alte Hofhaltung* (links oben), *Altes Rathaus* (rechts oben) und *Regnitz* (links unten) liegen. Die vierte Abbildung zeigt die Ausschnitte der jeweiligen Ortsmuster der fünf Bewegungsspuren, die innerhalb der Geo-Extension von Ortskonzepten liegt, über die von zumindest einem der Sprecher ein emotionales Urteil (emotional=*) abgegeben wurde. Bezugspunkt ist jeweils die Verortung der Ortskonzepte auf Basis der Foto-Tags. Alle Bewegungsspuren sind mit den Fallnummern annotiert.

Umgekehrt zur automatischen Benennung kann die ortbezogene Verbundoperation genutzt werden, um für ein Ortskonzept des Place-Graphen anzugeben, welche Teile von Ortsmustern der verschiedenen Bewegungsspuren einen Schnitt (vgl. Kap. 4.5) mit dessen Geo-Extension haben. Dafür reicht es völlig aus, Attribute des Affordanzbereichs zu kennen, weshalb diese Operation auch zur Verortung von unbekanntem Ortskonzepten geeignet ist. Abb. 6.12 bietet einige Beispiele. Es zeigt sich, dass der Aufenthalt in der Nähe eines bestimmten Ortes zwar für eine anschlussfähige Kommunikation ausreicht, aber sich das Bewegungsverhalten vor Ort ohne einen einzigen gemeinsamen Aufenthaltsort vollzogen haben kann.

6.2 Fazit

Der gewählte Lösungsansatz wurde auf mehreren Ebenen evaluiert. Bereits der manuell aufgebaute Place-Graph (Kap. 4.2) konnte für den Beispieldatensatz (Kap. 3.2) dazu verwendet werden, um aufzuzeigen, wie sich durch qualitative Analysen unterschiedliche Leitmetaphern bezüglich des mentalen Abrufens der erinnerten Orte durch die Probanden herausarbeiten lassen (Kap. 6.1.1). Neben bestimmten Ankerelementen (Couclelis u. a. 1987) und partonomischen Strukturen (Hirtle und Jonides 1985) sind es Erzählungen über Affordanzbereiche (*Was haben wir gemacht?*, vgl. Tanasescu und Domingue 2008), die ein Ortserleben tragen.

Es wurde am Beispiel der Ortskonzepte *Innenstadt* und *Altstadt* gezeigt, wie die partonomische Struktur zwischen Knoten eines Place-Graphen dazu genutzt werden kann, um über die Verortungen ihrer Teile Aussagen über das topologische Verhältnis zwischen Umgebungsräumen zu inferieren.

Zur Verortung von Ortskonzepten wurde der Ansatz über osm-Attribute mit dem auf Basis getaggtter Fotos verglichen. Es zeigt sich, dass die Verortung mittels osm Hypothesencharakter hat, insofern alle möglichen Vorkommen eines bestimmten Ortsnamens oder Affordanzbereichs berücksichtigt werden, wenn keine einschränkenden Bedingungen bekannt sind (*Markt kann überall dort sein*). Umgekehrt liefert die topologische Generalisierung von Fotostandorten zu einem bestimmten Ortskonzept eine empirisch gesicherte Verortung bevorzugter Ansichten (*Zumindest von dort aus kann man das Alte Rathaus gut sehen*). Es wird ein Verfahren vorgeschlagen, wie sich die beiden Verfahren kombiniert anwenden lassen (Kap. 6.1.2).

Für die Erkennung interessanter Muster auf den Bewegungsspuren wurde gezeigt, dass langsame Bewegung und Fotosequenzen komplementäre Indikatoren sind, die in der Summe diejenigen Orte, die im Gedächtnis geblieben sind, gut vorhersagen (Kap. 6.1.3).

Als Assistenzfunktion für humangeographische Forschung, und hier insbesondere Tourismuseographie und Stadtgeographie, bietet der Ansatz erstmals ein Instrument, um Bewegungsverhalten vor Ort und sprachliche Äußerungen über Orte aufeinander beziehen zu können (vgl. Löw 2001). Für die ortsbezogene Verbundoperation wurde gezeigt, dass sie erfolgreich dazu eingesetzt werden kann, um Bewertungen (*Da war es schön!*) auf individuelle Muster auf den Bewegungsspuren zu beziehen (Kap. 6.1.4).

7 Fazit

7.1 Ertrag des Forschungsansatzes

Durch die Trennung von Ortskonzept, Ortsbezeichnung und Geo-Extension wurde die Grundlage für ein Modell geschaffen, auf das Raumsprechen und Raumhandeln abgebildet werden können. Im Zentrum stehen dabei Orte im öffentlichen Raum. Mit der detaillierten Beobachtung (Kap. 3) wurde ein Verfahren zur integrierten empirischen Erhebung von Daten vorgelegt, die bezüglich einer bestimmten Aufgabe (touristische Exploration) Raumsprechen (durch Interviews) und Raumhandeln (durch Bewegungsspuren) von Probanden erfassen.

Als Datenstruktur für Aussagen über Ortskonzepte dient eine Verallgemeinerung des Place-Graphen (Kim, Vasardani und Winter 2015b). Es wurde ein Verfahren entwickelt, wie ein Place-Graph durch einen human-geographischen Experten unmittelbar aus der Textarbeit mit den transkribierten Sprachdaten erstellt werden kann (Kap. 4.2), während kriterienbasierte Muster für Verweilqualität (langsame Bewegung) und visuelle Attraktivität (Fotosequenz) komplementär zueinander interessante Orte in Bewegungsspuren indizieren (Kap. 4.3).

Als Zielrepräsentation für alle Arten von Ortskonzepten wurden Subgraphen eines Straßennetzwerks gewählt, die sich sehr gut dazu eignen, Teile öffentlicher Räume zu beschreiben, an denen sich Orte erleben lassen. Es wurden mit der Verortung von Foto-Tags und der Verortung über osm-Attribute zwei Ansätze vorgelegt, wie sich Ortskonzepte auf diese Zielrepräsentation abbilden lassen. Es wurde gezeigt, wie sich Verortungen topologisch generalisieren lassen (Kap. 4.4), und wie sich die Qualität des geometrischen Schnitts auf generalisierten Daten abschätzen lässt.

Mit dem Aufbau des räumlichen Assoziationsgraphen über Assoziationsregeln auf Geometrien wurde ein Verfahren vorgelegt, um asymmetrische Ähnlichkeit zwischen Orten in der Zielrepräsentation berechnen zu können. Mittels geeigneter Prädikate über Assoziationsregeln lassen sich topologische Relationen im Umfang von $rcc5$ über die Ortskonzepte im räumlichen Assoziationsgraphen aussagen. Die ortsbezogene Ver-

bundoperation ermöglicht vielerlei Abfragen, z. B. der Form: *Welche Teile von Bewegungsspuren passen zu Orten, die die Touristen schön fanden?* (vgl. Kap. 4.5).

7.2 Grenzen des Ansatzes

Beim Aufbau der Zielrepräsentation unterliegt der gewählte Ansatz folgenden heuristischen Einschränkungen:

- Der Place-Graph muss manuell erstellt werden. Place-Graphen können auch automatisiert mittels NLP erzeugt werden (Kim, Vasardani und Winter 2015b).
- Die Erkennung von Mustern auf dem Bewegungsverhalten erfolgt lediglich kriterienbasiert. Hier können Verfahren des maschinellen Lernens das Vorgehen ergänzen.
- Die automatisierte Verortung auf Basis von osm-Daten hat nur Hypothesencharakter, die Verortung auf Basis der getaggten Fotos kann hier als Komplement dienen.

Die Einschränkungen sind unkritisch, da das wesentliche gelöste Problem die Berechnung von Ähnlichkeit auf Ortskonzepten ist. Die Referenz-Implementierung (Kap. 5) kapselt alle Funktionen dergestalt, dass Vorgehen zur Aufbereitung der Daten nachträglich leicht durch andere Verfahren ergänzt oder ausgetauscht werden können. Der Ansatz ist bislang nur domänenspezifisch (Tourismus) evaluiert. Nicht für alle Anwendungsfälle ist eine Repräsentation von Ort als Teil des öffentlichen Raums sinnvoll (kulturelles Leben findet z. B. anders als Städtetourismus häufig in Gebäuden statt, etwa bei Theater-, Oper- oder Kinoproduktionen). Die zentrale Einschränkung ist, dass ein Zusammenhang zwischen Orten nicht auf der semantischen, sondern ausschließlich auf der räumlichen Ebene hergestellt wird.

7.3 Anschlussfähigkeit an zukünftige Forschung

Im Bereich der Angewandten Informatik leistet die Arbeit einen Beitrag im Bereich ortsbezogene Geoinformationssysteme, indem durch die spezifisch räumliche Implementierung einer bereits in der Literatur geforderten Funktion (ortsbezogene Verbundoperation) eine bislang nicht verfügbare Funktion (Ähnlichkeit auf Orten) realisiert werden konnte,

die sich für einen Anwendungsfall (touristische Exploration einer Stadt) als äußerst produktiv erwiesen hat. Das Vorgehen, Zusammenhang zwischen Orten über partielle räumliche Koinzidenz herzustellen, steht dabei komplementär zu bisherigen Ansätzen, Verknüpfungen im Sinne des Qualitativen Räumlichen Schließens ausschließlich auf Ebene der Aussagen/Anfragen bzw. des verfügbaren ortsbezogenen Wissens herzustellen (vgl. z. B. Ballatore und Adams 2015).

