

Universität Trier  
Abteilung Kartographie

Andreas Müller

# Nutzerunterstützung in elektronischen, kartographischen Medien.

Ein Modell zur Entwicklung interaktiver Karten am Beispiel einer DV-gestützten Kartierung

Dissertation zur Erlangung des Grades Dr. phil.  
des Fachbereichs VI Geographie/Geowissenschaften  
der Universität Trier

vorgelegt am 15.8.2000

Erster Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. Jürgen Bollmann

Zweiter Berichterstatter: Univ.-Prof. Dr. Roland Baumhauer

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>EINLEITUNG</b> .....	<b>10</b>
1.1	Fragestellung und Gliederung der Arbeit .....	10
1.2	Forschungsrahmen der kartographischen Informationsverarbeitung .....	13
<b>2</b>	<b>PRÄSENTATION RAUMBEZOGENER INFORMATIONEN IN KARTOGRAPHISCHEN MEDIEN</b> .....	<b>20</b>
2.1	Grundlagen einer kartographischen Zeichentheorie .....	20
2.2	Modelle zur Herstellung von kartographischen Medien .....	29
2.2.1	Überblick zur Herstellung kartographischen Medien .....	29
2.2.2	Modell der Daten-Zeichen-Referenzierung .....	33
2.2.3	Karten-Referenzmodelle .....	38
2.3	Ausweisung einer kartographischen Medientaxonomie.....	42
2.3.1	Kriterien zur Differenzierung von Medien .....	42
2.3.2	Eigenschaften kartographischer Medien .....	46
2.4	Repräsentation des Geländes in kartographischen Medien.....	49
2.4.1	Arten von Geländeinformationen.....	50
2.4.2	Planimetrische Darstellung.....	52
2.4.3	Perspektivische Darstellung .....	53
<b>3</b>	<b>MODELLE DER NUTZUNG KARTOGRAPHISCHER MEDIEN</b> .....	<b>58</b>
3.1	Repräsentation und kognitive Verarbeitung visueller Informationen .....	58
3.1.1	Grundmodelle der Kognition.....	59
3.1.2	Höhere Modelle der Kognition.....	63
3.1.3	Visuelle Informationsverarbeitung als Erklärungsansatz der Kartennutzung .....	68
3.2	Kartographische Modelle des Nutzungsprozesses.....	71

<b>4</b>	<b>INTERAKTIVE KARTOGRAPHISCHE MEDIEN .....</b>	<b>80</b>
<b>4.1</b>	<b>Grundlagen Interaktiver Benutzerschnittstellen.....</b>	<b>80</b>
4.1.1	Grundlagen der Interaktion.....	81
4.1.2	Interaktionsformen in Softwaresystemen .....	84
4.1.3	Aktuelle Entwicklungen der Mensch-Computer-Interaktion .....	91
<b>4.2</b>	<b>Taxonomie interaktiver Bausteine für kartographische Medien .....</b>	<b>95</b>
<b>4.3</b>	<b>Werkzeuge zur Herstellung interaktiver kartographischer Medien .....</b>	<b>104</b>
<b>5</b>	<b>MODELLE ZUR UNTERSTÜTZUNG DER KARTENNUTZUNG .....</b>	<b>110</b>
<b>5.1</b>	<b>Unterstützungsfunktion von Medien .....</b>	<b>110</b>
<b>5.2</b>	<b>Ansätze zur Modellierung von Aufgaben der Kartennutzung .....</b>	<b>118</b>
<b>5.3</b>	<b>Das Modell der Arbeitsgraphik .....</b>	<b>123</b>
<b>6</b>	<b>MODELLIERUNG KARTOGRAPHISCHER ANWENDUNGSBEREICHE.....</b>	<b>130</b>
<b>6.1</b>	<b>Der Entwicklungsprozess multimedialer Kartensysteme .....</b>	<b>130</b>
<b>6.2</b>	<b>Phasen und Methoden des Entwicklungsprozesses zur Modellierung kartographischer Anwendungsbereiche.....</b>	<b>135</b>
6.2.1	Methoden zur Analyse von Anwendungsbereichen .....	135
6.2.2	Modellierung kartographischer Medien .....	145
<b>7</b>	<b>ANWENDUNG DES ENTWURFMODELLS AUF DIE BODENKUNDLICHE KARTIERUNG.....</b>	<b>152</b>
<b>7.1</b>	<b>Abgrenzung des Anwendungsbereichs.....</b>	<b>152</b>
7.1.1	Ablauf von Kartierverfahren.....	153
7.1.2	Varianten von Kartierverfahren .....	156
7.1.3	Zum Ablauf der Bodenkundlichen Kartierung .....	159

<b>7.2</b>	<b>Modellierung des Medieneinsatzes zur DV-gestützten Kartierung.....</b>	<b>164</b>
7.2.1	Analyse des Anwendungsbereiches.....	164
7.2.2	Modellierung der Medien und Interaktionen .....	165
<b>7.3</b>	<b>Entwurf eines Kartiersystems mit GISPAD .....</b>	<b>178</b>
<b>8</b>	<b>ZUSAMMENFASSUNG UND AUSBLICK .....</b>	<b>182</b>
<b>9</b>	<b>LITERATUR .....</b>	<b>184</b>

## **Danksagung**

Ich möchte an dieser Stelle all jenen Menschen danken, die mit ihrer Geduld und tatkräftigen Unterstützung zum Gelingen dieser Arbeit beigetragen haben.

Insbesondere danke ich Herrn Prof. Dr. Bollmann für die vielen Anregungen und Hinweise, die ich als Student und Mitarbeiter durch ihn erfahren habe. Ebenso geht mein Dank an alle Mitglieder der Abteilung Kartographie für deren kollegiale Zusammenarbeit.

Ganz besonders danke ich meiner Familie, die mir während der Zeit für diese Arbeit den Rücken frei gehalten hat, meinen Eltern, die mir durch ihr Vertrauen Mut und Kraft gegeben haben sowie meiner Frau und meinem Sohn für ihre Liebe und Zuneigung.

## Verzeichnis der Abbildungen

Abb. 1)	Allgemeines Kommunikationsmodell .....	14
Abb. 2)	Dimensionen der Kartennutzung .....	15
Abb. 3)	Prozess der kartographischen Informationsverarbeitung.....	16
Abb. 4)	Nutzersicht der kartographischen Informationsverarbeitung.....	17
Abb. 5)	Elemente kartographischer Medien .....	18
Abb. 6)	Entwicklersicht auf den kartographischen Informationsprozess.....	19
Abb. 7)	Triadische Relation nach Peirces .....	22
Abb. 8)	Assoziationen im kartographischen Zeichensystems.....	23
Abb. 9)	Analogien im kartographischen Zeichensystems.....	24
Abb. 10)	Definitionen im kartographischen Zeichensystems.....	25
Abb. 11)	Graphische Variablen für dynamische Daten.....	26
Abb. 12)	Aufbau eines <i>graphic script</i> .....	27
Abb. 13)	System der modalen Variablen.....	28
Abb. 14)	Traditionelle Kartenherstellung .....	30
Abb. 15)	Kartenherstellungsprozess .....	31
Abb. 16)	Herstellungsarten von Karten .....	32
Abb. 17)	Benutzeroberfläche der elektronischen Version des "Nationalatlas Bundesrepublik Deutschland" .....	32
Abb. 18)	Modell der Daten-Zeichen-Referenzierung .....	34
Abb. 19)	Parameter des kartographischen Daten- und Zeichenmodells .....	35
Abb. 20)	Attributverknüpfungen im kartographischen Datenmodell.....	36
Abb. 21)	Organisation des Datenzugriffs .....	38
Abb. 22)	Relationenschema zum Karten- Referenzmodell.....	39
Abb. 23)	Datendefinition und Auswahl des Kartentyps im Prototypen "Zeichenreferenzierung" .....	39
Abb. 24)	Pseudo-Code zur Kartenkonstruktion .....	40
Abb. 25)	Berücksichtigung der Legende im Karten-Referenzmodell .....	41
Abb. 26)	Ausschnitt aus dem ArcView -Kartenmodell .....	41
Abb. 27)	Primäre, sekundäre und tertiäre Medien.....	43
Abb. 28)	Allgemeine Medientaxonomie.....	45
Abb. 29)	Diagramme und Netze.....	46
Abb. 30)	Abbildungseigenschaften kartographischer Medien.....	47

Abb. 31)	Medien innerhalb der kartographischen Medientaxonomie .....	48
Abb. 32)	Übersicht der Darstellungsmethoden für Kontinua .....	49
Abb. 33)	Struktur von Beschreibungsparametern der Darstellungsformen des Geländes.....	51
Abb. 34)	Verbesserung des plastischen Eindrucks durch Beleuchtungsvariation.....	53
Abb. 35)	Beispiel für die Verwendung von VR zur Darstellung von Messgrößen .....	56
Abb. 36)	Systemmodell der Kognition .....	59
Abb. 37)	Visuelle Informationsverarbeitung.....	60
Abb. 38)	Working Memory Modell.....	60
Abb. 39)	Gedächtnistypen.....	61
Abb. 40)	Allgemeines Prozessmodell der Kognition .....	62
Abb. 41)	Problemlösen als kognitiver Makroprozess.....	64
Abb. 42)	Allgemeines Problemlösungsverfahren .....	65
Abb. 43)	Tätigkeitssystem.....	66
Abb. 44)	Hierarchische Ebenen der Tätigkeit.....	67
Abb. 45)	Beispiel für die Wirkung von Farbe als <i>Pop-out</i> Effekt.....	69
Abb. 46)	Vorlagen und Ergebnisse eines <i>chunking</i> -Tests.....	70
Abb. 47)	Beispiele für georäumliche Mustertypen (Choreme) .....	71
Abb. 48)	Frageraster zur Auswertung von Karten .....	72
Abb. 49)	Gliederung und Vorgehensweise zur Karteninterpretation.....	73
Abb. 50)	Methodenbereiche der Kartenanalyse .....	74
Abb. 51)	Aufgaben der Kartennutzung.....	75
Abb. 52)	Wahrnehmungszyklus .....	76
Abb. 53)	Operationssequenzen in den kartographischen Wahrnehmungsräumen .....	79
Abb. 54)	Räume innerhalb von Multimedia .....	81
Abb. 55)	Adaptivität, Reaktivität und Navigabilität als Dimensionen des Ereignisraumes.....	83
Abb. 56)	Code-Beispiel zur Ereignisauswertung .....	86
Abb. 57)	Beispiel zur Ereignisverwaltung eines Joysticks (in VisualBasic unter Windows95) .....	88
Abb. 58)	Beispiele für die Umsetzung von Interaktionsaufgaben .....	90
Abb. 59)	Einordnung der Forschungsbereiche zur Adaptivität und Mobilität von Computersystemen .....	92
Abb. 60)	Entwurfsschema des <i>Map-Objects</i> als zentrale Komponente einer multimedialen, elektronischen Karte.....	96
Abb. 61)	Taxonomie möglicher Interaktionsaufgaben mit Karten.....	97
Abb. 62)	Standort und Perspektive des Betrachters bei der Zoomfunktion .....	98
Abb. 63)	<i>Object Sign</i> zu einer kartometrischen Eingabe zur Bestimmung von Distanzen .....	98

Abb. 64)	<i>GhostSigns</i> auf einem Satellitenbild auf Basis einer <i>HTML-ImageMap</i> .....	99
Abb. 65)	Kartenrahmen als interaktives Zeichen.....	100
Abb. 66)	Mögliche Interaktionsbeziehungen zwischen Kartenzeichen und Kartenelementen .....	101
Abb. 67)	Zeichenelemente interaktiver Kartengraphik.....	102
Abb. 68)	Interaktionsmodell für Kartenobjekte .....	103
Abb. 69)	Topologien von Programmiersprachen.....	105
Abb. 70)	Client-Server-Architekturen für WWW-basierte Kartographie.....	106
Abb. 71)	Kognitive Funktionen von Bildern .....	111
Abb. 72)	Abbildung kognitiver Medientypen auf physikalische Medien.....	112
Abb. 73)	Gegenstandsbereiche der Aufgabenanalyse .....	113
Abb. 74)	Übersicht der Methoden zur Aufgabenanalyse .....	113
Abb. 75)	Konzeptionelle Architektur eines Intelligenten Multimedia-Präsentationssystems (IMMPS) .....	115
Abb. 76)	Schema der <i>visual tasks</i> zur automatischen Diskurserzeugung .....	117
Abb. 77)	Operationale Ebene der Exploration.....	119
Abb. 78)	Aufgabenmodell .....	120
Abb. 79)	Definition und Gliederung von Identifizierungs- und Klassifizierungsaufgaben .....	122
Abb. 80)	Definition und Gliederung von Lokalisierungs- und Vergleichsaufgaben .....	122
Abb. 81)	Definition und Gliederung von Verknüpfungsaufgaben.....	123
Abb. 82)	Abbildungsformen und Vorgänge der georäumlichen Erkenntnisbildung.....	124
Abb. 83)	Informationsentnahme aus Karten.....	125
Abb. 84)	Einsatzbereiche graphischer Aktionsformen.....	127
Abb. 85)	Informationsveränderung durch Anwendung von Arbeitsgraphik in Medien.....	127
Abb. 86)	Beziehungseigenschaften von Medien auf der Basis von Interaktionen.....	128
Abb. 87)	Übersicht zu Bereichen von Arbeitsgraphik .....	129
Abb. 88)	Phasen des Sequential Life-Cycle .....	131
Abb. 89)	Prototypen-Lebenszyklus .....	132
Abb. 90)	Globales Ablaufschema für die Multimedia-Produktion.....	133
Abb. 91)	Phasen der Systementwicklung.....	134
Abb. 92)	Anwendungsbereiche von Karten- und Mediensystemen .....	136
Abb. 93)	Zuordnung der Tätigkeit zu Anwendungsbereichen.....	138
Abb. 94)	Ableitung eines Karten-Objekt-Modells aus dem Datenmodell des Anwendungsbereiches .....	146
Abb. 95)	Notation von Systemhandlungen.....	147
Abb. 96)	Ableitung eines Informationsmodells .....	147

Abb. 97)	Notation von Informationsstrukturen .....	148
Abb. 98)	Ableitung eines Modells der Interaktion .....	149
Abb. 99)	Notation von Interaktionen zu einer Aufgabe .....	149
Abb. 100)	Notationsbeispiele für Interaktionsformen in kartographischen Medien .....	150
Abb. 101)	Notation des <i>Abstract Data View</i> einer interaktiven Karte.....	151
Abb. 102)	Phasen einer Feldforschungsaufgabe .....	153
Abb. 103)	Informationsfluss bei der Datenerhebung .....	155
Abb. 104)	Konzeptionelles Schema zur Unterstützung der Datenerhebung.....	156
Abb. 105)	Varianten der Stichprobenauswahl.....	158
Abb. 106)	Auswahl von Probenahmepunkten zur Schadstoffmessung .....	159
Abb. 107)	Skizze zur Rasterkartierung.....	160
Abb. 108)	Skizze zur Grenzlinienkartierung .....	160
Abb. 109)	Skizze zur Catenenkartierung.....	161
Abb. 110)	Skizze zur luftbildgestützten Kartierung .....	161
Abb. 111)	Bildung von Kartiereinheiten durch Verschneidung .....	162
Abb. 112)	Ablaufschema der Messnetzplanung.....	163
Abb. 113)	Bodenkundliches Datenmodell .....	166
Abb. 114)	Aufgabenmodell zur Bodenkundlichen Kartierung .....	168
Abb. 115)	Informationsstruktur "Orientierung im Raum" .....	170
Abb. 116)	Informationsstruktur "Fachliche Orientierung" .....	170
Abb. 117)	Informationsstruktur "Aufnahme durch Beobachtung" .....	171
Abb. 118)	Informationsstruktur "Verortung der Probestelle".....	171
Abb. 119)	Informationsstruktur "Profilansprache" .....	171
Abb. 120)	Informationsstruktur "Flächenbildung" .....	172
Abb. 121)	Reliefparameter Neigung und Exposition als thematische Schichten .....	173
Abb. 122)	Interaktionsmodell "Orientierung im Raum" .....	174
Abb. 123)	Interaktionsmodell "Fachliche Orientierung" .....	175
Abb. 124)	Interaktionsmodell "Aufnahme durch Beobachtung" .....	175
Abb. 125)	Interaktionsmodell "Verortung der Probestelle" .....	176
Abb. 126)	Interaktionsmodell "Profilansprache" .....	176
Abb. 127)	Interaktionsmodell "Flächenbildung" .....	177
Abb. 128)	Systemmodell der Kartiersoftware GISPAD.....	178
Abb. 129)	Formularfenster mit Schlüsselliste.....	179
Abb. 130)	GISPAD-Kartenfenster mit gescannter Kartierskizze.....	179
Abb. 131)	Verwendung der Online-Hilfefunktion und Berechnungshilfen in HTML.....	180

---

# 1 Einleitung

---

Die Kartographie gehört zu den grundlegenden Techniken menschlicher Kommunikationskultur. Die Karte, als ihr wichtigstes Produkt, ist Mittel zur Dokumentation politischer Gewalt, zur Planung menschlichen Handelns und zur Orientierung und Navigation des Menschen im Raum (Freitag 1972, 1980b). Mit der Entstehung elektronischer Medien wird ein Wandel der gesellschaftlich verankerten Kommunikationskultur prognostiziert (Harms; Luckhardt 1998), der mit dem Aufkommen einer Vielzahl von neuen Techniken und Werkzeugen auch die Herstellung, Verbreitung und Nutzung kartographischer Produkte betreffen wird. Es kann davon ausgegangen werden, dass nicht länger Karten, sondern kartographische Systeme mit elektronischen interaktiven Karten in zum Teil neuen Anwendungsbereichen eingesetzt werden (Bollmann 1996b).

Für die Kartographie entsteht hieraus die Frage, wie solche kartographischen Systeme entwickelt werden müssen, um den Anforderungen aus Technik und Anwendung gerecht zu werden. Zur Überprüfung und Weiterentwicklung des bestehenden methodischen Wissens der kartographischen Wissenschaft hinsichtlich dieser Anforderungen sind demnach zwei Perspektiven notwendig. Zum einen im Hinblick auf die Übertragbarkeit neuer Technologien in die Kartographie, z.B. zur Nutzung von Multimedia, Internet und Virtueller Realität (VR), zum anderen hinsichtlich der Nutzer solcher Systeme, deren Anforderungen aus z.T. neuen Einsatzfeldern Berücksichtigung finden müssen.

Im Rahmen dieser Arbeit sollen verschiedene Ansätze und Methoden zur Entwicklung kartographischer Systeme diskutiert werden, die zum derzeitigen Zeitpunkt geeignet scheinen, beide Perspektiven zu berücksichtigen. Auf dieser Grundlage soll ein Entwicklungsmodell kartographischer Medien vorgestellt und anhand der geowissenschaftlichen Kartierung dessen Anwendungsmöglichkeiten aufgezeigt werden.

## 1.1 *Fragestellung und Gliederung der Arbeit*

Kartographische Kommunikation kann als die Vermittlung raumbezogener Informationen in spezifischen Handlungszusammenhängen menschlicher Tätigkeiten definiert werden (Tainz 1997). Einerseits können aus dem aktuellen Stand der allgemeinen Kommunikationstechnologie Rahmenbedingungen abgeleitet werden, innerhalb derer neue Kommunikationsformen gestaltet werden können. Andererseits können weitere Rahmenbedingungen abgeleitet werden, die den Menschen als Nutzer der Kommunikationsmedien betreffen und seine Handlungsziele und Leistungsmöglichkeiten bei der Informationsvermittlung betreffen.

Die Fragestellung dieser Arbeit umfasst die Aspekte einer Integration der aktuellen technischen Rahmenbedingungen kartographischer Kommunikation und des aktuellen Forschungsstands der Nutzung kartographischer Medien. Das Ziel der Arbeit ist die Formulierung eines Entwicklungsmodells zur Herstellung von interaktiven kartographischen Systemen, das geeignet ist, die Anforderungen aus den genannten Bereichen umzusetzen. Dabei wird zu überprüfen sein, ob sich solche Modelle im Rahmen von konkreten Entwicklungen

bewähren. Im Rahmen dieser Arbeit soll das Konzept und der Prototyp eines Systems zur DV-gestützten Kartierung vorgestellt werden, um beispielhaft den Einsatz von Methoden entsprechend des Entwicklungsmodells aufzuzeigen.

Dies geschieht vor dem Hintergrund der gegenwärtigen Defizite im Entwicklungsbereich raumbezogener Informationssysteme, die sich vor allem durch folgende Eigenschaften manifestieren:

- Die Herstellung von Kartensystemen vollzieht sich ad hoc und werkzeugbezogen, d.h. aufgestellte Konzeptionen liefern, wenn sie überhaupt formuliert werden, wenige übertragbare Erkenntnisse, sondern berücksichtigen die Funktionalitäten der zur Herstellung benutzten Programmierumgebungen.
- Traditionelle Herstellungsverfahren und ihre Methodiken funktionieren unter den aktuellen Bedingungen der kartographischen Kommunikation nicht mehr, bzw. können nicht mehr uneingeschränkt angewandt werden, da sie nicht alle konzeptionellen Bereiche elektronischer kartographischer Medien umfassen.

Der Herstellungsprozess kann als ad hoc bezeichnet werden, da eine allgemeine Methodik zur Entwicklung nicht zur Verfügung steht und daher eine Vorgehensweise gewählt werden muss, die auf kurzfristige, den konkreten Entwicklungsumständen angepasste Lösungen abstellt. Diese Vorgehensweisen sind stark von den eingesetzten Entwicklungswerkzeugen geprägt und die in diesem Rahmen entwickelten Lösungen nur unter dem Einsatz derselben Werkzeuge wiederholbar.

Traditionell können diejenigen kartographischen Verfahren genannt werden, die eine Herstellung von Karten im Sinne des Auflagedrucks zum Gegenstand haben. Die hierbei verwendeten Gestaltungsprinzipien gelten nicht ohne weiteres innerhalb der Kommunikationssituation zwischen Nutzer und DV-System, dessen graphische und funktionale Eigenschaften erhebliche Unterschiede zur Papierkarte aufweisen.

Vielmehr wird ein allgemeines kartographisches Entwicklungsmodell benötigt, das die Konzeption und Herstellung elektronischer und interaktiver Karten so weit wie möglich unabhängig von einer verwendeten Technik macht, die Eigenschaften moderner Kommunikationstechnologien aber berücksichtigt.

Ein allgemeines kartographisches Entwicklungsmodell könnte auch hinsichtlich der Lehre und Ausbildung innerhalb der Kartographie neue Perspektiven bieten. Neben die Vermittlung werkzeugspezifischer Kenntnisse könnte eine Methodenlehre treten, die übergeordnete Modellierungstechniken zu vermitteln in der Lage ist. Bei den derzeit vorherrschenden Entwicklungszyklen im Bereich der Informationstechnologie (IT) können während der Ausbildungszeit erlernte DV-Werkzeuge bereits nach der Ausbildung überholt sein. Zudem wird der Markt an Kommunikationsplattformen immer breiter und die hierfür benötigten Entwicklungswerkzeuge vervielfachen und spezialisieren sich.

In dieser Arbeit sollen die Theorien und Ansätze diskutiert werden, die es erlauben, ein allgemeines, werkzeug-unabhängiges Modell zur Entwicklung elektronischer kartographischer Medien aufzustellen. Dabei sollen mögliche Alternativen eines solchen Modells und der jeweils zugrundeliegenden Methodik vorgestellt und hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit beurteilt werden. Wo es sinnvoll erscheint, werden spezifische Grundlagen, Entwicklungen und Anforderungen diskutiert, die mit dem Anwendungsbereich der Kartierung in Zusammenhang stehen, an deren Beispiel der Einsatz des Entwicklungsmodells vorgestellt werden.

In diesem Rahmen werden die Ansätze der kartographische Semiotik als Grundlage einer Daten-Zeichen-Referenzierung innerhalb des Kapitels 2 diskutiert. Dies geschieht vor dem

Hintergrund, die Herstellung kartographischer Medien auf eine zeichentheoretische Basis zu stellen und die Ableitung einer Medientaxonomie zu ermöglichen. Die Medientaxonomie dient der Einordnung kartographischer Medien und ihrer Abbildungs- oder Repräsentationseigenschaften innerhalb einer allgemeinen Medientaxonomie. Ein besonderes Augenmerk wird der Geländedarstellung gewidmet (Kapitel 2.4), da diese für Kartierung besonders bedeutsam ist und hier relevante neue Entwicklungen durch VR-Techniken berücksichtigt werden sollen.

Da die Herstellung und Nutzung kartographischer Medien nicht länger getrennt zwischen Kartograph und Nutzer abläuft, sind neue Fragen der Nutzung für Konzeption von Kartensystemen relevant, die in Kapitel 3 diskutiert werden: Was können Nutzer mit Kartensystemen tun, welche Leistungen haben sie hinsichtlich der Wahrnehmung und kognitiven Verarbeitung von Information, welche Möglichkeiten bieten Karten zur Bearbeitung von Aufgaben oder zur Problemlösung? Ziel ist es, den Nutzungsprozess zu beschreiben und ihn in einem Modell abbilden zu können, das bei der Entwicklung von Kartensystemen eingesetzt werden kann.

Der wesentliche Vorteil der IT ist der flexible Einsatz von Medien durch die Interaktion zwischen Mensch und Maschine, wofür Bolmann (1996) den Begriff "Bildschirmkommunikation" geprägt hat. Innerhalb des Kapitels 4 soll aufgezeigt werden, welche neuen Entwicklungen im Rahmen interaktiver Benutzerschnittstellen relevant für die Kommunikation raumbezogener Informationen sind. Ein wesentliches Ziel ist es, Modelle der Interaktion mit Karten zu definieren. Hierzu wird eine Unterscheidung zwischen Eingabeaktionen und graphischen Reaktionen berücksichtigt, die gleichfalls semiotisch begründet werden kann. Des Weiteren soll die Aufstellung von Werkzeugkategorien aufzeigen, welche Hilfsmittel zur Entwicklung von interaktiven kartographischen Systemen im allgemeinen und von Kartiersystemen im besonderen zur Verfügung stehen.

Als Konsequenz der dargestellten Erkenntnisse werden in Kapitel 5 neue Formen kartographischer Medien diskutiert werden, die eine Unterstützung des Nutzers zum Gegenstand haben. Zentrale Fragen sind hierbei, wie kartographische Medien den Nutzer bei der Bewältigung seiner Aufgaben unterstützen können und in welcher Form Arbeitsabläufe mit Hilfe der Medien abgebildet werden können. Hierzu werden, neben grundlegenden Erkenntnissen aus der Multimedia-Didaktik, vor allem auch Möglichkeiten für eine wissensbasierte Unterstützung vorgestellt. Das Modell der Arbeitsgraphik wird hierbei als übergeordneter und integrierender Ansatz diskutiert.

Kapitel 6 ist der Auswahl und Diskussion der Methoden gewidmet, die in einem Entwicklungsmodell für kartographische Systeme eingesetzt werden können. In diesem Rahmen werden Varianten der Software- und Multimedia-Entwicklung diskutiert, die bereits in anderen Bereichen erfolgreich verwendet werden. Schließlich wird ein Phasenmodell aufgestellt und mögliche methodische Vorgehensweisen vorgestellt, die eine nutzergerechte Entwicklung kartographischer Systeme ermöglichen soll.

Letztendlich wird in Kapitel 7 die Übertragung der Erkenntnisse auf die Konzeption eines kartographischen Systems zur DV-gestützten bodenkundlichen Kartierung beschrieben. Hierzu wird der Prototyp solchen Systems vorgestellt. Dies geschieht unter Anwendung und Skizzierung der Phasen und Methoden des Entwicklungsmodells. Anschließend werden die Ergebnisse der Konzeption und der Implementierung des Prototypen mit einem ausgewählten Entwicklungswerkzeug diskutiert.

## **1.2      *Forschungsrahmen der kartographischen Informationsverarbeitung***

Der Begriff kartographische Informationsverarbeitung kann zunächst als informationstechnischer Begriff verstanden werden, der die Erfassung, Verwaltung und Ausgabe raumbezogener Daten in Informationssystemen, z.B. in Geo-Informationssystemen, umfasst. Da auch von Seiten der Psychologie die kognitiven Prozesse der menschlichen Wahrnehmung als Informationsverarbeitung aufgefasst werden, und die Nutzung kartographischer Medien in DV-Umgebungen sich erheblich von einer traditionellen Kartennutzung unterscheiden, ist es sinnvoll, die Kommunikationsmodelle der Kartographie neu zu betrachten. Einerseits basieren die heute verbreiteten Kommunikationsmodelle weitgehend auf Erkenntnissen, die vor der sogenannten kognitiven Wende aufgestellt wurden. Andererseits gehen diese von der Karte als statisches, gedrucktes Bild aus, dessen Herstellung und Nutzung den Prinzipien der Kommunikation von Massenmedien entspricht.

Mit der Verbreitung von Geo-Informationssystemen, elektronischen Karten, etc. haben sich sowohl Herstellung wie Nutzung von Karten stark verändert. An die Stelle der Karte sind vielfältige Mediensysteme getreten, in denen der Nutzer eine starke, mediengestaltende Aufgabe erhalten kann. Die Herstellung solcher Systeme bezieht sich nicht mehr auf die Karte, sondern umfasst vielmehr die Konzeption und Herstellung von Systemen zur Kartenutzung. Diese Situation muss von einem kartographischen Kommunikationsmodell berücksichtigt werden.

Warum überhaupt Kommunikationsmodelle ? Aus wissenschaftstheoretischen Überlegungen heraus ersetzen solche Modelle keine Theorien, da sie keine überprüfbaren Aussagen enthalten, sie helfen aber den Gegenstandsbereich zu strukturieren, von unwichtigen Aspekten zu abstrahieren und somit Forschungsfragen zu formulieren (Maletzke 1998). Aus diesem Grund spiegeln die Kommunikationsmodelle der verschiedenen Disziplinen unterschiedliche Sichtweisen und vorherrschende Theorieansätze wider, woraus wiederum voneinander abweichende Definitionen der zentralen Begriffe entstehen.

Im folgenden soll daher versucht werden die zentralen Begriffe voneinander abzugrenzen und die für die Kartographie wichtigen Modelle aufzuzeigen. Die Vorstellung eines neuen Modells der integrierten Herstellung und Nutzung von Karten soll dem aktuellen Forschungsrahmen dieser Arbeit Rechnung tragen.

Da gleich mehrere Wissenschaftsdisziplinen auf Modellen der Informationsverarbeitung und der Kommunikation basieren, ist die Definition der zentralen Begriffe in diesem Bereich inhomogen. Dies ist insofern bedauerlich, als hierdurch ein Austausch von Erkenntnissen zwischen den Disziplinen erschwert wird.

Historisch gesehen dürfte die Informationstheorie nach Shannon als erste grundlegende Theorie der Kommunikation für Disziplinen wie die Informatik (Luft; Kötter 1994), die Semiotik (Eco 1972/1994), die Kommunikationswissenschaften (Maletzke 1998) und eben auch der Kartographie (Bollmann 1977) angesehen werden (vgl. Allgemeines Kommunikationsmodell (nach Maletzke 1998). Eine Definition von Kommunikation auf diesem Informationsbegriff führt aber in weitere begriffliche Schwierigkeiten, zumal sie auf den Menschen angewandt, wegen ihrer behavioristischen Sicht, die Kommunikation auf die Erklärung von Reiz-Reaktions-Verhalten beschränkt (Maletzke 1998).

## Kartographische Kommunikationsmodelle

Ein Kommunikationsmodell kann in zweierlei Hinsicht ausgerichtet sein. Als Prozessmodell definiert es die Phasen, aus denen ein Kommunikationsvorgang aufgebaut ist. Als Systemmodell definiert es die Komponenten, die an diesem Vorgang beteiligt sind (Heidmann 1999).

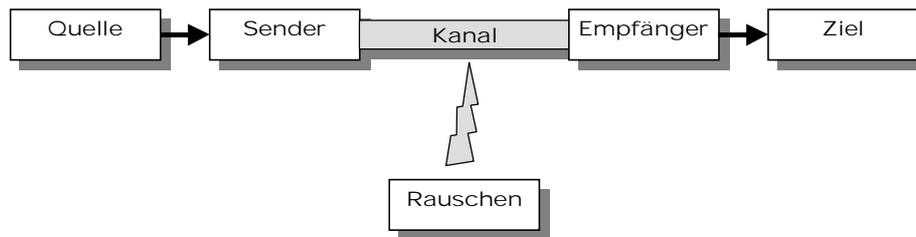


Abb. 1) Allgemeines Kommunikationsmodell  
(nach Maletzke 1998)

---

Das aus der Informationstheorie von Shannon und Weaver stammende Systemmodell mit der Unterscheidung von Sender, Kanal und Empfänger ist quasi der Urtyp aller Kommunikationsmodelle. In der Kartographie wurden auf dieser Basis eigene Modelle entwickelt, die, z.T. sehr komplex, den Kartographen als Sender und den Nutzer als Empfänger ansahen, deren Kommunikationsmedium die Karte darstellt. Auf diese Weise kann die Kommunikation entsprechend der semiotischen Zeichentheorie erklärt werden (Board 1967, Kolácný 1970). Eine erfolgreiche Kommunikation ist nach diesem Modell gegeben, wenn möglichst alle Informationen, die vom Kartographen enkodiert worden sind, vom Nutzer der Karte wieder dekodiert werden können. Daraus resultierend verlegte sich kartographische Forschung darauf, die Informationsübertragung empirisch zu überprüfen, wobei der Schwerpunkt der Untersuchungen auf der Überprüfung von Zusammenhängen der Wahrnehmungsleistungen und den syntaktischen Eigenschaften der Kartographie lag (Koch 1993, Tainz 1997).

Das Modell sieht jedoch nicht vor, den Handlungszusammenhang der Kartennutzung oder das Vorwissen eines Nutzers zu berücksichtigen. Da durch die Erkenntnisse im Bereich der Kognitionswissenschaften Wahrnehmungsvorgänge unter Berücksichtigung der Ziele und Situationen des Wahrnehmenden erklären werden, muss von einem erweiterten Kommunikationsmodell ausgegangen werden, dass zudem auch den neuen Nutzungsformen von interaktiven und dynamischen Karten Rechnung tragen muss.

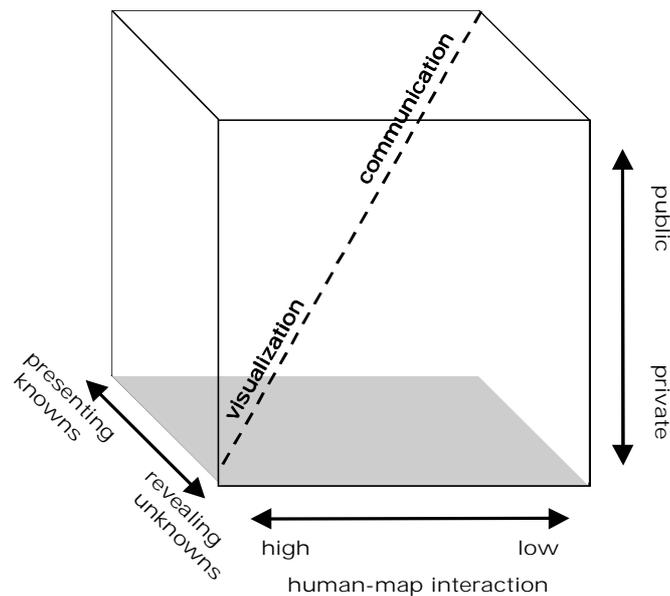


Abb. 2) Dimensionen der Kartennutzung  
(nach MacEachren 1995)

MacEachren zeigt in seinem mittlerweile weit verbreiteten Ansatz die unterschiedlichen Dimensionen der Kartennutzung auf (MacEachren 1995, Kraak 1998; Heidmann 1999). Seine Auffassung von Kommunikation beschreibt die Karte als Massenmedium, z.B. in Form traditioneller topographischer Karten. Demgegenüber stellt er die Visualisierung, bei der die Karte am Bildschirm erzeugt wird. In seinem Kubus ist Kommunikation durch folgende Nutzungseigenschaften gekennzeichnet:

- die Kartennutzung erfolgt öffentlich, d.h. die Karte ist für ein großes Publikum konzipiert,
- der Grad der Interaktion ist gering und beschränkt sich im wesentlichen auf die visuelle Informationsentnahme,
- der Karteninhalt zeigt "bekannte", vom Kartographen ausgewählte Sachverhalte.

Visualisierung beschreibt Karte als individuelles Medium eines Nutzers, der sie auch selbst herstellt. Die Nutzungseigenschaften kennzeichnen Visualisierung wie folgt:

- die Kartennutzung erfolgt privat, d.h. die Karte ist für einen einzigen Anwender konzipiert,
- der Grad der Interaktion ist hoch, ermöglicht durch zahlreiche DV-basierte Hilfsmittel,
- der Karteninhalt zeigt "unbekannte", aus den Daten und Bearbeitungsschritten resultierende Sachverhalte.

Da Kommunikation auch im Rahmen der Bildschirmarbeit mit Geo-Informationssystemen als eine Form der Mensch-Maschine-Kommunikation stattfindet, ist der Begriff unglücklich gewählt. Das Modell von MacEachren zeigt jedoch deutlich, welchem Anspruch ein Kommunikationsmodell heute gerecht werden muss. Die unterschiedlichen, möglichen Nutzungssituationen von Karten bilden den Rahmen, innerhalb dessen mit Karten kommuniziert werden kann.

Der Forschungsrahmen dieser Arbeit soll daher durch ein Schema kartographischer Informationsverarbeitung aufgezeigt werden, das Kommunikation in diesem erweiterten Kontext beschreibt.

### Der Prozess der kartographischen Informationsverarbeitung

Der Informationsprozess nimmt aus der Sicht der Kartographie, gerade unter den aktuellen Bedingungen der Bildschirmkommunikation, eine Sonderstellung unter den gängigen Kommunikationsmodellen ein. Kommunikationswissenschaftler und Medienpsychologen haben im wesentlichen das Phänomen der Massenkommunikation zum Forschungsgegenstand (Jäckel 1999). Die Kommunikation ist dadurch gekennzeichnet, dass bestimmte Personen als Sender, unter der Vorgabe einer bestimmten Botschaft, andere Personen als Empfänger erreichen und von diesen nur eingeschränkt Rückmeldungen erhalten. Bei der Kommunikation mit elektronischen kartographischen Medien kann aber, unter den geschilderten Bedingungen, davon ausgegangen werden, dass Sender und Empfänger identisch sind. In diesem Fall fände Kommunikation *face to file*, also zwischen Mensch und Maschine statt (Harms; Luckhardt 1998).

Nicht zuletzt deshalb erscheint es sinnvoll, den Kommunikationsprozess als Informationsprozess zu beschreiben, der den Menschen mit seinem Wissen und seinen Handlungen in den Mittelpunkt der Betrachtung stellt. Aus Sicht der Kartographie muss dieser Informationsprozess daraufhin untersucht werden, wie Daten in einem Medium abgebildet werden und wie der Mensch als Nutzer des Mediums Handlungen plant, durchführt und das hierzu benötigte Wissen erlangt, bzw. erweitert.

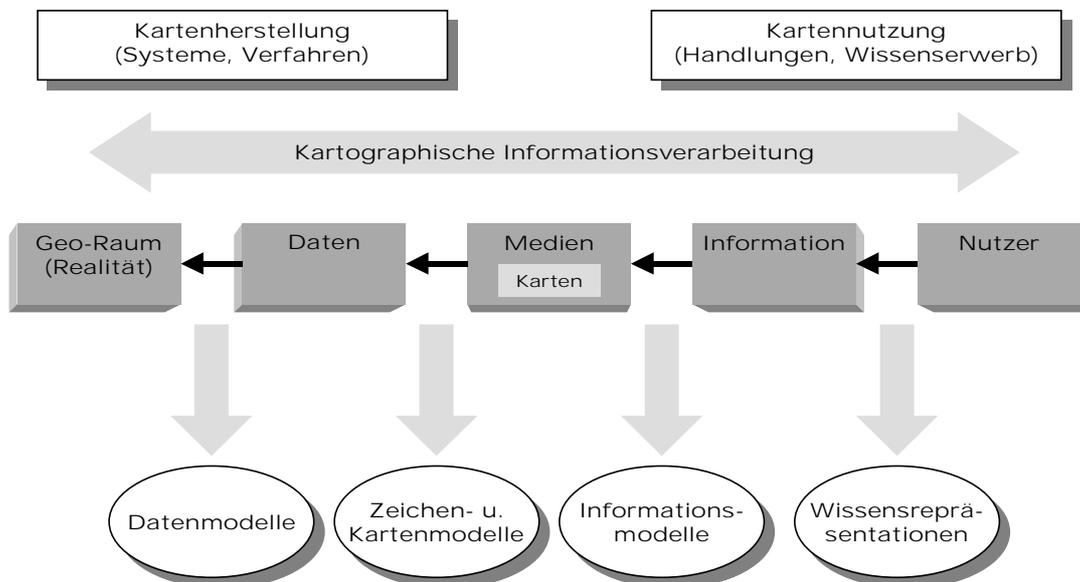


Abb. 3) Prozess der kartographischen Informationsverarbeitung

Eine Darstellung des Prozesses als lineare Abfolge bringt zum Ausdruck, dass die Realität zunächst durch Daten abgebildet werden muss, um diese als Informationen aus einem Medium entnehmen zu können. Dazu wird der Mensch einerseits hinsichtlich seiner Handlungen

gen betrachtet, über die Informationen zielgerichtet, d.h. auf das Ziel einer geplanten Handlung hin, dem Medium entnommen werden. Andererseits wird durch die Mediennutzung auch neues Wissen erworben. Die Abbildung der Realität durch Daten erfolgt auf der Basis von Modellen, die Kategorien und Attribute vorgeben, um Daten erheben und gegebenenfalls aufbereiten, transformieren und inter- oder extrapoliert zu können, bis sie einem vorgegebenen Erkenntnisziel genügen. Die Bedeutung der Datenmodelle im kartographischen Kommunikationsprozess stellt Lechthaler (1999) dar. Sie bestimmen neben dem repräsentierenden Kode des Mediums im wesentlichen die Qualität der Informationsvermittlung.

Karten- und Zeichenmodelle umfassen hingegen die Referenzierungsregeln zur Zuordnung von graphischen Variablen und Datenmerkmalen. Sie gewährleisten, dass Informationen über georäumliche Objekte und deren Beziehungen aus der Graphik ableitbar sind. Hierauf wird in Kapitel 2 der Arbeit Bezug genommen. Dieser Prozess ist nicht allein durch die graphische Gestaltung, sondern auch durch die kognitiven Leitungen des Menschen bestimmt (Kapitel 3). Darüber hinaus spielen in interaktiven Medien die Funktionen zur Unterstützung der Informationsentnahme und zur Abbildung von Handlungen und Operationen mit dem Medium eine wichtige Rolle. Die Grundlagen dazu werden in Kapitel 4 und 5 erörtert.

Allerdings erfasst die lineare Darstellung in Abb. 3) nicht alle Austauschbeziehungen des Informationsprozesses, weshalb es notwendig ist, eine neue Anordnung der Elemente vorzunehmen, um andere Zusammenhänge herausstellen zu können (vgl. Abb. 4).

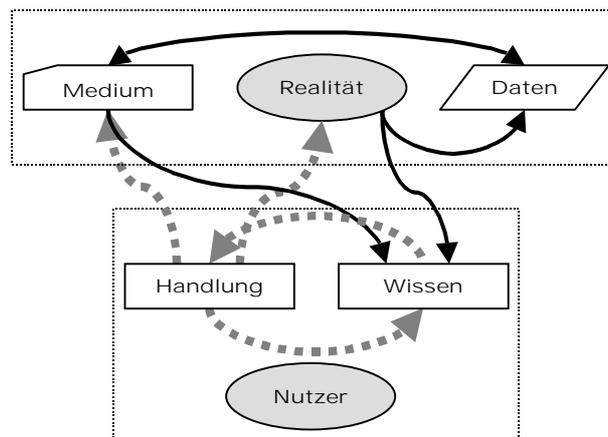


Abb. 4) Nutzersicht der kartographischen Informationsverarbeitung

Dabei sollte der Mensch in seinem Denken und Handeln sowohl in Auseinandersetzung mit der Realität und mit dem Medium verstanden werden, was zwei Relationen im Schema der Informationsverarbeitung impliziert. Zum einen führt die Informationsentnahme aus dem Medium zu Wissen, zum anderen ist der Wissenserwerb direkt aus der Realität möglich. Dies ist z.B. bei der Kartierung der Fall, wo die Handlungen als Interpretation sowohl der Karte, als auch des Geländes ausgeführt werden. Dies betrifft in gleichem Maße die Datenerfassung. Allerdings ist es auch möglich, das neue Wissen auch aus dem Denken folgen kann, wobei Denken in dem Schema (Abb. 4), als transzendentes Handeln zu verstehen wäre (Seiffert; Radnitzky 1992), das ohne den "Umweg" über die Entnahme von Informationen aus Karte oder Realität Wissen erzeugt (Bollmann; Uthe 2000).

Da der Medienbegriff in diesem Schema dem Begriff Karte der Vorzug gegeben wurde, ist es notwendig, diesen an dieser Stelle zumindest einzugrenzen und zu begründen, dass der Begriff der Karte nicht geeignet ist, alle Medien zur Kommunikation raumbezogener Informationen zu vertreten. Vielmehr sollten kartographische Medien durch ihre Eigenschaften und Elemente differenziert werden, die sie hinsichtlich spezifischer Nutzungsmöglichkeiten beschreiben und durch die sie bei der Entwicklung und Herstellung auf konkrete Nutzungssituationen hin angepasst werden können.

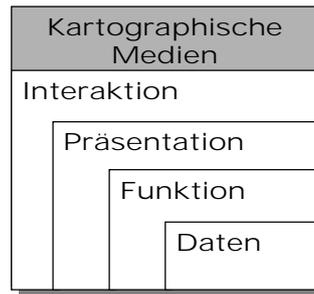


Abb. 5) Elemente kartographischer Medien

---

- Als technisches Medium werden die Möglichkeiten der Interaktion beschrieben, so bildet ein Computer über Eingabe- und Ausgabegeräte spezifische Formen der Interaktion ab. (diese Konzepte werden in Kapitel 4 vorgestellt)
- Als repräsentierendes Medium werden die Abbildungseigenschaften beschrieben, die einerseits durch Interaktion verändert werden können, andererseits aus Daten und Funktionen, die auf diese Daten angewendet werden, abgeleitet werden. In Kapitel 2 wird hierzu eine Taxonomie kartographischer Medien vorgestellt.

Wie das Schema in Abb. 4) zeigt, ist der Nutzer in diesem Schema nicht länger nur Rezipient, sondern aktiv, indem er auf die Auswahl und Inhalte der Medien Einfluss nehmen kann, z.B. indem er eigene Daten als Grundlage wählt, sie in die Karte einträgt (kartiert) oder über GIS-Funktionen berechnet.

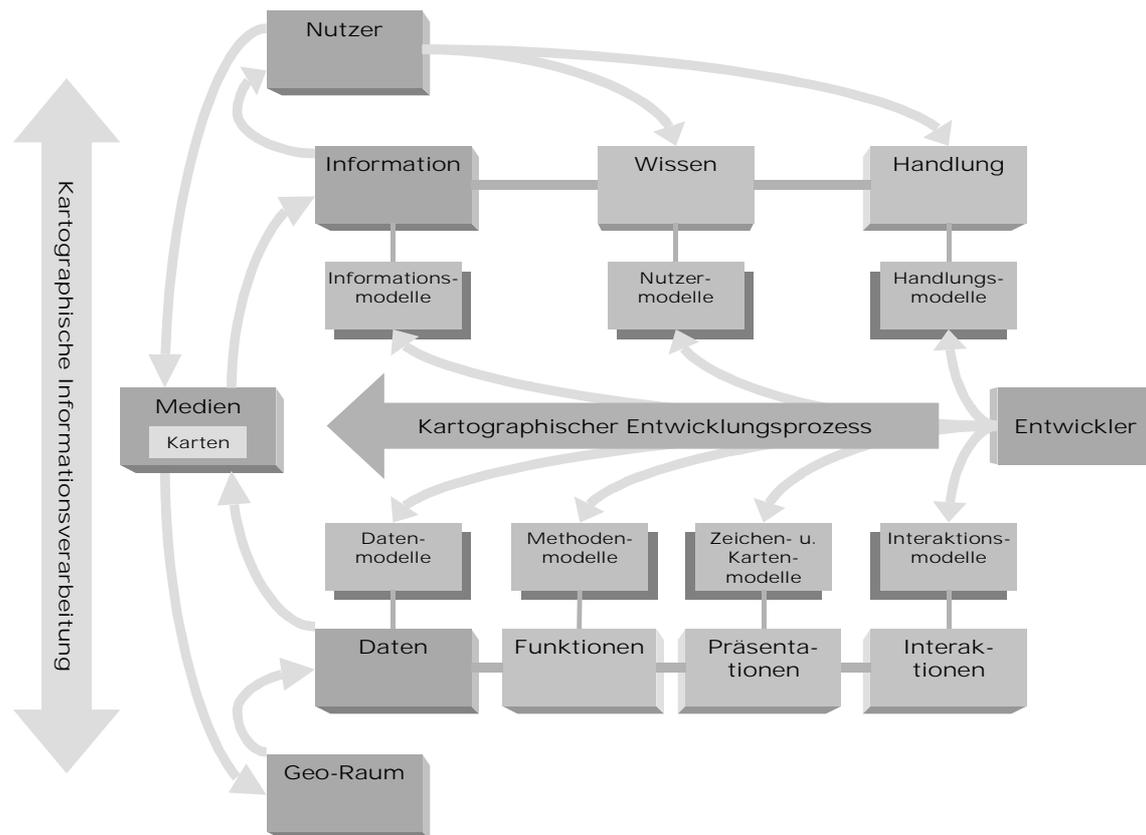


Abb. 6) Entwicklersicht auf den kartographischen Informationsprozess

Die Rolle des Kartographen als Entwickler solcher Mediensysteme ist es, die spezielle Kommunikationskette einer konkreten Anwendung zu analysieren und dem Nutzer entsprechend angepasste Medien zur Verfügung zu stellen. Ziel dieser Arbeit ist es, die Methodbereiche zu identifizieren, die in diesem kartographischen Entwicklungsprozess zur Planung und Konzeption eines kartographischen Mediensystems relevant sind. Dies sind, wie in Abb. 6) dargestellt, Methoden zur Modellierung entsprechender Teilmodelle, neben den bereits angesprochenen Daten- und Zeichenmodellen vor allem auch Interaktions-, Handlungs-, Nutzer- und Informationsmodelle. In Kapitel 6 werden diese in einem Entwicklungsmodell integriert, das im wesentlichen zur Entwicklung der Medienelemente Daten(-banken), Funktionen (oder besser Methoden), Präsentationen und Interaktionen eingesetzt werden soll, die auf der Basis von Analysen der Nutzer und ihrer Handlungskontexte in einem speziellen Anwendungsbereich modelliert werden.

---

## 2 Präsentation raumbezogener Informationen in Kartographischen Medien

---

Die Kartographie ist die Wissenschaft und Technik der Verarbeitung von georäumlichen Informationen durch Karten, einschließlich ihrer Herstellung und Nutzung (Bollmann 2000), wobei insbesondere der Fortschritt allgemeiner Informationstechnologien intensiv die Formen der Herstellung und Nutzung verändert. Dazu gehört einerseits die Auflösung der Unterteilung von Kartenherstellung und -nutzung, da die Bereiche beim Einsatz von IT-Werkzeugen wie Geo-Informationssystemen beim Nutzer zusammenfallen (Bollmann 1993a). Diese Form der Kommunikation mit raumbezogenen Informationen kann insgesamt durch den Begriff der kartographischen Bildschirmkommunikation beschrieben werden (Bollmann 1996b). Andererseits hat sich die Aufgabe des Kartographen als Hersteller kartographischer Produkte, nicht zuletzt bedingt durch die veränderten Rahmenbedingungen der Multimediatechnologien, von der Kartenherstellung zur Entwicklung elektronischer Medien verlagert.

Dies ist vor allem auch vor dem Hintergrund dieser Arbeit von Bedeutung, als bei der Kartierung neue Möglichkeiten durch den Einsatz von elektronischen Kartiersystemen entstehen (Stein 1997; Pundt; Brinkkötter-Runde2000), die beim Geländeeinsatz den Kartierenden unterstützen und ein Werkzeug zur Erweiterung der erfahrbaren Realität sein sollen, wofür sich der Begriff "*augmented reality*" in der wissenschaftlichen Diskussion etabliert hat (Pashman 1998). Im Rahmen dieser Entwicklung soll zunächst, basierend auf den semiotischen Grundlagen der Kartographie, ein Modell zur Daten-Zeichen-Referenzierung in Medien und eine Taxonomie derselben vorgestellt werden. Im Hinblick auf die Kartierung als Anwendungsbeispiel, werden unterschiedliche Formen der Geländedarstellung in einem gesonderten Kapitel diskutiert, insbesondere vor dem Hintergrund eines möglichen Einsatzes von VR-Präsentationstechniken.

### 2.1 Grundlagen einer kartographischen Zeichentheorie

Mit dem Schwerpunkt der graphischen Repräsentation georäumlichen Wissens ist es schon früh das Anliegen der Disziplin gewesen, den Einsatz und die Wirkung von Graphik zu beschreiben. Deren vorläufiger Höhepunkt dürfte in Bertin's Graphischer Semiologie liegen. (Einen Überblick gibt Freitag 1966). Obwohl es bis heute keine einheitliche Meinung über eine kartographische Zeichentheorie gibt, gehen doch die meisten existierenden Ansätze von einer visuellen Kodierung von Daten aus, die aus der Realität erhoben wurden. Die ersten Ansätze von Louis (1957), Imhof (1962) oder Arnberger (1963) entsprechen rein induktiv gewonnenen Erkenntnisse aus der kartographischen Praxis (Freitag 1971), deren Systematiken sich aber bereits auf Dateneigenschaften wie Skalierungsniveaus und geometrischen Dimensionen beziehen. Erst durch eine Ausrichtung und Bezugnahme theoretischer Ansätze auf die allgemeine Semiotik, also im Rahmen einer allgemeinen Zeichentheorie, wurde es möglich, eine umfassende Logik kartographischer Zeichen aufzustellen (Freitag 1971). Die Formulierung der kartographischen Semiotik durch Bertin (1974) hat in ihren Grundzügen

deshalb bis heute Bestand, da es, nicht nur innerhalb der Kartographie, gelungen ist, neuere Entwicklungen, z.B. der Informationstheorie, mit der Zeichentheorie zu verbinden (Trabant 1996). Somit gehören die graphischen Variablen Bertin's heute zum theoretischen Background der Kartographie bzgl. der graphisch-visuellen Reproduktion von Geodaten durch Kartenzeichen. Ob solche Ansätze auch im Umfeld multimedialer Technologien und der damit verbundenen Konzeption- und Herstellungsmethoden brauchbar sind, ist eine Frage, die u.a. durch diese Arbeit beantwortet werden soll. Hierzu soll im folgenden untersucht werden, ob die Kartosemiotik auf Basis neuerer Abbildungs- bzw. Repräsentationsmöglichkeiten anwendbar bleibt und gegebenenfalls erweitert werden kann.

### **Semiotische Grundlagen eines kartographischen Zeichensystems**

Generell kann die Semiotik als Wissenschaft verstanden werden, welche die Beziehung zwischen einem Zeichen und dem Bewusstseinsinhalt (Bedeutung) des Rezipienten einerseits und die Beziehung zwischen Zeichen und dem repräsentierten Objekt (Bezeichnung) andererseits zu erklären versucht (zu unterschiedlichen Definitionen und Abgrenzungen vgl. Nöth 2000 oder Trabant 1996). Unter dem Begriff Kartosemiotik existiert eine eigene Forschungsrichtung, welche die Entwicklung eines kartographischen Zeichensystems unter semiotischen Gesichtspunkten zum Ziel hat. Bei den Arbeiten aus diesem Bereich zeigt sich, dass, obwohl viele Arbeiten einen nur impliziten semiotischen Bezug haben, unterschiedliche Ansätze und Theorien der Semiotik verwandt werden, um die Auswahl und Verwendung kartographischer Zeichen zu erklären (vgl. Übersicht bei Koch 1999). Die wichtigsten Vertreter, auf die sich kartographische Zeichentypologien stützen, sind die Arbeiten von Peirce, Morris, Eco und schließlich Bertin (Nöth 2000, 1998).

#### *Die Semiotik Pierce'*

Pierce' Semiotik unterscheidet den Repräsentant (=Zeichen), den Interpretant (Mensch als Wesen mit Bewusstsein) und das Objekt (als Teil der Realität, der objektiven Welt) (vgl. Abb. 7). Die Beziehungen in dieser triadischen Zeichentheorie zeigen die Merkmale auf, anhand derer sich Zeichen voneinander unterscheiden lassen. Insbesondere die Gliederung der Relation zwischen Zeichen und Objekt von Peirce hat einen wichtigen Einfluss auf die Ableitung kartographischer Zeichenmodelle gehabt.

Peirce unterscheidet innerhalb dieser Zeichendimension mögliche Objekt-Zeichen-Beziehungen als Ikon, Index und Symbol (vgl. Abb. 7).

Das Ikon ist eine Variable der Erstheit der Zeichen-Objekt-Beziehung, die auf die Wiedergabe von Merkmalen des Objekts durch die Zeichengraphik abstellt. Die Ikonizität kartographischer Zeichen bspw. beruht auf der Ähnlichkeit des Verlaufs und der geometrischen Form der abgebildeten Objekte. Darüber hinaus können auch Farben die Ikonizität von Zeichen bestimmen. Die Zeichen vieler graphischer Abbildungen, insbesondere Diagramme und Strukturbilder, aber eben auch Karten, sind im Sinne Peirce' aber nicht unmittelbar ikonisch, sondern entsprechen einer diagrammatischen Ikonizität, etwa durch die Abbildung einer Wertereihe durch eine Variation der Helligkeit (Nöth 1998).

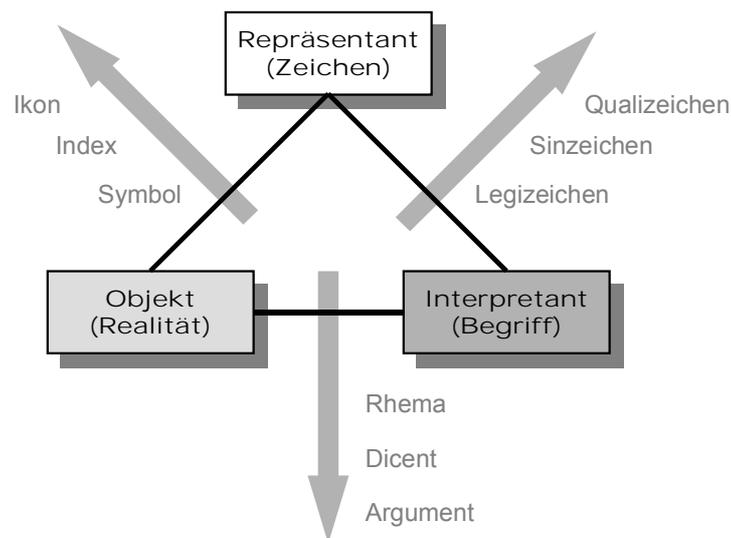


Abb. 7) Triadische Relation nach Peirces  
(Trabant 1996)

Die Indexikalität eines Zeichens drückt den Grad aus, in dem ein Zeichen auf das Objekt verweist. In Karten sind alle Zeichen in einem gewissen Grad indexikalisch, da sie durch ihre geometrische Verortung auf das Objekt verweisen und dieses eindeutig bestimmen. Nach Bollmann (1977) ist eine Indexikalität von Zeichens auch dann gegeben, wenn der Nutzer einer Karte durch das Zeichen auf das Objekt aufmerksam wird, es also Signalcharakter hat.

Symbole sind Zeichen, die durch eine Konvention und Gewohnheit im Gebrauch gekennzeichnet und somit arbiträr sind, also willkürlich im Sinne einer künstlichen Übereinkunft zur Repräsentation eines Objekts. Demnach würden einerseits Schriftzeichen symbolisch sein (per Konvention), andererseits Analogien wie das Kreuz (als tradierter Code) für die christliche Kirche oder rote Farbe für den Kommunismus (Nöth 1998).

Bei einer Übertragung des Ansatzes auf die Kartographie muss jeweils berücksichtigt werden, dass Peirce lediglich von Merkmalen von Zeichen spricht und innerhalb kartographischer Abbildungen i.d.R. allein die Verknüpfung von Zeichen und Objekt diskutiert wird. Eine Zeichentypisierung kommt bei Peirce aber erst durch die Kombination mit den Beziehungsmerkmalen zwischen Objekt und Interpretant, sowie Interpretant und Zeichen zustande. Die daraus resultierenden 10 Hauptzeichenklassen (Nöth 2000) haben in der kartographischen Zeichentheorie allerdings keinen großen Stellenwert.

Es ist aufgrund der Peirce'schen Terminologie somit nicht möglich, ein Kartenzeichen bspw. als rein ikonisch aufzufassen, da es immer auch indexikalischen Charakter hat (es verweist auf das konkrete Objekt im Raum) und zu einem gewissen Teil symbolisch ist (es beruht auf der Konvention grundrisslicher Darstellung), vgl. dazu auch Tainz (1992).

#### *Die Zeichentheorie nach Morris*

Die Zeichentheorie von Morris untersucht Zeichen in den drei Dimensionen Syntax, Semantik und Pragmatik, die, analog zur Peirce'schen Semiotik, auch als Beziehungseigenschaften aufgefasst werden können. Die Syntax beschreibt in diesem Rahmen die Beziehung der Zeichen untereinander und untersucht die Regeln des Zeichengebrauchs in einem Zeichensystem. Die Semantik beschreibt den Bezug des Zeichens zum Bedeutungsinhalt des Zei-

chens, bei Morris das Designat und das Denotat, während die Pragmatik die Verwendung des Zeichens beim Interpretant beschreibt (Nöth 2000).

Übertragen auf die Kartographie kann die Syntax u.a. durch diejenigen Regeln ausgedrückt werden, welche die geometrische Anordnung von Zeichen, die Definition der Zeichendimensionalität und die Variation ihrer Graphik bestimmen (Freitag 1991a). Einen besonderen Einfluss auf die Entwicklung einer Zeichensyntax hat das System der graphischen Variablen Bertin's (1974), das als struktureller Ansatz aber auch semantische Beziehungen umfasst, indem die graphischen Variablen den Eigenschaften der Objekte zugeordnet werden. Im Peirce'schen Sinne entspräche dies der diagrammatischen Indexikalität von Kartenzeichen.

Aber der Semantikbegriff nach Morris ist nicht deckungsgleich mit einer der triadischen Unterscheidungsmerkmale Peirce. Um die Bedeutung eines Zeichens zu erfassen, muss der Nutzer nach Morris das Signifikat und Denotat des Objekts aus den graphischen Merkmalen ableiten können. Da Morris seine Zeichentheorie streng nach behavioristischen Grundsätzen formuliert, ist insbesondere sein Semantikbegriff kaum weiter ausgeführt oder spezifiziert worden. Allerdings hat die grundsätzliche Einteilung in Syntax, Semantik und Pragmatik im Prinzip alle Informations- und Kommunikationswissenschaften beeinflusst (Maletzke 1998):

Vor dem Hintergrund neuer Erkenntnisse der Kognitionswissenschaften über die Prozesse und Strukturen menschlichen Denkens (Jorna 1990, Zimmer 1996), kommt der Gliederung von Peirce in Ikon, Index und Symbol als semantische Kriterien von Zeichen eine neue Bedeutung zu (Nöth 2000).

Da diese kognitive Sichtweise auch in der Kartographie zu neuen Ansätzen und Erkenntnissen über die Nutzung von Karten geführt hat, trägt die Kartosemiotik dieser Entwicklung gleichfalls Rechnung. Unter diesem Blickwinkel wird die Nutzung einer Karte als die (De-)Kodierung von Informationen aus Zeichen aufgefasst, woraus neue Erklärungen von Zeichenstrukturen resultieren. So kann die Aufnahme der Semantik von kartographischen Zeichen vor allem durch Assoziationen und Analogien erklärt werden, wobei die Pragmatik die Funktion der Karte, die zugrundeliegenden Fragestellung und die Einstellungen und Fähigkeiten des Nutzers beschreibt (vgl. Tainz 1997).

Zeichen		gedankliche Assoziation	Objekte
ikonisch		Grundriss	"Siedlungsfläche"
		Aufriss	"Kernkraftwerk"
		Farbton	"Wald"
		Oberflächentextur	"Felsoberfläche"
ikonographisch		Gestaltstruktur	"Porta Nigra"

Abb. 8) Assoziationen im kartographischen Zeichensystem (Bollmann 1996b)

Die Einteilung semantischer Aspekte in Assoziationen und Analogien basiert auf Überlegungen, eine Übereinstimmung zwischen dem Verhältnis von Zeichen und Objekt einerseits und von Zeichen und Begriff andererseits herzustellen. Dieser Ansatz deckt sich auch mit kognitionswissenschaftlichen Betrachtung von Zeichen (Dutke 1994, Schnotz 1997). Assoziationen sind Reproduktionen wahrnehmbarer Eigenschaften von Objekten, durch Ähnlichkeiten in der Form (Darstellung des Grundrisses oder Aufrisses), der Farbe oder der Textur von Objekten (vgl. Abb. 8), also den Merkmalen ikonischer Zeichen. Des weiteren können auch andere, individuelle Merkmale von Objekten zur Assoziation in Form von ikonographischen Zeichen genutzt werden, wenn deren Gestaltstruktur vermittelt wird.

Zeichen		gedankliche Analogie	Objekte
symbolisch		Symbol-System	"Elektrizitätswerk"
indexikalisch		Visueller „Reflex“	"Gefahrenstelle"
konventionell		tradierter Code	"Laubwald"
diagrammatisch		Ordnungssystem	"Zustand: gut mittel schlecht"

Abb. 9) Analogien im kartographischen Zeichensystem  
(verändert nach Bollmann 1996b)

Analogien basieren auf Reproduktionen von Entsprechungen im Bedeutungszusammenhang der Objekte, etwa durch stellvertretende Symbole wie der Blitz als Symbol für Elektrizität oder durch einen diagrammatischen Bezug zu einem Merkmal des Objekts (Bertin 1974), wie dies bei der Ausrichtung der Graphik auf das Skalierungsniveau, z.B. der Ordinalskala, der Fall ist. Letztere Gruppe ist in Karten aber immer auch arbiträr in dem Sinn, dass jede Karte eigene Bedeutungszusammenhänge durch strukturelle Objekt-Zeichen-Beziehungen definiert (Abb. 10), in Form eines im Kontext der individuellen Karte geeigneten Signaturenschlüssels, einer geeigneten Helligkeitsreihe oder eines sinnvollen Wertemaßstabs.

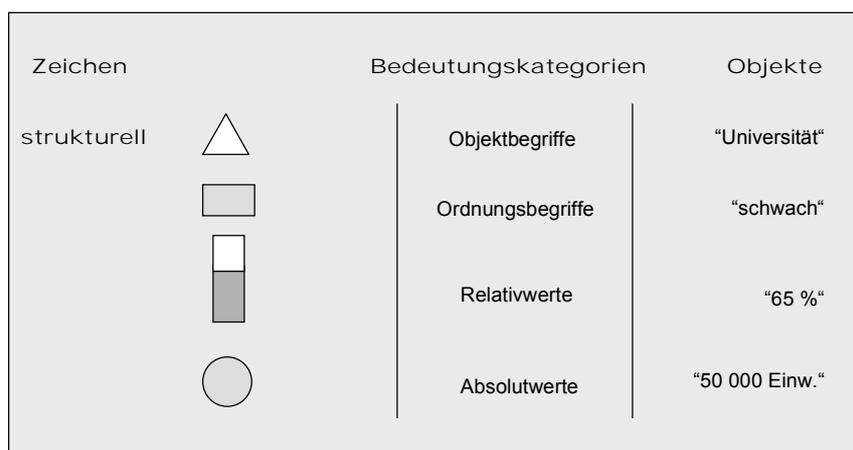


Abb. 10) Definitionen im kartographischen Zeichensystem  
(Bollmann 1996b)

Da sich solche Zeichensysteme erst bewähren, wenn sie zum einen durch praktische Erfahrungen von Kartographen und zum anderen durch empirische Überprüfung bei Kartennutzern abgesichert werden, können zwei Forschungsrichtungen identifiziert werden, die hieran einen Beitrag haben: Die Weiterentwicklung in der kartographischen Präsentationstechnik und die Erkenntnisse der experimentellen Kartographie (Koch 1993, Heidmann 1999). Die erste Entwicklung hat einen direkten Einfluss auf die zeichentheoretischen Grundlagen, die im folgenden diskutiert werden sollen.

### Erweiterungen des kartographischen Zeichensystems

Eine wesentliche Erweiterung der kartographischen Zeichenmodelle beruht auf den Bemühungen, neue Darstellungs- und Präsentationsmöglichkeiten in diesem System zu berücksichtigen. Dazu gehören vor allem die Entwicklungen im Bereich der kartographischen Animationen, 3D-Darstellungen und anderer Darstellungsmodalitäten, vor allem durch den Einsatz von Sprache, Musik und Geräuschen. Innerhalb der Kartographie werden vor allem Veränderungen des Modells der graphischen Variablen diskutiert (vgl. auch den Überblick bei Koch 2000), wobei die Forderung besteht, dass neue Variablensysteme voneinander unabhängige Variablen umfassen, d.h. es muss gewährleistet bleiben, dass nicht eine der Variablen durch eine Kombination anderer Variablen abgeleitet werden kann (Bertin 1974).

Für die zeitliche Variation von Graphik in Animationen und die damit verbundene Kopplung an Daten, die eine dynamische Veränderung zeigen (Dransch 1993, 1997a; MacEachren 1995, Slocum 1999) wurden folgende Vorschläge gemacht.

<i>Dransch (1993)</i>	<i>Slocum (1999)</i>
<p><b>Variation des zeitlichen Attributs eines Objekts</b> Ort, Qualität und/oder Quantität eines Objekts verändern sich</p> <p><b>Variation des Kartenaufbaus</b> sukzessive Zeichnung der einzelnen Objekte nach Klassen und Teilklassen</p> <p><b>Variation der Darstellung</b> Änderung des Kartentyps, Zeichen Ändern der Art der Datenaufbereitung (Klassifizierung)</p> <p><b>Variation des Karteninhalts</b> Wahl anderer substantieller Attribute zu einem Themenbereich</p>	<p><b>Duration</b> Dauer der Präsentation eines Bildes der Animation, eine kurze Dauer resultiert in einer flüssigen Anzeige.</p> <p><b>Rate of change</b> Veränderungsrate einer Sequenz von Bildern, bei hohen Veränderungsraten werden mehr Bilder in kürzerer Zeit benötigt.</p> <p><b>Order</b> zeitliche Reihenfolge, in der Bilder oder Szenen angezeigt werden.</p> <p><b>Display date</b> Zeitpunkt, an dem eine Veränderung der Anzeige beginnt.</p> <p><b>Frequency</b> Anzahl graphischer Veränderungen pro Zeiteinheit, z.B. bei schleifenartigen Wiederholungen</p> <p><b>Synchronization</b> bestimmt ob mehrere dynamische Präsentation zeitlich gekoppelt ablaufen oder nicht</p>

Abb. 11) Graphische Variablen für dynamische Daten

Die vorgestellten Arbeiten (Abb. 11) lassen im Prinzip zwei unterschiedliche Ansätze graphischer Variablen für dynamische Daten erkennen, wobei Dransch unterscheidet, welche Elemente der Präsentation sich verändern (Karte, Kartenschicht, Kartenzeichen, etc.), während Slocum und MacEachren die technischen Parameter einer Animation beschreiben und auf das Bild (*Frame*) als kleinstes Element abstellen.

Obwohl es eine Reihe von Beiträgen zur Semiotik des Films gibt (vgl. Übersicht bei Nöth 2000), existieren bislang kaum Versuche, diese auf Animationen von Karten zu übertragen (zu den Anfängen animierter Karten s. Thrower 1959 und die Übersicht bei Campbell 1990). Eine der wenigen Ausnahmen stellt Monmonier (1989b) mit seinem Ansatz der *graphic scripts* dar: In einer Art Drehbuch werden der Informationsgehalt und die Veränderungen der Präsentation festgelegt, indem die Parameter des filmischen Ablaufs definiert werden. Die Parameter zur Steuerung der graphischen Elemente legen den Inhalt und die Anzeigedauer einer „Graphischen Phrase“ („*graphic phrase*“) fest, die Parameter zur Steuerung der Dynamik definieren, wie sich der Karteninhalt innerhalb einer Phrase verändert (Monmonier 1992a).

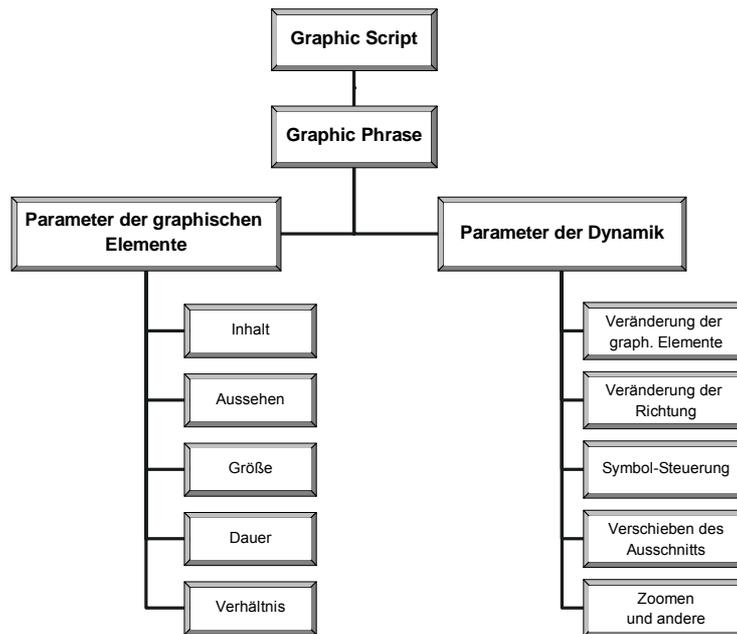


Abb. 12) Aufbau eines *graphic script*  
(nach Monmonier 1989b)

Es erscheint sinnvoll, zwischen Variationen zu unterscheiden, die sich auf das dargestellte Kartenbild beziehen (z.B. Zoomen, Ausschnitt verschieben, etc.), und solchen, die eine Variation der einzelnen Zeichen zum Gegenstand haben (vgl. Abb. 12). Im Ansatz der graphischen Variablen wird davon ausgegangen, dass "atomare" Variationsmöglichkeiten der Graphik in einem Zeichen möglich sind. Übertragen auf temporale Animationen, müssten demnach die bisherigen Variablen gültig bleiben, und es bliebe zu fragen, ob es weitere Variationen bzgl. einer zeitlichen Abfolge gibt.

Da sind zunächst die Möglichkeiten der dynamischen Variation der herkömmlichen graphischen Variablen, so dass sich ein Zeichen während der Präsentation in seiner Form, Farbe, Muster, Orientierung, Helligkeit oder Größe ändert (vgl. Abb. 12). Des Weiteren kann die Bertin'schen Variable zur Lage im Kartenbild durch die zeitliche Dimension erweitert werden, die durch das Einblenden und Ausblenden eines Zeichens möglich wird. Eine Bewegung entsteht daher letztendlich nur durch eine Variation der Lage eines Zeichens und ist somit eine relative und implizite Information im Rahmen einer Animation. In diesem Sinn resultiert die Dauer einer Darstellung aus den Zeitpunkten, an denen ein Zeichen ein- und wieder ausgeblendet wird. Darüber hinaus ist die Zeitdauer, mit der ein Bild während einer Animation eingeblendet wird, quasi als zeitlicher Maßstab anzusehen, der sich nicht auf ein einzelnes Zeichen, sondern eine ganze Präsentationssequenz bezieht.

Da eine Unterscheidung zwischen der Variation eines Zeichens und den Parametern einer Präsentation (also z.B. der Kartenmaßstab) bislang nicht Teil des Variablensystems gewesen ist, sollte auch ein Parameter wie die Bildfrequenz (bei Slocum 1999) nicht dazu gehören.

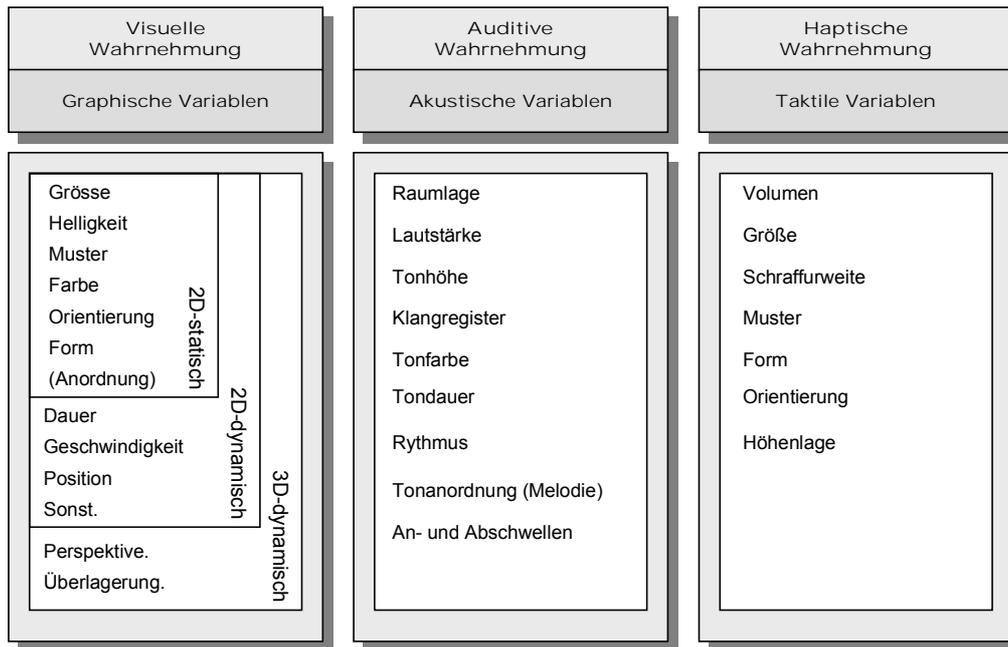


Abb. 13) System der modalen Variablen  
(verändert nach Koch 1999)

Neben den dargestellten Erweiterungen sind auch Variablen für andere Wahrnehmungskanäle als dem visuellen vorgeschlagen worden. Koch (1999) hat diese im Überblick dargestellt, sie sind in Abb. 13) zusammengefasst. Allerdings wurden, gegenüber der Darstellung bei Koch, folgende Änderungen vorgenommen: die Bezeichnung der Wahrnehmungskanäle entsprechen den Sinnmodalitäten visuell, auditiv und haptisch; die Namen der Variablen entsprechen den physikalischen Kanälen: graphisch, akustisch und taktil. Es kann, wie auch Koch betont, davon ausgegangen werden, dass die Aufstellung noch nicht endgültig festgelegt werden kann, vor allem, weil in einzelnen Bereichen empirische Überprüfungen und praktische Erfahrungen ausstehen.

### Kritik am semiotischen Ansatz

Der zeichentheoretische Ansatz der Semiotik ist innerhalb unterschiedlicher verwandter Wissenschaftsdisziplinen nicht unkritisiert geblieben. Die Konstruktivisten kritisieren dieses Modell bezüglich seiner Ausrichtung an der objektiven Realität, die durch die Zeichen-Objekt-Relation, bspw. bei Peirce ausgedrückt wird: Da der Mensch nicht direkt auf die objektive Realität zugreifen kann, sondern dies immer durch den Filter seiner Wahrnehmung geschieht, beruht jegliches Handeln immer auf einem subjektiven Kommunikationsprozess, der ausschließlich auf Bewusstseinsinhalten aufbaut (Maletzke 1998), eine echte Zeichen-Objekt-Beziehung wäre demnach nicht möglich.

Neuere Erklärungsansätze der Kartennutzung aus kognitionswissenschaftlicher Sicht gehen prinzipiell von einem informationsverarbeitenden Ansatz aus, in dem die behavioristische Sichtweise des Menschen im semiotischen Modell kritisiert wird, wie sie etwa bei Morris zu finden ist. Da die menschliche Kommunikation kein Reiz-Reaktions-System darstellt, son-

dem durch Ziele und Bedürfnisse bestimmt ist, kann das Ergebnis der Informationsvermittlung nicht allein durch den sensorischen Input erklärt werden (Maletzke 1998).

Dies zeigt insgesamt, dass die menschliche Informationsverarbeitung nicht als Black-Box-System betrachtet werden darf und eine kartographische Zeichentheorie im Rahmen eines umfassenden Prozesses der kartographischen Informationsverarbeitung gesehen werden muss. Die Verwendung des Sender-Empfänger-Ansatzes, der dem semiotischen Ansatz lange zugrunde gelegen hat und vielfach zur Erklärung der Kommunikation zwischen Kartograph und Kartennutzer herangezogen wurde, kann demnach nicht aufrechterhalten werden, vor allem, weil im Rahmen geographischer und kartographischer Informationssysteme der Systemnutzer in vielfältiger Form in den Herstellungsprozess kartographischer Medien eingreift.

Dennoch ist die Verwendung des semiotischen Erklärungsansatzes weiterhin gültig und insbesondere geeignet, den Prozess der Enkodierung von Wissen zu beschreiben, einem Bereich, der heute von Informations-, Kommunikations- und Medienwissenschaftlern besondere Bedeutung beigemessen wird (vgl. etwa Schnotz 1997, Kuhlen 1991). Von einigen Autoren wird auch betont, dass kognitive und semiotische Wissenschaften voneinander lernen können, zum einen, weil gemeinsame Begriffe in der Semiotik, wie u.a. Symbol, Repräsentation, recht differenziert definiert wurden, zum anderen, weil durch die Erkenntnisse der Kognitionswissenschaften, neue Bedeutungsdimensionen von Begriffen hinzugekommen sind (Jorna 1990).

Für die Kartographie hat eine kartographische Zeichentheorie einen hohen Stellenwert, nicht zuletzt, da sie die Grundlage der Kartenherstellung ist. Auch wenn Kartographen in Zukunft weniger traditionelle Papierkarten herstellen und vermehrt an der Entwicklung von multimedialen kartographischen Systemen beteiligt sein werden, wird die Kartenherstellung nur in anderer Form in diesen Systemen integriert sein, z.B. indem das kartographische Wissen durch Techniken der künstlichen Intelligenz formalisiert wird, um eine automatisierte Kartenherstellung zu ermöglichen (Bollmann 1989).

## **2.2 Modelle zur Herstellung von kartographischen Medien**

Die Herstellung von Karten und anderen kartographischen Formen der Abbildung des Georaumes hat in jüngerer Zeit einem tiefgreifenden Wandel unterlegen, der vor allem durch die neuen Möglichkeiten der Informationstechnologie geprägt ist. Im folgenden wird versucht, die Spannweite unterschiedlicher Arten der Herstellung aufzuzeigen. Des Weiteren wird die Daten-Zeichen-Referenzierung als konzeptionelle und grundlegende Basis der Kartenherstellung vorgestellt. Diese greift insbesondere die theoretischen Überlegungen zur kartographischen Semiotik erneut auf.

### **2.2.1 Überblick zur Herstellung kartographischen Medien**

Die Herstellung von Karten war lange Zeit und ist größtenteils heute noch das beherrschende Thema kartographischer Aufsätze und Fachbücher. Insbesondere der Nutzung neuer Technologien wurde von Seiten der Kartographie immer besondere Aufmerksamkeit geschenkt. Demgegenüber sind die klassischen Herstellungsweisen von Papierkarten eng mit einer kartographischen Technik verknüpft, die in der Vergangenheit einen eigenständigen Bereich kartographischer Erkenntnis darstellte. Insbesondere die Verfahren des Kartenent-

wurfs, der Originalherstellung und die Reproduktion und der Druck von Karten weisen eine große Eigenständigkeit gegenüber der Herstellung anderer Medien auf (Hake; Grünreich 1994).

