

Hendrik S. Ziezold

Situative Karten

Orientierung, Exploration und Navigation
mit spezialisierbaren Karten

RESEARCH



Springer Vieweg

Situative Karten

Hendrik S. Ziezold

Situative Karten

Orientierung, Exploration und Navigation mit spezialisierbaren Karten

Mit einem Geleitwort von Prof. Dr. Ulrik Brandes



Springer Vieweg

RESEARCH

Hendrik S. Ziezold
Amsterdam, Niederlande

Dissertation der Universität Konstanz
Referent: Prof. Dr. Ulrik Brandes
Referent: PD Dr. Steffen Bogen
Tag der mündlichen Prüfung: 23.02.2011

Gefördert von der VolkswagenStiftung.

ISBN 978-3-8348-2365-6
DOI 10.1007/978-3-8348-2366-3

ISBN 978-3-8348-2366-3 (eBook)

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Springer Vieweg

© Vieweg+Teubner Verlag | Springer Fachmedien Wiesbaden 2012

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Einbandentwurf: KünkelLopka GmbH, Heidelberg

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Vieweg ist eine Marke von Springer DE.
Springer DE ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media
www.springer-vieweg.de

Für Nadia und Björn

Geleitwort

Jeder weiß, was eine Karte ist. So dachten wir zumindest, bis wir uns zu Beginn des Forschungsprojekts „Visuelle Navigation – Entwicklung und Kritik schematischer Karten“ erstmals zusammensetzten, um – nur zum Aufwärmen und der Form halber – unseren zentralen Projektgegenstand noch einmal sauber abzugrenzen.

Aber Karten, oder besser: das, was wir jetzt darunter verstehen, sind überall. Natürlich zählen Stadtpläne, Seekarten oder Globen dazu. Aber wie sieht es mit Stadtan- und -aufsichten aus? Mentalen Karten? Ist das Inhaltsverzeichnis dieses Buches auch eine Art Karte? In welchem Sinne? Und vor allem: Was ist dann keine Karte? Weil wir zumindest den Eindruck bekamen, dass der Grad der Nutzung und die Zahl der Erscheinungsformen immer weiter zunehmen, aber auch viele historische Entwürfe längst schon wieder in Vergessenheit geraten sind, lösten sich unsere nur scheinbar klaren Vorstellungen in dem Maße auf, in dem wir sie zu fassen und, schlimmer noch, auszutauschen suchten.

Denn das Forschungsprojekt, aus dem das vorliegende Buch entstanden ist, war ein interdisziplinäres. Es wurde in den Jahren 2006-2010 von der *VolkswagenStiftung* im Rahmen des Förderprogramms „Schlüsselthemen der Geisteswissenschaften“ finanziert, und ich darf wohl sagen, dass es für den Autor und für mich (beide Informatiker) nicht nur eine spannende Tätigkeit, sondern auch ein interessantes Fortbildungsprogramm war. Die Zusammenarbeit mit zwei Kunsthistorikern, einer Ethnographin, einem Medienwissenschaftler und Studierenden verschiedener Fächer war zeitintensiv und anstrengend, aber persönlich und fachlich auch ungemein bereichernd. Den Beteiligten sei an dieser Stelle noch einmal ausdrücklich dafür gedankt. Und nach nur einem Jahr intensiver Diskussion von Literatur und Fallbeispielen hatten wir tatsächlich ein gemeinsames Verständnis entwickelt.

Auf dieser Grundlage entwirft Hendrik Ziezold hier eine Systematik, die insbesondere zur Konzeption von computergestützten interaktiven Karten verwendet werden kann. Umgekehrt kann sie beispielsweise aber auch dazu dienen, Merkmale gegenwärtiger wie historischer Kartenentwürfe zu unterscheiden und zweckgebunden zu bewerten. Einzelanalysen und ausführliche Entwurfsstudien demonstrieren die Tauglichkeit der Systematik und vertiefen nebenbei auch deren Verständnis.

Ich bin sicher, dass Sie nach der Lektüre dieses Buches mit geschärftem Blick auf aktuelle Kartensysteme schauen werden und die Lust verspüren, neue Kartenkonzepte zu erdenken oder sogar umzusetzen.