Die mittels des Frameworks ermittelten empirischen Befunde sind für bisher nicht realisierte Assistenzsysteme zur Unterstützung (human-)geographischer Forschungsarbeit nutzbar:

1. Ein Assistenzsystem, das in der Lage ist, mittels eines anhand von Echtzeitdaten dynamisch fortgeschriebenen Ortsmodells die im tagesaktuellen Bewegungsverhalten der Besucher beliebtesten Orte zu ermitteln und Geheimtipps (z. B. in der Besuchsfrequenz schnell wachsende, positiv bewertete Orte) zu extrahieren. Bezogen auf Daten aus Aktionsräumen ortsansässiger Einwohner ließe sich durch denselben Ansatz erstmals ein Nutzungswandel live beobachten.
2. Im Anschluss daran ein Werkzeug, das zusätzlich zu den beliebten Orten auch die beliebten Routen zwischen ihnen in Form eines gerichteten Verbindungsgraphen (Schlieder, Vögele und Visser 2001) repräsentiert und dadurch Aussagen über gute Standorte für touristische Dienstleistungen und Hinweise auf Barrieren in der touristischen Erschließung gibt.
3. Ein Werkzeug, das es ermöglicht, Emotions- (*Da ist es schön*) und Affordanz-Karten (*Da kann man gut einkaufen*) einer Stadt zu erstellen.
4. Ein Werkzeug zur Entscheidungsunterstützung, das einen Vergleich von Argumentationsmustern für stadtplanerische Mediationsrunden anbietet und die Argumente mit der alltäglichen Anschauung der Diskussionsteilnehmer abgleicht.
5. Zudem lassen sich durch geeignete Analysen Hypothesen dazu überprüfen, ob eigene Anschauung vor Ort eine höhere Expertise bezüglich eines Ortes bedingt oder nicht.

Literatur

- Adams, Benjamin und Krzysztof Janowicz (2012). »On the Geo-Indicative-ness of Non-Georeferenced Text.« In: *6th International AAAI Conference on Weblogs and Social Media*, S. 375–378.
- Agarwal, Pragya (2005a). »Ontological Considerations in GIScience«. In: *International Journal of Geographical Information Science* 19.5, S. 501–536.
- (2005b). »Operationalising ‘Sense of Place’ as a Cognitive Operator for Semantics in Place-Based Ontologies«. In: *COSIT 2005, 7th International Conference*. Springer, S. 96–114.
- Agnew, John (1987). *Place and Politics: the Geographical Mediation of State and Society*. Allen und Unwin.
- Amin, Ash und Nigel Thrift (2002). *Cities: Reimagining the Urban*. Polity Press.
- Andrienko, Gennady, Natalia Andrienko, Christopher Hurter, Salvatore Rinzivillo und Sophie Wrobel (2013). »Scalable Analysis of Movement Data for Extracting and Exploring Significant Places«. In: *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* 19.7, S. 1078–1094.
- Arampatzis, Avi, Marc Van Kreveld, Iris Reinbacher, Christopher B. Jones, Subodh Vaid, Paul Clough, Hideo Joho und Mark Sanderson (2006). »Web-Based Delineation of Imprecise Regions«. In: *Computers, Environment and Urban Systems* 30.4, S. 436–459.
- Bafna, Sonit (2003). »Space Syntax. A Brief Introduction to its Logic and Analytical Techniques«. In: *Environment and Behavior* 35.1, S. 17–29.
- Ballatore, Andrea und Benjamin Adams (2015). »Extracting Place Emotions from Travel Blogs«. In: *AGILE, 18th International Conference on Geographic Information Science*. URL: http://141.30.100.200/Conference_Paper/cds/agile_2015/shortpapers/97/97_Paper_in_PDF.pdf.
- Ballatore, Andrea, Michela Bertolotto und David C. Wilson (2013). »Grounding Linked Open Data in WordNet: The Case of the OSM Semantic Network«. In: *12th International Symposium on Web and Wireless Geographical Information Systems (W2GIS)*. Springer, S. 1–15.

- Balomenou, Nika und Brian Garrod (2014). »Using Volunteer-Employed Photography to Inform Tourism Planning Decisions: A Study of St David's Peninsula, Wales«. In: *Tourism Management* 44, S. 126–139.
- Bandelt, Hans-Jurgen und Victor Chepoi (2008). »Metric Graph Theory and Geometry: a Survey«. In: *Contemporary Mathematics* 453, S. 49–86.
- Barten, Christa, Rami Isaac, Peter Burns, Jo-Anne Lester und Lyn Bibbings (2010). »The Use of Visual Products in Relation to Time-Space Behavior of Cultural Tourists«. In: *Tourism and Visual Culture*. Bd. 2, S. 84–93.
- Bateman, John A., Joana Hois, Robert Ross und Thora Tenbrink (2010). »A Linguistic Ontology of Space for Natural Language Processing«. In: *Artificial Intelligence* 174.14, S. 1027–1071.
- Battle, Robert und Dave Kolas (2012). »Enabling the Geospatial Semantic Web with Parliament and GeoSPARQL.« In: *Semantic Web* 3.4, S. 355–370.
- Bauer, Katrin (2011). *Gotteshäuser zu verkaufen: Gemeindefusionen, Kirchenschließungen und Kirchengenutzungen*. Waxmann.
- Bennett, Brandon und Pragya Agarwal (2007). »Semantic Categories Underlying the Meaning of 'Place'«. In: *COSIT 2007, 8th International Conference*. Springer, S. 78–95.
- Bittner, Thomas und Barry Smith (2003a). *Formal Ontologies of Space and Time*. Techn. Ber. IFOMIS, Department of Philosophy. University of Leipzig, University at Buffalo und NCGIA. URL: <http://ontology.buffalo.edu/geo/sto.pdf>.
- (2003b). »Vague Reference and Approximating Judgments«. In: *Spatial Cognition & Computation* 3.2-3, S. 137–156.
- Blaschke, Thomas, Geoffrey J. Hay, Qihao Weng und Bernd Resch (2011). »Collective Sensing: Integrating Geospatial Technologies to Understand Urban Systems – An Overview«. In: *Remote Sensing* 3.8, S. 1743–1776.
- Böhm, Karsten, Gerhard Heyer, Uwe Quasthoff und Christian Wolff (2002). »Topic Map Generation Using Text Mining«. In: *Journal of Universal Computer Science* 8.6, S. 623–643.
- Bourdieu, Pierre (1991). »Physischer, sozialer und physisch angeeigneter Raum«. In: *Stadt-Räume*. Hrsg. von Martin Wentz. Campus-Verlag, S. 25–35.
- Brin, Sergey und Lawrence Page (1998). »The Anatomy of a Large-Scale Hypertextual Web Search Engine«. In: *Computer Networks and ISDN Systems* 30.1–7, S. 107–117.

- Buchin, Maike, Anne Driemel, Marc van Kreveld und Vera Sacristán (2011). »Segmenting Trajectories: A Framework and Algorithms Using Spatiotemporal Criteria«. In: *Journal of Spatial Information Science* 3, S. 33–63.
- Cai, Guoray (2007). »Contextualization of Geospatial Database Semantics for Human-GIS Interaction«. In: *Geoinformatica* 11.2, S. 217–237.
- Castello, Lineu (2010). *Rethinking the Meaning of Place: Conceiving Place in Architecture-Urbanism*. Ashgate.
- Christmann, Gabriela und Kerstin Büttner (2011). »Raumpioniere, Raumwissen, Kommunikation – zum Konzept kommunikativer Raumkonstruktion«. In: *Berichte zur deutschen Landeskunde* 85.4, S. 361–378.
- Clementini, Eliseo und Paolino Di Felice (1996). »An Algebraic Model for Spatial Objects with Indeterminate Boundaries«. In: *Geographic Objects with Indeterminate Boundaries*. Hrsg. von Peter A. Burrough und Andrew U. Frank. Bd. 2. Taylor & Francis, S. 155–169.
- Codescu, Mihai, Gregor Horsinka, Oliver Kutz, Till Mossakowski und Rafaela Rau (2011). »DO-ROAM: Activity-Oriented Search and Navigation with OpenStreetMap«. In: *GeoS 2011, 4th International Conference*. Springer, S. 88–107.
- Cohn, Anthony G. und Nicholas Mark Gotts (1996). »The ‘Egg-Yolk’ Representation of Regions with Indeterminate Boundaries«. In: *Geographic Objects with Indeterminate Boundaries*. Hrsg. von Peter A. Burrough und Andrew U. Frank. Bd. 2. Taylor & Francis, S. 171–187.
- Cohn, Anthony G. und Jochen Renz (2007). »Qualitative Spatial Representation and Reasoning.« In: *Handbook of Knowledge Representation*. Hrsg. von Frank van Harmelen, Vladimir Lifschitz und Bruce Porter. Elsevier, S. 551–596.
- Couclelis, Helen, Reginald G. Golledge, Nathan Gale und Waldo Tobler (1987). »Exploring the Anchor-Point Hypothesis of Spatial Cognition«. In: *Journal of Environmental Psychology* 7.2, S. 99–122.
- Crandall, David J, Lars Backstrom, Dan Cosley, Siddharth Suri, Daniel Huttenlocher und Jon Kleinberg (2010). »Inferring Social Ties from Geographic Coincidences«. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107.52, S. 22436–22441.
- Crandall, David und Noah Snavely (2012). »Modeling People and Places with Internet Photo Collections«. In: *Communications of the ACM* 55.6, S. 52–60.
- Cranshaw, Justin, Eran Toch, Jason Hong, Aniket Kittur und Norman Sadeh (2010). »Bridging the Gap between Physical Location and Online