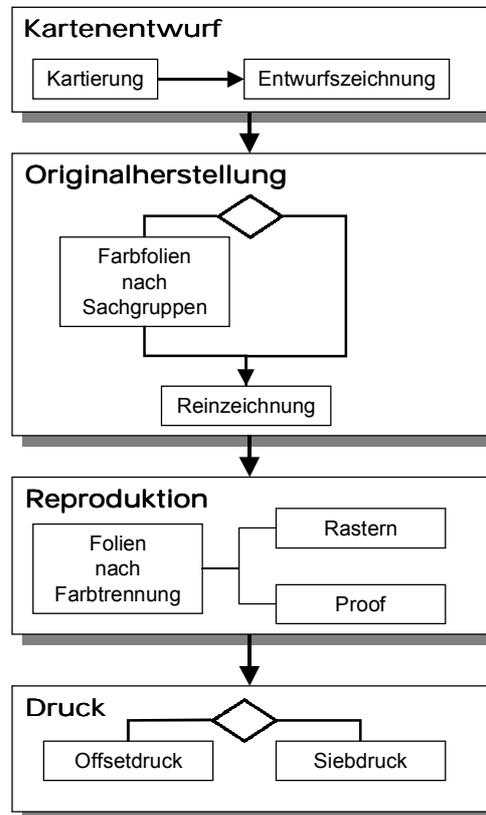
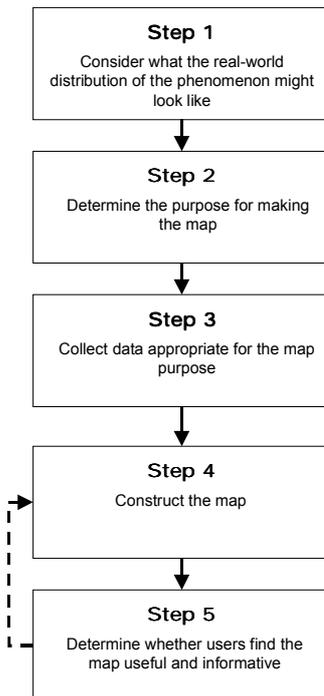


Abb. 14) Traditionelle Kartenherstellung  
(nach Hake; Grünreich 1994)

Die traditionelle Kartenherstellung basiert somit auf Techniken, die zu einem großen Teil speziell für die oder innerhalb der Kartographie entwickelt wurden, insbesondere in Bereichen der Originalherstellung (z.B. die Technik der Foliengravur) oder der Reproduktion. Die Umstellung auf DV-gestützte Verfahren hat, neben der Umstellung der gesamten Technik, eine neue Art der Kartenherstellung möglich gemacht, nämlich auf der Basis von bereits erfassten geometrischen Daten, was praktisch eine Herstellung durch "jedermann" ermöglicht. Mit der Verfügbarkeit von Computer-Arbeitsplätzen und deren Vernetzung besteht mittlerweile in vielen Bereichen gar nicht mehr die Notwendigkeit, Karten auf Papier zu drucken. Hieraus resultieren allerdings neue Gestaltungsregeln für Bildschirmkarten (Brunner 2000).

Damit geht einher, dass aktuelle Ansätze zur Strukturierung der Kartenherstellung weniger auf den Prozess als ganzen abstellen, wie dies in dem Schema in Abb. 14) der Fall ist, sondern sich vielmehr auf die Kartengestaltung im engeren Sinn beziehen, um der Vielfalt und Schnelllebigkeit der Herstellungstechnik von Karten unter den veränderten Kommunikationsbedingungen gerecht zu werden.

In diesem Sinn sind Ansätze wie der von Slocum (1999) zu sehen, der fünf Schritte der Kartenherstellung unterscheidet.



In diesem Modell wird keine konkrete Technik der Kartenherstellung angenommen, die fünf idealisierten Schritte sollen hingegen bezüglich der graphischen Gestaltung eine Richtschnur für den Kartographen sein. Die Schritte beziehen sich auf

- die Analyse der darzustellenden Inhalte in ihrer realen Erscheinungsform,
- die Rahmenbedingungen und den Zweck der Kartenutzung,
- die Datenerfassung (-beschaffung),
- die Konstruktion und graphische Produktion der Karte,
- die Überprüfung der Akzeptanz der Karte beim Nutzer

Aufgrund der Evaluierung der Nutzung ist eine erneute Konstruktion der Karte zur Berücksichtigung von Verbesserungen möglich.

Abb. 15) Kartenherstellungsprozess  
(nach Slocum 1999)

Doch auch dieser Ansatz ist noch auf die Trennung vom gestaltenden Kartographen auf der einen und den Nutzern auf der anderen Seite ausgerichtet. Zur Definition dessen, was heute unter Kartenherstellung verstanden werden kann, müssen unterschiedliche Arten der Herstellung von Karten berücksichtigt werden. Hierzu werden in der Literatur unterschiedliche Gliederungen vorgeschlagen (vgl. Dickmann; Zehner 1999), die aber mehr oder weniger zu einer ähnlichen Unterteilung nach der verwendeten Software gelangen (vgl. Abb. 16):

Die **CAD-basierte Herstellung** nutzt, in ihren Funktionen angepasste, CAD-Software zum Entwurf von Karten, der Schwerpunkt solcher Systeme liegt in der geometrischen Konstruktion der Kartenobjekte. Die AutoCad-Produkte sind ein typisches Beispiel hierfür.

Die **Graphik-basierte Herstellung** nutzt Software mit umfangreichen Möglichkeiten zur graphischen Gestaltung. Der Schwerpunkt dieser Systeme liegt in der Ausgestaltung von Signaturen und graphischen Effekten. Programme wie CorelDraw, Freehand u.a. Desktop-Publishing-Software können zu dieser Kategorie gezählt werden.

Die **Daten-basierte Konstruktion** von Karten nutzt die Funktionen von GIS und Kartenkonstruktionsprogrammen, um vorwiegend thematische Karten herzustellen, deren Inhalte sich durch Daten- gesteuerte Signaturen und Diagramme darstellen lassen. Da die Herstellung von Karten nicht der alleinige Zweck der Daten- basierten Konstruktion ist, werden diese Verfahren auch im Bereich der Bildschirmkommunikation eingesetzt. Neben Systemen wie Themak2, MapInfo oder ArcView können auch elektronische Karten und Atlanten auf dem Konstruktionsprinzip basieren.

<b>Herstellung zum Auflagedruck:</b>	CAD-basierter Entwurf
	Graphikbasierte Gestaltung
	Datenbasierte Konstruktion
<b>Im Nutzungsprozess am Bildschirm</b>	Datenbasierte Reproduktion
	Regelbasierte Gestaltung

Abb. 16) Herstellungsarten von Karten

Ein gutes Beispiel hierfür ist der neue Nationalatlas der Bundesrepublik Deutschland (Lambrecht 1999), in dessen CD-ROM Version Karten interaktiv am Bildschirm konstruiert werden können. Einzelne Konstruktionsparameter, wie die Art des Diagramms, die Klassifizierung der Daten und die Zusammenstellung der Basiskarte kann durch den Nutzer beeinflusst werden.

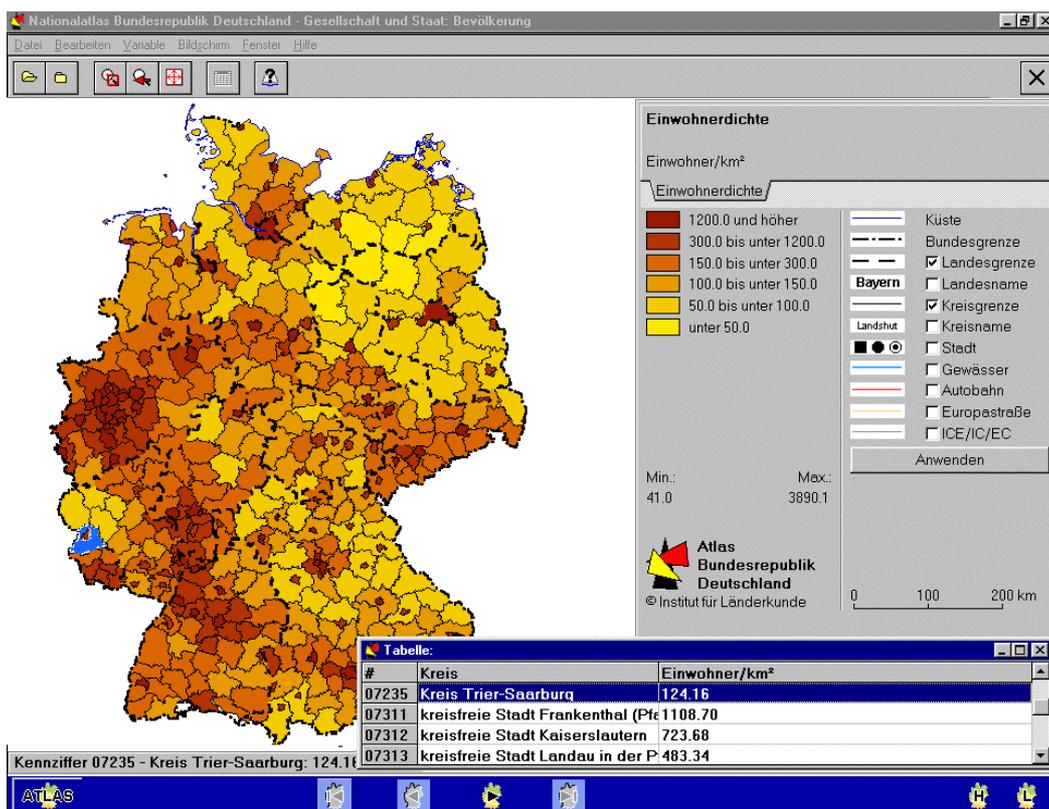


Abb. 17) Benutzeroberfläche der elektronischen Version des "Nationalatlas Bundesrepublik Deutschland"

Viele elektronische Kartenwerke nutzen eine **datenbasierte Reproduktion** von Karten, die bereits fertig gestaltet vorliegen und vom Nutzer abgerufen werden können, ohne dass er sie verändern kann. In diesem Sinn werden die Karten nicht hergestellt, da sie nicht neu konzi-

piert und gestaltet werden müssen, jedoch bieten auch solche Systeme Funktionen zur Manipulation des Inhalts und zur graphischen Gestaltung an. Mit ihrer Hilfe kann z.B. der Inhalt der Karten aus verschiedenen *Layern* individuell zusammengestellt werden. Der Nutzer bestimmt in der Regel auch den Kartenausschnitt und den Darstellungsmaßstab der Karten selbst. Ein typisches Beispiel hierfür ist der elektronische Atlas "Encarta Weltatlas" der Firma Microsoft.

Eine **regelbasierte Gestaltung** von Karten nutzt die Möglichkeiten künstlicher Intelligenz, um die Kartengestaltung zu automatisieren. Während die zuvor geschilderten Ansätze bereits in entsprechende Softwareprodukte umgesetzt wurden, ist eine regelbasierte Herstellung bislang nur in Form von Prototypen oder experimenteller Software verwirklicht worden. Die Integration solcher automatisierter Verfahren entbindet den Nutzer von der Kartenherstellung und stellt sicher, dass die Zeichenauswahl gemäß des kartographischen, zeichentheoretischen Wissens erfolgt, so dass er keine "falsche" Graphik zur Interpretation der Karte nutzt (Bollmann 1989; Kottenstein 1992). Gleichzeitig behält er, z.B. im System Descartes (Andrienko; Andrienko 1998) die Kontrolle über die explorativen Werkzeuge zur Analyse der Daten und kann nachträglich auch Veränderungen an der graphischen Gestaltung vornehmen.

Letztendlich wird deutlich, dass eine eindeutige Trennung zwischen Kartenherstellung und Kartennutzung heute vielfach nicht mehr eindeutig gezogen werden kann. Um in Zukunft flexible Werkzeuge zu schaffen, mit denen bspw. Datenbestände explorativ analysiert oder andere Aufgaben der Kartennutzung zielgerichtet bearbeitet werden können, ist es wichtig, elektronische Karten durch flexible Datenstrukturen abzubilden (Johann; Müller 1998), auf die interaktive und regelbasierte Systeme zugreifen können. Mit der Daten- Zeichen- Referenzierung steht hierfür ein geeignetes Modell zur Verfügung, dessen Aufbau im folgenden beschrieben wird.

### 2.2.2 Modell der Daten-Zeichen-Referenzierung

Die Orientierung an einer Daten- gesteuerten Auswahl von Kartengraphik basiert auf dem Schema der kartographischen Informationsverarbeitung und existiert in vielfacher Variation in kartographischen Anwendungsbereichen. Hake und Grünreich (1994) differenzieren analog zu diesem Ansatz "Digitale Objektmodelle" (DOM) und "Digitale Kartographische Modelle" (DKM). Dabei wird von einer Trennung der geometrischen und fachlichen (inhaltlichen) Daten einerseits und den Methoden der DV-gestützten Kartengestaltung andererseits ausgegangen. Letztere entsprechen im Ergebnis einer digitalen Karte, die durch ein DKM abgebildet wird. Die Referenzierung von Daten und Zeichen basiert in diesem Ansatz auf Selektionskriterien innerhalb des Objektmodells.

Nicht zuletzt die Konzeption innerhalb des ATKIS-Projekts greift auf eben diesen Ansatz zurück, in dem der ATKIS-Objektartenkatalog (OK) als Teil des Digitalen Landschaftsmodells, einem DOM entspricht, während der ATKIS-Signaturenatalog (SK) als Teil des DKM anzusehen ist, der zur Ableitung der graphischen Karten benötigt wird (Jäger 1993).

Der im Rahmen dieser Arbeit verwendete Ansatz der Daten-Zeichen-Referenzierung basiert auf einer datengesteuerten Auswahl von Kartengraphik, deren Grundlagen Kartentypen bilden, die auf der Basis der graphischen Variablen Bertin's formuliert wurden (Freitag 1966, Bollmann 1989, Kottenstein 1992, vgl. Abb. 18).

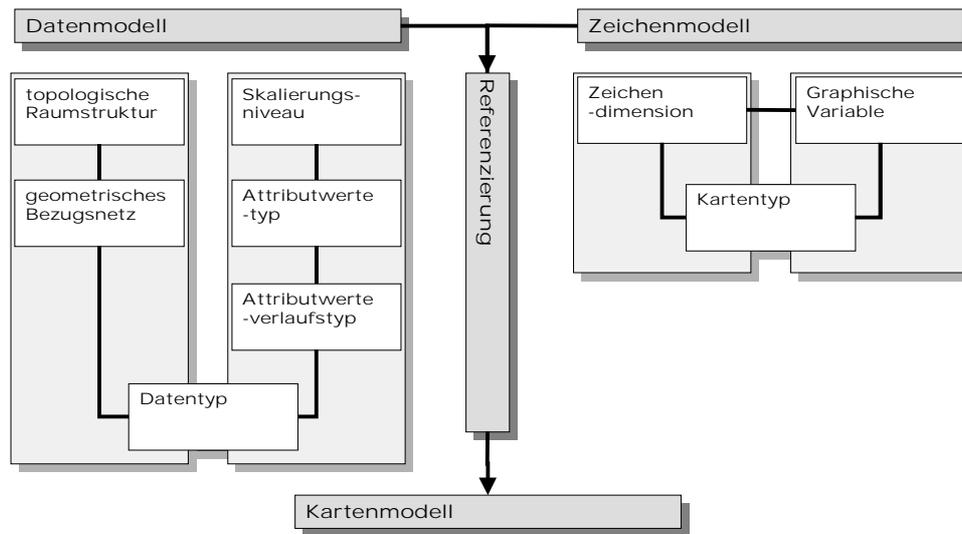


Abb. 18) Modell der Daten-Zeichen-Referenzierung

Die Datensteuerung dieses Modells basiert auf kartographischen Beschreibungsdaten, als Metadaten raumbezogener Daten, die den Eigenschaften kartographischer Zeichen zugeordnet werden können. Da sich das Zeichenmodell ebenfalls durch Metadaten beschreiben lässt, ist der Prozess der Graphikauswahl durch diese Daten gesteuert. Gegenüber dem DOM-Ansatz geht das Modell der Daten-Zeichen-Referenzierung davon aus, dass eine Selektion von Geodaten, bspw. aus der Datenbank eines GIS bereits stattgefunden hat (Kotterstein 1992). Entsprechend der Ausprägungen der Metadaten ergeben sich bestimmte Datentypen im kartographischen Datenmodell und Kartentypen im kartographischen Zeichenmodell.

### Datentypen im kartographischen Datenmodell

Die Strukturierung der Daten nach dem allgemeinen kartographischen Datenmodell erfolgt durch einem Satz von Parametern hinsichtlich ihrer geometrischen Merkmale (Topologie, Dimension) und ihren Sachmerkmalen (Skalierungsniveau, Wertetyp, Werteverlaustyp) als Datentyp (Bollmann 1989).

Als Beispiel kann die bodenkundliche Beschreibung einer Horizontabfolge einer Bodeneinheit in Form eines Bodentyps gelten (Schreiweis 1991):

In geometrischer Hinsicht entsprechen die Daten der Bodeneinheiten einem diskreten Flächennetz, die inhaltlich durch eine nominale Skala abgebildet werden und deren Werteverlauf diskret ist (vgl. Abb. 19).

<b>Parameter zu geometrischen Datenmerkmalen</b>					
<b>Topologische Raumstruktur</b>	Punkt (Standort)	Linie (Strecke)	Fläche (Areal)	Oberfläche	Vektor
<b>Geometrisches Bezugsnetz</b>	- Unregelmäßiges Punktnetz	- Liniennetz	- Rasternetz - Flächen-netz	- Rasternetz - unregelmäßiges Punktnetz	- Rasternetz - offenes Liniennetz
<b>Parameter zu inhaltlichen Datenmerkmalen</b>					
<i>Skalierungsniveau der Attributwerte</i>	<i>Nominalskala</i> rangmäßig ungeordneter Daten <i>Ordinalskala</i> rangmäßig geordneter Daten <i>Intervallskala</i> gleichabständiger Datenwerte in einem gültigen Wertebereich <i>Ratioskala</i> gleichabständiger Datenwerte mit nach oben offenem Wertebereich.				
<i>Attributwertetyp</i>	<i>Absolut</i> <i>Relativ</i> <i>Prozentual</i>				
<i>Attributwerteverlaufstyp</i>	<i>Diskreter</i> (klassifizierter) Werteverlauf <i>Stetiger</i> (kontinuierlicher) Werteverlauf				

Abb. 19) Parameter des kartographischen Daten- und Zeichenmodells

Des weiteren wird bei der Festlegung des Datentyps auch eine mögliche Kombination inhaltlicher Daten berücksichtigt: Diese können in Form von Attributverknüpfungen als Gruppe, Reihe, Summe oder Folge definiert sein und geben damit den Zusammenhang der Attribute wieder, wie dies in Abb. 20) dargestellt ist.

- Eine "Gruppe" drückt aus, dass kein Zusammenhang zwischen den Variablen besteht,
- eine grundsätzliche Unterscheidung eines gegebenen Zusammenhangs kann als "Reihe" oder "Sequenz" definiert werden, z.B. bei einer Zeitreihe, bei der die Reihenfolge der Attribute vorgegeben ist oder
- als "Summe", bei der eine Addition der Attribute möglich ist.
- Die Kombination aus "Reihe" und "Summe" wird durch den Verknüpfungstyp der "Folge" abgedeckt.

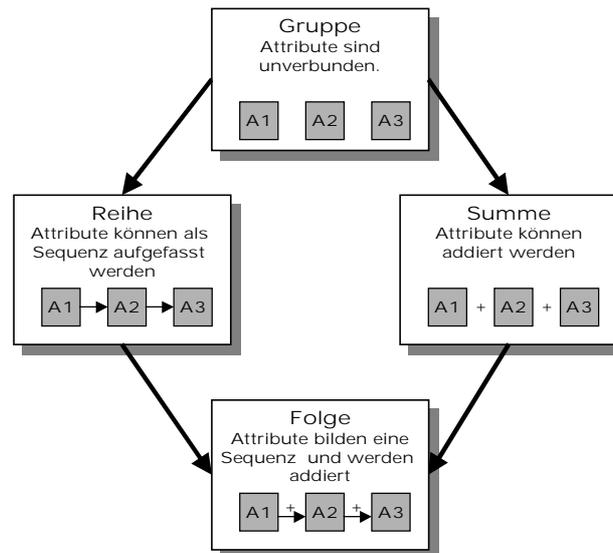


Abb. 20) Attributverknüpfungen im kartographischen Datenmodell

Ebenso wie die anderen Datenmerkmale dienen die Typen von Attributverknüpfungen zur Differenzierung der Daten nach Kriterien, die eine Informationsentnahme beeinflussen. Somit wird durch die Auswahl der Datenmerkmale versucht, möglichst viele Parameter der später über die Kartographie zu interpretierenden Informationen zu erfassen, um sie durch geeignete graphische Mittel zu repräsentieren.

Bereits Bertin (1974) weist darauf hin, welche Informationseigenschaften bspw. durch das Skalierungsniveau definiert werden können, nämlich die Beziehung der Werte eines Attributs mehrerer Objekte. Bei Attributverknüpfungen wird definiert, welcher Zusammenhang zwischen Werten mehrerer Attribute eines Objektes hergestellt werden kann (Bollmann 1985). In Kapitel 5 wird das Thema vor dem Hintergrund interaktiver Unterstützungsmöglichkeiten durch Arbeitsgraphik nochmals aufgegriffen.

### Kartentypen im kartographischen Zeichenmodell

Gegenüber den Datentypen wird die Kartographie nach dem allgemeinen kartographischen Zeichenmodell strukturiert, das im wesentlichen auf den graphischen Variablen Bertin's aufbaut. Durch die Zuordnung (Referenzierung) der Datenmerkmale zu entsprechenden Zeichenmerkmalen kann die Kartographie festgelegt werden. Ein Kartentyp entspricht in diesem Sinn der Festlegung der Zeichendimension und der graphischen Variablen, eine Übersicht der Kartentypen findet sich bei Kottenstein (1992).

In dem Beispiel der Bodeneinheiten erfolgt aufgrund der Daten-Zeichen-Referenzierung die Ableitung einer Mosaikkarte, d.h. einer Darstellung durch flächenhafte Zeichen, die in ihrer Füllung, also der Form einer Signatur, der Farbe der Fläche bzw. Signatur (bei redundanter Zeichenauswahl) oder der Richtung einer Schraffur variiert werden. Der Kartentyp entspricht demnach einem Graphiktyp, der die Merkmale des Datentyps so gut wie möglich wiedergibt, nämlich hinsichtlich der Dimension der Geometrie, des Skalierungsniveaus der Sachdaten etc.

Das Modell der Daten-Zeichen-Referenzierung leistet somit keine semantische Strukturierung von Daten oder Graphik, da es zunächst von einem konkreten fachlichen Datenmodell mit seinen semantischen Relationen abstrahiert. Die Modellierung einer Zeichensemantik muss aber immer anwendungsbezogen erfolgen und kann folglich auf dieser Modellebene nicht berücksichtigt werden. Als Beispiel diene nochmals die Mosaikkarte der Bodeneinheiten. Das Ergebnis des Referenzierungsprozesses legt nicht fest, welche konkrete Graphik zur Differenzierung der unterschiedlichen Bodenarten benutzt wird, es fordert aber die Verwendung einer graphischen Variablen, deren Ausprägungen, z.B. Farben, zusätzlich festgelegt werden müssen. Aus der Referenzierung resultiert somit ein Modell der Karte, mit dem der Karteninhalt strukturiert beschrieben ist und deren Struktur von der Wahl einer konkreten Graphik unabhängig ist.

### **Automatisierte Zeichenreferenzierung**

Erweiterungen des Referenzierungsansatzes hinsichtlich einer Automatisierung der Graphikauswahl sind u.a. bei Kottenstein (1992) zu finden, der mit KAREMO ein Referenzsystem zur regelbasierten Kartenkonstruktion beschreibt (vgl. auch Übersicht bei Müller 1995). In neueren Ansätzen zur automatisierten Visualisierung, außerhalb der Kartographie wurden Datenmodelle entworfen, die auf die Arbeiten von MacInlay (1986) zurückgehen und über strukturelle Daten-Zeichenbeziehungen hinaus semantische Kriterien berücksichtigen (Zhou; Feiner 1996). Dazu müssen visuelle Lexika entwickelt werden, die syntaktische, semantische und pragmatische Eigenschaften von Graphik beschreiben (Zhou; Feiner 1997) und durch deren regelbasierte Auswertung eine automatische Ableitung von graphischen Bildern möglich ist. Da die in diesem Rahmen entwickelten Systeme überwiegend in interaktiven Systemen eingesetzt werden, wird in Kapitel 5 die Eignung solcher Modelle für die Unterstützung eines Nutzers diskutiert.

Gleichfalls auf MacInlay basiert die Arbeit von Jung (1997) zum System VIZARD, mit dem eine regelbasierte Konstruktion von Karten möglich ist, die neben Datencharakteristika das Ziel der Informationsentnahme als Eigenschaft eines Kartentyps umfasst. Semantische Kriterien der Graphikauswahl werden, ebenso wie die Interaktionen mit Graphiken, in VIZARD allerdings nicht modelliert. Ein weiteres Beispiel ist das explorative kartographische Werkzeug Descartes (zuvor unter dem Namen IRIS) (Andrienko; Andrienko 1998, 1997), dessen Regelansatz zur automatischen Visualisierung Datenmerkmale und Zeichenmerkmale nach dem Ansatz von Bertin ausgewertet. Descartes zeigt im Vergleich der vorgestellten Systeme die meisten Gemeinsamkeiten mit dem vorgestellten Ansatz der Daten-Zeichen-Referenzierung, einschließlich der Berücksichtigung von Attributverknüpfungen.

Der vorgestellte Referenzierungsansatz kann in den Systemen zur Präsentation eingesetzt werden und erlaubt den Zugriff auf Graphikstrukturen und Datenstrukturen einer Karte, die der Interaktion mit dem Nutzer zugrunde liegen und zu seiner Unterstützung ausgewertet werden können. Die interaktiven Möglichkeiten mit Karten und die Einsatzmöglichkeiten von Arbeitsgraphik, die sich auf das Kartenmodell beziehen, werden in den Kapiteln 4 und 5 behandelt.

Um ein solches Kartenmodell zu entwickeln, soll zunächst die resultierende Struktur der Karte dargestellt werden, um darauf aufbauend ein Datenmodell als sogenanntes Referenzdatenmodell zu entwickeln. Das Referenzdatenmodell soll als Vorgabe für die konkrete Modellierung von Karten dienen, wie sie in einem Anwendungsfall, hier zur Kartierung, eingesetzt werden.

### 2.2.3 Karten-Referenzmodelle

Datenmodelle werden unter vielen verschiedenen Blickwinkeln entworfen, sei es als Grundlage des Entwicklungsprozesses und Entwurfs einer Software oder Datenbank, oder auch "nur" zur übersichtlichen Demonstration eines Sachverhalts. Die folgende Bezugnahme auf ein Referenzdatenmodell (was nichts mit der Daten-Zeichen-Referenzierung zu tun hat) soll beide Aspekte berücksichtigen, indem es sowohl zur Dokumentation logischer Basismodelle, als auch zur Entwicklung von Software als Vorlage dient (Hars 1994). Zur Darstellung wird das Modell der Karte in Form eines Entity-Relationship-Diagramms abgebildet, welches eine weit verbreitete Darstellungsmethode darstellt. Ein solches Diagramm basiert auf einer graphischen Notation von Objekt- und Klassenstrukturen. Im Extended-Entity-Relationship-Schema (EER-Schema) sind Objektklassen, deren Beziehungen und Attribute vorgesehen. Die Objektklassen können dabei komplex sein, d.h. aus mehreren anderen Objektklassen (Aggregation) oder aus einer Menge von Objekten einer anderen Klasse bestehen (Mengenbildung = SET, Listenbildung = LIST). Beziehungen drücken eine Spezialisierung, eine Generalisierung oder eine Partitionierung mehrerer Objektklassen aus (Appelrath; Lorek 1988).

Das Referenzdatenmodell einer Karte beschreibt die zugrundeliegenden Daten- und Graphikstrukturen, um auf dieser Basis in einem kartographischen Programmsystem Zugriff auf die verschiedenen Elemente zu haben, um sie z.B. verändern oder austauschen zu können.

Da Karten in vielen Fällen auf der Basis von Geodaten konstruiert werden, die z.B. in einer Datenbank vorgehalten und organisiert werden, ist es sinnvoll, ein Geobjektmodell aus dem eigentlichen graphisch strukturellen Kartenmodell auszugliedern.

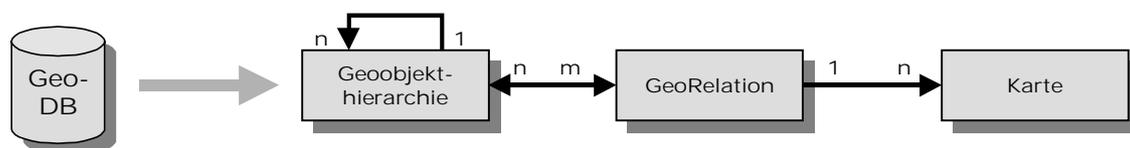


Abb. 21) Organisation des Datenzugriffs

Zu diesem Zweck kann von Seiten der Geodatenbank ein Zugriffsmechanismus als Schnittstelle existieren, die in Form eines hierarchisch strukturierten Datenkatalogs den Inhalt der Geo-Datenbank beschreibt. Die GeoRelation (vgl. Abb. 21) repräsentiert dann einen Datensatz, der in Form eines Retrievals aus der Datenbasis selektiert und in der Karte dargestellt werden soll.

Die eigentliche Struktur der Kartendaten, die hier zunächst lediglich durch eine einfache Relation "Karte" gekennzeichnet ist, differenziert sich in die Modellteile Datenmodell und Zeichenmodell, entsprechend des Ansatzes der Daten-Zeichen-Referenzierung, wie in Abb. 22) dargestellt.

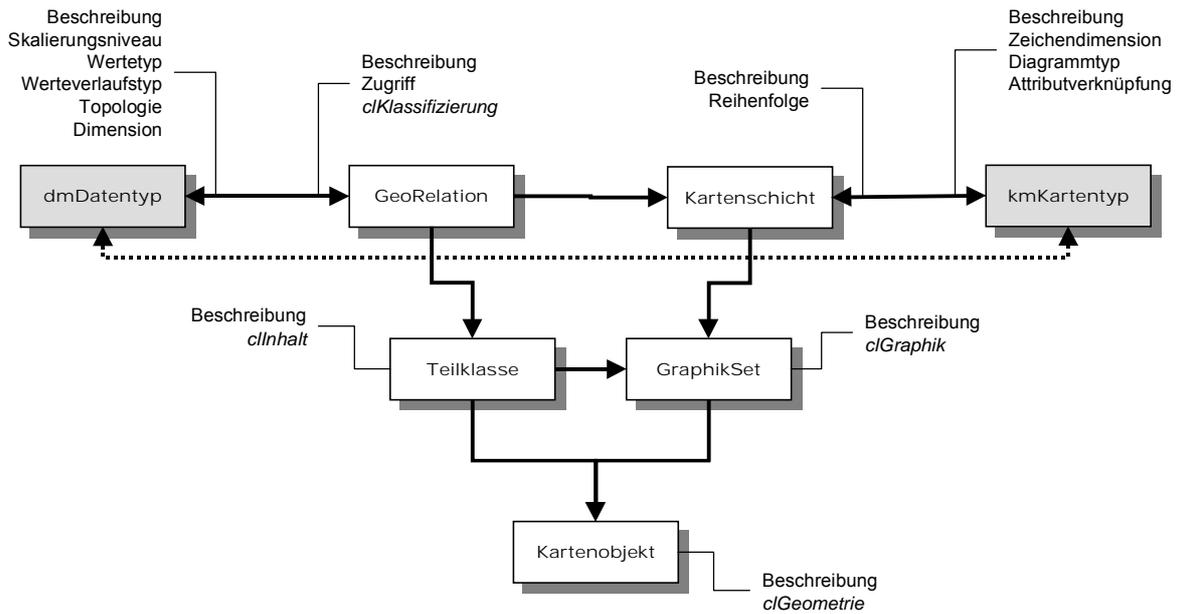


Abb. 22) Relationenschema zum Karten- Referenzmodell

Die grau unterlegten Kästchen des Karten- Referenzmodells kennzeichnen die Kernrelationen, über die eine Daten- Zeichen- Referenzierung möglich ist. Werden diese bspw. in einer Datenbank als Tabellen implementiert und alle denkbaren Kombinationen dort abgelegt, so kann über eine Abfrage der entsprechende Kartentyp aus den Datenmerkmalen ermittelt werden. In einem Prototypen "Zeichenreferenzierung" wurde dieser Mechanismus eingesetzt. Wie in Abb. 23) dargestellt, resultiert in den verbundenen Formularen der Benutzeroberfläche des Prototypen aus der Referenzierung die Ableitung des Kartentyps, der stellvertretend durch eine Skizze, hier eines Rechteckdiagramm, dargestellt wird.

Das Bild zeigt zwei Formulare, die durch einen Pfeil verbunden sind. Das linke Formular ist die Datendefinition, das rechte die Auswahl des Kartentyps.

**Datendefinition:**

- DT\_ID: 11
- Bezeichnung: R1
- Skalierungsniveau: ratio
- Werttyp: absolut
- Werteverlaufstyp: stetig
- topologische Raumstruktur: Fläche
- geometrisches Bezugsnetz: Flächennetz

**Kartentyp:** 13

Die zugehörigen Parameter sind:

- Bezeichnung: Rechteckdiagrammkarte
- Zeichendimension: Punkt
- Diagrammtyp: Rechteck
- Attributverknüpfung: Folge
- Parameter: Stabdiagramm

Rechts neben den Parametern ist eine Skizze eines Rechteckdiagramms zu sehen.

Abb. 23) Datendefinition und Auswahl des Kartentyps im Prototypen "Zeichenreferenzierung"

Über die Datendefinition lassen sich Datensätze zur Kartenkonstruktion konzeptionell zusammenstellen. Die resultierende Struktur der Karte bildet die Grundlage zur Verwendung in einem interaktiven kartographischen Programmsystem (Johann; Müller 1998).

Des weiteren werden alle Kartenobjekte in Klassen und Teilklassen unterteilt, wobei ein Element aus der "GeoRelation" einer Klasse von Objekten entspricht, die durch gemeinsame Attribute gekennzeichnet sind, z.B. alle Objekte, die der Flächennutzung zugehören. Als "Teilklassen" werden alle Objekte einer Klasse verstanden, die gleiche Attributwerte haben. Z.B. unterteilt sich die Flächennutzung u.a. in die Teilklassen der landwirtschaftlichen Nutzflächen. Per Definition erhalten alle Objekte einer Teilklassen ein identisches Zeichen, das im Datenmodell durch das "GraphikSet" abgebildet wird und die benötigten Graphikparameter zur Konstruktion enthält. Das "Kartenobjekt" schließlich repräsentiert die in der Karte verorteten Zeichen.

```
For each elem1 in Kartenschicht.OrderBy("Reihenfolge")
  For each elem2 in GeoRelation.Select(elem1)
    For each elem3 in Teilklassen.Select(elem2)
      For each elem4 in Kartenobjekt.Select(elem3)
        elem4.draw()
      Next elem4
    Next elem3
  Next elem2
Next elem1
```

Abb. 24) Pseudo-Code zur Kartenkonstruktion

---

Die Relation "Kartenschicht" organisiert auf einer übergeordneten Ebene die Schichtung und damit im wesentlichen die Zeichenreihenfolge der Kartenelemente. In einem Konstruktionsprogramm kann die Anweisung zur Kartenausgabe dann so wie in Abb. 24) dargestellt aussehen, indem innerhalb einer verschachtelten Schleife die entsprechenden Elemente der verknüpften Relationen aufgerufen werden.

Im Karten- Referenzmodell werden zusätzlich die zur Bildung einer Legende notwendigen Elemente berücksichtigt. Sie bestehen aus "Legendenbereichen", die den Elementen der Relation "Kartenschicht" und der darin enthaltenen "GeoRelationen" zugeordnet sind. Ein "Legendenbereich" fasst alle Legendenteile zusammen, die den "Teilklassen" zugeordnet sind (vgl. Abb. 25).

Jeder "Legendenteil" wird durch den Bezug zu den inhaltlichen Daten und durch einen Verweis auf das "GraphikSet" und den Graphikparametern gebildet. Für die graphische Darstellung eines Legendenkästchen "landwirtschaftliche Nutzfläche" würde demnach der entsprechende Text-String aus der Relation "Teilklassen" und die entsprechende Signatur aus der Relation "GraphikSet" genutzt.

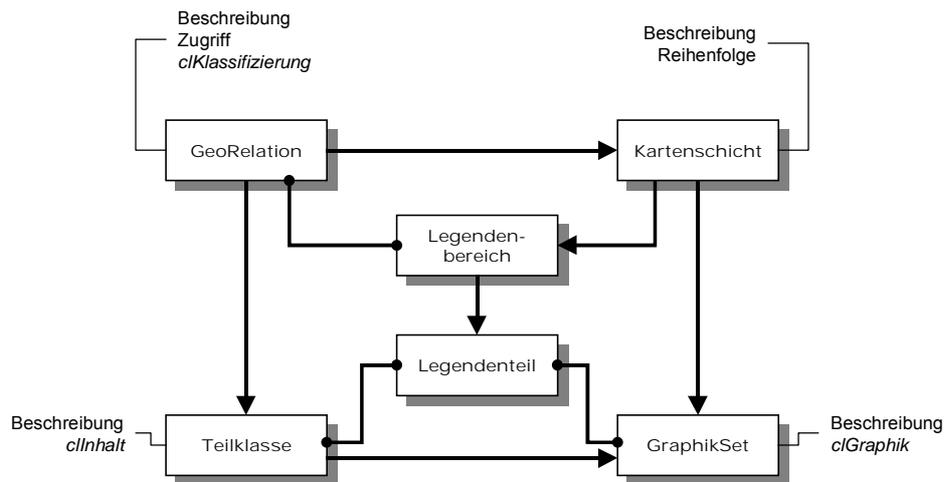


Abb. 25) Berücksichtigung der Legende im Karten-Referenzmodell

In dem kommerziellen Desktop-GIS ArcView existiert mit der Programmiersprache Avenue die Möglichkeit, auf das interne Objektmodell der Software zuzugreifen. Der Ansatz in ArcView benutzt das "Theme" als zentrale Dateneinheit, die jeweils einem View und dieser wiederum einem Projekt zugeordnet ist. Die Klasse der "Themes" entspricht der "GeoRelation" im Karten-Referenzmodell, sie verzweigt sich in die Feature-Table, einer Relation, die alle inhaltlichen Daten bereitstellt und auf deren darstellende Geometrie ("Shapes") verweist. Mit "Legend" wurde eine Instanz geschaffen, die der Relation der "Legendenteile" im Karten-Referenzmodell entspricht. Über diese sind auch die graphische Gestaltung ("Symbol") der Karte und die Klassifizierung ("Classification") der Daten definiert.

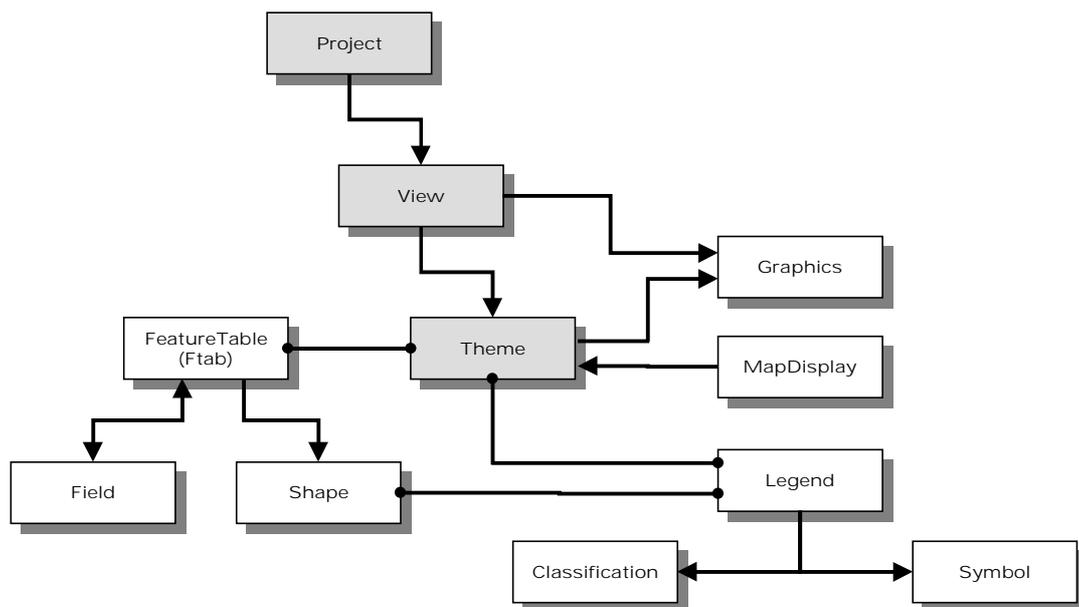


Abb. 26) Ausschnitt aus dem ArcView-Kartenmodell

Zwar ist in Abb. 25) nur ein Ausschnitt aus dem komplexen Objektmodell aufgezeigt, doch es wird deutlich, dass trotz der augenscheinlichen Unterschiede auch hier im Prinzip der Ansatz des kartographischen Referenzmodell erkennbar bleibt.

### **2.3 Ausweisung einer kartographischen Medientaxonomie**

Im Sinne der Informationsverarbeitung ist das Medium Träger der Information, d.h. es hat Eigenschaften, die eine spezielle Form der Kodierung (sowohl für Enkodierung wie Dekodierung) ermöglicht. Um eine Definition dafür zu finden, was kartographische Medien sind, ist es demnach notwendig, herauszustellen, was die für die Kodierung wesentlichen Eigenschaften der Medien sind. Das Ziel sollte es sein, von der überholten Unterscheidung zwischen Karte und kartenverwandter Darstellung abzukommen und kartographische Medien als ein "Kontinuum" möglicher Repräsentationen des Georaumes zu verstehen.

Um den Medienbegriff ist eine rege Diskussion entbrannt. Die Entstehung von Multimedia legt zunächst nahe, die technischen Varianten der Speicherung, des Zugriffs und der Darstellung zu betrachten. Erst in jüngerer Zeit wird der Einfluss der Medien auf die Informationsentnahme thematisiert, wobei Typen von Medien nicht isoliert betrachtet werden, sondern gerade deren Kombination, die eine bessere Informationsvermittlung verspricht (Dransch 1997b).

Innerhalb der Kartographie gilt vorwiegend die Karte als adäquates Medium, Merkmale des Raumes abzubilden. Prinzipiell ist eine Darstellung des Raumes auch durch Texte, Bilder (im Sinne einer Photographie) und perspektivischen Diagrammen (Blockbilder) möglich. Die unterschiedlichen Eigenschaften dieser Medien bedingen jedoch unterschiedliche Möglichkeiten der Informationsentnahme seitens des Nutzers.

Eine Betrachtung aller Medien ist auch in der Kartographie notwendig, weil zum einen die Kartographie als Kommunikationswissenschaft nach Wegen für eine optimale Vermittlung von raumbezogenem Wissen sucht und zum anderen die multimodale Repräsentation von Wissen in Medien als ein Vorteil beim Wissenserwerb angesehen wird.

#### **2.3.1 Kriterien zur Differenzierung von Medien**

Zur Differenzierung des Medienbegriffs wurde bei der Diskussion eines Schemas des kartographischen Informationsprozesses bereits vorgeschlagen, technisch-physikalische Eigenschaften und die Abbildungseigenschaften von Medien zu unterscheiden (vgl. Kapitel 1.2).

Innerhalb der Medienwissenschaften basieren Definitionen des Medienbegriffs nicht auf der Differenzierung des Informationsgehalts im Kommunikationsprozess. Das mag daran liegen, dass dort der Gegenstand der Untersuchungen, z.B. die Medienwirkung, immer direkt auf ein Medium, z.B. Fernsehen, bezogen wird (Winterhoff-Spurk 1999, Jäckel 1999). Diese, meist auf die Medien der Massenkommunikation ausgerichteten Forschungsbereiche, differenzieren Medien vielmehr nach ihrer Stellung innerhalb des Sender-Empfängermodells in primäre, sekundäre und tertiäre Medien.

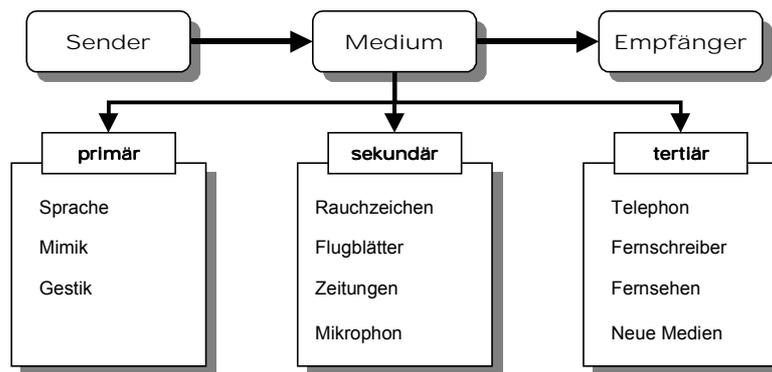


Abb. 27) Primäre, sekundäre und tertiäre Medien  
(Jäckel 1999)

Die von Pross (1972, nach Maletzke 1998) vorgenommene Einteilung geht davon aus, dass **primäre Medien** zur Kommunikation genutzt werden, wenn keine Geräte zwischen Sender und Empfänger eingesetzt werden. **Sekundäre Medien** stehen für eine Kommunikation, bei der auf der Produktionsseite ein Gerät erforderlich ist, nicht aber auf Seite des Rezipienten. **Tertiäre Medien** kennzeichnen eine Kommunikation, die auf Seiten von Sender und Empfänger technische Hilfsmittel benötigen. Demnach wären Papierkarten sekundäre Medien, während alle Formen von Medien im Rahmen der kartographischen Bildschirmkommunikation unter dem Schlagwort "Neue Medien" als tertiäre zusammengefasst werden.

Insgesamt zeigt sich, dass der Medienbegriff in unterschiedlichen Dimensionen verstanden wird, nämlich das Medium als

- Kode zur Kennzeichnung des verwendeten Zeichensystems und dem Kommunikationskanal, bzw. der verwendeten Sinnesmodalität,
- technisches Gerät, über das kommuniziert wird,
- Botschaft, in der das Gerät und die Nachricht zusammengefasst sind,
- Organisation bzw. Institution die ein Medium vertreibt (Nöth 1998).

Unter dem Gesichtspunkt der Differenzierung von Medien nach der Art ihrer Repräsentation von Informationen und dem Einfluss auf den Wissenserwerb des Nutzers eines Mediums sind vor allem die ersten beiden Medienbegriffe relevant, wonach technische Werkzeuge zur Produktion und Rezeption von Zeichen genutzt werden, die durch die Verwendung eines bestimmten Zeichenkodes und durch den Rückgriff eines geeigneten Kommunikationskanals, im Sinne einer Sinnesmodalität, vom Menschen verarbeitet werden können.

Der Kode eines Mediums entspricht einem System von Zeichen, das Ausdrucksstrukturen und Inhaltsstrukturen verbindet. Nach Eco (1994) können Kodes unterschiedlich stark oder konkret in ihrer Transformation sein, und dem Interpretieren kleine oder große Spielräume zur Deutung des Inhalts zulassen.

Der Kommunikationskanal kennzeichnet die Modalität des Mediums, d.h. ob Informationen visuell, auditiv oder haptisch (taktil), etc. vermittelt werden. Die Leistungen des jeweiligen Kanals beeinflussen die Verwendbarkeit des Kodes, der auf diesem Kanal basiert. So stellen

auch Lehrbücher der Wahrnehmung (z.B. Guski 1996) die Eigenschaften der einzelnen Kanäle in Zusammenhang mit den wahrnehmbaren physikalischen Eigenschaften der Umwelt.

Innerhalb einer solchen Sichtweise entsprechen Karten visuellen Medien. Diese können nun mit dem Ziel weiter differenziert werden, eine Systematik als Grundlagen zur Definition kartographischer Medien zu erstellen. Damit wird die Modalität kartographischer Medien zunächst auf visuelle Codes reduziert.

Für Weidenmann (1994) ist bzgl. des Wissenserwerbs aus visuellen Medien eine Unterscheidung informierender und künstlerischer Bilder angebracht. Informierende Bilder sind demnach gegenüber künstlerischen Bildern nicht offen für unterschiedliche Rezeptionsweisen, sondern eindeutig in ihrer Inhaltsebene. Es gilt, dass Klarheit und Informativität vor Ästhetik geht. In diesem Sinn sind informierende Bilder nicht auf die Fesselung der Aufmerksamkeit und Erzeugung von Emotionen ausgerichtet. Vielmehr sollen durch sie Informationen bildhaft so kodiert werden, dass die Rezipienten sie möglichst vollständig und exakt erfassen können.

Der verwendete Kode eines informierenden Bildes basiert nach Weidenmann auf zwei Prämissen:

- Argument- Angemessenheit: Die Zeichen eines Bildes haben die Funktion zur Instruktion und entsprechen Argumenten in einem Diskurs. Hierzu ist die Wiedergabe der wesentlichen Erscheinungsmerkmale von Objekten, Handlungsanweisungen etc. notwendig, um ein Argument klar und deutlich zu visualisieren.
- Rezeptions- Angemessenheit: Durch die Verwendung einer konventionalisierten Darstellungsform wird sichergestellt, dass der Rezipient die Argumente aufnehmen kann, da er die Regeln der Kodierung kennt. U.a. kann durch Steuerungscode die Aufmerksamkeit und damit die Rezeption des Arguments gelenkt werden.

Die möglichen Darstellungscodes werden zusätzlich in Abbilder, d.h. Bilder sichtbarer Objekte (ikonographisch) und logische Bildern zur Präsentation nicht sichtbarer Phänomene (ikonische Diagramme) unterteilt, wobei auch Abbilder vom Objekt abstrahieren und in Form einer Schemazeichnung angelegt sein können.

Zusammenfassend betrachtet haben die Medien "Text" und "Bild" den visuellen Kommunikationskanal gemeinsam (vgl. Abb. 28), dem auditiven Kanal werden dementsprechend "Musik" und "Sprache" zugeordnet, wobei auch "Geräusche" wichtige Informationsträger sind, die aber bislang wenig Beachtung finden. Die Gliederung bringt auch die grundsätzlichen Unterschiede im Kode von Text und Bild auf der einen Seite und Musik und Sprache auf der anderen Seite zum Ausdruck. Der Bereich der Bilder wird nach Weidenmann (1994) in Abbilder und logische Bilder unterteilt und, wie er betont, in eine abstrakte und realistische Repräsentation unterschieden.

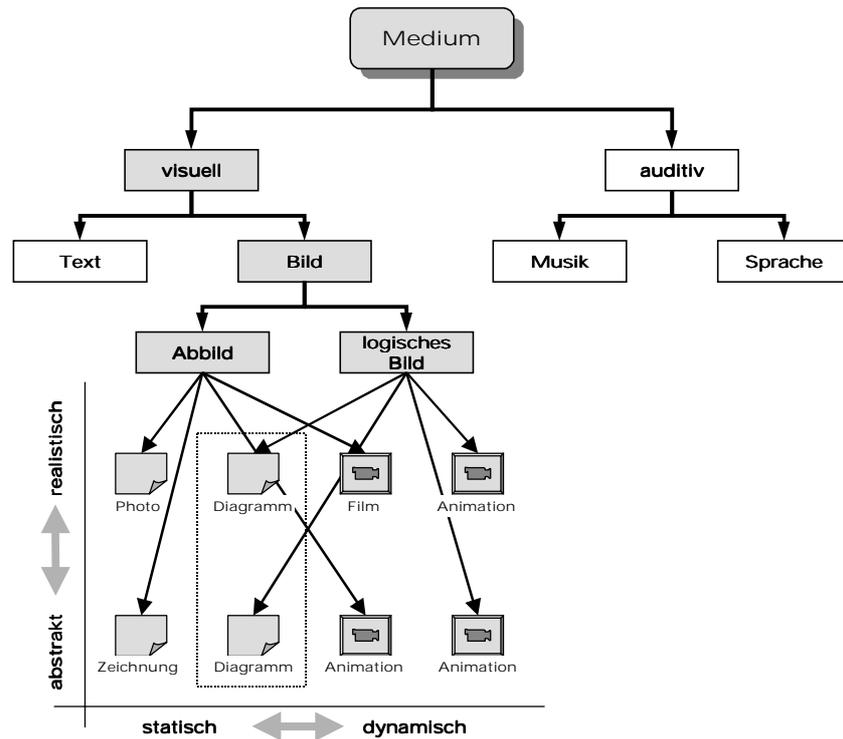


Abb. 28) Allgemeine Medientaxonomie

Nach diesem Schema wird ein logisches und statisches Bild grundsätzlich als Diagramm bezeichnet, ein logisches und dynamisches Bild als Animation. Diese Kennzeichnung ist dem Schema nach zwar unsauber, allerdings wird auch der Begriff der Animation in vielen Bedeutungen verwendet. Abbilder sind dementsprechend Photos (als realistische und statische Abbilder), Zeichnungen (als abstrakte und statische Abbilder), Filme (als realistische dynamische Abbilder) und Animationen (als abstrakte und dynamische Abbilder).

Da logische Bilder und ihr Potential zur Übermittlung von Informationen den Abbildungsformen in der Kartographie am nächsten kommen, ist es notwendig, weitere speziell kartographische Eigenschaften zu definieren. Eine mögliche Gliederung logischer Bilder ist die Einteilung von Bertin (1974) in Diagramme, Netze, Karten und Symbole. Hier ist das Kriterium zur Unterscheidung die Imposition der Medien. Sie bezeichnet die Art der Verwendung der Darstellungsdimensionen (die zwei Dimensionen der Darstellungsebene) zur Abbildung von Beziehungen zwischen den Variablen des Objektbereichs (Komponenten bei Bertin). Insbesondere die formale Trennung in Diagramme und Netze scheint an dieser Stelle geeignet zu sein, um logische Bilder weiter differenzieren zu können:

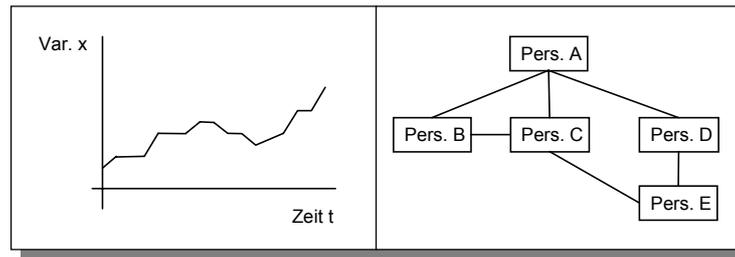


Abb. 29) Diagramme und Netze

Diagramme bilden die Verhältnisse aller beteiligten Variablen im Darstellungsraum ab, d.h. es sind vor allem Wertestrukturen, die als Informationen entnommen werden können. Netze bilden die Beziehungen innerhalb Variablen ab, d.h. es sind vor allem Objektstrukturen, die als Informationen entnommen werden können. Ein Beispiel für ein Diagramm ist der Verlauf einer Variablen  $x$  über die Zeit  $t$ , ein Beispiel für ein Netz ist die Beziehung von Personen innerhalb einer Organisationsstruktur (vgl. Abb. 29). Anstelle des Begriffs Netz wird häufig der Begriff Strukturdiagramm gebraucht (Schnotz 1997).

### 2.3.2 Eigenschaften kartographischer Medien

Werden Studenten in Einführungsveranstaltungen der Kartographie gefragt, was die augenscheinlichen Unterschiede in der Darstellung der Realität durch ein Luftbild und durch eine topographische Karte sind, so wird häufig die "Abstraktion" der Karte als Unterscheidungskriterium gesehen. Bereits eine Variation der Perspektive, hin zum Blockbild trägt zur Verstärkung eines realistischen Eindrucks bei, obwohl hier die Bedingungen zur Entnahme vieler Informationen, wie Distanzen, Flächengrößen, etc. eingeschränkt sind.

Um zu einer sinnvollen Definition dessen zu kommen, was kartographische Medien sind, ist die Einteilung der unterschiedlichen Repräsentationsmöglichkeiten des Georaumes notwendig. Ein kartographisches Medium soll den Georaum visuell-bildlich im Sinne der allgemeinen Medientaxonomie abbilden. Demnach kann das Medium zunächst als Abbild oder logisches Bild definiert werden, allerdings ist dies kein verbreiteter Ansatz.

Freitag (1966) stellt schon früh eine Taxonomie kartographischer Darstellungsformen vor, die Karten, Kartogramme und Kartenskizzen als Beispiele für unterschiedliche chorographische Eigenschaften unterscheidet. Des weiteren differenziert Freitag nach dem symbolischen Charakter (im Sinne von Zeichen), dem isolierenden Charakter (im Sinne der Statik der Auswahl von Inhalt, Projektion und Zeitpunkt), dem generalisierenden Charakter (im Sinne einer Informationsreduktion) und dem kategorischen Charakter (im Sinne der Verbindlichkeit des dargestellten Inhalts) zur Beschreibung der Darstellungsform. Da sich diese Eigenschaften nicht mehr auf neue Präsentationsformen wie VR oder Animationen übertragen lassen, muss ein anderer Gliederungsansatz gefunden werden.

Wird Abstraktion, um bei der Äußerung der Studenten zu bleiben, als das Isolieren, Pointieren und Generalisieren der Realität verstanden (Thiel, in Seiffert; Radnitzky 1992), dann haben kartographische Medien diesbezüglich spezifische Eigenschaften, um Merkmale und Relationen im Georaum zu klassifizieren, diese gegenüber anderen herausheben oder deren invariante Merkmale wiederzugeben. Geodaten werden in der Regel mindestens in geometrische, semantische (und zeitliche) Dimensionen gegliedert (Findeisen 1989), oder, wie Bartelme (1994) es vorschlägt, nach strukturellen, geometrischen und thematischen Eigen-

schaften gegliedert. Insbesondere die Trennung in geometrische und thematische (oder inhaltliche bzw. semantische) Eigenschaften des Georaumes ist für die Ableitung kartographischer Medien relevant, da mit geometrischen und inhaltlichen Daten grundsätzlich verschiedenen verfahren wird.

Die **Geometrie** wird, mit Ausnahme der Karten-Anamorphosen, auf ein Netz aus punkt-, linien- und flächenhaften Zeichen projiziert. Die Projektion basiert dabei auf zwei Grundprinzipien: der **Verebnung des Erdkörpers** durch einen Kartennetzentwurf und der perspektivischen Sicht auf das Gelände. Die wichtigsten Kriterien der Projektion sind bezüglich der Verebnung des Erdkörpers die Lagetreue, Winkeltreue und die Flächentreue, die als typische invariante Merkmale der Objekte und ihrer Relationen aufgefasst werden können. Bei der Wahl einer **Perspektive** sind Parallel- und Zentralperspektive zu unterscheiden, mit ihren Folgen z.B. für die Messbarkeit von Distanzen in einem zentralperspektischen Luftbild und einer parallelperspektivischen topographischen Karte. Daneben hat der Blickwinkel eine wichtige Funktion für die Informationsentnahme, da der lotrechte Blick von oben den **Grundriss** am besten wiedergibt und entsprechend die horizontale Sicht den **Aufriss**. Mit der **Schrägsicht** werden die Vorteile beider Ansichten kombiniert, obwohl durch die Verdeckung Lageinformationen und durch die perspektivische Verzerrung zum Horizont geometrische Relationen nur eingeschränkt erhalten bleiben.

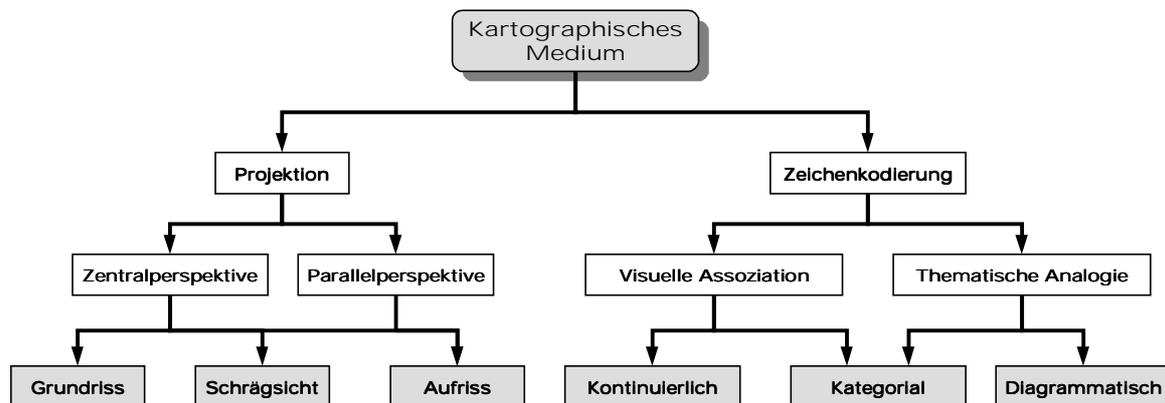


Abb. 30) Abbildungseigenschaften kartographischer Medien

Die **Thematik** wird durch die graphische Variation der geometrischen Zeichen im Sinne des Daten-Zeichen-Referenzierung (vgl. Kapitel 2.2) durch einen spezifischen **Zeichenkode** ausgedrückt. Bezieht man Photographien und realistische Bilder mit in die Betrachtung ein, so wie es auch in der allgemeinen Medientaxonomie angelegt ist, dann kann zwischen (visuellen) Assoziationen und (thematischen) Analogien unterschieden werden (vgl. auch Kapitel 2.1).

Die **visuelle Assoziation** ist durch einen ikonischen Zeichenkode gekennzeichnet und kann in eine kontinuierliche bzw. eine kategoriale Verwendung von Graphik unterschieden werden. Bspw. beruhen Photographien auf visuellen Analogien der Farbpigmente, die **kontinuierliche** Abstufungen aufweisen und damit real wirken. **Kategorial** ist die Verwendung von Graphik, wenn in einem Satellitenbild die Farbwerte klassifiziert wurden, um ihnen eine Semantik zuordnen zu können (vgl. dazu auch Eco 1994).

Eine **thematische Analogie** basiert auf einem diagrammatischen Zeichenkode im Sinne Bertin's, und kann in die kategoriale und die quantitative Verwendung von Graphik unterteilt werden. Eine topographische Karte basiert demnach auf einer thematischen Analogie durch die überwiegende Verwendung von Zeichen, die den Kategorien, oder Objektklassen, des topographischen Datenmodells zugeordnet sind. Die Gestaltungsmittel werden **kategorial** verwendet. Eine Besonderheit bilden Diagramme in Karten, die in einem eigenen geometrischen Koordinatensystem unabhängig von ihrer projizierten Lage in der Karte konstruiert werden (Bertin 1974). Dies wird z.B. zum Problem, wenn versucht wird, Diagramme in einer anderen Perspektive als der Parallelperspektive bei lotrechter Sicht darzustellen. Der Einsatz der Graphik ist **diagrammatisch**, im Sinne von Bertin, wenn die Werte von mindestens zwei thematischen Variablen durch die Graphik repräsentiert werden.

Diese Unterscheidung soll als Gliederung kartographischer Medien genutzt werden, die in Abb. 31) dargestellt ist. Hierbei bildet die Art der Projektion die erste Dimension zur Unterscheidung der möglichen Perspektiven und die Zeichenkodierung mit den Ausprägungen der visuellen Assoziationen und thematischen Analogien die andere Dimension.

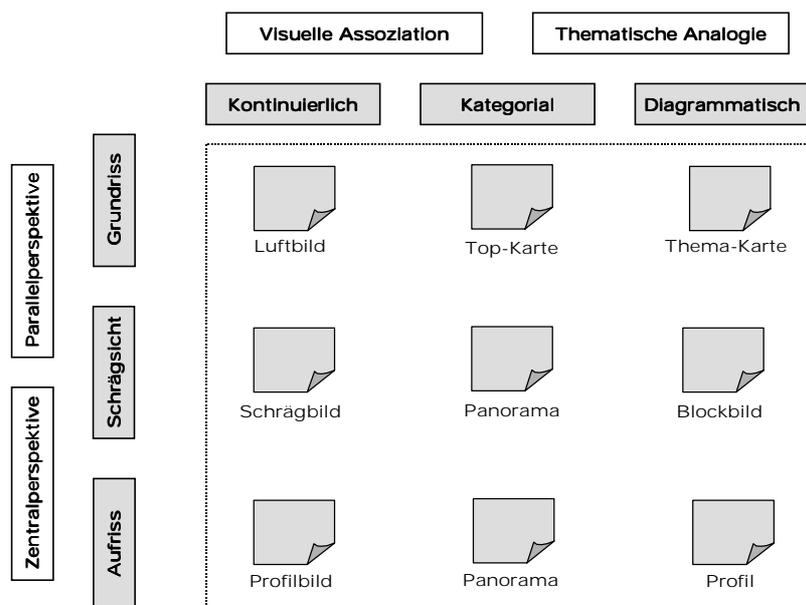


Abb. 31) Medien innerhalb der kartographischen Medientaxonomie

In der Darstellung unberücksichtigt sind die Varianten statischer und dynamischer Präsentationsformen, deren Terminologie jedoch weitgehend durch die Begriffe Film und Animation entsprechend der allgemeinen Medientaxonomie gekennzeichnet ist. Letztendlich liegt die Stärke der dynamischen Präsentation ja auch in der Möglichkeit, bspw. die Perspektive der Darstellung zu variieren (Dransch 1993). Des Weiteren ist die Auflistung der einzelnen Medien unvollständig und greift typische Beispiele heraus. Insgesamt bleibt die Frage offen, inwieweit eine solche Differenzierung als fest angenommen werden kann, da es immer Mischformen neben den typischen Vertretern geben wird. So lassen sich bspw. Karten-Anamorphosen nur schwer in das Schema einordnen. Die kartographische Medientaxonomie ist aber dennoch geeignet, zur Differenzierung und Planung des Medieneinsatzes für

eine mögliche Anwendung eingesetzt zu werden. In den Kapiteln 4 und 5 wird dieser Punkt vor dem Hintergrund der gezielten Unterstützung des Nutzers im Rahmen einer interaktiven Mediennutzung erneut aufgegriffen. Dies betrifft auch Aspekte, die eine sinnvolle Kombination von Medien betreffen.

Im Rahmen dieser Arbeit wird davon ausgegangen, dass die kartographischen Medien im Mittelpunkt stehen, d.h. als zentrale Medien zur Kommunikation raumbezogener Informationen eingesetzt werden. In diesem Rahmen kommt der Legende als eigenständiges, kartenbegleitendes Medium eine besondere Rolle zu (zur Bedeutung der Legende vgl. Freitag 1987). Deren Grenzen zu anderen "nicht kartographischen" Medien sind allerdings unscharf, wenn solche bspw. über *Hyperlinks* mit dem Karteninhalt verknüpft sind und zu dessen Erläuterung eingesetzt werden (Buziek 1999).

## 2.4 Repräsentation des Geländes in kartographischen Medien

Die graphische Repräsentation von im Raum kontinuierlich verteilten Daten ist ein Spezialfall der kartographischen Darstellung. Dies gilt gleichermaßen für eine Umsetzung in eine ebene Darstellung, wie für die perspektivische Darstellung aller drei Dimensionen. Neben dem Relief können auch andere, umweltwissenschaftlich oder sozialwissenschaftlich relevante Daten einem räumlichen Kontinuum entsprechen (Rase 1998), doch für den in dieser Arbeit relevanten Bezug zur Kartierung ist die Interpretation von Formen und Parametern des Reliefs oder Geländes von besonderer Bedeutung.

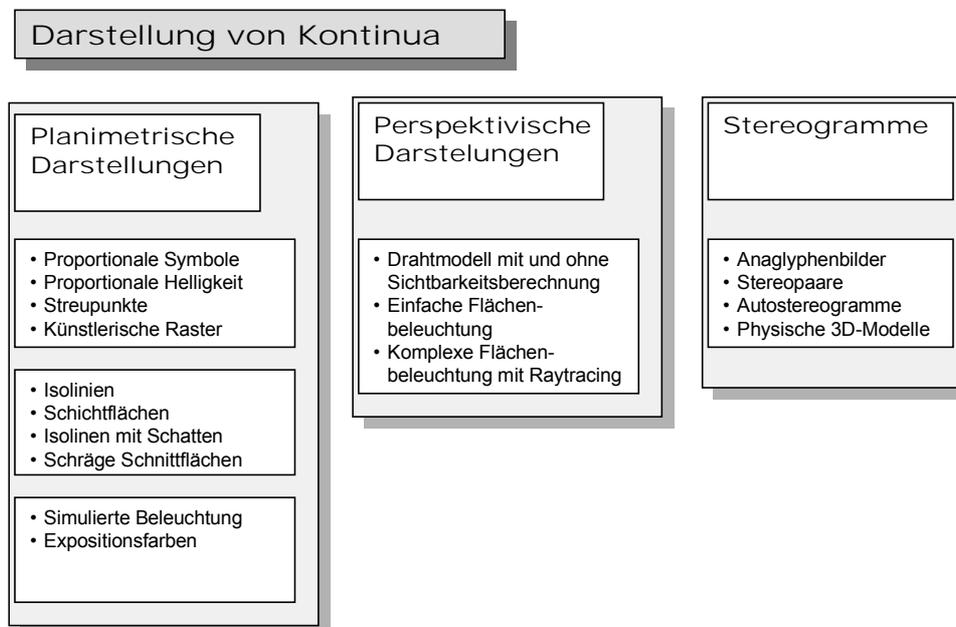


Abb. 32) Übersicht der Darstellungsmethoden für Kontinua (verändert nach Rase 1998)

Aus diesem Grund sollen zunächst generelle Arten von Geländeinformationen klassifiziert werden, deren Repräsentation in der Karte als planimetrische Darstellung und in dreidimensionalen perspektivischen Darstellung vorgestellt und diskutiert werden (vgl. Abb. 32). Die bei Rase (1998) angesprochenen Stereogramme bleiben hingegen unberücksichtigt. Mit der Entwicklung der VR-Technologien ist eine stereoskopische Präsentation heute bereits mit Standard-PC realisierbar. Aktuelle Fragen zur Bedeutung dieser Techniken bezüglich der Repräsentation raumbezogener Informationen sollen daher an dieser Stelle aufgegriffen werden.

#### **2.4.1 Arten von Geländeinformationen**

Es kann davon ausgegangen werden, dass die Nutzung von Geländeinformationen in vielen Anwendungsbereichen eine große Rolle spielt und es in der Kartographie immer schon Bemühungen gab, eine angemessene Darstellungsform hierfür zu finden. Dies gilt, vor dem Hintergrund der DV-gestützten Verfahren, vor allem für die Verwendung geeigneter Datenstrukturen, durch die das Gelände numerisch beschrieben werden kann, wie auch deren graphische Repräsentation, meist in einer Karte. Durch die Möglichkeiten der 3D-Analyse in Geo-Informationssystemen hat die Verarbeitung von Geländeinformationen stark zugenommen. Zu den Standardfunktionen gehören heute Berechnungsmöglichkeiten von Neigung, Exposition, formrelevanten Geländelinien oder Sichtbarkeitsberechnungen.

Um das Gelände durch Daten angemessen wiedergeben zu können, ist eine Reduktion des dreidimensionalen, kontinuierlichen Verlaufs auf Punkte, Linien oder Kanten von Flächen (meist Dreiecke) erforderlich, dessen Reproduktion in der Regel durch eine Interpolation erfolgt. Dabei unterscheiden sich die Interpolationsverfahren u.a. in der Genauigkeit und der Formtreue (Rase 1998) der Abbildung.

Zu den Merkmalen der Repräsentation des Geländes wird in der Regel zwischen der visuellen, ästhetischen Qualität und der Exaktheit (und Messbarkeit) in der graphischen Darstellung unterschieden. Die visuelle Qualität ist nicht als rein subjektives Kriterium im Sinne von Schönheit zu verstehen, vielmehr soll das Gelände so wiedergegeben werden, dass beispielsweise der Formenschatz des Geländes visuell interpretierbar ist. Imhof (1965) beschreibt in seinem umfassenden Werk die kartographische Geländedarstellung als Aufgabe, die durch folgende Kriterien charakterisiert ist:

- "Lage, Form und Dimension eines jeden Oberflächenteiles sollen aus dem Bilde möglichst gut geometrisch erfassbar sein. Sie sollen messbar oder ablesbar sein.
- Die Darstellung soll möglichst anschaulich sein. Dies gelte sowohl für die einzelnen Bildteile als auch für das Bild als Ganzes.
- Das zeichnerische Gefüge soll einfach sein. Mit anderen Worten: Es soll, soweit es die Umstände erfordern, gut generalisiert sein. Gestalt und Charakter der Formen aber sollen, trotz der Generalisierung, möglichst erhalten bleiben.
- Die verschiedenen Bildelemente sollen inhaltlich und graphisch gut aufeinander abgestimmt sein.
- Zeichnerische und reproduktionstechnische Herstellung sollen möglichst rationell sein."

Auch hier können die zwei genannten Kriterienblöcke identifiziert werden: die Wiedergabe oder Erhaltung der Form im visuellen Sinn und die Erhaltung der Genauigkeit gegenüber der Realität im numerischen Sinn. Diese Kriterien müssen für jede einzelne kartographische Darstellungsmöglichkeiten bewertet werden, um Beschreibungsparameter zur Auswahl einer

adäquaten Darstellungsform zu gewinnen, wie sie in einer konkreten Nutzungssituation gefordert ist.

Leider liegen zur Zeit nur wenige empirische Erkenntnisse darüber vor, wie die Darstellungsform auf die unterschiedlichen Geländeinformationen wirkt. Die Bewertung der Qualität von Datenstrukturen und Interpolationsverfahren lässt sich hingegen durch mathematische Berechnungen oder Beweise durchführen (Rase 1998), wobei die Ergebnisse für die visuelle Interpretation nur eine untergeordnete Rolle spielen. Generell kann festgestellt werden, dass Geländemodelle auf der Basis eines TIN (*Triangulated Irregular Network*) eine bessere Formhaltung gewährleisten als regelmäßige Rastermodelle, wenn die Auswahl der Punkte im TIN die relevanten Extrem- und Wendepunkte des Formverlaufs widerspiegelt.

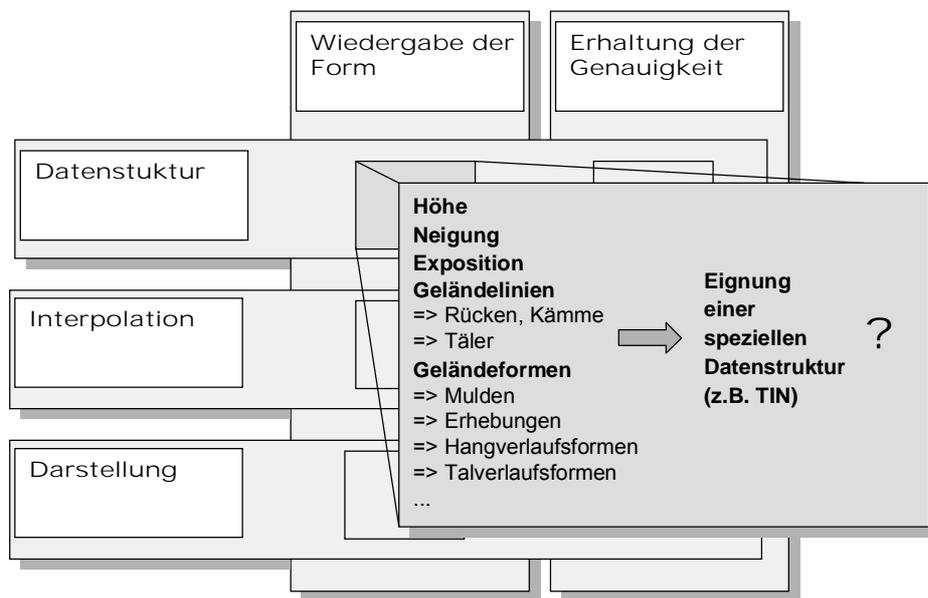


Abb. 33) Struktur von Beschreibungsparametern der Darstellungsformen des Geländes

Interpolationsverfahren lassen sich hinsichtlich der Genauigkeit z.B. durch das Kriterium gliedern, ob sie die Werte der vorgegebenen Punkte erhalten oder nicht. Rase (1998) beschreibt die Qualität eines Interpolationsverfahrens durch die Kriterien:

- Erhaltung der charakteristischen Merkmale der Oberfläche,
- Erhaltung des Volumens bei flächenbezogenen Daten,
- Stetigkeit der interpolierten Oberfläche und
- gute Qualität des visuellen Erscheinungsbildes.

Das visuelle Erscheinungsbild hängt natürlich im wesentlichen mit der Art der graphischen Umsetzung zusammen, allerdings nennt Rase auch generelle visuelle Kriterien, die als Folge der Interpolation auftreten:

- Sprünge in den Gradienten
- Durchscheinen des Triangulationsnetzes
- undefinierte Interpolationsergebnisse außerhalb des Triangulationsnetzes

Noch wenig untersucht sind auch die Auswirkungen auf die visuelle Aufnahme konkreter Formenschätze wie Geländelinien (als Täler, Bergrücken, etc.) oder Formen des Verlaufs von Hängen und Tälern. Grundsätzlich ist zu beobachten, dass in aktuellen Arbeiten der Kartographie den perspektivischen (drei-dimensionalen) Darstellungsverfahren ein Vorrang gegenüber planimetrischen Darstellungen eingeräumt wird, vor allem vor dem Hintergrund der Entwicklungen im Bereich der Virtuellen Realität (VR) und der Nutzung über das Internet.

#### 2.4.2 Planimetrische Darstellung

Arbeiten zur Geländedarstellung auf der Basis grundrissbezogener, planimetrischer Abbildungen haben innerhalb der Kartographie traditionell einen hohen Stellenwert. Hierunter fallen Techniken der Isolinien- und Schichtstufenkonstruktion, der Schummerung und der mittlerweile kaum noch anzutreffenden Schraffendarstellung (Imhof 1965). Daneben nehmen aufrissbezogene Darstellungen durch Profile eine Sonderrolle, meist zu Interpretationszwecken, ein (Hüttermann 1993a). Die DV-technische Umsetzung solcher Darstellungsformen konnte lange nicht in einer adäquaten Qualität erreicht werden - und ist bis heute mit Standardsystemen im GIS-Bereich nur eingeschränkt möglich (Böhm 1999). Arbeiten zur Wahrnehmung und Verarbeitung von Geländeinformationen aus Karten sind zwar vorhanden, aber nicht unbedingt zahlreich oder umfassend. So sind die Erkenntnisse in der Regel heuristischer Natur.

**Isolinien** stellen das Gelände durch äquidistante Schnittlinien gleicher Höhe dar. Hinsichtlich der Wiedergabe der Geländeform sind Isolinien insofern geeignet, als die Neigung durch die Dichte der Linien ausgedrückt wird, wodurch der bekannte Hell-Dunkel-Effekt entsteht, durch den dunkle (dichte) Isolinien an steilen und helle (weite) Isolinien an flachen Geländestellen auftreten. Die Identifikation spezieller Geländeformen erfordert hingegen einige Vorkenntnisse und Übung in der Interpretation, vor allem weil es ungeübten Nutzern schwer fällt, die Richtung der Neigung abzulesen (Phillips 1984). Als Interpretationshilfen werden in Regel typische Formverläufe in Profil- und Isoliniendarstellung zum Vergleich vorgegeben (Hüttermann 1993a).

Bezüglich der Genauigkeit der Darstellung können Isolinien, eine ausreichende Dichte vorausgesetzt, genaue Höheninformationen liefern.

Zur Umsetzung der Isoliniendarstellung mit Verfahren der DV existieren eine Vielzahl von Interpolationsalgorithmen, die, wie Rase (1998) darstellt, alle besondere Vor- und Nachteile in der Darstellung aufweisen. Hinzu kommt das Problem der angemessenen Beschriftung der Höhenlinien, die bei einfachen Verfahren häufig von der Geometrie der Triangulation abhängig ist.

**Schichtstufen** entsprechen vom Konstruktionsprinzip den Isolinien, haben jedoch bezüglich der Formwiedergabe Vorteile durch die flächenfarbige Darstellung, die eine klare Abgrenzung von höher- und tieferliegenden Geländeteilen möglich macht (Phillips 1984). Dies setzt die Verwendung geeigneter Farbreihen voraus, die in Regel auf assoziativen Farben oder einer Variation der Helligkeit basieren. Da die Unterscheidbarkeit von Farben begrenzt ist, werden Schichtstufen in der Regel aus weniger Höhenstufen gebildet, als dies bei Isolinien der Fall ist und kommen bei kleineren Maßstäben zum Einsatz (Imhof 1965).

Die Genauigkeit wird durch die gröbere Klassifizierung eingeschränkt, insbesondere weil dadurch (gegenüber einer detaillierten Isoliniendarstellung) eine Generalisierung notwendig wird (Imhof 1965), deren Qualität wieder von den Herstellungs- und Berechnungsverfahren abhängt.

Zur Umsetzung mit Verfahren der DV bestehen prinzipiell dieselben Möglichkeiten und Einschränkungen, wie bei der Behandlung von Isolinien, nur das bei den Schichtstufen auf eine Beschriftung verzichtet werden kann.

Die **Schummerung** entspricht einer Geländeschattierung bei einer angenommenen Beleuchtung des Reliefs. Sie dient vor allem der visuellen Unterstützung der Formmerkmale durch den entstehenden Kontrast des Geländekörpers, wodurch ein plastischer Eindruck entsteht.

Eine Schummerung ist daher primär zur Unterstützung der Formwiedergabe geeignet. Zwar kann über die Helligkeit prinzipiell auch die Neigung des Geländes interpretiert werden, allerdings nur an den von der Lichtquelle abgewandten Hängen.

Rase (1998) zeigt, dass moderne Rendering-Techniken in der Lage sind, qualitativ hochwertige Beleuchtungssimulationen zu erzeugen, die einen guten plastischen Eindruck bewirken. Probleme werden hier bei der Verwendung einer fest verorteten Lichtquelle zu erwarten sein, da die Entstehung sehr starker Kontraste bei Bergrücken, die senkrecht zur Beleuchtungsrichtung verlaufen (vgl. Abb. 34a) und fehlendem Kontrast bei aneinanderstoßenden Hängen mit gleichem Schatten (vgl. Abb. 34b) nur vermieden werden können, wenn die Lichtquellen dem jeweiligen Gelände im Bildausschnitt angepasst sind (vgl. dazu auch Böhm 1999).

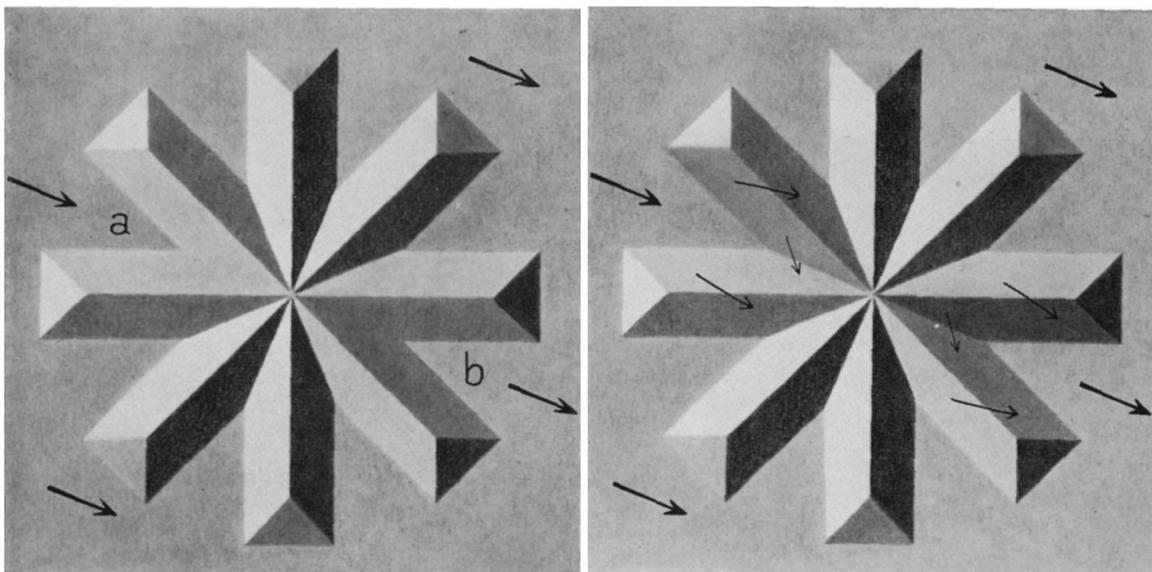


Abb. 34) Verbesserung des plastischen Eindrucks durch Beleuchtungsvariation (Imhof 1965)

Die Fragen zur Schattierung betreffen im übrigen nicht nur planimetrische Darstellungen, sondern können auch auf andere perspektivische Ansätze übertragen werden.

### 2.4.3 Perspektivische Darstellung

Die Verwendung perspektivischer Abbildungen wird seit Jahren von ihren Befürwortern als eine wesentliche Verbesserung der Darstellung von Kontinua, oder von räumlichen Sachverhalten überhaupt, propagiert. Dabei spielt der DV-Einsatz eine große Rolle, und zwar nicht nur zur Berechnung und Konstruktion perspektivischer Bilder, sondern vor allem zur

interaktiven Präsentation im Sinne der Virtuellen Realität (VR). Auch von Seiten der Kartographie wurden spätestens seit Einrichtung der Arbeitsgruppe *Visualization and Virtual Environments* der International Cartographic Association (ICA) zahlreiche Arbeiten in diesem Bereich durchgeführt (ICA 1999b).