September 2011, Prof. Dr. Ulrik Brandes

Danksagung

Zuallererst gilt mein ausdrücklicher Dank Prof. Dr. Ulrik Brandes und PD Dr. Steffen Bogen für die Betreuung meiner Dissertation und die intensive Zusammenarbeit. Meine Arbeit hat wesentlich von unseren zahlreichen Diskussionen und dem kreativen Freiraum in unserem Forschungsprojekt profitiert.

Ich hatte die großartige Möglichkeit, an meiner Dissertation als wissenschaftlicher Mitarbeiter im Projekt „Visuelle Navigation – Entwicklung und Kritik schematischer Karten“ zu arbeiten. Das Forschungsprojekt wurde im Rahmen des Förderprogramms „Schlüsselthemen der Geisteswissenschaften“ von der *Volkswagen-Stiftung* gefördert. Auch danke ich der Algorithmik-Arbeitsgruppe sowie dem Zukunftskolleg der Universität Konstanz, an die ich in meiner Zeit als wissenschaftlicher Mitarbeiter angebunden war.

Besonders danke ich auch meinen anderen Projektkollegen Prof. Dr. Felix Thürlemann, Dr. Albert Kümmel-Schnur und Gesa Henselmans für die spannenden Einblicke in die kunst- und medienwissenschaftlichen Teilprojekte sowie den interdisziplinären Austausch. Außerdem danke ich den studentischen Projektmitarbeitern Christian Ehinger, Florian Kratschmann und Simon Endeke für ihre tatkräftige Unterstützung durch ihre Mitwirkung in einem studentischen Projekt, einem Seminar sowie für das Verfassen ihrer Bachelor- bzw. Masterarbeiten im Forschungsprojekt. Auch möchte ich meinen ehemaligen Kollegen aus der Computergraphik der Universität Konstanz, Dr. Joachim Boettger und Prof. Dr. Oliver Deussen, für die Zusammenarbeit danken.

Weiterhin möchte ich mich bei Prof. Dr. Ruedi Baur und den Mitarbeitern des Instituts *design2context* der Zürcher Hochschule der Künste sowie bei allen Teilnehmern mehrerer bild- und medienwissenschaftlicher und informatischer Kolloquien und Workshops für den wissenschaftlichen Austausch und die zahlreichen inspirierenden Diskussionen bedanken.

Außerdem danke ich meiner Familie und meinen Freunden für den Zuspruch und die gemeinsam verbrachten Stunden. Besonders danke ich meinen ehemaligen Mitbewohnerinnen und Freundinnen Jennifer Brown, Marjolijn Koster und Julia Timm sowie meiner Kollegin und Freundin Julia Zons und ihrer Familie, die mich während meiner Dissertation eng begleitet haben.

Zu guter Letzt möchte ich Julia Timm, Julia Zons, Corina und Zoltan Elfe sowie Tina Walber für das Gegenlesen früherer Entwürfe und Ingrid Walther für das abschließende Lektorat dieses Buches danken.

10. September 2011, Hendrik Ziezold

Inhaltsverzeichnis

1	Motivation und Einleitung	1
I	Konzeption anwendungsorientierter Karten	5
2	Aspekte anwendungsorientierter Karten	7
2.1	Situative Einbettung anwendungsorientierter Karten	11
2.1.1	Visuelle Rechercheoperationen, Interaktion und Zustandsänderungen	15
2.2	Rahmenbedingungen konkreter Kartenanwendungen	18
3	Datenbasis	21
3.1	Selektion, Schematisierung und Modularisierung	22
4	Layout	27
4.1	Kartographische Projektion und geographische Visualisierung . .	28
4.1.1	Kartographische Projektion	29
4.1.2	Geographische Visualisierungsmethoden	35
4.2	Chancen und Beschränkungen durch Computerimplementierung .	50
4.2.1	Computergestützte Produktion	50
5	Interaktion und Animation	55
5.1	Kopplung mit dem Layout	56
5.1.1	Geometrische Kopplung	57
5.1.2	Semantische Kopplung	59
5.2	Kopplung mit Algorithmen und Datenstrukturen	66

II Anwendungsbeispiele für die interaktive Kopplung von Gebrauchssituation und Kartenlayout 67