- Social Networks«. In: *12th ACM International Conference on Ubiquitous Computing*. ACM, S. 119–128.
- Cresswell, Tim (2010). »Towards a Politics of Mobility«. In: *Environment and Planning D, Society and Space* 28.1, S. 17–31.
- (2013). *Place: A Short Introduction*. John Wiley & Sons.
- Crouch, David (2003). »Spacing, Performing, and Becoming: Tangles in the Mundane«. In: *Environment and Planning A* 35.11, S. 1945–1960.
- Curry, Michael R (2002). »Discursive Displacement and the Seminal Ambiguity of Space and Place«. In: *The handbook of new media. Social Shaping and Consequences of ICTs*. Hrsg. von Leah A. Lievrouw und Sonia Livingstone. Sage, S. 502–517.
- Dalton, NSC (2006). »Configuration and Neighborhood: Is Place Measurable?«. In: *Space Syntax and Spatial Cognition Workshop of the Spatial Cognition '06 conference*. Bremen, Germany. URL: http://www.sfbtr8.uni-bremen.de/papers/Space_allen.pdf.
- Davies, Clare (2009). »Are Places Concepts? Familiarity and Expertise Effects in Neighborhood Cognition«. In: *COSIT 2009, 9th International Conference*. Springer, S. 36–50.
- Degen, Monica Montserrat und Gillian Rose (2012). »The Sensory Experiencing of Urban Design: the Role of Walking and Perceptual Memory«. In: *Urban Studies* 49.15, S. 3271–3287.
- Dietvorst, Adrianus G. J. (1994). »Cultural Tourism and Time-Space Behaviour«. In: *Building a New Heritage: Tourism, Culture and Identity in the New Europe*. Hrsg. von Gregory J. Ashworth und Peter J. Larkham, S. 69–89.
- Dijkstra, Edsger W. (1959). »A Note on Two Problems in Connexion with Graphs«. In: *Numerische Mathematik* 1.1, S. 269–271.
- Dirksmeier, Peter (2013). »Zur Methodologie und Performativität qualitativer visueller Methoden – Die Beispiele der Autofotografie und reflexiven Fotografie«. In: *Raumbezogene qualitative Sozialforschung*. Hrsg. von Eberhard Rothfuß und Thomas Dörfler. Springer, S. 83–101.
- Dix, Andreas (2002). »Das Mittelrheintal – Wahrnehmung und Veränderung einer symbolischen Landschaft des 19. Jahrhunderts«. In: *Petermanns Geographische Mitteilungen* 146.6, S. 44–53.
- Downs, Roger M. und David Stea (1973). *Image and Environment: Cognitive Mapping and Spatial Behavior*. Transaction.
- Edelsbrunner, Herbert, David G. Kirkpatrick und Raimund Seidel (1983). »On the Shape of a Set of Points in the Plane«. In: *IEEE Transactions on Information Theory* 29.4, S. 551–559.

- Elwood, Sarah, Michael F. Goodchild und Daniel Sui (2013). *Prospects for VGI Research and the Emerging Fourth Paradigm*. Springer.
- Enzensberger, Hans-Magnus (1958). »Eine Theorie des Tourismus«. In: *Merkur* 12, S. 701–720.
- Escobar, Arturo (2001). »Culture Sits in Places: Reflections on Globalism and Subaltern Strategies of Localization«. In: *Political Geography* 20.2, S. 139–174.
- Fabrikant, Sara Irina und André Skupin (2005). »Cognitively Plausible Information Visualization«. In: *Exploring Geovisualization*. Hrsg. von Jason Dykes, Alan M. MacEachren und Menno-Jan Kraak. Elsevier, S. 667–690.
- Fayyad, Usama, Gregory Piatetsky-Shapiro und Padhraic Smyth (1996). »From Data Mining to Knowledge Discovery in Databases«. In: *AI magazine* 17.3, S. 37–54.
- Feldman, Ronen und James Sanger (2007). *The Text Mining Handbook: Advanced Approaches in Analyzing Unstructured Data*. Cambridge University Press.
- Felgenhauer, Tilo (2009). »Raumbezogenes Argumentieren: Theorie, Analysemethoden, Anwendungsbeispiele«. In: *Handbuch Diskurs und Raum*. Hrsg. von Georg Glasze und Annika Mattissek. transcript, S. 261–278.
- Flick, Uwe (2011). *Triangulation*. Springer.
- Foucault, Michel (1991). *Die Ordnung des Diskurses*. Fischer-Taschenbuch-Verlag.
- Franklin, Nancy, Barbara Tversky und Vicky Coon (1992). »Switching Points of Views in Spatial Mental Models«. In: *Memory & Cognition* 20, S. 507–518.
- Franz, Gerald und Jan M. Wiener (2008). »From Space Syntax to Space Semantics: a Behaviorally and Perceptually Oriented Methodology for the Efficient Description of the Geometry and Topology of Environments«. In: *Environment and planning B, Planning & Design* 35.4, S. 574–592.
- Freksa, Christian (1991). »Qualitative Spatial Reasoning«. In: *Cognitive and Linguistic Aspects of Geographic Space*. Hrsg. von David M. Mark und Andrew U. Frank. Springer, S. 361–372.
- (1992). *Using Orientation Information for Qualitative Spatial Reasoning*. Springer.
- Freytag, Tim (2010). »Being a Tourist in Heidelberg: Exploring Visitor Activities and Spatial Mobility in the City«. In: *Rivista Geografica Italiana* 117.2, S. 379–389.

- Friedrichs, Jürgen (1990). »Aktionsräume von Stadtbewohnern verschiedener Lebensphasen«. In: *Lebenslauf und Raumerfahrung*. Hrsg. von Lothar Berteis und Ulfert Herlyn. Leske+Budrich, S. 161–178.
- Galton, Antony und James Hood (2005). »Anchoring: a New Approach to Handling Indeterminate Location in GIS«. In: *COSIT 2005, 7th International Conference*. Springer, S. 1–13.
- Gao, Song, Krzysztof Janowicz, Grant McKenzie und Linna Li (2013). »Towards Platial Joins and Buffers in Place-Based GIS«. In: *1st ACM SIGSPATIAL international workshop on computational models of place (COMP'2013)*, S. 1–8.
- Gartner, Georg (2012). »Putting Emotions in Maps – The Wayfinding Example«. In: *Mountain Cartography Workshop (Taurewa, NZ)*. URL: http://www.mountaincartography.org/publications/papers/papers_taurewa_12/papers/mcw2012_sec3_ch08_p061-065_gartner.pdf.
- El-Geneidy, Ahmed und David Levinson (2011). »Place Rank: Valuing Spatial Interactions«. In: *Networks and Spatial Economics* 11.4, S. 643–659.
- Gibson, James J. (1982). *Wahrnehmung und Umwelt. Der ökologische Ansatz in der visuellen Wahrnehmung*. Urban & Schwarzenberg.
- Giddens, Anthony (1988). *Die Konstitution der Gesellschaft. Grundzüge einer Theorie der Strukturierung*. Campus Verlag.
- Gillian, Rose (2001). *Visual methodologies: An introduction to the interpretation of visual materials*. Sage.
- Girardin, Fabien, Francesco Calabrese, Filippo Dal Fiore, Carlo Ratti und Josep Blat (2008). »Digital Footprinting: Uncovering Tourists with User-Generated Content«. In: *Pervasive Computing* 7.4, S. 36–43.
- Girardin, Fabien, Andrea Vaccari, Alexander Gerber, Assaf Biderman und Carlo Ratti (2009). »Quantifying Urban Attractiveness from the Distribution and Density of Digital Footprints«. In: *International Journal of Spatial Data Infrastructure Research* 4, S. 175–200.
- Glaser, Barney G. und Anselm L. Strauss (2009). *The Discovery of Grounded Theory: Strategies for Qualitative Research*. Transaction.
- Glasze, Georg und Annika Mattisek (2009). *Handbuch Diskurs und Raum*. transcript.
- Golledge, Reginald G. (1995). »Primitives of Spatial Knowledge«. In: *Cognitive Aspects of Human-Computer Interaction for Geographic Information Systems*. Hrsg. von Timothy L. Nyerges, David M. Mark, Robert Laurini und Max J. Egenhofer. Springer, S. 29–44.
- Goodchild, Michael F. (2007). »Citizens as Sensors: the World of Volunteered Geography«. In: *GeoJournal* 69.4, S. 211–221.