Bislang konnte davon ausgegangen werden, dass Blockbilder als statische Präsentationsform nicht notwendigerweise zu einer Verbesserung der Entnahme von Geländeinformationen beitragen (Kraak 1988, 1993). Allerdings haben sich die Möglichkeiten von DV-Verfahren stark verändert und weiterentwickelt. Durch ihren Einsatz können mittlerweile qualitativ hochwertige Abbildungen erzeugt werden (Rase 1998).

Bereits Rowles (1978) macht darauf aufmerksam, wie wichtig die Wahl der richtigen Parameter zur Darstellung von Blockbildern ist - ein Umstand, der sich durch die interaktiven Möglichkeiten, bspw. innerhalb von Software zur Darstellung und Navigation in virtuellen Räumen, relativiert hat. Dennoch ist das Verständnis des Konzepts der perspektivischen Sicht nach wie vor ein entscheidendes Kriterium zur Erzeugung virtueller Welten.

Rowles schlägt vor, perspektivische Abbildungen in die Zentral- und die Parallelperspektive zu unterteilen. Generell erzeugt die Zentralperspektive die bessere Tiefenwirkung des Bildes, während die Parallelperspektive die Messbarkeit von Strecken im Bild gewährleistet. Die von Rowles erzeugten zentralperspektivischen Blockbilder sind durch weitere Parameter definiert:

- Der Blickkegel als Winkel des Sichtfeldes ist durch die Bildgröße auf der Bildebene und die Blickdistanz zwischen Blickpunkt und Bildebene bestimmt. Aus dem Blickkegel ergibt sich die Verzerrung des Bildes.
- Die Ausrichtung des Blickpunkts zum betrachteten Objekt, woraus sich die Höhe des Blickpunktes und die Blickrichtung ergibt. Hieraus resultiert die Identifizierbarkeit von Höhen- und Entfernungsunterschieden und es ergeben sich mögliche Verdeckungen von kleineren Objekten durch vorgelagerte größere Objekte
- Die Festlegung des Bildfokus, d.h. des Schnittpunkts der Achse der Blickrichtung mit der Bildebene, die auch als Neigung aufgefasst werden kann. Auch die Neigung beeinflusst die Verdeckung von Objekten und eine Verkürzung der z-Achse, d.h. der dargestellten Höhe.
- Die Überhöhung des Bildes, um die Höhendifferenzen gegenüber der horizontalen Ausbreitung zu betonen.

Die empirischen Ergebnisse Rowles' (1978) legen nahe, dass die Wahl der Parameter die Wahrnehmung des Geländes geringer beeinflussen als angenommen werden könnte, vielmehr zeigt sich, dass die Beurteilung von Höhen und Distanzen in einem Blockbild von der Identifizierung (und damit der Sichtbarkeit oder Ableitbarkeit) des höchsten Geländepunkts und des absoluten Höhenunterschieds im Bild abhängt.

## **Anwendungen Virtueller Realität**

Insgesamt kann festgestellt werden, dass im Bereich der Bildschirmkommunikation die Verwendung von drei-dimensionaler Grafik zur Darstellung kontinuierlicher Sachverhalte eine besondere Bedeutung zukommt. Insbesondere durch neuere Arbeiten innerhalb der Arbeitsgruppe der ICA (1999a) konnten wesentliche Forschungsfelder identifiziert werden, die eine Anwendung von Methoden Virtueller Realität (VR) in der Kartographie beurteilen sollen (Ma-

(MacEachren, A.M.; Kraak, J.-M. 1997). Neben technischen Fragen zur Angemessenheit der Funktionalität geltender Standards (Reddy, M; Iverson, L. 1999) spielen dort vor allem Fragen zur Ikonizität und dem Grad der Abstraktion solcher Abbildungsformen eine Rolle.

VR wird vielfach als Mittel genutzt, quasi reale Abbildungen der Realität zu schaffen, in die der Betrachter so eingebunden ist, dass er sich in den dargestellten Raum hineinversetzt fühlt. Übertragen auf kartographische Abbildungsformen gilt hingegen, dass hier von einem Maßstabsbereich der Darstellung ausgegangen werden muss, der für den Betrachter eine gewisse Distanz zu den dargestellten Objekten impliziert und die Darstellung so weit von Realität abstrahiert, dass die Vermittlung räumlicher und thematischer Merkmale der Geoobjekte möglich wird (Dykes, et al. 1999). D.h. für die Kartographie ergeben sich andere Zielsetzungen zum Einsatz solcher Werkzeuge. Anstatt eine vollständig realistische Darstellung erzeugen zu wollen, steht die Abwägung zwischen der Anschaulichkeit eines realistischen Bildes und der Klarheit abstrahierender Zeichen im Vordergrund.

Um die Vorteile von VR in der Kartographie gegenüber 2D oder 2,5D-Darstellungen zu evaluieren, wurden zahlreiche kleine und große Projekte durchgeführt, die von MacEachren in seinem Konzept der geographischen virtuellen Umwelt, kurz GeoVE (Geo-Virtual Environments) in drei wesentliche Anwendungsmöglichkeiten von VR zusammengefasst wurden (MacEachren et al. 2000b):

- Bei **räumlich ikonischer Darstellung** werden die drei Dimensionen des Darstellungsraumes den drei Dimensionen des Georaumes zugeordnet. Die GeoVE wirkt real und kann durch entsprechende real wirkende Operatoren bearbeitet werden: z.B. Bewegung durch Gehen und Fliegen, etc.

Dabei müssen nicht nur in der Realität sichtbare Merkmale repräsentiert oder eine photographische Ähnlichkeit erzeugt werden, eine sinnvolle Generalisierung kann auch in 3D-Darstellungen die Informationsentnahme erleichtern.

- Bei räumlich **semi-ikonischer Darstellung** wird zumindest eine Dimension des Darstellungsraumes durch die Abbildung eines nicht-räumlichen Merkmals übernommen. Dies wäre bspw. der Fall, wenn die 3. Dimension zur Darstellung thematischer Inhalte genutzt würde.
- Bei **räumlich abstrakter Darstellung** werden alle Dimensionen zur Abbildung nicht-räumlicher Merkmale genutzt. Solche Darstellungen werden bislang zwar meist von Disziplinen angewandt, die Fragestellungen ohne Raumbezug bearbeiten, allerdings können räumlich abstrakte Darstellungen auch im Zusammenhang raumbezogener Fragestellungen zu einem besseren Verständnis multivariater Zusammenhänge beitragen, wenn sie mit raumbezogenen Darstellungsformen kombiniert werden.

Die Autoren vertreten darüber hinaus die Meinung, dass in einer abstrakten Darstellungsumgebung Nutzern der Informationszugang über Metaphern zugänglich gemacht werden muss. In GeoVE betrifft dies vor allem die Einbeziehung neuer Interaktionstechniken durch Data-Gloves zur Erkennung von Gestik und Head-Trackern zur Registrierung von Kopfbewegungen, die es innerhalb von stereoskopischen Projektionen ermöglichen, die Illusion zu erzeugen, dargestellte Objekte direkt manipulieren zu können (vgl. dazu auch Kapitel 4).



Abb. 35) Beispiel für die Verwendung von VR zur Darstellung von Messgrößen

Das in Abb. 35) gezeigte Beispiel verwendet eine topographische Karte als Grundlage zur Verortung von Messpunkten, an denen 3D-Stabdiagramme gemessene Werte repräsentieren, woraus eine semi-ikonische Darstellung im Sinne MacEachren's resultiert.

In einer Arbeit zur Simulation von Prozessen in einem maritimen Ökosystem unterscheidet Kreuzeler (Kreuzeler 2000) die Art der Einbeziehung der räumlichen Komponente bei multi-dimensionalen Daten in eine direkte und eine indirekte Darstellung:

**Direkte Darstellung des Georaumes:** Die graphische Repräsentation der Daten in ihrer räumlichen Verbreitung wird durch die Integration von Karten, farbkodierten Ebenen, ikonischen Zeichen oder Skulpturen in eine virtuelle Szene (3D-Darstellungsraum) erreicht. Im Rahmen der Arbeit wurden spezielle Diagramme zur Anzeige von tiefenabhängigen Variablen entwickelt, sog. Tiefen-Plots (*depth plots*).

Das Hauptproblem dieser Vorgehensweise ist die Überlappung zu vieler Diagramme bei der Darstellung, das durch eine Datenreduktion oder durch Interaktionsmöglichkeiten gelöst werden kann. Dieses Problem tritt auch bei dem Beispiel in Abb. 34) auf.

**Indirekte Darstellung des Georaumes:** Die Probleme einer direkten Repräsentation können durch diese Methode umgangen werden. Bei dieser Vorgehensweise werden komplexe Darstellungsmethoden für multivariate Daten verwandt, die mit der Karte (oder dem 3D-Darstellungsraum) verknüpft sind, anstatt als Diagramme in der-, bzw. demselben dargestellt zu sein. Diese Kategorie entspricht MacEachren's räumlich abstrakter Darstellung.

Hinsichtlich der semiotischen Grundlage zur Ableitung von Graphik ergeben sich auch einige besondere Fragen hinsichtlich der Anwendbarkeit des Konzepts der graphischen Variablen. Koch (1999) hat dazu den Vorschlag gemacht, die Variablen aus dem 2-Dimensionalen Bereich um Perspektive und Überlagerung zu ergänzen (vgl. Kapitel 2.1). Allerdings ist eine solche Festlegung nicht unproblematisch, wenn dem Konzept von Bertin folgend, die graphi-

schen Variablen stets Datenmerkmale abbilden sollen, etwa die Objektdimension oder das Skalierungsniveau. Die Perspektive resultiert jedoch aus der Art der Projektion des dreidimensionalen Bildes und daraus wiederum resultiert die Überlagerung von Zeichen.

Insgesamt kann festgehalten werden, dass die Verfahren zur DV-gestützten Präsentation kontinuierlicher Daten auf der Basis von VR-Techniken weiter entwickelt sind, als dies für entsprechende planimetrische Verfahren gilt. Dabei zeigt die Diskussion um den sinnvollen Einsatz von VR, dass es noch viele offene Fragen zur Nutzbarkeit solcher Präsentationstechniken gibt.

---

### 3 Modelle der Nutzung kartographischer Medien

---

Die Gestaltung von Karten und anderen kartographischen Medien kann einerseits vor dem Hintergrund graphischer und damit verbundener technischer Aspekte betrachtet werden. Die Entwicklung kartographischer Softwaresysteme, die einen Nutzer in speziellen Situationen bei der Bewältigung von Aufgaben unterstützen sollen, macht es andererseits notwendig, die Arbeitsweise des Nutzers, seine Fähigkeiten, Fertigkeiten usw. bei der Planung solcher Systeme zu berücksichtigen.

Hierzu hat sich als Grundlage die kognitionswissenschaftliche Sichtweise etabliert (Heidmann 1999, Medycky-Scott; Board 1991), über die versucht wird, Karten- oder Mediennutzung allgemein auf der Basis der Verarbeitung und gedanklichen Repräsentation räumlichen Wissens zu erklären.

Des Weiteren wird versucht, diese Vorgänge in einem Modell auszudrücken, das geeignet ist, Kartennutzung als Prozess zu beschreiben. Dies kann vor dem Hintergrund erfolgen, den Erfolg der Nutzung empirisch überprüfen zu wollen (Bollmann; Heidmann; Johann 1997) oder die Entwicklung eines Softwaresystems auf Basis eines solchen Modells durchzuführen, wie dies von Seiten der Software-Ergonomie vorgeschlagen wird (Herczeg 1994). In Vorbereitung auf die Darstellung möglicher Unterstützungsmöglichkeiten des Nutzers in interaktiven Kartensystemen, die in Kapitel 5 behandelt wird, werden im folgenden die Grundlagen eines solchen Modells diskutiert.

Dazu werden zunächst die grundlegenden Ansätze und Theorien zur Repräsentation und kognitiven Verarbeitung von Wissen erörtert, bevor diese auf die Kartennutzung übertragen werden und die relevanten Modelle zur Kartennutzung dargelegt werden.

#### 3.1 *Repräsentation und kognitive Verarbeitung visueller Informationen*

Der Erkenntnisstand innerhalb der Kognitionswissenschaften basiert auf dem Paradigma der Informationsverarbeitung, nach dem sich menschliches Wahrnehmen und Denken als Prozess beschreiben lässt, an dem unterschiedliche biologische Systeme und Input-Output-Beziehungen zwischen diesen Systemen beteiligt sind. Die visuelle Informationsverarbeitung beschreibt innerhalb dieses Rahmens diejenigen Denkvorgänge, die auf der Basis der visuellen Wahrnehmung ablaufen. Hier hat sich gezeigt, dass dem Menschen zur Verarbeitung von visuellen und räumlichen Informationen gegenüber bspw. verbalen Informationen eigene Instrumente und Mechanismen zur Verfügung stehen, die zum einen reizseitig verursacht als Bottom-Up und durch das Gedächtnis beeinflusst als Top-Down Prozesse beschrieben werden können (Knauff 1997). Diese Prozesse sind in das System der menschlichen Informationsverarbeitung eingebunden, dass sich einerseits als Systemmodell mit den an der Verarbeitung beteiligten Komponenten und andererseits als Prozessmodell in Phasen und Teilprozesse gliedern lässt.

Allerdings lässt sich die Kartennutzung auf Basis dieser Ansätze nur auf einer elementaren Ebene beschreiben, die den Handlungskontext des Menschen zunächst unberücksichtigt

lassen. Mit der Theorie des Problemlösens und der Handlungstheorie stehen zwei mögliche Ansätze zur Verfügung, Kognition in einem übergeordneten Kontext zu beschreiben.

### 3.1.1 Grundmodelle der Kognition

Die Forschungen zum Gedächtnis auf psychologischer und neurobiologischer Grundlage gehen von einer Unterteilung in ein langzeitiges und ein kurzzeitiges Gedächtnis aus, und orientieren sich an den Kriterien Behaltensdauer und Kapazität der beteiligten Systemkomponenten. In enger Verbindung mit dieser Sichtweise steht die Analyse der kognitiven Prozesse, die der Informationsverarbeitung zugrunde liegen und die als Enkodieren, Speichern und Erinnern beschrieben werden.

#### Systemkomponenten der Kognition

Als Komponenten eines informationsverarbeitenden Systems führt das Mehrspeichermodell von Atkinson und Shiffrin neben dem Kurzzeit- und dem Langzeitgedächtnis die sensorischen Register ein, die als Nahtstelle zwischen Wahrnehmung und Gedächtnis angesiedelt sind (Schumann-Hengsteler 1995, vgl. Abb. 36).

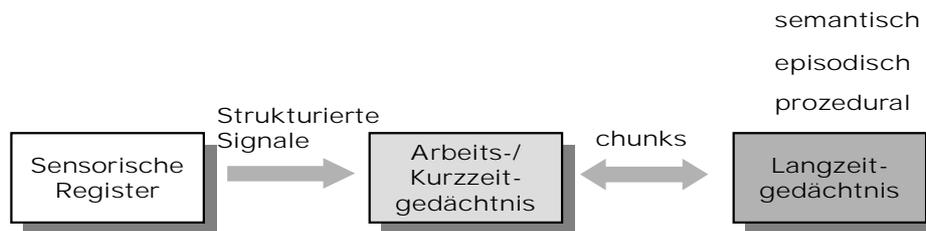


Abb. 36) Systemmodell der Kognition  
(verändert nach Heidmann 1999)

Frühe Arbeiten zur kognitiven Erklärung der Kartennutzung, wie die von Eastman (1985a), beschreiben die an der Kognition beteiligten Komponenten als das *retinex register*, das *icon*, der *central processor*, das *long term memory* und den *response organiser* und berufen sich damit direkt auf Arbeiten von Neisser (1967), der insbesondere die Aufstellung eines ikonischen Gedächtnisses postuliert hat (vgl. Abb. 37).

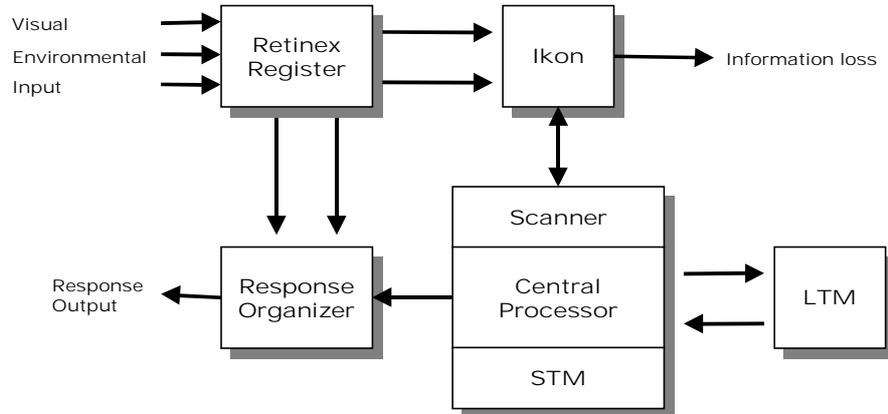


Abb. 37) Visuelle Informationsverarbeitung  
(nach Eastman 1985a)

Mit den Arbeiten von Baddeley (1997) wird das Kurzzeitgedächtnis als Arbeitsgedächtnis aufgefasst, dem die Aufgabe zugeschrieben wird, die vorstrukturierten Signale aus den sensorischen Registern zu verarbeiten und aufzubereiten. In dem Ansatz von Baddeley übernimmt das *visuo-spatial sketch-pad* die Verarbeitung der visuellen Reize (vgl. Abb. 38). Im Rahmen der Verarbeitung visueller Information kommt der Kapazität der einzelnen beteiligten Komponenten eine besondere Bedeutung zu, die letztendlich die Leistungsfähigkeit des visuellen Systems für Denkprozesse ausmacht.

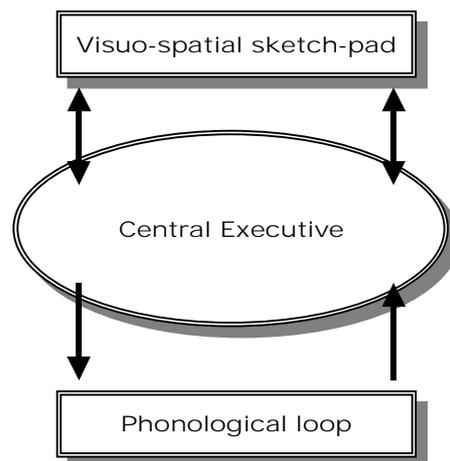


Abb. 38) Working Memory Modell  
(nach Baddeley, aus Schumann-Hengsteler 1995)

Das sensorische Gedächtnis weist die kürzeste Behaltensleistung auf und hat eine relativ große Kapazität, die sich allerdings auf unverarbeitete, präattentive und damit semantisch

noch nicht eingeordnete Signale bezieht. Dies bedeutet, dass unbewusst wahrgenommene Signale eine sehr kurze Zeitdauer im sensorischen Register aktiv gehalten werden können, bevor sie attentiv im Arbeitsgedächtnis weiterverarbeitet werden. Dies gilt insbesondere auch für visuelle Reize, wobei davon ausgegangen wird, dass diese mindestens nach Farbe, Position, Größe und Orientierung vorstrukturiert werden (Schuhmann-Hengsteler 1995).

Das Arbeitsgedächtnis hat eine Behaltensleistung von mehreren Minuten, und ist damit größer als die des sensorischen Registers, es ist jedoch in seiner Kapazität begrenzt. Die Kapazität ist sowohl altersabhängig, als auch abhängig von Prozessen, die eine Aufrechterhaltung (bekannt als *rehearsal*) oder Verdichtung (*chunking*) der Informationen bewirken. Der Wert 7 +/- 2 Informationseinheiten gilt als Richtwert der Kapazität des Arbeitsgedächtnisses. Obwohl diese Werte zunächst für die artikulatorische Schleife gelten, ist das *visuo-spatial sketch pad* analog in der Lage, visuelle und räumliche Informationen aktiv zu halten und diese durch *chunking* zu verdichten (Baddeley 1997).

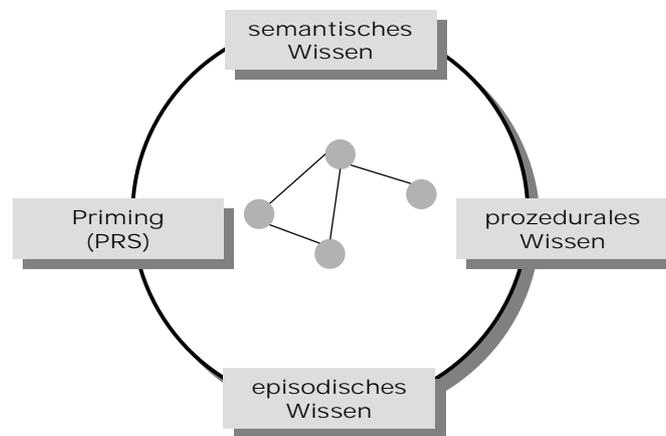


Abb. 39) Gedächtnistypen  
(verändert nach Heidmann 1999)

Das Langzeitgedächtnis speichert das Wissen um so dauerhafter und gefestigter, je öfter darauf zugegriffen wird, seine Kapazität ist quasi unbegrenzt. Im allgemeinen wird von mindestens drei Gedächtnistypen ausgegangen: Das semantische Gedächtnis speichert Begriffe und deren Bedeutungen, das episodische Gedächtnis repräsentiert zeitliche Abläufe der menschlichen Biographie und das prozedurale Gedächtnis bildet (motorische) Fähigkeiten ab.

Grundsätzlich muss davon ausgegangen werden, dass im Langzeitgedächtnis Repräsentationen für sprachliche und bildliche Informationen existieren. In diesem Zusammenhang wird auch ein weiterer Gedächtnistyp postuliert. Demnach wird im Rahmen des *priming* Wahrgenommenes in Form von Vorstellungsbilder gespeichert. Schacter (1999) spricht in diesem Zusammenhang vom *perceptual representation system* (PRS), das eng mit dem semantischen Gedächtnis zusammenarbeitet, da es selbst bedeutungsfrei ist.

## Prozesse der menschlichen Informationsverarbeitung

Wird Kognition als das Wahrnehmen, Behalten und Erinnern verstanden (Knauff 1997), so wird der Prozesscharakter der Kognition betont. Ein Prozess kann gemeinhin in verschiedene Phasen gegliedert sein, oder funktional in unterschiedliche Prozesse nach Input oder Output unterschieden werden, was auch auf Prozesse der Informationsverarbeitung zutreffen soll (Zimmer 1996). In der Kognitionsforschung wird davon ausgegangen, dass die Prozesse auf mentalen Repräsentationen operieren, wobei die Repräsentation durch Transformation sensorischer Signale erzeugt, aus ihnen konstruiert und mit bestehenden Repräsentationen elaboriert wird. Allgemein kann festgestellt werden, dass grundlegende Prozesse des Enkodieren, des Speicherns und des Abrufen von Informationen existieren (Knauff 1997).

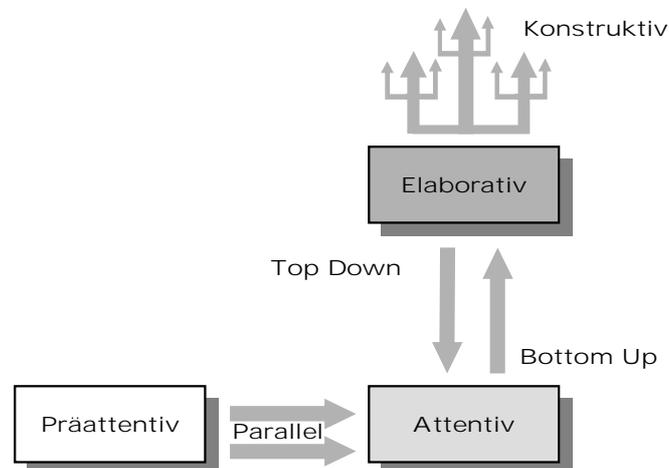


Abb. 40) Allgemeines Prozessmodell der Kognition  
(nach Heidmann 1999)

Unterschiedliche Phasen der Kognition beziehen sich auf die Unterscheidung präattentiver, attentiver und elaborativer Prozesse. Der Wahrnehmungsprozess ist in diesem Sinn zunächst präattentiv, d.h. dem Sinneindruck wird keine Bedeutung zugeordnet, ein visueller Reiz wird zunächst bildähnlich verarbeitet, ohne das bspw. eine verbale Rekodierung vorgenommen wird. Hinweise darauf liefern bspw. Gedächtnisexperimente mit Kleinkindern, die sehr wohl in der Lage sind, zuvor gezeigte Bilder wiederzuerkennen, auch wenn die Inhalte nicht benannt werden können (Schumann-Hengsteler 1995). Zudem verlaufen solche Prozesse parallel, d.h. es ist möglich, visuelle, auditive und haptische Reize gleichzeitig und unabhängig voneinander zu verarbeiten (Guski 1996).

Bei der attentiven Verarbeitung muss zwischen Prozessen unterschieden werden, die durch Reize ausgelöst werden (bottom-up Prozesse), und solchen, die konzept- oder wissensgesteuert ablaufen (top-down Prozesse) (Heidmann 1999, Eastman 1985a, vgl. Abb. 40). Bei Untersuchungen zur visuellen Wahrnehmung ist lange Zeit davon ausgegangen worden, dass visuelle Reize einer graphischen Vorlage gedankliche Prozesse auslösen können, doch die erheblichen individuellen Unterschiede, bezogen auf die angewandten Strategien, zei-

gen, dass die visuelle Informationsaufnahme vor allem durch Vorwissen und Fähigkeiten gesteuert werden, die dem Top-Down-Ansatz entsprechen (Medycky-Scott; Board 1991).

Die dazu benötigten Wissensrepräsentationen müssen durch Erfahrungen konstruiert werden, wofür elaborative Prozesse verantwortlich sind. Das Konzept der mentalen Modelle (Dutke 1994) geht davon aus, dass Wissen in Schemata organisiert ist und durch analogische Schlüsse oder Ähnlichkeitsbeziehungen (Assoziationen) aktiviert werden kann. Dieses Bild der allgemeinen Informationsverarbeitung lässt sich auf die Nutzung visueller Medien anwenden.

Die grundlegenden Prozesse der Kognition verteilen sich auf drei Verarbeitungsebenen des Gedächtnisses und fallen in den einzelnen Gedächtnissystemen und den verschiedenen Modalitäten unterschiedlich aus.

- Das **Enkodieren** beschreibt die Transformation eines sensorischen Reizes in eine speicherfähige Form. In den sensorischen Registern regeln präattentive Prozesse die Aufbereitung und Strukturierung des Reizes, so gelangen bei visuellen Informationen die Gestaltgesetze zur Anwendung (Heidmann 1999), im KZG werden Informationen so verdichtet (durch *chunking*), dass seine geringe Kapazität besser ausgenutzt wird, im LZG wird die Information u.a. auf die semantischen, prozeduralen und episodischen Wissens-kategorien aufgeteilt.
- Das **Speichern** beschreibt die Struktur, in der Information und Wissen organisiert wird. In den sensorischen Registern ist ein Speichern auf Grund der sehr kurzen Behaltensdauer nicht möglich. Im KZG kann durch ein *rehearsal*, d.h. durch Memorierungstechniken, in Form einer erinnernden Schleife, Information länger aufrechterhalten werden. Im LZG schließlich übernehmen die komplexen Formen der Schemata und Skripte die Organisation von Wissen (Banyard 1995, Dutke 1994).
- Das **Abrufen** beschreibt die Art wie der Mensch auf Wissen zugreift und in welcher Form Hinweis- und Abrufreize dazu benötigt werden. Zwar sind auch hier alle Gedächtniskomponenten beteiligt, jedoch ist das Wissen im LZG organisiert, so dass ein Abruf von Wissen immer aus dem LZG erfolgt.

Eine Aufteilung kognitiver Prozesse in der vorgestellten Art geschieht allerdings nur aus anschaulichen Gründen. Tatsächliche kognitive Leistungen sind immer als parallel ablaufende Prozesse zu verstehen, die in der Regel alle beteiligten Komponenten einbeziehen. Aus diesem Grund ist es auch nur schwer möglich, eine einzelne Komponente oder einen einzelnen Prozess untersuchen zu wollen, ohne ihn im Gesamtzusammenhang zu verstehen. Engel (1998) beschreibt, wie sich eine holistische Sichtweise auf den Bereich der Wahrnehmung auswirkt, in dem sie stets im Handlungskontext des Individuums gesehen wird. So scheinen sich bspw. die Gestaltgesetze auch unter diesen Prämissen zu bestätigen, allerdings müssen sie anders erklärt werden.

### 3.1.2 Höhere Modelle der Kognition

Auf Basis der kognitiven Prozesse wird versucht, höhere Konzepte menschlichen Handelns zu entwickeln und diese mit Hilfe des Kognitionsansatzes zu erklären. Zwei wichtige Vertreter von Theorien sind zum einen die des Problemlösens, zum anderen die Handlungs- oder Tätigkeitstheorie. Teilweise werden diese in der Literatur auch unabhängig von kognitionswissenschaftlichen Erkenntnissen betrachtet., allerdings liegen die Anknüpfungspunkte zumindest nahe (Reimann 1998).

## Problemlösen

Die Beschreibung kognitiver Leistungen innerhalb des Denkens und Problemlösens ist ein wichtiger Ansatz, um Handlungen, wie u.a. eben auch die Nutzung kartographischer Medien im Rahmen der menschlichen Kognition zu erklären. Hierzu müssen diejenigen Enkodier-, Speicher- und Abrufprozesse identifiziert werden, auf denen eine spezielle Strategie des Problemlösens basiert (Hussy 1998). Weitere Einflussparameter sind Aspekte der Aufmerksamkeit und des Lernens, die gleichfalls wesentliche Voraussetzungen des Denkens und Problemlösens umfassen und ihrerseits auf den grundlegenden kognitiven Prozessen beruhen, bzw. diese beeinflussen (vgl. dazu Heidmann 1999).

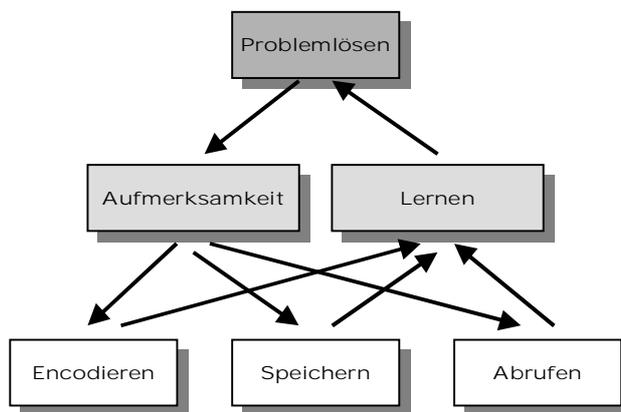


Abb. 41) Problemlösen als kognitiver Makroprozess

Einerseits ist somit bspw. jeder Wahrnehmungsprozess durch Aufmerksamkeit gesteuert und somit selektiv. Die Aufmerksamkeit resultiert ihrerseits aus den Zielen des Problemlösens, d.h. der bewussten Ausrichtung hinsichtlich einer Strategie der Problemlösung (Hussy 1998), die ein Individuum zur Erarbeitung und Durchführung eines Lösungsplanes einsetzt. Andererseits ist die Lösung eines Problems immer auch ein Lernvorgang, in dem vorhandene Wissensstrukturen modifiziert oder neu aufgebaut werden. Das Schema eines allgemeinen Problemlöseverfahrens zeigt Heidmann (1999, vgl. Abb. 42).

Ausgehend von der Wahrnehmung und Analyse des Problems erfolgt die Bildung eines mentalen Modells zur Problemlösung, das die Lösungsstrategie beschreibt (dazu auch Hussy 1998). Nach Dutke (1994) dienen mentale Modelle als Grundlage der Handlungssteuerung, die in einem Problemzusammenhang abgerufen werden, bzw. durch Analogiebildung aus bekannten ähnlichen Modellen abgeleitet werden können.

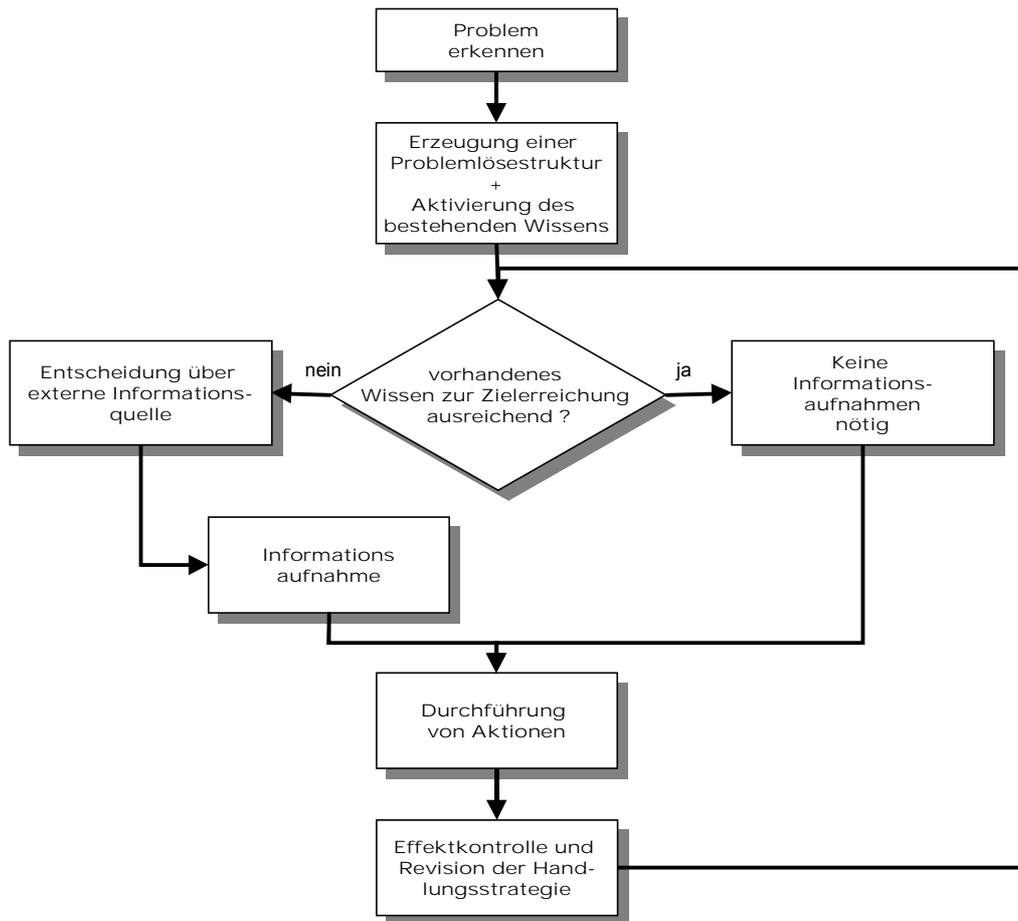


Abb. 42) Allgemeines Problemlösungsverfahren  
(verändert nach Heidmann 1999)

Ist das vorhandene Wissen zur Lösung des Problems nicht ausreichend, muss das Defizit durch die Nutzung eines externen Mediums ausgeglichen werden. Nach der Durchführung eines Lösungsversuchs wird das Ergebnis evaluiert und die Lösungsstrategie gegebenenfalls modifiziert. Hierdurch wird ein Rücksprung zur Entscheidung über zu nutzende Informationsquellen notwendig.

Es gelten aber auch einige Einschränkungen. So kann die Aufmerksamkeit auch unbewusst (d.h. von außen, durch Reize) gelenkt werden und wirkt als Störquelle der Wahrnehmung auf die Aufmerksamkeit. Innerhalb eines Problemlöseverfahrens können auch automatische Handlungen, als Routinehandlungen, ablaufen, die in dem Schema zunächst unberücksichtigt bleiben. Das vorgestellte allgemeine Problemlöseverfahren erklärt nicht die Einbeziehung interaktiver oder dialogischer Kommunikation und berücksichtigt nicht tiefer verschachtelte oder parallele Abläufe der Problemlösung. Notwendig ist demnach die weitere Differenzierung von Problemen und generellen Problemlösungsstrategien (Heidmann 1999).

## Handlungs- und Tätigkeitsmodelle

Ein weiteres höheres Modell, über das versucht wird, menschliche Handlungen letztlich auf der Basis der Kognition zu erklären, geht auf dialektische Ansätze der Handlungstheorie zurück, wonach die Handlung als eine auf die Realisierung eines Ziels gerichtete, relativ geschlossene, zeitlich und hierarchisch strukturierte Tätigkeitseinheit aufgefasst wird. Handlungen sind in diesem Zusammenhang bewusst, d.h. konzeptgeleitet und durch verschiedene Handlungsphasen gekennzeichnet:

- Zielantizipation: Identifizierung mit übertragener Aufgabe oder eigenständiger Zielsetzung
- Handlungsprogramm: Festlegung von zieladäquaten Handlungsstrategien, die auch zu einer Zielpräzisierung führen können
- Entschluss: Entscheidung zur Durchführung eines Handlungsprogramms
- Steuerung der Handlungsausführung mit Rückbezug auf Ziele und Lösungswege
- Überprüfung: Vergleich des Handlungsergebnisses mit den Handlungszielen.

Obwohl mit diesen Phasen in gewisser Weise ein sequentiell verlaufender Prozess nahegelegt wird, wird letztendlich davon ausgegangen, dass Vor- und Rückgriffe möglich sind (Kosakowski 1991).

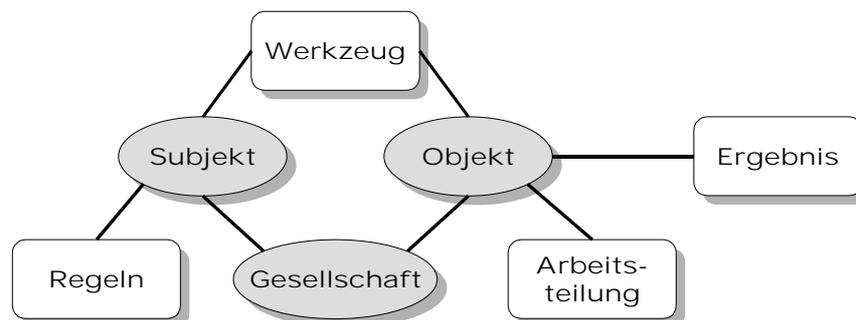


Abb. 43) Tätigkeitssystem  
(nach Jonassen 1999)

In Erweiterung dieses Konzepts wird von Modellen der Tätigkeit ausgegangen, in denen ein Subjekt (als Nutzer, im Hinblick auf die Analyse von Handlungen für die Entwicklung von Computer-Systemen) in Beziehung zu einem Objekt agiert, wobei das Objekt physikalisch oder mental beschaffen sein kann und im Zusammenhang der Tätigkeit verändert wird. Das Subjekt bedient sich dabei Werkzeugen, deren Einsatz diesen Transformationsprozess des Objekts ermöglichen (Abb. 8). Dabei lässt sich eine Tätigkeit hierarchisch in Handlungen und Operationen gliedern. Eine Handlung ist gegenüber einer Operation immer bewusst, die Operation hingegen internalisiert und automatisiert (Jonassen 1999).

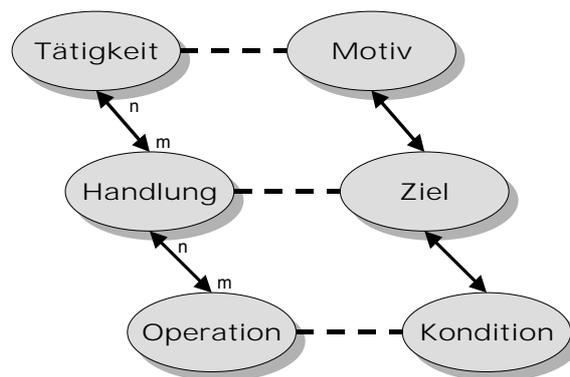


Abb. 44) Hierarchische Ebenen der Tätigkeit  
(nach Jonassen 1999)

Daher lassen sich durch eine solche Hierarchie auch die gefühlsmäßigen Aspekte zuordnen: Eine Tätigkeit braucht ein Motiv, eine Handlung ein Ziel und eine Operation eine Kondition, über die der Kontext einer Handlung erklärt wird (Abb. 9). Des Weiteren wird davon ausgegangen, dass jede Tätigkeit des Subjekts in einer Gemeinschaft mit Regeln abläuft und zudem die Gemeinschaft Rollen verteilt, die festlegen, wie die Handlung zwischen Subjekt und Objekt gestaltet ist. Diese Rahmenbedingungen bilden das Prinzip der Mediation im Tätigkeitsmodell, da davon ausgegangen wird, dass der Austausch zwischen Subjekt, Objekt und Gemeinschaft immer ein mittelbarer, ein vermittelter Austausch ist (Jonassen 1999).

Der Ansatz findet sich vor allem in der russischen Psychologie Leontjews (1979) und hat einen wichtigen Einfluss auf die Arbeitspsychologie (Hacker 1996) und mittlerweile auch auf die Mensch-Maschine-Forschung (Nardi 1996abc) und die Multimedia-Didaktik (Jonassen 1999). Die Bedeutung für die Erklärung der Kartennutzung ist naheliegend: Kartennutzung kann in diesem Rahmen, eingebettet in den Tätigkeits- und Handlungskontext des Nutzers betrachtet werden, ohne dessen bewusstseinssteuernde Faktoren (als Summe von Aufmerksamkeit, Intention, Gedächtnis und Denken) zu vernachlässigen. Allerdings wurden in diesem Bereich nur wenige Forschungsarbeiten durchgeführt, so dass es zunächst sinnvoll erscheint, die Forschungsergebnisse zur visuellen Informationsverarbeitung als Grundlage der Kartennutzung aufzugreifen.

### 3.1.3 Visuelle Informationsverarbeitung als Erklärungsansatz der Kartennutzung

Auf der Basis der kognitiven Modelle sind in der Psychologie, wie auch in der Kartographie, stets Untersuchungen zur visuellen Informationsverarbeitung durchgeführt worden, die den jeweiligen vorherrschenden Paradigmen unterworfen sind und insofern nur eingeschränkt auf ein verändertes Grundmodell übertragen werden können. Da aber die theoretische Entwicklung i.d.R. immer auch bereits bestehende Erkenntnisse umfasst, soll an dieser Stelle versucht werden, die Erkenntnissituation zur visuellen Informationsverarbeitung auf kognitionswissenschaftlicher Grundlage darzustellen, auch wenn einzelne Arbeiten vor der sogenannten kognitiven Wende (Heidmann 1999) durchgeführt wurden. Die Einordnung wird zunächst auf Ebene der grundlegenden kognitiven Prozesse erfolgen, da die Entwicklung eines umfassenden kartographischen Nutzungsmodells in Kapitel 3.2 beschrieben wird.

#### Low-level Prozesse der Nutzung kartographischer Medien

Die Enkodierung visueller Information ist für die Kartographie die wichtigste Kategorie kognitiver Prozesse, da kartographische Medien primär der Informationsaufnahme dienen. Dabei ist der Einfluss der Kartographie auf präattentive Prozesse von großem Interesse für die Kartographie.

Ein Beispiel für die Untersuchung präattentiver Prozesse bei der Kartennutzung ist der Vergleich von Isolinien- und Schichtstufendarstellung des Geländes in Karten (Phillips 1984). Der Arbeit liegt die Annahme zu Grunde, dass die Erzeugung eines mentalen 3D-Bildes aus den linien- bzw. flächenhaften Darstellungsvarianten die Kapazitäten des Kurzzeitgedächtnisses unterschiedlich beansprucht und dass die Graphik von Reliefdarstellungen unabhängig vom Vorwissen und der Erfahrung (daher präattentiv) des Nutzers zur Umsetzung eines mentalen Bildes beitragen kann.

Im Vergleich zwischen Isolinien- und Schichtstufenkarten ergeben sich eine Reihe von Vorteilen für die Schichtstufendarstellung: In unübersichtigen Geländeteilen kann nicht ohne weiteres die Richtung der Geländeneigung aus dem Isolinienmuster entnommen werden, da nicht explizit dargestellt ist, auf welcher Seite einer Isolinie das Gelände ansteigt oder abfällt (einzig die übliche Art der Beschriftung von Isolinien ist dazu geeignet, aber nicht überall im Kartenbild, d.h. im Fokus des Auges, gegeben. Die farbige Darstellung (z.B. über Helligkeiten) bei Schichtstufen bietet diese Informationen aber implizit an. Auch ist es bei Schichtstufen leichter, z.B. aus größerem Abstand, größere Teile der Karte wahrzunehmen, da die flächenhafte farbige Darstellung dazu führt, die Höhenstufen besser visuell voneinander abzugrenzen.

In Untersuchungen konnte Phillips zeigen, dass der zweite Vorteil gegenüber dem ersteren, hinsichtlich der Bildung eines mentalen Bildes, überwiegt. Demnach muss dieser Prozess dem *low level processing* oder *level one tasks* zugeordnet werden. Diese Begriffe gehen auf Olson (1976), bzw. Board (1984) zurück und beschreiben kognitive Prozesse, die für die Wahrnehmung von Unterschieden zwischen Zeichen hinsichtlich ihrer Form, Farbe oder Größe verantwortlich sind. Somit können sie als präattentiv eingestuft werden. (MacEachren 1995).

Die Gestaltgesetze sind eine Erklärungsmöglichkeit für die (unbewusste) Organisation des visuellen Inputs, Pop-Out Effekte ein wichtiges Beispiel für die Funktionsweise präattentiver Prozesse (Heidmann 1999). Untersuchungen in der Kartographie existieren sowohl zur Ü-

berprüfung der Gestaltgesetze, eine umfassende Übersicht findet sich bei MacEachren (1995), wie auch zur Erklärung von Pop-Out-Effekten durch die Kartengraphik.

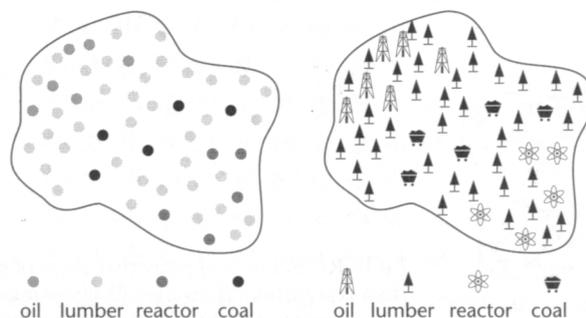


Abb. 45) Beispiel für die Wirkung von Farbe als *Pop-out* Effekt (aus: MacEachren 1995)

Pop-Out-Effekte sind eine wichtige Grundlage bei der Durchsuchung von Zeichenmustern in Karten, da sie die Aufmerksamkeit auf Zeichen lenken, die sich in mindestens einer graphischen Variablen von anderen, umgebenden Zeichen unterscheiden (Heidmann 1999). Dadurch verkürzt sich die Suchzeit erheblich, allerdings sind nicht alle Graphikvariationen gleich gut geeignet, Pop-Out Effekte zu erzielen (Brennan; Lloyd 1993). Die *feature integration theory* Treismans wird in diesem Rahmen als eine wichtige Erklärungsmöglichkeit angesehen (Brennan; Lloyd 1993, Guski 1996).

### High-level Prozesse der Nutzung kartographischer Medien

Suchprozesse in Karten und Lernen von räumlichen Merkmalen sind komplexere Formen der Kartennutzung, die zum einen durch Wahrnehmungsprozesse *bottom-up*, unbewusst gesteuert werden, zum anderen durch *top-down* Prozesse wissensgeleitet ablaufen. Dabei zeigt sich, dass *top-down* Prozesse durch die Kartengraphik gesteuert werden können und so die Ableitung eines mentalen Modells unterstützt werden kann.

Brennan und Lloyd (1993) haben in diesem Rahmen eine Untersuchung der kognitiven Prozesse bei der Suche nach aneinandergrenzenden Farben in Choroplethenkarten durchgeführt. Die Annahmen gingen davon aus, dass die Suche zunächst als serielle Aufgabe verstanden werden kann, bei der eine Karte systematisch, d.h. Zeichen für Zeichen durchsucht wird. Darüber hinaus kann die Suche als parallele Aufgabe verstanden werden, bei der alle Zeichen simultan wahrgenommen werden und die Suche auf der Wahrnehmung von Unterschieden visueller Merkmale basiert. Nach Meinung der Autoren spricht viel für die Annahme, dass eine Karte in einem 2-stufigen Prozess durchsucht wird, beim dem die parallele Suche die serielle Suche führt (*guided search theory*). Damit ist eine Suche zum einen Teil präattentiv (reizgeleitet), zum anderen Teil attentiv (konzept- oder wissensgeleitet). Somit unterstützt bspw. eine Farbwahl, die zu guten *pop-out* Effekten beiträgt, den Nutzer besser bei der Suche als andere graphische Variationen, wie z.B. die Orientierung (Lloyd 1997).

Die Enkodierung wird im Arbeitsgedächtnis durch das *chunking* von Zeichen gefördert. Dabei können geeignete graphische Strukturen diesen wissensbildenden Prozess unterstützen. Auf die Karte angewandt ergeben sich einige Besonderheiten aus der Tatsache, dass die

graphische Gestaltung der Karte einer vorgegebenen gedanklichen (oder formalen) Struktur entspricht, so dass bspw. eine hierarchische Gliederung der Kartengraphik zu einer bestimmten Wissensstruktur des Nutzers führt.

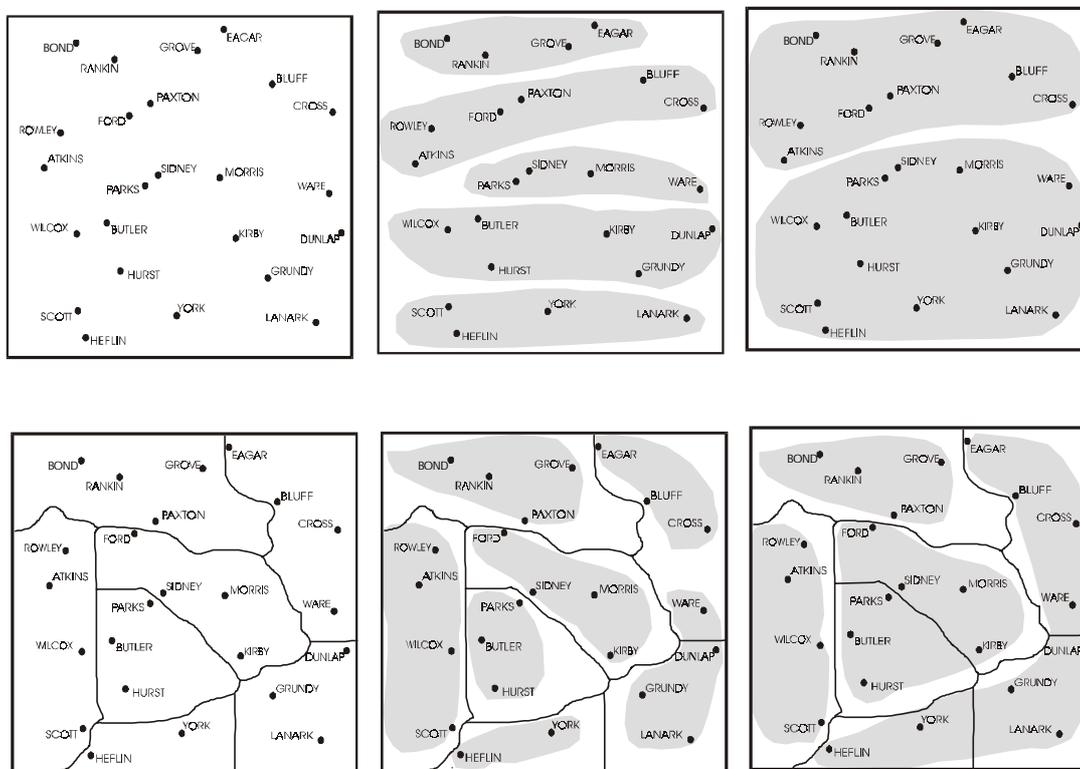


Abb. 46) Vorlagen und Ergebnisse eines *chunking*-Tests (aus Eastman1985b)

In einer Untersuchung betrachtet Eastman (1985b) die Auswirkung der graphischen Struktur einer Karte auf die Lernleistung, gemessen an der Anzahl der behaltene Objekte und die räumliche Genauigkeit der Position derselben. Bezüglich der Fragestellung, ob eine hierarchische, auf *chunks* basierende Organisation von Wissen angenommen werden kann, kommt Eastman zu einer positiven Überzeugung. In den Untersuchungen konnte festgestellt werden, dass eine gute Behaltensleistung auf eine effektive hierarchische Bildung von *chunks* zurückzuführen war. Bezüglich der Fragestellung, ob die Probanden durch die graphische Struktur in ihrer Repräsentation geleitet wurden, fällt die Antwort ebenfalls deutlich positiv aus. Die Ergebnisse sind allerdings logischerweise an den Inhalt und die Struktur der Kartenbeispiele gebunden. Bei der Behaltensleistung der Namen und Positionen von Städten waren die folgenden Varianten der regionalen graphischen Strukturierung hilfreich (vgl. auch Abb. 46):

- Vorgaben bzgl. der administrativen Gliederung durch die Schriftgröße
- Vorgaben bzgl. der administrativen Zugehörigkeit durch Grenzlinien
- Vorgaben bzgl. der linearen Verbundenheit durch Straßensignaturen

Dabei scheint vor allem wichtig zu sein, wie klar die Gliederung graphisch hervortritt und den Nutzer dadurch bei der visuellen Informationsentnahme unterstützt.

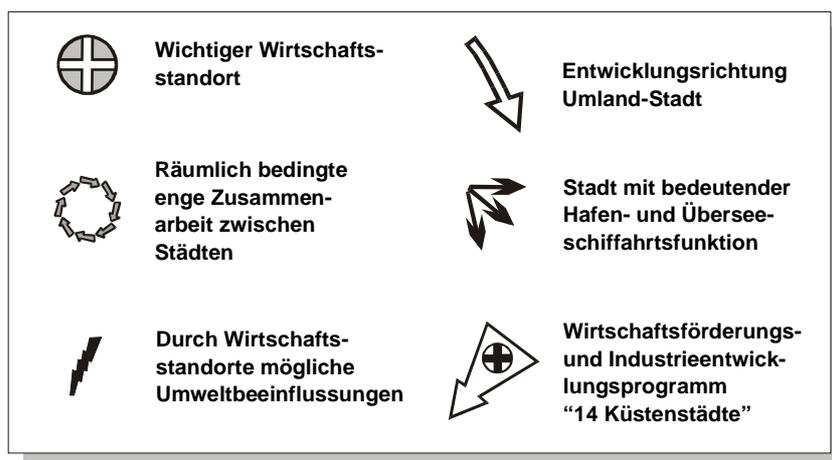


Abb. 47) Beispiele für georäumliche Mustertypen (Choreme)  
(aus: Dühr 1996)

Der Einsatz von Choremen zur graphischen Erläuterung von Regionstypen, und der Einfluss der Legendengestaltung auf die Effizienz der Kartennutzung zur Lösung einer gestellten Aufgabe wurde neben anderen, weiterführenden Aspekten innerhalb des Forschungsprojekts zur "Kartographischen Bildschirmkommunikation" der Abteilung Kartographie an der Universität Trier untersucht. Dabei zeigte sich, dass solche fragestellungsbezogenen, graphischen Unterstützungsmittel die Ableitung bspw. einer Suchstrategie erleichtern (Bollmann; Heidmann; Johann 1999), da sie eine Wirkung auf die Vororientierung im Kartenbild haben und die Bildung eines mentales Modell positiv beeinflussen können.

### 3.2 *Kartographische Modelle des Nutzungsprozesses*

Wie die Ergebnisse von Untersuchungen zur visuellen Informationsverarbeitung zeigen, kann die Nutzung von Karten hinsichtlich der Bearbeitung von Aufgaben, bspw. des Suchens oder Lernens durch die Kartengraphik unterstützt werden.

Diesem Ansatz kommt eine große Bedeutung zu, wenn die Kartennutzung im Rahmen der Bildschirmkommunikation betrachtet wird, bei der ein gezielter Einsatz von Graphik den Kommunikationsprozess und die ablaufenden Interaktionen zwischen Nutzer und System steuern kann. Um solche Systeme effektiver planen und gestalten zu können, ist es notwendig, ein Modell des Nutzungsprozesses zu erstellen, das die Aufgaben oder Handlungen und Operationen der Kartenarbeit beschreibt. Zu diesem Zweck sollen im folgenden unterschiedliche Ansätze zur Beschreibung der Kartennutzung aufgezeigt und in ihrer Relevanz hinsichtlich der Entwicklung kartographischer Mediensysteme beurteilt werden.

Zunächst werden die traditionellen Ansätze zu Kartenlesen und Karteninterpretation vorgestellt, dessen Erkenntnisse im wesentlichen auf Erfahrungen von Kartographen und Geographen in ihrem Umgang mit Karten und der Lehre der Kartennutzung beruhen.

Eine zweite Gruppe von Arbeiten untersucht die Möglichkeit, Aufgaben der Kartennutzung zu identifizieren, durch welche die Tätigkeit der Kartennutzung beschrieben werden kann.

Schließlich wird zur Ableitung eines Modells des Nutzungsprozesses das Konzept der kartographischen Wahrnehmungsräume vorgestellt, das ausgehend von den Erkenntnissen zur visuellen Informationsverarbeitung (vgl. Kapitel 3.1.3) die Ziele und den Kontext des Nutzers einer Karte berücksichtigt.

### Traditionelle Ansätze zur Beschreibung der Kartennutzung

Traditionell wird die Kartennutzung im Rahmen einer engen Analogie von Karten und Schriftzeichen gesehen. Demnach müssen Kartenzeichen zunächst gelesen und wie Wörter in Begriffe übersetzt werden. Anschließend kann die Karte, d.h. das konkrete Zeichenmuster, in seinem Gesamtzusammenhang, wie ein Text interpretiert werden. Hüttermann (1993a) grenzt diesen Vorgang ein durch die Begriffe **Elementanalyse**, als Lesen einzelner Zeichen und **Komplexanalyse**, als Interpretation von Zeichenmustern.

Während die Elementanalyse primäre Informationen liefern soll, die direkt aus den Kartenzeichen abgeleitet werden kann, sind sekundäre Informationen das Ergebnis der Komplexanalyse, die vorwiegend durch räumliche Effekte entstehen, also zwischen den Kartenzeichen, als implizite Informationen, abzuleiten sind.

Bei der Ableitung primärer Informationen steht demnach das Erkennen und die Beschreibung von Sachverhalten im Vordergrund, die auf allgemeinem Vorwissen beruhen können. Zur Erklärung komplexanalytischer Zusammenhänge sind Fach- und Systemwissen erforderlich, die als Hintergrundwissen um räumliche Prozesse und Strukturen eingebracht werden. Ebenso wie das Lesen und die Textinterpretation ist die Kartennutzung somit vollständig erlernbar und ihr Erfolg hängt im wesentlichen vom verfügbaren Vorwissen des Kartennutzers ab.

Verständnis des Einzelphänomens →

Erkenntnisse von Zusammenhängen	Individuelle Einstiegsfragen (Beispiele)	<b>Beschreibung / Benennung</b> Was wird untersucht, welche Eigenschaften/Erscheinungen/Verhaltensformen hat es? Wie heißt es in der Fachsprache?	Wo sind die Objekte, wie viele gibt es? Wie sind sie verteilt?	<b>Erklärung</b> Wie sind die Objekte räumlich strukturiert und wie sind ihre (System-)Beziehungen zueinander: gibt es Zusammenhänge? = gibt es Zusammenhänge zwischen Systemordnung und Raumstruktur?	Welche Bedingungen und Prozesse haben die Entstehung der Standorte/Verteilungen/Strukturen/Systeme verursacht?	<b>Prognose</b> Wie werden die räumlichen Strukturen verändert? Wie werden Menschen auf die räumlichen Strukturen einwirken? Welche Trends und Entwicklungen sind wahrscheinlich?	<b>Bewertung</b> Wie sollten räumliche Organisationsformen aussehen? Wie sollten räumliche Potentiale genutzt werden? Wie wirken sich alternative Entscheidungen aus?
	Konzeptionelle Ebene	<b>Objektebene</b> (bes. räuml. Aspekte) Natur- und Kulturobjekte mit ihren Eigenschaften und ihren Umweltbedingungen	Standorte, Verteilungen, Muster Räumliche Vergesellschaftungen	<b>Struktur/Funktion/Genese</b> - Räumliche Organisationen - Systeme - Räumliche Komplexe - Regionen	- Naturprozesse - Mensch-Umwelt-Beziehungen - Räumliche Interaktion - Umweltwahrnehmung - Entscheidungsverhalten	<b>Potential/Dynamik</b> - Räumliche Interaktion - Naturprozesse - Umweltpotential-Bewertung - Mensch-Umwelt-Beziehungen - Umwelt- („Raum-“) Planung - Entscheidungsverhalten	<b>Werte/Normen</b> - Lebensqualität - Umweltqualität - Räumliche Gerechtigkeit - Entscheidungsverhalten

↓

Abb. 48) Frageraster zur Auswertung von Karten (Hüttermann (1993a))

In einem Frageraster lässt sich nach Hüttermann die Methodik der Karteninterpretation abbilden, die sich als zweidimensionaler Prozess darstellt. Er umfasst eine zunehmende Komplexität und Abstraktion der Fragestellungen, die sich von der Beschreibung explizit dargestellter Inhalte der Karten entfernen. Ausgehend von der Beschreibung und Benennung explizit dargestellter Einzelphänomene ist die Erklärung, Prognose und schließlich die Bewertung nicht allein aus der Karte heraus möglich. Dies trifft in gleicher Weise auf die Konzeptuelle Ebene zu, deren Fragen allein innerhalb der Objektebene noch aus den Karteninformationen ableitbar sind. Die Bereiche Struktur/Funktion/Genese, Potential/Dynamik und Werte/Normen können hingegen nur mit dem nötigen fachlichen Wissen beantwortet werden (vgl. Abb. 48).

Auf Basis dieser Methodik zur Analyse des Kartenbildes können Interpretationsschemata aufgestellt werden, die eine Vorgehensweise für eine spezielle Kartenanwendung vorgeben. In der traditionellen Kartennutzungslehre wurden verschiedene solche Schemata aufgestellt, z.B. auf Basis des länderkundlichen Schemas (Hüttermann 1993a, Hagel 1998), aus einer geoökologischen Sicht heraus (Semmel 1996) oder den mit einem Geduldspiel-Puzzle (*jigsaw puzzle*) verglichenen Systemansatz von Muehrcke und Muehrcke (1992).

Länderkundliche Sicht (Hüttermann)	Geoökologische Sicht (Semmel)	Systemansatz (Muehrcke und Muehrcke)
1. Oberflächenformen	1. Gestein	<b>Physikalische Umwelt</b>
2. Gesteinsuntergrund und Böden	2. Wasserhaushalt	1. Lithosphäre
3. Gewässer	3. Boden	2. Atmosphäre
4. Vegetation	4. Baugrund	3. Hydrosphäre
5. Klima	5. Lagerstätten	4. Biosphäre
6. Bevölkerung	6. Deponien	<b>Anthropogene Umwelt</b>
7. Siedlungen		1. Anthropogene Kräfte
8. Wirtschaft		2. Anthropogene Sachverhalte
9. Verkehr		<b>Austauschprozesse</b>
		<b>Ökologische Systeme</b>

Abb. 49) Gliederung und Vorgehensweise zur Karteninterpretation

Die Autoren erkennen allerdings innerhalb dieser Methodik die Notwendigkeit, spezielle Verfahren der Analyse einer Karte zur Informationsentnahme einzusetzen, die sich nicht durch Vorgänge des Lesens oder Interpretierens erklären lassen. Gemeinhin gehören hierzu die Methoden der Kartometrie, wobei Muehrcke und Muehrcke (1992) neben Kartenlesen und Karteninterpretation einen eigenen Bereich der Kartenanalyse ausgliedern, der neben der Kartometrie eine umfassende Erläuterung von Verfahren zur Informationsentnahme aus Karten enthält:

<b>Georeferenz</b>	<b>Richtung</b>	<b>Entfernung</b>	<b>Orientierung</b>
Konkrete Georeferenzen Abstrakte Georeferenzen Zonale Koordinatensysteme Landaufteilungen Kataster	Geographische Referenzlinien Projektionseigenschaften (v.a. Winkeltreue)	Physikalische Distanzen Funktionale Distanzen	Kartenausrichtung Positionsbestimmung Punktbestimmung Routenplanung
<b>Kartometrie</b>	<b>Form und Struktur</b>	<b>Mustervergleich</b>	
<b>Primäre räumliche Elemente</b> Ort, Richtung und Distanz, Höhe <b>Sekundäre räumliche Elemente</b> Region, Mittelpunkte, Umfang, Fläche, Volumen, Dichte, Veränderung	Kanten und Grenzen Form, Richtung Komposition, Anordnung Verbindung, Trends und Zyklen Hierarchie	Arten der Korrelation Maße der Korrelation Muster der Diffusion	

Abb. 50) Methodenbereiche der Kartenanalyse  
(nach Muehrcke und Muehrcke 1992)

Der Einsatz bestimmter Methoden zur Kartenanalyse ist letztendlich durch den Einsatz von Geo-Informationssystemen vielfältiger und differenzierter möglich, als dies für die statische Papierkarte gilt, da die Verfahren zur Kartenanalyse als Verfahren der digitalen Kartometrie neben anderen Berechnungs- und Abfragefunktionen in diesen Systemen implementiert sind. Demgegenüber steht dennoch das Manko, dass viele Informationen visuell, durch den Nutzer immer noch einfacher, zuverlässiger und schneller ableitbar sind, vor allem die bei Muehrcke und Muehrcke in den Bereichen "Form und Struktur" sowie "Mustervergleich" beschriebenen.

Die Nutzung von Karten am Bildschirm braucht dennoch eine andere Sichtweise, die erklären kann, was Karten in einer speziellen Nutzungssituation leisten können und nicht, welche Fähigkeiten einem Kartennutzer vermittelt werden müssen, um eine Aufgabe zu bewältigen. Allerdings ergeben sich aus einer solchen Gliederung bereits Hinweise auf mögliche Aufgaben, die der Kartennutzung zugrunde liegen können.

### **Kartennutzung als Gliederung von Aufgaben**

Der zweite Ansatz geht davon aus, dass es möglich ist, generische Aufgaben der Kartennutzung zu finden, die erklären, was Nutzer mit Karten tun (Wood 1993b). Daraus soll eine bessere Gestaltung der Karten abgeleitet werden können, indem der Einfluss der Kartengestaltung auf den Nutzungsvorgang berücksichtigt wird (Medycky-Scott; Board 1991, Wood 1993a). Der Begriff der Aufgabe ist im Rahmen der meisten Arbeiten allerdings theoretisch nicht untermauert, wie dies z.B. auf Basis der Handlungstheorie möglich wäre, vielmehr wird nach Strukturierungsmöglichkeiten von Aufgaben gesucht (Olson 1976). Auch konnte gezeigt werden, dass es bei Nutzern keine einheitliche Vorgehensweisen oder Strategien bei der Bearbeitung solcher Aufgaben gibt (Griffin 1983).

Eine Gliederung von Aufgaben der Kartennutzung kann nach Olson (1976) auf drei Ebenen erfolgen, die durch

- den Vergleich der Eigenschaften unterschiedlicher Kartenzeichen auf der ersten Ebene,
- die Feststellung von Gruppierungen und Mustern auf der zweiten Ebene und
- die Nutzung der Karte als Werkzeug zur Entscheidungsfindung und Wissensgewinnung auf der dritten Ebene erfolgt.

MacEachren (1995) merkt zu dieser Gliederung an, dass sich diese nicht mit kognitiven Erkenntnissen vereinbaren ließe. Dem ist hinzuzufügen, dass gedankliche Prozesse, z.B. durch den Prozess des *chunking* als kognitive Leistung zur Gruppierung von Zeichen und Zeichenelementen in einer Karte, genauer beschrieben werden können. Im Gegensatz zur Gliederung von Aufgaben der Kartennutzung können die Ergebnisse zu Untersuchungen des *chunking* belegen, welche Zeichenmerkmale diesen Prozess unterstützen (vgl. Kapitel 3.1).

Keates (1996) geht davon aus, dass Kartennutzer einerseits durch Gruppen repräsentiert werden können, die gleiche Interessen verfolgen und demnach gleiche Anforderungen und Nutzungsabsichten aufweisen, andererseits die Nutzung stets ein individueller Akt ist, in dem ein Nutzer aufgrund seiner persönlichen Disposition Operationen in Karten durchführt. Keates führt weiter aus, dass Kartennutzung aus dieser Sicht heraus in einem weiteren Rahmen erfasst werden muss, der bspw. bereits mit dem Erkennen eines Problems beginnt, für dessen Lösung eine Karte hilfreich erscheint.

Individuelle Aufgaben der Kartennutzung existieren nach Board (1978: zitiert nach Sandford 1985) zur Feststellung von Distanzen, Vereinigungen (*proximity*) und Trennungen, Ausrichtungen und Richtungen, Verbindungen, Begrenzungen, Einschlüssen und Ausschlüssen sowie räumlichen Übereinstimmungen (*association*) von und zwischen Kartenobjekten. Demgegenüber können für Nutzergruppen mit gleichen Nutzungsabsichten Karten entweder zur Navigation zwischen Orten, zur Messung präziser Größen oder zur Visualisierung des Geländes eingesetzt werden. In diesem Rahmen werden u.a. die genannten Aufgaben individuell bearbeitet (Head 1984):

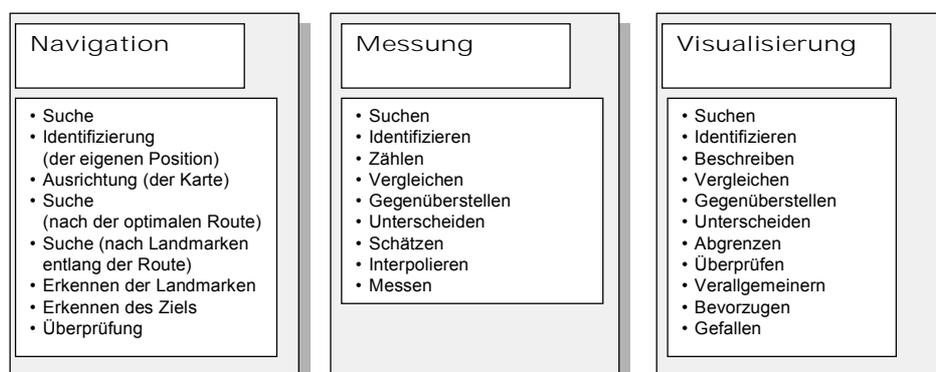


Abb. 51) Aufgaben der Kartennutzung (nach Head 1984)

Auch aus dieser Gliederung wird nur bedingt ein Prozess der Kartennutzung deutlich und es ist zu erwarten, dass neben den drei von Board genannten Formen der Kartennutzung Navigation, Messung und Visualisierung andere Formen der Kartennutzung existieren. Trotz der Schwierigkeiten, Modelle der Kartennutzung auf der Basis von Aufgaben zu definieren, ist ihre Bedeutung für eine gezielte Kartengestaltung groß (Medycky-Scott; Board 1991). Insbesondere gilt das vor dem Hintergrund einer Präsentation am Bildschirm, bei der Unterstützungsmöglichkeiten zur Informationsentnahme durch eine automatische Ableitung von Graphik aufgabenorientiert erfolgen können (Heidmann 1999). Eine sehr umfangreiche Aufgabengliederung vor diesem Hintergrund stammt von Knapp (1995), die in Kapitel 5.2 als Ansatz einer Aufgabenmodellierung vorgestellt wird.

Um die genannten Probleme generischer Aufgaben der Kartennutzung berücksichtigen zu können, soll im folgenden versucht werden, durch die Orientierung des Modells der Kartennutzung an dem Paradigma der Informationsverarbeitung sowohl einen Prozess der Kartennutzung abzubilden, als auch der Unterschiedlichkeit der Aufgaben gerecht zu werden. Hierzu werden Ansätze vorgestellt, die auf Erkenntnisse der kognitiven Psychologie zurückgeführt werden können und sich anhand der dort aufgestellten Theorien und Methoden auch überprüfen lassen (Bollmann; Johann; Heidmann 1997).

### Kartennutzung als informationsverarbeitender Prozess

Die Ausrichtung eines Modells auf kognitionswissenschaftliche Grundlagen versucht weniger, die Kartennutzung als Bearbeitung von Aufgaben, sondern vielmehr durch einen Prozess des Einsatzes kognitiver Operationen zu beschreiben, die auf den relativ gut untersuchten Prozessen der Kognition basieren, wie sie in Kapitel 3.1 beschrieben wurden.

So geht bspw. Eastman (1985a), in Anlehnung an Neisser davon aus, dass die kognitive Verarbeitung einer Karte in einer sich wiederholenden Abfolge von Operationen besteht, bei der die Wahrnehmung durch ein mentales Schemas bei der Aufnahme von Informationen geleitet wird, die ihrerseits als neue Erkenntnisse das mentale Schema modifizieren.

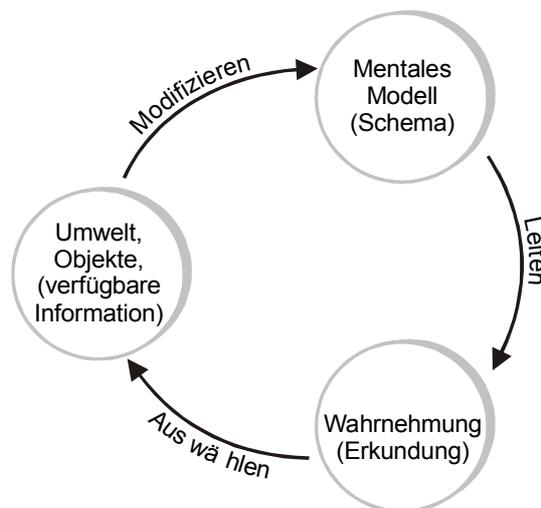


Abb. 52) Wahrnehmungszyklus  
(auf der Grundlage von Neisser 1974,  
verändert nach MacEachren 1995 und Heidmann 1999)

Heidmann (1999) argumentiert in diesem Zusammenhang, dass die Kartennutzung als Problemlöseprozess beschrieben werden kann, in dem elementare, visuell-kognitive Operationen in jeweils höheren Zusammenhängen eingesetzt werden (vgl. Kapitel 3.1). Auf Grundlage der kognitiven Operationen können Tätigkeiten der Kartennutzung besser erklärt werden (Medycky-Scott; Board 1991), während die Funktion der mentalen Modelle die Erklärung dafür liefert, wie der Problemlöseprozess gesteuert wird, in dem sie als Plan zum Handeln des Nutzers angesehen werden (Dutke 1994). Dies muss folglich auch auf die Kartennutzung zutreffen (Eastman 1985b).

Der Stand der aktuellen Forschung identifiziert einzelne visuell-kognitive Operationen, die losgelöst von einem Nutzungskontext untersucht werden. Die Vernachlässigung eines Ziels der Kartennutzung in einem konkreten Handlungszusammenhang führt aber eben nicht zu einem übergeordneten Modell der Kartennutzung, sondern nur zur Erklärung einzelner Bausteine derselben. Ein Beispiel hierfür ist die Untersuchung der visuellen Suche in Karten: Lloyd (Brennan; Lloyd, 1993, Lloyd 1997) erklärt die Suche nach Kartenobjekten durch die Anwendung kognitiver Prozesse, wobei zum einen die *feature integration theory*, die *attention engagemant theory* und die *guided search theory* als Erklärungsansätze herangezogen werden.

Gegenüber diesen Erklärungen auf der Basis von kognitiven Operationen, die bei der Kartengestaltung berücksichtigt werden können, ist es im Rahmen der Bildschirmkommunikation sinnvoll, den Gesamtprozess der Kartennutzung durch das System zu unterstützen (Heidmann 1999). Hierzu ist eine Aufstellung übergeordneter Phasen notwendig, die diesen Prozess charakterisieren und in denen visuell-kognitive Operationen eingesetzt werden.

Im Rahmen einer solchen Betrachtungsweise lässt sich z.B. die Untersuchung von Carter (1988) einordnen, in der er versucht, die Rahmenbedingungen der Kartennutzung auszuweisen, insbesondere jene, die für den Kartennutzer gelten, um sich auf eine Karte einzustimmen. Carter postuliert, dass die Möglichkeiten zur selbstständigen Kontrolle der Kartenpräsentation durch den Nutzer eine erhebliche Rolle spielen. Während bei TV-Karten beispielsweise die Zeit zur Betrachtung einer Karte generell eingeschränkt ist, ist sie es bei der privaten Nutzung einer Papier- oder Bildschirmkarte nicht. Eine vollständige Kontrolle schränkt die Kartennutzung am wenigsten ein, wobei der zur Verfügung stehenden Betrachtungsdauer die größte Bedeutung zukommt. So benötigt ein Nutzer im Durchschnitt 13 Sekunden um einfache Übersichtskarten zu lesen, aber schon 19 Sekunden für eine Wetterkarte.

Auch die Erwartungen des Nutzers bilden eine entscheidende Rahmenbedingung: Mit abnehmender Kontrolle weiß der Kartennutzer nicht, was für eine Karte ihn erwartet: Zeichenkodierung, Ausschnitt und Maßstab sind unbekannt, wie auch die beabsichtigte Nachricht der Karte. Die Kontrollinstanz der Auswahl einer Karte entfällt in vielen Präsentationsumgebungen. Daraus folgert Carter, dass ein Kartennutzer um so länger braucht, die Karte zu verstehen, je weniger er in die Auswahl der Karte involviert gewesen ist. In elektronischen Karten gilt prinzipiell dasselbe: ein Kartennutzer kann den Inhalt und die Gestaltung, z.B. im Rahmen von Geo-Informationssystemen selbst festlegen, obwohl auch ein gegenteiliger Effekt auftreten kann: die totale Kontrolle kann zu einer falschen Zeichenauswahl (als Widerspruch zu den Regeln der graphischen Variablen) und damit zu einer erschwerten Kartennutzung führen. Erwartungen können aber auch durch Erfahrungen in bestimmten Situationen geprägt sein: So sind z.B. bei Wetterkarten, Inhalt und Struktur der Karte dem Nutzer geläufig, obwohl er sie nicht selbst aussucht. Je größer die Erfahrungen und das Wissen um die Nutzung einer Karte sind, desto leichter kann die gestellte Aufgabe gelöst werden.

Auf Basis dieser Erkenntnisse stellt Carter acht grundlegende Überlegungen in Form von Fragen zur Präsentation, bzw. Nutzungssituation der Karten an:

<b>Kontrolle der Zeit</b>	Reicht die gegebene Zeit zur Lösung der gestellten Aufgabe ?
<b>Kontrolle der Position</b>	Wie gut ist die Karte vom Standort des Nutzers aus sichtbar und welche Mittel können z.B. einen ungünstigen Blickwinkel ausgleichen ?
<b>Kontrolle der Größe der Darstellungsfläche</b>	In wie weit kann die Karte gezoomt werden, welche alternativen Sichten können angeboten werden ?
<b>Kontrolle der Aufgabenstellung</b>	In wie weit bestimmt der Nutzer die zu lösende Aufgabe, bzw. ist sie ihm vorgegeben und muss entsprechend vorgestellt und begleitet werden ?
<b>Einfluss der Entscheidung</b>	Sind die Ergebnisse der Kartennutzung Grundlage für kritische (oder eilige, irreversible) Entscheidungen und wie können daher Fehler vermieden werden ?
<b>Einfluss der Erfahrung</b>	In wie fern ist der Nutzer mit der Aufgabenstellung und dem Typ der Karte vertraut und wie kann die Zeichenauswahl aussehen ?
<b>Einfluss der Erwartung</b>	Entspricht die Gestaltung den Erwartungen des Nutzers oder ist eine leichte Gewöhnung möglich ?
<b>Kontrolle der Nachricht</b>	Kann durch die Präsentation die Nachricht/Aussage der Karte deutlich gemacht werden, in wie weit ist sie selbsterklärend ?

Aus dieser Betrachtung wird deutlich, dass es vor der eigentlichen Nutzungsphase, in der eine Aufgabe mit Hilfe einer Karte gelöst wird, zumindest eine Phase der Orientierung stattfindet, die zur Einschätzung der Eignung einer Karte für das entsprechende Nutzungsziel gebraucht wird. Bollmann (1996b) geht in dem Model der Wahrnehmungsräume davon aus, dass neben der Orientierungsphase von drei weiteren Phasen der Kartennutzung ausgegangen werden kann, in denen der Nutzer jeweils unterschiedliche Ziele erreichen oder informationelle Outputs erhalten will (vgl. Abb. 53).

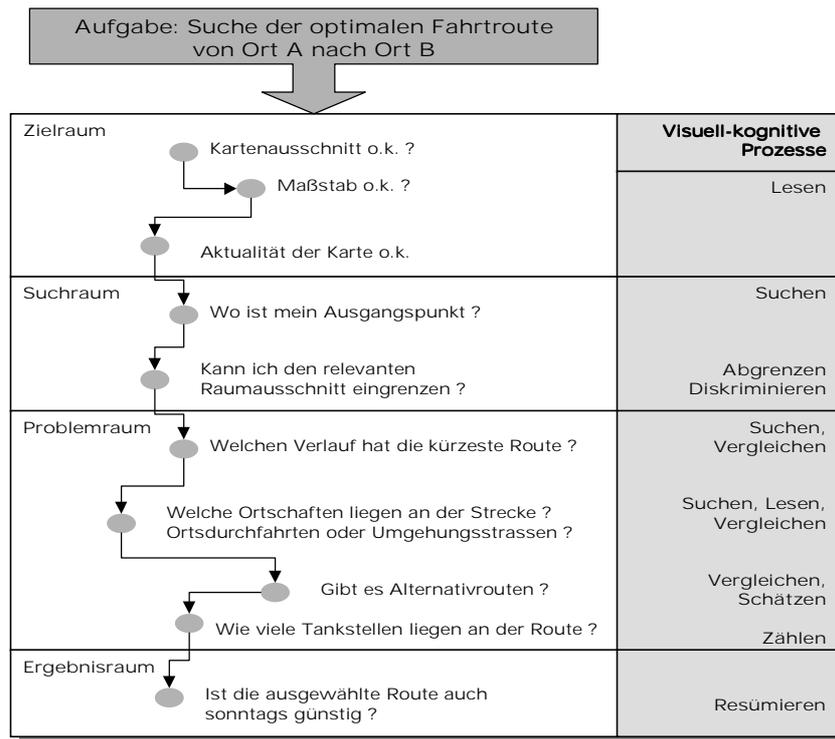


Abb. 53) Operationssequenzen in den kartographischen Wahrnehmungsräumen (verändert nach Heidmann 1999)

Als Beispiele visuell-kognitiver Operationen in den Wahrnehmungsräumen des Nutzungsprozesses können gelten:

- Im **Zielraum**, zur Einstimmung auf die Kartensituation, der Abgleich des Kartenthemas mit der Fragestellung des Nutzers und die Überprüfung der gewählten Abbildungs- und Präsentationsbedingungen (Maßstab, etc.).
- Im **Suchraum**, zur Abgrenzung relevanter informationeller Muster, die Identifizierung relevanter Zeichen und deren Überprüfung hinsichtlich der Informationsentnahme (Inhalt der Karte).
- Im **Problemraum**, zur Ableitung relevanter Informationen, die konkrete und gesteuerte Informationsentnahme vor dem aktuellen Wissens- und Problemlösungskontext.
- Im **Ergebnisraum**, zur Ergebnisüberprüfung, die Einschätzung hinsichtlich der Zielvorgaben und des Handlungskontexts.

Daraus erwächst die Frage, in wie weit der Nutzer innerhalb einer interaktiven Kartennutzungsumgebung in den einzelnen Phasen unterstützt werden kann. Prinzipiell müssen hierzu die durchzuführenden Handlungen im voraus bekannt sein. Heidmann (1999) betont in diesem Zusammenhang die individuellen Differenzen, die eine Kartennutzung beeinflussen, so dass es zu sehr unterschiedlichen Strategien und Vorgehensweisen innerhalb einer Phase kommen kann. Diese beruhen in Differenzen der Motivation, Emotion, Wissen und der Erfahrung eines Nutzers.

In Kapitel 5 werden die Ergebnisse und Möglichkeiten der Nutzerunterstützung auf Basis des Konzepts der Arbeitsgraphik durch interaktive Techniken diskutiert, in dessen Rahmen das Modell der Wahrnehmungsräume wiederum Anwendung findet.

