

Frank Dickmann

**Einsatzmöglichkeiten neuer Informationstechnologien für die
Aufbereitung und Vermittlung geographischer Informationen
- das Beispiel kartengestützte Online-Systeme**

Mit 32 Abbildungen und 25 Tabellen



Göttingen 2004

Frank Dickmann

**Einsatzmöglichkeiten neuer Informationstechnologien für die Auf-
bereitung und Vermittlung geographischer Informationen
- das Beispiel kartengestützte Online-Systeme**

Applications of new information technologies for the preparation and
efficient transmission of geographic information
- the example of map-based systems on the Internet

Die Arbeit wurde im Wintersemester 2003 von der Fakultät für Geowissenschaften und Geographie der Universität Göttingen als Habilitationsschrift angenommen.

Vorwort

Den Anstoß für die vorliegende Arbeit gab die fachlich bedingte Auseinandersetzung mit den sich in den vergangenen Jahren rasant weiterentwickelnden modernen Informations- und Kommunikationstechnologien. Aus fachwissenschaftlicher Sicht lag es nahe, das methodische Potenzial der neuen Technologien für die Geographie aufzuarbeiten. Vorgegangene Studien und insbesondere die Erfahrungen, die ich während meiner Tätigkeit als Hochschuldozent am Institut für Kartographie an der Technischen Universität Dresden sammeln konnte, führten dazu, den Fokus der Untersuchung auf kartographische Anwendungen zu richten und insbesondere jene Internetbasierten Darstellungsformen zu analysieren, die zurzeit von einem immensen Wachstum gekennzeichnet sind und die eine hohe Effizienz in der Vermittlung von Rauminformationen zu versprechen scheinen.

Die Arbeit wurde im Juni 2003 abgeschlossen und im Oktober von der Fakultät für Geowissenschaften und Geographie der Georg-August-Universität Göttingen als Habilitationsschrift angenommen. Eine ganze Reihe von Personen hat dazu beigetragen, dass die Arbeit realisiert werden konnte. So möchte ich zunächst Prof. Dr. Werner KREISEL danken für seine Ermutigung, das Forschungsprojekt anzugehen, und für die Bereitstellung der arbeitstechnischen Voraussetzungen in seiner Abteilung. Für viele klärende Gespräche und hilfreiche Anregungen aus dem Göttinger Kollegenkreis gilt mein Dank Prof. Dr. Michael BECHT (jetzt Katholische Universität Eichstätt-Ingolstadt), Dr. Jürgen BÖHNER, Dr. Stefan ERASMI und Prof. Dr. Karl-Heinz PÖRTGE. Vom Institut für Kartographie in Dresden danke ich Prof. Dr. Manfred BUCHROITHNER, Prof. Wolf G. KOCH, Dr. Nikolas PRECHTEL und Prof. Ingeborg WILFERT. Prof. Dr. Jürgen DODT von der *Arbeitsgruppe Geomatik* am Geographischen Institut der Ruhr-Universität Bochum danke ich für die kreativen Hinweise und Diskussionen, mit denen er in persönlichen Gesprächen meine Untersuchung begleitet hat.

Bedanken möchte ich mich zudem bei den (ehemaligen) Studierenden Dipl.-Geogr. Julia WITTMANN-CHRISTOPH, Dipl.-Geogr. Alexander SCHWERTNER und Sebastian SCHÄFER, die mich während der empirischen Untersuchungsphasen und der Layout-Arbeiten entscheidend unterstützt haben.

Mein ganz besonderer Dank gilt schließlich meiner Frau und meinen Kindern, die mir stets eine unentbehrliche Stütze sind und die viel Verständnis für meine Arbeit aufbringen.

Göttingen, im August 2004

Für

*Rita,
Jonas und Paula*

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	10
Verzeichnis der Tabellen	11
1. Einführung	12
1.1 Die Bedeutung konventioneller und moderner Kartendarstellungen in der Geographie	13
1.2 Zielsetzung und Aufbau der Untersuchung	17
1.3 Stand der Forschung	19
I. Einsatzmöglichkeiten der Internet-Technologie für die Vermittlung von Geographischen Informationen	23
2. Die Innovation des kartengestützten Informationstransfers im Internet	23
2.1 Zur Terminologie	23
2.2 Die Ursprünge der neuen Technik	24
2.3 Interaktivität und GIS-Funktionalität	26
3. Aufbau kartenbasierter Informationssysteme im Internet	30
3.1 Die Technik der „Raumüberwindung“: <i>Client-Server-Modelle</i>	30
3.2 Die Aufbereitung von Rauminformationen zur Übertragung im Internet	34
3.3 Räumliche Aufteilung von Verarbeitungsprozessen	37
3.4 Die funktionale Erweiterung der HTML-Technologie als software-technische Voraussetzung einer effizienten Informationsvermittlung	39
3.4.1 Die Nutzung von <i>Viewern</i>	40
3.4.2 Die Nutzung von <i>Plug-Ins</i>	41
3.4.3 <i>Java</i> und <i>Active-X</i>	47
3.4.4 <i>JavaScript</i>	49
3.4.5 Entwicklung von Web-fähigen 2D-Vektorformaten	50
3.4.5.1 Das <i>Scalable-Vector-Graphics-Format</i> , SVG	52
3.4.5.2 Entwicklungschancen von SVG als Mittel der Geovisualisierung	53
4. Die Eignung der unterschiedlichen Internet-Techniken für den zielgerichteten Transfer von Rauminformationen	54
4.1 Statische Karten	55
4.1.1 Visualisierung statischer Karten mit dem HTML-Code	56
4.1.2 Kartographische Informationsdichte durch Datenkomprimierung	59
4.1.3 Technikbedingte Grenzen der Visualisierung von online übertragenen Geoinformationen	66
4.1.4 Der Stellenwert statischer Karten für die Vermittlung geographischer Informationen	73