- (2011). »Formalizing Place in Geographic Information Systems«. In: *Communities, Neighborhoods and Health. Expanding the Boundaries of Place*. Hrsg. von Linda M. Burton, Stephen A. Matthews, ManChui Leung, Susan P. Kemp und David T. Takeuchi. Springer, S. 21–33.
- Goodchild, Michael F. und Linda L. Hill (2008). »Introduction to Digital Gazetteer Research«. In: *International Journal of Geographical Information Science* 22.10, S. 1039–1044.
- Grenon, Pierre und Barry Smith (2004). »SNAP and SPAN: Towards Dynamic Spatial Ontology«. In: *Spatial cognition and computation* 4.1, S. 69–104.
- Hägerstrand, Torsten (1970). »What about People in Regional Science?«. In: *Papers in regional science* 24.1, S. 7–24.
- Haldrup, Michael (2004). »Laid-Back Mobilities: Second-Home Holidays in Time and Space«. In: *Tourism Geographies* 6.4, S. 434–454.
- Hall, Michael C. und Stephen J. Page (2014). *The Geography of Tourism and Recreation: Environment, Place and Space*. Routledge.
- Hebbert, Michael (2005). »The Street as Locus of Collective Memory«. In: *Environment and Planning D* 23.4, S. 581–596.
- Hillier, Bill (2007). *Space is the Machine: a Configurational Theory of Architecture*. URL: <http://discovery.ucl.ac.uk/3881/1/SITM.pdf>.
- Hindelang, Götz (2010). *Einführung in die Sprechakttheorie: Sprechakte, Äußerungsformen, Sprechaktsequenzen*. De Gruyter.
- Hipp, Jochen, Ulrich Güntzer und Gholamreza Nakhaeizadeh (2000). »Algorithms for association rule mining – a general survey and comparison«. In: *ACM SIGKDD explorations newsletter* 2.1, S. 58–64.
- Hirtle, Stephen C. und John Jonides (1985). »Evidence of Hierarchies in Cognitive Maps«. In: *Memory & cognition* 13.3, S. 208–217.
- Hois, Joana und Oliver Kutz (2008a). »Natural Language Meets Spatial Calculi«. In: *Spatial Cognition VI. Learning, Reasoning, and Talking about Space*. Springer, S. 266–282.
- (2008b). »Towards Linguistically-Grounded Spatial Logics«. In: *Dagstuhl Seminar 10131*. Schloss Dagstuhl – Leibniz-Zentrum für Informatik, Germany.
- Hollenstein, Livia und Ross Purves (2010). »Exploring Place through User-Generated Content: Using Flickr Tags to Describe City Cores«. In: *Journal of Spatial Information Science* 1, S. 21–48.
- Howald, Blake Stephen und E. Graham Katz (2011). »On the Explicit and Implicit Spatiotemporal Architecture of Narratives of Personal Experiences«. In: *COSIT 2011, 10th International Conference*. Springer, S. 434–454.

- Isaacman, Sibren, Richard Becker, Ramón Cáceres, Stephen Kobourov, Margaret Martonosi, James Rowland und Alexander Varshavsky (2011). »Identifying Important Places in People's Lives from Cellular Network Data«. In: *Pervasive 2011, 9th International Conference*. Springer, S. 133–151.
- Jäger, Siegfried (2004). *Kritische Diskursanalyse. Eine Einführung*. UNRAST.
- Jeung, Hoyoung, Man Lung Yiu und Christian S. Jensen (2011). »Trajectory Pattern Mining«. In: *Computing with Spatial Trajectories*. Hrsg. von Yu Zheng und Xiaofang Zhou. Springer, S. 143–177.
- Johnson, Mark (1987). *The Body in the Mind: The Bodily Basis of Meaning, Reason and Imagination*. University of Chicago Press.
- Jones, Christopher B., Harith Alani und Douglas Tudhope (2001). »Geographical Information Retrieval with Ontologies of Place«. In: *COSIT 2001, 5th International Conference*. Springer, S. 322–335.
- Jones, Christopher B., Ross S. Purves, Paul D. Clough und Hideo Joho (2008). »Modelling Vague Places with Knowledge from the Web«. In: *International Journal of Geographical Information Science* 22.10, S. 1045–1065.
- Jordan, Troy, Martin Raubal, Bryce Gartrell und M. Egenhofer (1998). »An Affordance-Based Model of Place in GIS«. In: *8th Int. Symposium on Spatial Data Handling (SDH '98)*, S. 98–109. URL: <http://www.spatial.maine.edu/~max/place.pdf>.
- Juang, Biing-Hwang und Lawrence R. Rabiner (2005). »Automatic Speech Recognition – A Brief History of the Technology Development«. In: URL: http://www.ece.ucsb.edu/Faculty/Rabiner/ece259/Reprints/354_LALI-ASRHistory-final-10-8.pdf.
- Kazig, Rainer und Monika Popp (2011). »Unterwegs in fremden Umgebungen«. In: *Raumforschung und Raumordnung* 69.1, S. 3–15.
- Keul, Alexander und Anton Kühberger (1996). *Die Straße der Ameisen. Beobachtungen und Interviews zum Salzburger Städtetourismus*. Tourismuswissenschaftliche Manuskripte 1. Profil.
- Kiefer, Peter (2012). *Mobile Intention Recognition*. Springer.
- Kiefer, Peter, Ioannis Giannopoulos, Dominik Kremer, Christoph Schlieder und Martin Raubal (2014). »Starting to get bored: An outdoor eye tracking study of tourists exploring a city panorama«. In: *Proceedings of the Symposium on Eye Tracking Research and Applications*. ACM, S. 315–318.
- Kiefer, Peter, Sebastian Matyas und Christoph Schlieder (2007). »Playing Location-based Games on Geographically Distributed Game Boards«.

- In: *4th International Symposium on Pervasive Gaming Applications (Per-Games 2007)*. ACM, S. 313–316.
- Kiefer, Peter, Florian Straub und Martin Raubal (2012). »Towards Location-Aware Mobile Eye Tracking«. In: *Symposium on Eye Tracking Research and Applications*. ACM, S. 313–316.
- Kim, Junchul, Maria Vasardani und Stephan Winter (2015a). »Harvesting large corpora for generating place graphs«. In: *International Workshop on Cognitive Engineering for Spatial Information Processes (CESIP), in conjunction with COSIT 2015*.
- (2015b). »Similarity Matching for Integrating Spatial Information Extracted from Textual Descriptions«. In: *Journal of Spatial Information Science*, nicht veröffentlicht.
- Kitchin, Rob und Tracey P. Lauriault (2014). »Small Data in the Era of Big Data«. In: *GeoJournal* 80.4, S. 463–475.
- Klippel, Alexander und Daniel R. Montello (2007). »Linguistic and Nonlinguistic Turn Direction Concepts«. In: *COSIT 2007, 8th International Conference*. Springer, S. 354–372.
- Koperski, Krzysztof und Jiawei Han (1995). »Discovery of Spatial Association Rules in Geographic Information Databases«. In: *4th International Symposium on Advances in Spatial Databases*. Springer, S. 47–66.
- Kordjamshidi, Parisa, Paolo Frasconi, Martijn Van Otterlo, Marie-Francine Moens und Luc De Raedt (2012). »Relational Learning for Spatial Relation Extraction from Natural Language«. In: *ILP 2011, 21st International Conference*. Springer, S. 204–220.
- Kraak, Menno-Jan und Otto Huisman (2009). »Beyond Exploratory Visualization of Space-Time Paths«. In: *Geographic Data Mining and Knowledge Discovery*. Hrsg. von Harvey J. Miller und Jiawei Han. CRC Press, S. 431–443.
- Kremer, Dominik (2007). »Der Europabegriff auf außereuropäischen Webseiten«. Unveröffentlichte Diplomarbeit. Otto-Friedrich-Universität Bamberg.
- (2013). »Orts(re)konstruktionen. Analyse der Mikrostruktur ortsbezogener Argumentationsmuster in Erinnerungsnarrativen Bamberger Einwohner«. In: *Berichte. Geographie und Landeskunde* 87.2, S. 175–193.
- Kremer, Dominik, Holger Lehmeier und Klaus Stein (2011). »Welterbestätten zwischen normativen Raumbildern und touristischer Wahrnehmung – eine Analyse resignifikatorischer Prozesse am Beispiel des UNESCO-Welterbes Bamberg«. In: *Kultur als touristischer Stand-*

- ortfaktor: Potenziale Nutzung Management*. Hrsg. von Albrecht Stein-ecke und Andreas Kagermeier, S. 57–70.
- Kremer, Dominik und Christoph Schlieder (2014). »Less is more: empirical design criteria for a tourist place recommendation service which decelerates the visiting experience«. In: *Journal of Location Based Services* 8.4, S. 268–284.
- Kremer, Dominik, Christoph Schlieder, Barbara Feulner und Ulrike Ohl (2013). »Spatial Choices in an Educational Geogame«. In: *Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-GAMES), 2013 5th International Conference on*. IEEE, S. 1–4.
- Kremer, Dominik und Klaus Stein (2014). »Ein Analyseansatz für Nutzerverhalten auf Basis von OSM-Daten«. In: *Kartographische Nachrichten* 64.3, S. 144–152.
- Krippendorff, Klaus (2012). *Content Analysis: An Introduction to its Methodology*. Sage.
- Kuhn, Werner (2007). »An Image-Schematic Account of Spatial Categories«. In: *COSIT 2007, 8th International Conference*. Springer, S. 152–168.
- Kuijpers, Bart, Harvey J. Miller, Tijs Neutens und Walied Othman (2010). »Anchor Uncertainty and Space-Time Prisms on Road Networks«. In: *International Journal of Geographical Information Science* 24.8, S. 1223–1248.
- Kulik, Lars (2001). »A Geometric Theory of Vague Boundaries Based on Supervaluation«. In: *COSIT 2001, 5th International Conference*. Springer, S. 44–59.
- Kwan, Mei-Po und Guoxiang Ding (2008). »Geo-Narrative: Extending Geographic Information Systems for Narrative Analysis in Qualitative and Mixed-Method Research«. In: *The Professional Geographer* 60.4, S. 443–465.
- Lakoff, George und Mark Johnson (2008). *Metaphors we Live by*. University of Chicago press.
- Landolt, Sara (2010). »Unordentliche Jugendliche an ordentlichen Orten? Raumkonstruktion im Spannungsfeld städtischer Politik, Rauman-eignungen Jugendlicher und Bedürfnissen Anwohnender«. In: *Be-richte zur deutschen Landeskunde* 84.3, S. 237–253.
- Laube, Patrick (2009). »Progress in Movement Pattern Analysis«. In: *Behaviour Monitoring and Interpretation – BMI. Smart Environments*. Hrsg. von Björn Gottfried und Hamid Aghajan, S. 43–71.