---

## 4 Interaktive kartographische Medien

---

Der Einsatz von Eingabegeräten zur Steuerung von Softwaregeräten, über die ein Nutzer Funktionen der Software aufrufen kann, ist ein wichtiges Kriterium graphischer Benutzerschnittstellen. Auf der Basis der direkten Manipulation wird die Graphik zur Repräsentation von Objekten (der Software) genutzt, die über Tastatur- oder Mauseingaben in ihrer Graphik, in ihrer Bewegung, etc. verändert werden können. Für die Kartographie ist diese Interaktionssyntax von grundlegender Bedeutung zur Gestaltung interaktiver Medien, da die Zeichen einer Karte gleichfalls Objekte (der Realität) repräsentieren, denen Daten im System zugrunde liegen. Werden kartographische Medien in diesem Sinn zu interaktiven Software-systemen erweitert, können Kartenzeichen entsprechend einer zugeordneten Interaktionssemantik zu Interaktionsobjekten werden, über die Funktionen zur Datenauswahl und -berechnung gesteuert werden. Dieses Kapitel soll zeigen, wie die Grundlagen interaktiver Graphik eingesetzt werden können, um kartographische Zeichen als interaktive Bausteine zu entwickeln, um sie in Produkten der Multimedia-Kartographie einzusetzen.

Hierzu werden zunächst die Grundlagen interaktiver Benutzerschnittstellen erörtert, insbesondere die zugrundeliegenden konzeptionellen Annahmen und technischen Voraussetzungen, über welche die Mensch-Maschine-Schnittstelle gestaltet werden kann. In diesem Rahmen sollen auch die wichtigsten Entwicklungstrends aufgezeigt werden, die auf zukünftige Formen der Kartennutzung einen Einfluss haben werden.

Darauf aufbauend wird ein Ansatz vorgestellt, der die Grundlagen interaktiver Graphik in Karten umfasst. Hierzu wird zwischen der Rolle des Zeichens bei einer Interaktion und der Variationsmöglichkeit als Reaktion auf eine Benutzereingabe unterschieden.

Abschließend werden Kategorien von Werkzeugen aufgezeigt, mit denen interaktive Karten hergestellt werden können und die aber aufgrund ihrer internen Struktur und Funktionalität in unterschiedlicher Weise geeignet sind, Interaktion in Kartographischen Medien umzusetzen.

### 4.1 Grundlagen Interaktiver Benutzerschnittstellen

"State of the Art" sind Benutzerschnittstellen, die eine Steuerung von Software auf der Basis von *Windows, Icons, Menus* und *Pointing-devices* (kurz *WIMP*) zulassen. Auf der technischen Seite beschreibt WIMP das Zusammenspiel der Anzeigeelemente (reduziert auf *Windows, Icons* und *Menus*) mit den Eingabegeräten (reduziert auf *Pointing-device*), das als Interaktion bezeichnet wird. Doch Interaktion bedeutet mehr als Zeigen und Klicken auf einer technischen Ebene. Eine Interaktion zwischen Mensch und Maschine ist vielmehr ein kognitiver und kommunikativer Prozess, in dem die Informationsaufnahme des Menschen aus der präsentierten Graphik der Benutzeroberfläche ebenso wichtig ist, wie die Instruktion der Software über das Auslösen von Aktionen oder Kommandos über die Maus. Im folgenden sollen die Grundlagen der Mensch-Maschine Schnittstelle vor diesem Hintergrund beschrieben werden, ein wesentlicher Aspekt wird dabei die Unterscheidung in die Interaktionssyntax und die Interaktionssemantik darstellen. Als Vorbereitung der Beurteilung möglicher Werk-

zeuge zur Herstellung von interaktiven Medien in Kapitel 4.2 und der Aufstellung einer Taxonomie kartographischer Interaktionsformen in Kapitel 4.3 werden die Interaktionsformen, wie sie in Softwaresystemen vorkommen erläutert und im Zusammenhang mit der Gestaltung von Benutzeroberflächen betrachtet.

#### 4.1.1 Grundlagen der Interaktion

Der Einsatz graphischer Benutzeroberflächen, ist nicht die erste und wird nicht die letzte Form der Umsetzung von Interaktion zwischen Mensch und Maschine sein, sie hat aber mit der Diskussion um die Möglichkeiten von Multimedia einen vorläufigen Höhepunkt erfahren (MacIntyre; Feiner 1996). Ein breiter Konsens besteht über die technischen Aspekte von Multimedia (vgl. dazu Steinmetz 1993), weniger allerdings über die Bedeutung für den menschlichen Prozess der Softwarenutzung. Generell scheint es sinnvoll zu sein, um die Funktionsweise der Mensch-Maschine-Schnittstelle verstehen zu können, eine Unterscheidung zwischen der Interaktionssyntax und der Interaktionssemantik zu machen, wie dies Schulmeister (1997) in Anlehnung an Shneiderman (1983) vorgeschlagen hat.

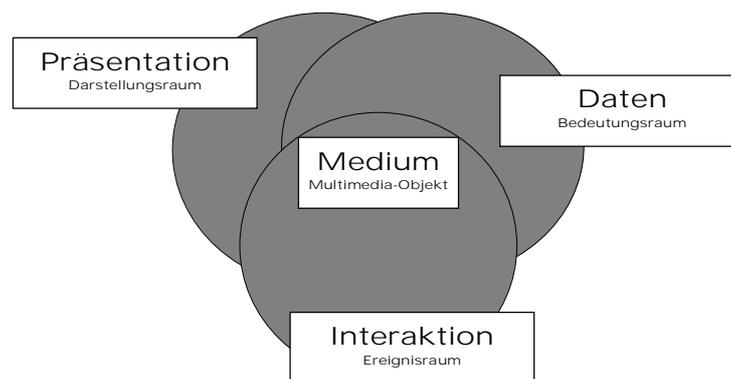


Abb. 54) Räume innerhalb von Multimedia (Schulmeister 1997)

Zunächst geht Schulmeister davon aus, dass Interaktion immer im Zusammenhang des Medium gesehen werden muss. Interaktion ist demnach nur im Rahmen einer Bedeutungsdimension (meist auf der Basis von Daten, z.B. aus einer Datenbank) möglich, die im Darstellungsraum (z.B. in einer Karte) präsentiert wird. In diesem Rahmen bietet das Medium Möglichkeiten zur Interaktion, der eine bestimmte Interaktionssyntax zugrunde liegt. Die Aktion, die dabei ausgelöst wird, steuert einen speziellen Rechenprozess, der einer Interaktionssemantik entspricht (Jorna; van Heusden 1996). Z.B. kann ein Mausklick in einem Fensterbereich einer Schaltfläche zugeordnet sein, die eine Aktion, z.B. "Dokument speichern" auslöst.

Dies grenzt den Begriff der Interaktion ein, so dass darunter stets das reaktive Verhalten eines Systems verstanden wird und Interaktionen nur diejenigen Nutzerhandlungen umfassen, die Basis eines Inputs sind, der durch ein Gerät oder Sensor an den Rechner übermittelt wird.

## Semiotische Aspekte der Interaktion

Die Anwendung der Semiotik auf Fragen der Gestaltung und Programmierung von Benutzeroberflächen ist Teil der Computersemiotik, die Figge (1991) als interdisziplinäres Forschungsfeld zur Untersuchung der Struktur und Funktion von Zeichen bei der Mensch-Computer-Kommunikation versteht. Die wahrscheinlich am weitesten reichende Arbeit auf diesem Gebiet ist von Andersen geleistet worden, der Computer-Nutzung als Zeichengebrauch definiert (Andersen 1990) und unter Bezugnahme auf Hjelmslevs Glossematic ein System interaktiver Zeichen entwickelt hat. Dieser strukturalistische Ansatz begünstigt die modellhafte Analyse eines Anwendungsbereiches, für den eine Benutzeroberfläche entwickelt werden soll, indem sich Merkmale des Anwendungsbereichs auf Merkmale interaktiver Zeichen abbilden lassen. Die vorgenommenen Trennung der Interaktion in Syntax und Semantik lässt sich außerdem gut mit diesem semiotischen Ansatz vereinbaren (Jorna; van Heusden 1996). Aus diesem Grund wird er zur Darstellung von Interaktionsformen in Kapitel 4.1.2 angewandt.

### Aspekte der Interaktionssyntax

Software, die mit einer kommandozeilenorientierten Bedienung ausgestattet ist, weist eine Syntax auf, die aus Kommandos und Parametern gebildet wird. Kommandos sind dabei reservierte Wörter, die einen Befehl repräsentieren, der durch die Angabe von Parametern, in der Form von Optionen und Argumenten in seiner Wirkung beeinflussbar ist. Viele Betriebssysteme verfügen über *Command-Shells* (unter Unix-Betriebssystemen die *bsh*, *tcsh* oder die *command.com* unter DOS), die über eine solche Syntax verfügen (Figge 1991). Die Nachteile gegenüber einer graphischen Shell begründen sich durch das benötigte Vorwissen und die Fertigkeiten, die ein Benutzer aufbringen muss, um eine *command-shell* zu bedienen. So muss er die Namen der Befehle und der Parameter kennen, die er benutzen möchte und die Art und Weise, wie Befehle und Parameter eingesetzt werden können.

Die Syntax einer graphischen Benutzeroberfläche soll sich demgegenüber intuitiver erschließen. Wird von der Maus als wichtigstes Steuerungsgerät ausgegangen, lassen sich durch die Syntaxelemente "Zeigen" und "Klicken" fast alle Interaktionen abbilden. Auf der Seite der Präsentation einer graphischen Benutzeroberfläche existieren Zeichen, auf die sich Interaktionen beziehen, diese werden daher auch als Interaktionsobjekte bezeichnet. Das Konzept der "direkten Manipulation" (Shneiderman 1983, Ziegler; Fähnrich 1988), beschreibt den Rahmen, wie die Interaktion gestaltet sein soll und fordert, dass die Software, speziell die Interaktionsobjekte, auf die Eingaben des Nutzers unmittelbar reagieren, indem sie ihren Status durch eine veränderte Graphik anzeigen.

Zur Programmierung interaktiver Software auf der Basis graphischer Benutzeroberflächen wird die zyklische Architektur kommandozeilenorientierter Programme durch eine ereignisgesteuerte Architektur abgelöst (Foley et al 1997), da der Nutzer durch die freie Wahl einer Interaktion den Ablauf des Programms steuert.

### Aspekte der Interaktionssemantik

In einer multimedialen Umgebung können Informationen durch die unterschiedlichen sensorischen Kanäle und auf der Basis unterschiedlicher Zeichenkodes übermittelt werden, im

Sinne der Zeichentheorie ist die Semantik in einer Kommunikationshandlung abhängig von einem gemeinsamen Zeichenvorrat bei Sender und Empfänger (Jorna; van Heusden 1996).

Die Semantik einer Interaktion basiert auf der Repräsentation von Handlungen, die mit einer Software ausgeführt werden können. Auf einer übergeordneten Ebene lässt sich Interaktion durch die Möglichkeiten unterscheiden, die sich aus den Varianten im Ereignisraum nach Schulmeister (1997) ergeben. Sie können anhand von stereotypen Softwarekategorien festgemacht werden. Midoro und Olimpo sprechen in diesem Zusammenhang von drei Dimensionen des Interaktionsraumes (nach Schulmeister 1997, s. Abb. 55):

- die **Reaktivität** ist der Grad der Reaktion, mit dem eine Software auf Benutzereingaben antwortet, bspw. weist eine Simulation eine höhere Reaktivität als ein Computer-Spiel auf,
- als **Navigabilität** wird der Grad der Freiheit bei der Auswahl von Informationen bezeichnet, wobei ein sequentiell organisiertes Buch dem geringsten, eine Datenbank mit freien Selektionsmöglichkeiten dem höchsten Grad entspricht,
- die **Adaptivität** umfasst die Anpassungsfähigkeit der Software an den Nutzer, in dessen Rahmen Intelligente Tutorielle Systeme (ITS) sich z.B. in hohem Maße dem Lernfortschritt des Nutzers anpassen.

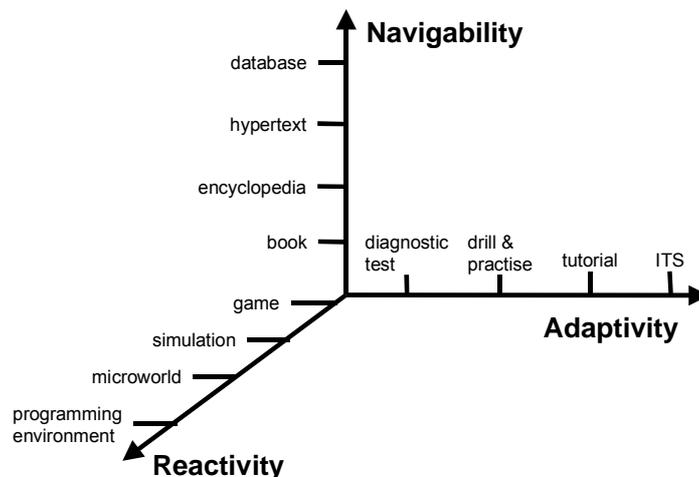


Abb. 55) Adaptivität, Reaktivität und Navigabilität als Dimensionen des Ereignisraumes.

Neben einer solchen Erklärung von Interaktivität wird von vielen Autoren die Verwendung von Metaphern vorgeschlagen, um die mentalen Konzepte des Nutzers berücksichtigen zu können. Eine funktionierende Metapher muss den relevanten Ausschnitt aus der Realität in Form und Funktion entsprechend der Erwartung der Nutzer wiedergeben (Caroll, J.M.; Olson, J.M. 1988). Cartwright (1998) stellt im Rahmen seines Konzeptes GeoExploratorium eine Reihe von Metaphern vor, die unterschiedlichen Sichtweisen von Nutzergruppen bei der Vermittlung kartographischer Informationen abbilden sollen:

- *Storyteller*: Die Vermittlung wird in den Verlauf einer Handlung eingebunden, in der ein Nutzer als Beobachter, Regisseur oder als Schauspieler einbezogen ist und dessen Aufgaben und Kompetenzen erhält.

- *Navigator*: Ein Steuermann führt den Benutzer durch den Raum, innerhalb dessen Informationen angeordnet sind, oder der Benutzer erhält Möglichkeiten, selbst durch diesen Raum zu steuern (anhand eines Strecken-Plans)
- *Guide*: ein Führer, der nur die relevanten Informationen herausfiltert und zusammenstellt, gegenüber dem Steuermann, der lediglich die Navigation erleichtert, nicht aber Einfluss auf die Informationsmenge und die Angebotsstruktur nimmt.
- *Sage*: Der Weise, der als fachlicher Berater die Entscheidungsfindung bzw. Informationseinschätzung unterstützt. Gegenüber dem Führer wird demnach auch die Interpretation der Information in einem Handlungskontext vorgegeben.
- *Data Store*: Ein strukturiertes Daten-Lager, das Möglichkeiten bietet, den Nutzer tiefer in Daten blicken zu lassen, als diese zunächst präsentiert werden. Diese Metapher korrespondiert mit Data-Warehouse-Konzepten von Datenbanksystemen.
- *Fact Book*: Ein Lexikon oder allgemeines Nachschlagewerk, das dem Benutzer Verknüpfungen zwischen Informationen anbietet. Gegenüber dem *Data Store* sind die Informationen stärker aufbereitet.
- *Gameplayer*: Der Spieler impliziert einen spielerischen Umgang bei der Informationsvermittlung, der vor allem auf die Erfahrungswelt jüngerer Computernutzer zugeschnitten sein soll. Informationen sollen spielerisch durch Anleihen an Abenteuerspiele, Puzzle und Unterhaltungsspiele vermittelt werden.
- *Theatre*: Das Theater verkörpert die Bühne, die Handlung und das Drehbuch, wobei die Bühne räumliche und zeitliche Aspekte der Information repräsentiert, die in eine Handlung eingebunden sind und durch Akteure repräsentiert werden.
- *Toolbox*: Ein Werkzeugkasten zur Bearbeitung von Geodaten, mit dem der Nutzer etwas herstellen kann.

Die vorgestellten Ansätze zur Gliederung des Interaktionsraumes und die Verwendung von Metapher schließen sich nicht aus, vielmehr ist jede der Metaphern durch eine eigene Kombination von Reaktivität, Navigabilität und Adaptivität gekennzeichnet, einige Metaphern haben sogar eindeutige Bezüge dahingehend. Beispielsweise unterscheiden sich die Metaphern vom *Data-Store* und *Guide* stark im Charakter der Navigabilität, die bei einer Führung durch einen Informationsraum stark eingeschränkt, bei Funktionen zur freien Recherche in einem Daten-Lager nahezu uneingeschränkt möglich sind. Die Metapher des *Sage* impliziert eine intelligente, weise Nutzerführung, die durch adaptive Methoden erreicht werden kann.

Insgesamt kann festgehalten werden, dass eine Trennung in Syntax und Semantik von Interaktionen sich gut zur Strukturierung der Möglichkeiten und der Anforderungen von Benutzerschnittstellen eignen. Allerdings bilden die geschilderten Ansätze lediglich konzeptionelle Aspekte und allgemeine Gliederungsansätze. Im Folgenden wird daher versucht, eine Übersicht über Interaktionsformen zu geben, welche die technische Grundlage für interaktive Bausteine kartographischer Medien bilden.

#### 4.1.2 Interaktionsformen in Softwaresystemen

Die Interaktion mit einem Computer ist durch die Möglichkeiten beschränkt, wie und welche Signale dem Rechner aus der realen Welt übermittelt werden können. Die dazu notwendigen Geräte und Schnittstellen haben aufgrund ihrer technischen Konzeption Eigenschaften, die festlegen, wie die Signale von einer Software interpretiert werden können. Auf einer unteren Ebene werden diese Signale von der Software als Ereignisse behandelt, die an die

Objekte (im Sinne eines Teiles der Software, z.B. einem Element der Benutzeroberfläche) weitergegeben und dort ausgewertet werden. Dort findet eine spezialisierte höhere Auswertung der Ereignisse statt, die abhängig von der Semantik und der Funktion des Objektes innerhalb der Software ist.

### Schnittstellen für Eingabegeräte

Eingabegeräte bilden die Schnittstelle zwischen dem Menschen und dem Computer, sie definieren die Möglichkeiten, Daten an ein Anwendungsprogramm weiterzuleiten und von diesem Auswerten zu lassen. Neben Maus und Tastatur als Standard-Eingabegeräte wurden eine Vielzahl neuer Eingabegeräte entwickelt, die ganz neue Interaktionsformen ermöglichen. MacIntyre und Feiner (1996) stellen diese neuen Entwicklungen vor und unterscheiden folgende Eingabegeräte:

- ***Spatial trackers***: elektromagnetisch oder ultraschall-basierte Sensoren zur Verfolgung räumlicher Bewegungen des Nutzers, die zum Teil auch optisch, d.h. auf der Basis der Auswertung von Videobildern, oder durch GPS erfolgen kann, letzteres ermöglicht auch eine Positionsbestimmung im Gelände. Das Eye-Tracking stellt in diesem Rahmen eine Besonderheit dar, da nur die Bewegung der Augen registriert wird (s.u.). Data-Gloves sind spezielle Eingabegeräte, die eine Verfolgung der Bewegungen der Hand ermöglichen, wodurch es auch möglich ist, Gesten zu erkennen.
- ***Graphics Display and Input***: HMD's (*Head Mounted Displays*) ermöglichen ein stereoskopisches Sehen, wobei dem Rechner als Eingabedaten die Position des Kopfes übergeben wird, *surround displays*, auch *cave* genannt, ermöglichen gleichfalls stereoskopisches Sehen, i.d.R. benötigen sie aber einen separaten *spatial tracker* zusammen mit einer *Shutterbrille*, um das Bild auf die Blickrichtung des Nutzers einzustellen. Heute schon weitverbreitet ist die Stifteingabe, meist auf einer Flüssig-Kristall-Anzeige, die auch eine Schrifterkennung ermöglicht.
- ***Audio Displays and Input***: Die Verwendung von Audio kann zur Wiedergabe der Eigenschaften räumlicher Objekte genutzt werden, über Eingabegerät dient sie zur Spracheingabe und ermöglicht eine Spracherkennung, die zur Eingabe von Text aber auch zur Kommandoauswahl genutzt werden kann. Allerdings sind diese Systeme immer vom Training zur Anpassung auf die Stimme eines Sprechers abhängig und unterstützen nur ein begrenztes Vokabular.
- ***Haptic Displays and Input***: umfasst Möglichkeiten, den Nutzer Berührung und Temperatur zusätzlich zu Kraft und Drehmoment fühlen zu lassen und umgekehrt solche Daten an den Rechner zu übergeben.

Die Übersicht ist natürlich nicht vollständig, zeigt jedoch, dass immer neue sensorische Quellen in die Mensch-Computer-Interaktion einbezogen werden können. Als Beispiel sei das *eye-tracking* noch einmal herausgestellt, da die Blickbewegungen für die Interaktion mit Karten in Zukunft eine wichtige Rolle spielen kann (Heidmann 1999):

Die **Blickbewegungsregistrierung** (*eye-tracking*) stellt eine Möglichkeit dar, Interaktion über die Bewegung des Auges auszulösen. Zwei unterschiedliche Datentypen ergeben sich aus der hieraus: Die Berechnung des Blickwinkels, um daraus eine Richtungsangabe zu ermitteln und die aufwendigere Möglichkeit, aus der Blickrichtung auf die Position des Fokuspunktes auf der Bildschirmoberfläche zu schließen. Neben der aktuellen Position auf dem Bildschirm können die Bewegung des Auges (Sakkaden) und die Verweildauer an einer

Stelle (Fixation) zur Auswertung genutzt werden. In der experimentellen psychologischen Forschung wird das Verfahren bereits seit langem erfolgreich eingesetzt (Heidmann 1999), allerdings ist es auch möglich, das Auge als Steuerungsinstrument, ähnlich wie eine Maus zu nutzen, wobei das *eye-tracking* als Steuerungskomponente auf Grund des Midas-Berührungs-Phänomen problematisch ist: ungewollte Blicke können unerwünschte Aktionen auslösen (MacIntyre und Feiner 1996).

Die Übertragung der genannten Entwicklungen auf kartographische Anwendungen erscheint vielversprechend, da mit den aktuellen Schnittstellen für Eingabegeräte überwiegend geometrische Eingabeparameter gewonnen werden können. In Kapitel 4.1.3 werden Anwendungen vorgestellt, in denen solche Geräte zum Einsatz kommen. An dieser Stelle, soll zunächst vorgestellt werden, wie das Konzept der Ereignisprogrammierung genutzt wird, um eine Software die Benutzereingaben verarbeiten und auswerten zu lassen.

### Konzept der Ereignisprogrammierung

Die Auswertung der Benutzereingaben durch ein Anwendungsprogramm wird i.d.R. durch die asynchrone Verarbeitung von Ereignissen aus den unterschiedlichen Eingabegeräten vorgenommen. Alle Benutzereingaben werden gesammelt und an die entsprechenden Auswerteroutinen übergeben. Das folgende Codefragment zeigt eine solche Ereignisauswertung:

```
terminate = FALSE;
while(!terminate) {
WaitEvent(timeout, &deviceClass);
switch (deviceClass) {
    case pick: SampleLocator(button, x, y);
        ...
        break;
    case string: SampleString(string);
        ...
        break;
    ...
}
...
}
```

Abb. 56) Code-Beispiel zur Ereignisauswertung  
(nach Foley; van Dam 1997)

---

Die Funktion `WaitEvent` liefert ein Ereignis zurück und zwar mit der Angabe des Eingabegerätes (`deviceClass`), das anschließend ausgewertet wird, indem auf die Funktion zur Abfrage der einzelnen Eingabegeräte verzweigt wird. (Im Beispiel: Abfrage der Maus über die `SampleLocator` Funktion und die Tastatur über die `SampleString` Funktion.) Diese Funktionen legen das Ereignis in einer Liste ab, die anschließend ausgewertet wird.

Ein Ereignis umfasst demnach die Parameter einer Benutzereingabe eines Eingabegerätes. Die Ereignisse können auf mindestens zwei Ebenen auftauchen: Auf einer unteren Ebene als ungebundene Ereignisse, entsprechend der ausgeführten Aktion des Nutzers bzw. auf

einer höheren Ebene im Kontext des Objektes, dem das Ereignis zugeordnet wird. Bei den unten dargestellten Ereignistypen können Abweichungen aufgrund von Implementierungen unterschiedlicher Betriebssysteme bzw. Graphikbibliotheken existieren. Die Beispiele sind in der Regel für VisualBasic unter Windows angegeben, gelten im Prinzip aber auch für Ereignisse bspw. unter X-Windows, dem Java-AWT oder innerhalb der Programmiersprache Lingo des Autorensystems Macromedia Director:

### *Mausereignisse*

Auf der Basis von Eingaben über die Maus erzeugte Ereignisse auf einer unteren Ebene (gültig für VisualBasic):

MouseDown:	Tritt auf, wenn der Benutzer eine Maustaste drückt. Die Position des Mauszeigers wird übergeben.
MouseUp:	Tritt auf, wenn der Benutzer eine Maustaste loslässt. Die Position des Mauszeigers wird übergeben.
MouseMove:	Tritt auf, wenn der Benutzer die Maus bewegt. Die Position des Mauszeigers wird übergeben.
MouseClicked:	Tritt auf, wenn der Benutzer eine Maustaste über einem Objekt drückt und dann wieder loslässt. (löst auch die Ereignisse MouseDown und MouseMove aus)
MouseDbClick:	Tritt auf, wenn der Benutzer die Maustaste über einem Objekt drückt und wieder loslässt und anschließend den Vorgang wiederholt (Doppelklick: löst auch die Ereignisse MouseDown und MouseUp aus, nicht aber MouseClick).

Auf einer höheren Ebene lassen sich Ereignisse definieren, die abhängig von der Art des Steuerelementes sind, auf das sie zutreffen:

Im Zusammenhang mit der Maus ausgelöste höhere Ereignisse (die für alle interaktiven Objekte einer Benutzeroberfläche gelten):

GotFocus:	Tritt auf, wenn der Benutzer ein Objekt ausgewählt hat. (VB)
LostFocus:	Tritt auf, wenn der Benutzer ein neues Objekt ausgewählt hat und das entsprechende alte Objekt den Focus verliert. (VB)
MouseEnter:	Tritt auf, wenn der Benutzer die Maus über ein Objekt bewegt. (Director)
MouseExit:	Tritt auf, wenn der Benutzer die Maus von einem Objekt wegbewegt. (Director)

### *Tastaturereignisse*

Von der Tastatur erzeugte Ereignisse auf einer unteren Ebene (gültig für VisualBasic):

KeyDown:	Tritt auf, wenn der Benutzer eine Taste drückt.
KeyUp:	Tritt auf, wenn der Benutzer die Taste loslässt.
KeyPress:	Tritt auf, wenn der Benutzer eine Taste drückt und dann wieder loslässt.

Von der Tastatur erzeugte Ereignisse auf einer höheren Ebene (gültig für VisualBasic):

<b>Texteingabefeld:</b>	
Change:	Tritt auf, wenn der Benutzer den Text ändert.
<b>Listenfeld:</b>	
Change:	Tritt auf, wenn der Benutzer ein Element der Liste z.B. über Pfeiltasten auswählt.
Scroll:	Tritt auf, wenn der Benutzer den sichtbaren Ausschnitt der Liste z.B. über Pfeiltasten verschiebt.

Analog kann die Auswertung auch für andere Eingabegeräte erfolgen, allerdings sind diese meist nicht als Standardschnittstelle in einem System implementiert, z.B. werden Eingaben über einen Joystick i.d.R. nicht über die allgemeine Ereignisverarbeitung erfasst.

```

Terminate = FALSE;
while(!terminate) {
    joyGetPos(JOYSTICKID1, JoyInformation);
    xpos = (JoyInformation.X);
    ypos = (JoyInformation.Y);
    zpos = (JoyInformation.Z);

    switch (JoyInformation.wButtons) {
    case JOY_BUTTON1: ...
        break;
    case JOY_BUTTON2: ...
        break;
        ...
    }

    ...
    DoEvents()
}

```

Abb. 57) Beispiel zur Ereignisverwaltung eines Joysticks  
(in VisualBasic unter Windows95)

Abhilfe schaffen hier nur eigene Routinen zu Abfrage des Eingabegerätes, wie in dem Beispiel in Abb. 57). Die Eingaben am Joystick werden in einer Endlosschleife abgefragt, dazu gehören die aktuellen Koordinaten und durch den Benutzer betätigte Tasten. Die Funktion DoEvents() erlaubt es, dass aus der Schleife heraus alle anderen Ereignisse behandelt werden, weil sonst das Programm in der Schleife "hängen" würde.

Auf dieser Ebene können Programme Eingaben des Nutzers auswerten und in Form von Ereignissen an Elemente der Benutzeroberfläche weitergeben. Diese Objekte interpretieren das Ereignis und reagieren in einem festgelegten Verhalten, bspw. wird eine Schaltfläche beim Anklicken invertiert dargestellt.

## Semiotik der Interaktion mit Zeichen

Eine andere Sichtweise von Interaktionen bietet die Arbeit von Andersen (1990), der, wie bereits erwähnt, eine Systematik interaktiver Zeichen auf semiotischer Basis erstellt hat. Diese erlaubt es, das Problem weniger technisch und damit auf einer konzeptionellen Ebene zu erfassen. Interaktive Zeichen entsprechen dabei weitgehend den Objekten einer Benutzeroberfläche, wie sie bisher betrachtet wurden. In der Computersemiotik Andersens wird die Ausführung eines Programms als Vorführung verbildlicht, das dem Auditorium (den Nutzern) Einblicke in reale oder imaginäre Teile der Welt (über Zeichen) bietet. Zeichen sind die Elemente einer Vorführung, jedes Zeichen hat Attribute und Aktionen, von denen die meisten sichtbar oder hörbar sind.

Insgesamt werden 3 Kategorien von Zeichenmerkmalen unterschieden:

- **permanente Eigenschaften**, die über ihre Darstellungsdauer nicht variiert werden, z.B. Größe und Form von Schaltflächen.
- **transitorische Eigenschaften** (*transient*), die über ihre Darstellungsdauer variiert werden, somit flüchtig sind, z.B. Ort und Farbe eines dynamischen, animierten Zeichens.
- **handhabende Eigenschaften** (*handling*), die funktionale Abhängigkeiten repräsentieren und andere Zeichen manipulieren können.

Auf Basis dieses Modells entwickelt Andersen 5 Klassen von Zeichen:

- **Actor Signs:** sind nicht direkt durch den Nutzer beeinflussbar, aber selber aktiv; Beispiel: eine Sanduhr, die anzeigt, dass das Programm eine längere Berechnung durchführt.
- **Controller Signs:** beeinflussen andere Zeichen, verändern sich selbst nicht (sie sind demnach nicht transitorisch); Beispiel: Fensterbereiche steuern das Aussehen des Cursors, wenn der Nutzer ihn mit der Maus darüber bewegt.
- **Object signs:** können durch andere Zeichen beeinflusst werden; Beispiel: die Zeichenfläche eines Programms oder der Textbereich einer Textverarbeitung
- **Layout signs:** sind nur permanent und haben meistens Dekorationsfunktion, z.B. in Multimediapräsentationen und Spielen.
- **Ghost signs:** sind nicht sichtbare Zeichen, d.h. ohne permanente und transitorische Eigenschaften, die andere Zeichen steuern, Beispiel: in Spielen versteckte Fallen.

Neben diesen grundlegenden syntaktischen Überlegungen werden höhere Einheiten, sog. Syntagmen gebildet, die vor allem auf die zeitliche und räumliche Anordnung der Zeichen Bezug nehmen:

- **concurrent** Zeichen erscheinen zusammen, zur selben Zeit, d.h. die Nähe, Geschlossenheit, Ähnlichkeit und Anordnung von Zeichen bilden ein Syntagma
- **sequential** Zeichen erscheinen nacheinander, d.h. die zeitliche Anordnung gibt etwa eine Kommandosequenz in einem Menü an.

Die Sicht auf die Planung und Programmierung, die Andersen aus diesem Ansatz entwickelt, ist in der Literatur nicht sehr verbreitet. So finden sich kaum Hinweise auf Anwendungen, außer sie stammen aus seiner Schule (Andersen 1995). Allerdings hat dieser Ansatz den Vorteil, die Darstellung von Interaktionen von einer konkreten softwaretechnischen Umsetzung zu abstrahieren und durch Eigenschaften zu beschreiben, die eine solche Implementie-

rung dennoch zulassen. Dies ist eine wichtige Voraussetzung für ein Entwurfsmodell interaktiver Karten, wie es in Kapitel 6 vorgestellt wird.

Aus dem bislang Dargestellten wurden, bezogen auf die Eigenschaften der Eingabegeräte und die Rolle von Zeichen, die syntaktischen Grundlagen von Interaktivität beschrieben. Wie in Kapitel 4.1.1 formuliert, ist die Entwicklung eines semantischen Modells der Interaktion eine weitere wesentliche Aufgabe bei der Planung einer Benutzerschnittstelle.

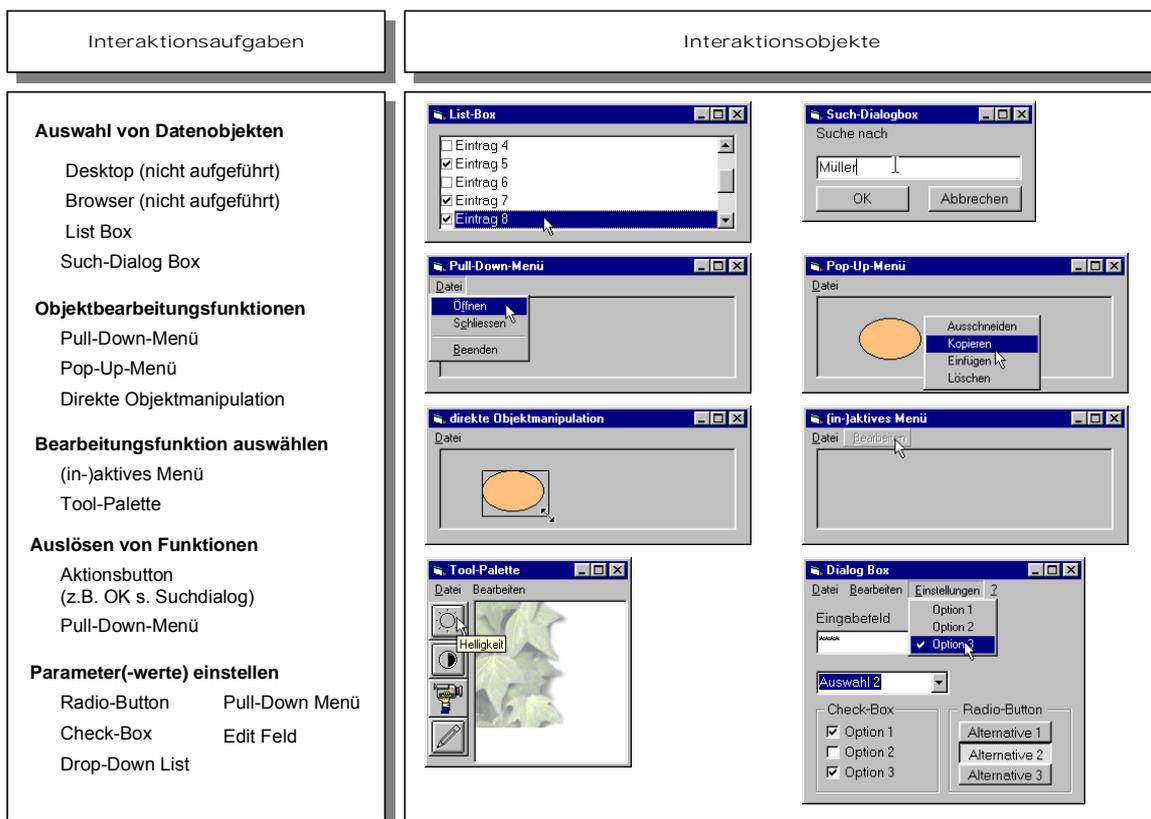


Abb. 58) Beispiele für die Umsetzung von Interaktionsaufgaben (verändert nach Ziegler 1993)

In diesem Rahmen hat Ziegler (1993) eine Aufstellung allgemeiner Interaktionsaufgaben vorgenommen und ihnen Standardelemente graphischer Benutzeroberflächen zugeordnet, die zum Überblick in Abb. 58) dargestellt sind. Interaktionsaufgaben lassen sich als allgemeine, graphisch-interaktive Verfahren definieren, die zur Bearbeitung von Objekten einer Benutzeroberfläche geeignet sind.

Die Übersicht von Ziegler zeigt typische Aufgaben, die ein Nutzer innerhalb einer Anwendungssoftware ausführt und ordnet diesen ebenso typische, standardisierte Elemente von graphischen Benutzeroberflächen zu, die geeignet sind, solche Aufgaben abzubilden. Dies zeigt zudem, dass in den heutigen Systemen viele verschiedene Interaktionsobjekte integriert werden können, die eine jeweils unterschiedliche Interaktionsform zur Verfügung stellen. Neue Entwicklungen zur Mensch-Computer-Interaktion werden diese Formen von Interaktion erweitern. Gerade in den Bereichen Adaptivität und Navigabilität gibt es neue Entwicklungen, welche die Art und Weise, wie Nutzer mit Computern arbeiten, verändert.

### 4.1.3 Aktuelle Entwicklungen der Mensch-Computer-Interaktion

*User Modelling*, *Context Awareness* und *Adaptive User Interfaces* sind zur Zeit intensiv diskutierte Entwicklungen im Umfeld der Benutzerschnittstellenforschung. Daneben spielen auch Fragen der Interaktion in virtuellen Welten eine bedeutende Rolle. MacIntyre und Feiner beschreiben in ihrem Aufsatz "*Future multimedia user interfaces*" (1996) die Forschungsrichtungen als eine konvergierende Technologie beider Bereiche:

Im wesentlichen werden sich die Entwicklungen in den Bereichen *Virtual Reality* und *Ubiquitous Computing* aufeinander zu bewegen. An Stelle des zum Schlagwort gewordenen Begriffs *Virtual Reality*, propagieren die Autoren *virtual environment* (VE) als wissenschaftliche Variante. Der Begriff *ubiquitous computing* geht auf einen Beitrag von Weiser "the computer for the 21th century" im *Scientific American* (36/7, 1991) zurück, der prognostiziert, dass in Zukunft überall Computer arbeiten und den Menschen unterstützen, auch wenn dieser sie möglicherweise gar nicht bemerkt. Die Umsetzung von *Ubiquitous Computing* würde bedeuten, dass vernetzte Computer, die sich an allen möglichen Orten und Stellen befinden und die Menschen mit sich tragen, ihre Position (und die der Nutzer) registrieren, um die Nutzer in ihrem jeweiligen Kontext einordnen zu können und dementsprechend Unterstützung anzubieten (*context awareness*). Eine wesentliche Entwicklung ist der Einsatz von Software-Agenten, eigenständigen Computerprogrammen, die Spezialaufgaben erledigen und mit anderen Agenten (oder dem Nutzer) kommunizieren (Kotz; Gray 1999).

Dabei kommt dem Konzept der *augmented reality* eine große Bedeutung zu: Es beinhaltet eine erweiterte Sicht auf die Welt, die durch die Kombination von menschlicher Wahrnehmung und computergestützter Berechnung und Präsentation möglich wird. Die erweiterte Realität wird so als Sonderform der *virtual environments* gesehen. Die Autoren betonen, dass die zukünftige Entwicklung der *virtual environments* sich auf *augmented reality* konzentrieren wird, da hier die breiteren Einsatzmöglichkeiten vorliegen. Eine Analogie sehen sie in der Bedeutung der AR, die der Sony Walkman Anfang der 80'er Jahre hatte.

#### **Navigabilität: Interaktion in Virtuellen Welten**

Virtuellen Welten wird bezüglich der Nutzung als Bedienschnittstelle gemeinhin ein großes Potential bescheinigt. Als *User Environment* soll es das *User Interface* zu einem real wirkenden, immersiven, mit allen Sinnen erfahrbaren Raum erweitern (Hennig 1997), in dem sich der Nutzer bewegt, auf diesen einwirkt und auf ihn reagiert. Allerdings ist eine Übertragung bisheriger Interaktionsformen in den 3D-Raum virtueller Welten mit einigen Problemen behaftet. Einige Hinweise darauf liefern MacIntyre und Feiner (1996): Eine Umsetzung der Direkten Manipulation von Objekten in 3-dimensionalen virtuellen Welten erfordert z.B. Datenhandschuhe, mit denen räumlich angeordnete Interaktionsobjekte betätigt werden können. Ein solches Konzept der Softwarebedienung ist aber schwierig zu realisieren, da z.B. die zu manipulierenden Objekte in der Reichweite des Arms liegen müssen und somit u.U. schwer erreichbar sein können. In immersiven Welten tritt das Problem auf, das Tastatur und Maus für den Träger eines *Head-Mounted Displays* nicht mehr sichtbar sind. Mögliche Lösungen, die eine Einblendung der Geräte in die 3D-Anzeige zum Ziel haben, stellen hohe Anforderungen an das *Tracking* der Hand. Für Zeigergeräte (wie die Maus) werden zudem 3D-Eingabegeräte benötigt, um sie in die Räumlichkeit der Abbildung einbeziehen zu können.

Obwohl der Entwicklung eine so enorme Bedeutung beigemessen wird, erweist sich die Navigation als ein kardinales Problem virtueller Welten. Hennig (1997) stellt einige Metaphern

vor, die zur Orientierung in virtuellen Welten eingesetzt werden. Demgegenüber ist die Steuerung der Bewegung in einer virtuellen Welt relativ gut möglich. Die entsprechende Hardware vorausgesetzt, können schwebende Bewegungen (wie fliegen oder tauchen) oder auch fahrende Bewegungen simuliert werden, wie dies in vielen Computerspielen bereits praktiziert wird und auch im Sprachstandard von VRML vorgesehen ist (ISO/IEC Norm 14772-1:1997, zitiert nach GeoVRML Working Group 1999).

### Adaptive Benutzerschnittstellen und Mobiler Computereinsatz

Die Anpassung der Benutzerschnittstelle an die aktuellen Anforderungen eines Nutzers kann auf unterschiedlichen Weise gesehen werden. Zum einen sollen intelligente Benutzerschnittstellen sich in ihrer Dialogstruktur an die fortschreitende Routine der Nutzer anpassen können, zum anderen sollen sie es leisten, ihre Gestaltung auf unterschiedliche Nutzungssituationen anpassen zu können (Akoumianakis; Stephanidis 1997). Letztere Eigenschaft wird als *context awareness* beschrieben und umfasst Aspekte des (Einsatz-) Ortes einer Software, der Identität eines Nutzers, der stattfindenden Tätigkeit und Aspekte der Zeit. Um sich auf den aktuellen Kontext eines Nutzers einstellen zu können, wird angenommen, dass die sich anpassende Software:

- Informationen entsprechend des Kontextes selektiert und aufbereitet,
- sich selbst auf die Umgebung konfiguriert, z.B. auf verfügbare Geräte und Kommunikationskanäle,
- Aktionen und Kommandos entsprechend des Kontextes ausführt oder an diesen anpasst.

Ausweiten lässt sich dieser Ansatz auf tragbare Computer, die allein durch den Wechsel des Standorts des Nutzers ständig in veränderten Kontexten funktionieren müssen und den Anforderungen der *augmented reality*, einem Nutzer eine erweiterte Sicht auf die Realität zu ermöglichen.

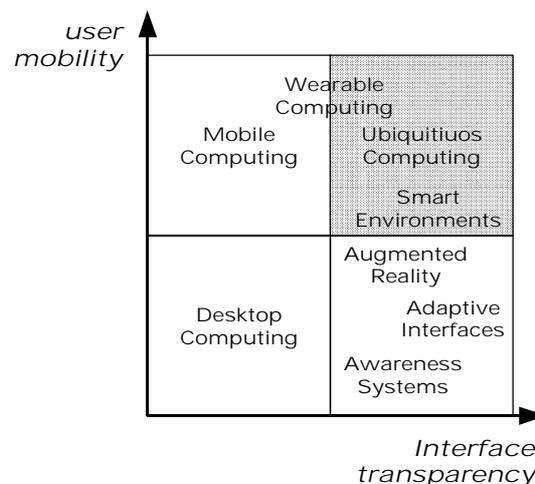


Abb. 59) Einordnung der Forschungsbereiche zur Adaptivität und Mobilität von Computersystemen (nach Salber, et al 1998)

Insgesamt spannt sich damit ein Forschungsrahmen auf, der die Entwicklung der Mobilität von Computern und der Adaptivität der Benutzerschnittstellen zum Gegenstand hat (vgl. Abb. 59). Nach den Vorstellungen von Dey, et al (1999) soll eine Software den Kontext über Sensoren als Ereignisse verarbeiten, analog wie auch mit Benutzerinteraktionen über Tastatur und Maus verfahren wird. Einen Prototypen für ein typisches Anwendungsfeld beschreiben Specht und Oppermann (1999) mit HIPS, einem nomadischen Museumsführer.

Durch die Registrierung möglichst vieler Parameter der Handlungen eines Nutzers und der Gerätespezifikationen, die er nutzt, wird über wissensbasierte Methoden versucht, den optimalen Informationsaustausch zu planen. Innerhalb des Projektes zum nomadischen Museumsführer werden Interessen des Nutzers an einer Museumsausstellung modelliert. Das System HIPS begleitet den Besucher, installiert auf einem tragbaren Computer, beim Besuch des Museums und leitet aus dessen Handlungen seine Interessen ab:

- **Lernen über Bereichs-Taxonomien:** Aus den Interaktionen mit dem Informationssystem wird registriert, welche Präferenzen ein Nutzer bei der Auswahl der Themenbereiche hat. Ein regelbasiertes System nutzt ein vorgegebenes Modell möglicher Themenbereiche, um die Häufigkeiten des Zugriffs auszuwerten.
- **Allgemeines Interesse:** Durch die Zusammenfassung der Routen aller Besucher können automatisch Rückschlüsse gezogen werden, welche Ausstellungsstücke von allgemeinem Interesse sind. Ein Nutzer kann durch Auswertung seiner Interaktionen und seiner eigenen Route daraufhin als typischer Vertreter oder als individueller Vertreter eingestuft werden.

Wie diese Punkte andeuten, sind neben den Interaktionen auch die Routen des Nutzers von Bedeutung, um eine Datenbasis für die Adaptivität zu gewinnen. Verschiedene Arten von adaptiven Methoden kommen dabei zum Einsatz:

- **Navigationsunterstützung:** In inhaltlicher wie räumlicher Hinsicht passt sich das System an, indem es zwischen Stationen unterscheidet, die ein Nutzer bereits aufgesucht hat und solchen, die sich in seiner Nähe befinden.
- **Adaptive Karten:** zeigen die Position des Nutzers an und ermöglichen die Einblendung von Kommentaren zu den Ausstellungsobjekten.
- **Adaptive Präsentation:** Eine Anpassung der Präsentation wird auf Wunsch automatisch ausgeführt und berücksichtigt das, was der Nutzer bereits gesehen und gelernt hat. Das Angebot an Informationen wird dabei auf der Basis der registrierten Nutzerpräferenzen strukturiert.
- **Adaptive Empfehlungen:** Aus den Interessen eines Nutzers werden zudem Empfehlungen generiert, wie eine Tour weitergeführt werden kann, bzw. werden Hinweise ausgegeben, wenn sich ein Objekt des Interesses in der Nähe befindet.
- **Adaptive Schnittstelle:** Einerseits kann der Nutzer die Oberfläche von HIPS selber konfigurieren, andererseits wird dies auch automatisch durchgeführt. Hierzu wird vor allem unterschieden, ob sich der Nutzer an einem stationären Desktop-System, oder einer mobilen Einheit befindet.

Eine Übertragung solcher Ansätze auf andere Anwendungsbereiche, z.B. auch auf den Bereich einer kontextgebundenen Kartennutzung, insbesondere bei der Kartierung im Gelände, ist durchaus denkbar. Vereinzelt existieren auch bereits: Ein einfacher Mechanismus ist die Anpassung der Präsentation auf die Blickrichtung des Nutzers und die

Orientierung der Anzeige des Ausgabegerätes (Schmidt, et al 1998). Zur Anwendung des Augmented-Reality-Konzeptes seien an dieser Stelle drei Arbeiten angeführt: die frühe Arbeit zur *Touring Machine* von Feiner, et al (1997) das Ubicom-Project der Delft University (Pasman, et al 1998) und das Projekt "DeepMap" (Coors 1998).

Die Anwendung der Touring-Machine soll drei Anforderungen einer Unterstützung des Nutzers abdecken:

- Informationen sollen in die reale Umgebung eingeblendet werden.
- Benutzer sollen unter freiem Himmel, während sie eine Strecke zu Fuß zurücklegen, vom System unterstützt werden
- Verschiedene Displays und Interaktionstechniken sollen miteinander kombiniert werden, um deren komplementäre Möglichkeiten zu nutzen.

Der Nutzer der *touring machine* ist mit einem differentiellen GPS zur Positionsbestimmung und einem elektronischen Kompass zur Richtungsbestimmung (im HMD integriert). Zur Präsentation wird ein stereoskopisches HMD-Display, das zugleich die Kopfbewegung registriert, und ein Handheld-PC mit Stifteingabe verwendet. Das Display des Handheld-PC hat eine bessere Auflösung als das des HMD.

Im Gelände erscheinen im HMD Beschriftungen der Gebäude, die sich im Blickfeld des Nutzers befinden. Darüber hinaus wird ein Menü angezeigt, welches über ein am Handheld-PC montiertes *touch pad* bedient werden kann. Über das Menü werden Informationen von einem WWW-Server auf dem Handheld-Computer abgerufen, über ein 2Mbit Funkmodem ist auch eine Verbindung zu anderen Rechnern im Netz möglich. Zentriert der Nutzer seinen Blick auf eine Beschriftung und verharrt dort kurze Zeit, so wird ein weiteres Menü mit Einträgen zu dem ausgewählten Gebäude eingeblendet. Alle Web-Informationen werden auf dem Handheld-Display angezeigt.

In der Praxis zeigen sich eine Reihe von technischen Einschränkungen hinsichtlich der Qualität der Displays und der Genauigkeit der Positionsbestimmung. Eine Erweiterung des Systems sollen die Graphikmöglichkeiten im HMD betreffen. Neben die dargestellten Beschriftungen werden dann Graphiken in das reale Bild eingeblendet.

Die Projekte Ubicom und DeepMap verfolgen einen ähnlichen Ansatz, bei dem Video-Aufnahmen vom Kopf-System des Nutzers genutzt werden, um dessen aktuellen Standort und Blickrichtung zu bestimmen. Dabei wird das Videobild auf charakteristische Landschaftsmerkmale analysiert. GPS, oder ein anderes Positionsbestimmungsverfahren soll diesen Vorgang unterstützen. Zur Interaktion mit dem mobilen System soll eine Sprachschnittstelle genutzt werden. Während im Ubicom-Projekt vor allem die technologischen Fragen zur Datenübertragung und Echtzeit-Präsentation bearbeitet werden, liegt der Schwerpunkt im DeepMap Projekt auf der prototypischen Entwicklung einer Anwendung im Bereich Touristen-Informationssystem. Als wesentliche Anforderung an ein solches tragbares Geo-Informationssystem gelten prinzipiell dieselben wie für tragbare Computer allgemein. Diese definieren Coors und Wiedmann (1998) als die Freiheit des Nutzers im Umgang mit dem System. Es soll seine Aufmerksamkeit nicht monopolisieren, seine Handlungsfähigkeit nicht einschränken, ständig bereit und verfügbar sein, sich auf die Umgebung des Nutzers einstellen und eine Kommunikation mit anderen Systemen möglich machen.

Obwohl in beiden Projekten diese Anforderungen noch nicht realisiert sind, ist bereits jetzt erkennbar, dass wesentliche Entwicklungsmöglichkeiten mobiler Anwendungsmöglichkeiten im mobilen Einsatz von Geo-Informationssystemen liegen. Dies betrifft Tätigkeiten und Berufsgruppen, wie bspw. für Reporter, Feuerwehrleute, Verkäufer, Vertreter oder zum Einsatz

auf Baustellen, wobei in diesen Bereichen neben der Mobilität auch die Unterstützung der Gruppenarbeit eine wesentliche Rolle spielt (Sallnäs 1998). Es bestehen auch bereits erste Ansätze, tragbare Computer-Systeme für die Kartierung einzusetzen, zunächst auf der Basis von Outdoor-Notebooks und den Handheld-Computern (Stein 1997), neuerdings auch in Verbindung mit dem System Xybernaut, das auch im Deep-Map-Projekt verwendet wird (Conterra-Produkt-Information 1999, Pundt; Brinkkötter-Runde 2000).

## **4.2 Taxonomie interaktiver Bausteine für kartographische Medien**

Interaktive Funktionen sind aus aktuellen DV-gestützten Anwendungen von Karten nicht mehr wegzudenken. Sei es im Rahmen von Geo-Informationssystemen, elektronischer Atlanten oder von Systemen zur explorativen Datenanalyse. Allerdings ist die Kartengraphik selbst wenig auf ihre Möglichkeiten zur Interaktion mit dem Nutzer untersucht worden. Als Präsentationsmedium ist die Kartengraphik vielmehr in den meisten Fällen das Ergebnis interaktiver Eingaben, die außerhalb der Karte vorgenommen werden können. In diesem Kapitel soll die Grundlage für eine Taxonomie interaktiver Bausteine gelegt werden, die sich mit der Kartengraphik als Zeichen zur Interaktion beschäftigen. Hierbei wird zu trennen sein, inwieweit eine Variation der Graphik zur Anzeige von Interaktionsmöglichkeiten oder Zuständen eingesetzt werden kann und welches Interaktionsverhalten die Zeichen einer Karte generell annehmen können.

### **Grundlagen der Interaktion in Karten**

Eine wesentliche Voraussetzung für eine interaktive Kartengraphik ist es, Eingaben des Nutzers über die verfügbaren Eingabegeräte auf die Kartenzeichen abzubilden und in Form von Ereignissen im Kontext eines oder mehrerer betroffener Zeichen auszuwerten. Zu diesem Zweck müssen die Zeichen der Karte als Interaktionsobjekte aufgefasst werden, die über eigene Funktionen (oder Methoden) verfügen, auf Ereignisse zu reagieren (vgl. Kapitel 4.1).

Miller (1999) kennzeichnet eine mögliche Struktur zur Entwicklung von elektronischen Karten anhand dieser objektorientierten Vorgehensweise, die mittlerweile auch von vielen Programmierwerkzeugen unterstützt wird. Die zentralen Programmobjekte einer elektronischen Karte bei Miller bilden die Komponenten "Graphische Benutzerschnittstelle", "Inhalts-Sets" und "Objektverknüpfungen", wobei innerhalb der Benutzeroberfläche der Karte (dem *map-object*) die zentrale Bedeutung zukommt. Der Entwurf von Miller sieht vor, die Karte in das *map-object-model* und das *map-object-display* zu unterteilen. Dem *map-object-model* kommt die Aufgabe zu, die Eigenschaften und Methoden der Karte konzeptionell festzulegen, während das *map-object-display* die visuelle Entsprechung des Modells ist, das im Kern ein Set von Kartenzeichen enthält. Das Kartenzeichen kann im Sinn von Miller zusätzlich zur repräsentierenden Graphik auch einen Bezug zur zugrundeliegenden Thematik und anderen Multimedia-Objekten haben. Neben die *Display*-Methoden treten daher die *Access*-Methoden, über die der Nutzer durch das Kartenzeichen Zugriff auf weitere Informationen erhält.

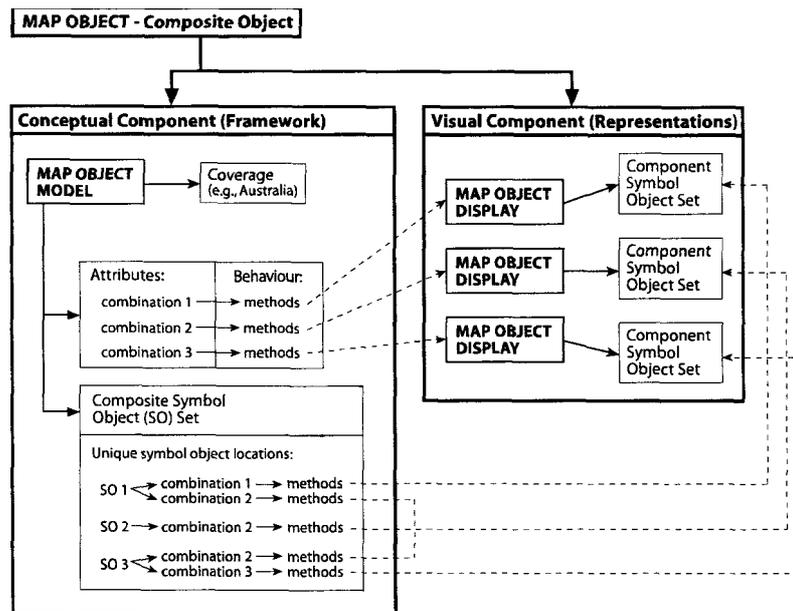


Abb. 60) Entwurfsschema des *Map-Objects* als zentrale Komponente einer multimedialen, elektronischen Karte (Miller 1999)

Jedes Zeichen einer Karte wird somit zu einem Programmobjekt, mit assoziierten Eigenschaften und Funktionen, die das Verhalten des Zeichens bezüglich bestimmter Ereignisse definieren. Daraus resultiert die Frage, welche Formen von Verhalten in interaktiven Karten möglich sind. Im folgenden werden unterschiedliche Ansätze diskutiert, die zu einer Gliederung von Interaktionsobjekten und den Möglichkeiten interaktiver Kartengraphik existieren.

### Gliederung von Interaktionsobjekten

Crampton (1999) stellt eine Taxonomie von Interaktionen mit Karten vor, die von allgemeinen Kategorien der Interaktion ausgeht, nämlich *data-selection*, also der Auswahl von Daten in der Karte, *dynamic/animation* zur Steuerung dynamischer Präsentationen, *changing perspective* als Veränderung der perspektivischen Sicht auf eine Karte und *changing data context* als Veränderung der Sicht und Präsentation der Daten (vgl. Abb. 61).

Als Erweiterung zu Crampton können der Bereich Dateneingabe (*data input*) und Exploration (*exploring/querying*) zu den allgemeinen Interaktionsaufgaben hinzugefügt werden. Allerdings wird durch eine solche Aufstellung noch nicht die Frage beantwortet, wie die Interaktion mit dem Medium realisiert wird. Daher soll im folgenden versucht werden, die Möglichkeiten der Interaktionsformen systematisch zu entwickeln. Dies geschieht ausgehend von den Unterscheidungen zu Ereignissen der Interaktion, Zeicheneigenschaften von Interaktionsobjekten und den vorgestellten Interaktionsaufgaben.

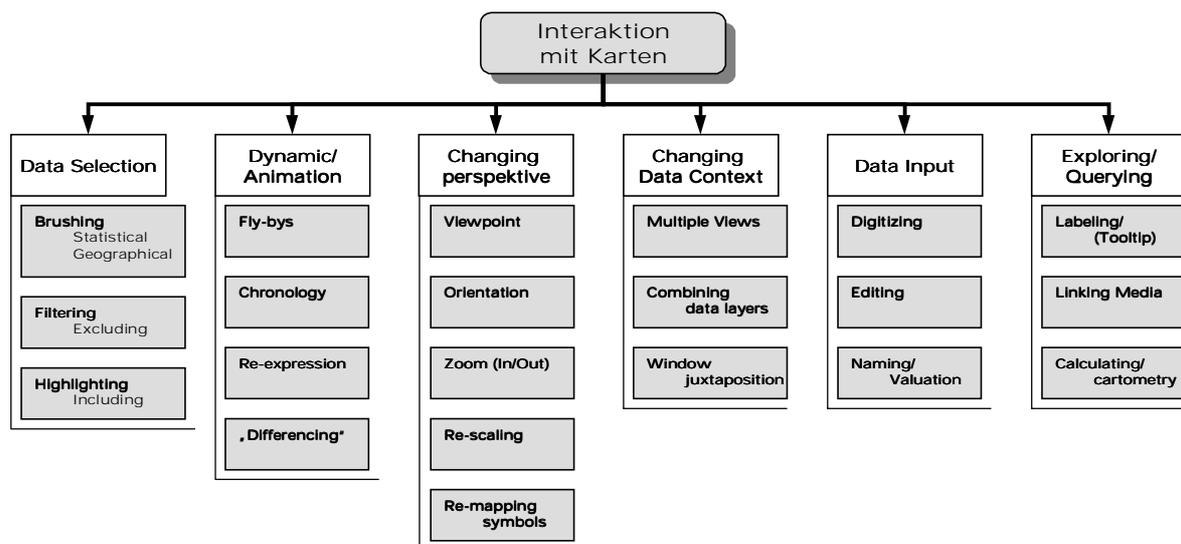


Abb. 61) Taxonomie möglicher Interaktionsaufgaben mit Karten  
(erweitert nach Crampton 1999)

Nach Andersen (1990) gibt es fünf Zeichentypen, die in interaktiven Medien eingesetzt werden können und sich auch auf kartographische Medien übertragen lassen (vgl. Kapitel 4.1). Hierzu sollte unterschieden werden, dass einerseits jedes Medium in seiner Gesamtheit als Zeichen aufgefasst werden kann, d.h. es ist ein *object sign*, das durch andere Zeichen manipuliert wird. Andererseits gibt es innerhalb der Medien grundsätzlich verschiedene Zeichenkodierungen, so dass auch die Definition dessen, was die *object signs* innerhalb des Mediums sind, unterschiedlich ausfällt. Interaktion kommt demnach zustande, wenn über ein *controller sign* andere *object signs* verändert und gesteuert werden, in der Regel auf der Basis von Benutzereingaben über ein Eingabegerät, etwa mit der Maus. Ferner kann unterschieden werden, ob sich die Interaktionen auf das graphische Bild des Mediums im Ganzen als Zeichen oder auf die einzelnen Zeichen des Bildes beziehen.

Die Steuerung eines kartographischen Mediums als ganzes wird sich dabei auf seine Eigenschaften beziehen: Die Eingaben des Nutzers können daher zunächst die perspektivischen Eigenschaften des Mediums verändern:

- Grundrissbezogene Medien, wie etwa das Luftbild, sind bezüglich ihrer perspektivischen Eigenschaft statisch, d.h. die Steuerungsmöglichkeiten der Darstellung beschränken sich auf die Vergrößerungsstufe (Distanz des Betrachters) und die Wahl des Ausschnitts (Standort oder Blickpunkt des Betrachters), wobei die Perspektive des Bildes stets unverändert bleibt. Dies gilt in gleicher Weise für aufrissbezogene Medien, wie etwa Geländeprofile und statische Schrägsichten wie Schrägbilder oder Panoramen (vgl. Abb. 62).
- In Medien zur Darstellung virtueller Welten kann die Perspektive vom Nutzer frei gewählt werden, und das Bild passt sich der jeweiligen Perspektive an, d.h. neben der Distanz und dem Standort wird u.a. auch die Blickrichtung in die Berechnung des sichtbaren Ausschnitts einbezogen (vgl. Kapitel 2.4).

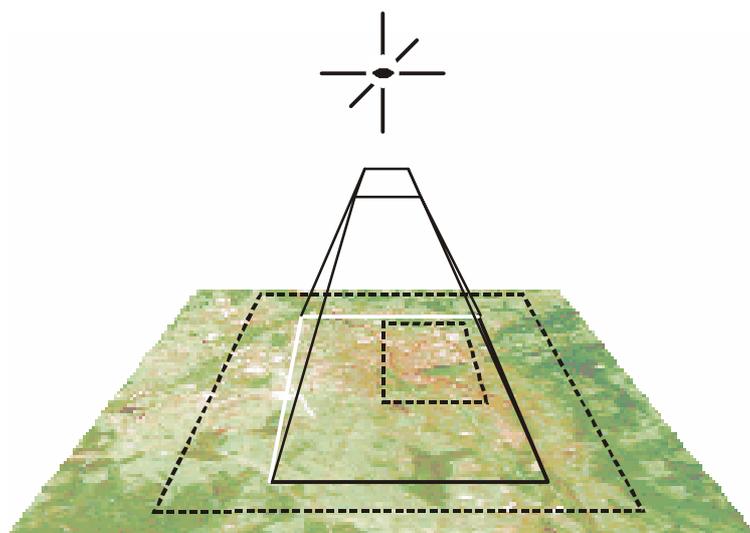


Abb. 62) Standort und Perspektive des Betrachters bei der Zoomfunktion

Darüber hinaus kann die Zeichenkodierung eines Mediums verändert werden, um bspw. zwischen einem realistischen und einem abstrakten Bild zu wechseln.

Eingaben können sich auch auf das Medium beziehen, ohne dieses direkt zu manipulieren, indem neue Zeichen hinzugefügt werden:

In einem Medium können zusätzliche diagrammatische *object signs* aufgrund von Benutzer-eingaben eingeblendet werden, etwa für kartometrische Aufgaben oder zur Unterstützung der Interpretation. Ein Beispiel dafür ist die Anzeige des Ergebnisses einer Distanzmessung, die bspw. durch eine Punktsignatur für den Startpunkt, die Anzeige der Strecke und möglicher Stützpunkte und der Einblendung der aktuellen Distanz bis zur aktuellen Mausposition (vgl. Abb. 63)

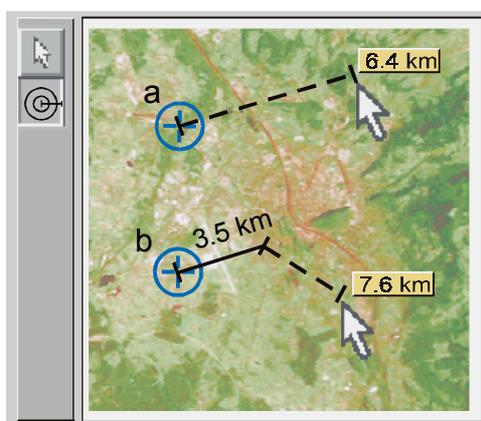


Abb. 63) *Object Sign* zu einer kartometrischen Eingabe zur Bestimmung von Distanzen

Je nach Zeichenkode des Mediums sind unterschiedliche Voraussetzungen gegeben, *object signs* einzusetzen, zum einen in Medien auf Basis visueller Assoziationen, zum anderen auf der Basis thematischer Analogien (vgl. Kapitel 2.3). Für eine Anwendung des Konzepts von Andersens Typologie auf Kartenzeichen visueller Assoziationen gilt:

- in einer kontinuierlichen Graphik, z.B. in einem Luftbild, sind explizit keine Grenzen von Objekten dargestellt, dennoch können durch die Hinterlegung des Bildes mit *hotspots*, d.h. unsichtbaren, sensitiven Flächen, Eingaben möglich gemacht werden. Als *ghost signs*, im Sinne Andersens (1990), können hierdurch andere Zeichen gesteuert werden, indem verknüpfte Medien eingeblendet werden, etc. Eine Standardanwendung ist die Sensitivität von Flächen in einem Bild innerhalb einer HTML-Seite über eine *Image-Map* (vgl. Abb. 64).

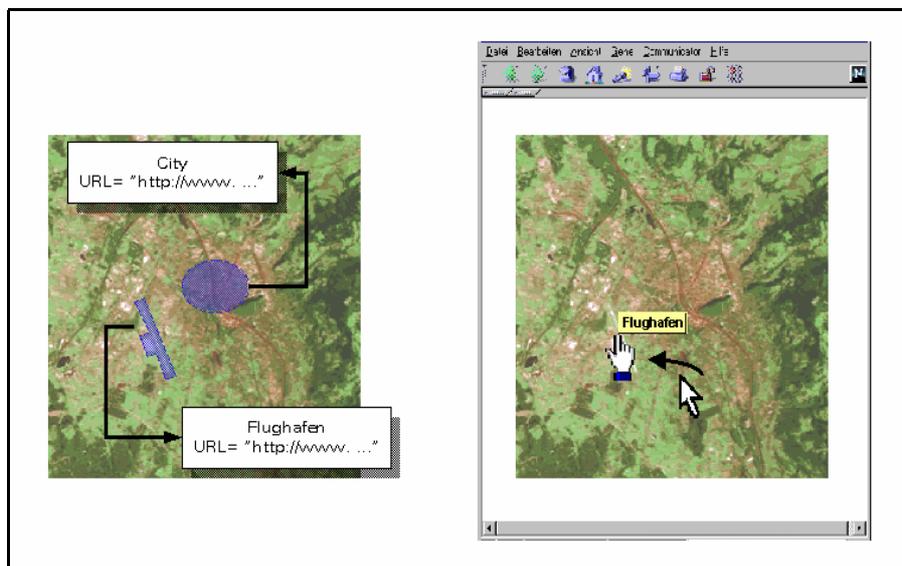


Abb. 64) *GhostSigns* auf einem Satellitenbild auf Basis einer *HTML-ImageMap*

- Bei der Verwendung von kategorialer Graphik repräsentieren Zeicheneigenschaften Eigenschaften von Objekten, d.h. sie bilden Klassen, z.B. die Gesamtheit der Darstellungsfläche mit einer bestimmten Farbe.
- Basiskarten ohne Interaktionsmöglichkeit, bspw. gescannte Rasterkarten, verhalten sich wie *layout signs*, ihre Funktion ist rein visueller Art, indem sie Informationen des Raumausschnitts darstellen, die nicht direkt zur Thematik gehören, aber u.a. zur Orientierung im Raum und zur Gliederung desselben beitragen.

Für eine Anwendung des Konzepts von Andersens Typologie auf Kartenzeichen thematischer Analogien gilt:

- Im Falle einer thematischen Analogie basieren die Zeichen auf einer Daten-Zeichen-Referenzierung und können auf die repräsentierten Daten zurück referenzieren. Als *object signs* haben diese eine Objektgeometrie und eine Objektthematik die durch *control signs* manipuliert werden kann.
- Diagrammatische Medien basieren auf einer zum Georaum unabhängigen Geometrie, die Dimensionen des Darstellungsraums werden nicht als Dimensionen des Georaumes verwendet, vielmehr werden sie zur Darstellung thematischer Größen eingesetzt. Zu-

sätzlich sind diese Diagramme jedoch mit der Geometrie des Geoobjekts verknüpft. Daraus resultieren unterschiedliche Ansätze der Interaktion mit dem Zeichen.

Kartographische Medien bestehen nicht nur aus der Fläche zur Repräsentation des Raumes, sondern können zusätzlich bspw. einen Rahmen und eine Legende beinhalten, die für Interaktionen genutzt werden können.

**Rahmen:** Wird der Kartenrahmen als Koordinaten-Anzeige verwendet, so kann er als *object sign* aufgefasst werden, das durch die Position des Mauszeigers gesteuert wird. Als Resultat wird bspw. die aktuelle Koordinate angezeigt, oder ein Koordinatengitter beim Verschieben des Kartenausschnitts angepasst. Hingegen dient er als *Controller sign*, wenn der Rahmen zur Ausschnittsteuerung eingesetzt wird, z.B. ein Klick auf den oberen Rand verschiebt den sichtbaren Ausschnitt nach Norden, vgl. Abb. 65).

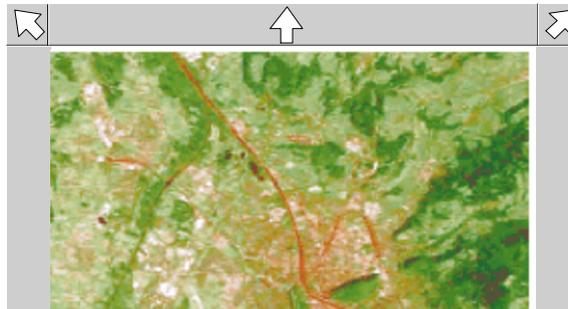


Abb. 65) Kartenrahmen als interaktives Zeichen

---

**Legende:** Die Legende wird häufig als *controller sign* zur Steuerung des Karteninhalts genutzt, indem z.B. Kategorien ein- und ausgeblendet werden können. Andererseits bilden die Legendenelemente *object signs*, wenn sie dem Nutzer bspw. anzeigen, welche Objekte bei einer Selektion in der Karte ausgewählt wurden.

Um das Konzept zu verdeutlichen, wird im folgenden auf die Interaktion mit der Karte als typisches kartographisches Medium ausgegangen und ein Ansatz zur Gliederung von Interaktionsgraphik für Karten vorgestellt.

### Interaktionsgraphik in Karten

Die Interaktion des Nutzers mit der Karte bezieht sich immer auf eine im Datenmodell der Karte ausgewiesene Entität, also die Karte selbst, den Kartenrahmen, die Legende oder auf einzelne Kartenobjekte (vgl. Kapitel 2.2.3). Diese können zum einen als *controller signs* andere Zeichen der interaktiven Karte beeinflussen zum anderen als *object signs* von diesen beeinflusst werden (vgl. Abb. 66).

<i>Object Signs</i>	<i>Controller Signs</i>					
	Karte ↓	Kartenobjekt ↓	Rahmen ↓	Legende ↓	Legenden- bereich ↓	Legendenteil ↓
Karte	□	△	X	X	X	X
Kartenobjekt	□	△	X	X	X	X
Rahmen	□	△	X	X	X	X
Legende	□	△	X	X	X	X
Legenden- bereich	□	△	X	X	X	X
Legendenteil	□	△	X	X	X	X

Abb. 66) Mögliche Interaktionsbeziehungen zwischen Kartenzeichen und Kartenelementen

Prinzipiell können zwischen allen diesen Elementen interaktive Beziehungen hergestellt werden, die in einem spezifischen Inhaltzusammenhang sinnvoll sind. Zoom und Ausschnittverschiebung sind bereits als zwei typische Interaktionsaufgaben gekennzeichnet worden, die in der Karte ausgeführt werden und diese selbst in ihrer Darstellung verändern. Beim Zoom über eine Mauseingabe bspw. werden neben der Karte auch die einzelnen Kartenobjekte und der Kartenrahmen verändert, in der Legende erfolgt z.B. die Anpassung der Maßstabsleiste. In Abb. 66) sind die Beziehungen durch □ dargestellt.

Prinzipiell ist es aber auch denkbar, um bei diesem Beispiel zu bleiben, ein einzelnes Kartenzeichen für die Zoom-Funktion zu nutzen, wenn durch ein Ziehen mit der Maus seine Größe verändert und aus dieser Größenänderung auf einen gewünschten Maßstab geschlossen wird. Somit kontrolliert das Kartenzeichen die graphische Reaktion der anderen Zeichen, in Abb. 66) durch △ dargestellt.

Diese Beispiele zeigen aber auch, dass eine solche Interaktionssyntax zunächst ohne Bindung an eine bestimmte Interaktionsaufgabe oder eine Aktion aufgestellt werden kann, sie gibt lediglich den Rahmen der Möglichkeiten vor. Auf der anderen Seite ist die Interaktionssyntax bis hierher unvollständig, da die Möglichkeiten zur graphischen Reaktion bislang nicht dargestellt wurden, d.h. die Form, in der ein interaktives Zeichen auf eine Benutzereingabe reagiert. Hierzu wird es notwendig sein, mögliche Variationen der Zeichen zu finden, die bei einer Interaktion vorgenommen werden können, wie bspw. die Invertierung der Farben als Reaktion auf einen Mausklick. Dieser zeigt dem Nutzer an, dass eine Aktion ausgelöst wurde, in dem das ganze Zeichen in invertierten Farben aufleuchtet. Ziel der Betrachtungsweise wird es sein, allgemeine Reaktionsformen zunächst sprachlich zu beschreiben (**Aktion auslösen**), dieser ein oder mehrere Zeichenelemente zuzuordnen (**das ganze Zeichen**) und die Parameter der Variation zu bestimmen (**Farbinvertierung**).

Als Reaktionsformen graphischer Zeichen werden in der Regel zwei Kategorien verwandt:

- das Zeichen zeigt dem Nutzer an, dass es aktiviert wurde und eine Eingabe entgegennehmen kann (aktivieren)
- das Zeichen zeigt dem Nutzer an, dass es eine Aktion ausgelöst hat, in der Regel eine Prozedur, die weitere Meldungen zur Folge hat (auslösen)

Anschließend wird es wieder in seinen Normalzustand zurückversetzt. Diese Vorgehensweise beruht auf dem Prinzip der direkten Manipulation (Shneiderman 1983) und kann prinzipiell auch auf die Zeichen (oder besser Interaktionsobjekte) der Karte angewandt werden (Buttenfield; Tsou 1997). Das Problem der Übertragung ist die der doppelten Bedeutung der Graphik. Zum einen soll sie zur Repräsentation von Datenwerten eingesetzt werden, zum anderen zur Präsentation der Interaktionsform mit dem Zeichen. Die Verwendung von graphischen Elementen wird daher immer eingeschränkt sein bzw. muss auf die aktuelle Kartengraphik ausgerichtet sein. So ist es in vielen interaktiven Geo-Informationssystemen ein Problem, ausgewählte Kartenzeichen deutlich zu markieren, da diese meist mit einer voreingestellten Schraffur oder Farbe arbeiten, die im schlimmsten Fall identisch zu einer in der Karte verwendeten Signatur ist.

Ohne auf dieses Problem im Detail einzugehen, muss die Interaktionsgraphik auf bestimmten Zeichenelementen aufsetzen. Zhou und Feiner (1997) definieren zu diesem Zweck Transformationen der Graphik als *visual acts*, die auf Zeichen ausgeführt werden können.

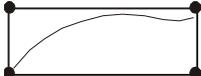
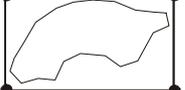
		<i>Element</i>				
<i>Dim.</i>		Zeichenfläche	umschl. Rechteck	Flächenrand	Schwerpunkt	Skelett/Achse
Punkt						
Linie						
Fläche						

Abb. 67) Zeichenelemente interaktiver Kartengraphik

Die Interaktionsgraphik verändert kartographische Zeichen, so dass für den Nutzer dieser Zustandswechsel als Reaktion auf eine Eingabe verstanden wird. Eine solche Reaktion lässt sich (syntaktisch) nach der Dimension des Zeichens unterscheiden und kann sich auf verschiedene Zeichenelemente beziehen, wie dies in Abb. 67) dargestellt ist.

Einige dieser Zeichenelemente haben wiederum eigene untergeordnete Zeichenelemente, die zu Interaktion genutzt werden können, bspw. das umschließende Rechteck mit den 4 Eckpunkten, der Flächenrand mit den Stützpunkten, die Achse (eines Linienzeichens) zwei Endpunkte, usw.

Graphische Variationen zum Anzeigen der Zustände "aktivieren" und "auslösen" variieren die Zeichenelemente und müssen das Zeichen prinzipiell immer betonen und hervorheben.

- Aktivieren meint, visuell eine Zustand auszudrücken, der anzeigt, dass etwas mit dem Zeichen getan werden kann. Dies kann als Ergebnis einer Rechenoperation oder einer interaktiven Eingabe mit der Maus erfolgen, worauf das Zeichen z.B. markiert und durch neue angebundene Zeichen und Zeichenelemente ergänzt wird.

- Auslösen meint, durch eine aufgerufene Systemoperation, die entweder die der Karte zugrundeliegenden Daten manipuliert (was zu einer Veränderung der Graphik führt) oder die zunächst neue Grafik erzeugt, die als Instrument bzw. Werkzeug zur Dateneingabe genutzt wird.

Einige Beispiele zu Variationsmöglichkeiten sind:

<b>Umranden</b>	Linie um das Objekt wird dicker gezeichnet
<b>Blinken</b>	das Objekt, oder Elemente davon blinken, Variation: nicht an aus, sondern "pulserend"
<b>Aufleuchten</b>	das Objekt wird in seiner Flächenfarben leuchtender gezeichnet (Farbsättigung)
<b>Invertieren</b>	alle Farben des Objekts (oder von Elementen des Objekts) werden invertiert
...	

Die Auslöser einer solchen Variation basieren auf vorausgegangenen Nutzereingaben, in einer Karte in der Regel mit der Maus, oder nach Aktivierung durch die Maus aufgrund einer Tastatureingabe. Somit ergibt sich eine Struktur der Interaktion:

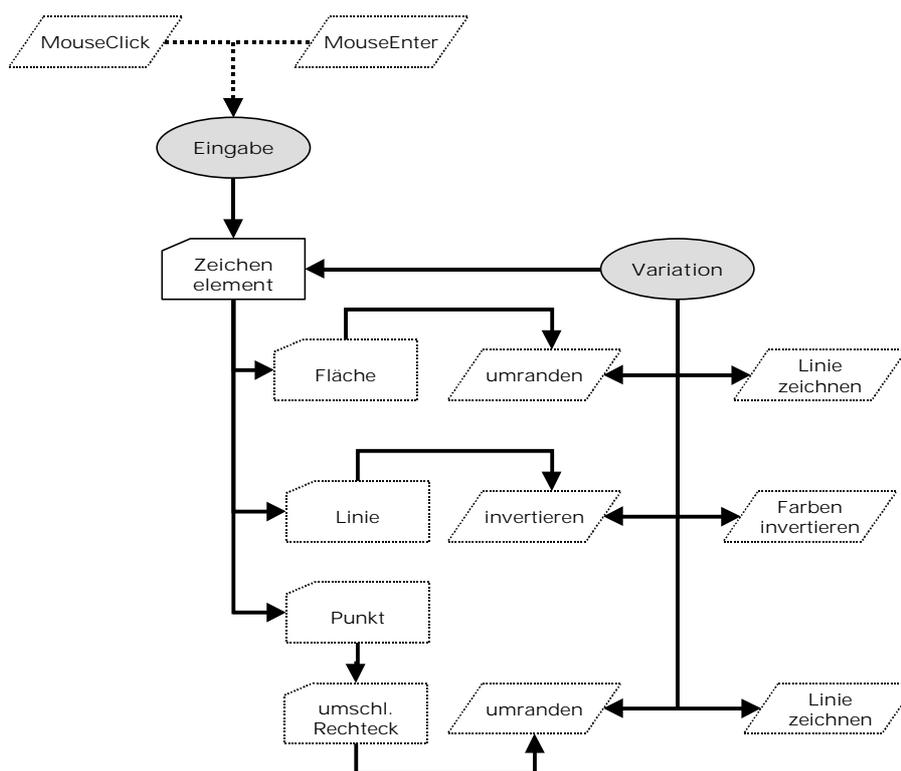


Abb. 68) Interaktionsmodell für Kartenobjekte

Die Gestaltung von Interaktionen mit der Kartengraphik kann demnach auf zwei Aspekte abgebildet werden: Zum einen ist dies die Rolle des Zeichens bei einer Interaktion, die dessen Interaktionsverhalten festlegt. Die Unterscheidung von Andersen (1990) in *actor*, *controller*, *object*, *layout* und *ghost signs* ist hierfür geeignet. Zum anderen ist dies die graphi-

sche Variation eines Zeichens, welche die Interaktionsgraphik bestimmt. Hierzu können die graphischen Variablen der einzelnen Zeichenelemente verändert und mit zusätzlichen Zeichen versehen werden. Insgesamt ergibt sich eine enge Verzahnung mit dem Referenzmodell der Karte, wie dies in der Arbeit von Miller (1999) deutlich wird, indem alle Zeichen einer Karte als Programmobjekte behandelt und entsprechend zugreifbar sein müssen. Die Möglichkeiten, solche Interaktionsformen implementieren zu können, sind wiederum von den verwendeten Programmierwerkzeugen abhängig.

### **4.3 Werkzeuge zur Herstellung interaktiver kartographischer Medien**

Im folgenden sollen Klassen von Werkzeugen aufgezeigt werden, die zur Herstellung interaktiver Karten geeignet sind und die teilweise bereits in der Entwicklung kartographischer Anwendungen eingesetzt wurden.

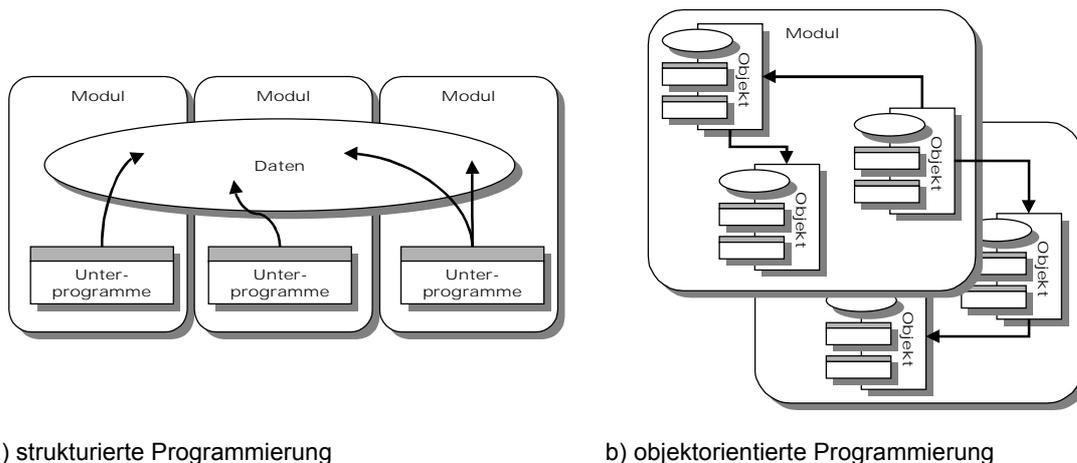
Die Werkzeuge sind aufgrund ihrer Eigenschaften in unterschiedlicher Weise geeignet, Interaktion in Karten zu realisieren. Insgesamt kann festgestellt werden, dass es allgemeinere und speziellere Werkzeuge gibt. In der vorgestellten Gliederung nimmt der Spezialisierungsgrad von der Programmiersprache bis zum konfigurierbaren Geo-Informationssystem zu, allerdings können mit allgemeinen Werkzeugen häufig auf das Anwendungsgebiet bezogen angepasste Lösungen entwickelt werden, als dies bei speziellen Werkzeugen der Fall ist.