6 Navigationsplanung zu Fuß und mit der U-Bahn 69

6.1 Anforderungen 70

6.2 Verwandte Kartenkonzepte 70

 6.2.1 Stadtplan 71

 6.2.2 U-Bahnnetzplan 72

 6.2.3 Visualisierungen von geographischen Relationen in U-Bahnnetzplänen 74

 6.2.4 Kombinierte Karte aus U-Bahnnetzplan und Stadtplan durch Einbettung 75

 6.2.5 Visualisierung der Korrespondenzen zwischen U-Bahnnetzplan und Stadtplan durch Morphing 75

6.3 Entwicklung: Integrierte Navigationshilfe aus U-Bahnnetzplan und Stadtplan 78

 6.3.1 Konzept 79

 6.3.2 Prototypische Realisierung 86

 6.3.3 Ergebnis und Ausblick 92

 6.3.4 Diskussion und Ausblick 96

7 Navigieren während der Autofahrt 99

7.1 Rahmenbedingungen und Anforderungen 100

 7.1.1 Fahrsicherheit 101

 7.1.2 Schnelles Erreichen des Navigationsziels 104

 7.1.3 Technische Rahmenbedingungen 106

 7.1.4 Sonstige Anforderungen 106

7.2 Verwandte Kartenkonzepte 107

 7.2.1 Straßenatlas 107

 7.2.2 Statische Routenanleitung Google Maps™ 109

 7.2.3 Navigationssystem Route 66 112

 7.2.4 Schematische Routenskizze *LineDrive* und situationsabhängiges Navigationssystem *MOVE* 114

7.3 Entwicklung: Animierte Detail-in-Context-Routenanleitung 116

 7.3.1 Konzept 117

 7.3.2 Prototypische Realisierung 132

 7.3.3 Ergebnis und Ausblick 132

 7.3.4 Diskussion 136

- 7.4 Entwicklung: Visual Mapless Route Description 137
 - 7.4.1 Konzept 137
 - 7.4.2 Prototypische Realisierung 141
 - 7.4.3 Ergebnis und Ausblick 144
 - 7.4.4 Diskussion 145

III Anwendungsbeispiel für die interaktive Kopplung unterschiedlicher Kartenlayouts 147

- 8 Visuelles und interaktives Ordnen und Suchen von Fotos auf Karten 149**
 - 8.1 Anforderungen 150
 - 8.2 Verwandte Konzepte 153
 - 8.2.1 Internetsuche und Dateiorganisation 153
 - 8.2.2 Interaktive Auswahl von Fotos mithilfe eines Kalenders . 154
 - 8.2.3 Anzeige von Fotos auf geographischen Karten 156
 - 8.2.4 Perspektivisches und inhaltliches Fotobrowsing 157
 - 8.3 Entwicklung: Kartenbasiertes Fotoverwaltungstool *pho2map* . . . 157
 - 8.3.1 Konzept 157
 - 8.3.2 Prototypische Umsetzung und Entwürfe 164
 - 8.3.3 Diskussion und Ausblick 167

9 Zusammenfassung 173

Literaturverzeichnis 177

Abbildungsverzeichnis

2.1	Geographische Karte von Konstanz, <i>OpenStreetMap</i> [Ope10b].	8
2.2	London Tube Map, Harry Beck, 1931 [Gar94].	10
2.3	Screenshot eines Kartenlayouts der iPhone-Applikation <i>OffMaps</i> [Lam10].	13
2.4	Foto einer einfahrenden U-Bahn [Zie10a] mit Linienverlaufsgaphik [Ber10].	14
3.1	Augsburger Meilenscheibe, 1565, [Krü63, Krü64, Sch06, BBZ09].	23
3.2	Nürnberger Umgebungskarte von Erhard Etzlaub, 1492, [Sch06, Cam87, Meu07, BBZ09].	25
4.1	World Wind Globe [NAS10].	30
4.2	Mercator-Projektion [And10].	32
4.3	Dymaxion Map nach R. Buckminster Fuller [Edm07].	33
4.4	Rompilgerkarte, Erhard Etzlaub [Hel02].	34
4.5	Graphik einer Schachsituation, William Meredith, 1886 [How70].	41
4.6	Karte, verzerrt nach Reisezeitdistanzen [Goe88].	44
4.7	Hot Map des Kartenzugriffs [Fis07].	45
4.8	Displacement-Vektoren auf einer U-Bahnkarte [Jen06].	46
4.9	Rundprospekt von Nürnberg [Sch06, BBZ09].	47
4.10	Rundprospekt von Nürnberg mit vergrößertem Ausschnitt [Sch06, BBZ09].	48
4.11	Variable Scale Map [HSL02].	48
4.12	Automatisch generiertes U-Bahnkartenlayout [NW06].	51
5.1	Entwurf semantisches Panning auf U-Bahnkarte.	60
5.2	Entwurf semantischer Zoom auf U-Bahnkarte.	61
5.3	Fotos der Externsteine erstellt mit Microsoft Photosynth [WDR10].	62
5.4	Entfernungzeitbasierte Londoner U-Bahnnetzkarte von Tom Carden [Car10].	64
5.5	HALOs. Visualisierung von Entfernung und Richtung zu Orten, die außerhalb des Displays liegen [BR03].	65