- Lee, Wang-Chien und John Krumm (2011). »Trajectory Preprocessing«. In: *Computing with Spatial Trajectories*. Hrsg. von Yu Zheng und Xiaofang Zhou. Springer, S. 3–33.
- Lefebvre, Henri (1991). *The Production of Space*. Oxford Blackwell.
- Lew, Alan und Bob McKercher (2006). »Modeling Tourist Movements: A Local Destination Analysis«. In: *Annals of Tourism Research* 33.2, S. 403–423.
- Lippuner, Roland und Julia Lossau (2004). »In der Raumfalle. Eine Kritik des spatial turn in den Sozialwissenschaften«. In: *Soziale Räume und kulturelle Praktiken*. Hrsg. von Georg Mein und Markus Rieger-Ladich. transcript, S. 47–64.
- Löfgren, Orvar (1999). *On Holiday: A History of Vacationing*. University of California Press.
- Löw, Martina (2001). *Raumsoziologie*. Suhrkamp Taschenbuch Wissenschaft.
- Luckmann, Thomas und Alfred Schütz (2003). *Strukturen der Lebenswelt*. UTB.
- Lynch, Kevin (1960). *The image of the city*. MIT press.
- Maier, J., R. Paesler, K. Ruppert und F. Schaffer (1977). *Sozialgeographie*. Westermann.
- Marcus, Lars (2015). »Ecological Space and Cognitive Geometry«. In: *10th International Space Syntax Symposium*. URL: http://www.sss10.bartlett.ucl.ac.uk/wp-content/uploads/2015/07/SSS10_Proceedings_124.pdf.
- Mark, David M. und Scott M. Freundschuh (1995). »Spatial Concepts and Cognitive Models for Geographic Information Use«. In: *Cognitive Aspects of Human-Computer Interaction for Geographic Information Systems*. Hrsg. von Timothy L. Nyerges, David M. Mark, Robert Laurini und Max J. Egenhofer. Springer, S. 21–28.
- Mayring, Philipp (2010). *Qualitative Inhaltsanalyse*. Springer.
- McKercher, Bob und Gigi Lau (2008). »Movement Patterns of Tourists Within a Destination«. In: *Tourism Geographies* 10.3, S. 355–374.
- Meilinger, Tobias, Gerald Franz und Heinrich H. Bühlhoff (2012). »From Isovists via Mental Representations to Behaviour: First Steps toward Closing the Causal Chain«. In: *Environment and Planning B: Planning and Design* 39.1, S. 48.
- Melnik, Sergey, Hector Garcia-Molina und Erhard Rahm (2002). »Similarity Flooding: A Versatile Graph Matching Algorithm and its Application to Schema Matching«. In: *18th International Conference on Data Engineering*. IEEE, S. 117–128.

- Mennis, Jeremy, Michael J. Mason und Yinghui Cao (2013). »Qualitative GIS and the Visualization of Narrative Activity Space Data«. In: *International Journal of Geographical Information Science* 27.2, S. 267–291.
- Miller, Harvey J. (2005). »A Measurement Theory for Time Geography«. In: *Geographical analysis* 37.1, S. 17–45.
- (2007). »Place-Based versus People-Based Geographic Information Science«. In: *Geography Compass* 1.3, S. 503–535.
- Miller, Harvey J. und Shih-Lung Shaw (2001). *Geographic Information Systems for Transportation: Principles and Applications*. Oxford University Press on Demand.
- Millonig, Alexandra, Norbert Brändle, Markus Ray, Dietmar Bauer und Stefan van der Spek (2009). »Pedestrian Behaviour Monitoring: Methods and Experiences«. In: *Behaviour Monitoring and Interpretation – BMI. Smart Environments*. Hrsg. von Björn Gottfried und Hamid Agahajan, S. 11–42.
- Millonig, Alexandra und Georg Gartner (2011). »Identifying Motion and Interest Patterns of Shoppers for Developing Personalised Wayfinding Tools«. In: *Journal of Location Based Services* 5.1, S. 3–21.
- Moir, James (2010). »Seeing the Sites: Tourism as Perceptual Experience«. In: *Tourism and Visual Culture: Theories and Concepts*. Hrsg. von Peter M. Burns, Cathy Palmer und Jo-Anne Lester. Bd. 1. CABI, S. 165–169.
- Montello, Daniel R. (1993). »Scale and Multiple Psychologies of Space«. In: *COSIT 1993, 1st International Conference*. Springer, S. 312–321.
- Montello, Daniel R. (2007). »The Contribution of Space Syntax to a Comprehensive Theory of Environmental Psychology«. In: *6th International Space Syntax Symposium*.
- Montello, Daniel R., Michael F. Goodchild, Jonathon Gottsegen und Peter Fohl (2003). »Where's Downtown? Behavioral Methods for Determining Referents of Vague Spatial Queries«. In: *Spatial Cognition & Computation* 3.2-3, S. 185–204.
- Moretti, Franco (2013). *Distant Reading*. Verso Books.
- Nora, Pierre, Charles-Robert Ageron, Colette Beaune, Maurice Agulhon und Philippe Boutry (1997). *Les lieux de mémoire*. Gallimard Paris.
- Orlowski, Benedikt (2011). »Maß und Messbarkeit von Alltag: Alltag zwischen Transformation und Kontinuität in der Erwerbslosigkeit«. Unveröffentlichte Masterarbeit. Friedrich-Alexander-Universität Erlangen.
- Park, Kyoungjin und Alper Yilmaz (2010). »A Social Network Analysis Approach to Analyze Road Networks«. In: *ASPRS 2010 Annu-*

- al Conference. URL: http://www.asprs.org/a/publications/proceedings/sandiego2010/sandiego10/Park_K.pdf.
- Patwardhan, Siddharth und Ted Pedersen (2006). »Using WordNet-Based Context Vectors to Estimate the Semantic Relatedness of Concepts«. In: *EACL 2006, Workshop Making Sense of Sense – Bringing Computational Linguistics and Psycholinguistics Together*, S. 1–8.
- Pawlak, Zdzisław (1982). »Rough Sets«. In: *International Journal of Computer & Information Sciences* 11.5, S. 341–356.
- Pott, Andreas (2007). »Sprachliche Kommunikation durch Raum – das Angebot der Systemtheorie«. In: *Geographische Zeitschrift* 95.1–2, S. 56–71.
- Prelipcean, Adrian C., Gyöző Gidófalvi und Yusak O. Susilo (2014). »Mobility Collector«. In: *Journal of Location Based Services* 8.4, S. 229–255.
- Priedhorsky, Reid Royer (2010). »The Value of Geographic Wikis«. Diss. University of Minnesota.
- Psenner, Angelika (2004). »The Production of Urban Space. A Field Study on Visual Perception of Architectural Space«. In: *City images and urban regeneration*. Hrsg. von Frank Eckardt und Peter Kreisl. Peter Lang, S. 189–210.
- Quesnot, Teriitutea und Stéphane Roche (2015). »Platial or locational data? toward the characterization of social location sharing«. In: *48th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS)*. IEEE, S. 1973–1982.
- Randell, David A., Zhan Cui und Anthony G. Cohn (1992). »A Spatial Logic Based on Regions and Connection«. In: *3rd International Conference on Principles of Knowledge Representation and Reasoning (KR '92)*. Morgan Kaufmann, S. 165–176.
- Raubal, Martin, Max J. Egenhofer, Dieter Pfoser und Nectaria Tryfona (1997). »Structuring Space with Image Schemata: Wayfinding in Airports as a Case Study«. In: *COSIT 1997, 3rd International Conference*. Springer, S. 85–102.
- Raubal, Martin, Harvey J. Miller und Scott Bridwell (2004). »User-Centred Time Geography for Location-Based Services«. In: *Geografiska Annaler: Series B, Human Geography* 86.4, S. 245–265.
- Rauh, Reinhold, Christoph Schlieder und Markus Knauff (1996). »Präferierte mentale Modelle beim räumlich-relationalen Schließen: Empirie und kognitive Modellierung«. In: *Kognitionswissenschaft* 6.1, S. 21–34.
- Relph, Edward (1976). *Place and Placelessness*. Pion.