Insgesamt wird im Entwicklungsprozess eines kartographischen Systems der Entscheidung, welche Werkzeuge eingesetzt werden sollen, eine besondere Bedeutung zukommen. Die folgende Diskussion soll eine dafür notwendige Grundlage liefern, wemgleich nicht alle verfügbaren Werkzeuge hier aufgelistet werden können.

#### **Programmiersprachen**

Der Entwicklungsprozess der Programmierung interaktiver Medien auf der Basis eigenständiger Programmiersprachen stützt sich stark auf die Ausrichtung der jeweiligen Sprache, bzw. der Topologie der Bausteine, die mit ihnen erzeugt werden können. Zwei typische Richtungen unterteilen Programmiersprachen nach strukturierter und objektorientierter Programmierung (Booch 1994), wodurch auch unterschiedliche Ansätze der Entwicklung von Software impliziert werden.

Während zur strukturierten Programmierung Funktionen oder Unterprogramme in Modulen organisiert sind, die auf einer Menge von Daten operieren, werden bei der objektorientierten Programmierung Funktionen und Daten auf Objekte verteilt, die als eigenständige Programmteile miteinander vernetzt sind. Module können in diesem Rahmen Objekte einer Klasse zusammenfassen. Zu den modernen objektorientierten Sprachen, mit denen kartographische Anwendungen programmiert werden, müssen vor allem C++ und Java gerechnet werden, aber auch eine Sprache wie Microsofts VisualBasic (VB) basiert im wesentlichen auf dem objektorientierten Ansatz, auch wenn die Stärke hier in der Verwendung von Objekten zur Programmierung liegt und weniger in deren Modellierung (McKinney 1997).



a) strukturierte Programmierung

b) objektorientierte Programmierung

Abb. 69) Topologien von Programmiersprachen

Für die Kartographie haben objektorientierte Sprachen insofern eine Bedeutung, als sie die Implementierung der grundlegenden Modelle zur Trennung von Geo-Objekt und Kartenobjekt der Kartographie direkt unterstützen (vgl. Konzept der *map objects* von Miller 1999). So können Objektmodule geschaffen werden, die eine Programmierung von interaktiven Karten stark vereinfachen und dem Programmierer Werkzeuge auf einer anwendungsnahen Ebene bereitstellen. Beispiele hierfür sind Objektbibliotheken namhafter GIS-Hersteller, wie etwa das Produkt MapObjects von ESRI. In Kombination mit einer leicht handhabbaren Sprache wie VB können so effektiv kartographische Anwendungen programmiert werden (Slocum 1999).

Einen fast eigenständigen Bereich nehmen Sprachen zur wissensbasierten Programmierung ein, wobei diese mittlerweile funktional durch Module objektorientierter Sprachen ersetzt werden können. Da die wissensbasierte Programmierung jedoch neben Objekten (oder besser Frames, dazu auch Booch 1994) eigenständige Konzepte der Wissensrepräsentation vertritt, haben sich eine Reihe von Werkzeugen etabliert, die über eine eigene "wissensbasierte" Sprache verfügen. Neben den klassischen Sprachen zur Wissensrepräsentation wie Lisp oder Prolog (Appelrath; Lorek 1988) können andere Werkzeuge in Form von Expertenshells in umfangreichere Programmierungen integriert werden. Ein Beispiel hierfür ist CLIPS, das erfolgreich für Projekte zur automatischen Ableitung von Grafik (Zhou; Feiner 1996, 1997, 1998 und 1999, Jung 1997) oder für die Entwicklung von Software-Agenten im Bereich adaptiver Benutzerschnittstellen (Rodrigues; Raper 1999) eingesetzt wurde.

### Scriptsprachen und Internet-Kartographie

Die Bedeutung des Internet als Plattform für kartographische Medien hat spätestens seit der Einführung von Standards des *World Wide Web* stark zugenommen. Dabei wurden unterschiedliche Programmiersprachen adaptiert und mit anderen Werkzeugen verknüpft. Allgemein wird von einer Trennung der Programme ausgegangen, die auf Seite des Servers Dienste bereitstellen, und denen die auf Seite Clients Dienste in Anspruch nehmen. In diesem Rahmen existieren unterschiedliche Konzepte zur Verteilung der Aufgaben zwischen Client und Server. Gartner (1999) unterteilt 3 Arten der Verteilung und Übermittlung.

Ein viel benutzter Ansatz ist es, den Browser zur Anzeige von Informationen (und damit auch Karten und anderen Grafiken) zu nutzen, die auf dem Server aufbereitet werden. Über den Sprachstandard HTML können so Texte und Bilder übermittelt werden. Um den statischen Charakter der HTML-Dokumente zu umgehen, können auf dem Server CGI-Programme die Informationsdarstellungen von Parametern abhängig machen, die von Seiten des Clients formuliert werden. Auf diese Weise können Daten aus Datenbanken abgefragt oder Bilder aus Daten konstruiert werden (z.B. *GIF-on-the-fly*), eine in diesem Rahmen häufig verwendete Sprache ist die Scriptsprache PERL.

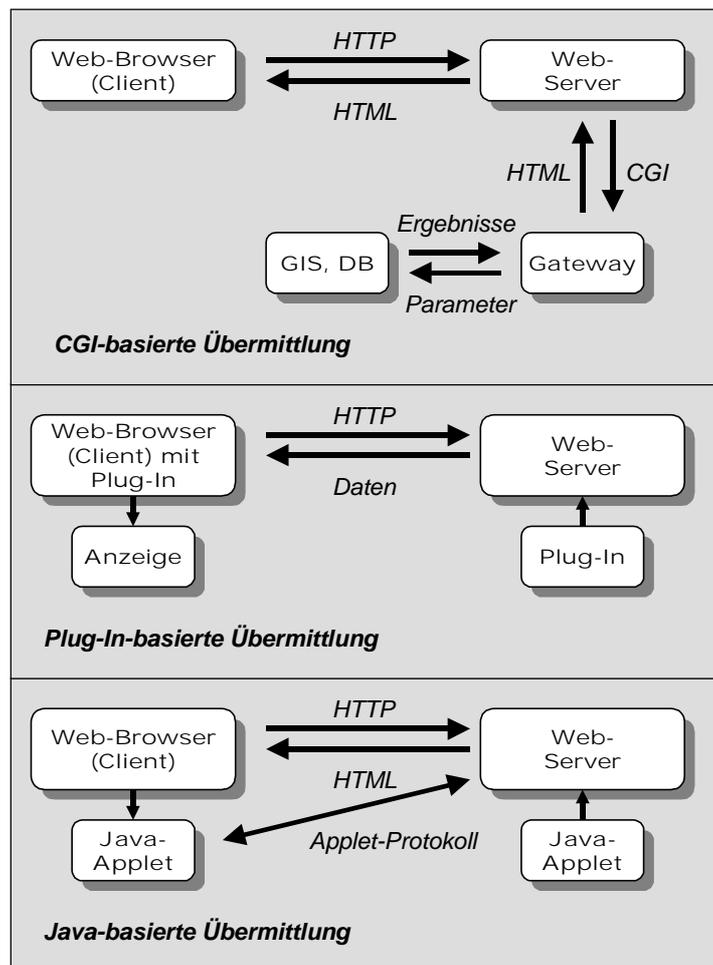


Abb. 70) Client-Server-Architekturen für WWW-basierte Kartographie (verändert nach Gartner 1999)

Allerdings ist auf dieser Basis keine Interaktion mit dem Nutzer in Echtzeit möglich, da alle benötigten Daten zunächst vom Server zum Client übermittelt werden müssen. Für interaktive und dynamische Präsentationen werden daher Sprachen oder Softwarebausteine eingesetzt, die auf dem Client ausgeführt werden. So verfügen die Browser in der Regel über Möglichkeiten, in den HTML-Dokumenten integrierte Skripte auszuführen, bspw. über JavaScript. Auf diese Weise wird es möglich, Grafiken in den dargestellten Seiten in Echtzeit auszutauschen, Texteingaben des Nutzers auf Fehler zu überprüfen usw.

Mit höheren Programmiersprachen können zudem eigenständige Programme entwickelt werden, die vom Server geladen und auf dem Client ausgeführt werden. Hierzu zählen vor allem Java-Applets, auf deren Basis interaktive Karten entwickelt werden können (Andrienko; Andrienko 1998). Da diese Programme über eigene Funktionsbibliotheken verfügen, sind ihre Einsatzmöglichkeiten im Prinzip unbegrenzt. Neben Java werden auch andere Sprachen erfolgreich zur Entwicklung solcher Anwendungen eingesetzt, z.B. Tcl/Tk (Dykes 1997, 1999)

Anwendungen Virtueller Realität im Internet basieren meist auf der Virtual Reality Modelling Language (VRML). VRML ist eine Beschreibungssprache für 3D-Modelle, die durch ein geeignetes Programm auf dem Client interpretiert wird. Dies kann z.B. ein in Java geschriebener VRML-Browser sein, der innerhalb des WWW-Browsers ausgeführt wird. Um die spezifischen Anforderungen der Kartographie an die Modellierung von Virtueller Realität zu erfüllen (vgl. Kapitel 2.4), wurden eine Reihe von Erweiterungen für den VRML-Standard vorgeschlagen und geeignete Software entwickelt. Hierzu gehören vor allem Erweiterungen der VRML-Funktionalität in den Bereichen Koordinatensysteme, Zeitreferenzierung, Geländeabbildung, Levels of Detail, Auflösung und Genauigkeit, sowie Datenaustausch. In einigen diesen Bereichen wurden bereits Lösungen erarbeitet, die in den neuen Standard GeoVRML 1.0 eingeflossen sind (GeoVRML Working Group 1999):

VRML basiert auf einem lokalen, kartesischen Koordinatensystem, die Einbindung geographischer und geodätischer Koordinatensysteme ist nur auf der Ebene einer Schnittstelle zur Umrechnung dieser "realen" Koordinaten in VRML-Koordinaten möglich. Dazu werden die VRML-Browser um Java-Komponenten erweitert, die eine geeignete Koordinatentransformation durchführen können.

Da in VRML auch Animationen möglich sind, wird ein Mechanismus benötigt, der eine Zeitreferenzierung von Daten möglich macht. Ein Beispiel für eine Animation zeitbezogener Daten mit VRML findet sich z.B. bei Buziek (1999).

Ein gravierendes Problem ist die enorme Fülle der Daten, die zur Abbildung des Geländes benötigt werden. Da Geländemodelle meist in hochauflösenden Rastern vorliegen, und diese nicht von aktuellen Hardwarekonfigurationen in Echtzeit verarbeitet werden können, muss ein Weg gefunden werden, die Datenmengen klein zu halten, wobei von einer Auflösung von 128x128 bzw. 256x256 Rasterzellen für die Verarbeitung von Standard-PC's ausgegangen wird.

Hierzu werden mehrfach-auflösende Gelände-Repräsentationen benutzt, die aus teilweise überlappenden Geländemodellen in unterschiedlichen Auflösungen bestehen. Dabei wird berücksichtigt, dass vom Betrachter weiter entfernt liegende Geländeteile in einer geringeren Auflösung präsentiert werden können, als nahe liegende. Das Konzept der unterschiedlichen Detaillierungsgrade wird als "Levels of Detail" bezeichnet. Zwar werden Levels of Detail bereits vom VRML-Standard vorgesehen, allerdings ist dieser durch die Kapazitäten der Browser und Netzverbindungen beschränkt. Ein kluges Datenmanagement, z.B. über Quad-Trees kann hier Vorteile bringen (Reddy; Iverson 1999).

Die Auflösung und Genauigkeit der VRML-Modelle ist auf 32-Bit Zahlen beschränkt, was für geographische Anwendungen nicht ausreicht, da durch diese einfache Genauigkeit Abbildungen der Welt bspw. nur bis zu einer Auflösung im 10-Meter-Bereich möglich sind. Eine Lösung können lokale Koordinatensysteme bringen, die ab einem bestimmten Detaillierungsgrad das globale System ablösen und so auch mit Zahlen einfacher Genauigkeit auskommen.

Technisch gesehen besteht das Ergebnis der Arbeitsgruppe aus einer umfangreichen Dokumentation, Werkzeugen zur Bearbeitung von GeoVRML-Modellen, als Programme oder Programmbibliotheken, Java-Erweiterungen des VRML-Standards insbesondere durch neue VRML-Knoten.

### **Autorensysteme**

Autorensysteme werden für die Entwicklung von Multimediasystemen eingesetzt, die über CD-ROM oder das Internet verbreitet werden. Sie unterstützen die Zusammenstellung der einzelnen Medien (meist Assets genannt), die Festlegung ihrer Präsentationseigenschaften und die Programmierung der Interaktionsformen (Schifman; et al 1999). Neben einfachen Werkzeugen zur Erstellung von Präsentation, wie etwa Microsoft Powerpoint, haben vor allem die Macromedia-Produkte Director und Authorware eine weite Verbreitung gefunden. Letztere gehören zu einer Kategorie leistungsfähiger Entwicklungswerkzeuge, die auch für kartographische Anwendungen eingesetzt werden. Ein Beispiel für ein großes Projekt dieser Art ist der Schweizer Nationalatlas, der mit Macromedia Director entwickelt wurde (Hurni 1999). Dieses Entwicklungswerkzeug verfügt über eine relativ offene Struktur, innerhalb derer es möglich ist, durch die integrierte Scriptsprache Lingo Interaktionen und Programmsteuerungen zu programmieren. Darüber hinaus besteht die Möglichkeit, eigene Funktionsmodule über die Xtras-Schnittstelle mit anderen Programmiersprachen zu entwickeln (z.B. C++) und so zu leistungsfähigen Funktionen zu kommen (Epstein 1999). Allerdings ist eine Übertragung des Konzepts interaktiver Karten auf die Filmmetapher solcher Systeme nicht unproblematisch. Aus diesem Grund eignen sich diese Systeme für unterschiedliche Anwendungen. Innerhalb der Macromedia Produkte wird Director eher für Animationen verwendet, in denen interaktive Aktionen ablaufen können, während Authorware besser für multimediale Kartensysteme geeignet ist, in denen auf die Vernetzung der Medien nach dem Hypermediaprinzip Wert gelegt wird (Boles 1998).

### **GIS- und Datenexplorations-Systeme**

Mittlerweile verfügen viele Software-Systeme über Möglichkeiten zur Anpassung der Benutzerschnittstelle und der Funktionalität an bestimmte Aufgaben. Vielfach können über integrierte Programmiersprachen sehr komplexe neue Anwendungen auf Grundlage der Basissoftware erstellt werden. Ein bekanntes und verbreitetes Beispiel sind die Office-Produkte der Firma Microsoft mit der integrierten VBA-Programmiersprache (VBA: VisualBasic for Applications).

Auch im Bereich der Geo-Informationssysteme werden solche Konzepte eingesetzt. Generell können zwei Arten der Umsetzung beobachtet werden: Die Systeme sind entweder konfigurierbar, d.h. über Einstellungen kann die Erscheinung und Funktionalität angepasst werden oder sie sind programmierbar. Letztere sind vergleichsweise flexibler in ihren Anpassungsmöglichkeiten. Zum einen existieren für einen Teil dieser Software-Pakete sogenannte API's (Application-Programmer-Interface), im Prinzip sind dies Objektbibliotheken zur Programmierung in einer unabhängigen Programmiersprache. Zum anderen sind die Systeme, analog zu den erwähnten Office-Produkten, mit einer eigenen Programmiersprache ausgestattet.

In Kapitel 2.2.3 wurde das ArcView-Kartenmodell mit dem allgemeinen Referenzmodell verglichen. In ArcView kann über die integrierte Programmiersprache Avenue auf dieses Kar-

tenmodell und auf die Elemente der Benutzeroberfläche und Datenverwaltung zugegriffen werden. Zu diesem und anderen Systemen finden sich in der Literatur generelle Überblicke über die Konfigurations- und Programmiermöglichkeiten. So beschreibt Slocum (1999) u.a. Systeme zur Datenvisualisierung, bspw. das Application Visualization System (AVS), den Visualization Data Explorer (IBM-DX) oder das System Khoros. Immer mehr Aufmerksamkeit wird dabei auch auf die Kombination von Systemen und deren Interoperabilität gelegt, um die Vorteile der Systeme, bspw. eines Autorensystems mit denen eines Geoinformationssystems zu kombinieren (Boursier; Kvedaruskas 1999).

An dieser Stelle soll im Hinblick auf die spätere Bezugnahme in Kapitel 7 auch das System GISPAD erwähnt werden. Es handelt sich hierbei um ein Kartiersystem für mobile Computer, das zu den konfigurierbaren Systemen gezählt werden muss. Im Falle von GISPAD betrifft dies im wesentlichen die Einrichtung von Kartierverfahren, wodurch eine Anpassung des Systems an die fachlichen Anforderungen einer Kartierung möglich ist (Thomüller 1998, Schulte-Kellinghaus 1996). Neben dieser Flexibilität ergeben sich auch Einschränkungen, insbesondere im Hinblick auf die Gestaltung der Interaktion mit der Karte. Zwar ist es generell möglich, über Objektbibliotheken eigene Funktionen in GISPAD zu integrieren, allerdings nicht zur funktionalen Erweiterung der Kartenbearbeitung. In Kapitel 7 wird das Objektmodell von GISPAD im Rahmen der Anwendung eines Entwurfsmodells näher diskutiert werden.

---

## 5 Modelle zur Unterstützung der Kartennutzung

---

Die veränderten Möglichkeiten einer Kommunikation raumbezogener Informationen am Bildschirm, die insbesondere über interaktive Funktionen auf die Ziele und Handlungen eines Nutzers abgestimmt werden kann, erfordern von Seiten der Planung und Entwicklung dieser Systeme neue Vorgehensweisen.

Hierzu gehört einerseits die Ausnutzung der technischen und graphischen Möglichkeiten auf Seiten der Benutzerschnittstelle und der verwendeten Medien, wie dies in Kapitel 4 erörtert wurde. Andererseits bilden die Erkenntnisse zur Kartennutzung (Kapitel 3) eine Basis, die Anforderungen eines Nutzers in diesem Zusammenhang zu berücksichtigen. Ziel sollte dabei der bestmögliche Einsatz der Medien im ablaufenden Kommunikationsprozess sein.

In diesem Zusammenhang ist es eine wesentliche Funktion der Medien, den Nutzer bei der Arbeit zu unterstützen, indem die in einer Phase der Arbeit wesentlichen Daten zugegriffen werden können, geeignete Berechnungsfunktionen angeboten werden, die Ergebnisse auf eine Nutzungsziel hin präsentiert werden und eine interaktive Bearbeitung möglich ist.

Aus anderen Bereichen liegen diesbezüglich Erkenntnisse vor, die auch auf den Einsatz kartographischer Medien übertragen werden können. Diskutiert werden im folgenden Arbeiten aus dem Bereich multimedialer Lernsysteme und zur wissensbasierten Ableitung graphischer Abbildungen, beides Ansätze zum Einsatz von Graphik zur Steuerung der Kommunikation zwischen Nutzer und System.

Des Weiteren liegen zur Übertragung solcher Erkenntnisse auf kartographische Anwendungen erste Ergebnisse vor, wie Aufgaben der Kartennutzung durch den Einsatz unterschiedlicher Medien und interaktiver Funktionen abgebildet werden können. Zwei unterschiedliche Ansätze werden hierzu diskutiert und mit dem Modell der Arbeitsgraphik ein dritter Ansatz der Unterstützung des Nutzers durch interaktive kartographische Werkzeuge vorgestellt.

### 5.1 *Unterstützungsfunktion von Medien*

Um zu einer Unterstützung der Kartennutzung zu gelangen, ist es sinnvoll zu unterscheiden, welche Eigenschaften von Medien generell dafür verantwortlich sind, dass sie kognitiv wirken, d.h. wie von Seiten eines Nutzers in geeigneter Form Erkenntnisse aus ihnen gezogen werden und in einem konkreten Handlungszusammenhang angewandt werden. Hierzu kann einerseits die graphisch-visuelle Wirkung der Präsentation gehören, andererseits die Wirkung eines Angebots interaktiver Funktionen. Es zeigt sich in diesem Zusammenhang, dass auf Basis der Entwicklungen im Bereich multimedialer Lernsysteme und wissensbasierter Graphiksysteme Ansätze entwickelt wurden, die auch für die Unterstützung der Kartennutzung wichtige Anregungen bieten.

## Grundlagen multimedialer Lernsysteme

Der Rückschluss von kognitionswissenschaftlichen Erklärungsmodellen menschlichen Wahrnehmens und Denkens auf die Gestaltung von Medien ist ein wichtiger Schritt, um deren Nutzung zu verbessern. Nicht nur in der Kartographie (z.B. Wood 1993b) wird diesem Aspekt eine große Aufmerksamkeit gewidmet, vor allem didaktische Wissenschaften versuchen, die technischen Möglichkeiten von "Multimedia" auf kognitive Modelle zu beziehen und für den optimalen Medieneinsatz zum Zweck des Lernens und des Wissenserwerbs nutzbar zu machen. Zum einen wurde in diesem Rahmen versucht, die Abbildungseigenschaften von Medien zu untersuchen, um einen Medienmix zu erreichen, der einen verbesserten Lerneffekt zur Folge hat. Generell können solche Ansätze helfen, den Medieneinsatz zu planen, indem die Medien und Medienkombinationen nach ihrer Unterstützungsfunktion eingesetzt werden. Zum anderen können, bei ausreichender Formalisierung, wissensbasierte Systeme konzipiert werden, die eine automatische Ableitung einer Multimedia-Präsentation ermöglichen sollen.

Grundlage der Diskussion um die kognitive Unterstützungsleistungen von Medienkombinationen ist i.d.R. die Theorie der doppelten Kodierung (Paivio 1978), die davon ausgeht, dass bei Kombination von Medien unterschiedlicher Modalität, also bspw. von Text und Bild vielfach den Wissenserwerb unterstützt. Dieser Ansatz ist auch auf die Kartographie übertragen worden (z.B. Dransch 1997b). Allerdings existieren hierfür noch keine generelle Regeln. So ist in diesem Zusammenhang die Frage wichtig, ob die Verteilung von Inhalten bspw. auf Text und Bild redundant oder komplementär sein soll. Hierzu muss wiederum der Bildbegriff stärker differenziert werden, z.B. wie dies im Rückgriff auf die (kartographische) Medientaxonomie möglich ist (vgl. Kapitel 2.3).

Durch die Beschreibung der Medien in ihren Nutzungsfunktionen kann eine Zuordnung spezifischer modaler und semiotischer Eigenschaften auf kommunikative oder diskursive Funktionen erfolgen. Weidenmann (1994) stellt zu diesem Zweck die Beziehung zwischen (Ab-)Bildern und mentalen Bildern durch kognitive Funktionen her:

<b>Abruf</b>	Bilder können ein vorhandenes mentales Modell aktivieren.
<b>Fokussierung</b>	Bilder können Teile eines mentalen Modells besonders hervorheben.
<b>Konstruktion</b>	Bilder können aufzeigen, wie bekannte Objekte in neue Strukturen eingebaut werden.
<b>Ersatz</b>	Bilder können ein komplexes mentales Modell vor Augen führen.

Abb. 71) Kognitive Funktionen von Bildern  
(nach Weidenmann 1994)

Schulmeister (1996) beschreibt die Möglichkeiten von Multimedia zur Unterstützung des Lernens durch den Einsatz interaktiver Werkzeuge. Die Interaktivität macht sie für den Nutzer zu "kognitiven Werkzeugen", über die eigene Konzepte erarbeitet und überprüft werden können. Beispiele hierfür sind das Werkzeug *textVision-2*, das die Erstellung von *Concept-Maps* erlaubt oder *IdeaWeb*, das den Aufbau von Argumentationen unterstützt, deren Rela-

tionen als Netz dargestellt werden. Ziel des Einsatzes von Interaktionen ist vor allem die Unterstützung eines konstruktiven und aktiven Lernvorgangs.

Recker (1995) entwickelt ein System "Kognitiver Medientypen", die auf Annahmen gestützt sein sollen, wie ein Nutzer in einem Multimediasystem denkt, es nutzt, mit ihm interagiert und daraus lernt. Mit den kognitiven Medientypen sollen kognitiv relevante Unterschiede zwischen Medien herausgestellt werden können, die aber letztendlich wieder auf physikalische Medientypen bezogen werden. Die folgende Tabelle gibt einen Überblick über die kognitiven Medien nach Recker:

Physikalischer Medien	Kognitive Medientypen
Text	Abstrakte Grundsätze Spezifische Instruktionen Kommentierte Fälle und Beispiele Erläuterungen Kommentare
Animationen	Dynamisch-interaktive Repräsentationen Konstruktive Visualisierungen
Bilder	Graphiken zu Relationen (zwischen Prozessen) Beispiele Graphiken (Strukturbilder) hier: <i>diagrams</i>
Sound	Gesprochener Text Warnungen Zusammenfassungen

Abb. 72) Abbildung kognitiver Medientypen auf physikalische Medien  
(nach Recker 1995)

In einem System eingesetzt, dienen die Medien speziellen Nutzungsfunktionen des Systems, bspw. Bilder zur Veranschaulichung von im Text dargelegten abstrakten Grundsätzen. In diesem Rahmen durchgeführte empirische Untersuchungen zeigen, dass der Lerneffekt durch Systeme, die auf kognitiven Medientypen basieren, verbessert werden konnte (Recker 1995).

Dabei bleibt bei allen Ansätzen grundsätzlich das Problem bestehen, die relevanten, zu erlernenden oder zu unterstützenden Handlungen, die in einem System berücksichtigt werden sollen, zu identifizieren. Dies betrifft im Grunde methodische Fragen der Planung und Konzeption von Lernsystemen. Dabei wird deutlich, dass die Grundlage von Lernsystemen z.T. umfangreiche Aufgabenanalysen darstellen, die neben den durchzuführenden Tätigkeiten auch das Wissen des Handelnden berücksichtigen, so dass aus der Analyse der Aufgaben ein sinnvoller Entwurf von Lernsystemen abgeleitet werden kann. Jonassen (1999) unterscheidet eine breite Methodik zur Aufgabenanalyse, die im Rahmen des Instruktionsdesigns als Teile eines Entwicklungsmodells für Lernsoftware beurteilt werden.

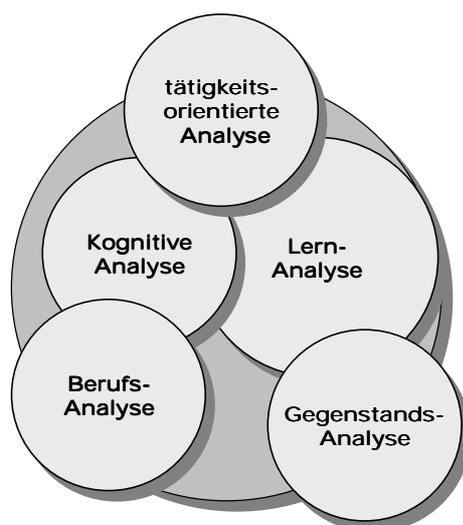


Abb. 73) Gegenstandsbereiche der Aufgabenanalyse (Jonassen 1999)

Zur Übersicht können die Methoden der Aufgabenanalyse (vgl. Abb. 73) in ihrer Ausrichtung und ihrem Ergebnis differenziert werden:

<b>Methodischer Ansatz</b>	<b>Ausrichtung</b>	<b>Ergebnis</b>
<b>Berufsanalyse</b>	Berücksichtigt die Gliederung von Arbeitsfeldern im Rahmen einer Arbeitsteilung	Überwiegend prozedurale Beschreibung des Arbeitsablaufs
<b>Gegenstandsanalyse</b>	dient der inhaltlichen Gliederung eines Gegenstandsbereichs für dessen didaktische Aufbereitung	Inhaltliche Gliederung der relevanten Themen
<b>Lernanalyse</b>	entspricht einem informationsverarbeitenden Ansatz zur Feststellung des Informationsflusses bei der Bearbeitung von Aufgaben	Definition der erforderlichen Lernprozeduren auf Basis verborgener, mentaler Prozesse
<b>Kognitive Analyse</b>	Entspricht der Orientierung der Ansätze zur Lernanalyse auf kognitionspsychologische Grundlagen	Erkenntnisse zum Einsatz von Wissen, den Fertigkeiten und den Strukturen des Handelns
<b>Tätigkeitsorientierte Analyse</b>	Entspricht anthropologischen Ansätzen, die auf Lernprozesse im Sinne eines situierten Lernens abstellen	Handlungen im Kontext der Handlungsziele, -bedingungen, etc.

Abb. 74) Übersicht der Methoden zur Aufgabenanalyse (zusammengestellt nach Jonassen 1999)

Neuere Ansätze, wie die kognitiven und tätigkeitsorientierten Analysemethoden, werden auch in anderen Zusammenhängen der Mensch-Maschine-Forschung, z.B. zur Planung von Benutzerschnittstellen, eingesetzt. Die Ergebnisse einer solchen Analyse können dazu genutzt werden, den Einsatz von Medien hinsichtlich einer Unterstützung des Nutzers zu planen und das erforderliche fachliche und methodische Wissen zu vermitteln, das zur Bearbeitung einer Aufgabe nötig ist.

Zusammenfassend kann festgestellt werden, dass erstens Graphik erfolgreich eingesetzt wird, um kognitive Vorgänge, insbesondere den Lern- und Erkenntnisprozess, zu unterstützen. Die in der Literatur diskutierten Ansätze kognitiver Werkzeuge und Medientypen stellen einen vielversprechenden Ansatz dar, den Medieneinsatz im Verbund speziell mit kartographischen Medien planen zu können.

Zweitens ist die Unterstützung der Kartennutzung auf Aufgaben und Ziele des Nutzung auszurichten. Dabei kann nicht auf einen festen Satz von Kartennutzungsaufgaben zurückgegriffen werden, wie er von verschiedene Autoren zu entwickeln versucht wurde (Kapitel 3). Vielmehr muss in Abhängigkeit des Nutzungskontextes ein geeignetes Verfahren zur Aufgabenanalyse ausgewählt werden, dass es erlaubt, ein Modell dieser Aufgaben zu erstellen, auf die das zu entwickelnde System ausgerichtet werden kann. In Kapitel 6 wird diese Problematik nochmals aufzugreifen sein.

Im folgenden soll zusätzlich auf Arbeiten eingegangen werden, die speziell im Bereich automatisierter Graphikgenerierung wissensbasierte Ansätze zur Unterstützung von Aufgaben durch geeignete graphisch-interaktive Medien verwenden.

### **Wissensbasierte Ansätze zur Unterstützung**

Zu den Arbeiten automatischer Graphikgestaltung im Rahmen eines Intelligenten Multimedia Präsentations-Systems (IMMPS) existieren unterschiedliche Formalisierungsansätze, die nach Roth und Hefley (1993) folgende Ziele verfolgen:

- die automatische Bestimmung von Inhalten, die kommuniziert werden sollen,
- die Definition der Eigenschaften von Informationen, die relevant für die Ableitung einer Präsentation sind,
- die Definition der kommunikativen Absicht oder des Zwecks und der Aufgaben für die eine Präsentation angefertigt werden soll,
- eine automatische Auswahl von Präsentationsmedien,
- eine automatische Gestaltung dieser Medien,
- eine automatische Abstimmung unterschiedlicher Medien,
- der Einsatz interaktiver Techniken zur Exploration der präsentierten Informationen

Dazu werden prinzipiell unterschiedliche Wissensquellen eingesetzt, aus denen der automatische Entwurfsprozess gesteuert wird. Wie in Abb. 75) dargestellt zählen hierzu

- Dateneigenschaften, die festlegen, welche Informationen sich aus Daten ableiten lassen (als Ziele der Informationssuche),
- Aufgabeneigenschaften, die festlegen, welche Bearbeitung ein Nutzer durchführen muss (als kognitive Aufgabe),

- Kontextbeschreibungen, die angeben, in welchem übergeordneten Zusammenhang Nutzer und Aufgabe eingebettet sind (hierzu zählt auch die Vorerfahrung der Nutzer) und
- der Diskursstatus, der angibt, welche Intention in einer Phase der Präsentation verfolgt wird.

Systeme, die eine automatische Graphikerzeugung auf Basis dieser Wissenskomponenten planen sollen, müssen dies in unterschiedlichen Entscheidungsphasen tun, die in Abb. 75) als *Content Planing*, *Technique Selection*, *Presentation Design* und *Coordination* zusammen mit den entscheidungsrelevanten Wissensbereichen dargestellt sind.

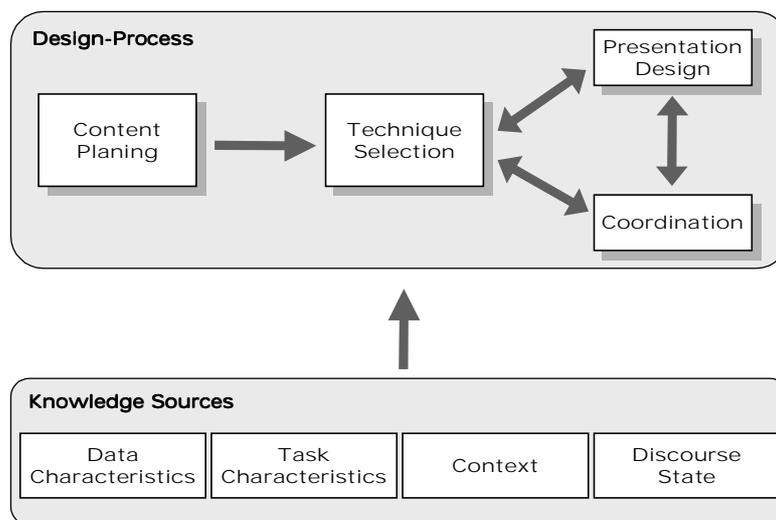


Abb. 75) Konzeptionelle Architektur eines Intelligenten Multimedia-Präsentationssystems (IMMPS) (nach Roth; Hefley (1993))

Diese aus vier Komponenten bestehende Systemarchitektur eines Intelligenten Multimedia-Präsentationssystems übernimmt folgende Aufgaben:

- Planung des Inhalts: Festlegung der zu präsentierenden Informationen hinsichtlich der vom Nutzer zu bewältigenden Aufgaben.
- Festlegung der Präsentationstechnik: Auswahl der Medien und Modi der Präsentation auf der Basis von Daten- und Informationseigenschaften der zuvor ausgewählten Inhalte.
- Festlegung der Gestaltung: Einsatz der Medien und der Graphik zur Kommunikation der erforderlichen Inhalte.
- Koordination der Präsentation: Komposition, Organisation und Abstimmung der eingesetzten Medien.

Roth und Hefley (1993) kommen zu dem Schluss, dass neben der Beschreibung und Zuordnung von Daten- und Graphikeigenschaften auch die Ebene der Beschreibung von Nutzungsparametern, die letztendlich auf kognitiven Anforderungen beruhen, entscheidend sei. Allerdings existieren bislang keine Arbeiten, die alle von Roth und Hefley gestellten Anforderungen erfüllen, sondern mehr oder weniger einzelne der aufgeführten Aspekte herausgreifen.

Mit dem System SAGE existiert eine Arbeit, die Ziele der Informationssuche als Grundlage einer automatischen Mediengestaltung zu nutzen (Roth und Mattis 1990), wobei bezüglich quantitativer Informationen und Beziehungsinformationen folgende Ziele unterschieden werden:

- genaue Entnahme von Werte
- Wertermittlung etwa als Abschätzung des Durchschnitts, der Wertespanne oder der Summe eines Datensatzes
- Zählen zur Abschätzung von Häufigkeiten in einem Datensatz
- Gegenseitiger Vergleich zur Feststellung von Unterschieden zwischen Werten
- Beurteilung von Zusammenhängen zwischen verschiedenen Variablen
- Suche und Feststellung wo Werte in einem Datensatz vorkommen

Wie in Kapitel 5.3 zu zeigen sein wird, kann dieser Ansatz auch auf die Informationsentnahme aus Karten übertragen werden und zur Modellierung einer kartographischen Arbeitsgraphik genutzt werden.

Casner (1991) definiert hingegen in seiner Arbeit zum System (BOZ) elementare kognitive Aufgaben, die logischen Prozeduren zugeordnet werden können. Über diese Prozeduren werden Phasen von Operationen gekennzeichnet, die durch die Präsentation unterstützt werden sollen. Als wesentliche Gruppen von Operationen identifiziert er Suchoperationen (*search operations*) und Berechnungsoperationen (*computational operations*). Dem zugrunde liegt die Annahme, dass bestimmte Graphiken einige Operationen besser unterstützen als andere, bzw. dass der Nutzer durch die Art der graphischen Präsentation ansonsten komplexe (mentale) Operationen durch einfache (visuell-kognitive) Operationen ersetzen kann. Z.B. könne durch eine graphische Präsentation eine komplexe mentale, arithmetische Operation durch einfachere Größen- und Distanzabschätzungen ersetzt werden. In eine ähnliche Richtung geht auch die Arbeit von Ignatius (et al 1996).

Übertragen auf die Unterstützung der Kartennutzung kann gefolgert werden, dass eine automatische Auswahl z.B. des Diagrammtyps zur Unterstützung kognitiver Aufgaben genutzt werden kann. Arbeiten hierzu existieren gleichfalls, z.B. in der Arbeit von Jung (1997), die wie bei Casner oder Andrienko (1998), wesentliche Impulse aus den Grundlagen Bertins (1974) beziehen (vgl. auch Knapp 1995).

Die Arbeiten von Maybury (1993) können als Modellierung von Diskursen aufgefasst werden. Er geht von einer hierarchischen Planung von Kommunikation aus, die linguistisch, graphisch oder medien-unabhängig und somit rhetorisch sein können. Anhand eines wissensbasierten kartographischen Systems wird das Konzept exemplarisch für einige kommunikativen Akte verdeutlicht. Die Suche nach einer Stadt, z.B. "Chemnitz" resultiert in der Planung einer sprachlichen und einer kartographischen Ausgabe, die das zugrundeliegende Kommunikationsziel (*Identify*) unterstützen. In der Karte wird hierzu die Region um Chemnitz ausgewählt, und die Stadt gegenüber anderen Kontextinformationen in der Karte betont. Analog hierzu kann die Suche einer Route zwischen 2 Städten als kommunikativer Akt behandelt werden. Das entsprechende Kommunikationsziel (*Explain-Route*) wird wiederum sprachlich und kartographisch ausgedrückt.

Die Arbeiten von Zhou und Feiner (1998) stellen eine Weiterentwicklung unterschiedlicher Ansätze dar, basieren aber unter anderem auf dem Ansatz von Maybury (1993), Casner (1991) und Ignatius (1996). Die Autoren gehen davon aus, dass ein visueller Diskurs als Folge miteinander verbundener Graphiken (*visual displays*) ausgedrückt werden kann. Die

Graphiken werden auf Basis unterschiedlicher (diskursive) Absichten ausgewählt und gestaltet. Da es nicht möglich ist, diese Absichten direkt in eine graphische Ausführung zu übersetzen, werden in einer mittleren Ebene sog. *visual tasks* beschrieben und verwendet. Die *visual tasks* bilden eine Taxonomie abstrahierter graphischer Techniken, die durch konkrete Graphik ausgefüllt werden können. In Abb. 76) ist dieser Zusammenhang dargestellt.

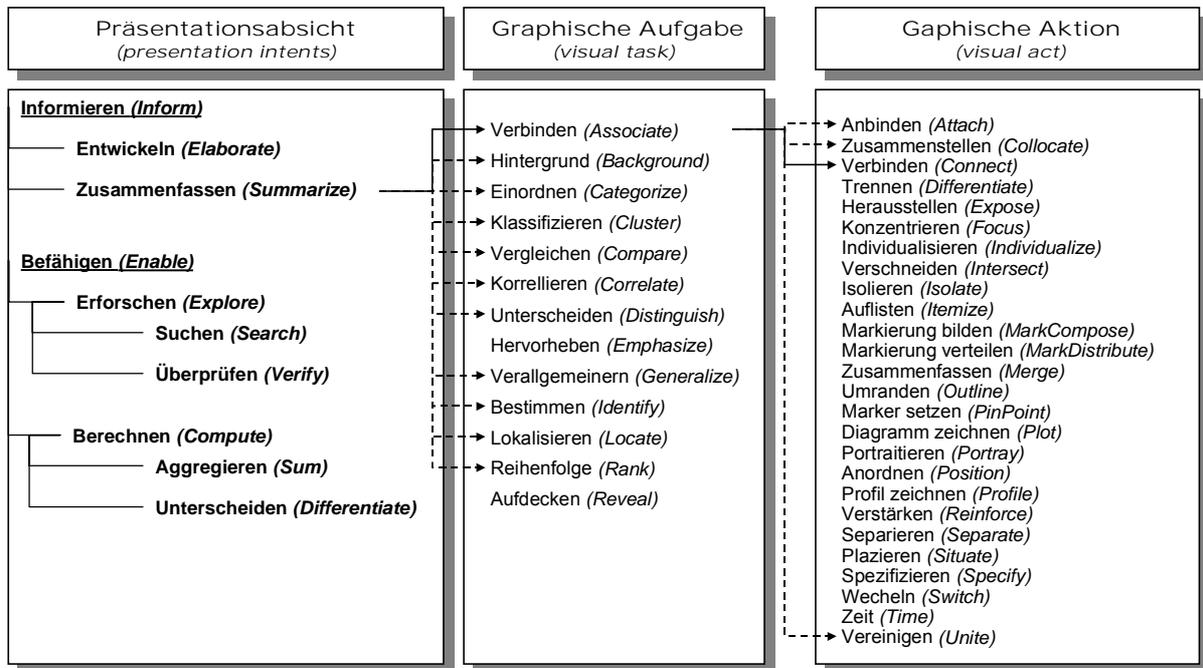


Abb. 76) Schema der *visual tasks* zur automatischen Diskurserzeugung (nach Zhou; Feiner 1998)

Nach diesem Ansatz können für jede Präsentationsabsicht mehrere graphische Aufgaben geeignet sein. So kann die Absicht, einen Sachverhalt zusammenzufassen, durch die in Abb. 6) mit Pfeilen verknüpften Varianten, wie "Verbinden von Elementen", "Hintergrund (des Sachverhalts)", "Einordnen", "Klassifizieren", usw., umgesetzt werden. Jede graphische Aufgabe kann wiederum durch ein oder mehrere graphische Aktionen umgesetzt werden, in Abb. 6) ist dies exemplarisch für das "Verbinden" dargestellt: es kann durch die Aktion "Anbinden" (etwa durch Pfeile zu einem übergeordneten Element), "Zusammenstellen" (etwa durch die visuelle Nähe oder Nachbarschaft) oder "Verbinden" (etwa durch Pfeile zwischen den einzelnen Zeichen einer Graphik) realisiert werden.

Das System berücksichtigt bei der Planung der graphischen Gestaltung neben der verfolgten Intention auch generelle Gestaltungskriterien zum Layout und unterstützt eine Vielzahl von graphischen Repräsentationsformen, darunter auch Karten, deren Einsatz in einer Präsentation automatisch gesteuert wird.

## 5.2 **Ansätze zur Modellierung von Aufgaben der Kartennutzung**

Auf Basis der Erkenntnisse zur automatischen Ableitung von Präsentationsformen erscheint es sinnvoll, die aufgezeigten Modelle der Kartennutzung noch einmal aufzugreifen (Kapitel 3) und im Kontext der Unterstützung eines Nutzers durch die Software zu diskutieren. Hierzu werden zwei Ansätze vorgestellt, die ihrerseits auf die Grundlagen des vorangegangenen Kapitels zurückgreifen.

Der erste Ansatz basiert auf einer Reihe von Forschungsarbeiten die unter dem Begriff der Geographischen Visualisierung zusammengefasst werden. Grundlage hierzu sind die Arbeiten von Slocum und Egbert (1992), DiBiase und MacEachren (1991), MacDougall, E.B. (1992), und weiter den Arbeiten von Monmonier (1989a, 1989b, 1992a, 1992b), Dykes (1997) sowie indirekt auf Arbeiten ohne geographischen Bezug, wie bspw. von Becker und Cleveland (1987), etc. Die Ergebnisse dieser Arbeiten wurden u.a. bei Müller (1995) besprochen und sollen an dieser Stelle nicht noch einmal aufgeführt werden.

Zum anderen wird auf Basis der Modelle zur Aufgaben-Analyse versucht, Taxonomien von Aufgaben zu entwickeln, die durch interaktive Verfahren abgebildet werden können. Aus diesem Bereich wird vor allem die Arbeit von Knapp (1995) diskutiert.

### **Geographische Visualisierung**

Nach MacEachren, et al (1999) ist zur Verbesserung von kartographischen Systemen im Rahmen seines Visualisierungsansatzes eine Unterstützung des visuellen Denkens (*visual thinking*), der Mustererkennung (*pattern noticing*) und der Erzeugung von Hypothesen (*hypothesis generation*) notwendig. Hierzu sollen interaktive Möglichkeiten in Karten realisiert werden, um die Nutzungsziele der Exploration, Analyse, Synthese und Präsentation zu erfüllen. Diese basieren auf drei generellen Ansätzen der Interaktion:

- *Focusing* als Betonung einer Auswahl von Daten z.B. durch Markieren (*highlighting*),
- *Brushing* als Interaktive Auswahl von Daten
- *Linking* als visuelle Verknüpfung mehrerer Präsentationen oder Medien.

Dabei wird davon ausgegangen, dass sich durch die Aufstellung von Zielen und Unterzielen eine operationale Ebene schaffen lässt, auf der visuelle Operationen gefunden werden können, die sich als abstrakte Funktionen durch die Implementierung von Interaktionsformen umsetzen lassen. In diesem Zusammenhang nennt MacEachren zwei mögliche Unterziele der Exploration und die entsprechenden abstrakten Funktionen.

<b>Exploration</b>	
<b>Unterziele</b>	<b>abstrakteFunktion</b>
Analyse räumlicher Muster	Markieren von Extremwerten Hervorhebung von Flächen als Regionen, Clustern oder Trends Aufzeigen der Bezüge von Daten in geographischen und thematischen Räumen Unterstützung der Exploration von Korrelationen möglicher Einflussgrößen
Analyse spatiotemporaler Verteilungen und Sachzusammenhänge	Überprüfen ( <i>examine</i> ) von Zeitreihen Überprüfen von Wertespanspannen ausgewählter Attribute

Abb. 77) Operationale Ebene der Exploration  
(nach MacEachren 1999)

In MacEachren, et al (1999) wird der Ebene der Analyse spatiotemporaler Verteilungen und Zusammenhänge besondere Aufmerksamkeit gewidmet. Auf Basis eines Prototypen werden interaktive Verfahren empirisch evaluiert und bewertet. Der Prototyp ist so aufgebaut, dass sich Eingaben des Nutzers immer auf Objekte außerhalb der Karte beziehen und eine Steuerung des Karteninhalts in räumlicher, zeitlicher und thematischer Hinsicht zulassen. Hierzu gehören eine Zeitleiste mit Vor- und Zurück-Schaltflächen und der Möglichkeit einen Zeitpunkt über einen Mausklick zu bestimmen, ein Werkzeug zur Veränderung der Klassifizierung der Choroplethenkarte und ein *Scatterplot* zur Darstellung von Werte-Verteilungen zwischen mehreren Attributen.

Wie in Howard und MacEachren (1996) deutlich wird, erfolgt die Beschreibung auf der operationalen Ebene hinsichtlich der Eigenschaften der Informationen, die an der Operation beteiligt sind. Die Autoren beziehen sich damit auf die in der Arbeit von Keller und Keller (1993) aufgestellten visuellen Operatoren, die sich ihrer Meinung nach auch auf die Geographische Visualisierung übertragen lassen. Andere Beispiele für interaktive Techniken finden sich vor allem bei Slocum (1999) und Peterson (1995), allerdings ohne eine entsprechende Systematik oder Zuordnung zu visuellen Operatoren oder zu entsprechenden Zielen der Nutzung.

Die Stärke dieses Ansatzes liegt in der Einbeziehung und Berücksichtigung multimedialer Komponenten und interaktiver Funktionen bei der Entwicklung von kartographischen Systemen, wie sie nicht zuletzt in der kartographischen Medientaxonomie in Kapitel 2.3 diskutiert wurden, allerdings ist eine Gliederung der Kartennutzung in Ziele, Operatoren und deren Implementierung letztendlich ein softwaretechnischer Verfahrensansatz, der nicht vollständig mit den geschilderten Ansätzen von Zhou und Feiner (1997, 1998) oder Casner (1991) übereinstimmt, die einen strukturell- beschreibenden Ansatz verfolgen. Vor dem Hintergrund der Modellierung einer Wissensbasis zur automatischen Ableitung von multimedialen Präsentationen ist dies jedoch der geeigneteren Ansatz. Die im folgenden vorgestellte Arbeit von Knapp (1995) basiert genau auf einem solchen Modell.

## Geographische Aufgaben - Analyse

Nach dem Ansatz von Casner (1991) können aus der Beschreibung von Aufgaben der Mediennutzung geeignete graphische Abbildungsformen abgeleitet werden. Knapp (1995) hat in diesem Rahmen die Forschung in zweierlei Richtung betrieben: Zum ersten stand die Entwicklung eines Modells zur Aufgabenanalyse der Kartennutzung im Vordergrund, das die spezifischen Anforderungen raumbezogener Visualisierung berücksichtigt, zum zweiten sollte dieses Modell an exemplarischen Studien zum Einsatz kommen und hinsichtlich der Anwendbarkeit überprüft werden. Knapp gliedert alle anfallenden Aufgaben eines Anwenders zunächst in einer Aufgabenstruktur, die einzelnen Aufgaben werden nach einem an Casner angelegten Modell beschrieben. Diese Aufgaben werden im Entwurfsmodell auf der Basis der strukturellen Ansätze der Bertin'schen Semiotik abgebildet. Diese Gliederung von Aufgaben entspricht weitestgehend den Ansätzen, Kartennutzung durch Aufgaben zu beschreiben (vgl. Kapitel 3).

Die **Aufgabenstruktur** bildet die hierarchischen Verknüpfung der konkreten Aufgaben eines Wissenschaftlers (eines Nutzers) ab. Diese konnten aus durchgeführten Interviews und Beobachtungen abgeleitet werden.

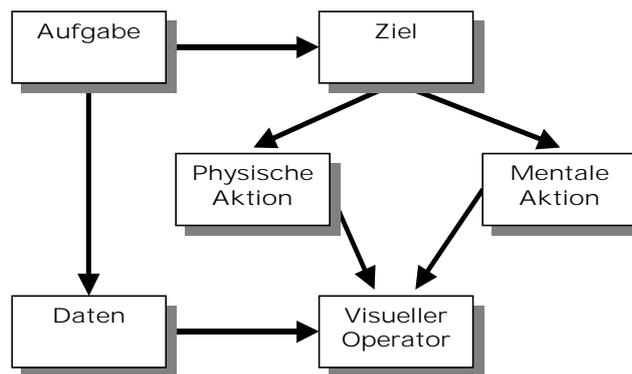


Abb. 78) Aufgabenmodell  
nach Knapp (1995)

Das **Aufgabenmodell** (*task model*) beschreibt eine Aufgabe über Ziele, physische Aktionen, mentale Aktionen, Daten und visuelle Operatoren.

- Eine Aufgabe wird durch das erwartete Ergebnis beschrieben, z.B.: *"Erstelle einen Satz von Informationsgrundlagen zu klimatischen Gegebenheiten eines Gebiets"*.
- Ein Ziel umfasst, warum es erreicht werden soll, z.B.: *"um in der Lage zu sein, das derzeitige Klima im Kontext des erwarteten Klimas zu beschreiben"*.
- Eine physische Aktion umfasst, wie die Aufgabe bearbeitet wird, z.B.: *"Daten erfassen und Isolinienkarte herstellen"*.
- Eine mentale Aktion umfasst den gedanklichen Prozess, der zur Bearbeitung notwendig ist, z.B.: *"wenn der Niederschlag in einer Gegend enorm hoch ist, überprüfe die entsprechende Höhenstufe des Geländes"*.

- Daten umfassen die Datensätze, die zur Bearbeitung herangezogen werden, sie werden nach der Dimension, dem Skalierungsniveau und dem Rang (*rank*, hier besser: dem Datentyp) eingestuft.
- Ein visueller Operator umfasst einen elementaren Operator zur visuellen Interaktion mit der Graphik (dem Medium): vier allgemeine Operatoren werden vorgegeben: Identifizieren, Lokalisieren, Vergleichen und Verbinden, z.B.: "*Identifiziere die Verteilung des Niederschlags über die Zeit, Verbinde den Niederschlag mit der Topographie*".

Die visuellen Operatoren der Liste entsprechen einer reduzierten Menge von Operatoren aus den Arbeiten von Casner (1991) und Wehrend und Lewis (1990), um bei der Durchführung von Befragungen keine Definitionsprobleme zu bekommen. Im Rahmen des Entwurfmodells werden diese allgemeinen visuellen Operatoren dann weiter differenziert.

Im **Entwurfmodell** werden die visuellen Operatoren einer Aufgabe als Ausgangspunkt genommen. Zur Ableitung einer graphischen Repräsentation der Operation werden zunächst die beteiligten Komponenten (im Sinne von Bertin) identifiziert, z.B.: im oben genannten Operator "*Identifiziere die Verteilung des Niederschlags über die Zeit*" sind es Raum, Menge des Niederschlags und Zeit. Die Wertespanssen aller Komponente (deren Länge nach Bertin) werden ermittelt und der visuelle Operator nach den Beziehungen der Komponenten aufgeteilt. Schließlich kann eine graphische Repräsentation der Aufgabe aus diesen Merkmalen abgeleitet werden.

Knapp behandelt in diesem Rahmen Aufgaben zur Identifizierung, Klassifizierung, Lokalisierung, zum Vergleich und zur Verknüpfung.

Die Identifizierung umfasst demnach alle gedanklichen Vorgänge, die zur Bestimmung von Eigenschaften von Objekten aus deren graphischer Repräsentation dienen. Knapp gliedert diese in eine räumliche, eine zeitliche und eine assoziative Identifizierung (vgl. Abb. 79). Als Untergruppe der Identifizierung kennzeichnet Knapp die Operatoren zur Klassifizierung, die einer Zuordnung zu einer Klasse entsprechen, wobei je nach Skalierungsniveau des klassenbildenden Merkmals und in räumliche und zeitliche Klassifizierungen unterschieden wird (vgl. Abb. 79).

Zur Lokalisierung gehören wiederum räumliche und zeitliche Aspekte der Bestimmung einer Position oder Grenze von Objekten. Dabei wird unterschieden, ob diese Positionen absolut, als Referenz in einem Koordinatensystem, oder relativ zu anderen Objekten, bzw. Referenzen gebildet werden (vgl. Abb. 80).

In dem Beitrag von Knapp werden die Vergleichsaufgaben nur am Rande behandelt und als die Bestimmung von Unterschieden und Gemeinsamkeiten definiert. Ähnlich wie bei der Verknüpfung (vgl. Abb. 81) kann aber davon ausgegangen werden, dass es neben rein räumlichen und zeitlichen Vergleichen auch deren Kombination als raum-zeitliche Vergleiche sinnvoll sind (vgl. Abb. 80).

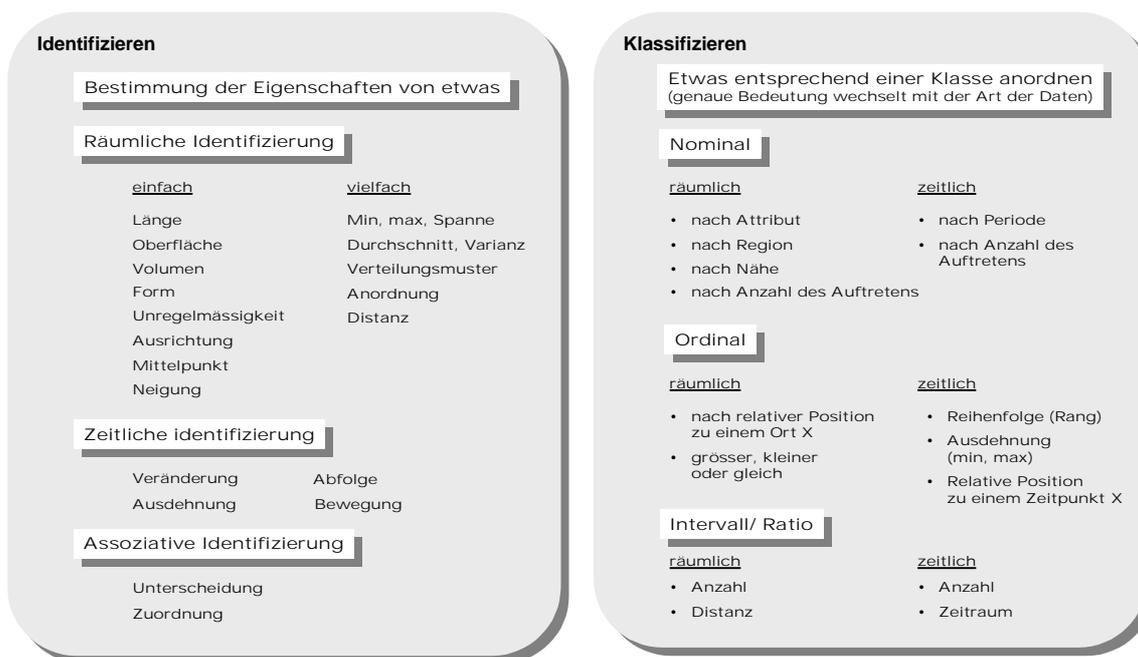


Abb. 79) Definition und Gliederung von Identifizierungs- und Klassifizierungsaufgaben (nach Knapp 1995)

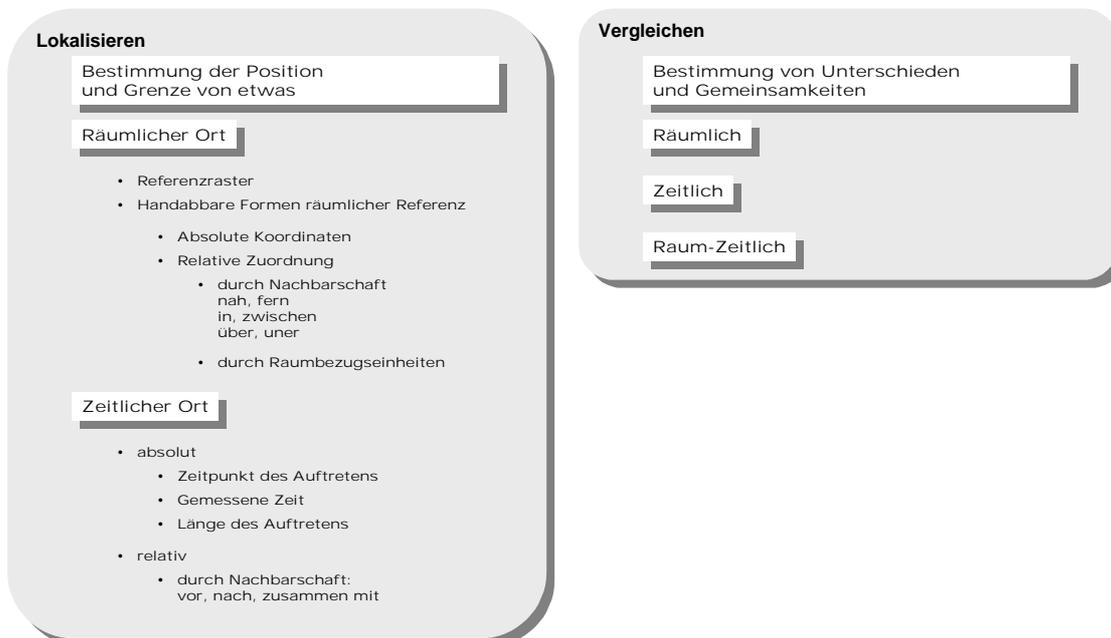


Abb. 80) Definition und Gliederung von Lokalisierungs- und Vergleichsaufgaben (nach Knapp 1995)

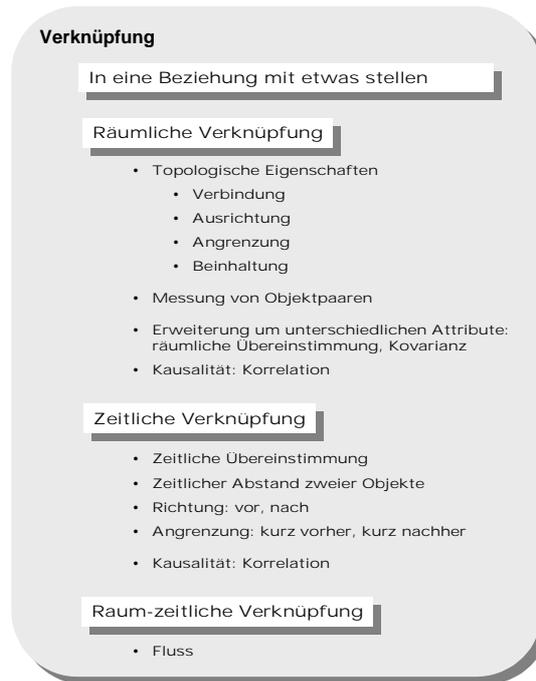


Abb. 81) Definition und Gliederung von Verknüpfungsaufgaben (nach Knapp 1995)

Die vorgestellte Gliederung ist von besonderer Bedeutung für die methodische Vorgehensweise zur Aufgabendefinition, da hier ein wesentliches Augenmerk auf die Definition und Abgrenzung der Begrifflichkeiten gelegt wurde. Dies ist unbedingt notwendig, um sie in einem Modell operationalisieren zu können. Allerdings fehlen Hinweise auf konkrete Abbildungsmöglichkeiten und Beispiele graphisch-interaktiver Aktionen, wie sie bspw. Zhou und Feiner (1998) in ihrer Task-Taxonomie ausgeführt haben. Zudem sind die aufgeführten Aufgaben als Ergebnisse von empirischen Befragungen nicht notwendigerweise repräsentativ und müssen demnach von Anwendungsfall zu Anwendungsfall neu ermittelt werden, worauf in Kapitel 6 zurück zu kommen sein wird. Ein weiterer Nachteil des Ansatzes ist, dass die Ziele der durchzuführenden Handlungen nicht mehr explizit den einzelnen Operatoren zugeordnet werden, bzw. deren Kontext nicht berücksichtigt wird.

Basierend auf dem Ansatz der Wahrnehmungsräume (vgl. Kapitel 3) wird im folgenden dieser Kontext im Modell der Arbeitsgraphik berücksichtigt.

### 5.3 *Das Modell der Arbeitsgraphik*

Die Unterstützung des Nutzers bei der Analyse raumbezogener Informationen kann in vielfältiger Form durch den Einsatz von kartographischen Medien erfolgen. Zum einen ist die graphische Repräsentation des Georaumes bereits ein Hilfsmittel für die Planung, Durchführung und Kontrolle von Handlungen in der Umwelt. Wie allerdings alle semiotischen Systeme beruht auch der Umgang mit der Karte auf Konventionen, die spezielle Fähigkeiten des Nutzers erfordern (Nöth 2000, Eco 1994). Erst diese ermöglichen ihm den sinnvollen Einsatz des Medium zur Unterstützung seiner Tätigkeit. Wie die vorangegangenen Kapitel gezeigt

haben sollten, ist es durchaus möglich, die Gestaltung kartographischer Medien auf unterschiedliche Anforderungen des Nutzers anzupassen, indem seine Handlungen und Fähigkeiten oder seine Handlungsumgebung analysiert und die graphisch-interaktiven Verfahren darauf ausgerichtet werden.

Um aber die Herstellung der Medien planbar zu machen und ein Entwicklungsmodell der Herstellung interaktiver kartographischer Systeme aufzustellen, müssen die bislang unabhängig voneinander dargelegten Erkenntnisse zur graphischen Modellierung innerhalb einer kartographischen Medientaxonomie, zu Nutzungsmodellen und zur Entwicklung interaktiver Bausteine kartographischer Medien zusammengefügt werden.

Zu diesem Zweck wird der Ansatz der Arbeitsgraphik gewählt, den Bollmann (1996b) als Grundlage der Unterstützung kartographischer Nutzungsprozesse beschreibt und der mittlerweile, nicht zuletzt durch die Arbeiten innerhalb des Forschungsprojektes zur Kartographischen Bildschirmkommunikation, auch empirisch untersucht wurde (Heidmann 1999, Bollmann; Heidmann; Johann 1999).

Zur Erläuterung des Ansatzes der Arbeitsgraphik ist es sinnvoll, neben der Karte und anderen analogen Medien, als Wissensträger zusätzlich die Komponenten Realität und Daten zu unterscheiden (Bollmann; Uthe 2000). Zum einen werden die analogen Medien genutzt, um Daten abzubilden, zum anderen werden, etwa bei der Kartierung, Daten über die Realität unter Einsatz der Medien erhoben.

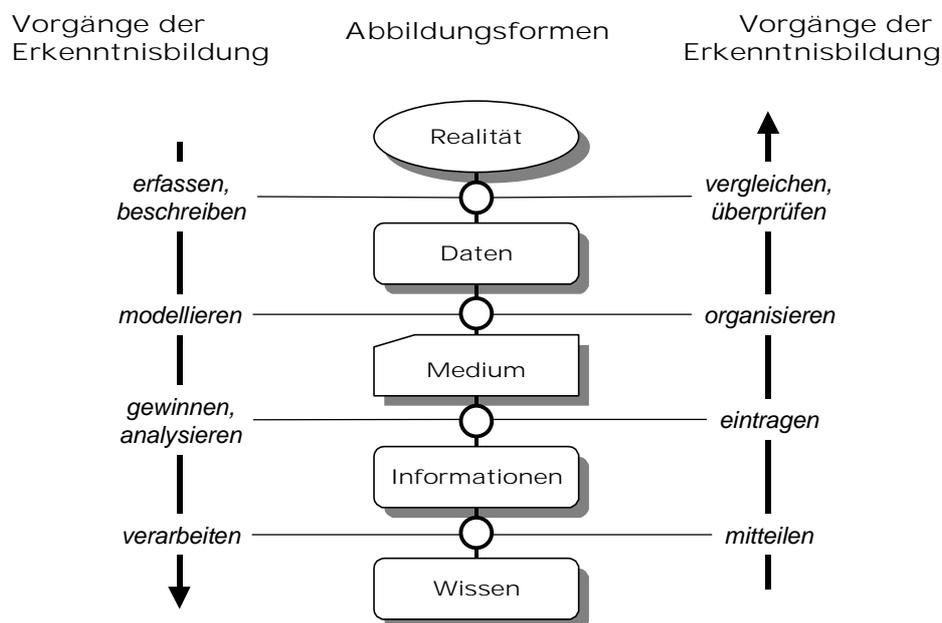


Abb. 82) Abbildungsformen und Vorgänge der georäumlichen Erkenntnisbildung (verändert nach Bollmann; Uthe 2000)

So wird erklärt, wie Erkenntnisse aus materiellen Trägern in immaterielle Formen als Information und Wissen übertragen werden, wobei Transformationen in beiden Richtungen stattfinden.

In diesen Gesamtrahmen eingegangen können erkenntnisbildende Vorgänge in kartographischen Medien als Prozesse der Informationsentnahme und der gedanklichen Weiterverarbeitung verstanden werden, die auf einer Menge und Kombination visuell-kognitiver Operationen basieren (Heidmann 1999). Aus kartographischen Medien ableitbare Informationen können sein (vgl. Abb. 83):

- **lagebezogene Informationen:** Bildung einer Referenz zur Lage von Objekten im Raum
- **zustandsbezogene Informationen:** Ableitung geometrischer und thematischer Merkmale von einzelnen Objekten.
- **Beziehungsinformationen:** Ableitung von Beziehungen zwischen Objekten, die sich aus geometrischen oder thematischen Merkmalen ergeben.
- **Mengeninformationen:** Ableitung von Summen und Differenzen von Mengen von Objekten in der Karte
- **regionale Informationen:** Ableitung von Abgrenzungen, typischen Verteilungsmustern und deren Ausprägung in der Karte.

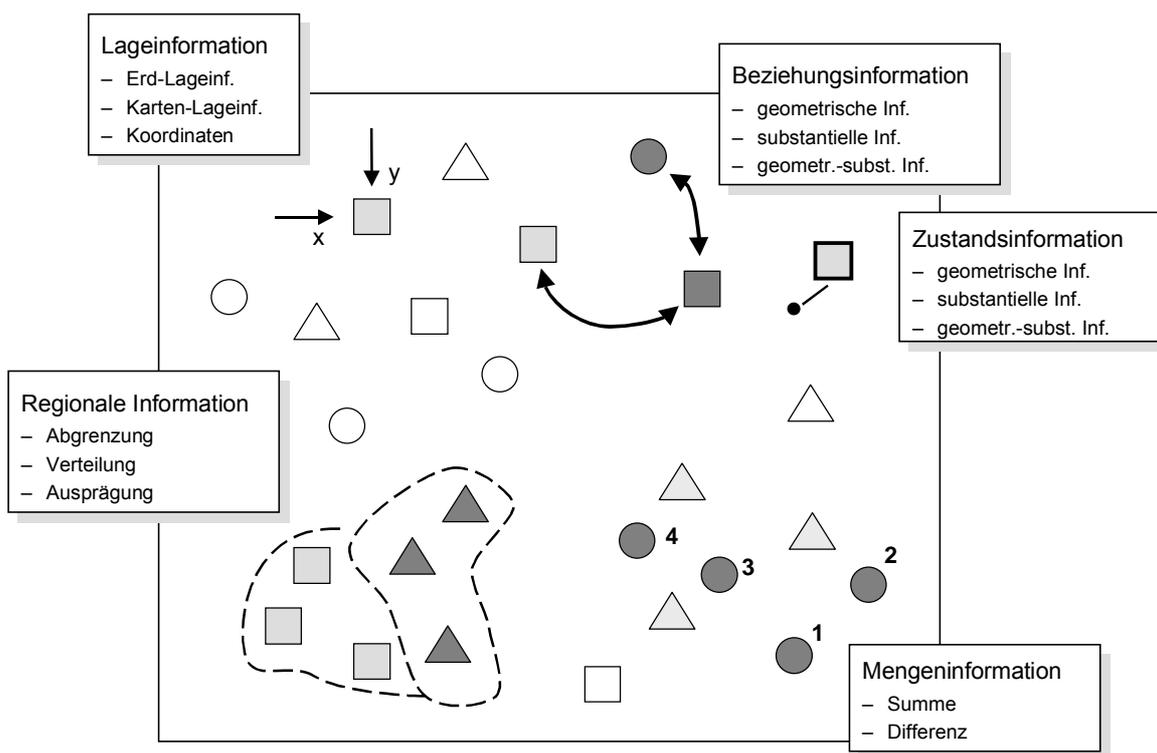


Abb. 83) Informationsentnahme aus Karten  
(verändert nach Tainz 1997)

Aus Sicht der Karte lässt sich der stattfindende Erkenntnisprozess durch zwei Funktionsbereiche steuern:

- Über die Kartengraphik als Präsentationsgraphik, mit der Funktion, den Nutzer durch Auflösung von visuellen Assoziationen und Analogien zu Erkenntnissen kommen zu lassen

- Durch Funktionen kommunikativ ausgerichteter Stimuli, als Arbeitsgraphik, die den Nutzer bei der Wissensrepräsentation aktiv unterstützen.
- Die zum zweiten Bereich gehörenden kartographischen Steuerungskomponenten bilden die Arbeitsgraphik, die im Prozess der Kartennutzung eingesetzt wird (vgl. Kap. 3.2), um die Erkenntnisziele eines Nutzers in einer jeweiligen Phase zu berücksichtigen.

Je genauer entsprechende visuell-kognitiven Operationen identifiziert werden können, desto geeigneter kann die Auswahl der Arbeitsgraphik sein und als graphische Aktion, z.B. innerhalb von Interaktionen mit der Karte erreicht werden. Dies kann die Unterstützung folgender Operationen betreffen (Bollmann; Uthe 2000):

- der Informationsentnahme auf der Ebene der notwendigen **Dekodierung** kartographischer Zeichen und Zeichenmuster als Unterstützung der Verwendung eines Mediums und
- funktional-operativer Vorgänge zur Erzeugung von alternativen Sichten, Berechnungen, Messungen und der Navigation in den Medienbeständen als Unterstützung von **Systemoperationen**.
- der Informationsrepräsentation zur **Eingabe**, Anpassung und Korrektur von Daten, die aus Beobachtungen der Realität oder aus dem Ergebnis der Kartennutzung abgeleitet wurden.

Die Arbeitsgraphik wird in dem jeweiligen kartographischen Medium ergänzend zur Präsentationsgraphik eingesetzt, wobei der Legende als Teil einer Gliederung möglicher Interaktionsobjekte (Kapitel 4.2.3) besondere Funktion zugeordnet werden kann. Demnach kann zunächst zwischen Arbeitsgraphik in der Karte und in der Legende unterschieden werden, letztendlich auch, da Karte und Legende grundsätzlich unterschiedliche kommunikative Funktionen haben (Freitag 1992a). Schließlich ergeben sich drei Ansatzpunkte für graphische Aktionsformen (Bollmann 1996b, Heidmann 1999, vgl. Abb. 84):

- im Kartenbild, und damit bezogen auf die Objektklassen, Teilklassen und Objekte im Sinne des Referenzmodells einer Karte (vgl. Kapitel 2.2)
- in der Legende, bezogen auf die erläuternde und zusammenfassende Darstellung der Objekt- und Teilklassen in den einzelnen Legendenteilen.
- außerhalb der Karte, d.h. in anderen, nicht-kartographischen Medien, die mit Elementen aus der Karte, bzw. der Legende verknüpft sind.

Bei Heidmann (1999) finden sich zahlreiche Beispiele für Arbeitsgraphik, zusätzlich unterscheidet er in diesem Zusammenhang zwischen adaptiver und adaptierbarer Unterstützung des Nutzers: adaptive Arbeitsgraphik passt sich im Sinne adaptiver Benutzerschnittstellen (Kapitel 4) automatisch einer Aufgabe und Nutzungssituation an, während adaptierbare Arbeitsgraphik durch den Nutzer anpassbar und wählbar ist.

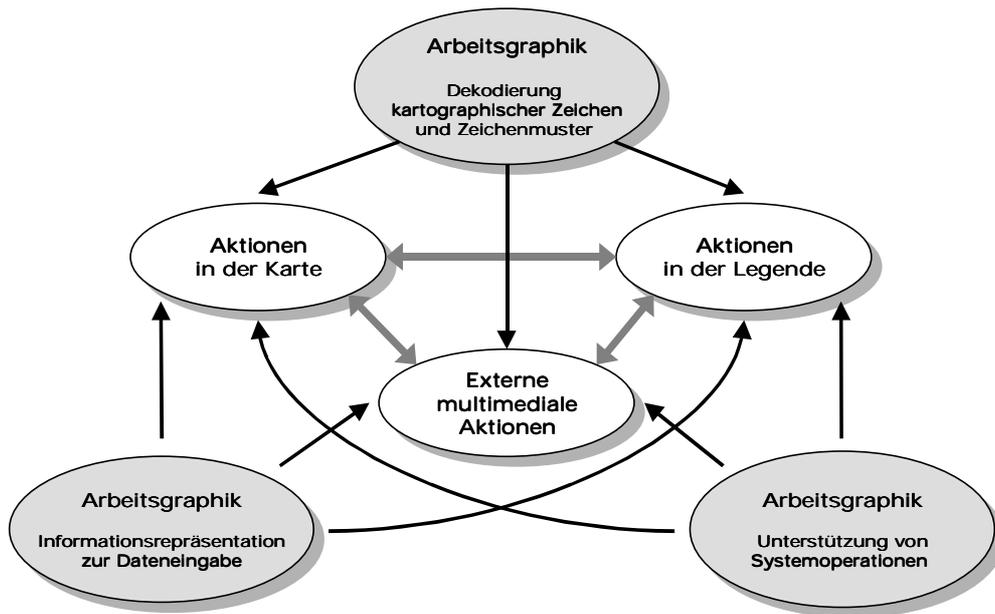


Abb. 84) Einsatzbereiche graphischer Aktionsformen

Aus dem Schema (vgl. Abb. 84) wird des weiteren deutlich, dass die Beziehungen der Medien untereinander definiert werden müssen. Dies kann einerseits auf der Basis der kognitiven, kommunikativen oder handlungsorientierten Funktion eines Mediums geschehen oder andererseits durch die Veränderung, die der Einsatz von Arbeitsgraphik erzeugt. Generell kann dabei unterschieden werden, ob die Arbeitsgraphik den repräsentierten Inhalt oder Teile davon in ihrem Aufbau verändert, betont, erweitert oder transformiert (Bollmann; Johann; Heidmann 1999).

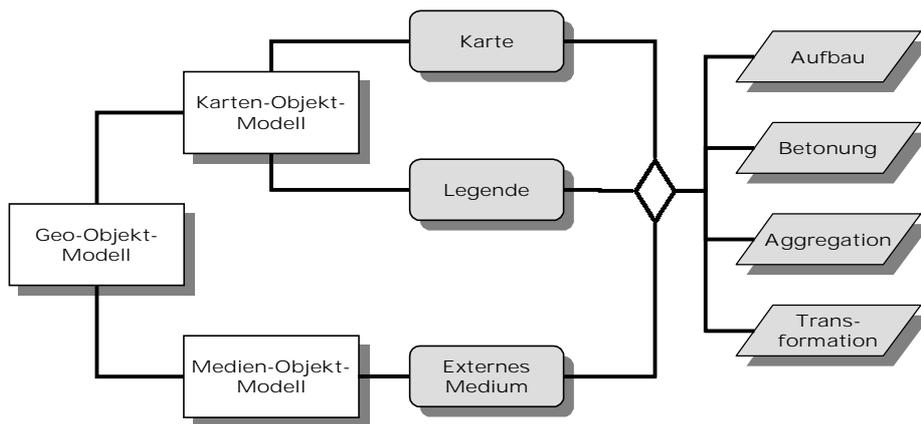


Abb. 85) Informationsveränderung durch Anwendung von Arbeitsgraphik in Medien

Der **Aufbau** steuert das zeitliche Verhalten des Mediums und damit die Reihenfolge, in der die Zeichen präsentiert werden, zur **Betonung** werden all diejenigen graphischen Aktionen gerechnet, die geeignet sind, einzelne Zeichen gegenüber anderen graphisch hervorzuheben. Eine Veränderung der **Aggregation** bedeutet die Differenzierung oder Klassifizierung

des repräsentierten Inhalts und die **Transformation** schließlich basiert auf einer Graphik, die aus einer Neuberechnung der zugrundeliegenden Daten (im Geo-Objekt-Modell) beruht.

Die Art der daraus resultierenden Informationsveränderung bedarf einer Strukturierung der Objekt- und Graphikstruktur der Medien, die es erlaubt, auf diese flexibel zugreifen und verändern zu können. Um bspw. den Aufbau einer Karte in Form einer Animation oder Sequenz von Zeichenschritten zu verändern, müssen deren Objekte, Teilklassen oder Objektklassen im Karten-Objektmodell zugreifbar sein. Ebenso ist dies zur Betonung von Objekten notwendig, die ein Nutzer aufgrund einer Auswahl in der Legende graphisch hervorheben möchte.

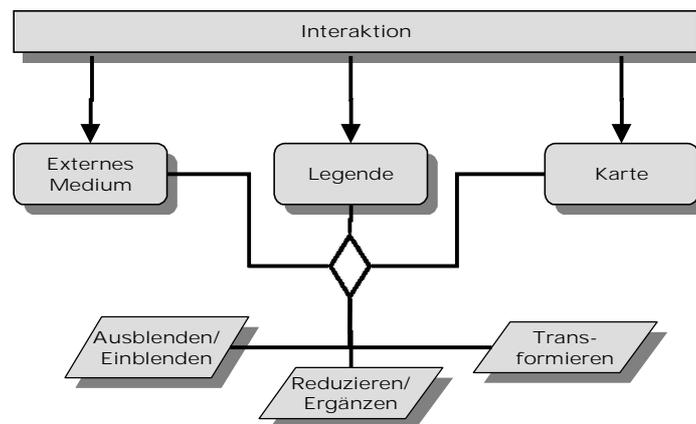


Abb. 86) Beziehungseigenschaften von Medien auf der Basis von Interaktionen

Alle unterschiedlichen Repräsentationsformen müssen sich letztlich auf ein gemeinsames Geo-Objekt-Modell als Datenbasis beziehen, aus denen die Beziehungen der Medien untereinander ableitbar sind, bspw. bei der Verknüpfung eines Strukturbildes zur Erläuterung eines Begriffs in der Legende oder der Verknüpfung eines Photos mit einem Objekt in der Karte (vgl. Abb. 85).

Die Medien haben demnach auch untereinander Beziehungen der gegenseitigen Beeinflussung, in dem eine Interaktion mit einem Medium die graphische Veränderung in einem anderen verursacht (vgl. Abb. 86).

- Grundsätzlich kann auf Basis einer Interaktion mit einem Medium ein anderes ein- oder ausgeblendet werden. Bspw. öffnet sich durch Anklicken eines Kartenobjekts ein verbundenes Photo oder ein beschreibender Text.
- Darüber hinaus kann die Interaktion die Reduktion oder Ergänzung des Inhalts in einem Medium bewirken. Bspw. werden Kartenelemente bei Eingaben in der Legende in der Karte ein- oder ausgeblendet.
- Eine Transformation des Inhalts findet statt, wenn bspw. die Klassifikation eines Datensatzes aus der Legende heraus verändert wird und dies in der Karte zu anderen Veränderung der Darstellung führt.

Die folgende Gliederung von Beispielen zur Arbeitsgraphik soll in diesem Rahmen einen Überblick denkbarer und bereits realisierter Ansätze bieten (vgl. dazu auch Heidmann 1999,

Tainz 1997), aber auch zeigen, wie andere Arbeiten zur interaktiven Graphik in Karten sich in das Konzept der Arbeitsgraphik integrieren lassen.

<b>Graphische Aktionen im Kartenbild:</b>	
<i>Veränderung der Präsentationsgraphik</i>	Dynamische Zeichen: Bewegung, Veränderung Betonung von Zeichen: Veränderung von Kontrast, Größe, etc.
<i>Überlagerung der Präsentationsgraphik:</i>	Hinweisende Zeichen: z.B.: indexikalische Zeichen (Bollmann 1981) Erläuternde Zeichen: z.B. Choreme (Brunet 1987) Interaktive Graphik: z.B.: kartometrische Werkzeuge, Dateneingabe und Markierung
<b>Graphische Aktionen in der Legende:</b>	
<i>Funktionale Ausrichtung</i>	Umstrukturierung der Legendenteile (z.B. bei Buziek 1999)
<i>Ergänzende Erläuterungen</i>	z.B.: Diagramme, <i>summary graphics</i> (Monmonier 1992b)
<b>Externe graphische Aktionen</b>	
<i>Alternative Sicht auf denselben Inhalt</i>	VR-Szene zu einem Kartenausschnitt
<i>Vertiefung und Ergänzung von Inhalten</i>	Text, Bild, etc. (im Sinne kognitiver Medientypen)
<b>Beeinflussung der Präsentation:</b>	
<i>Auswahl von Präsentationseinheiten</i>	Räumlich: Übersichtskarte, Zoom Inhaltlich: Layer-Auswahl Zeitlich: z.B.: <i>temporal brush</i> (Monmonier 1989a)
<i>Steuerung des Präsentationsablaufs</i>	Räumlich: Navigation, etwa in Virtuellen Welten Inhaltlich: Sequenzierung (z.B. EXPLOREMAP von Egbert; Slocum 1992) Zeitlich: Ablaufsteuerung in Animationen (z.B. bei Dransch 1997a)

Abb. 87) Übersicht zu Bereichen von Arbeitsgraphik

Übertragen auf die Diskussion zu einem Interaktionsmodell für Kartenobjekte (Kapitel 4.2) kann festgestellt werden, dass das Konzept der Arbeitsgraphik mehrere Aspekte interaktiver Graphik vereint. Im Sinne Andersens (1990) Zeichentypologie kann Arbeitsgraphik permanente, transitorische und handhabende Eigenschaften aufweisen, auf Basis dessen sie erstens als *actor signs* aufgefasst werden kann, z.B. Choreme, die dem Kartennutzer die Exploration geographischer Muster erleichtern sollen. Als *controller signs* beeinflussen sie zweitens andere Kartenzeichen, indem sie dem Nutzer anzeigen, dass er, z.B. durch Anklicken einer Legendenkategorie, Zeichen in der Karte selektiert, als *object signs* können sie drittens bspw. die Graphik kartometrischer Werkzeuge beschreiben, die auf die aktuelle Graphik im Kartenbild ausgerichtet werden muss. Diese Einteilung kann bei der Entwicklung interaktiver Kartensysteme genutzt werden, um das Verhalten von Programmobjekten zu beschreiben und zu planen.