6.1	Spider Map von London [Tra10].	76
6.2	Kartenanimation – Korrespondenzen von U-Bahnstationen zwischen U-Bahnnetzplanausschnitt und Stadplanausschnitt [RI07].	77
6.3	Stadtplan, U-Bahnplan und annotierter U-Bahnplan der Washington-D. C.-Region [BBDZ08a, BBDZ08b].	80
6.4	Illustration der Map-Warping-Verzerrung an einem Gitter [BBDZ08a, BBDZ08b].	85
6.5	Fischaugenverzerrung der Washington-D. C.-Karte [BBDZ08b].	90
6.6	Zusammengesetzter Plan von Washington D. C. im schematischen Layout [BBDZ08b].	91
6.7	Verzerrtes Gitter für Isolinienkonstruktion [BBDZ08a, BBDZ08b].	93
6.8	Isolinien um Stationen [BBDZ08a, BBDZ08b].	94
6.9	Stadtplan von Washington D. C. und Boston, jeweils geographisch und verzerrt [BBDZ08a, BBDZ08b].	95
6.10	Warping Zoom [BBDZ08a, BBDZ08b].	97
7.1	Routenbeschreibung von Google Maps™ ohne Karten	110
7.2	Routenbeschreibung von Google Maps™ mit Karten	111
7.3	Screenshot eines Navigationsgerätes von Route 66.	112
7.4	Schematische Routendarstellung <i>LineDrive</i> [AS01].	115
7.5	Navigationsystem <i>MOVE</i> [LFH08].	116
7.6	Illustration der Konstruktion der Kurvenstücke der <i>NaviPIC</i> -Darstellung	130
7.7	Kurvenverlauf zwischen zwei Displaykreisen	131
7.8	<i>NaviPIC</i> -Darstellung der Route Konstanz-Sipplingen. Als Basis dienen Karten von <i>OpenStreetMap</i> [Ope10b]	133
7.9	<i>NaviPIC</i> -Darstellung der Route Konstanz-Sipplingen – mit sichtbarem Umgebungsrand. Als Basis dienen Karten von <i>OpenStreetMap</i> [Ope10b]	134
7.10	<i>NaviPIC</i> -Darstellung der Route Konstanz-Sipplingen – mit sichtbaren folgenden Navigationsumgebungskarten. Als Basis dienen Karten von <i>OpenStreetMap</i> [Ope10b]	135
7.11	Visual Mapless Route Description. Pfeile, Route und Karte. Als Basis dienen Karten von <i>OpenStreetMap</i> [Ope10b]	144
7.12	Visual Mapless Route Description. Nur Pfeile.	145
8.1	Microsoft-Windows-Explorer-Suchmaske [Mic10].	155
8.2	Venn-Diagramm für die logische Verknüpfung von Auswahlmengen	161

8.3	Screenshot <i>pho2map</i> – Venn-Diagramm	165
8.4	Screenshot <i>pho2map</i> – Geokarte	166
8.5	Screenshot <i>pho2map</i> – tabellarische Zeitkarte	167
8.6	Screenshot <i>pho2map</i> – Ähnlichkeitskarte	168
8.7	Screenshot <i>pho2map</i> – Dateibrowser mit Suchfeld	169
8.8	Screenshot <i>pho2map</i> – geclusterte Fotos auf Geokarte	169
8.9	Screenshot <i>pho2map</i> – Übersicht Fotoverwaltungstool	171

1 Motivation und Einleitung

Die vorliegende Arbeit befasst sich mit der Konzeption und der computergestützten Entwicklung interaktiver Karten für spezifische Interessen. Der Fokus liegt dabei auf Anwendungskontexten, die die Ausführung bestimmter Aufgaben einschließen, wie beispielsweise das *Navigieren* im Straßennetz oder das *Explorieren* eines organisierten Informationsraums.