4.2	Interaktive Karten als Grundlage für eine effizientere Vermittlung von Rauminformationen	74
4.2.1	Kartengrafiken als Hyperlink	76
4.2.2	Die Technik der <i>clickable maps (image maps)</i>	77
4.2.3	Interaktionserweiterung durch <i>JavaScript</i> -Techniken	79
4.2.4	Interaktivität mit dem <i>Scalable Vector Graphics-Format (SVG)</i>	85
4.3	Animierte Karten und dreidimensionale Visualisierungen zur Überwindung von Vermittlungsbarrieren konventioneller Raumdarstellungen	86
4.3.1	Die Grundlagen von <i>animated maps</i>	88
4.3.1.1	Animation ohne <i>Plug-in</i> -Unterstützung	89
4.3.1.2	Kartographische Animationen und Film mit <i>Plug-in</i> -Technologie	94
4.3.2	Grundlagen von 3D-Darstellungen	97
4.3.2.1	Geländeüberflüge (<i>fly-throughs</i>)	97
4.3.2.2	Panorama- und 3D-Objektdarstellungen	99
4.3.2.3	Dreidimensionale Landschaften mit Hilfe von <i>VRML</i> , <i>X3D</i> und <i>Java3D</i>	101
4.3.3	Der Stellenwert animierter und dreidimensionaler Raumdarstellungen in der online-basierten Vermittlung geographischer Informationen	104
4.4	GIS- und Datenbankgestützte Raumdarstellungen im Internet	105
4.4.1	<i>Maps on demand</i>	105
4.4.2	<i>Web-GIS</i>	106
4.4.2.1	Statische GIS-Karten	106
4.4.2.2	Interaktive <i>Web-GIS</i> Karten	108
II.	<i>Die Bewertung des Einsatzes neuer Technologien für den effizienten Transfer von Rauminformationen</i>	112
5.	Das Vermittlungspotenzial geographischer Informationen durch die Online-Technologie	112
5.1	Das Angebotspotenzial - Geoserver als Daten- und Informationsquelle für die kartographische Visualisierung	112
5.1.1	Geometriedaten	117
5.1.2	Vektordaten	119
5.1.3	Geländemodelle	120
5.1.4	Geostatistische Daten (Sachdaten)	121
5.1.5	Der Zugriff auf Fernerkundungsdaten	122
5.2	Das Nutzungspotenzial - kartengestützte Online-Systeme in kulturgeographischen Anwendungsbereichen	125
5.2.1	Online-Geodaten in Verwaltung und Planung	125
5.2.2	Online-Geodaten in der Wirtschaft	128
5.2.3	Tourismusbezogene Anwendungen	130

6.	Empirische Überprüfung des Vermittlungserfolgs online- gestützter Rauminformationen	133
6.1	Neue Formen der explorativen Geodatenanalyse	133
6.2	Der "Mehrwert" des Einsatzes kartengestützter Online-Systeme in der Vermittlung geographischer Informationen	136
6.3	Der empirische Untersuchungsansatz	141
6.4	Untersuchungsaufbau und Datenerhebung	143
6.4.1	Stichprobe und Analysemethode	143
6.4.2	Die verwendeten Kartenvorlagen	144
6.5	Vergleich zwischen konventionellen und digitalen Karteninhalten hinsichtlich der Interpretation von Relief und Landnutzung	146
6.5.1	Visualisierungsvoraussetzungen	146
6.5.2	Untersuchungsergebnisse	150
6.5.2.1	Erfassung makroräumlicher Strukturen	152
6.5.2.2	Komplexität der Geoinformationen	153
6.5.2.3	Die Wahrnehmung geographischer Detailinformationen	154
6.5.2.3.1	Folgen datenreduzierter Darstellungen	155
6.5.2.3.2	Informationsergänzung durch optionale Themenzuschaltung	156
6.5.2.4	Der Zeitaspekt bei der Informationsaufnahme	157
6.6	Fragenbereich bildungsbezogene Information – das Beispiel der Mensch-Umwelt-Beziehung in der Aralsee-Region	162
6.6.1	Visualisierungsvoraussetzungen	162
6.6.2	Untersuchungsergebnisse	166
6.7	Ton-Einsatz in der Vermittlung von Geoinformationen	168
6.7.1	Die Visualisierungsvoraussetzungen	169
6.7.2	Untersuchungsergebnisse	171
6.8	Der Einfluss von „Internet-Erfahrung“ auf den online-gestützten Transfer von Rauminformationen	175
6.9	Fazit der empirisch gewonnenen Ergebnisse	177
7.	Die Auswirkungen kartengestützter Online-Systeme auf den Umgang mit geographischen Informationen	179
7.1	Die Erweiterung des kartographischen Kommunikationsmodells	179
7.2	Gesellschaftliche Anforderungen an eine kartengestützte Kommunikation auf der Basis des Internet	183
7.3	Technische Perspektiven	186
7.4	Künftige Forschungsaufgaben	188
	Zusammenfassung	191
	Summary	195
	Literatur	198
	Anhang	220