---

## 6 Modellierung kartographischer Anwendungsbereiche

---

Die Gestaltung interaktiver kartographischer Medien wird im wesentlichen durch die Anforderungen und Nutzungsbedingungen eines Anwendungsbereiches bestimmt, in dem sie eingesetzt werden sollen. Darüber hinaus soll die Herstellung entsprechender multimedialer Kartensysteme nachvollziehbar, wiederholbar und vor allem effektiv hinsichtlich des Einsatzes von Ressourcen sein.

Im folgenden soll ein Entwicklungsmodell kartographischer Medien vorgestellt werden, das diesen Anforderungen gerecht zu werden versucht. Im Mittelpunkt stehen die Methoden zur Analyse und Entwurf solcher Systeme und ihre zeitlich-logische Abfolge, über die eine schrittweise Konkretisierung von Herstellungskonzepten erreicht werden soll. Hierzu werden zunächst allgemeine Ansätze, im wesentlichen des *Software-Engineering* und der Software-Ergonomie vorgestellt, aus denen ein Phasenmodell der Systementwicklung abgeleitet wird.

Übertragen auf die Modellierung kartographischer Systeme wird die Anwendung spezifischer Methoden und Darstellungsmittel innerhalb der einzelnen Phasen des Modells vorgeschlagen.

### 6.1 *Der Entwicklungsprozess multimedialer Kartensysteme*

Herstellungsverfahren von Software-Produkten sind durch einen Entwicklungsprozess gekennzeichnet, in dem sich spezifische Methodiken und Abläufe als effektiv herausgestellt haben. Die Effektivität drückt sich dadurch aus, dass ein Produkt so gut wie möglich auf die Anforderungen eines Auftraggebers oder einer Zielgruppe abgestimmt ist, Zeit- und Finanzierungspläne eingehalten werden und die Qualität und Fehlerfreiheit des Produkts gewährleistet werden können (Booch 1994). Bevor ein solches Entwicklungsmodell auf die Kartographie übertragen wird, sollen zunächst die unterschiedlichen Grundkonzepte zu Entwicklungszyklen, wie sie in der Informatik entwickelt wurden, beschrieben und bewertet werden. Hieraus werden spezifische Anforderungen für die Entwicklung multimedialer Kartensysteme abgeleitet.

#### **Konzepte des Entwicklungsprozesses**

Der Anwendung von Entwicklungs- oder Vorgehensmodellen, die über die Herstellung von Karten oder Atlanten hinausgehen und die Entwicklung DV-gestützter Erzeugnisse zum Ziel haben, wurden in der Kartographie bislang wenig Aufmerksamkeit gewidmet. Die Darstellung von Modellen und Verfahren aus unterschiedlichen Bereichen der Informatik, insbesondere dem *Software-Engineering*, der Software-Ergonomie und der Multimediaentwicklung soll aufzeigen, auf welcher Basis die Herstellung interaktiver kartographischer Medien geplant und ausgeführt werden kann. Allen Modellen gemeinsam ist dabei die schrittweise Annäherung an eine mögliche Implementierung und die explizite Trennung von Konzeption und Realisierung im Entwicklungsprozess.

Die Methoden des *Software-Engineering* sind nach Paradigmen der Softwareentwicklung gegliedert (Bischofberger; Pomberger 1991), wobei sich zwei generelle Typen von Vorgehensmodellen etabliert haben, die auf unterschiedlichen Abläufen basieren. Während der *Sequential Life-Cycle*, auch als Wasserfall-Lebenszyklus bezeichnet, den Entwicklungszyklus einer Software durch die nacheinander ablaufenden Phasen der Herstellung beschreibt, geht das *Prototyping* von einem Zyklus der Verfeinerung auf der Basis eines Modells der endgültigen Software aus.

Der Wasserfall-Lebenszyklus wird seit den 70'er Jahren als ein verbreitetes Konzept zur Entwicklung von Softwaresystemen genutzt. Das Konzept gliedert die Softwareentwicklung in vier (Yourdon 1991) bzw. sechs Phasen (Bischofberger; Pomberger 1991), innerhalb derer sich einzelne Arbeitsschritte zu Analyse, Design, Implementierung, Test und Einsatz der Software zusammenfassen lassen.

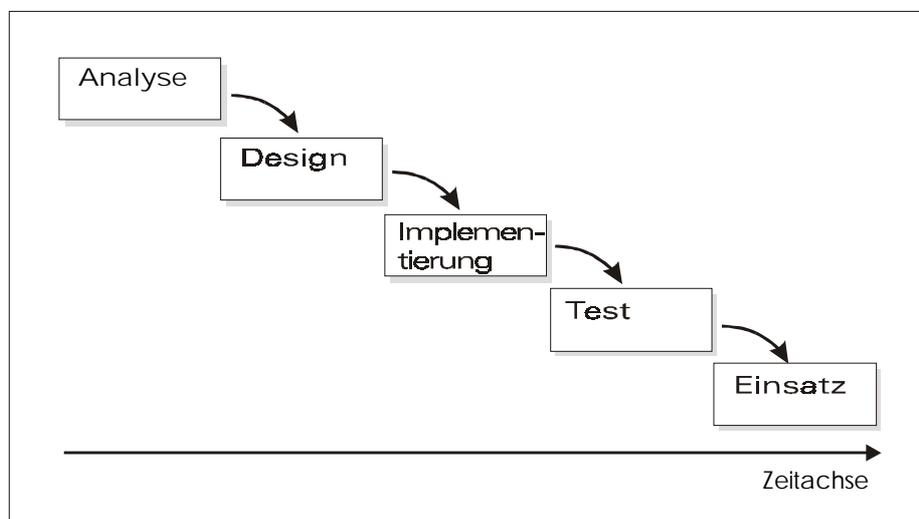


Abb. 88) Phasen des Sequential Life-Cycle  
(verändert nach Bischofberger; Pomberger 1991 und Yourdon 1991)

Das Problem des Ansatzes liegt in der Unterstellung eines sequentiellen Ablaufs der Softwareentwicklung, in dem alle Phasen einmalig durchlaufen werden. In der Anwendung dieses Konzepts übertragen sich Fehler in einer frühen Phase, etwa bei der Analyse der Anforderungen von Benutzern oder des Anwendungsgebietes, auf alle folgenden Entwicklungsschritte und werden erst beim Einsatz der Software, also ganz am Ende des Prozesses bemerkt. Änderungen erfordern dann häufig einen neuen, vollständigen Entwicklungszyklus und sind daher sehr zeitaufwendig und teuer (Bischofberger; Pomberger 1991, Yourdon 1991).

Der Prototyping Lebenszyklus geht davon aus, dass möglichst früh, im besten Fall nach einer Analysephase, ein nicht voll funktionsfähiges Modell des Softwareprodukts - der Prototyp - zu entwickeln sei. Anhand dieses Modells werden in Zusammenarbeit mit den Benutzern des Systems die Anforderungen so lange neu analysiert, bis ein ausgereiftes und zufriedenstellendes Konzept zur Implementierung bereitsteht.

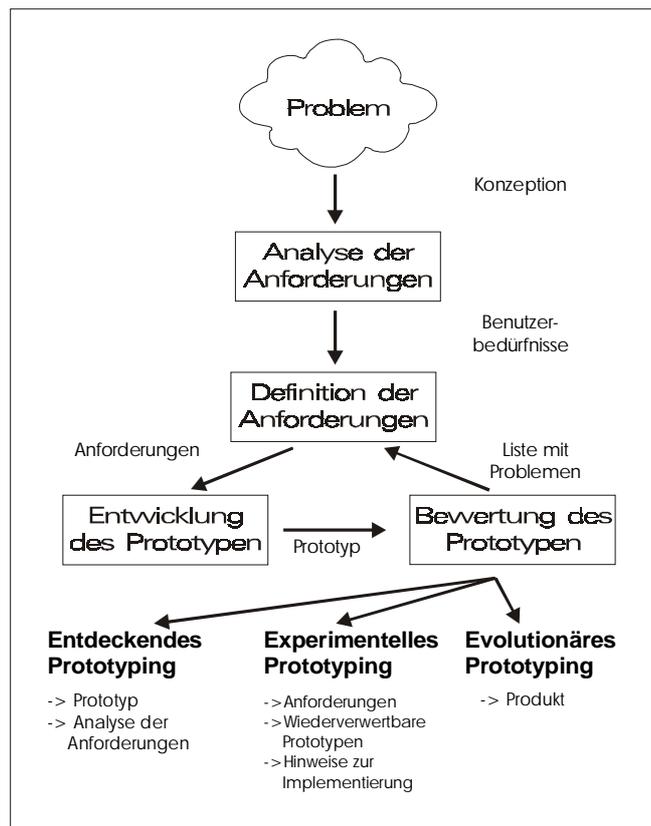


Abb. 89) Prototypen-Lebenszyklus  
(nach Bischofberger; Pomberger 1991)

Das Ziel der Prototypenentwicklung ist es, so früh wie möglich ein ausführbares Programm zu besitzen (Bischofberger; Pomberger 1991), um

- die Anforderungen der Benutzer besser analysieren zu können;
- eine optimalere Systemarchitektur zu entwickeln;
- ein ausbaufähiges Kernsystem zu besitzen.

Übertragen auf die Entwicklung von Multimediasystemen wird häufig gegen eine vollständige Verwendung des Prototypen-Modells argumentiert, da viele Arbeitsschritte der Medienherstellung selbst sehr aufwendig sind, wie z.B. Filmaufnahmen, so dass Wiederholungen und Verfeinerungen solcher Arbeiten ineffektiv sind (Boles 1998). Dennoch bietet sich das Prototyping innerhalb des Kommunikationsprozesses mit potentiellen Nutzern eines Systems zur Erstellung einer Benutzerschnittstelle an, auch wenn viele Funktionen und Medien zunächst durch "Platzhalter" ersetzt werden müssen.

Die Methode des Prototyping erlaubt demnach eine sukzessive und iterative Vorgehensweise, bei der die zukünftigen Benutzer mit in den Entstehungsprozess eingebunden werden können. Dies sichert eine höhere Akzeptanz auf Seiten der Benutzer und tiefere Einsicht in die Bedürfnisse auf Seiten der Entwickler. Andererseits kann nicht allein das Vorgehensmodell für den Erfolg einer Software-Entwicklung verantwortlich gemacht werden, denn in jeder Phase müssen Methoden herangezogen werden, die zur Bewältigung der jeweiligen Aufgaben geeignet sind (Booch 1994).

## Multimedia-Entwicklung

Eine weitere Variante im Aufbau von Entwicklungsmodellen betrifft eine mögliche Parallelisierung von Arbeitsschritten, wie sie bei Multimedia-Produkten häufig anzutreffen sind. Schifman (1999) gliedert daher die Multimediaentwicklung in die Phasen zur Erstellung einer Konzeptskizze (als Ergebnis einer Analyse des Anwendungsbereiches), der Herstellung eines Storyboards (teilweise mit prototypischem Charakter) und der Aufstellung der Hard-/Softwarebedingungen als Phase des Designs. Ab diesem Punkt lässt sich die Entwicklung parallel zwischen einem Team zur Herstellung der Medien oder Assets-Entwicklung und dem Team zur Programmierung betreiben, anschließend wird das Gesamtprodukt getestet und vertrieben (vgl. Abb. 90).

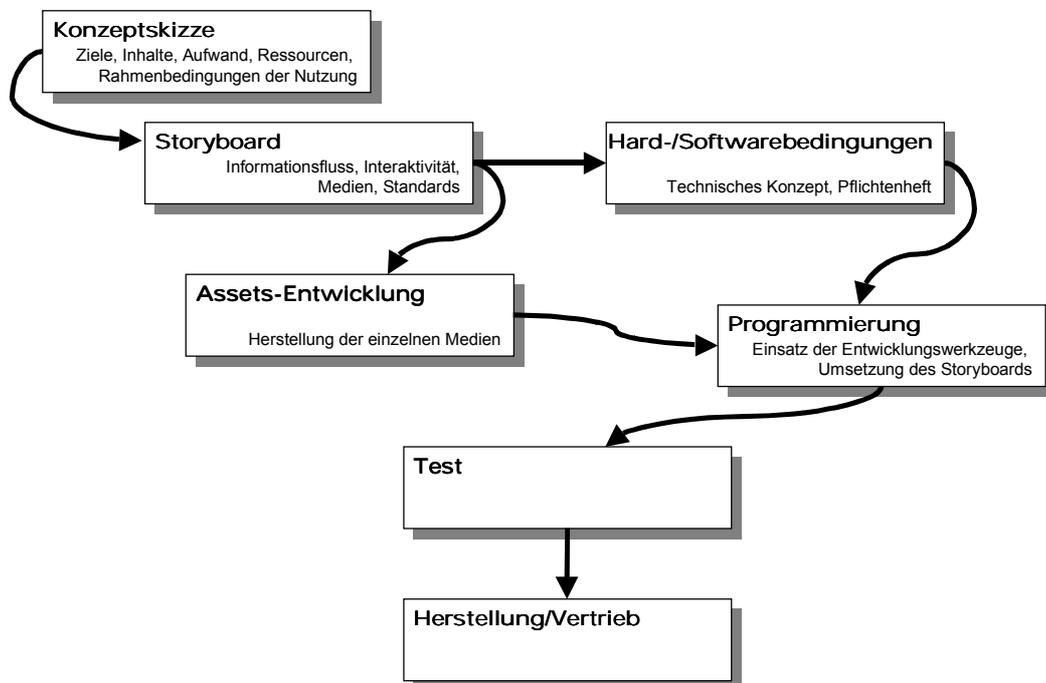


Abb. 90) Globales Ablaufschema für die Multimedia-Produktion (nach Schifman 1999)

Innerhalb dieser Arbeitsphasen kommen zahlreiche methodische Ansätze zum Tragen, wobei ein deutlicher Trend hin zur Ausweitung und Verbesserung von Analyse- und Entwurfsverfahren festzustellen ist, und damit zu Bereichen des Produktionsprozesses, die bislang weniger systematisch behandelt wurden. (Jonassen 1999, Roberts; et al 1998). Um den Methodeneinsatz in den einzelnen Phasen besser einordnen zu können, ist es sinnvoll, zu berücksichtigen, dass damit die Konkretisierung einer Planung und Herstellung erreicht werden soll. Ein typisches Beispiel ist das Entwicklungsmodell von Datenbanken: Die Verfeinerung wird von einem semantisch-beschreibenden Schema bis hin zur Aufstellung eines physikalischen Modells der Datenbank so weit betrieben, dass eine Umsetzung durch ein konkretes Werkzeug (ein bestimmtes Datenbanksystem) möglich wird. In der Software-Ergonomie werden Entwicklungsmodelle aufgestellt, die einen nutzer-zentrierten Ansatz zum

Gegenstand haben. Herczeg (1994) unterscheidet als Phasen des Entwicklungsprozesses unter Software-Ergonomischen Gesichtspunkten zwischen der Analyse, der Modellierung und dem Entwurf. Implementierungs- und Testphasen bleiben zunächst ausgeklammert.

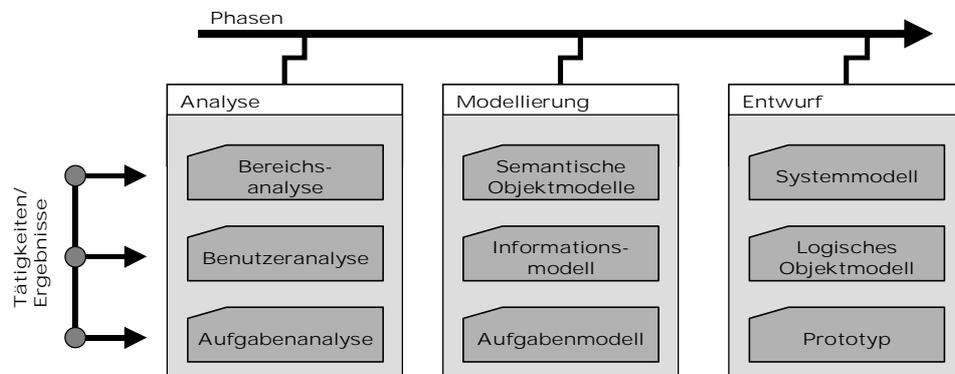


Abb. 91) Phasen der Systementwicklung

Die Analyse soll demnach die Randbedingungen und Anforderungen des zu realisierenden Systems untersuchen, die Modellierung das Mensch-Computer-System aus Sicht des Nutzers in einem Modell abbilden und der Entwurf ein Konzept zur Umsetzung mittels geeigneter Werkzeuge sein.

In diesem Rahmen werden innerhalb der einzelnen Phasen sehr unterschiedliche Methoden vorgeschlagen und eingesetzt, deren Tätigkeiten bzw. Ergebnisse wie in Abb. 91) dargestellt zusammengefasst werden können.

Herczeg (1994) schlägt eine Aufteilung der **Analyse** in eine Organisationsanalyse, Benutzeranalyse und Aufgabenanalyse vor, allerdings kann anstelle einer Organisationsanalyse besser von einer Bereichsanalyse im Sinne Boochs ausgegangen werden. Die **Bereichsanalyse** dient der Festlegung des inhaltlichen Rahmens, den das zu entwickelnde System abdecken soll - Eine Organisationsanalyse kann demnach als Teil der Bereichsanalyse aufgefasst werden. Bei interaktiven Systemen ist die Analyse der Tätigkeiten, Handlungen und Operationen als Gegenstand einer **Aufgabenanalyse** von Bedeutung für die Systementwicklung. Zusammen mit der Beschreibung potentieller Nutzer eines Systems (**Benutzeranalyse**) dienen die gewonnenen Erkenntnisse der Konzeption der Benutzerschnittstelle.

Die Ergebnisse der Analyse führen zu **Modellen**, die den Anwendungsbereich des Systems aus der Sicht der Nutzer beschreiben. Zur Modellierung werden häufig die folgenden Kategorien genannt: Ein **semantisches Objektmodell** enthält die abzubildenden Objekte (etwa in Form eines ER-Schemas für ein Datenmodell, vgl. Vossen 1994), das **Informationsmodell** spiegelt die informationellen Bedürfnisse der Nutzer wieder (z.B. durch ein *Flowchart* eines *Storyboards*, vgl. Schiffman 1999), während das **Aufgabenmodell** die Beschreibung der Tätigkeit umfasst, die mit einem System ausgeführt werden sollen (z.B. ein GOMS-Modell für Interaktionen, vgl. Herczeg 1994).

Bis zur Phase des **Entwurfs** werden die Ergebnisse noch unabhängig von einer konkreten Implementierung formuliert, d.h. sie müssen noch auf die spezifischen Anforderungen der einzusetzenden Werkzeuge abgestimmt werden. Hierzu wird ein **Systemmodell** benötigt,

das die Eigenschaften und Funktionen der Werkzeuge beschreibt. Auf diese Weise können die technischen Rahmenbedingungen einer Implementierung definiert werden. Ein Beispiel hierfür ist die Beschreibung des Systemmodells des Autorensystems Macromedia Director durch Depke (et al 1999), das zur Umsetzung eines zuvor erstellten Informationsmodells einer zu entwickelnden Lernsoftware eingesetzt wird. Das **logische Objektmodell** beschreibt die Objekte einer Software in einer Form, die gleichfalls eine Implementierung möglich macht. Das logische Objektmodell ist die Grundlage bspw. zur Datenverwaltung des Systems, der Architektur der Objektbibliotheken für die Benutzerschnittstelle, etc. Der **Prototyp** schließlich kann auch als Entwurfsmodell angesehen werden, da er i.d.R. nicht die abschließende Implementierung darstellt, sondern vielmehr ein Modell zur Demonstration der wesentlichen Eigenschaften der zukünftigen Software. Zudem werden auf der Basis konzeptioneller Modelle häufig Prototypen entwickelt, die so eine weitere Konkretisierungsstufe im Entwicklungsprozess darstellen.

## **6.2 Phasen und Methoden des Entwicklungsprozesses zur Modellierung kartographischer Anwendungsbereiche**

Um das Modell der Systementwicklung auf den Einsatz in kartographischen Anwendungsbereichen zu übertragen, sollen im folgenden der Einsatz von Methoden und Notationen innerhalb der Phasen des Analyse und Modellierung betrachtet werden. Der Entwurf, als Umsetzung des konzeptionellen Modells zur Implementierung eines kartographischen Software-Systems wird allerdings zunächst ausgeklammert. Da diese Phase im wesentlichen von den Eigenschaften des verwendeten Entwicklungswerkzeuges abhängig ist, soll dieser Aspekt im Zusammenhang mit der Darstellung eines Prototypen zur bodenkundlichen Kartierung in Kapitel 7 erfolgen.

### **6.2.1 Methoden zur Analyse von Anwendungsbereichen**

Die Analyse des Anwendungsbereiches für die ein kartographisches System konzipiert werden soll, wird als erste Phase des Entwicklungsprozesses abgrenzt. Hierzu sollen die Methoden und Methodenansätze betrachtet werden, die in diesem Rahmen eingesetzt werden können. In einem ersten Schritt werden hierfür zunächst die Anwendungs- und Nutzungsbereiche kartographischer Medien aufgezeigt, auf die solche Methoden prinzipiell anwendbar sein müssen. Anschließend werden die Methoden und Ziele der Bereichsanalyse, Benutzeranalyse und Aufgabenanalyse behandelt.

#### **Anwendungs- und Nutzungsbereiche kartographischer Medien**

Eine Gliederung von Anwendungs- und Nutzungsbereichen soll die Identifizierung von Tätigkeiten, Aufgaben und Operationen erleichtern, die durch kartographische Medien unterstützt werden können (vgl. Kapitel 5). Die möglichen Anwendungs- und Nutzungsbereiche definieren somit den kommunikativen Kontext und den Handlungszusammenhang. Um in diesem Rahmen einen einheitlichen Sprachgebrauch zu gewährleisten, der für die Analyse unerlässlich ist, werden die unterschiedlichen Begriffe wie folgt verwendet:

Ein Anwendungsbereich kartographischer Medien ist durch grundsätzliche unterschiedliche Ziele der Informationsgewinnung einerseits und gleichermaßen unterschiedliche Kommunikationskontexte gekennzeichnet.

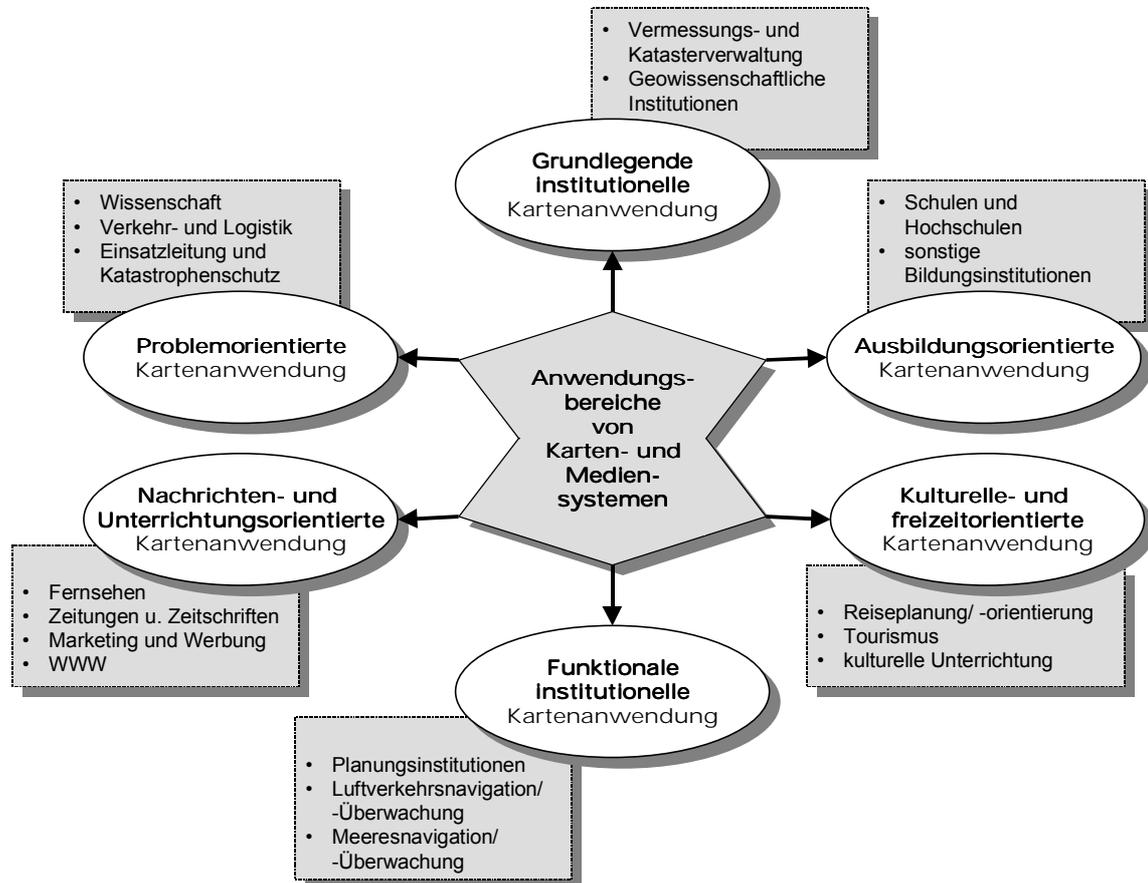


Abb. 92) Anwendungsbereiche von Karten- und Mediensystemen (verändert nach Heidmann 1999)

In den Bereichen institutioneller Kartenanwendung fallen häufig Aufgaben an, die in hohem Maße durch eine Standardisierung der Kartennutzung gekennzeichnet sind, die wiederum besonders gut durch den Einsatz von Informationssystemen abgebildet werden können. Problemorientierte Kartenanwendung finden in Bereichen statt, die in hohem Maß neues Wissen zur Problemlösung erzeugen sollen. In den Bereichen der Unterrichtung, der Ausbildung oder der kulturellen Kartenanwendung geht es hauptsächlich um die Vermittlung von Informationen an den Kartennutzer, wenngleich unter sehr verschiedenen Zielrichtungen (Heidmann 1999).

Daraus ableitend kann gefolgert werden, dass Nutzungsbereiche beschreiben, welche ähnlichen Handlungszusammenhänge von kartographischen Medien auftreten können. Die Nutzungsbereiche müssen nicht notwendigerweise eindeutig den Anwendungsbereichen zugeordnet werden, leiten sich aber aus diesen ab. Bollmann (1996b) unterscheidet die folgenden Nutzungsbereiche als Gliederung von Handlungszusammenhängen:

- **Orientierung und Navigation:** Die Kartennutzung dient der Identifizierung und Erreichung von Zielpunkten im Gelände (bzw. in Fahrzeugen), wozu durch Abgleich zwischen

Karte und Gelände Strecken und Standorte aus der Karte entnommen werden. Anwendungsbereiche sind u.a. Verkehr- und Logistik, und Reiseplanung.

- **Kartierung und Messung:** Die Kartennutzung dient der Bestimmung und Beschreibung von Standorten im Gelände, wozu in der Karte relevante Objekte und deren Merkmale einbezogen und andere ausgegrenzt werden. Anwendungsbereiche sind u.a. Vermessung oder geowissenschaftliche Feldarbeit.
- **Organisation und Führung von Aktionen:** Die Kartennutzung dient der Planung und Leitung von Aktionen im Gelände, wozu in der Karte Situationen im Gelände reproduziert, Handlungen und Pläne abgebildet und beschlossene Aktionen an die Akteure übermittelt werden müssen. Anwendungsbereiche sind Verkehr- und Logistik und Einsatzleitung und Katastrophenschutz sowie Luftverkehrs- und Meeresnavigation.
- **Durchführung von Informationsverarbeitenden Prozessen:** Die Kartennutzung dient der Kontrolle von Berechnungsvorgängen in Informationssystemen, wozu in der Karte die Ergebnisse einer Phase des Prozesses überprüft, mit anderen Ergebnissen verglichen und bewertet werden. Anwendungsbereiche sind Wissenschaft, Planungs- und geowissenschaftliche Institutionen.
- **Exploration und Planung:** Die Kartennutzung dient der Erzeugung von Wissen und der Festlegung von Planungen, die Defizite ausgleichen oder einen Bedarf decken sollen, wozu in der Karte Schlussfolgerungen gezogen und Hypothesen gebildet werden. Anwendungsbereiche sind Wissenschaft, Verkehr- und Logistik sowie Planungsinstitutionen.
- **Mitteilen und Unterrichten:** Die Kartennutzung dient der Aufnahme und Erweiterung von Wissen, das zuvor zielgerichtet medial aufbereitet wurde. In der Karte soll vorhandenes Wissen überprüft und neues Wissen in bekannte Kontexte eingebunden werden. Anwendungsbereiche sind Fernsehen, Printmedien, WWW, aber auch Planungsinstitutionen.
- **Dokumentation und Archivierung:** Die Kartennutzung dient der Herstellung von Ordnungen und Strukturen von Daten und Informationen, wozu in die Karte Ergebnisse von Handlungen aufgenommen und zur weiteren Vermittlung gespeichert werden. Anwendungsbereiche sind Vermessungs- und Katasterverwaltungen und Wissenschaft.
- **Lernen:** Die Kartennutzung dient der Entwicklung von Kompetenzen in didaktisch vorbereiteten Lernsituationen, wozu in der Karte unter Bezug auf eine Person zur kommunikativen Unterstützung Sachverhalte entdeckt, Entwicklungen nachvollzogen und komplexe Zusammenhänge durch Schlussfolgern verstanden werden sollen. Anwendungsbereiche sind Schulen, Hochschulen und andere Bildungsinstitutionen.

Eine Übertragung auf den Begriffsapparat der Handlungs- und Tätigkeitsmodelle ist in diesem Rahmen zudem möglich (vgl. Kapitel 3.1.2).

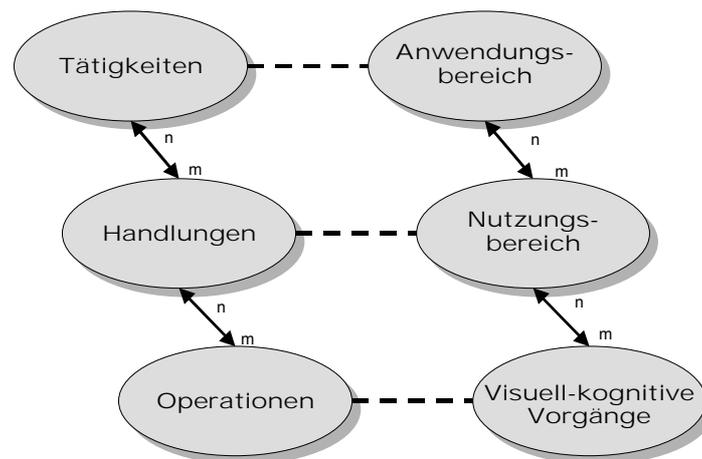


Abb. 93) Zuordnung der Tätigkeit zu Anwendungsbereichen

In den einzelnen Anwendungsbereichen werden spezifischen Tätigkeiten verfolgt, die letztendlich aus der Spezialisierung und Arbeitsteilung der Gesellschaft resultieren (Leontjew 1979), bspw. die Bodenkartierung der geologischen Landesämter. Handlungen beschreiben die Hierarchien von über- und untergeordneten Handlungen innerhalb der Nutzungsbereiche, bspw. alle Handlungen, die zur Kartierung im Gelände durchgeführt werden. Die Ebene der Operationen schließlich bilden, aus kartographischer Sicht, die visuell-gedanklichen Vorgänge die für eine Handlung ausgeführt werden müssen, bspw. die Abgrenzung von Kartier-einheiten, in denen eine Datenaufnahme stattfinden soll.

Aus Sicht der Analyse können die Kenntnisse der beteiligten Personen genutzt werden, um deren methodisches Vorgehen im System abzubilden. Dazu sollen im folgenden einzelne methodische Ansätze vorgestellt werden.

### Methoden und Ziele der Bereichsanalyse

Hierunter sollen die Methoden zusammengefasst werden, deren Ziel es ist, Aufschluss über die organisatorische und inhaltliche Struktur des Anwendungsbereichs zu erlangen. In der Regel werden Dokumentanalysen und Expertengespräche durchgeführt (Booch 1994), um die wesentlichen Informationsanforderungen festzustellen. Diese Analysen dienen in der Regel einer Objekt- oder Datenmodellierung und werden vor allem zur Analyse im Bereich der Datenbankentwicklung eingesetzt (Vossen, G.). Im Sinne einer Organisationsanalyse werden folgende Parameter erfasst (Herczeg 1994):

Organisationsstruktur	Organisatorische Einheiten
Rollen	Funktionen der org. Einheiten
Aufgaben	Allgemeine Aufgaben an einem Arbeitsplatz
Informationsbedarf	Klassen, Objektbereiche und Daten
Informationsarten	Zu verarbeitende Medien
Grundfunktionen	Verarbeitungsschritte zu Informationen
Unterstützungsfunktionen	Zur Verarbeitung der Informationen
Kommunikationsformen	Weitergabe von Informationen

Als Ergebnisse dieser Analyse wird festgelegt, was ein System umfassen soll, allerdings noch nicht, wie es funktionieren soll. Eine häufige Form der Ergebnisbeschreibung ist die Aufstellung von Szenarios der Nutzung eines Systems (Booch 1994), die Anlage eines Datenkatalogs zur Definition der wichtigsten Datenbereiche und die Struktur von Klassen dieser Daten.

Zur Anwendung von Bereichsanalysen in der Kartographie gehören demnach die Identifizierung von raumbezogenen Datenbereichen, also raumbezogenen Daten, die sich für eine Verarbeitung im kartographischen Informationsprozess eignen, die Feststellung bislang verwendeter Karten, Systemen zu ihrer Herstellung und damit verbundene Dateiformate, Übertragungsstandards, etc. Beispielhaft soll dies durch einige Fragen (teilweise gekürzt) aus einer Umfrage zur Kartennutzung innerhalb des Projekts zur Bildschirmkommunikation (Bollmann; Johann; Heidmann 1999) erläutert werden:

<b>Fragen</b>	<b>Mögliche Antworten</b>
Welche Karten nutzen Sie in ihrem Arbeitsbereich und wie häufig ?	Skala von 1 - 6: großmaßstäbige Karten, Topographische Karten, kleinmaßstäbige Übersichtskarten, Orthophotokarten, ...
Für welche Nutzergruppen werden Karten von Ihnen erstellt, bzw. verwendet und wie häufig ?	Skala von 1 - 6: allein für den persönlichen Gebrauch, innerhalb des Fachgebietes, interdisziplinär, in der Öffentlichkeit.
Die folgenden Fragen nehmen bezug auf die Häufigkeit der Übernahme, Veränderung und Neuerstellung von Karten bei ihrer wissenschaftlichen Arbeit:	Wie häufig übernehmen Sie Karten ohne Veränderungen, weil sie für Ihre Belange bzw. Anforderungen ausreichen ? Wie häufig gestalten Sie Karten um, weil sie nur teilweise für ihre Belange ausreichen ? Wie häufig erstellen Sie Karten neu, weil sie für Ihre Belange in der Weise gar nicht brauchbar sind, oder weil es entsprechende Karten nicht gibt ?

Fragen	Mögliche Antworten
Haben Sie Karten für verschiedene Nutzergruppen schon einmal umgestaltet ? Wenn ja, in welcher Form und wie häufig wurden diese Umgestaltungen vorgenommen ?	Skala von 1 - 6: inhaltliche und graphische Umgestaltung, überwiegend inhaltliche Umgestaltung, überwiegend graphische Umgestaltung
Welche Probleme haben Sie beim Arbeiten mit Karten und wie häufig treten diese auf ?	Skala von 1 - 6: Karte ist zu unspezifisch, Karte ist geometrisch zu ungenau, Karte ist inhaltlich zu ungenau, Karte ist inhaltlich zu genau, Benötigte Informationen sind schwer vom sonstigen Karteninhalt zu trennen, ...
Welche Medien verwenden Sie neben der Karte und wie häufig ?	Skala von 1 - 6: Kartenverwandte Darstellungen (Blockbilder, Profile, Schrägbilder), Texte, Tabellen, Graphiken (Diagramme, Graphen, ...), Fotografien, Satellitenbilder, ...
Welche Medien nutzen Sie gemeinsam im Rahmen typischer Arbeitsvorgänge und wie häufig ?	Karte + Text, Karte + Tabelle, Karte + Diagramm, Karte + Schemazeichnung, ...

## Methoden und Ziele der Benutzeranalyse

Hierunter werden die Methoden zusammengefasst, deren Ziel die Festlegung der Anforderungen und Eigenschaften der Benutzergruppe ist. In der Regel werden hierzu schriftliche Befragungen, Interviews oder Beobachtungen eingesetzt (Heidmann 1999). Die Analysen dienen der Festlegung von Benutzergruppen, die gemeinsame Anforderungen an eine Benutzerschnittstelle aufweisen (Roberts, et al 1998). Herczeg listet die folgenden Benutzereigenschaften auf:

Aufgabenbereiche	Allgemeine Aufgaben an einem Arbeitsplatz
Wissen	Allgemeiner Wissenshintergrund der Aufgabe (z.B. Ausbildung)
Kenntnisse	Anwendungsbezogenes Wissen und Fähigkeiten
Erfahrungen	Zu Arbeitsweisen und Systemen
Fertigkeiten	Routinen und Automatismen, Bedienung von Eingabegeräten
Erwartungen	Bzgl. der Funktionalität und des Verhaltens des Systems

Als Ergebnis der Analyse werden häufig Nutzerprofile angelegt, welche die wesentlichen Eigenschaften von Nutzern zusammenfassen (Hackos; Redish 1998).

Zur Anwendung von Benutzeranalysen in der Kartographie sind vor allem Kenntnisse, Erfahrungen und Fertigkeiten im Umgang mit Karten und Informationssystemen von Interesse, sowie Erwartungen, die potentielle Nutzer bspw. in funktionaler Hinsicht zu solchen Systemen haben. Beispielhaft soll dies wiederum durch einige Fragen (teilweise gekürzt) aus oben erwähnten Umfrage erläutert werden (Bollmann; Johann; Heidmann 1999):

Fragen	Mögliche Antworten
Wie häufig verwenden Sie Karten für die nachfolgend genannten Nutzungsfunktionen ?	Skala von 1 - 6: zur räumlichen Orientierung und Übersicht, zur fachlichen Orientierung und Übersicht, zur Lokalisierung von räumlichen Untersuchungseinheiten, zur Verortung oder Eintragen von eigenen Kartier- und Messergebnissen, zur Überprüfung von Güte und Qualität der erhobenen Daten, zum Vergleich von Datenwerten, ...
Sind Sie der Meinung, dass die folgenden Operationen mit Karten durchgeführt werden können ?	Skala von 1 - 6: Suchen nach Positionen, Suchen von Lagemerkmalen, Suchen nach Eigenschaften der Verteilung, Suchen von Standorten mit ähnlichem/unterschiedlichem Zustand, ...
Welche Medien würden Sie gern häufiger einsetzen ?	Freie Antworten möglich
Welche Bedeutung hätten zusätzliche "Kontextinformationen" für Ihre Arbeit mit Karten	Skala von 1 - 6: Informationen über Methoden der Datenerhebung, Informationen über Methoden der Weiterverarbeitung der Daten, Informationen über die angewandten Klassifizierungsmethoden, ...
Welche Formen "interaktiven Arbeitens" mit der Karte am Computer würden Sie nutzen ?	Kartenausschnitte zoomen, für einen bestimmten Analyseschritt Unwesentliches unterdrücken, sich weitere Informationen zu einem Objekt numerisch anzeigen lassen, einzelne Objekte in der Karte z.B. mit der Maus identifizieren, Ändern der Kartenprojektion, Signaturen verändern, ...

## Methoden und Ziele der Aufgabenanalyse

Verfahren zur Analyse von Aufgaben sind in zahlreicher Form und in unterschiedlichen Anwendungsbereichen entwickelt und eingesetzt worden. Generell kommen hierzu schriftliche Befragungen, Experteninterviews und Beobachtungsverfahren wie z.B. die *Think-aloud*-Technik in Frage (Heidmann 1999). Die Analysen dienen der Erfassung der Aufgaben, die in einem Arbeitsprozess anfallen, meist mit dem Ziel, die Gestaltung der Arbeitsprozesse verbessern zu können. In der Software-Ergonomie dient die Aufstellung von Aufgabenanalysen der weiteren Konzeption und Modellierung der Benutzerschnittstelle. So sind die Analysetechniken häufig eng mit der Art der Modellierung verbunden, da diese vorgibt, welche Parameter der Aufgaben relevant für die Gestaltung einer Benutzerschnittstelle sind (Hertzeg 1994). Von erheblichem Einfluss sind in jüngerer Zeit die theoretischen Grundlagen der Handlungs- und Tätigkeitstheorien (Kapitel 3.1.1), welche die Modelle zur kognitiven Analyse abzulösen beginnen, bzw. erweitern (Nardi 1996abc).

In der Kartographie ist die Analyse von Aufgaben der Kartennutzung seit langem ein wichtiger Forschungsgegenstand und hat sich in den 80'er und 90'er Jahren zunehmend auf die

kognitiven Prozesse menschlichen Denkens bezogen (vgl. Kapitel 3.1). Daraus wird versucht, Rückschlüsse auf die Gestaltung von Karten und nunmehr auch interaktiven kartographischen Systemen zu erhalten (vgl. Kapitel 5.2). Das Problem an dieser Vorgehensweise ist die Identifizierung der kognitiven Prozesse, die beim Nutzer ablaufen, da diese in teilweise sehr aufwendigen Untersuchungen abgeleitet werden müssen (vgl. Kapitel 5.3, Bollmann; Johann; Heidmann 1999).

Ein methodisches Vorgehen zur Analyse und Modellierung von Aufgaben geht daher meist von einem höheren Modell der Kognition aus, wie sie in Kapitel 3.1.2 dargestellt wurden. Einige wichtige Vertreter seien hier aufgezeigt, eine Übersicht findet sich z.B. bei Herczeg (1994), bzw. bei Jonassen (Jonassen; et al 1999)

**GOMS-Modellierung:** basiert auf dem Ansatz des Problemlösens und beschreibt die Lösung von Aufgaben durch Ziele, Operatoren, Methoden und Auswahlregeln durch eine prozedurale Zerlegung und formale Beschreibung von Aktivitäten. Hierzu werden die Ziele einer Aufgabe identifiziert und in Ober- und Unterziele gegliedert. Für die Unterziele werden mögliche Methoden zur Zielerreichung gesucht, die in einzelne Schritte unterteilt werden. Hierfür werden Operatoren, entweder externe, perzeptive und motorische Operatoren, oder interne, mentale Operatoren ausgewiesen, die zur Ausführung einer Methode eingesetzt werden. Die Auswahlregeln schließlich sollen aufzeigen, unter welchen Bedingungen eine bestimmte Methode ausgewählt wird (Jonassen 1999). Beispiel:

Ziel: Durchführung einer Bohrung während einer bodenkundlichen Kartierung

Unterziel 1: Identifizierung des aktuellen Standorts in der Karte

Unterziel 2: Identifizierung des nächstgelegenen, neuen Bohrpunkts

Unterziel 3: Aufsuchen der entsprechenden Geländestelle

Unterziel 4: Entnahme der Bodenprobe

Methode für Unterziel 1: Identifizierung des aktuellen Standorts in der Karte

Unterziel 1.1: Ausrichten der Karte mit Kompass

Unterziel 1.2: Überprüfen des Standorts durch Landmarken

Schritt 1: Nordmarke nach Kompassnadel ausrichten

Schritt 2: Landmarke in der Karte suchen

Schritt 3: entsprechende Landmarke im Gelände suchen

Schritt 4: Peillinie in die Karte projizieren

Schritt 5: mit weiteren Landmarken so verfahren

Schritt 6: Merken der resultierenden Position

Methode für Unterziel 1: Identifizierung des aktuellen Standorts in der Karte

Unterziel 1.1: Ausrichten der Karte durch Landmarken

Unterziel 1.2: Überprüfen des Standorts durch Landmarken

- Schritt 1: Landmarke in der Karte suchen
- Schritt 2: entsprechende Landmarke im Gelände suchen
- Schritt 3: in Richtung der Landmarke aufstellen
- Schritt 4: mit weiteren Landmarken so verfahren
- Schritt 5: Peillinie in die Karte projizieren
- Schritt 6: Merken der resultierenden Position

Auswahlregel für Unterziel 1:

Wenn ein Kompass zur Verfügung steht, wähle Methode A ansonsten Methode B

Methode für Unterziel 2: Identifizierung des nächstgelegenen, neuen Bohrpunkts

- Schritt 1: Markierung bestehender Bohrpunkte identifizieren
- Schritt 2: Markierung unbesuchter Bohrpunkte identifizieren
- Schritt 3: Entfernungen zu unbesuchten Bohrpunkten ermitteln
- Schritt 4: Nächstgelegenen Punkt auswählen und merken

Methode für Unterziel 3: Aufsuchen der entsprechenden Geländestelle

- Schritt 1: Festlegung der Bewegungsrichtung zwischen aktuellem Standort und identifiziertem Bohrpunkt
- Schritt 2: Verfolgung einer Route entlang dieser Richtung
- Schritt 3: Überprüfung des neuen Standorts in der Karte
- Schritt 4: Neuen Bohrpunkt als besucht markieren
- Schritt 5: Pürckhauer-Bohrer ansetzen
- Schritt 6: Mit dem Hammer Bohrer einschlagen
- Schritt 7: Bohrer durch Drehen lösen
- Schritt 8: Bohrer herausziehen

Bereits dieses einfache Beispiel dürfte zeigen, dass für ein solches Modell umfangreiche Analysen notwendig sind. Dabei darf auch nicht vergessen werden, dass manche Abläufe durch den Einsatz von DV grundlegend verändert werden können und sich neue Aufgaben durch eine Analyse natürlich nicht feststellen lassen.

**Task-Knowledge-Structures:** kann der Sichtweise der Handlungs- und Tätigkeitsmodelle zugerechnet werden und soll die Wissensstrukturen identifizieren, die zur Bewältigung einer Aufgabe benötigt werden (Jonassen 1999). Gegenüber der Betrachtungsweise der GOMS-Methode auf einer Mikro-Ebene versucht die Methode der *Task-Knowledge-Structures* (TKS) eher generelle Aussagen über die Rollen von Personen und die Objekte, die sie bearbeiten, zu gewinnen. Ähnlich wie bei der GOMS-Methode werden auch hier durch die Identifizierung von Zielen und Unterzielen Prozeduren zur Bewältigung einer Aufgabe ausgewiesen, allerdings steht hierbei vor allem die Feststellung der relevanten Wissenskonstrukte im Vordergrund. In Anlehnung an die Arbeiten von Johnson und Johnson (1991) beschreibt Jonassen die Durchführung einer TKS wie folgt:

1. Sammeln von Informationen über die Aufgabe	
1.1 Beobachtung erfahrener Personen in ihrer Arbeitsumgebung	Aufnahme der Aktionen, Werkzeuge und Ausrüstung die eingesetzt werden
1.2 Interview mit diesen Personen	Personen beschreiben Tätigkeiten, Objekte (Werkzeuge, Modelle, Zeichen), durch lautes Denken berichten die Personen über die Prozeduren und technischen Aspekte ihrer Arbeit, über Video-Aufnahmen ihrer Arbeit kommentieren sie ihre Arbeit, Registrierung der Häufigkeiten, mit denen Handlungen durchgeführt werden
1.3 Eventuell müssen die Schritte 1.1 und 1.2 wiederholt werden	
2. Identifizierung der Wissensbereiche, die zur Bewältigung einer Aufgabe notwendig sind	
2.1 Identifizierung der Zielhierarchie	Befragung der Personen zu Zielen und Unterzielen, Analyse von Hand-, Fachbüchern und -berichten, die Aufgaben beschreiben, Festhalten der Ziele in einem Diagramm, Identifiziere Phasen der Aufgaben aus Beobachtungen und lautem Denken
2.2 Identifizierung von prozeduralem Wissen	Befragung von Personen zu Entscheidungen und Strategien des Handelns ("Was tun Sie wenn ...?"), Interpretation der Ergebnisse von lautem Denken und Video-Aufnahmen, Sortierung identifizierter Handlungen durch die Personen
2.3 Identifizierung von Objekt-Handlungs-Paaren	Identifizierung von Objekten aus Handbüchern, Befragung der Personen zu benutzten Objekten und der Handlungen, die mit ihnen ausgeführt werden, Erstellung einer Liste aller Objekte durch die Personen
3. Identifizierung repräsentativer, zentraler und allgemeiner Eigenschaften von Aufgaben	
3.1 Zuordnung der Wichtigkeit zu jedem Objekt-Handlungs-Paar (aus 2.3)	Feststellung der Häufigkeit von Objekten und Handlungen, die in unterschiedlicher Weise durch die Personen festgestellt wurden, Personen sollen die Wichtigkeit nach Rang abstufen, die Ergebnisse können miteinander verglichen werden, Erstellung von Gruppierungen zusammengehöriger Objekte und Handlungen
3.2 Zuordnung der Wichtigkeit zu jeder Handlungsprozedur (aus 2.2)	Feststellung der Häufigkeit von Prozeduren (s. 3.1), die in unterschiedlicher Weise durch die Personen festgestellt wurden, Feststellung der Häufigkeit von identischen Prozeduren, die von mehreren Personen geäußert wurden, Abstufung des Rangs der Wichtigkeit durch die Personen, Erstellung einer nicht redundanten Liste aller Prozeduren und ihrer Unterziele.
4. Konstruktion des Aufgabenmodells	
4.1 Konstruktion einer Zielhierarchie	Von Zielen, die gleichzeitig verfolgt werden, Beschreibung der Unterziele, die zur Zielerreichung oder Aufgabenbearbeitung erforderlich sind
4.2 Beschreibung der Prozeduren auf der untersten Zielebene	Sequenzen von Handlungen, die an der Prozedur beteiligt sind
4.3 Beschreibung der Objekte, die benutzt werden	Beschreibung der Objekteigenschaften, Beispiel eines Prototypen der Objekte
5. Vermittlung des Modells an die erfahrenen Personen	
6. Validierung des Modells durch die erfahrenen Personen	

Das TKS berücksichtigt viel stärker methodische Belange als die GOMS-Methode, und soll helfen, die Informationen über eine Aufgabenhierarchie zu erhalten. Eine mögliche Übertragung der TKS-Methodik auf eine Aufgabenanalyse in der Kartographie bietet sich insofern

an, als die Objekte, die zur Handlung eingesetzt werden, als kartographische Medien und Zeichenmodelle oder einzelne Kartentypen aufgefasst werden können, die von den Nutzern in unterschiedlichen Handlungen eingesetzt werden. Auch sind die im einzelnen angesprochenen methodischen Bereiche in der Kartographie, wenn auch in einem anderen Zusammenhang, bereits erfolgreich angewandt worden (Bollmann, Johann, Heidmann 1997; Heidmann 1999).

Unabhängig von einer konkreten Analyse-Methode folgt in einem nächsten Schritt die Modellierung des Systems. Hierbei kann es hilfreich sein, eine Modellierung der Medien von der Modellierung der Interaktionen und Unterstützungsgraphik zu trennen. Dabei wird es darauf ankommen, kartographische Medien zu konzipieren, die dem Nutzer bei einer Aufgabe effektiv zu unterstützen in der Lage sind, in dem sie ihm gezielt externalisiertes Wissen präsentieren, während Interaktion und Unterstützungsgraphik dazu dienen, konkrete Operationen in den Medien auszuführen, die zur Lösung der Aufgabe beitragen.

### 6.2.2 Modellierung kartographischer Medien

Aus der Analyse eines Anwendungsbereiches ergeben sich Fakten und Erkenntnisse, die so aufbereitet werden müssen, dass sie eine nächste Konkretisierungsstufe vor einer Implementierung mit einem bestimmten Werkzeug ergeben. Diese zweite Phase des Entwicklungsprozesses besteht aus der Anwendung von Methoden, die zur Entstehung eines Modells des zu entwickelnden Systems beitragen. Häufig werden diese Modelle so weit verfeinert, dass sie von einem konzeptuellen Modell in einen Entwurf der Systemarchitektur übergehen. Letztere Modelle des Entwurfs sind dabei ganz erheblich von den Spezifikationen der benutzten Entwicklungswerkzeuge abhängig, während die an dieser Stelle behandelten konzeptuellen Modellierung vor allem zur Feststellung des Systemumfangs und zur Diskussion genutzt wird (Booch 1994).

Die Ergebnisse einer Modellierung resultiert innerhalb der Methoden in der Informatik i.d.R. in (graphischen) Notationen. So sind ER-Diagramme typische Vertreter zur Definition von Datenmodellen. Innerhalb des Rahmens dieser Arbeit wird zu berücksichtigen sein, inwiefern Anforderungen zur Entwicklung interaktiver Medien und insbesondere kartographischer Medien in diese Modellierung einfließen können.

Hierzu werden semantische Objektmodelle, Aufgabenmodelle und Informationsmodelle beschrieben. Die Konzeption von Interaktionen in Medien wird gesondert behandelt und dazu eine neue Notation für die Interaktion mit kartographischen Medien vorgestellt.

#### Modellierung der Medienstruktur

Zur Modellierung kartographischer Medien können prinzipiell alle drei Ansätze gewählt werden, die Eingang zur Kennzeichnung der Phasen der Systementwicklung genannt wurden. Im einzelnen wurden an jener Stelle semantische Objektmodelle, Informationsmodelle und Aufgabenmodelle beschrieben.

Zur Formulierung eines **semantischen Objektmodells** ist es möglich, das Datenmodell des Anwendungsbereiches (Geo-Objekt-Modell) auf das Kartenreferenzmodell (Karten-Objekt-Modell) zu projizieren, wobei das Geo-Objekt-Modell bspw. aus den Ergebnissen einer Bereichsanalyse, aber auch aus einer Benutzer- oder Aufgabenanalyse ableitbar ist. Das Ziel ist die Definition von kartographischen Metadaten, die eine Ableitung der benötigten Kartenstruktur erlauben und mit Hilfe derer die Festlegung von Graphikparameter im Sinne der

Daten-Zeichen-Referenzierung erfolgt (vgl. Kapitel 2.3). Als Notation kommen hierbei vor allem ER-Diagramme oder auch einfache tabellarische Listen in Frage.

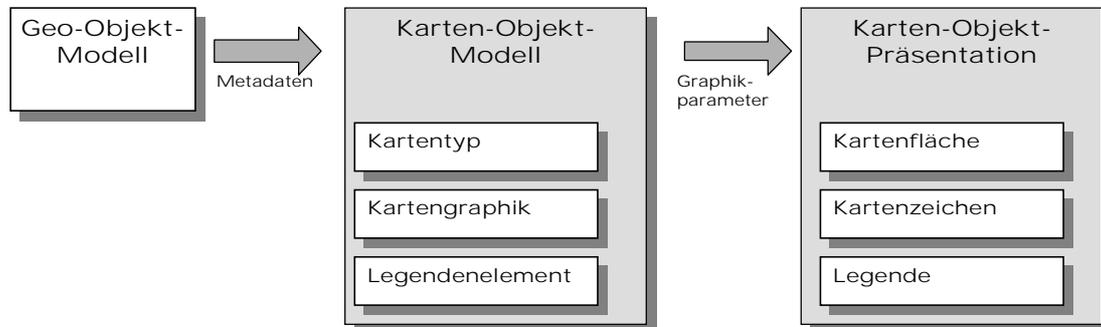


Abb. 94) Ableitung eines Karten-Objekt-Modells aus dem Datenmodell des Anwendungsbereiches

Das Modell berücksichtigt allerdings keine Parameter, aus denen eine sinnvolle Kombinationen von Präsentationseinheiten, z.B. unterschiedlicher Kartenschichten ableitbar ist. Ferner werden unterschiedliche Sichten auf den Raum, im Sinne der kartographischen Medientaxonomie, ebenso wenig berücksichtigt wie die Reihenfolge der Präsentation.

Ein **Aufgabenmodell** dient der Festlegung und Strukturierung der Tätigkeiten und Handlungen, die durch das zu entwickelnde System unterstützt werden sollen. Ausgehend von der Aufgabenanalyse ist häufig eine Reorganisation der Aufgaben notwendig, da sich Arbeitsabläufe durch den DV-Einsatz verändern. In diesem Zusammenhang wird vor allem versucht, dass die Aufgaben effizienter bearbeitet werden können, allerdings ergeben sich aus der Anwendung von DV-Werkzeugen auch neue, zusätzliche Aufgaben (Macredie; Wild 2000). Hinweise auf die Auswahl der zu unterstützenden Tätigkeiten können auf drei Bereiche der Aufgaben-Analyse gestützt werden (Marmanras; Pavard 1999):

- Allgemeine kognitive Einschränkungen und Anforderungen, die u.a. aus der zu interpretierenden Informationsmenge oder der Komplexität mentaler Operationen resultieren können.
- Ineffektive Vorgehensweisen eines Handelnden, die u.a. auf Überschreitungen von Kompetenzen und Fähigkeiten oder fehlende Problemlöse-Strategien zurückzuführen sind.
- Fehlerverursachende Situationen, die u.a. durch fehlende oder falsch präsentierte Informationen bzw. durch ungeeignete Organisation der Arbeit oder Gestaltung des Arbeitsplatzes entstehen können.

Die auf einer solchen Basis reorganisierten Aufgaben können z.B. durch Flussdiagramme abgebildet werden, allerdings bietet sich diese Vorgehensweise weniger zur Diskussion mit betroffenen Nutzern an, hier sollten so früh wie möglich Prototypen eines Systems angefertigt werden und den Nutzern wieder vorgelegt werden (Schifman et al 1999).

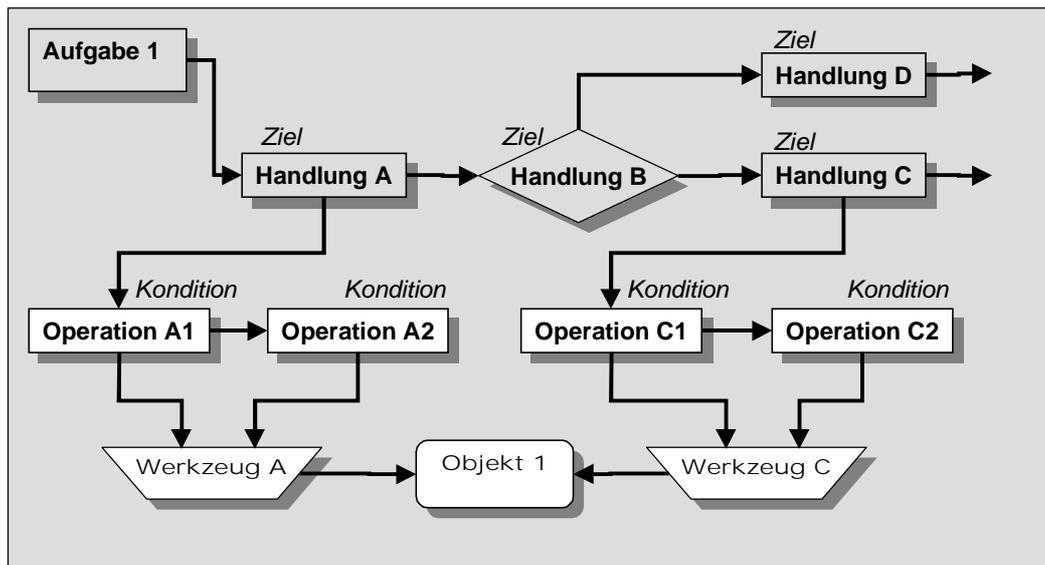


Abb. 95) Notation von Systemhandlungen

Eine wichtige Festlegung in einem Modell der Systemhandlungen ist die Trennung zwischen Objekten und Aktionen (Hackos, Redish 1998) bzw. nach dem Ansatz der Handlungstheorie die Beziehungen zwischen Handlungen und Operationen des Handelnden zu Objekten und Werkzeugen auf die sich das Handeln bezieht (vgl. Abb. 95). Bspw. lässt sich die Operation der Vergrößerung der Darstellung eines Objekts "Karte" als Operation mit Werkzeug "Zoom" umsetzen.

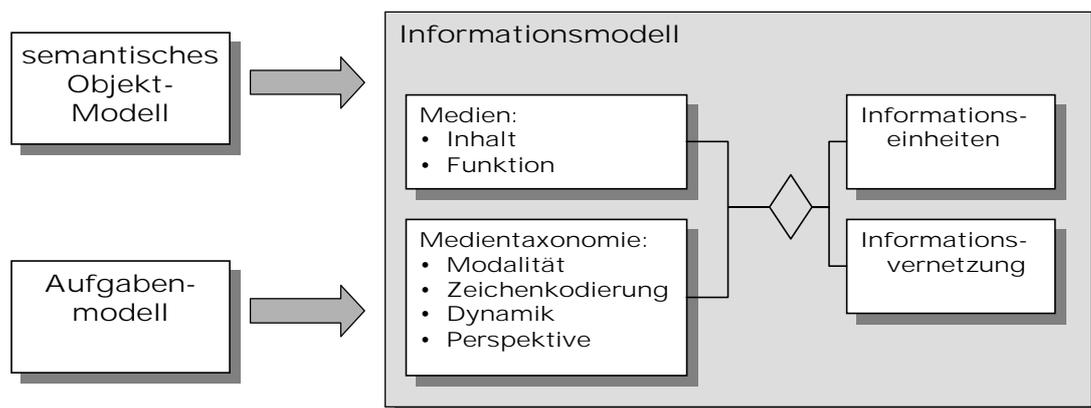


Abb. 96) Ableitung eines Informationsmodells

**Informationsmodelle** sollen der Festlegung des Informationsflusses und der darin abzubildenden informationellen Einheiten dienen (Kuhlen 1991). Grundlage der Formulierung der informationellen Einheiten kann das semantische Objektmodell sein, die durch die Ergebnisse der Benutzer- oder Aufgabenanalyse ergänzt werden muss, um die Struktur der Aufgaben und Handlungen berücksichtigen zu können. Zur Festlegung, welche Medien zur Prä-

sentation eingesetzt werden, ist es notwendig, die Funktion eines Mediums, z.B. entsprechend der kognitiven Medientypen, zu definieren.

Zur Notation von Informationsmodellen kommen vor allem Petri-Netze in Frage, aber auch ER-Diagramme (Depke et al 1999) oder *Flowcharts* (Schifman et al 1999) werden hierzu eingesetzt. Das wesentliche Ziel der Darstellung ist die Festlegung der einzusetzenden Medien, ihrer Instanzen und die Spezifizierung ihrer Vernetzung.

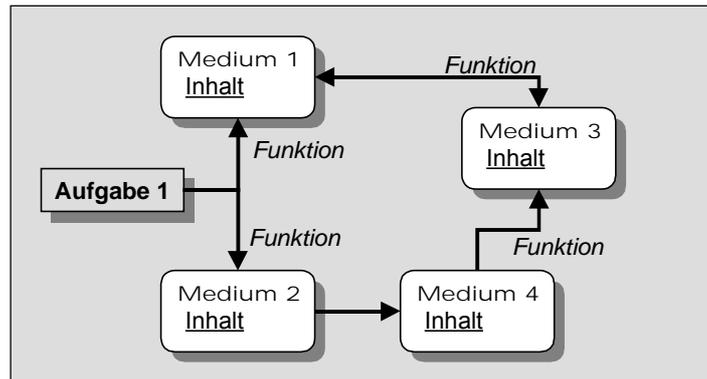


Abb. 97) Notation von Informationsstrukturen

Grundsätzlich kann davon ausgegangen werden, dass für jeden Aufgabenkomplex ein eigenes Teilmodell gebildet werden kann, das die relevanten Informationseinheiten und ihre Verknüpfungen enthält. In einem Petri-Netz (vgl. Abb. 97) kann jede Informationseinheit als Instanz eines Mediums in Form eines Knotens dargestellt werden und durch einen spezifischen Inhalt, die Modalität der Präsentation (z.B. Text oder Bild), die Zeichenkodierung (z.B. abstrakt oder realistisch), die Dynamik (statisch oder dynamisch) und ggf. Angaben zur Perspektive (Aufriss, Schrägsicht oder Grundriss) gekennzeichnet werden. Die Beziehungen der Informationseinheiten bilden die Kanten zur Kennzeichnung der Funktion des Mediums: Hierbei können neben kognitiven Funktionen auch Intentionen, Ziele von Aufgaben oder diskursive Argumente verwendet werden. Beispielsweise kann neben einem Medium "Topographische Karte" eine Schrägaufnahme mit der Funktion der Veranschaulichung eines Objekts oder Ausschnitts definiert werden.

### Modellierung der Interaktion

Die interaktiven Funktionen einer Software müssen zum einen die Navigation innerhalb der vernetzten Medien gewährleisten, zum anderen die Bewältigung von Aufgaben durch Dateneingaben, Berechnungen usw. ermöglichen. Zur Notation können auch hier wiederum Diagramme verwendet werden. In diesen wird zu spezifizieren sein, welche Elemente innerhalb eines Medium von der Eingabe betroffen sind und welche Reaktion sie hervorrufen. Die Unterscheidung in *Actor Signs*, *Controller Signs*, *Object Signs*, *Layout Signs* und *Ghost Signs* nach Andersen (1995) wurde bereits in Kapitel 4.1.2 als geeignete Möglichkeit vorgestellt, die grundlegenden Typen interaktiver Zeichen zu definieren. Im Rahmen der Arbeitsgraphik wurden außerdem Karte, Legende und externe Medien unterschieden (vgl. Kapitel 5.3), zwischen denen interaktive Beziehungen definiert werden können.

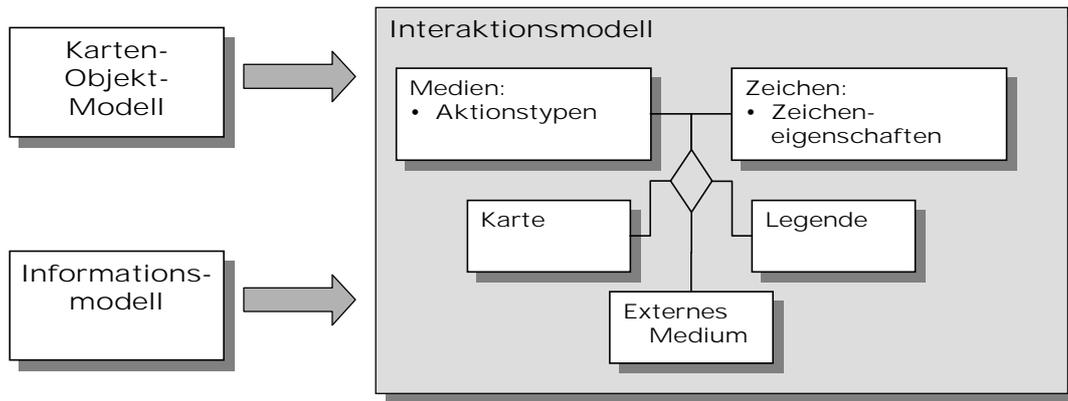


Abb. 98) Ableitung eines Modells der Interaktion

Der Einfachheit halber ist es angebracht, die Benutzeroberfläche einer Anwendung gleichfalls als ein Medium aufzufassen, das mit speziellen Zeichen und Aktionstypen besetzt ist, dazu gehören das Hauptfenster der Anwendung mit Menü, Schaltflächen usw., ebenso wie aufgabenspezifische Dialogfenster (Formulare), etc.

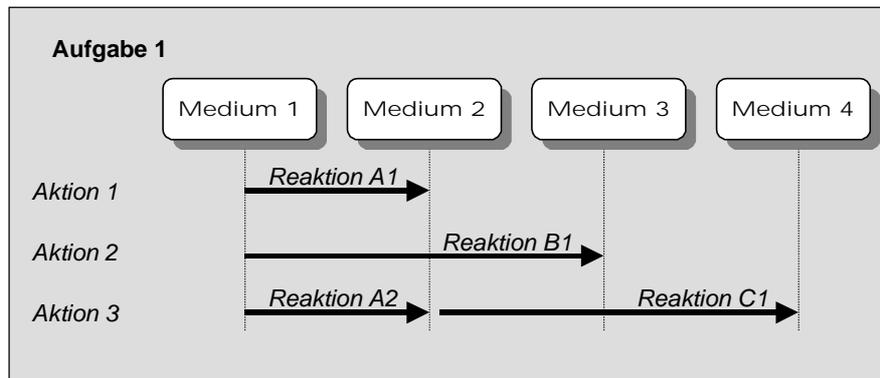


Abb. 99) Notation von Interaktionen zu einer Aufgabe

Auf der Basis eines solchen Interaktionsdiagramms kann festgelegt werden, welche Operationen eines Nutzers als Aktionen innerhalb des Mediums zur Bearbeitung einer Aufgabe ausgeführt werden können. Dazu werden die betroffenen Medien und (graphischen) Reaktionen aufgelistet (vgl. Abb. 99). An dieser Stelle soll eine neue Notation für Interaktionsdiagramme vorgestellt werden, die auf die speziellen Belange multimedialer Kartensysteme abgestimmt ist. In Abb. 100) sind die Grundbeziehungen von Interaktion und Medien zusammengefasst. Auf diese Weise sollen die Typen interaktiver Zeichen nach Andersen (1995) auf die Beziehungen von (visuellen) Medien abgebildet werden. Berücksichtigt werden dabei die Eigenschaften der Sichtbarkeit, ihre innere Struktur im Sinne von Themen oder Schichten (insbesondere bei Karten), sowie die wesentlichen Beziehungseigenschaften als Reaktion einer Benutzerinteraktion: Die Ergänzung, Reduzierung oder Transformation der Inhalte von Medien und das Einblenden bzw. Ausblenden des Mediums (vgl. Kapitel 5.3). Ergänzend kann die Synchronisation von Medien in die Notation aufgenommen wer-

den, um das *Linking* von Medien im Sinne MacEachrens (1999, vgl. auch Kapitel 5.2) zu berücksichtigen.

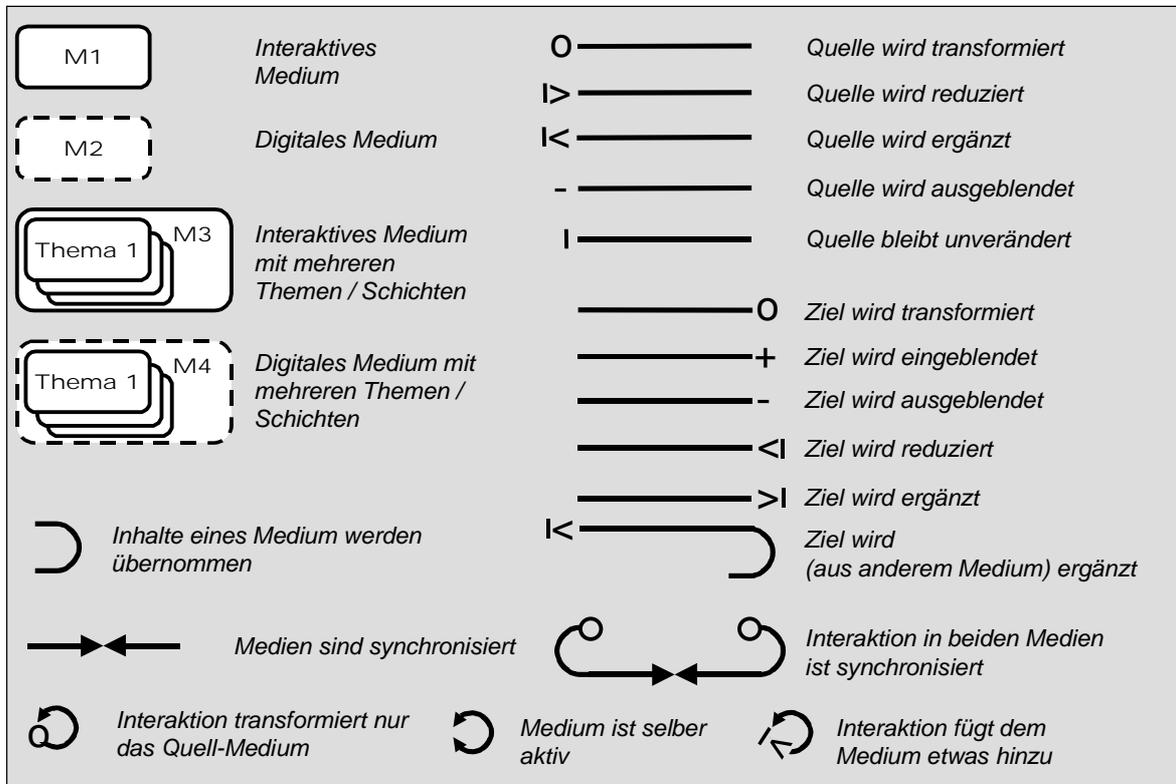


Abb. 100) Notationsbeispiele für Interaktionsformen in kartographischen Medien

Das Zeichen für Digitale Medien soll zur Darstellung von Datenspeichern dienen, die Informationen für andere, interaktive Medien bereit halten. Ein Beispiel dieser Form der Notation wird im Rahmen der Modellierung des Kartiersystems in Kapitel 7 gegeben.

Dieser Modellierungsschritt kann zusätzlich verfeinert werden, ohne konkrete Implementierungsabhängigkeiten berücksichtigen zu müssen. Eine verbreitete Methode ist die des *abstract interface design*, spezieller der Notation von *abstract data views* zur genaueren Festlegung von funktionalen Bedingungen der Medien, Formulare und Dialoge (Schwabe, et al 1996), alternative Ansätze diskutieren Depke et al (1999). Eine Implementierungsabhängigkeit würde beispielsweise dadurch entstehen, dass konkrete Entwurfsvorschläge zur Verwendung speziellen Entwicklungswerkzeugen wie z.B. Elementen aus den Microsoft *Foundation Classes* oder Java-Komponenten gemacht würden.

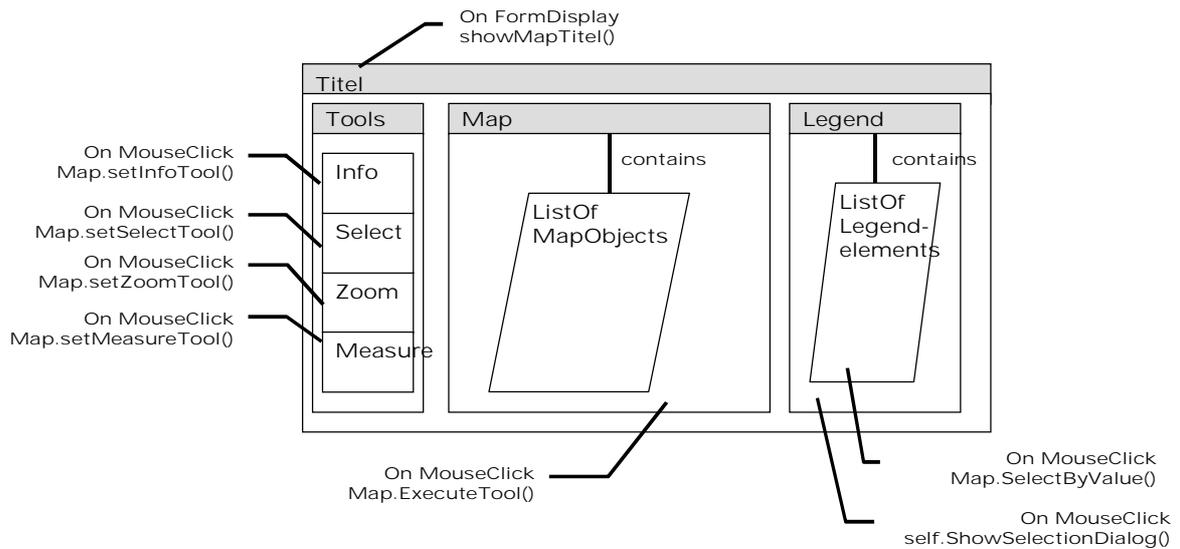


Abb. 101) Notation des *Abstract Data View* einer interaktiven Karte

Die Notation zum *abstract data view* soll die Interaktionsobjekte eines Mediums, bzw. Formulars der Benutzeroberfläche festlegen und definiert deren Verhalten bzgl. möglicher Benutzereingaben. Hierzu können erste abstrakte Funktionen und Ereignisse definiert werden: in einer interaktiven Karte bspw. die Anzeige des Kartentitels (Funktion: `showMapTitel()`) in der Titelzeile des Fensters, die bei dessen Einblendung aufgerufen wird (Ereignis: `On FormDisplay`) (vgl. Abb. 101).

---

## 7 Anwendung des Entwurfmodells auf die bodenkundliche Kartierung

---

Die Kartierung ist als Methoden- und Verfahrensbereich ein wesentlicher Bestandteil vieler geographischer und geowissenschaftlicher Fächer. Sie dient der Erfassung raumbezogener Daten aus dem Gelände durch Probenname, Zählen, Schätzen, etc. Je nach fachlicher Ausrichtung und Zielrichtung einer Kartierung werden an die zu erhebenden Daten andere Genauigkeitskriterien angelegt und eine Vielzahl unterschiedlicher methodischer Ansätze verfolgt (Lounsbury; Aldrich 1986).

Für die Kartographie ist die Kartierung als Nutzungsbereich von Karten interessant, innerhalb dessen sich spezifische Formen der Kartennutzung abgrenzen lassen. Darüber hinaus ist die bodenkundliche Kartierung ein wichtiger Aufgabenbereich innerhalb institutioneller und ausbildungsorientierter Kartenanwendung an geologischen Landesämtern und geowissenschaftlichen Fakultäten deutscher Hochschulen (vgl. Kapitel 5.3). Da sich insbesondere durch die technische Entwicklung im Bereichen des *mobile computing* oder spezieller des *wearable computing* in Verbindung mit der Nutzung von GPS neue Möglichkeiten des DVEinsatzes zur Kartierung ergeben haben, kann die Entwicklung von GIS-basierten und multimedialen Kartiersystemen beobachtet werden (Stein 1997, Bluhm 1998).

Im Rahmen dieser Kapitels soll gezeigt werden, welchen Methodenapparat die Kartographie zur Konzeption und Planung solcher Systeme einsetzen kann (vgl. Kapitel 6), um die Kartierung als kartographischen Anwendungsbereich zu analysieren und auf dieser Basis nutzer- und nutzungsgerechte Systeme zu konzipieren und zu entwickeln. Hierzu sollen unterschiedlichen Arten der Kartierung zunächst voneinander abgegrenzt werden, bevor auf die spezifischen Eigenschaften der bodenkundlichen Kartierung eingegangen wird. Für diesen Bereich wird anschließend ein Konzept zur DV-gestützten bodenkundlichen Kartierung vorgestellt.

### 7.1 Abgrenzung des Anwendungsbereichs

Die Feldmethoden geowissenschaftlicher Fächer variieren in ihren methodischen Ansätzen stark voneinander, wobei der Kartierung die gemeinsame Eigenschaft zukommt, dass die in diesem Rahmen erhobenen Daten georeferenziert erhoben werden. Damit unterscheidet sich die Kartierung von anderen Feldforschungsmethoden, die bspw. in der Psychologie oder Ethnologie angewandt werden (Lounsbury; Aldrich 1986). Zwar wird eine Kartierung grundsätzlich entweder mit eher physikalischer oder sozialwissenschaftlicher Messmethodik betrieben, allerdings bleibt der Raumbezug in Form einer Objektgeometrie ein verbindendes Merkmal. In den meisten Fällen wird zusätzlich davon auszugehen sein, dass einer Kartierung eine räumliche Auswahl von Stichproben aus einer Grundgesamtheit von Objekten zugrunde liegt, die auf den betrachteten Maßstab, die geometrische Dimension und die räumliche Verteilung der Objekte ausgerichtet ist.

Wesentliche Unterschiede bei der konkreten Ausgestaltung eines Kartierverfahrens wird neben den genannten Punkten auch der Ablauf von Handlungen im Gelände eine Rolle spielen, insbesondere im Hinblick auf die Analyse und Modellierung von Aufgaben zur Tätigkeit des Kartierenden. Im folgenden sollen Abläufe von Kartierungen dargestellt werden, um ein erstes Konzept des Informationsflusses zu gewinnen. Anschließend werden Varianten von Verfahren zur Stichprobenauswahl diskutiert. Vor diesem Hintergrund werden dann die Grundlagen der bodenkundlichen Kartierung beschrieben.

### 7.1.1 Ablauf von Kartierverfahren

Wie bereits erwähnt, kann die Kartierung als ein spezieller Verfahrensbereich der Feldforschung aufgefasst werden, auch wenn der Begriff innerhalb der Kartographie teilweise enger gefasst wird (Hake; Grünreich 1994).

Als kartographischer Anwendungsbereich soll die Kartierung als Vorgang definiert werden, der die Datenerhebung im Gelände umfasst und bei dem Karten zur Erhebung, insb. zur geometrischen Referenzierung, eingesetzt werden. Um zu analysieren, welche Verfahren bei der Kartierung zum Einsatz kommen, ist es sinnvoll, den Kartierprozess in verfahrensrelevante Phasen einzuteilen.

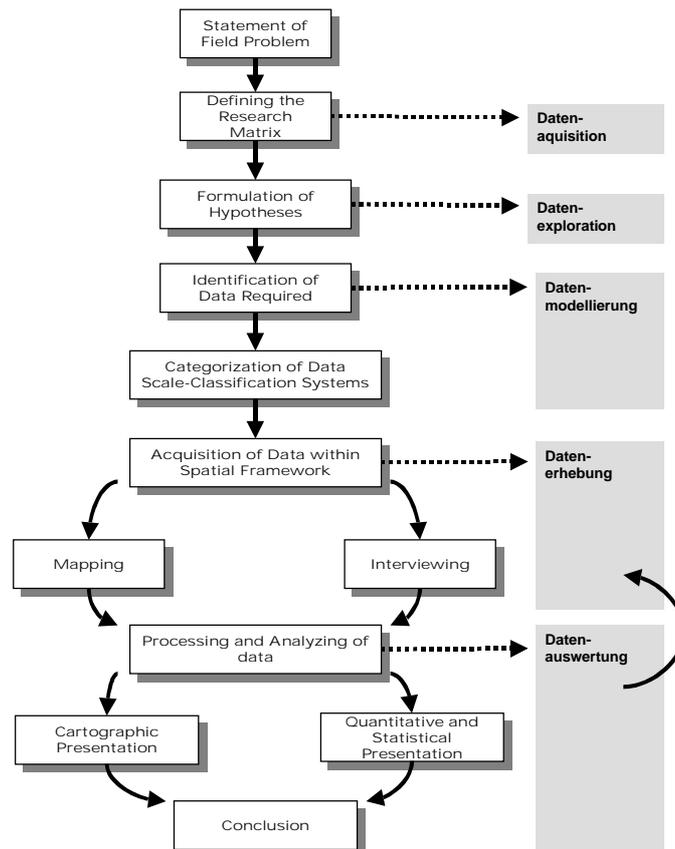


Abb. 102) Phasen einer Feldforschungsaufgabe  
(verändert nach: Lounsbury; Aldrich 1986)

Es kann zudem davon ausgegangen werden, dass die Kartierung als wissenschaftliche Untersuchung einer geplanten und methodisch normierten Tätigkeit entspricht (Engelhardt 1982), so dass sich innerhalb der Phasen Bereiche identifizieren lassen, die generell seitens der Kartographie durch geeignete Methoden unterstützt werden können.

In dem Schema von Lounsbury und Aldrich (1986) wird Kartierung als Feldforschung verstanden, die zur Überprüfung von vorab aufgestellten Hypothesen durchgeführt wird. Zu den aufgeführten Phasen können bereits fünf Bereiche identifiziert werden, die sich durch kartographische Methoden ergänzen lassen.

- Die Festlegung des Forschungsrahmens führt u.a. zur Abgrenzung eines Raumausschnitts, für den Grunddaten gesichtet und akquiriert werden können, die in einem Kartiersystem eingesetzt werden.
- Zur Bildung von Hypothesen werden häufig vorhandene Datenbestände analysiert und auf mögliche Fragestellungen hin exploriert, wobei letztendlich auch kartographische Systeme Anwendung finden können.

Im Rahmen dieser Arbeit sollen diese Phasen allerdings weitgehend unberücksichtigt bleiben, vielmehr ergeben sich aus den übrigen Bereichen wichtige Hinweise auf die benötigte Funktionalität eines Kartiersystems.

### **Datenmodellierung**

Im gesamten wissenschaftlichen Prozess ist der Schritt der Operationalisierung einer Fragestellung für die Planung eines Kartiersystems wichtig, da sich daraus die Aufstellung eines Datenmodells zur Kartierung ableiten lässt und sich Hinweise auf relevante Kartennutzungen ergeben. Dies kann kartometrische Verfahren zur Übernahme von Daten aus Karten, die notwendige Verschneidung von vorhandenen Geodaten in einem GIS oder die mediale Aufarbeitung der zu erhebenden Daten betreffen. Die anschließende Kategorisierung der Daten und die Feststellung der Skalierungsniveaus hängt unmittelbar mit der Aufstellung eines Datenmodells zusammen. In diesen Bereich fällt auch die Wahl eines Kartierschlüssels, der die zu erhebenden Wertegrenzen oder Kategorien der einzelnen Attribute definiert. Insgesamt wird in diesem Arbeitsschritt festgelegt, welche Objekte kartiert werden, und welche Attribute zu diesen Objekten aufgenommen werden. Zur Ableitung eines Datenmodells sollte ein Kartiersystem geeignete Unterstützungsmöglichkeiten anbieten.