Betrachtet man unterschiedliche Karten, hält man meist einige für besser gelungen als andere. Man geht bei der Beurteilung allerdings oft bereits von einem konkreten Kartennutzen aus, den die jeweils betrachteten Karten aus der eigenen Perspektive gut oder schlecht erfüllen. In Verbindung mit anwendungsorientierten Karten spielt daher der Begriff der Konzeption eine herausragende Rolle, denn Karten können bewusst so entworfen werden, dass sie für bestimmte Situationen interessante Informationen darstellen, vgl. [Zie10b].

Wegskizzen, die ein Freund für einen konkreten Zweck anfertigt, erachtet man oft als hilfreich. Ein großer Vorteil einer von einem Freund angefertigten Wegskizze ist, dass sie für die persönliche Nutzung konzipiert wurde. Bei ihrer Konzeption kann ein Freund an gemeinsames Wissen anschließen und somit stark komprimierte Darstellungen verwenden. Eine Person mit fehlendem Vorwissen kann dann aber aus der gleichen Skizze keinen Nutzen mehr ziehen. Da es im Rahmen der kommerziellen Produktion von Karten aber nahezu unmöglich ist, alle Nutzer – oder überhaupt auch nur einen Nutzer – in Bezug auf Vorwissen, Erfahrung und kulturelle Prägung vorab perfekt zu modellieren, werden mit kommerziellen Karten die Nutzer oft pauschal adressiert.

In Zusammenarbeit mit Steffen Bogen¹ und Ulrik Brandes² habe ich im Projekt „Visuelle Navigation“ ein Modell entwickelt, das die Kartenkonzeption zunächst weitestgehend von Nutzermodellen und unvorhersehbaren Umgebungseigenschaften trennt, vgl. [BBZ09]. Als wichtiger Ausgangspunkt werden für dieses Modell alle Repräsentationen von Orten und Ortsrelationen prinzipiell zur Gruppe der Karten gezählt, wobei sowohl geographische Relationen, wie beispielsweise geographische Entfernungen und Richtungen, als auch semantische Relationen, wie beispielsweise Verbindungen in einem Verkehrsnetz oder sequenzielle Ordnungs-

¹ Projekt „Visuelle Navigation“, Kunstgeschichte, Universität Konstanz.

² Projekt „Visuelle Navigation“, Algorithmik, Universität Konstanz.

relationen, berücksichtigt werden. Karten müssen dann nicht ausschließlich das Ergebnis kartographischer Abbildungen sein, sondern können mit konzeptionellen Überlegungen zu aufwändigeren geographischen Visualisierungen kombiniert werden, siehe Kapitel 4. Das Gebiet der geographischen Visualisierung ist zwischen der wissenschaftlichen Visualisierung und der Informationsvisualisierung zu verorten, vgl. [MS01].

Im ersten Teil der Arbeit werden die Konzeptionsschritte einer anwendungsorientierten Karte abstrakt beschrieben. Dabei wird im ersten Schritt der Anwendungskontext einer Karte auf eine sicher zunächst unvertraute Weise modelliert: Ausschließlich Orte und Ortsrelationen werden auf unterschiedlichen Ebenen des Anwendungskontextes erfasst. Mit diesem Modell wird aufgezeigt, wie Orte und Ortsrelationen, die auf mehreren unterschiedlichen Ebenen auftauchen, miteinander verknüpft werden können. Grundsätzlich wird von einem Interesse an Orten und Ortsrelationen und daraus hervorgehenden *Rechercheoperationen* ausgegangen. Im Fall der computerimplementierten Karte werden Informationen auf unterschiedlichen Ebenen repräsentiert. Für die Verarbeitung der Informationen müssen diese Repräsentationen bestimmte Anforderungen erfüllen: Damit die Informationen geeignet elektronisch verarbeitet werden können, sind algorithmische Fragestellungen zu lösen. Damit die Informationen geeignet visuell verarbeitet werden können, sind Studien über die visuelle und kognitive Verarbeitung von Informationen auszuwerten. Generell können ganz unterschiedliche Faktoren des Anwendungskontextes Einfluss auf die Verarbeitung der Informationen nehmen: die technische Laufzeitumgebung computerimplementierter Karten, das Zusammenspiel von Algorithmen und Datenstrukturen, die kognitive Verarbeitung sowie die individuellen Nutzereigenschaften und Umgebungseigenschaften. Neu entwickelte interaktiv spezialisierbare Karten zum Zweck der *Navigation* und *Exploration* dienen in den beiden praktisch ausgerichteten Teilen der Arbeit als Anwendungsdeemonstration des im ersten Teil abstrakt eingeführten Konzeptmodells.