- Richter, Daniela, Maria Vasardani, Lesley Stirling, Kai-Florian Richter und Stephan Winter (2013). »Zooming in – Zooming out Hierarchies in Place Descriptions«. In: *Progress in Location-Based Services*. Hrsg. von Jukka M. Krisp. Springer, S. 339–355.
- Richter, Daniela, Stephan Winter, Kai-Florian Richter und Lesley Stirling (2012). »How People Describe Their Place: Identifying Predominant Types of Place Descriptions«. In: *1st ACM SIGSPATIAL International Workshop on Crowdsourced and Volunteered Geographic Information*. ACM, S. 30–37.
- Roche, Stéphane (2015). »Geographic Information Science II Less Space, more Places in Smart Cities«. In: *Progress in Human Geography* (Online first), S. 1–10.
- Roche, Stéphane und Rob Feick (2012). »Wiki-place: Building Place-Based GIS from VGI«. In: *VGI Workshop Role of Volunteered Geographic Information in Advancing Science: Quality and Credibility, in conjunction with GIScience 2012*. URL: https://www.researchgate.net/profile/Stephane_Roche/publication/236624993_Wiki-place_Building_place-based_GIS_from_VGI/links/0f31752fd867427d2e000000.pdf.
- Rodaway, Paul (2002). *Sensuous Geographies: Body, Sense and Place*. Routledge.
- Rüetschi, Urs-Jakob und Sabine Timpf (2005). »Using image schemata to represent meaningful spatial configurations«. In: *On the Move to Meaningful Internet Systems 2005: OTM 2005 Workshops*. Springer, S. 1047–1055.
- Schatzki, Theodore (2002). *The Site of the Social: A Philosophical Exploration of the Constitution of Social Life and Change*. University Park: The Pennsylvania State University Press.
- Scheider, Simon und Krzysztof Janowicz (2010). »Places as Media of Containment«. In: *6th International Conference on Geographic Information Science*. URL: http://www.geovista.psu.edu/publications/2010/Scheider_GIScience_10.pdf.
- Schlieder, Christoph (1995). »Reasoning about ordering«. In: *COSIT 1995, 2nd International Conference*. Springer, S. 341–349.
- (1996). »Qualitative Shape Representation«. In: *Geographic Objects with Indeterminate Boundaries*. Hrsg. von Peter A. Burrough und Andrew U. Frank. Bd. 2. Taylor & Francis, S. 123–140.
- (2003). »Euclide moralisé: Kognitive Räume in informatischen Verarbeitungszusammenhängen«. In: *Medialität: Interdisziplinäre Studien*

- zu neuen Kommunikationstechnologien. Hrsg. von Christiane Funken und Martina Löw. Springer, S. 257–270.
- Schlieder, Christoph und Dominik Kremer (2011). »Visiting the same place but seeing different things: Place models of touristic behavior«. In: *Post-Proceedings of the KI 11*, S. 15–21.
- Schlieder, Christoph und Christian Matyas (2009). »Photographing a City: An Analysis of Place Concepts Based on Spatial Choices«. In: *Spatial Cognition & Computation* 9.3, S. 212–228.
- Schlieder, Christoph, Thomas Vögele und Ubbo Visser (2001). »Qualitative Spatial Representation for Information Retrieval by Gazetteers«. In: *COSIT 2001, 5th International Conference*. Springer, S. 336–351.
- Schlottmann, Antje (2005). *RaumSprache: Ost-West-Differenzen in der Berichterstattung zur deutschen Einheit: eine sozialgeographische Theorie*. Franz Steiner Verlag.
- (2007). »Wie aus Worten Orte werden – Gehalt und Grenzen sprechakttheoretischer Sozialgeographie«. In: *Geographische Zeitschrift* 95.1–2, S. 5–23.
- Schmid, Falko und Colin Kuntzsch (2009). »In-situ Communication and Labeling of Places«. In: *6th International Symposium on LBS and TeleCartography*.
- Schockaert, Steven, Martine De Cock und Etienne E. Kerre (2005). »Automatic Acquisition of Fuzzy Footprints«. In: *On the Move to Meaningful Internet Systems 2005: OTM 2005 Workshops*. Springer, S. 1077–1086.
- Schockaert, Steven, Philip D. Smart und Florian A. Twaroch (2011). »Generating Approximate Region Boundaries from Heterogeneous Spatial Information: An Evolutionary Approach«. In: *Information Sciences* 181.2, S. 257–283.
- Schurian-Bremecker, Christiane und Christoph Köck (2001). »Anpirschen, beobachten, abwarten, schießen – Fotografieren als touristische Verhaltensweise«. In: *Reisebilder – Produktion und Reproduktion touristischer Wahrnehmung*. Hrsg. von Christoph Köck. Waxmann, S. 199–208.
- Schwering, Angela und Werner Kuhn (2009). »A Hybrid Semantic Similarity Measure for Spatial Information Retrieval«. In: *Spatial Cognition & Computation* 9.1, S. 30–63.
- Searle, John R. (1982). *Ausdruck und Bedeutung. Untersuchungen zur Sprechakttheorie*. Suhrkamp.
- Shannon, Claude Elwood (2001). »A Mathematical Theory of Communication«. In: *ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review* 5.1, S. 3–55.

- Shoval, Noam und Michal Isaacson (2009). *Tourist Mobility and Advanced Tracking Technologies*. Routledge.
- Solso, Robert L. (2011). *Cognitive Psychology*. Harcourt Brace Jovanovich.
- Staab, Steffen und Rudi Studer (2013). *Handbook on Ontologies*. Springer Science & Business Media.
- Stefanidis, Anthony, Andrew Crooks und Jacek Radzikowski (2013). »Harvesting Ambient Geospatial Information from Social Media Feeds«. In: *GeoJournal* 78.2, S. 319–338.
- Stein, Klaus (2003). »Qualitative Repräsentation und Generalisierung von Bewegungsverläufen«. Diss. Technische Universität München.
- Stein, Klaus und Christoph Schlieder (2013). »A Geowiki for Participatory Mobility«. In: *AGILE, 16th International Conference on Geographic Information Science*. URL: http://141.30.100.200/Conference_Paper/CDs/agile_2013/Short_Papers/SP_SBP_Stein.pdf.
- Stock, Kristin und Claudia Cialone (2011). »Universality, Language-Variability and Individuality: Defining Linguistic Building Blocks for Spatial Relations«. In: *COSIT 2011, 10th International Conference*. Springer, S. 391–412.
- Strube, Gerhard (2003). »Kognition als Berechnung. Menschliche und maschinelle Intelligenz im Blick der Kognitionswissenschaft«. In: *Gene, Meme und Gehirne. Geist und Gesellschaft als Kultur; eine Debatte*. Hrsg. von Alexander Becker, Christian Mehr, Heino Heinrich Nau, Gerson Reuter und Dagmar Stegmüller. Suhrkamp, S. 227–255.
- Tan, Pang-Ning, Vipin Kumar und Jaideep Srivastava (2004). »Selecting the Right Objective Measure for Association Analysis«. In: *Information Systems* 29.4, S. 293–313.
- Tanasescu, Vlad (2007). »Spatial Semantics in Difference Spaces«. In: *COSIT 2007, 8th International Conference*. Springer, S. 96–115.
- Tanasescu, Vlad und John Domingue (2008). »A Differential Notion of Place for Local Search«. In: *1st International Workshop on Location and the Web*. ACM, S. 9–16.
- Thrift, Nigel und John-David Dewsbury (2000). »Dead Geographies – and how to Make them Live«. In: *Environment and Planning D: Society and Space* 18.4, S. 411–432.
- Timpf, Sabine (2002). »Ontologies of Wayfinding: a Traveler's Perspective«. In: *Networks and Spatial Economics* 2.1, S. 9–33.
- Tuan, Yi-Fu (1977). *Space and Place: The Perspective of Experience*. University of Minnesota Press.
- Turner, Alasdair (2007). »From Axial to Road-Centre Lines: a New Representation for Space Syntax and a New Model of Route Choice for

- Transport Network Analysis«. In: *Environment and Planning B: Planning and Design* 34.3, S. 539–555.
- Tussyadiah, Iis P (2010). »Destination-Promoted and Visitor-Generated Images – Do They Represent Similar Stories?« In: *Tourism and Visual Culture*. Hrsg. von Peter M. Burns, Jo-Anne Lester und Lyn Bibbings. Bd. 2. CABI, S. 156–168.
- Tversky, Barbara (1993). »Cognitive Maps, Cognitive Collages, and Spatial Mental Models«. In: *COSIT 1993, 1st International Conference*. Springer, S. 14–24.
- (2003). »Structures of Mental Spaces how People Think about Space«. In: *Environment and Behavior* 35.1, S. 66–80.
- (2011). »Spatial Thought, Social Thought«. In: *Spatial Dimensions of Social Thought*. Hrsg. von Thomas W. Schubert und Anne Maass. Applications of Cognitive Linguistics 18. De Gruyter, S. 17–39.
- Urry, John (1999). »Sensing the City«. In: *The Tourist City*. Hrsg. von Dennis R. Judd und Susan S. Fainstein. Yale University Press, S. 71–86.
- Urry, John und Jonas Larsen (2011). *The Tourist Gaze* 3.0. Sage.
- Uschold, Mike und Michael Gruninger (1996). »Ontologies: Principles, Methods and Applications«. In: *The knowledge Engineering Review* 11.2, S. 93–136.
- Vasardani, Maria, Sabine Timpf, Stephan Winter und Martin Tomko (2013). »From Descriptions to Depictions: A Conceptual Framework«. In: *COSIT 2013, 11th International Conference*. Springer, S. 299–319.
- Vasardani, Maria, Stephan Winter und Kai-Florian Richter (2013). »Locating Place Names from Place Descriptions«. In: *International Journal of Geographical Information Science* 27.12, S. 2509–2532.
- Vatsavai, Ranga Raju, Auroop Ganguly, Varun Chandola, Anthony Stefanidis, Scott Klasky und Shashi Shekhar (2012). »Spatiotemporal Data Mining in the Era of Big Spatial Data: Algorithms and Applications«. In: *1st ACM SIGSPATIAL International Workshop on Analytics for Big Geospatial Data*. ACM, S. 1–10.
- Vishwanathan, S. Vichy N., Nicol N. Schraudolph, Risi Kondor und Karsten M. Borgwardt (2010). »Graph Kernels«. In: *The Journal of Machine Learning Research* 11, S. 1201–1242.
- Weber, Hans-Jörg L. und Michael Bauder (2013). »Neue Methoden der Mobilitätsanalyse: Die Verbindung von GPS-Tracking mit quantitativen und qualitativen Methoden im Kontext des Tourismus«. In: *Raumforschung und Raumordnung* 71.2, S. 99–113.
- Weichhart, Peter (1987). *Wohnsitzpräferenzen im Raum Salzburg: subjektive Dimensionen der Wohnqualität und die Topographie der Standortbewer-*