### **Datenerhebung**

Zur Planung der Datenerhebung gehört die Festlegung einer Prozedur zur räumlichen Auswahl der Messstellen, die einer statistisch gültigen Stichprobe entsprechen muss (vgl. Kapitel 7.1.2). Abweichend von dem oben gezeigten Schema wird bei dem Einsatz von DV-gestützten Kartierverfahren eine Rückkopplung mit den Auswertungsverfahren möglich, da diese zum Teil bereits im Gelände durchgeführt werden können. Auf diese Weise kann schon früh Einfluss auf den Ablauf der Kartierung genommen werden (Blum 1998). Ein einfaches Beispiel ist die Einführung von Plausibilitätskontrollen zur Überprüfung der erhobenen Daten auf Eingabe- oder Beobachtungsfehler (Stein 1997).

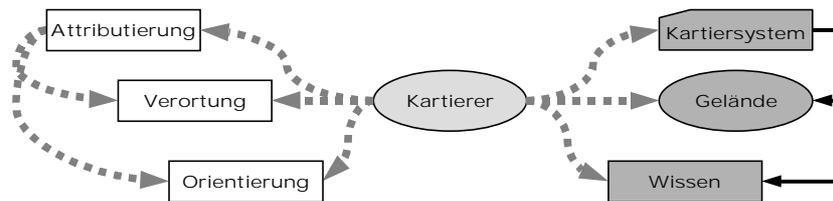


Abb. 103) Informationsfluss bei der Datenerhebung

Die Datenerhebung kann nach Stein (1997) weiter differenziert und durch einen Informationsfluss beschrieben werden:

Die **Orientierung** umfasst alle Vorgänge zur Erfassung der Geländesituation, die mit fachlichem und methodischem Wissen verknüpft werden müssen. Das Kartiersystem sollte bei Bedarf Informationen zu fachlichen Zusammenhängen oder methodischen Vorgehensweisen vorhalten. Darüber hinaus wird der Kartierer auch Informationen aus sekundären Quellen zur Orientierung einsetzen, vor allem zu Parametern, die im Gelände nicht visuell zu entnehmen sind.

Die **Verortung** betrifft die Identifizierung der Probestellen in Gelände und Karte und hängt somit vom Verfahren der Stichprobenwahl zusammen, welches zumindest die Regeln für deren Auswahl vorgibt. Andererseits ist die Referenzierung von Karte und Gelände aus Sicht des Kartierers ein Problem, das z.B. durch den Einsatz von positionsbestimmenden Verfahren (etwa GPS) gelöst werden kann.

Die **Attributierung** erfolgt bei der Kartierung meist in Form von Messungen oder Beobachtungen im Gelände, so dass durch das Kartiersystem, analog zur Orientierung, fachliche und methodische Unterstützung geleistet werden kann. Ebenso ist es oft erforderlich, die Datenbasis des Kartiersystems zur Visualisierung bereits erhobener Daten zu nutzen, oder die Ableitung von Daten aus der Karte zu ermöglichen. Für letztere Möglichkeit sollten entsprechende interaktive Verfahren, bspw. der digitalen Kartometrie vorhanden sein.

### Datenauswertung

Zur Auswertung von Daten gehört u.a. die Nutzung kartographischer Medien zur Präsentation und visuellen Analyse der Ergebnisse von Auswerteverfahren. Diese können teilweise bereits im Gelände, teilweise aber erst nach Beendigung der Datenerhebung durchgeführt werden (z.B. im Labor).

Stein (1997) differenziert im wesentlichen vier methodische Bereiche der Datenerhebung, die durch die Datenauswertung unterstützt werden können:

- Überlagerung und Verschneidung von Einflussfaktoren,
- Darstellung von Austausch- und Wechselbeziehungen,
- Möglichkeiten zur Überprüfung der Plausibilität der erhobenen Daten,
- Vorhaltung von Zwischenergebnissen aus den einzelnen Bereichen.

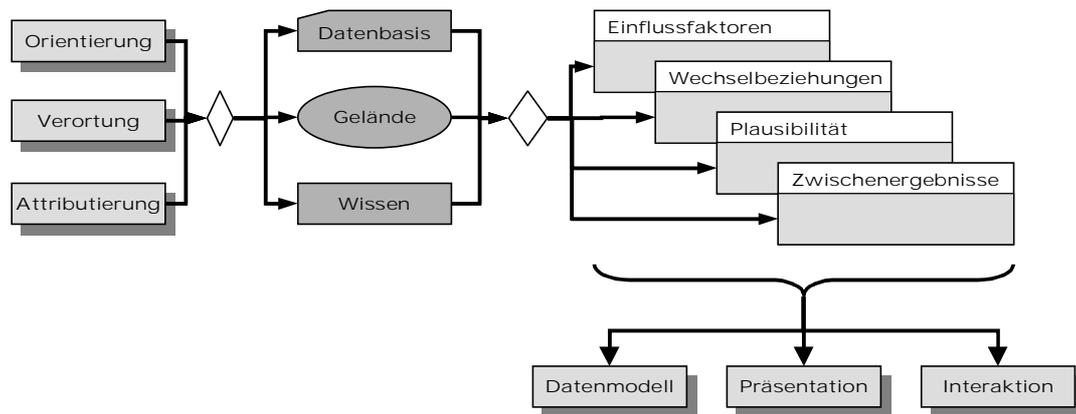


Abb. 104) Konzeptionelles Schema zur Unterstützung der Datenerhebung

Demgegenüber wird die Datenauswertung nach der Geländearbeit durch das Untersuchungsziel und übergeordneten Fragestellungen geprägt sein und kann besser mit Software aus dem Bereich Statistik oder mit Geoinformationssystemen durchgeführt werden.

Neben diesen allgemeinen Verfahrensschritten kann die Betrachtung unterschiedlicher Gegenstandsbereiche von Kartierverfahren weitere Erkenntnisse über den Ablauf von Kartierungen, insbesondere hinsichtlich der Stichprobenauswahl, für die Planung eines Kartiersystems erbringen.

### 7.1.2 Varianten von Kartierverfahren

Während die geschilderten Phasen einer Kartierung nahe legen, dass Kartierverfahren grundsätzlich gleich strukturiert sein würden, ergeben sich vor allem aus der Art der Stichprobenauswahl Varianten von Kartierverfahren. Grundsätzlich gilt für die Wahl einer Stichprobe, dass die über sie erhobenen Daten in ihrer Verteilung der Situation im Untersuchungsgebiet, als Grundgesamtheit, möglichst entsprechen sollen. Dabei wird davon ausgegangen, dass die Auswahl der einzelnen Messstellen zufällig erfolgt, um eine subjektive Vorauswahl durch den Kartierenden zu vermeiden. Die Anwendung von Vorwissen über die Struktur der Grundgesamtheit kann jedoch die Qualität der Auswahl verbessern (Stoddard 1988). Bei einer Kartierung betrifft dies neben inhaltlichen Belangen vor allem die räumliche Struktur des zu untersuchenden Phänomens im Untersuchungsgebiet. Dies wiederum beeinflusst die Vorgehensweise bei der Arbeit im Gelände, woraus weitere funktionale Anforderungen an ein Kartiersystem abgeleitet werden können.

#### Festlegung der Datenbezugseinheiten

Die Datenbezugseinheiten bilden die geometrischen Elemente, zu denen Daten erhoben werden und müssen entsprechend der geometrischen Eigenschaften des zu untersuchenden Phänomens festgelegt werden. Sie werden im Datenmodell durch die geometrische Dimension und die räumlich-topologische Verbreitung der kleinsten zu erfassenden Einheit abgebildet (Lounsbury; Aldrich 1986).

Grundsätzlich können punktbezogene, flächenbezogene und lineare Datenbezugseinheiten unterschieden werden, wobei

- punktbezogene Bezugseinheiten eher auf Messungen beruhen, die bspw. in Form einer Probe erhoben werden,
- flächenbezogene und lineare Bezugseinheiten eher auf Zählungen und Schätzungen basieren, die für ein Areal und einen Streckenabschnitt durchgeführt werden.

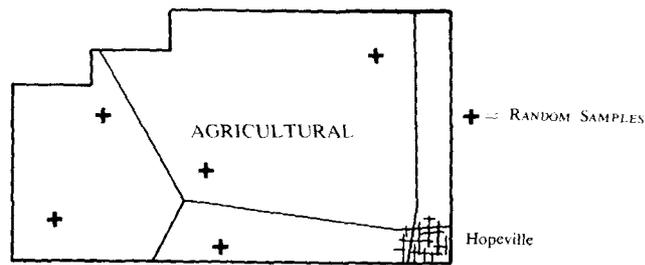
Bei kontinuierlich verbreiteten Phänomenen müssen die Datenbezugseinheiten vor allem die Varianz und die räumliche Verteilung der Werte wiedergeben, bei diskreten Daten ist darüber hinaus die Ermittlung der räumlichen Grenzen eine wichtige Aufgabe und bei disjunkter räumlicher Verteilung müssen die entsprechenden Einheiten im Gelände gefunden und abgegrenzt werden. Somit ist die Festlegung einer Stichprobe in der Regel nicht allein durch eine zufällige Auswahl von Koordinatenpunkten möglich, sondern zunächst von der räumlichen Struktur des Phänomens abhängig.

### **Festlegung der Kartiereinheiten**

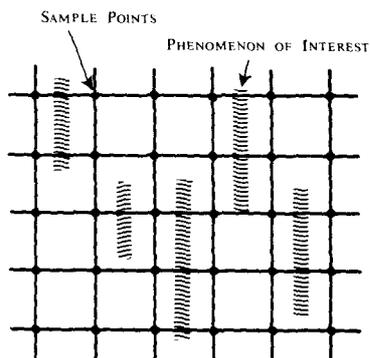
Ohne spezielles Vorwissen wird das Untersuchungsgebiet i.d.R. durch ein Gitter repräsentiert, in dem entweder die Kreuzungspunkte der Gitterzellen oder Punkte innerhalb der Gitterzellen durch Zufallszahlen bestimmt werden. Bestehende Verordnungen und Vorschriften gehen teilweise von einer vollständigen Erfassung auf Basis eines Rasters aus (Nothbaum et al 1994).

An den so ausgewählten Punkten werden die Daten erhoben, allerdings gibt es keine Garantie dafür, dass die Aufnahmepunkte die ganze, tatsächliche Wertespanne repräsentieren, bzw. es nicht zu geometrischen Fehlern kommt. Nothbaum et al (1994) bemerken u.a. zur Verwendung einer zufallsbasierten Auswahl der Probestellen, dass ein Wiederauffinden der Probepunkte im Gelände schwierig sei. Obwohl dies durch den Einsatz positionsbestimmender Verfahren, wie GPS, umgangen werden kann, bleibt der Nachteil, dass Probepunkte bspw. an unzugänglichen Stellen liegen können. Zudem können im ungünstigsten Fall zwei oder mehr Punkte an fast identischen Orten liegen oder größere Areale unberücksichtigt bleiben.

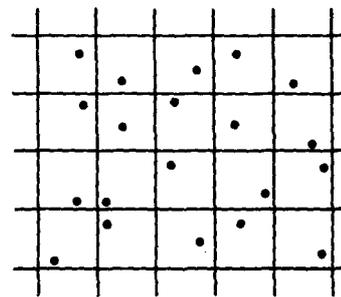
Stoddard (1988), sowie Lounsbury und Aldrich (1986) unterscheiden neben der rein zufälligen Auswahl der Stichprobe die systematische Auswahl über ein Gitter und die zufällige Auswahl innerhalb eines Gitters, wobei letztere weitere Variationen zulässt (vgl. Abb. 105).



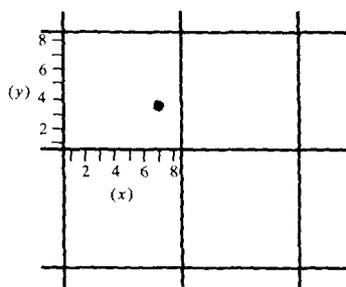
A. RANDOM SAMPLING. Random selection may not adequately represent the study area.



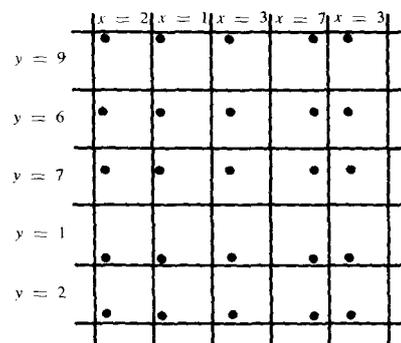
B. SYSTEMATIC SAMPLING MATRIX.



C. STRATIFIED RANDOM SAMPLING MATRIX.



D.  $xy$  COORDINATES USED TO ALLOCATE POINTS.



E. UNALIGNED SAMPLING MATRIX; RANDOM SELECTION OF ROW AND COLUMN VALUES ONLY.

Abb. 105) Varianten der Stichprobenauswahl  
(nach Lounsbury und Aldrich 1986)

Vorwissen über ein Phänomen kann dazu genutzt werden, dessen Abhängigkeiten mit anderen, bekannten Parametern zur Aufteilung des Raums zu nutzen, bspw. die Geländehöhe bei der Auswahl von Standorten zur Messung der Lufttemperatur zu berücksichtigen. Auf diese Weise lassen sich Kartiereinheiten schaffen, die durch die Stichprobe überprüft werden. Stoddard (1988) spricht in diesem Fall von einer mehrstufigen Auswahl. Aus grundlegenderen Erhebungen oder Datenquellen wird eine jeweils systematischere Erhebung abgeleitet, innerhalb derer die Stichprobe wiederum zufällig ausgewählt wird. Da in diesem Fall fachspezifische Modelle berücksichtigt werden müssen, ist die Analyse eines adäquaten Verfahrens zur Abbildung in einem Kartiersystem nicht auf Basis allgemeiner Modelle möglich. So ergeben sich, bspw. bei der Kartierung von Proben zur Ermittlung von Schadstoffen,

Möglichkeiten, die räumliche Struktur der Emittenten, der Träger bzw. der Emission zu berücksichtigen.

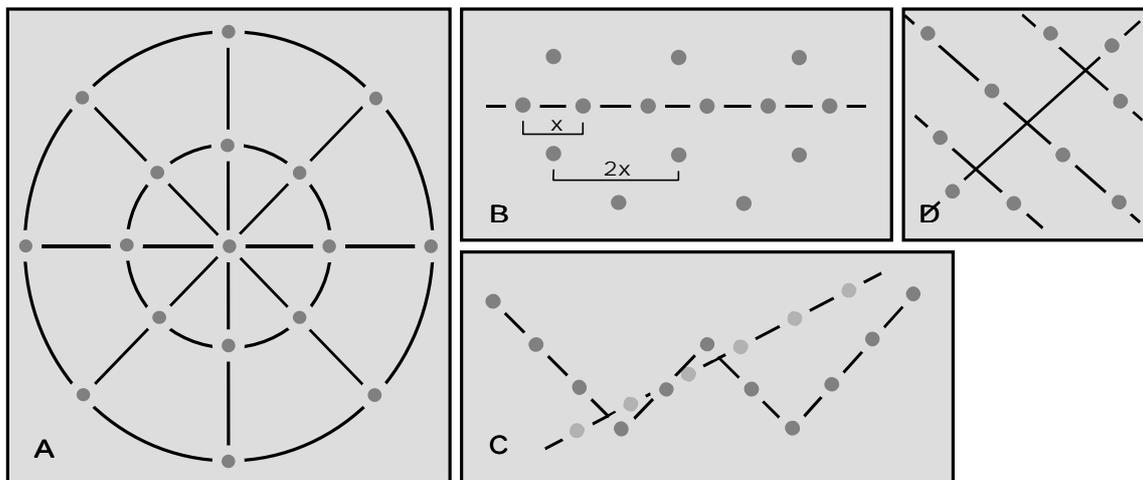


Abb. 106) Auswahl von Probenahmepunkten zur Schadstoffmessung (nach Nothbaum et al 1994)

Wie in Abb. 106) dargestellt, unterscheiden Nothbaum et al (1994) in diesem Zusammenhang Probenahmeraster für (A) zentrierte Schadstoffbelastungen, (B) Belastungen entlang einer Linie, und (C und D) streifenförmige Belastungen.

Das Ziel ist es, den Stichprobenumfang so klein wie möglich zu halten, ohne die Genauigkeit der Daten zu verschlechtern. Auch in der Bodenkunde werden zur bodenkundlichen Kartierung Strukturierungsmöglichkeiten entwickelt, die auf eigenen fachspezifischen Annahmen zu Bodengenese und Bodenvariabilität und möglichen Informationsquellen beruhen.

### 7.1.3 Zum Ablauf der Bodenkundlichen Kartierung

Die bodenkundliche Kartierung entspricht einem hypothesengeleiteten Prozess der Erfassung bodenrelevanter Parameter. Je nach Anwendung eines speziellen Kartierverfahrens wird mehr oder weniger intensiv durch eine Konzeptkarte eine Vorabschätzung der Verteilung der Böden vorgenommen, zumindest aber mögliche Grenzen der Verteilungsgebiete aus einer Vielzahl von bodenrelevanten Parametern abgeleitet. Im Gelände werden anschließend, durch punktuelle Stichproben von Bohrprofilen, die angenommenen Grenzen überprüft. Die unterschiedlichen Kartierverfahren der Bodenkunde basieren im wesentlichen auf der Aussagefähigkeit der zugrundeliegenden und damit verfügbaren Ausgangsdaten, die in der Konzeptkarte Berücksichtigung finden (Hennings 1991).

Demnach können die unterschiedlichen angewandten Verfahren zur Kartierung in der Bodenkunde nach der Güte der für den Kartierenden verfügbaren Informationsgrundlagen gegliedert werden. Mit einer Verbesserung der Informationsgrundlage kann die Anzahl der zu kartierenden Profile deutlich verringert und die Qualität der erhobenen Daten verbessert werden. Da die Aufnahme eines Bodenprofils verhältnismäßig viel Zeit in Anspruch nimmt, ist so eine wesentlich schnellere Kartierung möglich. Eventuelle Interpretationsfehler bei der Profilaufnahme können durch den Vergleich mit angenommenen Gesetzmäßigkeiten hinterfragt und korrigiert werden.

Ein bodenkundliches Kartiersystems sollte daher vor allem den Bereich der Kartiervorbereitung mit einschließen und die Einbindung von Daten und Medien in einer Form zulassen, die es dem Kartierenden ermöglicht, sich ein gedankliches Bild des Bodens zu machen und im Gelände anzuwenden. Da die Informations- und Datengrundlagen nicht beliebig verfügbar sind, muss diesem Umstand Rechnung getragen werden. Die in der Literatur vorgeschlagenen speziellen Kartierverfahren sind geeignet, die Kartierung auf die Verfügbarkeit von Informationen anzupassen.

### Gliederung bodenkundlicher Kartierverfahren

Schlichting et al (1995) gehen von vier generell unterschiedlichen Verfahren der Kartierung hinsichtlich der Auswahl der Probepunkte aus. Sie unterscheiden Rasterkartierung, Grenzlinienkartierung, Catenenkartierung und Luftbildgestützte Kartierung.

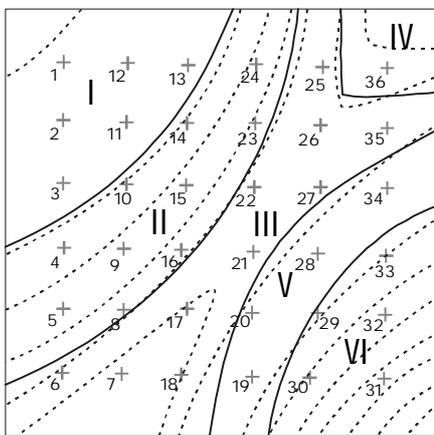


Abb. 107) Skizze zur Rasterkartierung

Bei einem geringen Informationsstand bzgl. einer möglichen Verteilung der Böden kann die Rasterkartierung angewandt werden, die eine regelmäßige Anordnung der aufzunehmenden Profile verlangt. Das Hauptproblem ist die Wahl einer angemessenen Maschenweite, bei zu großem Abstand können kleinere Areale unberücksichtigt bleiben. Bei der Rasterkartierung sind zudem viele Beprobungen notwendig.

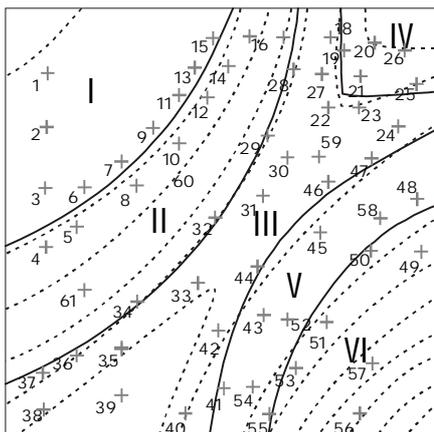


Abb. 108) Skizze zur Grenzlinienkartierung

Ebenfalls anwendbar bei geringen Vorinformationen ist die Grenzlinienkartierung, die implizit davon ausgeht, dass sich die Grenzen zwischen Bodenarealen verfolgen lassen. Zu Beginn der Kartierung wird zunächst entlang einer Geraden kartiert (Punkte 1-4 in Abb. 108), bis ein Wechsel der Bodenart auftritt, anschließend wird wechselseitig der Verlauf der Grenze verfolgt (Punkte 5-16). Allerdings können auch hier kleinere Areale übersehen werden, der Aufwand ist i.d.R. noch höher als bei der Rasterkartierung.

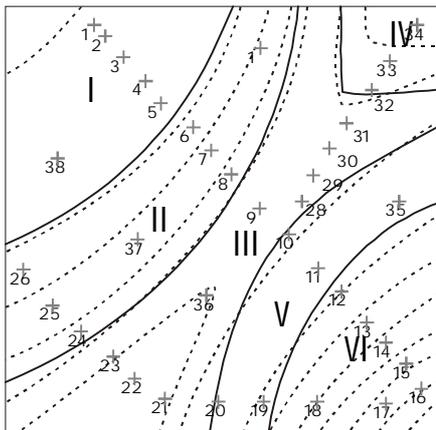


Abb. 109) Skizze zur Catenenkartierung

Bei der Catenenkartierung werden im Gelände durch Analyse der Verbreitung von Gesteins- und Nutzungsformen geomorphe Einheiten festgelegt und in der Kartierskizze festgehalten. Der Kartierer überprüft die gebildeten Areale schließlich durch die Probe entlang von Transekten, quer zu den festgestellten Grenzen (z.B. Punkte 1-16 in Abb. 109). Eine Voraussetzung ist, dass das Gelände dem Kartierer gut bekannt ist, es bleibt aber auch hier der Nachteil, dass kleine eingeschlossene Einheiten übersehen werden können.

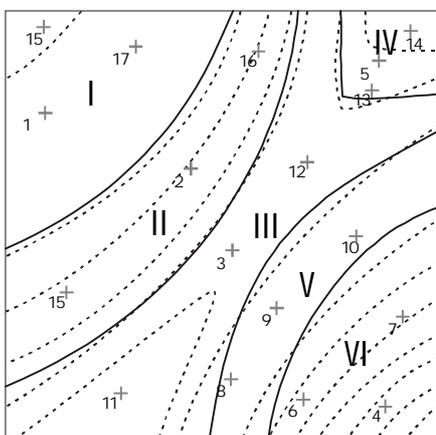
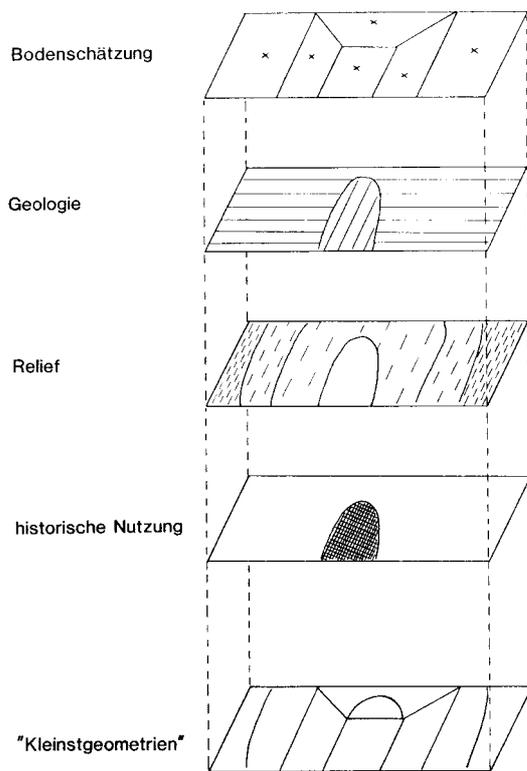


Abb. 110) Skizze zur luftbildgestützten Kartierung

Das Ziel dieses Verfahrens ist es, bereits durch die Interpretation von Luftbildern eine geometrisch genaue Festlegung der geomorphen Einheiten vorzunehmen, die im Gelände durch wenige Proben überprüft werden können. Eventuell müssen aufgrund dieser Ergebnisse die Flächen zusammengelegt oder geteilt werden. Dieses Verfahren geht folglich von einem hohen Informationsstand aus, wobei die Luftbildinterpretation nur eine mögliche Informationsquelle darstellt. Vielmehr können auf der Basis von Flächenverschneidungen mit Geo-Informationssystemen solche Kartierkonzepte erstellt werden

### Kartierkonzept auf der Basis von Flächenverschneidungen

Hennings (1991) gliedert die Verfahren zur bodenkundlichen Kartierung ebenfalls nach ihren informationellen Ansprüchen und den anzuwendenden Auswertungsverfahren. Der Einsatz einer rein zufällig gesteuerten Auswahl von Bohrproben sieht er nur als sinnvoll an, wenn keine Vorinformationen zum Untersuchungsgebiet vorliegen, die Rasterkartierung ist zudem als Basis geostatistischer Ansätze, z.B. zur Anwendung von Kriging-Verfahren, bei der weiteren Datenauswertung sinnvoll. Die Kartierung in Catenen (hier Transekte) sei angebracht, wenn Vorinformationen über den Verlauf von Oberflächenstrukturen (des Reliefs) einbezogen werden können. Die Einbindung einer Vielzahl von Datenquellen, ermöglicht darüber hinaus ein Kartierkonzept auf der Basis von Kleinstgeometrien als Ergebnis der geometrischen Verschneidung der Daten in einem Geo-Informationssystem.

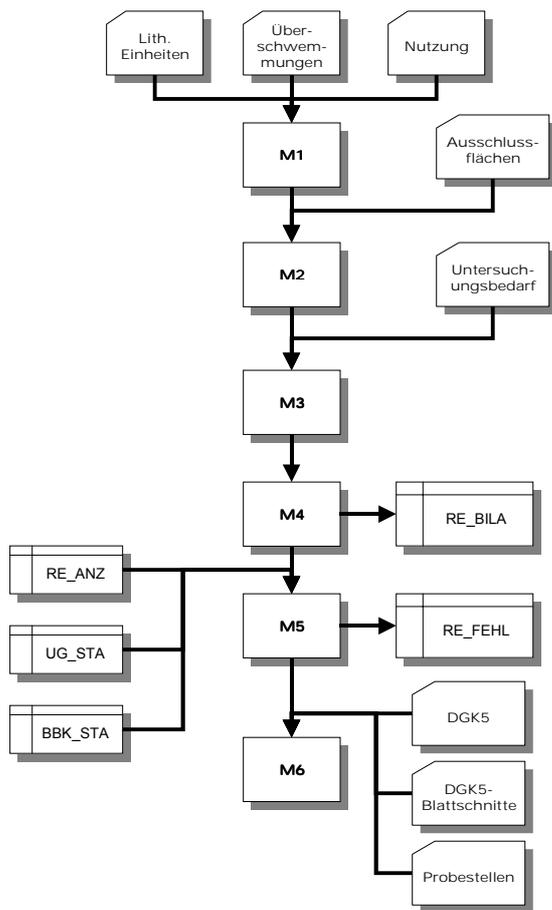


Wie in Abb. 111) dargestellt, werden hier die Daten zur Reichsbodenschätzung, zur Geologie, zum Relief und zur historischen Nutzung miteinander verschneidet. Die resultierenden Flächen bilden die Kartiereinheiten, die aufgrund gleicher Merkmalskombinationen aus den Ursprungsdaten unterschieden werden. In jeder Fläche soll mindestens eine Bohrung vorgenommen werden, zusätzlich zu diesem Vorgehen werden unklare Grenzverläufe durch Transekte zusätzlich verdichtet.

Damit löst die Verschneidung der Vorinformationen quasi die Interpretation des Luftbildes ab, die Kleinstgeometrien entsprechen den angenommenen geomorphen Einheiten.

Abb. 111) Bildung von Kartiereinheiten durch Verschneidung (Hennings 1991)

Bluhm (1998) stellt drei Verfahren zur Optimierung der Messnetzplanung für digitale Kartiersysteme vor, von denen eines die Kartierung bodenkundlicher Basisdaten betrifft. Die Verfahren beruhen im wesentlichen ebenfalls auf der geometrischen Verschneidung von Ausgangsdaten zu einer Karte der Probestellen.



Das Verfahren bezieht sich auf die Festlegung von Probestellen zur Messung von Bodenbelastungen. Der aus dieser Fragestellung resultierende Bedarf an Vorinformationen, wurde durch die im Schema angegebenen Daten abgedeckt.

Die Verdichtung der Daten erfolgt in den Schritten M1-M6:

M1 beinhaltet die Bildung relevanter homogener Raumeinheiten, M2 die Reduzierung um Ausschlussflächen, M3 die Klassifizierung nach einem gegebenen Untersuchungsbedarf, M4 die Bilanzierung der Raumeinheiten (in tabellarischer Form), M5 die Ermittlung der Anzahl fehlender Proben und M6 die Festlegung der Probenahmeorte).

Die auf diese Weise erstellte Karte der zu erhebenden Probestellen wurde bei der Geländearbeit eingesetzt. Bluhm verweist darauf, dass bei vorhandener Datengrundlage der Zeitaufwand der Erhebung drastisch, und zwar um den Faktor 10, reduziert werden konnte. Ähnliche Effekte seien auch bei der Kartierung von Bodentypen zu erwarten.

Abb. 112) Ablaufschema der Messnetzplanung (nach Bluhm 1998)

Mit den vorgestellten Ansätzen wurde ein Überblick über Kartierverfahren der Bodenkunde gegeben, der es ermöglicht, die Planung der Kartiergrundlagen auf die Verfügbarkeit von Vorinformationen abzustimmen. Dabei zeigt sich, dass vorhandenen Daten mit Hilfe von Geo-Informationssystemen so verdichtet werden können, dass eine Vorabschätzung der Bodenareale in einer digitalen Karte möglich ist. Fehlen solche Informationsquellen, kann die Kartierung im regelmäßigen Raster erfolgen. Als eine wichtige Anforderung an ein Kartiersystem verbleibt somit die Führung des Kartierenden bei der Auswahl der Probestellen, indem die Vorinformationen, entsprechend aufbereitet, abgefragt und präsentiert werden können.

## **7.2 Modellierung des Medieneinsatzes zur DV-gestützten Kartierung**

Nach dem Überblick und der Abgrenzung bodenkundlicher Kartierverfahren soll im folgenden die Anwendung des Entwicklungsmodells interaktiver kartographischer Medien auf die bodenkundliche Kartierung erfolgen. Zu diesem Zweck wird entsprechend der Phasen des Modells zwischen Analyse, Modellierung und Entwurf unterschieden. Dabei wird der Modellierung der größere Stellenwert eingeräumt, während die Analyseergebnisse überwiegend aus anderen Arbeiten übernommen wurden. Der Entwurf wird anhand der Entwicklung eines Prototypen auf der Basis des Erfassungssystems GISPAD im darauffolgenden Kapitel behandelt.

### **7.2.1 Analyse des Anwendungsbereiches**

In Kapitel 6 wurde vorgeschlagen, die Analyse des Anwendungsbereiches methodisch durch mindestens eine der Analysenschwerpunkte aus der Bereichsanalyse, der Benutzeranalyse und der Aufgabenanalyse zu wählen, wobei sich innerhalb dieser wiederum spezielle Methoden in besonderer Weise eignen, die benötigten Ergebnisse zu erhalten. Die im Rahmen dieser Arbeit erhobenen Daten zum Anwendungsbereich der Kartierung stammen im wesentlichen aus drei Quellen, nämlich

- einer Diplomarbeit zur Konzeption eines Kartiersystems, die vor allem die wesentlichen Aufgabenbereiche der Kartiertätigkeit festlegt und diese bzgl. einer DV-Umgebung reorganisiert (Stein 1997),
- zweier Befragungen zur Kartennutzung in Geographie und Geowissenschaften, zum einen im Rahmen des Forschungsprojektes zur kartographischen Bildschirmkommunikation (Bollmann, Johann, Heidmann 1999) und zum anderen im Rahmen einer weiterführenden Diplomarbeit (Hesse 1998),
- einem laufenden Projekt zur DV-gestützten Kartierung und den dabei durchgeführten Literaturrecherchen, Gesprächen mit Bodenkundlern, etc.

Somit liegt eine einheitliche und systematisch erhobene empirische Basis, wie sie bspw. im Rahmen einer Aufgabenanalyse verlangt wird, nicht vor. Es sollte dennoch möglich sein, aus den vorliegenden Arbeiten eine verlässliche Basis für die folgenden Modellierungs- und Entwurfsschritte zu bilden und darauf aufbauend den Entwurfsprozess als ganzen zu bewerten.

Hierzu wird an die im vorangegangenen Kapitel geschilderten Grundlagen der Kartierung angeknüpft. Folgende wesentliche Erkenntnisse haben sich daraus ergeben:

- Innerhalb der bodenkundlichen Kartierung ist relativ festgelegt, welche Parameter im Gelände erhoben werden, es kann daher davon ausgegangen werden, dass diesbezüglich ein festes Datenmodell aufgestellt werden kann, wie dies auch bereits an anderer Stelle geschehen ist (Schulte-Kellinghaus 1996). Das Datenmodell kann zudem weitgehend auf die Empfehlungen der Bodenkundlichen Kartieranleitung gestützt werden (AG Boden 1994)
- In einem engen Zusammenhang damit stehen die Informationsquellen, die zur Kartierung benötigt werden. Diese Anforderungen finden sich teilweise in der Literatur (vgl. Kapitel 7.1) oder konnten bei der Geländearbeit beobachtet werden. Grob können diese in zwei Bereiche untergliedert werden. Erstens die Grundlagen zur Abschätzung der räumlichen Variabilität, in Form von Karten zu Geologie, Relief, Landnutzung, etc. und zweitens zur Unterstützung der Probenahme durch Referenztabellen, Formeln, etc.

- Darauf aufbauend können verschiedene Kartierverfahren voneinander abgegrenzt werden, die vor allem durch die Auswahl der Stichprobe gekennzeichnet sind. Dies wurde im vorangegangenen Kapitel dokumentiert.
- Die Aufgaben eines Kartierers wurden vor allem in der Arbeit von Stein (1997) dargestellt, sie wurden durch die Entwicklung eines Prototypen zur DV-gestützten Kartierung innerhalb des genannten Projektes jedoch weiter verfeinert.
- Grundsätzlich konnte festgestellt werden, dass von mindestens zwei unterschiedlichen Benutzergruppen bei der Entwicklung eines Kartiersystem ausgegangen werden muss, deren Zielsetzungen bei der Kartierung verschieden sind. Während an geologischen Landesämtern oder bei konkreten Forschungsprojekten an Universitäten und anderen Forschungsinstitutionen die effiziente Erfassung möglichst großer Flächen im Vordergrund steht (vgl. Bluhm 1998), liegt der Schwerpunkt der Kartierung innerhalb der bodenkundlichen Lehre an Hochschulen in der Vermittlung bodenkundlichen Grundlagenwissens, so dass die Effizienz der Erfassung eine untergeordnete Rolle spielt.

An dieser Stelle soll versucht werden, mit der Systemkonzeption einen Mittelweg einzuschlagen, der sowohl die Lernbedürfnisse der Studenten berücksichtigt, wie auch die Steigerung der Effizienz bei der Kartierung zulässt, obwohl an einigen Stellen Kompromisse geschlossen werden müssen. Mit dem Einsatz adaptiver Verfahren könnte die Benutzerführung für "Novizen" und "Experten" noch besser berücksichtigt werden (vgl. Kapitel 4.1).

### **7.2.2 Modellierung der Medien und Interaktionen**

Zur Modellierung der einzusetzenden Medien und der benötigten Interaktionen sollen Modelle aufgestellt werden, die als Basis des folgenden Systementwurfs dienen (vgl. Kapitel 6.1). Dies sind im einzelnen:

- das semantische Objektmodell, welches im wesentlichen aus einem Datenmodell der bodenkundlichen Kartierung besteht,
- das Aufgabenmodell, welches hauptsächlich die Arbeitsschritte der Kartier Vorbereitung (zur Datenmodellierung) und der Datenerhebung (inkl. der integrierten Datenauswertung) berücksichtigt,
- das Informationsmodell, welches eine Medienstruktur beschreibt, die auf die einzelnen Arbeitsschritte abgestimmt ist,
- das Interaktionsmodell, mit dem vor allem in Form eines Interaktionsdiagramms die Struktur von Eingabe und Ausgabe festgelegt wird.

Dabei wird die Vorgehensweise so gewählt, dass die Modelle aufeinander aufbauen und so bspw. im Informationsmodell diejenigen Arbeitsschritte berücksichtigt werden, die zuvor im Aufgabenmodell identifiziert werden konnten.

#### **Semantisches Objektmodell**

Im Bereich der Kartierung von Bodentypen kann der Aufbau des Datenmodells auf der Basis der Bodenkundlichen Kartieranleitung (AG Boden 1994) durchgeführt werden, auf die sich fast alle Hinweise in der Literatur beziehen. Die dort im einzelnen beschriebenen Parameter entsprechen dem Konsens und der Konvention innerhalb des Faches Bodenkunde. Auch wenn im Rahmen konkreter Kartier Vorhaben z.T. nicht alle Merkmale Berücksichtigung fin-

den, wird in der Regel auf den dort detailliert ausgearbeiteten Kartierschlüssel bezug genommen. Für bereits bestehende Systeme sind gleichfalls Datenmodelle entwickelt worden, die bei der Aufstellung des Objektmodells berücksichtigt wurden.

Auch im Rahmen von Probenahmen zur Feststellung von Bodenbelastungsparametern wird auf Basis der Kartieranleitung vorgegangen, da die Werte für Belastungstoffe, wie Schwermetalle, etc. erst im Labor ermittelt werden können (Schulte-Kellinghaus 1996), der Bodentyp bleibt in diesem Zusammenhang interessant, da aufgrund der Horizontabfolge, verbunden mit ihren spezifischen mineralischen Eigenschaften abgeschätzt werden kann, ob bspw. Schwermetalle anthropogenen oder natürlichen Ursprungs sind (Schröder, et al 1992).

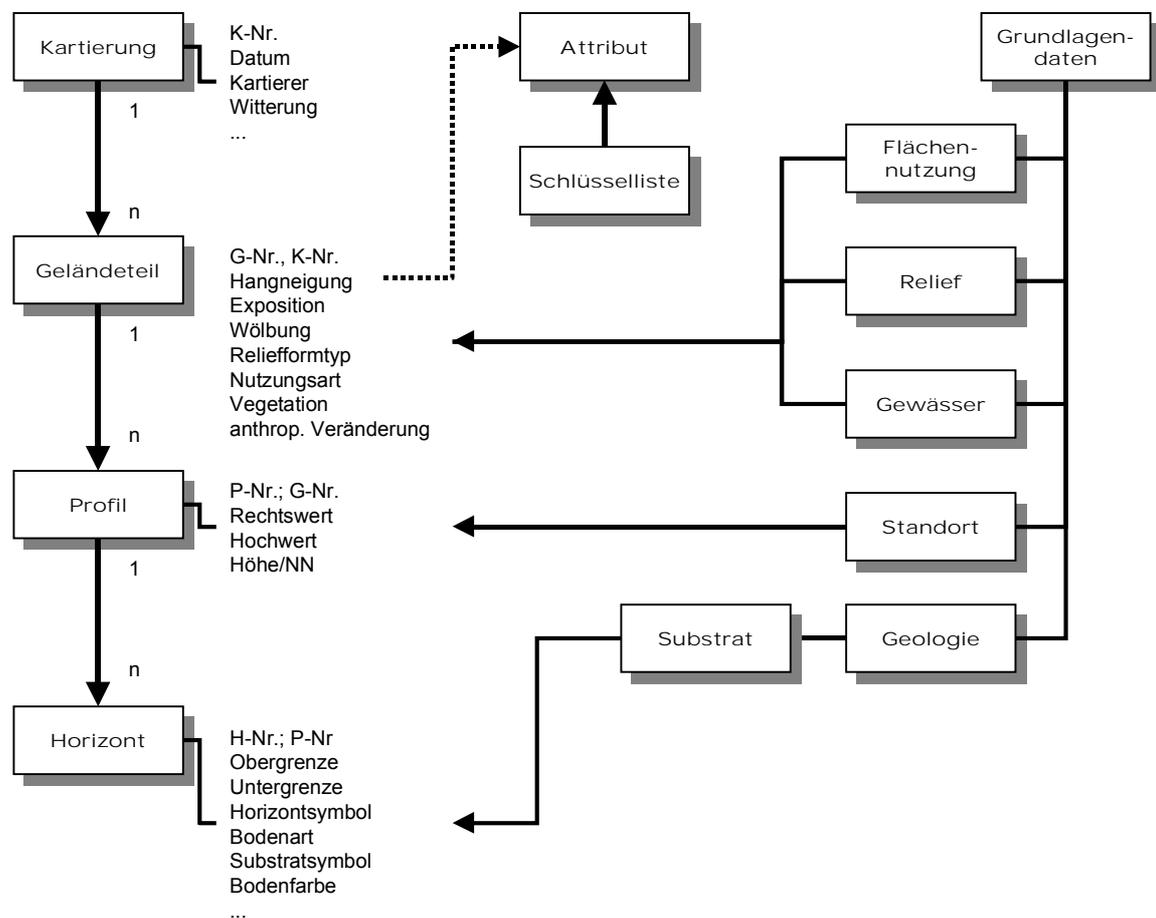


Abb. 113) Bodenkundliches Datenmodell

Das bodenkundlichen Datenmodell bildet die erfassungsrelevanten Entitäten und ihre Parameter ab und stellt die relevanten Grundlagendaten gegenüber, die durch den Kartierenden zur Ableitung der Parameterwerte im Gelände herangezogen werden (s. Abb. 113).

Die zur Kartierung relevanten Objektklassen bilden grundsätzlich eine hierarchische Struktur, wobei zweckmäßigerweise von der Kartierung als oberster Entität ausgegangen wird. Sie enthält allgemeine Angaben zur Kartierung, die für alle nachfolgenden Entitäten gelten (z.B. die Witterung). Eine Kartierung kann schließlich als eine Menge von Profilbohrungen

aufgefasst werden, wobei diese jeweils eine Vielzahl von beschreibenden Parametern der Geländeumgebung beinhalten, die in Form von Geländeteilen extra erfasst werden können, nicht zuletzt, um Redundante Dateneingaben zu vermeiden. Jedes Profil wird weiter nach Horizonten gegliedert, denen jeweils die spezifisch bodenkundlichen Parametern zugeordnet sind. Die Wahl der Objektklassen unterhalb der Kartierung kann darüber hinaus wie folgt begründet werden:

**Geländeteile:** Sinnvollerweise kann über der Ebene der Profile eine Entität der Geländeteile geschaffen werden, die identische Geländeparameter zugeordneter Bodenprofile ausgliedert, um Redundanzen in den Profildaten zu vermeiden, z.B. bei Probenahmen an einem gleichförmigen Hang.

Die eingeführten Geländeteile können auch dazu genutzt werden, die in der Konzeptkarte eingetragenen vorläufigen Verbreitungsareale zu repräsentieren, da diese genau durch einheitliche Parameterwerte (zum Beispiel als Ergebnis einer Verschneidung von Vor-Informationen) definiert werden können. Dies hat den Vorteil, dass bei einer medientechnischen Umsetzung des Datenmodells auf die Geländeparameter am aktuellen Standort bezug genommen werden kann und die Geländeteile als Schnittstelle zwischen dem Datenmodell zur Repräsentation der Erfassung und dem Datenmodell der Medien genutzt werden können.

**Profile:** Die verbliebenen Merkmale eines Profils werden auf die Angaben zu seiner Position beschränkt, die, wenn vorhanden, beispielsweise über GPS automatisch oder andernfalls durch einen interaktiven Eintrag in die Feldkarte ermittelt werden können.

**Horizonte** Die horizontbezogenen Angaben basieren direkt auf der Interpretation einer Profilbohrung und werden gegebenenfalls durch Kenntnisse der geologischen Verhältnisse, insbesondere des daraus abzuleitenden Substrats gestützt.

Darüber hinaus werden bei der Kartierung zur Wertvergabe der einzelnen Attribute Wertekodes vorgegeben, die in Form von Schlüssellisten die Eingabe von Daten erleichtern sollen (vgl. auch AG Boden 1994). Prinzipiell können alle im Gelände zu erfassenden Parameter über solche Kodierungen abgebildet werden, auch wenn dies in Abb. 113) exemplarisch nur für die Hangneigung aufgeführt worden ist.

## Aufgabenmodell

Beim Aufgabenmodell wurde versucht, eine Abfolge von Aufgaben zu identifizieren, die als typisch für eine bodenkundliche Kartierung gelten kann. Berücksichtigt wurden auch mögliche Schleifen von Aufgaben, die sich bei der Datenerhebung ergeben können. Für jede Aufgabe können dann detaillierte Strenge von System-Handlungen aufgestellt werden.

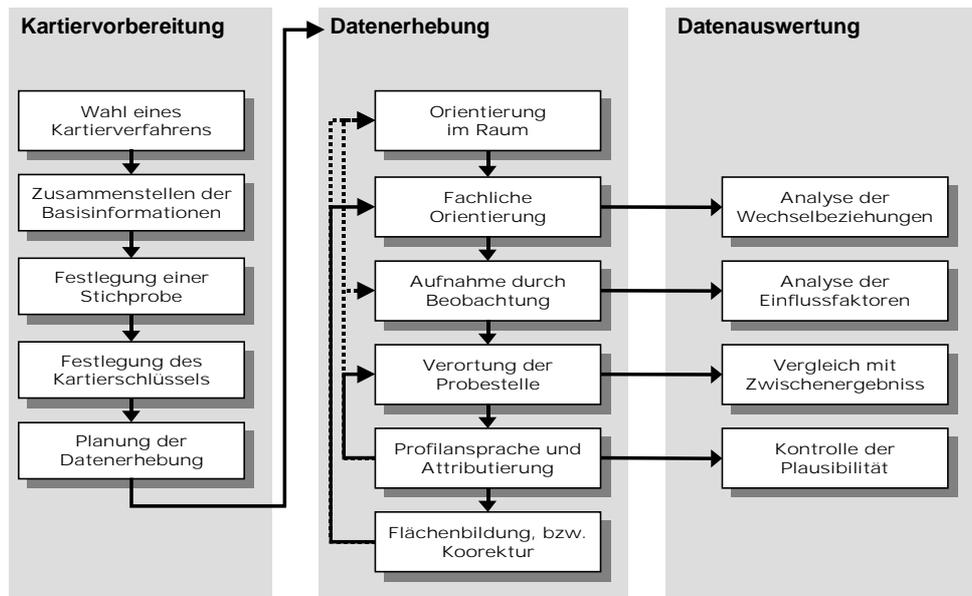


Abb. 114) Aufgabenmodell zur Bodenkundlichen Kartierung  
(verändert nach Stein 1997)

Das verwendete Handlungsmodell beinhaltet die zentralen Aufgaben der Kartiervorbereitung, der Datenerhebung im Gelände und die Auswertungen, die gleichfalls im Gelände vorgenommen werden können. Allerdings wurde aus praktischen Gründen die Phase der Kartiervorbereitung nicht explizit im System mit aufgenommen und vielmehr (zumindest die überwiegenden Aufgaben) als Teil der Systementwicklung verstanden, da das im Rahmen des begleitenden Projekts zur DV-gestützten Kartierung verwendete Werkzeug GISPAD dort eine eigene Funktionalität anbietet. Allerdings wird das verwendete Kartierverfahren bei der Konzeption berücksichtigt: Im einzelnen wird in Rasterkartierung, Grenzlinienkartierung, Catenenkartierung und der Kartierung nach vorab bestimmten geomorphen Einheiten (durch Luftbildinterpretation oder GIS-Analyse und -Verschneidung) unterschieden, woraus eine unterschiedliche Handlungsstruktur abzuleiten ist. Die einzelnen Handlungsstränge wurden nach den geschilderten Aufgaben wie folgt definiert:

**Orientierung im Raum:** Um eine Abstimmung zwischen Gelände und Karte zu erreichen, ist es zunächst notwendig, die Kartierskizze nach Position und Blickrichtung auszurichten. Der Nutzer muss verschiedene relevante Inhalte in der Karte und im Gelände zueinander referenzieren, mindestens die Reliefform, markante topographische Elemente und die Grenzen des Untersuchungsgebietes, bzw. die geplanten Probenahmestellen. Letzterer Punkt entfällt allerdings bei der Catenen- und Grenzlinienkartierung.

**Fachliche Orientierung:** Das wesentliche Ziel ist die Identifizierung der Geländeteile, die entweder durch Auswertung von Vor-Informationen festgelegt wurden oder im Gelände durch eine visuell-gedankliche Analyse abgeleitet werden können. Dieser Schritt kann bei Rasterkartierung entfallen. Der Nutzer muss sich die Parameter, die zur Bildung der Kartiereinheiten geführt haben, bzw. die grundlegenden Parameter der Bodengenese darstellen, bewusst machen, um vor diesem Wissens-Hintergrund Probestellen auszuwählen und Hypothesen zu möglichen Wertausprägungen aufstellen zu können.

**Aufnahme durch Beobachtung:** Das wesentliche Ziel ist es, die Daten zu den gedanklich oder rechnerisch ermittelten Geländeteilen zu erfassen, wozu im wesentlichen Reliefparameter berechnet oder geschätzt werden müssen. Dabei werden teilweise Formeln und Tabellen aus der Kartieranleitung eingesetzt, z.B. zur Berechnung der Wölbungsstärke, der Hangneigung, etc.

**Verortung der Probestelle:** Um die Probestellen gemäß der gewählten Stichprobe auszuwählen, muss jeder neue Standort in die Kartierskizze eingetragen werden, bzw. der aktuelle Standort des Nutzers mit der Stichprobenvorauswahl verglichen werden. In diesem Schritt findet häufig auch eine Sichtung des aktuellen Kartiererergebnisses statt, da die Kenntnis darüber, was in welcher Ausprägung bereits erhoben wurde, die weitere Erhebung beeinflusst. Z.B. wird implizit aus Werten in der Umgebung auf den neuen zu erwartenden Wert geschlossen, dies ist insbesondere bei der Grenzlinien- und Catenenkartierung notwendig.

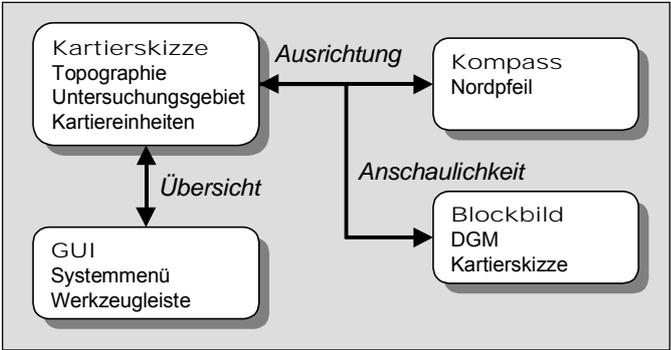
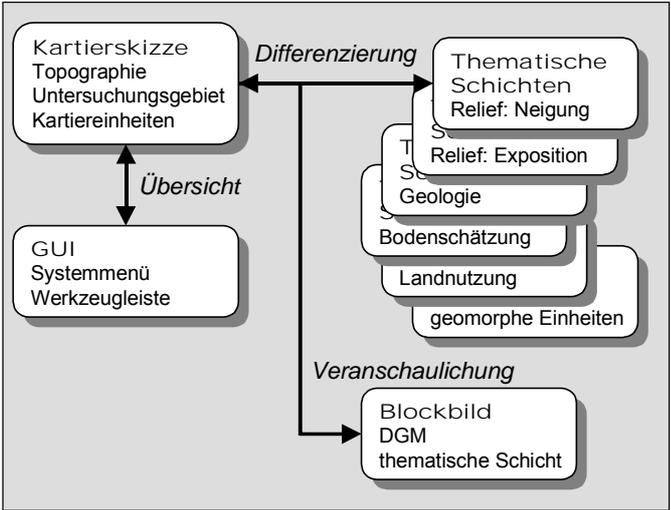
**Profilsprache:** Um alle relevanten Parameter bei der Profilsprache zu erfassen, bedarf es der Attributierung und Festlegung der Horizonte eines Profils, d.h. einer Dateneingabe, die bislang auf Formularen per Hand eingetragen werden. Hierbei werden verschiedene Hilfsmittel zur Wertermittlung eingesetzt, etwa zur Ermittlung der Bodenfarbe (nach dem Munsell-Farbsystem), des Boden-Gefüges und der Bodenart (AG Boden 1994)

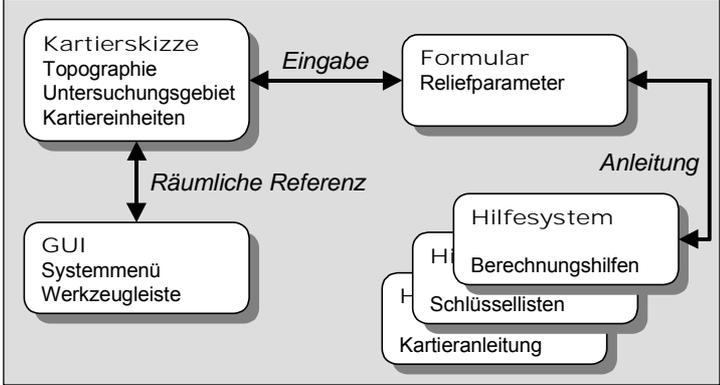
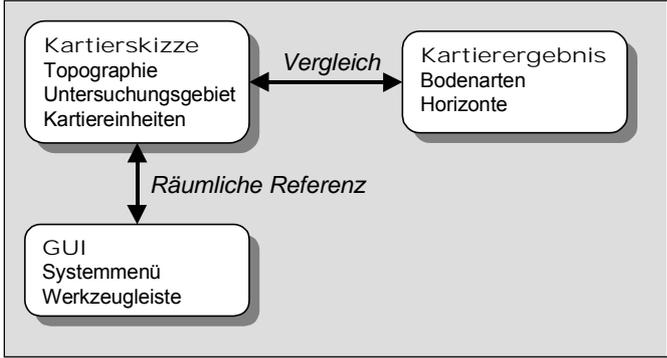
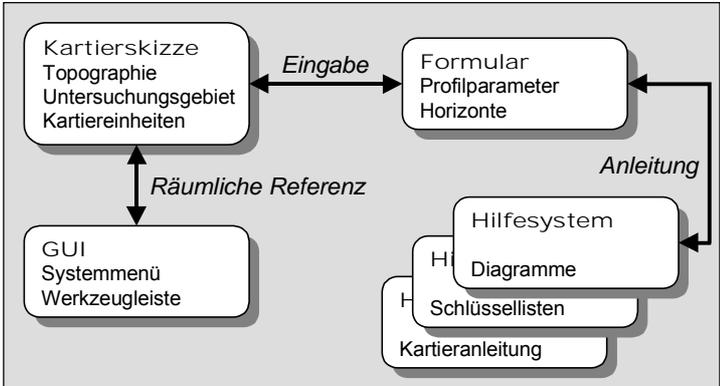
**Flächenbildung:** Um die Bodenareale flächenmäßig voneinander abgrenzen zu können und aus den Punktdaten Flächen ableiten zu können, werden, je nach Kartierverfahren, Flächen durch Skizzierung der Flächenränder neu gebildet (z.B. bei der Rasterkartierung) oder, wie bei der Catenenkartierung, diese Flächenränder Punkt für Punkt im Gelände verfolgt. Bei vordefinierten geomorphen Einheiten werden diese Flächen nachträglich editiert, indem sie zusammengefasst oder geteilt werden.

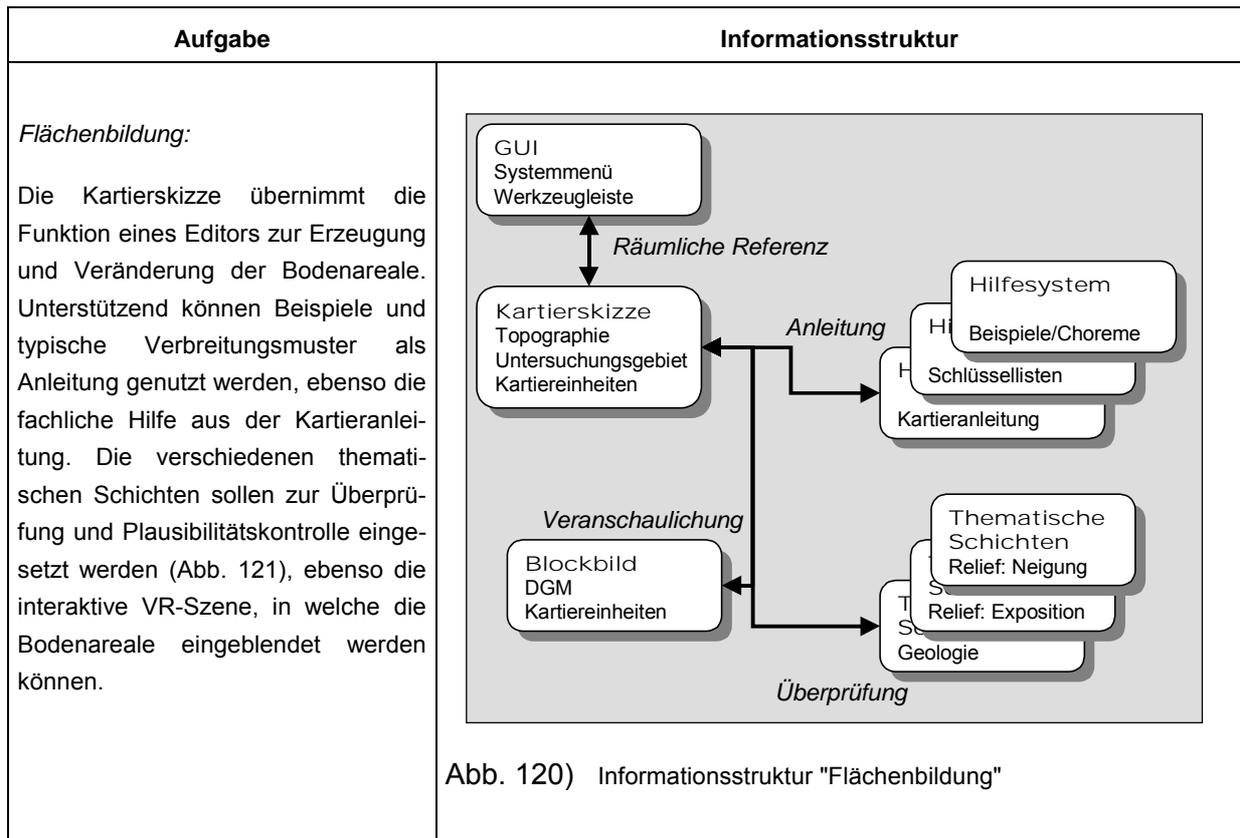
Da die Aufgabenanalyse nicht systematisch nach Operationen, Objekten und Werkzeugen erfolgt ist, soll hier keine weitere Aufgliederung stattfinden, sondern mehr Gewicht auf die Erstellung des Informationsmodells gelegt werden.

## Informationsmodell

Der Zweck eines Informationsmodells soll es sein, die bei einer Anwendung benötigten Medien und deren Vernetzung zu definieren. Nicht zuletzt aus Gründen der Übersichtlichkeit bietet es sich an, diese Struktur für alle Aufgaben getrennt vorzunehmen. Gegenüber dem Aufgabenmodell werden an dieser Stelle bereits Bestandteile des Kartiersystems konkret benannt, indem über die Vernetzung der Medien Interaktionen zur Navigation teilweise impliziert werden und die Medien als Objekte des Systems aufgefasst werden können.

Aufgabe	Informationsstruktur
<p><i>Orientierung im Raum:</i></p> <p>Ausgehend von der Benutzeroberfläche (GUI) bildet die Kartierskizze das zentrale Medium zur Übersicht und Orientierung, in dem die Topographie, die Grenze des Untersuchungsgebiets und die Kartiereinheiten abgebildet sind. Ein Nordpfeil dient der Ausrichtung der Karte nach Norden und eine VR-Szene als Blockbild soll zur Veranschaulichung des Geländes beitragen.</p>	 <p>Abb. 115) Informationsstruktur "Orientierung im Raum"</p>
<p><i>Fachliche Orientierung:</i></p> <p>Zur fachlichen Orientierung können differenzierte Thematische Schichten zusammen mit der Kartierskizze oder der VR-Szene dargestellt werden. Diese sollen helfen, das fachliche Wissen des Kartierenden zu aktivieren und den Überblick über die relevanten Parameter im Raum zu gewinnen. Je nach Verfügbarkeit an Vor-Informationen werden unterschiedlich viele thematische Schichten zur Verfügung stehen.</p>	 <p>Abb. 116) Informationsstruktur "Fachliche Orientierung"</p>

Aufgabe	Informationsstruktur
<p><i>Aufnahme durch Beobachtung:</i></p> <p>Zur Aufnahme der Reliefparameter werden neben einem Eingabeformular Hilfen zur Wertermittlung in Form von Berechnungshilfen, Schlüssellisten sowie Tabellen und Definitionen aus der Kartieranleitung eingesetzt. Neben den aufgeführten Medien kann auch das Blockbild eine sinnvolle Ergänzung sein.</p>	 <p>Abb. 117) Informationsstruktur "Aufnahme durch Beobachtung"</p>
<p><i>Verortung der Probestelle:</i></p> <p>Die Kartierskizze dient der Eingabe der Koordinaten einer Probestelle, bei Verfügbarkeit können diese von einem GPS-Empfänger übernommen werden. Zur Abschätzung der zu erwartenden Werte des Profils wird das aktuelle Zwischenergebnis mit Bodenarten und Horizonten dargestellt.</p>	 <p>Abb. 118) Informationsstruktur "Verortung der Probestelle"</p>
<p><i>Profilsprache:</i></p> <p>Über den aktuellen Standorteintrag kann das Eingabeformular aufgerufen werden, über das die einzelnen Horizonte attribuiert werden. Zur Unterstützung und Referenz werden Schlüssellisten zur Dateneingabe, Diagramme und die notwendigen Definitionen aus der Kartieranleitung als Interpretationshilfen zur Verfügung gestellt.</p>	 <p>Abb. 119) Informationsstruktur "Profilsprache"</p>



Das aufgezeigte Informationsmodell ist insbesondere aus Sicht der Entwicklung eines Prototypen wichtig, da aus diesem heraus bereits mit der Entwicklung der unterschiedlichen Karten und der anderen Medien begonnen werden kann. Diese können anschließend mit Hilfe eines einfachen Präsentationssystems den Nutzern im Zusammenhang vorgestellt werden, so dass für sie ein guter Eindruck des zu erwartenden Systems entsteht. Innerhalb des Projekts zur DV-gestützten Kartierung hat sich Microsoft Powerpoint wie auch HTML in Verbindung mit einem WWW-Browser zur Präsentation der Ideen bewährt.

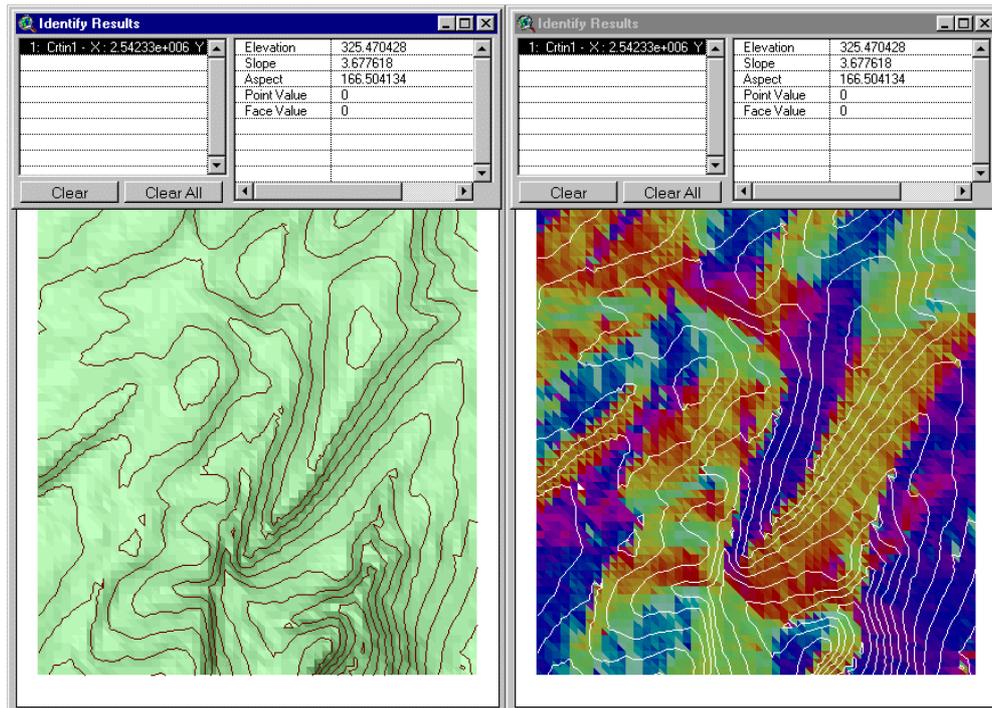


Abb. 121) Reliefparameter Neigung und Exposition als thematische Schichten

## Interaktionsmodell

Das Interaktionsmodell soll der Festlegung von Handlungen und Operationen dienen, die auf der Inputseite durch Eingaben des Benutzers und auf der Outputseite durch (graphische Re-) Aktionen des Systems gekennzeichnet sind. Zunächst sind neben der Berücksichtigung der beteiligten Medien des Informationsmodells auch deren Elemente (letztendlich Zeichen) innerhalb der einzelnen Medien von Bedeutung. Wie in Kapitel 4 gezeigt werden konnte, können diese aus den Referenzmodellen der Medien, z.B. auf Basis des Karten-Objekt-Modells, abgeleitet werden. Zur Notation der Interaktionen in dem geplanten Kartiersystem sollen Interaktionsdiagramme eingesetzt werden (vgl. Kapitel 6.2.2), die sich auf die einzelnen Aufgaben beziehen. Ergänzt werden die Diagramme durch kurze textliche Angaben zu den einzelnen Aktionen.

Innerhalb der Aufgabe "Orientierung im Raum" werden 6 Interaktionen beschrieben, die sich auf die relevanten Medien Kartierskizze, Kompass (als Nordpfeil) und VR-Szene beziehen. Die Notation unterscheidet solche Aktionen, die vom System selbsttätig ausgeführt werden können, bspw. das Ausrichten der Kartierskizze von Aktionen, die auf Eingaben des Nutzers hin die Darstellung verändern, bspw. das Betonen und Markieren von Inhalten der Kartierskizze und solchen, die eine Synchronisation von Medien notwendig machen, wie dies zwischen Kartierskizze und VR-Szene bei Änderungen der Blickrichtung definiert wurde. Die folgenden Interaktionsdiagramme können auf dieselbe Weise gelesen werden, eine vollständige Legende wurde in Kapitel 6.2.2 vorgestellt.

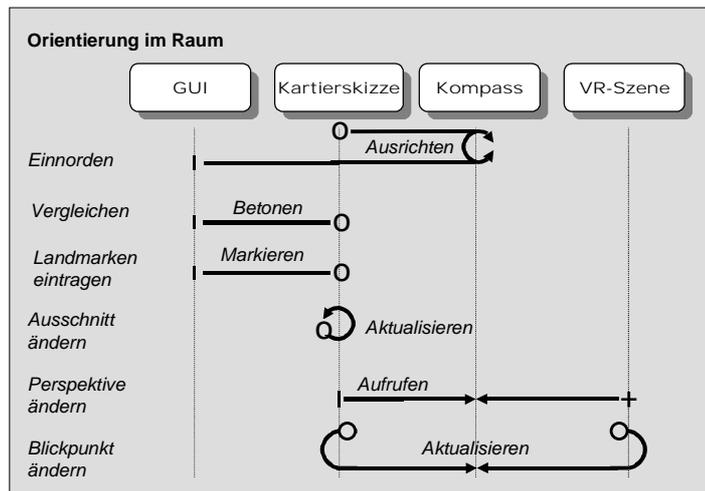


Abb. 122) Interaktionsmodell "Orientierung im Raum"

Einnorden	Der Kompass übernimmt als selbsttätiges Medium (z.B. über integrierten Hardware-Kompass) die Ausrichtung der Kartierskizze auf die aktuelle Exposition des Rechners.
Vergleichen	Zum Vergleichen können unterschiedliche Teilklassen in der Kartierskizze graphisch hervorgehoben werden (z.B.: Elemente der Topographie, Kartiereinheiten).
Landmarken eintragen	Zur visuellen Unterstützung können Markierung von markanten Landschaftselementen angelegt werden, die den Vergleich zwischen Karte und Gelände beschleunigen sollen.
Ausschnitt ändern	Funktionen zum Zoomen und Verschieben des aktuellen Kartenausschnitts.
Perspektive ändern	Aufruf der 3D-Darstellung als Blockbild, oder besser interaktive VR-Szene, die mit der Karte synchronisiert wird, s.a. Blickpunkt ändern
Blickpunkt ändern	Änderung des Standorts oder der Blickrichtung in der VR-Szene, wie auch Veränderung des Ausschnitts in der Karte wird in dem jeweils anderen Medium nachgeführt.

Gegenüber dem Informationsmodell enthält ein Interaktionsdiagramm konkrete Hinweise auf die Umsetzung interaktiver Funktionen, deren programmtechnische Umsetzung allerdings erst bei der Berücksichtigung der funktionalen Möglichkeiten eines ausgewählten Entwicklungswerkzeugs spezifiziert werden kann. Die neben den hier verwendeten Interaktionsdiagrammen erwähnten "abstract data views" (vgl. Kapitel 6.2.2) finden hier keine Anwendung, da die Gestaltung der Benutzeroberfläche bei dem im folgenden besprochenen Entwicklungswerkzeug nur innerhalb der Eingabeformulare möglich ist.

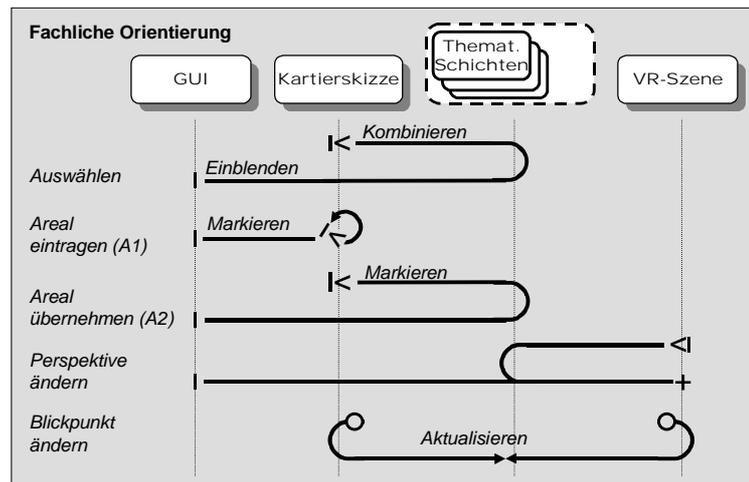


Abb. 123) Interaktionsmodell "Fachliche Orientierung"

Auswählen	Einblendung einer thematischen Schicht in die Kartierskizze
Areal eintragen	Eintragung von Flächen, die bei der Kartierung berücksichtigt werden sollen
Areal übernehmen	Übernahme von Flächen aus der thematischen Schicht zu demselben Zweck wie oben.
Perspektive ändern	Aufruf der 3D-Darstellung als Blockbild, oder besser interaktive VR-Szene, die mit der Karte synchronisiert wird, s.a. Blickpunkt ändern
Blickpunkt ändern	Änderung des Standorts oder der Blickrichtung in der VR-Szene, wie auch Veränderung des Ausschnitts in der Karte wird in dem jeweils anderen Medium nachgeführt.

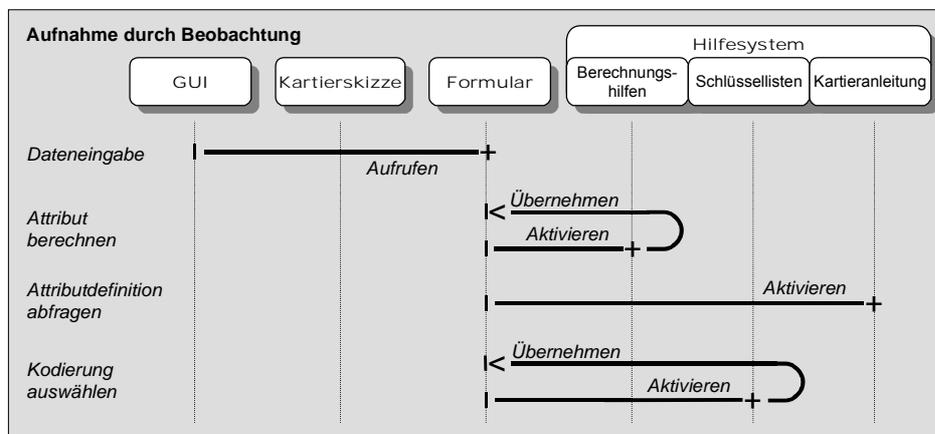


Abb. 124) Interaktionsmodell "Aufnahme durch Beobachtung"

Dateneingabe	Aufrufen des Eingabeformulars, zur Eingabe von Parametern des Geländes (u.a. Hangneigung, Exposition, Wölbung, etc.)
Attribut berechnen	Einsatz der Berechnungshilfen zur Berechnung von Werten (bspw. Neigung, Wölbungsstärke, etc.)
Attributdefinition abfragen	Online-Hilfe zu Definitionen aus der Kartieranleitung
Kodierung auswählen	Einsatz der Schlüssellisten zur Auswahl von Kodierung nach dem Kartierschlüssel der Bodenkunde.

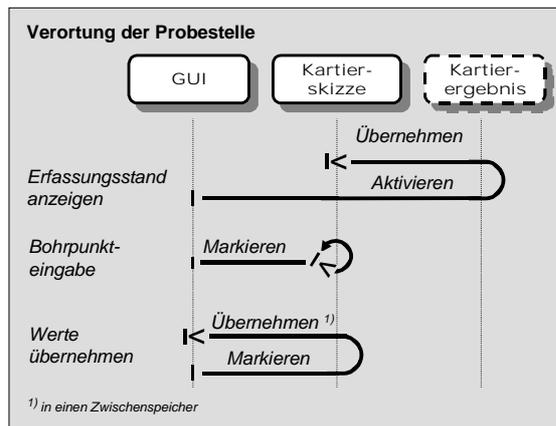


Abb. 125) Interaktionsmodell "Verortung der Probestelle"

Erfassungsstand anzeigen	Zum Vergleich des neuen Standorts mit den bereits erhobenen Profilen der Umgebung werden die Ergebnisse in die Kartierskizze eingetragen.
Bohrpunkteingabe	Eingabe des aktuellen Standorts als neuer Bohrpunkt
Werte übernehmen	Markieren eines bereits erhobenen Standorts in der Kartierskizze, von dem die Werte zunächst übernommen werden (diese werden in das Eingabeformular als Voreinstellung übernommen)

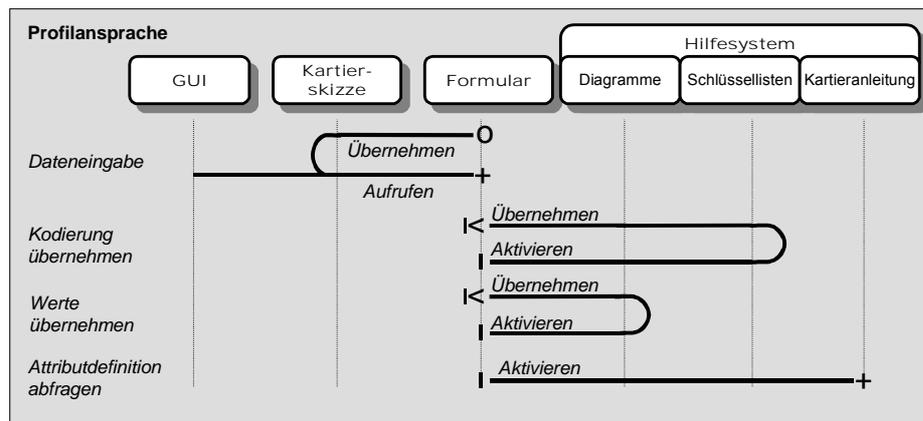


Abb. 126) Interaktionsmodell "Profilansprache"

Dateneingabe	Aufrufen des Eingabeformulars, zur Eingabe der Profilparameter, die Koordinaten des neu eingegebenen Standorts werden übernommen, ebenso evtl. eingegebene Default-Werte.
Kodierung übernehmen	Einsatz der Schlüssellisten zur Auswahl von Kodierung nach dem Kartierschlüssel der Bodenkunde.
Werte übernehmen	Einsatz von Diagrammen und Tabellen
Attributdefinition abfragen	Online-Hilfe zu Definitionen aus der Kartieranleitung

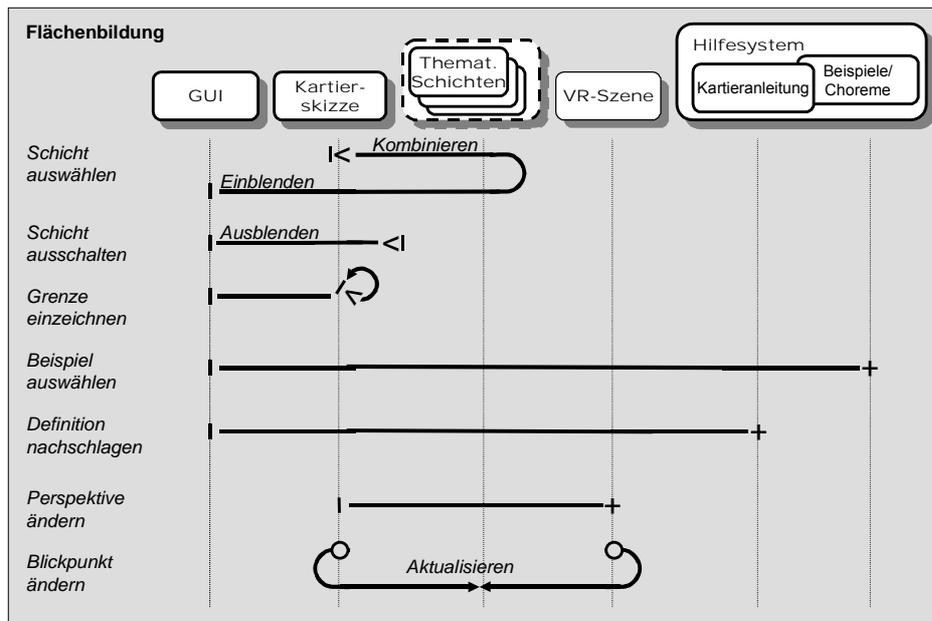


Abb. 127) Interaktionsmodell "Flächenbildung"

Schicht auswählen	Einblendung einer thematischen Schicht in die Kartierskizze
Schicht ausschalten	Blendet eine ausgewählte Schicht wieder aus
Grenze einzeichnen	Einzeichnen einer Grenze eines Bodenareals
Beispiel auswählen	Zeigt Beispiele typischer Verbreitungsmuster von Böden
Definition nachschlagen	Definitionen zu Begriffen der Flächenabgrenzung in der Bodenkunde
Perspektive ändern	Einblenden der VR-Szene zur Darstellung im Kontext des Reliefs
Blickpunkt ändern	Änderung des Standorts oder der Blickrichtung in der VR-Szene, wie auch Veränderung des Ausschnitts in der Karte wird in dem jeweils anderen Medium nachgeführt.

### 7.3 Entwurf eines Kartiersystems mit GISPAD

Die Umsetzung der im letzten Kapitel aufgestellten Modelle mit einem spezifischen Werkzeug erfordert einen Schritt von der Konzeption zum Entwurf der Software, der die Möglichkeiten zur Implementierung innerhalb eines konkreten Systems berücksichtigt. Dabei ist der Einsatz von Systemmodellen sinnvoll, die eine Objektstruktur des Zielsystems abbilden, auf die das jeweilige konzeptionelle Modell projiziert werden muss (Depke 1999). Dadurch wird es ermöglicht, von einem konzeptionellen Entwurf zwei unterschiedliche Systeme abzuleiten, bspw. zum einen die CD-ROM-, zum anderen die Internet-Version eines Multimedia-Produkts (Schwabe, et al 1996). Im folgenden soll die Umsetzung des konzeptionellen Modells mit dem Kartiersystem GISPAD vorgestellt werden.

#### Ableitung eines logischen Objektmodells

GISPAD ist eine Software, die über spezielle Funktionen zur Kartierung verfügt. Dies betrifft die Digitalisierung von Geometrien, die Anbindung von GPS-Empfängern etc. Daneben verfügt GISPAD mit dem Objektklassen-Editor über ein Entwicklungswerkzeug, mit dem spezialisierte Kartierverfahren für einen Anwendungsbereich abgebildet werden können (Blumh 1998). Im Rahmen der vorgestellten Werkzeuge (vgl. Kapitel 4.3) nimmt GISPAD eine Sonderstellung ein, da es sowohl eine Anwendungssoftware ist, als auch zur Entwicklung eingesetzt werden kann. Durch die Spezialisierung auf die Kartierung entstehen hinsichtlich der Entwicklung eigener Funktionalitäten neben Vorteilen, wie einer schnelleren Entwicklungszeit, auch Probleme bzgl. Einschränkungen in der Umsetzbarkeit der aufgestellten Modelle.

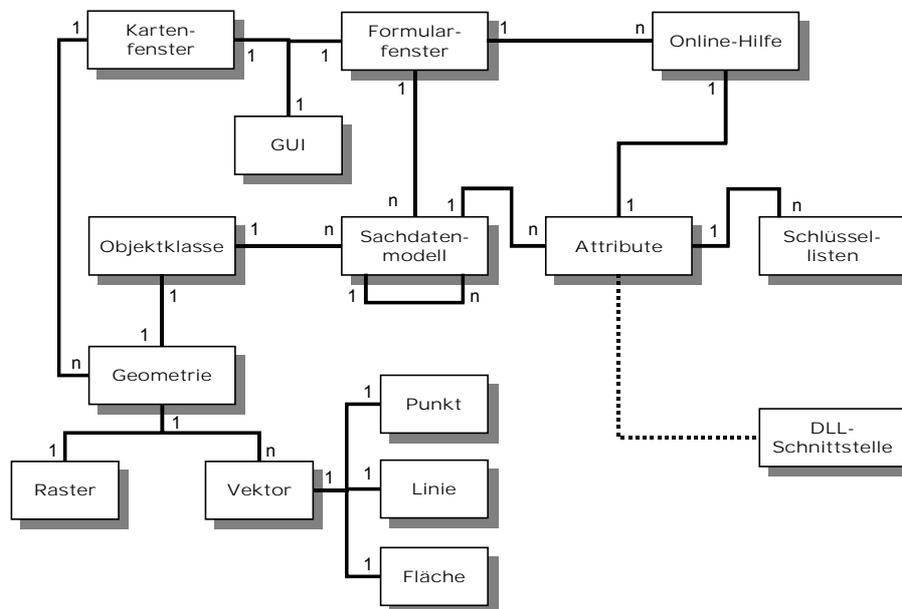


Abb. 128) Systemmodell der Kartiersoftware GISPAD

Das Systemmodell von GISPAD (vgl. Abb. 128) basiert im wesentlichen auf der Differenzierung von Objektklassen in zugeordnete Sachdatenmodelle und die Geometrie, wobei letzte-

re in Form von Raster- oder Vektordaten vorliegen kann. Objektklassen, die über ein Sachdatenmodell verfügen, haben auch grundsätzlich eine Vektorgeometrie, d.h. die Objekte einer Klasse werden als Punkte, Linien oder Flächen abgebildet. Daneben können auch ganze Raster- oder Vektorkarten in das Kartiersystem eingebunden werden. Über die Benutzeroberfläche (GUI) werden in einem Kartenfenster die Geometrie der Objekte (vgl. Abb. 130) und in einem Formularfenster die Sachdatenmodelle dargestellt (Abb. 129).