Im zweiten Teil werden exemplarisch für den Bereich der Planung, Orientierung und Navigation zwei Anwendungskontexte entworfen und entsprechende Kartenbeispiele besprochen. Als erster Anwendungskontext wird die Navigationsplanung zu Fuß und mit der U-Bahn behandelt und verwandte Kartenkonzepte sowie das neu entworfene Layoutkonzept Map Warping in Verbindung mit dem Interaktionskonzept Warping Zoom und dessen prototypische Realisierung werden beschrieben. Als zweiter Anwendungskontext in diesem Bereich wird das Navigieren während der Autofahrt behandelt. Neben verwandten Navigationshilfen wird der neu entwickelte Navigationsdisplaymodus *NaviPIC* vorgestellt.

Im dritten Teil wird diskutiert, wie mithilfe von Karten Fotosammlungen verwaltet werden können. Hier steht im Vordergrund, Visualisierungen und Interak-

tionstechniken zu entwerfen, die beispielsweise die Vergabe gemeinschaftlicher Schlüsselwörter erleichtern. Nach der Beschreibung verwandter Anwendungstools wird das neu entwickelte Anwendungskonzept für den Fotobrowser *pho2map* sowie dessen prototypische Realisierung vorgestellt.

Die Zusammenfassung der Arbeit gibt einen abschließenden Überblick über die vorgestellten Kartenlösungen und ordnet diese in den Gesamtkontext der Arbeit ein.

Teil I

Konzeption anwendungsorientierter Karten

2 Aspekte anwendungsorientierter Karten

Um räumliche Operationen planen und ausführen zu können, werden bestimmte Informationen benötigt. Beispiele für solche räumlichen Operationen sind *das Navigieren mit dem Auto auf Straßen* oder *der Zugriff auf Dokumente in einem Dateisystem*. Das eigene Wissen reicht oft nicht aus, um sich die für das Ausführen der Operationen benötigten Informationen ableiten zu können. Auch die Informationen, die aus der überblickbaren Umgebung gewonnen werden können, sind meist nicht ausreichend. Um die Operationen dennoch informiert durchführen zu können, werden oft zusätzliche Informationsquellen genutzt, die die entsprechenden Informationen bereitstellen. In dieser Arbeit werden sowohl statische als auch dynamische Karten in ihrer Funktion als Informationsquelle analysiert und entworfen. Alle Karten, die für das Planen und Ausführen von räumlichen Operationen, d. h. für räumliche Zustandsänderungen von Objekten, genutzt werden, werden im Verlauf der Arbeit als *anwendungsorientierte Karten* bezeichnet. Um eine computerimplementierte Karte für eine solche Anwendung zu konzipieren, stellt sich zunächst die Frage, *wie* Karten als Informationsquelle überhaupt funktionieren.

„[...] there is no single correct scientific, or nonscientific, approach to how maps work“ [Mac04, S. 12].

In „How Maps Work“ diskutiert MacEachren verschiedene wissenschaftliche Perspektiven, die Karten zu erklären versuchen. Er stellt fest, dass vielen Ansätzen visuelle Kommunikationsmodelle zugrunde liegen, die den vielfältigen Gebrauchsmöglichkeiten von Karten nicht allumfassend gerecht werden können. So sollten Karten weniger als reine Kommunikationsträger von konkreten Nachrichten, sondern vielmehr als Träger mächtiger Repräsentationsformen von Informationen aufgefasst werden. MacEachren vertritt die These, dass dieses Konzept der Repräsentation allen Herangehensweisen zugrunde gelegt werden kann, vgl. [Mac04, S. 12]. Weiter führt er an, dass das Verständnis und die Interpretation einer Repräsentation – und somit auch einer Karte – abhängig sind von vielen unterschiedlichen Kontextaspekten, wie kultureller Prägung und erlernten Konventionen, individueller Bildung und Erfahrung sowie kognitiven Fähigkeiten. Je stärker bei der Konzeption einer Karte auf diese Kontextaspekte eingegangen wird, desto besser kann sie verstanden werden. Doch all diese Kontextaspekte einer Karte sind so komplex,