- tung: ein mikroanalytischer Beitrag zur Propädeutik der Wanderungstheorie.* Institut für Geographie der Universität Salzburg.
- Weichhart, Peter (2006). *Entwicklungslinien der Sozialgeographie.* Steiner.
- Weihe, Anne C., Tanja Pritzlaff, Frank Nullmeier, Tilo Felgenhauer und Britta Baumgarten (2008). »Wie wird in politischen Gremien entschieden? Konzeptionelle und methodische Grundlagen der Gremienanalyse«. In: *Politische Vierteljahresschrift* 49.2, S. 339–359.
- Wendel, Jan (2011). *Integrierte Navigationssysteme: Sensordatenfusion, GPS und Inertiale Navigation.* De Gruyter.
- Werlen, Benno (1997). *Sozialgeographie alltäglicher Regionalisierungen: Globalisierung, Region und Regionalisierung.* Bd. 2. Franz Steiner Verlag.
- (2008). »Körper, Raum und mediale Repräsentation«. In: *Spatial Turn. Das Raumparadigma in den Kultur- und Sozialwissenschaften.* Hrsg. von Jörg Döring und Tristan Thielmann. transcript, S. 365–388.
- Wesolowsky, Georges (1993). »The Weber Problem: History and Perspective«. In: *Location Science* 1, S. 5–23.
- Wilson, Robert A. und Lucia Foglia (2011). »Embodied Cognition«. In: url:stanford.library.usyd.edu.au/entries/embodied-cognition/.
- Winter, Stephan und Christian Freksa (2012). »Approaching the Notion of Place by Contrast«. In: *Journal of Spatial Information Science* 5, S. 31–50.
- Winter, Stephan, Allison Kealy, Matt Duckham, Abbas Rajabifard und Kai-Florian Richter (2011). »Starting to Talk about Place«. In: *Surveying and Spatial Sciences Biennial Conference 2011*, S. 63–73.
- Winter, Stephan, Werner Kuhn und Antonio Krüger (2009). »Guest Editorial: Does Place Have a Place in Geographic Information Science?«. In: *Spatial Cognition & Computation* 9.3, S. 171–173.
- Witten, Ian H. und Eibe Frank (2005). *Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques.* Morgan Kaufmann.
- Wöhler, Karlheinz (2011). *Touristifizierung von Räumen.* Springer.
- Zheng, Yu (2011). »Location-Based Social Networks: Users«. In: *Computing with Spatial Trajectories.* Hrsg. von Yu Zheng und Xiaofang Zhou. Springer, S. 243–276.
- Zheng, Yu und Xing Xie (2011). »Location-Based Social Networks: Locations«. In: *Computing with Spatial Trajectories.* Hrsg. von Yu Zheng und Xiaofang Zhou. Springer, S. 277–308.

- Zheng, Yu, Lizhu Zhang, Xing Xie und Wei-Ying Ma (2009). »Mining Interesting Locations and Travel Sequences from GPS Trajectories«. In: *18th International Conference on World Wide Web*. ACM, S. 791–800.
- Zhou, Changqing, Dan Frankowski, Pamela Ludford, Shashi Shekhar und Loren Terveen (2007). »Discovering Personally Meaningful Places: An Interactive Clustering Approach«. In: *ACM Transactions on Information Systems (TOIS)* 25.3.
- Zhu, Yin, Vincent Wenchen Zheng und Qiang Yang (2011). »Activity Recognition from Trajectory Data«. In: *Computing with Spatial Trajectories*. Hrsg. von Yu Zheng und Xiaofang Zhou. Springer, S. 179–212.

Abbildungsverzeichnis

2.1	Körperräume	23
2.2	Abstraktion von der geometrischen Ausgangsinformation und körpergebundene Inferenz (Freksa 1991).	25
2.3	Inferenz über räumlicher Orientierung (Schlieder 1995).	25
2.4	Mittels verschiedener Erhebungsmethoden erzeugte Image-Karten von Boston (Lynch 1960).	28
2.5	Abflughalle eines Flughafens als Beispiel für einen symbolreichen Sichtraum bei Raubal, Egenhofer u. a. (1997).	29
2.6	Konvexe Karte und Achsenkarte (Bafna 2003).	32
2.7	Abbildung eines Sichtfeldes auf ein Isovisten-Polygon (Franz und Wiener 2008).	32
2.8	Ausprägungen von Ort	42
2.9	Zustandekommen systematischer Fehler beim Aufbau raumbezogener Argumente (Felgenhauer 2009).	45
2.10	Graduelle Zugehörigkeit	47
2.11	Breite Grenzen	48
2.12	Place Graph	49
2.13	Beispiel für die musterbasierte Erkennung von Ortsinformation auf Satzebene anhand der auftretenden Wortarten (Kordjamshidi u. a. 2012).	57
2.14	Modellierung räumlicher Information als Datentripel (Hois und Kutz 2008a).	58
2.15	Allgemeines Vorgehen bei der qualitativ-typisierenden Kategorisierung von Inhalten (Mayring 2010).	60
2.16	Place-Graph und konstruierte mögliche Verortung (Vasardani, Timpf u. a. 2013).	64
2.17	Zwei Place-Graphen und der aus ihrer Zusammenführung resultierende Graph (Kim, Vasardani und Winter 2015b).	68
2.18	Durch sprachliche Äußerungen benannter, aus Bewegungsdaten abgeleiteter Aktionsraum eines Probanden (Mennis, Mason und Cao 2013).	71

2.19	Beispiele für Typen touristischer Exploration an der Destination ausgehend von der Unterkunft (Lew und McKercher 2006).	74
2.20	Beispiel für einen Graphen der Besuchssequenzen für bestimmte Orte (Girardin, Vaccari u. a. 2009).	75
2.21	Zeitgeographische Analyse möglicher Aufenthaltsorte durch ein Raum-Zeit-Prisma (Kremer und Schlieder 2014).	79
2.22	Mit der Zeit schrumpfende mögliche Pfadfläche (Kremer und Schlieder 2014).	80
2.23	Vergleichende Auswertung der Fotos und Aussagen zu einem Wegabschnitt (Psenner 2004).	82
2.24	Beispiel für einen intersubjektiv als unattraktiv bezeichneten Straßenabschnitt (Kazig und Popp 2011).	83
2.25	Visualisierung der Aufenthaltsfrequenz eines durch Hauptkomponentenanalyse aus den Fragebogendaten bestimmten Touristentyps (Weber und Bauder 2013).	85
2.26	Lösungsansatz zur gemeinsamen Repräsentation von Sprach- und Bewegungsverhalten.	90
3.1	Häufigkeit der Nennung der Ortskonzepte in studentischen Stadtführungen.	96
3.2	Häufigkeit der Zuschreibung von Affordanzbereichen je aggregiertem Ortskonzept.	97
3.3	Die fünf im Rahmen der Fotoelizitation gezeigten Standorte.	98
3.4	Wiederholt auftretende Bildtypen Individualreisender im Städtetourismus.	100
3.5	Typische Dokumentation einer Annäherung an ein Zielobjekt.	103
3.6	Visueller Fokus während der Exkursion in Abhängigkeit von der Rolle.	104
3.7	Verhaltensmuster räumlicher Entscheidungen in einem ortsbezogenen Spiel (Kremer, Schlieder u. a. 2013).	106
3.8	Beispiele für leicht erklärbare Bewegungsspuren.	107
3.9	Beispiele für thematisch fokussierte Exploration.	107
3.10	Beitragsschwerpunkte von Nutzern, die auch in Jerusalem kartiert haben.	109
3.11	Verbleibende Routenoptionen in einem zeitgeographischen Netzwerk (Kremer und Schlieder 2014).	109