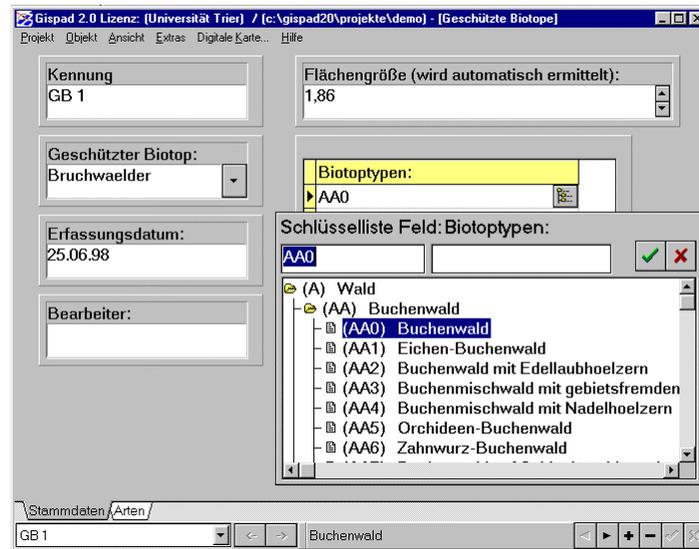


Abb. 129) Formularfenster mit Schlüsselliste

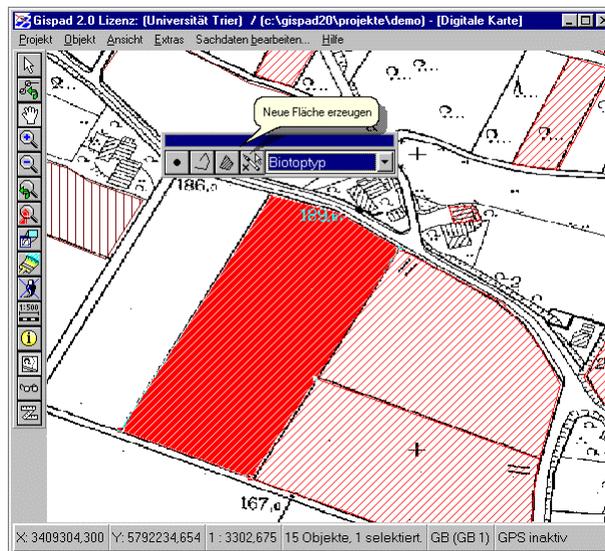


Abb. 130) GISPAD-Kartenfenster mit gescannter Kartierskizze

Die Sachdatenmodelle können hierarchisch strukturiert sein und bestehen jeweils aus mehreren Attributen. Jedem Attribut können jeweils Einträge in einer Hilfedatei zugeordnet sein, ebenso wie eine Schlüsselliste mit Kodierungen entsprechend eines gegebenen Kartierschlüssels (vgl. Abb. 129). Eine DLL-Schnittstelle ermöglicht es, externe, programmierte

Funktionen aus einer Bibliothek, z.B. zum Zwecke einer Plausibilitätsprüfung oder einer Berechnung an ein Attribut zu binden.

## Ergebnisse einer prototypischen Implementierung

Im Rahmen des schon an anderer Stelle erwähnten Projekts zur DV-gestützten Kartierung wurde ein Prototyp auf der Basis von GISPAD entwickelt, der vor allem zur Evaluierung der Funktionalität als Entwicklungswerkzeugs dienen sollte. Hierbei zeigte sich, dass die grundlegenden Systemfunktionen zur Kartierung leicht und schnell implementiert werden konnten. Im einzelnen wurde folgende Entwicklungsarbeit geleistet:

- Das Datenmodell zur Bodenkundlichen Kartierung (vgl. Kapitel 7.2.2) resultiert in einem hierarchischen Sachdatenmodell, die Bohrpunkte werden als Vektoren mit ihren Koordinaten erfasst, die Geländeteile blieben zunächst unberücksichtigt.
- Die Kartierskizze ist als Rastergeometrie in Form einer gescannten topographischen Karte implementiert, wie auch weitere thematische Schichten, die innerhalb des Kartenfensters ein- und ausblendbar sind.
- Die Einbindung einer VR-Szene ist innerhalb von GISPAD nicht vorgesehen, sie kann allerdings als externe Anwendung über die Online-Hilfe oder die DLL-Schnittstelle eingebunden werden. Eine Synchronisation von Karte und VR-Szene ist damit aber nicht möglich. Diese Funktion ist nicht Teil des Prototypen.

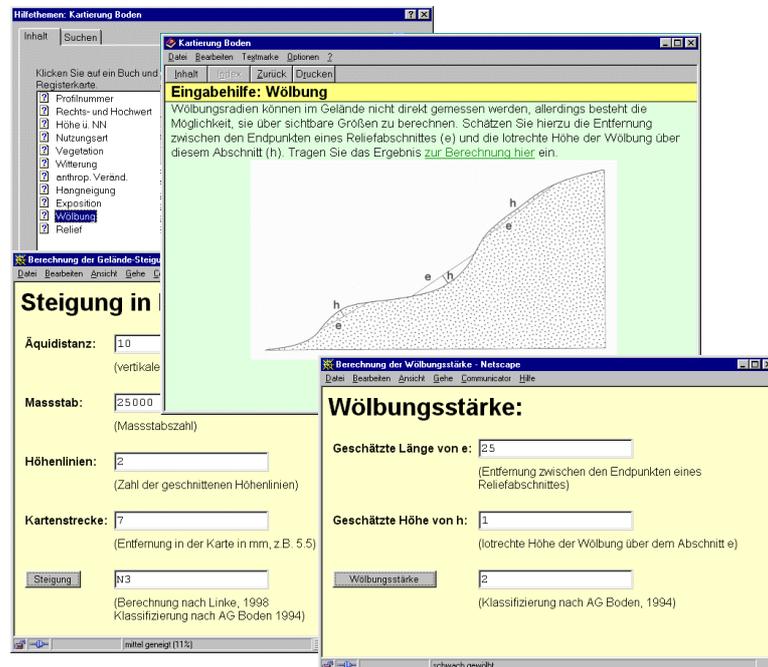


Abb. 131) Verwendung der Online-Hilfefunktion und Berechnungshilfen in HTML

- Die Anbindung von Hilfeseiten, Berechnungshilfen und Online-Zugriff auf eine Kartieranleitung ist über die GISPAD-Online-Hilfe gegeben, entsprechende Seiten sind im internen Microsoft-Windows-Format abgelegt, die Berechnungshilfen hingegen im HTML-

Format in Verbindung mit Java-Scripts (vgl. Abb. 131). Allerdings werden im Prototyp die Ergebnisse noch nicht in das Eingabeformular übernommen, hierzu müsste anstelle von HTML und Java-Script die DLL-Schnittstelle genutzt werden.

- Es besteht innerhalb von GISPAD keine Möglichkeit, das Ergebnis der Kartierung in Form einer thematischen Kartenschicht darzustellen. Hierdurch ist ein Vergleich oder eine Kontrolle der Ergebnisse in ihrer räumlichen Dimension nicht möglich, ebenso ist es dadurch nicht möglich, die geforderte Funktionalität zur Ableitung von Flächen auf Basis des Kartierergebnisses umzusetzen.

### **Defizite und Probleme des Entwicklungsmodells**

Insgesamt kann festgestellt werden, dass neben der Konzeption im Rahmen des vorgestellten Entwicklungsmodells auch die funktionalen Möglichkeiten des Entwicklungssystems berücksichtigt werden müssen. Dadurch hätten "utopische" Vorstellungen zur Übertragung von Aufgaben in das System vermieden werden können, was allerdings im Rahmen dieser Arbeit gar nicht beabsichtigt wurde. Idealerweise würden dennoch im Entwicklungsprozess so früh wie möglich geeignete Werkzeuge identifiziert und Abschätzungen hinsichtlich des Aufwands zur Einarbeitung von Mitarbeitern, zur Implementierung erweiterter Funktionen etc. vorgenommen (Schifman 1999).

Im vorliegenden Fall können bspw. erweiterte Funktionen und eine Verbesserung des Layouts leichter mit anderen Entwicklungswerkzeugen durchgeführt werden (Gartner 2000). Bspw. wäre ArcView mit der integrierten Programmiersprache Avenue eine gute Alternative (vgl. Kapitel 4.3). Relativ neu ist des Weiteren die Kartier-Software ArcPad von Esri, für die allerdings eine Entwicklungsumgebung noch nicht verfügbar ist (Esri 2000).

Der Prototyp zur DV-gestützten Kartierung wurde auf einem Notebook, während eines Kartierpraktikums des Faches Bodenkunde der Universität Trier getestet, bei dem zwei unterschiedliche Untersuchungsgebiete ausgewählt wurden. Generell wurde bei der Arbeit mit GISPAD deutlich, dass die Verwendung eines solchen Systems eindeutig Vorteile bezüglich der Datenerfassung bringt, die Motivation der Kartierenden steigert und sie bei der Kartierung unterstützt.

Allerdings erwies sich die Verwendung eines Standard-Notebooks im Gelände als wenig praktikabel, da a) die Leistung des Displays eines solchen Gerätes unzureichend ist und selbst bei mäßiger Sonneneinstrahlung zu erheblichen Einschränkungen bei der Bedienung führt, b) die Eingabe über die integrierte Maus und Tastatur nicht geländetauglich ist und besser über die Stifteingabe eines sensitiven Displays erfolgen sollte, wie sie bei Pen-Computern oder sog. Outdoor-Notebooks gegeben sind.

Ein weiterer Aspekt der Entwicklungsarbeit betrifft die Evaluierung eines erstellten Prototypen oder Systems. Hier sollte vor allem die empirische Überprüfung der Nutzer im Vordergrund stehen. Allerdings wird der Einsatz von geeigneten Methoden, wie sie innerhalb der Kartographie (Heidmann 1999) oder im Rahmen von Studien zur Ergonomie von Geo-Informationssystemen (Gould 1989, Davies; Medyckyj-Scott 1996) diskutiert werden, dadurch erschwert, dass die Nutzung im Gelände erfolgt, wodurch bspw. Methoden wie der Blickbewegungsregistrierung nicht angewandt werden können. Prinzipiell darf dieser Bereich allerdings nicht aus der Entwicklungsarbeit ausgeklammert werden.

---

## 8 Zusammenfassung und Ausblick

---

Diese Arbeit stellt ein Entwicklungsmodell für elektronische kartographische Medien vor, das eine aufgaben- und handlungsgerechte Gestaltung interaktiver Kartensysteme zum Ziel hat.

In diesem Rahmen werden die theoretischen Grundlagen, die sich aus der Herstellung und Nutzung solcher Systeme ergeben, dargestellt. Hierzu werden u.a. die Erkenntnisse der Semiotik, der Kognitionswissenschaften und der Informatik hinsichtlich ihrer Anwendbarkeit innerhalb der Kartographie und in ihrem Nutzen für ein kartographisches Entwicklungsmodell diskutiert.

Unter diesen Voraussetzungen werden, im Rahmen zeichentheoretischer Überlegungen, eine Taxonomie kartographischer Medien und ein Kartenreferenzmodell aufgestellt, die wichtige Grundlagen für die Entwicklung multimedialer Kartensysteme innerhalb des vorgestellten Ansatzes darstellen. Während die Medientaxonomie kartographische Medien bezüglich ihrer informationsvermittelnden Eigenschaften beschreibt, dient das Kartenreferenzmodell der datentechnischen Strukturierung einer Karte auf Basis der Daten-Zeichen-Referenzierung. Dies geschieht vor dem Hintergrund, diese in Systemen zur Medienpräsentation und zur automatischen Kartengestaltung einsetzen zu können.

In diesem Zusammenhang werden hinsichtlich des Einsatzes von VR-Präsentationstechniken Übertragungsmöglichkeiten auf die Kartographie diskutiert, die im Zusammenhang mit der Geländedarstellung für die Kartierung von Interesse sind.

Ferner wird aus kognitionswissenschaftlicher Sicht, das von Bollmann (1996) entworfene Modell der Wahrnehmungsräume als Modell der Kartennutzung diskutiert, das durch die Berücksichtigung der Rahmenbedingungen menschlichen Handelns zur Erklärung der kartographischen Bildschirmkommunikation herangezogen werden kann.

Über die informationstechnischen Grundlagen interaktiver Benutzerschnittstellen wurde versucht, Interaktivität in kartographischen Medien zu beschreiben. Dabei kann, auf der Grundlage einer Typologie interaktiver Zeichen, eine entsprechende Systematik entworfen werden. Insbesondere vor dem Hintergrund des gewählten Anwendungsbeispiels der Kartierung werden relevante technische Entwicklungen vorgestellt, welche in Zukunft zu einer starken Veränderung der Nutzung kartographischer Medien führen werden.

In Zusammenhang mit den aktuellen Arbeiten zur Arbeitsgraphik (Heidmann 1999) wird aufgezeigt, wie Interaktionen in Medien zu einer Unterstützung der Arbeit mit kartographischen Systemen eingesetzt werden können. Aus diesem Ansatz heraus konnte eine Übertragung von Methoden auf die Entwicklung elektronischer kartographischer Medien erfolgen, die vor allem aus den Bereichen des Software-Engineering, der Multimediaentwicklung und Entwicklung von Lernmedien stammen.

Auf Basis dieser Grundlagen wurde ein Entwicklungsmodell entworfen, das auf drei Phasen des Systementwurfs basiert. Die dabei zum Einsatz kommenden unterschiedlichen methodischen Ansätze sollen gewährleisten, dass der Entwicklungsprozess weniger auf die Verwendung von IT-Werkzeugen ausgerichtet ist, sondern vielmehr durch die sukzessive Konkretisierung eines Entwurfs geprägt ist. Hierbei stellt die Unterscheidung der Entwicklungsschritte der Analyse, der Modellierung und des Entwurfs einen brauchbaren Ansatz dar.

In diesem Rahmen soll die Analyse die vollständige Erfassung aller benötigten Aspekte eines Anwendungsbereiches, seiner Nutzer und der Aufgaben, die diese bearbeiten sollen, gewährleisten. In der Anwendung zeigt sich allerdings, dass Methodiken, wie die GOMS-Analyse oder eine Analyse der *Task-Knowledge-Structures* (TKS) sehr aufwendig sein kann.

Die Modellierung ist ein konzeptioneller Entwicklungsschritt, bei dem vor allem die System- und Medienstruktur aus Sicht der Anwender beschrieben wird. Hier muss den Aufgabenmodellen eine besondere Bedeutung zugerechnet werden, über die eine Konzeption der Systemhandlungen möglich ist, die entsprechend durch den Einsatz von Medien und Interaktionen über die Medien abgebildet werden können. Zur Aufstellung eines Interaktionsmodells wird eine neue Notation vorgestellt, die sich auf die modelltheoretischen Überlegungen zur Medientaxonomie und Arbeitsgraphik bezieht.

Fragen, die eine mögliche Implementierung und software-technische Umsetzung der Konzeption betreffen, werden in dem Entwicklungsmodell durch die Methodiken des Entwurfs abgedeckt. Ziel ist es dabei, die aufgestellten konzeptionellen Modelle auf das Systemmodell von ein oder mehreren Entwicklungswerkzeugen übertragen zu können. Hierbei soll sichergestellt werden, dass die Implementierung mit Werkzeugen erfolgt, welche die funktionalen Anforderungen, die sich aus der Konzeption ergeben, erfüllen können.

Der Autor hofft, durch die Arbeit einen Beitrag zur Diskussion über den Einsatz neuer Methoden in Kartographie geleistet zu haben. Insbesondere die Entwicklung interaktiver kartographischer Medien verlangt nach neuen methodischen Ansätzen, da diese nicht über traditionelle kartographische Verfahren zur Kartenkonzeption und zur Kartenherstellung abgedeckt werden können.

Insgesamt kann beobachtet werden, dass sich die Entwicklung von Systemen, auch in der Kartographie, bezüglich der zu unterstützenden Aufgaben durch die Software auf immer höhere Nutzungsebenen verlagert. Systeme zur Kartenherstellung wurden durch Systeme zur interaktiven Exploration und Analyse raumbezogener Informationen abgelöst. Deren handlungsorientierte Gestaltung führt zur Verdrängung allumfassender und schwer zu bedienender Informationssysteme. In Zukunft werden durch den Einsatz von Techniken der künstlichen Intelligenz neue Systeme zu erwarten sein, die sich selbsttätig an Kontexte und Bedingungen ihrer Nutzung anpassen werden. Dies wird von dem Trend begleitet, immer kleinere und leistungsfähigere Rechner, Eingabe- und Ausgabegeräte in vielen neuen Anwendungsbereichen einzusetzen.

Aus diesem Blickwinkel wird es immer wichtiger werden, neben der Kenntnis um schnellelebige Entwicklungswerkzeuge, langlebiges methodisches Wissen auf diese Werkzeuge übertragen zu können.

---

## 9 Literatur

---

- AG Boden (1994): Bodenkundliche Kartieranleitung.- Hannover
- Ahlberg, C.; Shneiderman, B. (1994): Visual Information Seeking: Tight Coupling of Dynamic Query Filters with Starfield Displays. In: Card; MackInlay; Shneiderman (1999): Readings in Information Visualization, S. 244-250
- Akoumianakis, D.; Stephanidis, C. (1997): Knowledge-Based Support for User Adapted Interaction Design, in: Expert Systems With Applications, 12(2), S. 225-245
- Allard, L.; Hodgson, M.J. (1987): Interactive Graphics for Mapping Location-Allocation Solutions, in: The American Cartographer, 14(1), S.49-60
- Amon, H.; Majerke, K.; Reiner, L. (1990): Nutzung von Luftbildern und Elektronik zur Umsetzung eines Teilschlagkonzeptes im integrierten Pflanzenbau, Online-Dokument: <http://www.agrinf.agrar.tu-muenchen/institut/90hakmlr.dir/>
- Andersen, P. B. (1990): A Theory of Computer Semiotics: Semiotic Approaches to Construction and Assessment of Computer Systems.- Cambridge
- Andersen, P.B. (1995): The force dynamics of interactive systems: Toward a computer semiotics, in: Semiotica, 103(1-2), S. 5-45
- Andrienko, G.L.; Andrienko, N.V. (1997): IRIS: an Intelligent Tool Supporting Visual Exploration of Spatial Referenced Data, Online-Dokument: <http://allanon.gmd.de/and/uiall/uiall.html>
- Andrienko, G.L.; Andrienko, N.V. (1997): Knowledge-Based Support for Visual Exploration of Spatial Data, Online-Dokument: <http://allanon.gmd.de/and/chi97/gla1.html>
- Andrienko, G.L.; Andrienko, N.V. (1997): Research Issues in Intelligent Data Visualization for Exploration and Communication, Online-Dokument: <http://allanon.gmd.de/and/chi97/gla2.html>
- Andrienko, G.L.; Andrienko, N.V. (1998): Descartes System - Interactive Intelligent Cartography in Internet, Online-Dokument: [http://www.ercim.org/publication/Ercim\\_News/enw34/andrienko.html](http://www.ercim.org/publication/Ercim_News/enw34/andrienko.html)
- Andrienko, G.L.; Andrienko, N.V. (1998): Towards a smart software support to interactive visual exploration of spatially referenced data, Online-Dokument: <http://allanon.gmd.de/and/pitt98/pitt98.html>
- Andrienko, G.L.; et al (1994): Cartographic Foundations of the intellectual GIS, Online-Dokument: [http://allanon.gmd.de/and/papers/gis\\_eng.94](http://allanon.gmd.de/and/papers/gis_eng.94)
- Appelrath, H.J. (1985): Geo-Konzept eines applikationsneutralen geographischen Datenbank-systems und seine Implementierung als ingres-Frontend. In: Blaser, A.; Pistor, P.: Datenbanksysteme für Büro, Technik und Wissenschaft. (Informatik-Fachberichte 94), Berlin/NewYork, S.476-486

- 
- Appelrath; Lorek (1988): Der Einsatz von Prolog-Werkzeugen für Geo-Datenbanken. In: Lutterbach, H., Non-Standard-Datenbanken für Anwendungen in der graphischen Datenverarbeitung (Proceedings März 1988 = Informatik Fachberichte 171), Berlin-NewYork, S.147-165
- Armstrong, M.P.; Densham, P.J.; Lolonis, P.; et al (1992): Cartographic Display to support Locational Decision Making, in: Cartography and Geographical Information Systems, 19(4), S.154-164
- Arnberger, E. (1993): Thematische Kartographie.- Braunschweig
- Asche,H.; Herrmann,C.M. (1993): Electronic mapping systems - a multimedia approach to spatial data use. In: Proceedings of the 16th ICA Conference Köln, S. 1101-1108
- Baacke, D. (1998): Zum Konzept und zur Operationalisierung von Medienkompetenz, Online-Dokument: <http://www.paedagogik.uni-bielefeld.de/agn/ag9/MedKomp.htm>
- Baddeley, A. (1997): Human Memory. Theory and Practise.- Hove
- Bahrenberg, G.; Giese, E.; Nipper, J. (1992): Statistische Methoden in der Geographie, Bd. 2.- Stuttgart
- Bailey, T.C. (1990): GIS and simple systems for visual, interactive, spatial analysis, in: The Cartographic Journal, 27, S.79-84
- Bailey, T.C.; Gatrell, A.C: (1995): Interactive Spatial Data Analysis.- Edinburgh Gate
- Banyard, P.; et al (1995): Einführung in die Kognitionspsychologie.- München, et al
- Bartelme, N. (1994): Geoinformatik.- Berlin, et al
- Bartelme,N. (1988): GIS-Technologie.- York
- Bartels,D. (1981): Ausgangsbegriffe chorischer Analytik, in: Geographie und Schule, 3(11), S.1-10
- Becker, R.A.; Cleveland, W.S. (1987): Brushing Scatterplots, in: Technometrics, 29, S.127-142
- Bertin, J. (1974): Graphische Semiologie. Diagramme - Netze - Karten.- Berlin, New York
- Bill, R.; Fritsch, D (1994): Grundlagen der Geo-Informationssysteme.- Bd.1, Heidelberg
- Bill; R. (1992): Multi-Media-Gis - Definition, Anforderungen und Anwendungsmöglichkeiten, in: Zeitschrift für Vermessungswesen, 7, S.407-416
- Billwitz, K. (1985): Allgemeine Bodengeographie. In: Hendl, M.; et al: Lehrbuch der Physischen Geographie, Frankfurt
- Bischofberger, W.; Pomberger, G. (1991): Prototyping-oriented Software development.- Berlin, Heidelberg, New York
- Blades, M.; Spencer, C. (1987): How do peoples use maps to navigate through the world ?, in: Cartographica, 24(3), S. 64-75
- Blaser, A.D.; Sester, M.; Egenhofer, M.J. (2000): Visualization in an early stage of the problem-solving process in GIS, in: Computers & Geosciences, 26(1), S. 57-66

- 
- Blok, C.; Köben, B. (1998): Web Cartography Forum: an experimental site for visualization tools. Online Dokument, [<http://www.itc.nl/~carto/webcartoforum/paper.html>]
- Bluhm, M. (1998): Optimierung der Erfassung von Geländedaten für Umweltinformationssysteme, Online-Dokument: Geoinformatik-online, [http://gio.uni.muenster.de/beitraege/ausg1\\_98/blum](http://gio.uni.muenster.de/beitraege/ausg1_98/blum)
- Board, C. (1967): Maps as Models. In: Chorley; Hagget: Models in Geography, London, S. 671-725
- Board, C. (1978): Map reading tasks appropriate in experimental studies in cartographic communication, in: Canadian Cartographer, 15, S. 1-12
- Board, C. (1984): High order Map-Using Tasks: Geographical Lessons in Danger of Being forgotten, in: Cartographica, 21(1), S. 85-97
- Bodum, L. (1999): Future directions for hypermedia in urban planning. In: Camara; Raper: Spatial Multimedia and Virtual Reality, S. 21-34
- Böhm, R. (1999): Filter-Kombinationsschummerung mittels adaptiver Operatoren, in: Kartographische Nachrichten, 6(49), S. 229-235
- Boles, D. (1998): Multimedia-Systeme.- Begleitbuch zur Vorlesung, Universität Oldenburg, Fachbereich Informatik
- Bollmann, J. (1977): Probleme der kartographischen Kommunikation.- Bonn-Bad Godesberg
- Bollmann, J. (1981): Aspekte kartographischer Zeichenwahrnehmung. Eine empirische Untersuchung.- Bonn
- Bollmann, J. (1985): Theoretische Grundlagen zur Modellierung thematischer Karten.- Habilitationsschrift, Freie Universität Berlin
- Bollmann, J. (1989): Ansätze zur Automatisierung von kartographischen Gestaltungsprozessen. In: Mayer, F.: Digitale Technologien in der Kartographie, Wiener Symposium 1988 (= Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie, 2), Wien , S.140-154
- Bollmann, J. (1992): Raumvorstellung und Kartenwahrnehmung. In: Brogiato, H.P.; Cloß, H.-M.: Beiträge zur Kultur- und Regionalgeographie. Festschrift für Walter Sperling, Band 2, (=Materialien zur Didaktik der Geographie, Heft 16), Trier, S. 349-362
- Bollmann, J. (1993a): Geo-Informationssysteme und kartographische Informationsverarbeitung. In: Hornetz; B.; Zimmer, D.: Beiträge zur Kultur- und Regionalgeographie. Festschrift für Ralph Jätzold, (Trierer Geographische Studien, H.9), Trier, S.63-74
- Bollmann, J. (1993b): Lehr- und Forschungssituation der Abteilung Kartographie an der Universität Trier, in: Kartographische Nachrichten, 43(2), S. 79-82
- Bollmann, J. (1994a): Informationsverarbeitung im kartographischen Wahrnehmungsraum. In: Pravda,J.; Wolodtschenko, A; Schlichtmann, H.: Kartosemiotik. Proceedings zum 5. wissenschaftlichen Kolloquium 'Aktuelle Probleme der Kartosemiotik', Bratislava, Dresden, S. 53-66
- Bollmann, J. (1994b): Umweltinformation und Karte. Integrierte Kartenherstellung und Kartennutzung für die umweltbezogene Informationsverarbeitung. In: Bollmann, J.; et al:

- 
- Umweltinformation und Karte. Tagungsband zum 43. Kartographentag Trier 1994, (Beiträge zur kartographischen Informationsverarbeitung, Sonderband), Trier, S. 21-26
- Bollmann, J. (1996a): Anmerkungen zur kartographischen Erkenntnisgewinnung unter veränderten Rahmenbedingungen, in: Kartographische Nachrichten, 46(6), S. 207-212
- Bollmann, J. (1996b): Kartographische Modellierung - Integrierte Herstellung und Nutzung von Kartensystemen. In: Schweizerische Gesellschaft für Kartographie: Kartographie im Umbruch - neue Herausforderungen, neue Technologien. Beiträge zum Kartographiekongress Interlaken 96, Bern, S. 35-55
- Bollmann, J. (2000): Kartographie In: Lexikon der Geowissenschaften (in Vorb.), Heidelberg
- Bollmann, J.; Heidmann, F.; Johann, M. (1997): Kartographische Bildschirmkommunikation - Methodische Ansätze zur empirischen Untersuchung raumbezogener Informationsprozesse. In: Baumhauer, R.: Aktuelle Forschungen aus dem FB VI, (=Trierer Geographische Studien, H. 16), Trier, S. 267-284
- Bollmann, J.; Heidmann, F.; Johann, M. (1999): Kartographische Bildschirmkommunikation. Forschungsbericht.- (=Beiträge zur kartographischen Informationsverarbeitung 13), Trier
- Bollmann, J.; Uthe, A.-D. (2000): Kartographische Steuerung georäumlicher Erkenntnisprozesse. In: Kelnhofer; Lechthaler: Interaktive Karten (Atlanten) und Multimedia - Applikationen (= Geowissenschaftliche Mitteilungen, 53), Wien
- Booch, G. (1994): Objektorientierte Analyse und Design.- Bonn, et al
- Borchert, A. (1994): Grundlagen und Konzept eines hypermedialen Atlas der BRD.- unveröff. Diplomarbeit, FU Berlin
- Borchert, A. (1999): Multimedia Atlas Concepts. In: Cartwright; Peterson; Gartner: Multimedia Cartography, S. 75-86
- Boursier, P.; Kvedaruskas, D. (1999): Magic Tour: integrating multimedia and spatial data in an authoring system for tourism. In: Camara; Raper: Spatial Multimedia and Virtual Reality, S. 11-20
- Bräuninger, T. (1991): Ein Informations- und Datenanalysemodell zur Konzeption von Planungskarten.- (Beiträge zur kartographischen Informationsverarbeitung 1), Trier
- Bräuninger, T. (1993a): Approaches to a cartographic system for statistical analysis and spatial simulation. In: Proceedings of the 16th ICA Conference Köln, S.125-136
- Bräuninger, T. (1993b): Kartographische Struktur von Planungsinformationen, in: Informationen zur Raumentwicklung, 7, S.405-410
- Brennan, N.G.; Lloyd, R. (1993): Searching for Boundaries on Maps: Cognitive Processes, in: Cartography and Geographic Information Systems, 20(4), S. 222-236
- Brodie, K. W.; Carpenter, L. A.; Earnshaw, R. A.; et al (1992): Scientific Visualization.- Berlin, Heidelberg, New York

- 
- Brogiato, H.P.; Cloß, H.M. (1992): Geographie und ihre Didaktik. Festschrift für Walter Sperling.- (=Materialien zur Didaktik der Geographie, Bd. 16), Trier
- Broom, F. (1993): Map image metafile: Intelligent and hardware independent digital representation of a map. In: Proceedings of the 16th ICA Conference Köln, S.571-581
- Brunet, R. (1987): La carte, mode d'emploi.- Paris
- Brunner, K. (2000): Kartengestaltung und Kartentechnik. In: Geowissenschaftliche Mitteilungen, 52(2000), S. 156-162
- Buttenfield, B.; Mark, D.M. (1991): Expertsystems in cartographic design. In: D.R. Fraser Taylor, (Geographic Information Systems: the microcomputer and modern cartography), S.129-150
- Buttenfield, B.P.; Mackaness, W.A. (1991): Visualization. In: Maguire, D.J.; et al.: Geographical Information Systems: Principals and Applications, Bd.1, S.427-443
- Buttenfield, P.; Tsou M.H (1997): A Direct Manipulation Interface for Geographical Information Processing. In: Kraak, M.-J.; Molenaar, M.: Advances in GIS Research II. London, S. 905-915
- Buziek, G. (1999): Dynamik Elements of Multimedia Cartography. In: Cartwright; Peterson; Gartner: Multimedia Cartography, S. 231-244
- Buziek, G.; Hatger, C. (1999): Interactive animation and digital cartometry by VRML 2.0 and JAVA within a temporal environmental model on the basis of a DTM of the Elbe estuary and a 12 hour tide period, Online-Dokument: <http://viskart.ifk.uni-hannover.de/~buziek/COMVIS/COMVIS98/buziek/comvis98.html>
- Campbell, G.S. (1990): Animated Cartography. Thirty Years of scratching the surface, in: Cartographica, 27(2), S.24-46
- Card, S.K.; MackInlay, J.D.; Shneiderman, B. (1999): Readings in Information visualization - Using Vision to Think.- San Francisco
- Caroll, J.M.; Olson, J.M. (1988): Mental Models in human-computer-interaction. In: Helander, M.: Handbook of human-computer-interaction, S.45-65
- Carter, J.R. (1988): The Map Viewing Environment: A significant factor in Cartographic Design, in: The American Cartographer, 15(4), S. 379-385
- Cartwright, W. (1997): New Media and their Application to the Production of Map Products, in: Computers & Geosciences, 23(4), S. 447-456
- Cartwright, W. (1998): Can the Map Metaphor be extended using Web delivered Multimedia ? Research Questions for Multimedia Cartography, Online-Dokument: [[http://www.ls.rmit.edu.au/landinfo/staff/wec/icawg/comp\\_geo/comp\\_geo.html](http://www.ls.rmit.edu.au/landinfo/staff/wec/icawg/comp_geo/comp_geo.html)]
- Cartwright, W. (1999): Development of Multimedia. In: Cartwright; Peterson; Gartner: Multimedia Cartography, S. 11-30
- Cartwright, W.; Hunter, G. (1999): Enhancing Geographical Information Resources with Multimedia. In: Cartwright; Peterson; Gartner: Multimedia Cartography, S. 257-270

- 
- Cartwright, W.; Peterson, M.P.; Gartner, G. (1999): Multimedia Cartography.- Berlin, et al
- Casner, S.M. (1991): A Task-Analytik Approach to the Automated Design of Graphic Presentations, in: ACM Transactions on Graphics, 10(2), S. 111-151
- Chalmers, A.F. (1982): Wege der Wissenschaft, Einführung in die Wissenschaftstheorie.- Berlin, et al
- Coors, V.; Wiedmann, B. (1999): Using Wearable GIS in outdoor applications. Online Proceedings, Interactive Applications of mobile computing (IMC98), Rostock, [www.egd.igd.fhg.de/~imc98]
- Copas, C.V.; Edmonds, E. (2000): Intelligent interfaces through interactive planners, in: Interacting with Computers, 12 (2000), S. 545-564
- Couclecis, H. (1998): Worlds of information: The Geographic Metaphor in the Visualization of Complex Information, in: Cartography and Geographic Information Systems, 25(4), S. 209-220
- Crampton, J.W. (1999): Online Mapping: Theoretical Context and Practical Applications. In: Cartwright; Peterson; Gartner: Multimedia Cartography, Berlin et al, S. 291-304
- Davies, C.; Medyckyj-Scott (1996): GIS users observed, in: Int. J. Geographical Information Systems, 10(4), S. 363-384
- Densham, P.J.; Armstrong, M.P. (1987): A Spatial Decision Support System for Locational Planning, Implementation and Operation. In: AutoCarto 8, Bathesda, Maryland , S.112-121
- Depke, R.; et al (1999): Ein Vorgehensmodell für die Multimedia-Entwicklung mit Autorensystemen, in: Informatik, 14 (1999), S. 83-94
- Dey, A. K.; Abowd, G. D. (1999): Towards a better understanding of Context and Context-Awareness, Online-Dokument: [<http://www.cc.gatech.edu/fce/contexttoolkit>]
- Dey, A.K.; et al (1999): An Architecture to support Context-Aware Applications, Online-Dokument: [<http://www.cc.gatech.edu/fce/contexttoolkit>]
- DiBiase, D. (1999): Evoking the visualization experience in computer-assisted geographic education. In: Camara; Raper: Spatial Multimedia and Virtual Reality, S. 89-102
- DiBiase, D.; MacEachren, A.M. (1992): Animation and the Role of Map design in Scientific Visualisation, In: Cartography and Geographic Information Systems, 19(4), S.201
- Dickmann, F.; Zehner, K. (1999): Computerkartographie und GIS.- Braunschweig
- Dorling, D. (1992): Stretching Space and Slicing Time: From cartographic Animation to interactive Visualization, in: Cartography and Geographical Information Systems, 19(4), S.215-227
- Dransch, D. (1993): Kartographische Animation. In: Deutsche Gesellschaft für Kartographie: Kartographie und Geo-Informationssysteme, (Kartographische Schriften, Bd.1), Bonn , S.39-44

- 
- Dransch, D. (1997a): Computer-Animationen in der Kartographie: Theorie und Praxis.- Berlin et al.
- Dransch, D. (1997b): Funktionen der Medien bei der Visualisierung geräumlicher Daten, Online-Dokument: Geoinformatik-online, [http://gio.uni-muenster.de/beitraege/ausg3\\_97/dransch](http://gio.uni-muenster.de/beitraege/ausg3_97/dransch)
- Dransch, D. (1999): Theoretical Issues in Multimedia Cartography. In: Cartwright; Peterson; Gartner: Multimedia Cartography, S. 41-50
- Dutke, Stephan (1994): Mentale Modelle: Konstrukte des Wissens und Verstehens.- (=Arbeit und Technik 4), Göttingen
- duToit, S. H. C.; Steyn, A. G. W.; Stumpf, R. H. (1986): Graphical Exploratory Data Analysis.- Berlin, Heidelberg, New York
- Dykes, J.A. (1997): Exploring spatial Data representation with dynamic Graphics, in: Computers & Geosciences, 23(4), S. 345-370
- Dykes, J.A., et al (1999): From Chernoff to Imhof and Beyond: VRML & Cartography, Online Dokument: [<http://www.geog.le.ac.uk/jad7/VRML99/paper.html>]
- Eastman, J.R. (1985a): Cognitive Models and Cartographic Design Research, in: The Cartographic Journal, 22(2), S. 95-101
- Eastman, J.R. (1985b): Graphic Organization and Memory Structures for Map Learning, in: Cartographica, 22(1), S. 1-20
- Eckelmann, W.; e al (1996): Anleitung zur Entnahme von Bodenproben, in: Geologisches Jahrbuch, Reihe G, H. 1, Hannover
- Eco, U. (1994): Einführung in die Semiotik.- München
- Egbert; Slocum (1992): EXPLOREMAP: An exploration system for choropleth maps, in: Annals of the Association of American Geographers, 82(2), S.275-288
- Egenhofer, M.J. (1991): Extending SQL for graphical display, in: Cartography and Geographical Information Systems, 18, S.230-245
- Engel, A. K.; König, P. (1998): Das neurologische Wahrnehmungsparadigma. Eine kritische Bestandsaufnahme. In: Gold, P.; Engel, A. K.: Der Mensch in der Perspektive der Kognitionswissenschaften, Frankfurt
- Engelhardt, W. von (1982): Theorie der Geowissenschaft.- Paderborn
- Epstein, B.A. (1999): Director in a Nutshell.- Beijing, et al
- Esri (2000): ArcPad: Taking GIS to the Field, Online-Dokument: [http://www.esri.com/software/arcpad/arcpad\\_wp.pdf](http://www.esri.com/software/arcpad/arcpad_wp.pdf)
- Fairbairn, D.; Parsley, S. (1997): The use of cartographic presentation, in: Computers & Geosciences, 23(4), S. 475-481
- Fandel, U. (1992): Ansätze zum Aufbau der digitalen Datenbasis für einen Nationalatlas der Bundesrepublik Deutschland.- (Beiträge zur kartographischen Informationsverarbeitung 7), Trier

- 
- Feiner, S.; et al (1997): A Touring Machine: Prototype 3D Mobile Augmented Reality Systems für Exploring the Urban Environment. In: Proc. ISWC '97 (Int. Symp. On Wearable Computing), Cambridge, S. 74-81
- Fernandes, J. P.; Fonesca, A. (1997): Visualization and Interaction Tools for Aerial Photograph Mosaics, in: Computers & Geosciences, 23(4), S.
- Figge, U.L. (1991): Computersemiotik, in: Zeitschrift für Semiotik, 13(3-4), S.321-330
- Figge, U.L. (1995): The Clock in General and in the Computer, in: Kodikas, 18(4), S. 277-285
- Findeisen, D. (1989): Eine Abfragesprache für raumbezogene Informationen, in: Nachrichten aus dem Karten- und Vermessungswesen Reihe 1, 103, S.45-56
- Fisher, P. F.; Mackaness, W. A. (1987): Are Cartographic Expert Systems Possible ? In: Auto-Carto 8, S.530-534
- Fisher, P.; Dykes, J.; Wood, J. (1993): Map design and visualisation, in: The Cartographic Journal, 30, S.136-142
- Flusser, V. (1995): Die Revolution der Bilder.- Mannheim
- Foley, J.D.; et al (1997): Computer Graphics. Principles and Practice.- Reading
- Forrest, D. (1993): Expert systems and cartographic design, in: The Cartographic Journal, 30, S.143-148
- Frank, A. (1982): MAPQUERY - Database Query Language for Retrieval of Geometric Data and its Graphical Representation, in: ACM Computer Graphics, 16(3), S.199-207
- Frank, U. (1991): Design of cartographic databases. In: Muller, J.C.: Advances in Cartography, London , S.15-44
- Freibichler, H. (1997): Werkzeuge zur Entwicklung von Multimedia. In: Issing; Klimsa: Information und Lernen mit Multimedia, S. 221-239
- Freitag, U. (1966): Die Eigenschaften der kartographischen Darstellungsformen. In: Freitag, U. (1992): Kartographische Konzeptionen, Berlin.
- Freitag, U. (1971): Semiotik und Kartographie, in: Kartographische Nachrichten, 21(5), S.42-49
- Freitag, U. (1972): Das Zeitalter und die Epochen der Kartengeschichte. In: Freitag, U. (1992): Kartographische Konzeptionen, Berlin, S. 267-276
- Freitag, U. (1980a): Die Entwicklung der wissenschaftlichen Kartographie In: Freitag, U. (1992): Kartographische Konzeptionen, Berlin.
- Freitag, U. (1980b): Societies without maps In: Freitag, U. (1992): Kartographische Konzeptionen, Berlin, S. 277-286
- Freitag, U. (1991a): Theoretische Aspekte der Kommunikation mit Planungskarten. In: Freitag, U. (1992): Kartographische Konzeptionen, Berlin.
- Freitag, U. (1991b): Zur Theorie der Kartographie, in: Kartographische Nachrichten, 41(2), S. 42-50

- 
- Freitag, U. (1992a): Die Kartenlegende, nur eine Randangabe ? In: Kartographische Konzeptionen (Berliner Geowissenschaftliche Abhandlungen, Reihe C), S. 153-161
- Freitag, U. (1992b): Kartographische Konzeptionen.- (=Berliner Geowissenschaftliche Abhandlungen, Reihe C), Berlin
- Gahegan, M. (2000): The case for inductive and visual techniques in the analysis of spatial data, in: Journal of Geographical Systems, 2, S. 77-83
- Gartner, G. (1999): Multimedia GIS and the Web. In: Cartwright; Peterson; Gartner: Multimedia Cartography, S. 305-314
- Gartner, G. (2000): TeleKartographie oder neue Chancen und Herausforderungen für die Kartographie. In: Geowissenschaftliche Mitteilungen, 52(2000), S. 43-51
- GeoVRML Working Group (1999): GeoVRML, Online-Dokument: [http://www.ai.sri.com/geovrml/1.0/doc/index.html]
- Gold, P.; Engel, A. K. (1998): Der Mensch in der Perspektive der Kognitionswissenschaften.- Frankfurt.
- Goodchild, M.F. (1992): Analysis. In: Abler, R. ; Marcus, M.; Olsen, J.: Geography's inner worlds, New Brunswick, S.138-162
- Gould, M.,D. (1989): Human Factors research and its value to GIS user interface design. In: Proceeding GIS/LIS '89, Orlando, Florida , S.542-550
- Griffin, T.C.L. (1983): Problem Solving on Maps - the Importance of User Strategies, in: The Cartographic Journal, 20(2), S. 101-109
- Grosser, K. (1993): How to acquire reliable rules and knowledge for map design expert systems. In: Proceedings of the 16th ICA Conference Köln, S.1150-1159
- Grünreich, D. (1993): Stand der Forschung und Entwicklung in der digitalen Kartographie - ein Überblick. In: Deutsche Gesellschaft für Kartographie: Kartographie und Geo-Informationssysteme, (Kartographische Schriften, Bd.1), Bonn, S.10-18
- Guski, R. (1996): Wahrnehmen: ein Lehrbuch.- Stuttgart, et al
- Haas, L. M.; Cody, W. F. (1991): Exploiting Extensible DBMS in Integrated Information Systems. In: Advances in Spatial Databases, 2'nd Symposium SSD '91, (Lecture Notes in Computer Science), Berlin, Heidelberg, New York , S.423-450
- Hackos, J.T.; Redish, J.C. (1998): User and Task Analysis for Interface Design.- New York, et al
- Hagel, J. (1998): Geographische Interpretation topographischer Karten.- Stuttgart
- Hake, G.; Grünreich, D. (1994): Kartographie.- Berlin, New York
- Harms, I.; Luckhardt, H.-D. (1998): Einführung in die Informationswissenschaft, Online Dokument, [http://pf2.phil.uni-sb.de/FRInfowiss/papers/iwscript/]
- Hars, A. (1994): Referenzdatenmodelle.- Wiesbaden
- Hasan, H. (1999): An Overview of Techniques for applying Activity Theory to Information Systems, Online-Dokument: http://www.uow.edu.au/~hasan/atis/helen1.htm

- 
- Haslett J.; Willis, G.; Unwin, A. (1990): SPIDER: An interactive statistical tool for the analysis of spatially distributed data, in: International Journal of GIS, 4(3), S.285-296
- Haywood, P. (1991): Cartographic data management. In: Muller, J.C.: Advances in Cartography, London, S.71-88
- Head, C.G. (1984): The Map as a natural language: A Paradigm for Understanding, in: Cartographica, 21(), S. 1-25
- Heidmann, F (1995): Wissenserwerb und Wissensveränderung durch neue kartographische Medien. Stand und Entwicklungsperspektiven unter besonderer Berücksichtigung menschlicher kognitiver Fähigkeiten.- unv. Diplomarbeit, Universität Trier, FB VI, Abt. Kar
- Heidmann, F (1996): Wissenserwerb und Wissensveränderung durch hypermediale Kartensysteme in Schule und Hochschule. In: Schweizerische Gesellschaft für Kartographie: Kartographie im Umbruch - neue Herausforderungen, neue Technologien. Beiträge zum Kartographiekongress Interlaken 96, Bern, S. 133-155
- Heidmann, F. (1999): Aufgaben- und nutzerorientierte Unterstützung kartographischer Kommunikationsprozesse durch Arbeitsgraphik.- Trier
- Heidmann, F.; Johann, M. (1996a): ComTEST: Kartographische Testsoftware zur empirischen Untersuchung von Arbeitsprozessen am Bildschirm.- unv. Nutzerhandbuch, Universität Trier
- Heidmann, F.; Johann, M. (1996b): Modellierung graphischer Präsentationsformen zur Unterstützung kognitiver Präsentationen in Bildschirmkarten. In: Dollinger, F.; Strobel, J.: Angewandte Geographische Informationsverarbeitung VIII, (=Salzburger Geographische Materialien, H. 24), Salzburg, S. 166-172
- Heidmann, F.; Johann, M. (1997): Modelling graphic presentation forms to support cognitive operations in screen maps. In: Ottoson, L: 18th ICA/ACI International Cartographic Conference, Stockholm, Proceedings, Vol. 3, Gävle, S. 1452-1461
- Hendl, M.; et al (1985): Lehrbuch der Physischen Geographie.- Frankfurt
- Hennig, A. (1997): Die andere Wirklichkeit. Virtual Reality - Konzepte, Standards, Lösungen.- Bonn, et al
- Hennings, V. (1991): Die Bedeutung der räumlichen Variabilität bodenkundlicher Daten, in: Geol. JB, F, 28, Hannover
- Herczeg, M. (1994): Software-Ergonomie.- Bonn, et al
- Hesse, S. (1998): Zukünftige Nutzung kartographischer Medien - eine Befragung in Geographie, Geowissenschaften und Verwaltung.- unveröff. Diplomarbeit, Universität Trier, FB VI, Abt. Kartographie
- Hörtz, H.; et al (1996): Philosophie und Naturwissenschaften.- Wiesbaden
- Howard, D.; MacEachren, M. (1996): Interface Design for Geographic Visualization: Tools for Representing Reliability, in: Cartography and Geographic Information Systems, 23(2), S. 59-77

- 
- Hua, Y.; Gao, J. (1993): The establishment of a thematic map design support system PC-mapper. In: Proceedings of the 16th ICA Conference Köln, S.943-786
- Hurni, L.; Bär, H.-R.; Sieber, R. (1999): The Atlas of Switzerland as an Interactive Multimedia Atlas Information System. In: Cartwright; Peterson; Gartner: Multimedia Cartography, S. 99-112
- Hüssy, C. (1999): Die Karte als heuristisches Mittel im Studium der territorialen Komplexität. unv. Paper zum Kongress Semiotik und Technik, Dresden
- Hussy, W. (1998): Denken und Problemlösen.- Stuttgart
- Hüttermann, A. (1993a): Karteninterpretation in Stichworten, I Topographische Karten.- Berlin
- Hüttermann, A. (1993b): Karteninterpretation in Stichworten, II Thematische Karten.- Berlin
- Ignatius, E.; Senay, H.; Heller, R. (1996): Perceptual Guidance for Visualization Design, Online-Dokument: <http://www.thomtech.com/mmedia/tmr97/chap2.htm>
- Imhof, E. (1962): Heutiger Stand und weitere Entwicklung der Kartographie, in: Kartographische Nachrichten, 12, S.1-10
- Imhof, E. (1965): Kartographische Geländedarstellung.- Berlin
- International Cartographic Association, Commission on Visualization (1999a): Terms of Reference 1999-2003, Online-Dokument: [<http://www.geog.psu.edu/ica/icavis/terms.html>]
- International Cartographic Association, Commission on Visualization (1999b): Commission Overview, Online-Dokument: [[http://www.geog.psu.edu/ica/icavis/ICAVIS\\_overview\(1\).html](http://www.geog.psu.edu/ica/icavis/ICAVIS_overview(1).html)]
- Israel, J.H. (1997): Virtual Reality, Online-Dokument: <http://www.tfh-berlin.de/~stevie/vr/>
- Issing, L.J. (1997): Instruktionsdesign für Multimedia. In: Issing; Klimsa: Information und Lernen mit Multimedia, S. 195-219
- Issing, L.J.; Klimsa, P. (1997): Information und Lernen mit Multimedia.- Weinheim
- Jäckel, M. (1999): Medienwirkungen.- Opladen
- Jäger, E. (1993): Vom digitalen kartographischen Modell zur Karte. In: Deutsche Gesellschaft für Kartographie: Kartographie und Geo-Informationssysteme, (Kartographische Schriften, Bd.1), S. 69-80
- Jensch, G. (1975): Die Erde und ihre Darstellung im Kartenbild. Braunschweig
- Jiang, B. (1996): Cartographic Visualization: Analytical and Communication Tools, in: Cartography, 25(2), S. 1-11
- Johann, M. (1993): Ein Datenmodell zur Ableitung anwendungsorientierter digitaler Basiskarten.- (Beiträge zur kartographischen Informationsverarbeitung 4) Trier
- Johann, M. (1994): Das Bodenbelastungskataster Rheinland-Pfalz - Aufbau der Datenbasis und methodische Komponenten für die Ableitung von Analysekarten. In: Umweltinfor-

- 
- mation und Karte, 43. Kartographentag Trier 1994, (Beiträge zur kartographischen Informationsverarbeitung), Trier , S.139-159
- Johann, M.; Müller, A. (1998): Datenorientierte Steuerung graphischer Aktionen in Bildschirmkarten, In: Vorbereitender Ausschuss zum 47. Deutschen Kartographentag in Dresden: Kartographie - Kommunikation - Kunst. Tagungsführer zum 47. Deutschen Kartographentag in Dresden 1998.
- Jonassen, D.H.; et al. (1999): Task Analysis Methods for Instructional Design.- London
- Jorna, R.J. (1990): Wissensrepräsentation in künstlichen Intelligenzen. Zeichentheorie und Kognitionsforschung, in: Zeitschrift für Semiotik, 12(1-2)
- Jorna, R.J.; van Heusden, B. (1996): Semiotics of the user interface, in: Semiotica, 109(3-4), S. 237-250
- Jung, V. (1994): Hist: A geographic information system for the support of historic research, in: Computer and Graphics 18(2), S.219-225
- Jung, V. (1997): Eine wissensbasierte Umgebung zur Benutzerunterstützung bei der Visualisierung raumbezogener Daten, Online-Dokument: geoinformatik\_online, [http://gio.uni-muenster.de/beitraege/ausg3\\_97/jung/paper\\_1.htm](http://gio.uni-muenster.de/beitraege/ausg3_97/jung/paper_1.htm)
- Kainz, W. (1993): Grundlagen der Geoinformatik. In: Deutsche Gesellschaft für Kartographie: Kartographie und Geo-Informationssysteme, (Kartographische Schriften, Bd.1), Bonn, S.19-22
- Kaptelinin, V. (1996): Computer-Mediated Activity: Functional Organs in Social and Developmental Contexts. In: Nardi, B.A.: Context and Consciousness, MIT Press
- Karl, D. (1993): A comprehensive approach in cartographic animation. In: Proceedings of the 16th ICA Conference Köln, S.1086-1092
- Keates, J.S. (1996): Understanding Maps.- Edinburgh Gate
- Keim, F. (1994): Moderne und Postmoderne, Online-Dokument: [<http://www.uni-ulm.de/~keim/moderne.html>]
- Keller, P.; Keller, M. (1993): Visual Cues: Practical Data Visualization.- Los Alamitos
- Kennedy,S. (1994): Unclassed Choropleth Maps revisited, in: Cartographica, 31(1), S. 16-25
- Kessler-de Vivie, C. (1993): Ein Verfahren zur Steuerung der numerischen Klassenbildung in der thematischen Kartographie.- (Beiträge zur kartographischen Informationsverarbeitung, 6) Trier
- Kim, W.; Garza, J.; Keskin, A. (1993): Spatial Data Management in Database Systems: Research Directions. In: Advances in Spatial Databases, 3'rd International Symposium SSD '93, (Lecture Notes in Computer Science 692), Berlin, Heidelberg, New York , S.1-13
- Kirchhoff, C. (1993): Visualisierung der Komponenten Raum, Zeit und Eigenschaft in GIS. In: Deutsche Gesellschaft für Kartographie: Kartographie und Geo-Informationssysteme, (Kartographische Schriften, Bd.1), Bonn, S.

- 
- Knapp, L. (1995): A Task Analysis Approach to the visualization of geographic data. In: Nyerges, et al: Cognitive Aspects of Human-Computer Interaction for Geographic Information Systems, S. 355-371
- Knauff, M. (1997): Räumliches Wissen und Gedächtnis. Zur Wissenspsychologie des kognitiven Raumes.- Wiesbaden
- Koch, W. G. (1993): Experimentelle Kartographie - nutzbare Ergebnisse und neue Fragestellungen. In: Deutsche Gesellschaft für Kartographie: Kartographie und Geo-Informationssysteme, (Kartographische Schriften, Bd.1), Bonn , S.231
- Koch, W.G. (1999): Comments on the Development and the current Tasks of Cartographic Semiotics in the German Language Area
- Koch, W.G. (2000): Kartengestaltende Variablen - Entwicklungslinien und ihre Ergänzung im multimedialen Umfeld, Geowissenschaftliche Mitteilungen, 52(2000)
- Kolácný, A. (1970): Kartographische Information - ein Grundbegriff und Grundterminus der modernen Kartographie, in: Int. Jb. Kartographie, 10, S.186-193
- Koller, F. (1993): Benutzergerechte Gestaltung von Multimedia-Systemen. In: Ziegler, J. ; Ilg, R.: Benutzergerechte Software-Gestaltung, München, Wien , S. 103-122
- Kortuem, G. (1998): Some Issues in the Design of User-Interfaces for Collaborative Wearable Computers, Online-Dokument: <http://www.teco.uni-karlsruhe.de/hcscw/sub/124.Kortuem/kortuem.html>
- Kossakowski (1991): Handlung. In: Hörz; et al: Philosophie und Naturwissenschaften. Wörterbuch zu den philosophischen Fragen der Naturwissenschaften
- Kosslyn, S.M. (1989): Understanding Charts and Graphs, in: Applied Cognitive Psychology, 3(1989), S. 185-226
- Kottenstein, T. (1992): Prototyp eines Zeichenreferenzsystems zur Herstellung thematischer Karten.- (= Beiträge zur kartographischen Informationsverarbeitung, Bd. 5), Trier
- Kotz, D.; Gray, R.S. (1999): Mobile Agents and the Future of the Internet, Online-Dokument: <http://www.cs.dartmouth.edu/~dfk/papers/kotz.future2/>
- Kraak, J.M. (1988): Computer-assisted cartographical three-dimensional imaging techniques.- Delft
- Kraak, J.-M.; Smets, G.; Sidjanin, P. (1999): Virtual Reality, the new 3-D interface for geographical information systems, S. 130-136 In: Camara; Raper: Spatial Multimedia and Virtual Reality, S. 130-136
- Kraak, M.-J. (1993): Three-dimensional map design, in: The Cartographic Journal, 30, 2, S. 188-194
- Kraak, M.-J. (1998): The Cartographic Visualization Process: From Presentation to Exploration, in: The Cartographic Journal, 35, 1, S. 11-15
- Kraak, M.-J. (1999): Exploratory Cartography: Maps as Tools for Discovery, Online-Dokument: [<http://www.itc.nl/~carto/kraak/intro.html>]

- 
- Kraak, M.-J., et al (1995): GIS-cartography: visual decision support for spatio-temporal data handling, in: Int. J. Geographical Information Systems, 9, 6, S. 637-645
- Kraak, M.-J.; van Driel, R. (1997): Principles of Hypermaps, in: Computers & Geosciences, 23(4), S. 457-464
- Kreuseler, M. (2000): Visualization of geographically related multidimensional data in virtual 3D scenes, in: Computers & Geosciences, 26(1), S. 101-108
- Kristoffersent; S.; Ljungberg, F. (1998): Representing Modalities in Mobile Computing. In: IMC 98, o. S.
- Kuhlen, R. (1990): Hypertext und Information Retrieval - mehr als Browsing und Suche. In: Kuhlen; Herget (1990): Pragmatische Aspekte beim Entwurf und Betrieb von Informationssystemen. (Konstanzer Schriften zur Informationswissenschaft 1) Konstanz, S.309-324
- Kuhlen, R. (1991): Hypertext.- Berlin
- Kurzweil, R. (1993): Das Zeitalter der künstlichen Intelligenz.- Wien
- Kuuti, K. (1996): Activity Theory as a Potential Framework for Human-Computer Interaction Research. In: Nardi, B.A.: Context and Consciousness, MIT Press
- Lambrecht, C. (1999): Project "Atlas of the Federal Republic of Germany". In: Cartwright; Peterson; Gartner: Multimedia Cartography, S. 149-154
- Lechthaler, M. (1999): Merkmale der Datenqualität im Kartographischen Modellbildungsprozeß, in: Kartographische Nachrichten 49(6), S. 241-246
- Lechthaler, M. (2000): Visionen werden Realität - sie verlangen nicht, das alte Wissen aufzugeben. In: Geowissenschaftliche Mitteilungen, 52(2000), S. 83-95
- Lenders, W. (1996): Virtuelle Welten als Repräsentationen, in: Zeitschrift für Semiotik, 18(2-3), S.277-295
- Leontjew, A.N. (1979): Tätigkeit, Bewußtsein, Persönlichkeit.- Berlin
- Lloyd, R. (1997): Visual Search Processes in Map Reading, in: Cartographica, 34(1), S. 11-31
- Lockwood, P.; Daniel, H. (1997): Computer-Assisted Teaching in Soil Science, Online-Dokument: SCIENCES of SOIL, <http://www.hintze-online.com/sos/1997/Articles/Art5/>
- Lounsbury, J.F. ; Aldrich, F.T. (1986): Introduction to geographic field methods and techniques.- Merrill
- Luft, A.L.; Kötter, R. (1994): Informatik - eine moderne Wissenstechnik.- Mannheim
- MacDougall, E.B. (1992): Exploratory analysis, dynamic statistical visualisation and GIS, in: Cartography and Geographical Information Systems, 19(4), S.237-246
- MacEachren, A.M. (1995): How Maps Work.- New York
- MacEachren, A.M.; Buttenfield, B.P.; et al (1992): Visualization. In: Abler, R. ; Marcus, M.; Olsen, J.: Geography's inner worlds, New Brunswick - New Jersey, S.99-137

- 
- MacEachren, A.M.; DiBiase, D. (1991): Animated Maps of Aggregated Data: Conceptual and practical problems, in: *Cartography and Geographical Information Systems*, 18(4), S.221-229
- MacEachren, A.M.; et al (1997): Visualizing Spatial Relationships among Health, Environmental and Demographic Statistics: Interface Design Issues, In: *Proceedings of the 18th International Cartographic Conference in Stockholm, Sweden*
- MacEachren, A.M.; et al (1998): Geographic Visualization: Designing Manipulable Maps for Exploring Temporally Varying Georeferenced Statistics, Online-Dokument: <http://www.geog.psu.edu/MacEachren/medgvis.html>
- MacEachren, A.M.; et al (2000a): An evolving cognitive-semiotic approach to geographic visualization and knowledge construction, Online-Dokument: [http://www.geovista.psu.edu/publications/amm\\_InfoDesign.pdf](http://www.geovista.psu.edu/publications/amm_InfoDesign.pdf)
- MacEachren, A.M.; et al (2000b): Virtual Environments for Geographic Visualization: Potential and Challenges, Online-Dokument: <http://www.geovista.psu.edu/publications/NPIVM99/>
- MacEachren, A.M.; Ganter, J.H. (1990): A pattern identification approach to cartographic Visualization, in: *Cartographica*, 27(2), S.64-81
- MacEachren, A.M.; Kraak, M.-J. (1997): Exploratory Cartographic Visualization: Advancing the Agenda, in: *Computers & Geosciences*, 23(4), S. 335-343
- MacEachren, A.M.; Kraak, M.-J.; Verbree, E. (1999): Cartographic Issues in the design and application of geospatial virtual environments, in: *Proceedings of the 19th International Cartographic Conference, Ottawa, Canada, o.S.*
- MacIntyre, B.; Feiner, S. (1996): Future Multimedia User Interfaces, in: *Multimedia Systems*, 1996(4), S. 250-268
- Mackinlay, J.D. (1986): Automating the Design of Graphical Presentations of Relational Information. In: Card; MackInlay; Shneiderman (1999): *Readings in Information Visualization*, S.66-81
- Macredie, R.D.; Wild, P.J. (2000): An Evolution of the Potential of Task Analysis in the Evolution of Interactive Work Systems, in: *Cognition, Technologie and Work*, 2000(2), S. 7-15
- Maletzke, G. (1998): *Kommunikationswissenschaft im Überblick, Grundlagen, Probleme, Perspektiven.- Opladen*
- Marchionini, G.; Shneiderman, B. (1988): Finding Facts versus browsing knowledge in Hypertext Systems, in: *IEEE Computer*, 21(1), S.70-80
- Mark, D., M. (1989): Cognitive Image-Schemata for geographic Information: Relations to User Views and GIS Interfaces. In: *Proceeding GIS/LIS '89, Orlando, Florida* , S.
- Marmaras, N.; Pavard, B. (1999): Problem-Driven Approach to the Design of Information Technology Systems supporting Complex Cognitive Tasks, in: *Cognition, Technologie and Work*, 1999 (1), S. 222-236
- May, M. (1995): Diagrammatisches Denken: Zur Deutung logischer Diagramme als Vorstellungsschemata bei Lakoff und Peirce, in: *Zeitschrift für Semiotik*, H. 17(3-4)

- 
- Maybury, M.T. (1993): Planning Multimedia Explanation Using Communicative Acts. In: Maybury, M.: Intelligent Multimedia Interfaces, S. 59-74
- McCormick, B.H.; DeFanti, T.A., et al. (1987): Visualisation in Scientific Computing, in: ACM SIGGRAPH Computer Graphics, 21(6), S.259-286
- McKinney, B. (1997): Hardcore VisualBasic 5.0.- Redmond
- Medyckyi-Scott, D.; Board, C. (1991): Cognitive Cartography: A new Heart for a lost Soul. In: Muller, J.C.: Advances In Cartography., London, S. 215-226
- Meng, L. (1993): KI in der Kartographie. In: Deutsche Gesellschaft für Kartographie: Kartographie und Geo-Informationssysteme, (Kartographische Schriften, Bd.1), S.50-58
- Miller, S. (1999): Design of Multimedia Mapping Products. In: Cartwright; Peterson; Gartner: Multimedia Cartography, S. 51-64
- Mills, S.; Noyes, J. (1999): Virtual Reality: an overview of User-Related Design-Issues, in: Interacting with Computers, 11 (1999), S. 375-386
- Monmonier, M. (1989a): Geographic brushing: enhancing exploratory analysis of the scatterplot matrix, in: Geographical Analysis, 21(1), S.81-84
- Monmonier, M. (1989b): Graphic scripts for the sequenced visualisation of geographic data. In: Proceedings GIS/LIS 1989, S.381-389
- Monmonier, M. (1990): Strategies for the visualisation of geographic time-series, in: Cartographica, 27(1), S.30-45
- Monmonier, M. (1992a): Authoring Graphic Scripts: Experience and Principles, in: Cartography and Geographic Information Systems, 19(4), S.247-260
- Monmonier, M. (1992b): Summary Graphics for Integrated Visualization in Dynamik Cartography, in: Cartography and Geographical Information Systems, 19(1), S.23-36
- Monmonier, M. (1993): Exploring the quality of Enumeration-Area Data with Graphic Scripts, in: Cartographica, 30(2/3), S.28-36
- Montello, D.R. (1998): Kartenverstehen: Die Sicht der Kognitionspsychologie, in: Zeitschrift für Semiotik, 20(1-2)
- Moore, K. (1997a): Interactive Virtual Environments for Fieldwork, Online-Dokument: [<http://www.geog.le.ac.uk/mek/VirtEnv.htm>]
- Moore, K. (1997b): VR Geofunctions, Online-Dokument: [<http://www.geog.le.ac.uk/mek/VRGeoFunctions.html>]
- Moore, K. (1999): VRML and Java for Interactive 3D Cartography. In: Cartwright; Peterson; Gartner: Multimedia Cartography, S. 205-216
- Muehrcke, P.C.; Muehrcke, J.O. (1992): Map Use. Reading, Analysis, Interpretation.- Madison
- Müller, A. (1995): Entwurf und Implementierung eines dialogorientierten kartographischen Informationssystems.- unveröffentlichte Diplomarbeit, Universität Trier, FB VI, Abt. Kartographie

- 
- Müller, A. (1995): GeoNetz - Implementierung eines Kommunikationswerkzeuges für geowissenschaftliche Institutionen, in: Nachrichten aus dem Karten- und Vermessungswesen Reihe 1, (113), S. 171-177
- Muller, J.C. (1991a): Advances in cartography.- London
- Muller, J.C. (1991b): Prospects and Impediments Against a New Cartography in the 1990s. In: Muller, J.C.: Advances in Cartography London, S.1-13
- Muller, J.C.; Zeshen, W. (1990): A knowledge based system for cartographic symbol design, in: The cartographic Journal, 27(1), S.24-30
- Mynatt, E.D.; et al (1997): Design for network communities. In: Pemberton (Hrsg.): CHI 97, Conference Proceedings
- Nardi, B. A. (1996a): Activity Theory and Human-Computer Interaction. In: Nardi, B.A.: Context and Consciousness, MIT Press
- Nardi, B.A. (1996b): Context and Consciousness: Activity Theory and Human-Computer-Interaction.- MIT Press
- Nardi, B.A. (1996c): Some Reflections on the Application of Activity Theory. In: Nardi, B.A.: Context and Consciousness, MIT Press
- Neumann, K (1991): Thematische Karten als Datenbankobjekte, in: Nachrichten aus dem Karten- und Vermessungswesen, Reihe I, 106, S.83-94
- Neves, N.; t al (1997): Cognitive Spaces and Metaphors: A Solution for Interacting with spatial data, in: Computers & Geosciences, 23(4), S. 483-488
- Newman, W.M.; Sproull, R.F. (1979): Principals of interactive computer graphics.- London
- Nobre, E.M.N.; Raper, J. (1999): Spatial simulation by sketching. In: Camara; Raper: Spatial Multimedia and Virtual Reality, S. 103-110
- Nöth, W. (1998): Kartosemiotik und das kartographische Zeichen, in: Zeitschrift für Semiotik, 20(1-2), S. 25-39
- Nöth, W. (2000): Handbuch der Semiotik.- Stuttgart
- Nothbaum; et al (1994): Probenplanung und Datenanalyse bei kontaminierten Böden.- (=Schadstoffe und Umwelt, Bd. 13), Berlin
- Nyerges, T. (1991): Analytical Map Use, in: Cartography and Geographical Information Systems, 18(1), S.11-22
- Nyerges, T.L. (1995): Cognitive Issues in the evolution of GIS User Knowledge In: Nyerges, et al: Cognitive Aspects of Human-Computer Interaction for Geographic Information Systems, S. 61-74
- Nyerges, T.L., et al (1995): Cognitive Aspects of Human-Computer Interaction for Geographic Information Systems.- Dordrecht
- Oberholzer, C.; Hurni, L. (2000): Visualization of change in the Interactive Multimedia Atlas of Switzerland, in: Computers & Geosciences, 26(1), S. 37-43

- 
- Oelkers, K.-H. (1993): Aufbau und Nutzung des Niedersächsischen Bodeninformationssystems NIBIS, in: Geol. Jb., F, 27, S. 5-38
- Olson, J. (1976): A coordinated approach to map communication improvement, in: The American Cartographer, 3(2), S. 151-159
- Olson, J.M. (1984): Cognitive Issues in Map Use, in: Int. Y. of Cartography, 24, S. 151-157
- Oppermann, R.; Specht, M. (1999): HIPS - Ein nomadischer elektronischer Museumsführer, in: Der GMD-Spiegel, 1/2(1999), S. 52-55
- Ormeling, F. (1993): Ariadne's thread - structure in multimedia atlases. In: Proceedings of the 16th ICA Conference Köln, S.1093-1100
- Ottoson, T. (1988): What does it take to read a map ?, in: Cartographica, 25(4), S. 28-35
- Paivio, A. (1978): A Dual-Coding Approach to Perception and Cognition. In: Pick, H.L.; Salzman, E.: Modes of Perceiving and Processing Information, S. 39-51, Hillsdale.
- Pasman, W.; et al (1998): Information display for mobile augmented reality, Online-Dokument: <http://www.ubicom.tudelft.nl/>
- Peterson, M.P. (1995): Interactive and Animated Cartography.- New Jersey
- Peterson, M.P. (1999): Active Legends for Interactive Cartographic Animation, Online-Dokument: <http://www.geog.psu.edu/ica/icaijgis.html>
- Pfeiffer, M. (1994): Umweltverträglichkeitsstudien großer Verkehrsprojekte mit Hilfe eines Geographischen Informationssystems. In: Bollmann, J.; et al: Umweltinformation und Karte, 43. Kartographentag Trier 1994, (Beiträge zur kartographischen Informationsverarbeitung), Trier, S.209-223
- Phillips, R.J. (1984): Experimental Method in Cartographic Communication: Research on Relief Maps, in: Cartographica, 21(4), S. 120-128
- Phillips, R.J. (1989): Are Maps different from other kinds of graphic information ?, in: The Cartographic Journal, 26(), S. 24-25
- Poltrok, S. E. (1994): Organizational Obstacles to Interface Design and Development: Two Participant-Observer Studies, in: ACM Transactions on Computer-Human Interaction, 1(1), S.52-80
- Pundt, H.; Brinkkötter-Runde, K. (2000): Visualization of spatial data for field based GIS, in: Computers & Geosciences, 26(1), S. 51-56
- Rase, W.D. (1993): Liniengeometrie und Liniengraphik.- Karlsruhe
- Rase, W.D. (1998): Visualisierung von Planungsinformationen. Modellierung und Darstellung immaterieller Oberflächen.- (Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, Forschungen, 89), Bonn
- Rauschenbach, U. (2000): Rectangular Fisheye View, Online-Dokument: <http://www.informatik.uni-rostock.de/Projekte/movi/proto.html>
- Recker, M.M. (1995): Cognitive Media Types for Multimedia Information Access, in: Journal of Educational Multimedia and Hypermedia, o.S.

- 
- Reddy, M.; et al (1999): Terra Vision II: Visualizing Massive Terrain Databases in VRML, in: IEEE Computer Graphics and Applications, (3-4)
- Reddy, M.; Iverson, L. (1999): GeoVRML 1.0 Recommended Practise, Online-Dokument: [<http://www.ai.sri.com/geovrml/home.shtml>]
- Reichenberger, K.; Steinmetz, R. (1999): Visualisierungen und ihre Rolle in Multimedia-Anwendungen, in: Informatik Spektrum, 22 (1999), S. 88-98
- Reimann, P. (1998): Commentary On "Learning with Interactive Graphic Representations", Online-Dokument: <http://paeps.psi.uni-heidelberg.de/publications/>
- Rhyne, T. M. (1996): Collaborative Computing and Integrated Decision Support Tools for Scientific Visualization, Online-Dokument: <http://www.dcc.ufba.br/mat056/hypervis/misc/rhyne1.htm>
- Rhyne, T. M. (1997): Going Virtual with Geographic Information and Scientific Visualization, in: Computers & Geosciences, 23(4), S. 489-491
- Rhyne, T.M.; Fowler, T. (1998): GeoVRML Visualization: A Tool for Spatial Data Mining, Online-Dokument: [<http://www.geog.psu.edu/ica/icavis/rhyne98.html>]
- Ribarsky, W.; et al (1999): Discovery Visualization and Visual Data Mining, Online-Dokument: <http://www.cc.gatech.edu/gvu/reports/1999>
- Roberts, D. (1998): Designing for the User with OVID. Bridging User Interface Design and Software Engineering.- Indianapolis
- Robinson, G.; Jackson, M. (1987): Expert Systems in Map Design. In: AutoCarto 7, S.23-28
- Robinson, V. B. (1991): Spatial Query Languages. In: Muller, J.C.: Advances in Cartography, S.89-111
- Robinson, V.B.; Frank, A.U. (1987): Expert Systems Applied to Problems in Geographic Information Systems: Introduction, Review and Prospects. In: AutoCarto 8, S.510-519
- Rodrigues, A.; Raper, J. (1999): Defining spatial agents. In: Camara; Raper: Spatial Multimedia and Virtual Reality, S. 111-129
- Roth, S.F.; Hefley, W.E. (1993): Intelligent Multimedia Presentation Systems: Research and Principles. In: Maybury, M.: Intelligent Multimedia Interfaces, S. 13-58
- Roth, S.F.; Mattis, J. (1990): Data Characterization for Inteligent Graphics Presentation. In: Proceedings of CHI'90, ACM Conference on Human Factors in Computing Systems, New York, S. 193-200
- Rowles, R. A. (1978): Perception of Perspective Block Diagrams, in: The American Cartographer, 5(1), S. 31-44
- Salber, D., et al (1998): Ubiquitous Computing: Defining a research agenda for an Emerging Interaction Paradigm. Online-Dokument: [<http://www.cc.gatech.edu/fce/contexttoolkit>]
- Salge, F. (1991): Development of cartographic databases. In: Muller, J.C.: Advances in Cartography, London , S.45-70

- 
- Sallnas, E.L. (1998): Mobil collaborative work, Online-Dokument: <http://www.teco.uni-karlsruhe.de/hcscw/sub/123.Sallnas/MobileColla.html>
- Sandford, H.A. (1985): High-Order Map-Using Tasks: A Contribution from Geographical Education, in: *Int. Y. of Cartography*, S. 117-137
- Schacter, D.L. (1999): *Wir sind Erinnerung. Gedächtnis und Persönlichkeit.*- Reinbeck
- Schifman, R.S.; Heinrich, Y.; Heinrich, G. (1999): *Multimedia-Projekt-Management.*- Berlin, et al
- Schlichting, E.; Blume, H.P.; Stahr, K. (1995): *Bodenkundliches Praktikum.*- Berlin, Wien
- Schlichtmann, H. (1998): Kartieren als Zeichenprozess, in: *Zeitschrift für Semiotik*, 20(1-2)
- Schmidt, A.; et al (1998): There is more to context than location, Online-Dokument: *Online Proceedings, Interactive Applications of mobile computing (IMC98)*, Rostock, [[www.egd.igd.fhg.de/~imc98](http://www.egd.igd.fhg.de/~imc98)]
- Schnotz, W. (1997): Wissenserwerb mit Diagrammen und Texten. In: Issing; Klimsa: *Information und Lernen mit Multimedia*, S. 85-105
- Scholl, M.; Voisard, A. (1992): Geographic Applications: An Experience with O2. In: Bancilhon, F.; Delobel, C.; Kanellakis, P.: *Building an object-oriented database System*, San Manleo, California , S.585-615
- Schreiweis, G. (1991): *Konzeption eines kartographischen Datenmodells für die Bodenkunde.*- (Beiträge zur kartographischen Informationsverarbeitung 2) Trier
- Schröder, D.; Kurtenacker, M.; Werner, W.; et al (1992): *Das Bodenbelastungskataster Rheinland-Pfalz.*- Trier
- Schulmeister, R. (1996): *Grundlagen hypermedialer Lernsysteme.*- Bonn
- Schulte-Kellinghaus, S. (1996): *Das Kartiersystem Bodenkunde*, Online-Dokument: *geoinformatik-online*, <http://gio.uni-muenster.de/beitraege/ausg1/gla>
- Schwabe, D.; Rossi, G.; Barbosa, S.D.J. (1996): *Systematic Hypermedia Application Design with OOHDM*, Online-Dokument: <http://www.inf.puc-rio.br/~schwabe>
- Sedgewick (1993): *Algorithmen in C.*- Bonn, Reading, Massachusetts
- Seiffert, H.; Radnitzky, G. (1992): *Handlexikon zur Wissenschaftstheorie.*- München
- Semmel, A. (1996): *Karteninterpretation aus geoökologischer Sicht - erläutert an Beispielen der Topographischen Karte 1:25000.*- Frankfurt
- Shimron, J. (1978): Learning Positional Information from Maps, in: *The American Cartographer*, 5(1), S. 9-19
- Shneiderman, B. (1983): Direct Manipulation: a step beyond programming languages, in: *IEEE Computer*, 16(8), S.57-69
- Shneiderman, B. (1986): *Designing the User Interface, Strategies for Effective Human-Computer-Interaction.*- Reading
- Shneiderman, B. (1994): Dynamik Queries for Visual Information Seeking. In: Card; MackInlay; Shneiderman (1999): *Readings in Information Visualization*, S. 236-243

- 
- Shneiderman, B. (1998): Designing the user interface.- Reading
- Slocum, T.A. (1999): Thematic Cartography and Visualization.- New Jersey
- Slocum, T.A.; Egbert, St. E. (1993): Knowledge Acquisition from Choropleth Maps, in: Cartography and Geographical Information Systems, 20(2), S.83-95
- Slocum; Egbert; Stephen (1991): Cartographic data display. In: D.R. Fraser Taylor: Geographic Information Systems: the microcomputer and modern cartography, Oxford, S.167-199
- Specht, M.; Oppermann, R. (1999): User Modeling and Adaptivity in Nomadic Information Systems, Online-Dokument: <http://zeus.gmd.de/projects/hips.html>
- Stein, T. (1997): Konzeption eines digitalen Kartiersystems zur Unterstützung kartographischer Informationsverarbeitung bei der geowissenschaftlichen Kartierung im Gelände.- Unveröffentlichte Diplomarbeit, Universität Trier, FB VI, Abt. Kartographie
- Steinmetz, R. (1993): Multimedia-Technologie: Einführung in die Grundlagen.- Berlin, Heidelberg
- Stoddard, R.H. (1988): Field Techniques and Research Methods in Geography.-
- Streitz; et al (1999): i-Land: An interactive Landscape for Creativity and Innovation. In: Proceedings CHI 99, ACM 1999, Conference on Human Computer Interaction.
- Ströker, E. (1992): Einführung in die Wissenschaftstheorie.- Darmstadt
- Strzebkowski, R. (1997): Realisierung von Interaktivität und multimedialen Präsentationstechniken. In: Issing; Klimsa: Information und Lernen mit Multimedia, S. 269-303
- Stynes, K.; et al (1999): Publishing Cartography on the Web, Online-Dokument: [<http://www.geog.le.ac.uk/argus/ICA/K.Stynes/>]
- Su, B.; Zhang, W. et al (1993): A knowledge base system based on GIS for thematic mapping. In: Proceedings of the 16th ICA Conference Köln, S.468-477
- Tainz, P. (1989): Die Interpretation und Wahrnehmung von Flächensignaturen in Karten der Regionalplanung, in: (Forschungsbericht der Akademie für Raumforschung und Landeskunde, 157), Hannover
- Tainz, P. (1992): Kartographische Zeichen und ihre Beziehung zur Wirklichkeit. In: Brogiato; Cloß: Geographie und ihre Didaktik. Festschrift für Walter Sperling, Teil 2. (=Materialien zur Didaktik der Geographie, Bd. 16), Trier, S. 363-372
- Tainz, P. (1993): Spatial Information Systems and the perception of map series on screens. In: Proceedings of the 16th ICA Conference Köln, S.787-796
- Tainz, P. (1997): Kommunikaionsansätze zur Präsentation kartographischer Bildschirminformation.- (=Beiträge zur kartographischen Informationsverarbeitung, Bd. 11), Trier
- Thomüller, S. (1998): Untersuchung zur automatisierten Erfassung geschützter Biotope mit GISPAD, Online-Dokument: [geoinformatik-online, http://gio.uni-muenster.de/beitraege/ausg1\\_98/thomueller](http://gio.uni-muenster.de/beitraege/ausg1_98/thomueller)
- Thorndyke, P.W.; Stasz, C. (1980): Individual differences in Procedures for knowledge Acquisition from Maps, in: Cognitive Psychology 12, S. 137-175

- 
- Thrower, N.J.W. (1959): Animated Cartography, in: The Professional Geographer, 11(6), S.9-12
- Trabant, J. (1996): Elemente der Semiotik.- Tübingen
- Tukey, J.W. (1977): Exploratory Data Analysis.- Reading,Massachusetts
- Uhlenkücken, C.; Schmidt, B.; Streit, U. (2000): Visual Exploration of high-dimensional spatial data: requirements and deficits, in: Computers & Geosciences, 26(1), S. 77-85
- Uthe, A.-D. (1991): Kartographische Kommunikationsschnittstelle zur Verarbeitung geowissenschaftlicher Daten.- (Beiträge zur kartographischen Informationsverarbeitung 3)  
Trier
- Uthe, A.-D. (1994): Stand und Verfahren der regelbasierten Kartenmodellierung im Umweltbereich. In: Bollmann, J.; et al: Umweltinformation und Karte, 43. Kartographentag Trier 1994, (Beiträge zur kartographischen Informationsverarbeitung), Trier , S.237-257
- Verplank, W. L. (1988): Graphic Challenges in Designing Object-oriented User Interfaces. In: Helander, M.: Handbook of Human-Computer Interaction, S.365-377
- Voris, P. van; Millord, V.D.; Thomas, J.; Urban, D. (1993): TERRA-Vision: the integration of scientific analysis into the decision-making process, in: International Journal of GIS, 7(2), S.143-164
- Vossen, G. (1994): Datenmodelle, Datenbanksprachen und Datenbank-Management-Systeme.- Bonn, et al
- Wang, Z. (1993): Searching for the most suitable cartographic representation in statistical mapping. In: Proceedings of the 16th ICA Conference Köln, S.137-146
- Weidenmann, B. (1994): Wissenserwerb mit Bildern.- Bern et al
- Weidenmann, B. (1997a): Abbilder in Multimedia-Anwendungen. In: Issing; Klimsa: Information und Lernen mit Multimedia, S. 107-121
- Weidenmann, B. (1997b): Multicodierung und Multimodalität im Lernprozess. In: Issing; Klimsa: Information und Lernen mit Multimedia, S. 65-83
- Wieser, E. (1990): Informationssysteme - begrifflicher und methodischer Bezugsrahmen, in: Zeitschrift für Vermessungswesen, 115(6), S.233-246
- Winterhoff-Spurk, P. (1999): Medienpsychologie.- Stuttgart
- Wood, M. (1993a): Interacting with maps. In: Medyckyi-Scott, D.; Hearnshaw, H.M.: Human Factors in Geographical Information Systems
- Wood, M. (1993b): The map-users' response to map design, in: The Cartographic Journal, 30, 2, S. 149-153
- Yourdon, E. (1992): Die westliche Programmierkunst am Scheideweg.- München, Wien
- Ze-shen, W.; Brown, A. (1991): A knowledge-based system for selection of map area colours from a colour chart, in: ITC Journal, 3, S.122-126

- 
- Zhou, M. X.; Feiner, S. K. (1996): Data Characterization for Automatically Visualizing Heterogeneous Information. In: Proceedings INFOVIS (1996 Symposium on Information Visualization), S. 13-20, San Francisco
- Zhou, M. X.; Feiner, S. K. (1997): The Representation and Use of a visual Lexicon for Automated Graphics Generation. In: Proceedings IJCAI, S. 1056-1062, Nagoya, Japan
- Zhou, M. X.; Feiner, S. K. (1998): Visual Task Characterization for Automated Visual Discourse Synthesis. In: CHI 89 Los Angeles, S.392-399, Los Angeles
- Zhou, M. X.; Feiner, S. K. (1999): Automated Visual Presentation: From Heterogeneous Information to Coherent Visual Discourse, Online-Dokument:  
<http://www.cs.columbia.edu/~zhou/project/project.html>
- Ziegler, J. (1993): Entwurf graphischer Benutzerschnittstellen. In: Ziegler, J.; Ilg, R.: Benutzerge-rechter Softwaregestaltung, München, Wien, S.144-168
- Ziegler, J.; Fähnrich, K.-P. (1988): Direct Manipulation. In: Handbook of Human-Computer Interaction, S.123-133
- Zimmer, H.D. (1996): Mentale Repräsentation visueller Zeichen: Informationsspezifische Verar-beitungsmodule, in: Zeitschrift für Semiotik, 18(2-3), S. 191-211