3.12	Beispielanalyse des semantischen Kontexts ortsbezogener Information unter Nutzung der explorierten Kategorien am Beispiel eines Nutzungskonflikts.	112
3.13	Beispielvisualisierung der Rohdaten eines touristischen Tracks.	116
4.1	Ausprägungen von Ort	118
4.2	Ortsmodell, bestehend aus Ortskonzept, Attributen inkl. Ortsnamen, Relationen inkl. Ortsbeschreibungen und Geo-Extensionen	120
4.3	Ausschnitt einer Interview-Transkription mit dem annotierten Place-Graphen.	121
4.4	Beispielgraph einer Sichtweise auf Ort mit einer sehr elaborierten partonomischen Struktur.	123
4.5	Beispiel für die Modellierung unterbestimmter Orte.	127
4.6	Beispielmodellierung eines Place-Graphen als Topic-Map.	127
4.7	Zusammengeführter Place-Graph aus den beiden Sichtweisen in Abb. 4.5 auf Basis einfacher String-Gleichheit der Ortsnamen.	128
4.8	Attribute und Geometrie des osm-Features <i>Altes Rathaus</i> (way, id=27009786).	130
4.9	Weggeometrien in Bamberg, die vollständig vom osm-Feature <i>Gaustadt</i> umschlossen werden.	132
4.10	Möglichkeiten zur Verortung von Geo-Features im Straßennetzwerk.	133
4.11	Verortung von Geo-Features im Straßennetzwerk.	134
4.12	Ergebnis der Projektion von Verhaltensdaten auf ein Straßennetzwerk.	135
4.13	Das Kloster Michelsberg vom Bamberger Rosengarten aus gesehen.	137
4.14	Straßenfragmente in der Nähe von Fotopunkten einer Sehenswürdigkeit.	138
4.15	Trackverbesserung der zeitlichen Nachbarschaft einer Bewegungsspur	141
4.16	Trackverbesserung des gemeinsamen Verhaltensdatenstroms aus GPS-Track und Fotos.	141
4.17	Erkannte Muster langsamer Bewegung in einem Beispiel-Track.	144
4.18	Relevante Teile des Straßennetzwerks in der Nähe aller Orte mit Ortsnamen <i>Markt</i>	145

4.19	Konvexe Netzhwerkhülle eines Teilstraßennetzwerks. . . .	148
4.20	α -konvexe Netzhwerkhülle eines Teilstraßennetzwerks. . .	149
4.21	Prinzip der iterativen Berechnung der α -konvexen Netzhwerkhülle auf einem Straßennetzwerk.	150
4.22	Prinzip der schrittweisen Generalisierung von Daten. . .	151
4.23	Geschachtelte Generalisierung, bestehend aus α -konvexer (grün) und konvexer (rot) Netzhwerkhülle.	152
4.24	Wertigkeit eines geometrischen Schnitts zwischen Generalisierungsstufen.	153
4.25	Berechnung des Betrags des Schnitts auf Weggeometrien.	155
4.26	Beispielrechnung für den symmetrischen Schnitt, vgl. Tan, Kumar und Srivastava (2004).	156
4.27	Ableiten eines räumlichen Assoziationsgraphen aus Assoziationsregeln.	157
4.28	Räumlicher Assoziationsgraph zu Tab. 4.4.	158
5.1	Allgemeiner Workflow, der durch die implementierte Bibliothek pbgis unterstützt wird.	166
5.2	Eigenes System mit verwendeten Bibliotheken.	166
6.1	Proband 2013_01 berichtet aktivitätsbezogen.	172
6.2	Proband 2013_02 berichtet über den emotionalen Wert der Orte.	172
6.3	Proband 2013_03 berichtet von einer Aktivität in Bamberg.	172
6.4	Proband 2013_04 rekonstruiert den Besuchsverlauf mithilfe einer Karte.	173
6.5	Proband 2013_05 entwirft eine komplexe Erinnerungsstruktur.	174
6.6	Auf Basis von Stringgleichheit zusammengeführter Place-Graph mit annotierter Häufigkeit der Nennung.	175
6.7	Geo-Extensionen von Ortskonzepten, die auf Grundlage von passenden osm-Attributen im Straßennetzwerk verortet wurden.	177
6.8	Geo-Extensionen von Ortskonzepten, die auf Grundlage der Abbildung und anschließenden Generalisierung von Foto-Tags im Straßennetzwerk verortet wurden.	179
6.9	Aus den Bewegungsdaten extrahierte Muster für Stopps bzw. Fotosequenzen.	181
6.10	Räumlicher Assoziationsgraph der Ähnlichkeit zwischen den Probanden (1–5).	183

6.11	Mögliche Zuordnungen von Bewegungsmustern zu explizit von den Probanden benannten Ortskonzepten.	184
6.12	Ausschnitte von Ortsmustern innerhalb der Geo-Extension bestimmter Ortskonzepte.	186

Verzeichnis verwendeter Werkzeuge

1 Programmbibliotheken

commons-compress 1.5, Apache License 2,
heruntergeladen am 22.05.2016 von
<https://commons.apache.org/proper/commons-compress/>

commons-math3 3.2, Apache License 2,
heruntergeladen am 22.05.2016 von
<http://commons.apache.org/proper/commons-math/>

csvjdbc LGPL v2, heruntergeladen am 22.05.2016 von
<http://csvjdbc.sourceforge.net/>

graphhopper 0.5, Apache License, heruntergeladen am 22.05.2016
von
<https://graphhopper.com/>

geotools 10.1, LGPL v2.1, heruntergeladen am 22.05.2016 von
<http://geotools.org/>

gson 2.3.1, Apache License 2, heruntergeladen am 22.05.2016 von
<https://github.com/google/gson>

jai-core heruntergeladen am 22.05.2016 von
<http://download.java.net/media/jai/>,
[http://download.java.net/media/jai/builds/release/
1_1_3/LICENSE-jai.txt](http://download.java.net/media/jai/builds/release/1_1_3/LICENSE-jai.txt)

JavaAPIforKml BSD license, heruntergeladen am 22.05.2016 von
<https://labs.micromata.de/projects/jak.html>

jaxen Apache Style License, heruntergeladen am 22.05.2016 von
<http://jaxen.org/>

jcommon 1.0.18, LGPL v2.1, heruntergeladen am 22.05.2016 von
<http://www.jfree.org/jcommon/>

- jdom** Apache Style License, heruntergeladen am 22.05.2016 von <http://www.jdom.org/>
- jfreechart** 1.0.15, LGPL v2.1, heruntergeladen am 22.05.2016 von <http://www.jfree.org/jfreechart/>
- json-simple** 1.1.1, Apache License 2, heruntergeladen am 22.05.2016 von <https://github.com/fangyidong/json-simple>
- jsr-275-1.0** beta-2, BSD license, heruntergeladen am 22.05.2016 von <http://mvnrepository.com/artifact/javax.measure/jsr-275>
- jts** 1.13, LGPL v2, heruntergeladen am 22.05.2016 von <http://sourceforge.net/projects/jts-topo-suite/>
- metadata-extractor** 2.3.1, Apache License 2, heruntergeladen am 22.05.2016 von <https://github.com/drewnoakes/metadata-extractor>
- ontopia-engine** 5.3.0, Apache License 2, heruntergeladen am 22.05.2016 von <http://www.ontopia.net/>
- opencsv** 2.3, Apache License 2, heruntergeladen am 22.05.2016 von <http://opencsv.sourceforge.net/>
- saxpath** Apache Style License, heruntergeladen am 22.05.2016 von <https://sourceforge.net/projects/saxpath/>
- trove** 3.0.3, LGPL v2, heruntergeladen am 22.05.2016 von <https://sourceforge.net/projects/trove4j/>
- vecmath** 1.3.2, GPL v2, heruntergeladen am 22.05.2016 von <https://java.net/projects/vecmath>
- xalan** Apache License 2, heruntergeladen am 22.05.2016 von <https://xml.apache.org/xalan-j/>
- xerces** Apache License 2, heruntergeladen am 22.05.2016 von <http://xerces.apache.org/>
- xml-apis** Public Domain, heruntergeladen am 22.05.2016 von <http://mvnrepository.com/artifact/xml-apis/xml-apis>

2 Stand-Alone-Tools

Graphviz Eclipse Public License v1.0,
heruntergeladen am 22.05.2016 von
<http://www.graphviz.org/>

3 Web-Services

Overpass-API 22.05.2016
<http://overpass-api.de/>

OpenLayers 22.05.2016
<http://openlayers.org/>

4 Geodatendienste

OpenStreetMap Creative Commons 2.0, 22.05.2016
<http://openstreetmap.de/>,



University
of Bamberg
Press

Im Feld der Angewandten Informatik leistet die Arbeit einen Beitrag im Bereich ortsbezogene Geoinformationssysteme, indem durch einen räumlichen Lösungsansatz für eine ortsbezogene Verbundoperation eine bislang nicht verfügbare Funktion (Ähnlichkeit auf Orten) über unterschiedliche Datenarten und -quellen realisiert werden konnte, die sich für einen wichtigen Anwendungsfall (touristische Exploration einer Stadt) als äußerst produktiv erwiesen hat. Das Vorgehen, Zusammenhang zwischen Orten über partielle räumliche Koinzidenz herzustellen, steht dabei komplementär zu bisherigen Ansätzen, Verknüpfungen im Sinne des Qualitativen Räumlichen Schließens ausschließlich auf Ebene des verfügbaren ortsbezogenen Wissens herzustellen.



ISBN: 978-3-86309-580-2



9 783863 095802

www.uni-bamberg.de/ubp