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Die Schlüsselfunktionen von Karten in der Geographie	16
Abb. 2: Interpretationshilfe "visual comparison" im System <i>Descartes</i>	29
Abb. 3: <i>Client-Server</i> -Struktur im Internet.....	32
Abb. 4: Formen der kartographischen Aufbereitung von Rauminformationen für das WWW.....	36
Abb. 5: Bedienungsoberfläche des <i>Plug-in</i> von <i>MapGuide</i>	44
Abb. 6: GIF-Bildaufbau mit <i>Interlacing</i> -Verfahren	60
Abb. 7: Verlustfreies Zoomen im <i>Browser</i> mit dem Komprimierungsverfahren <i>MrSID</i>	63
Abb. 8: Pixelstruktur in einer <i>FlashPix</i> -Grafik	64
Abb. 9: Interaktive und statische Web-Karten.....	76
Abb. 10 : Mit Hilfe von <i>JavaScript</i> erzeugtes Zusatzfenster auf einer HTML-Seite.....	80
Abb. 11: Web-Karte mit ein- und ausblendbaren Informationsschichten.....	83
Abb. 12: Techniken zum Aufruf einzelner Informationsschichten	84
Abb. 13: Bildreihenfolge einer GIF-Animation zur Präsentation der Veränderung des norddeutschen Küstenverlaufs.....	91
Abb. 14: Oberfläche des <i>Plug-in</i> von <i>MapGuide</i> mit unterlegtem Orthofoto.....	109
Abb. 15: Die Doppelfunktion von Karten im Rahmen der Geodaten-Visualisierung.....	113
Abb. 16: Ermittlung charakteristischer Bildstrukturen mit dem <i>Image Information Mining System</i>	124
Abb. 17: Web-GIS zur Unterstützung standortsuchender Investoren.....	127
Abb. 18: Prototyp eines VRML-basierten Tourismus-Informationssystems.....	132
Abb. 19: Webkarten- und Printkartendarstellung der Halbinsel Methana	148
Abb. 20: Vergleich der korrekten Antworten bei der Nutzung interaktiver und konventioneller Karten in % - Fragenbereich I (3D-Webkarte).....	151
Abb. 21: Durchschnittliche Antwortdauer bei interaktiven und konventionellen Karten	158
Abb. 22: Zeitvergleich zwischen interaktiven und konventionellen Karten nach Richtigkeit der Antworten	160
Abb. 23: Printkarte zum Thema "Mensch-Umwelt-Beziehung am Beispiel der Aralsee-Region"	165
Abb. 24: Ausschnitte aus der Kartenanimation zum Thema "Mensch-Umwelt-Beziehung am Beispiel der Aralsee-Region".....	165
Abb. 25: Antwortverhalten im Fragenbereich II nach korrekten Antworten.....	166
Abb. 26: Screenshot aus der Animation zur Leinetal-Überflutung.....	170
Abb. 27: Antwortverhalten zur Frage nach der Lage des am längsten überfluteten Bereichs im Abbildungsausschnitt.....	172
Abb. 28: Vergleich der durchschnittlichen Antwortdauer bei animierten Webkarten mit bzw. ohne Ton Unterstützung.....	174
Abb. 29: Antwortverhalten nach Internet-Erfahrung der Probanden (Webkarten).....	176
Abb. 30: Anteil der Antworten des Fragenbereichs I nach Internet-Erfahrung und Antwortdauer - Webkarten	176
Abb. 31: Die Erweiterung des kartographischen Kommunikationsmodells durch das Internet	182
Abb. 32: Technik-Potenzial und Nutzungsanspruch von Karten und kartengestützter Informationssysteme im World Wide Web	184

Verzeichnis der Tabellen

Tab. 1: Realisierung von Web-GIS-Techniken	39
Tab. 2: HTML-Erweiterung durch kartographisch relevante <i>Viewer</i> und <i>Plug-ins</i>	42
Tab. 3: Formen der Rechenlast-Verteilung zwischen <i>Client</i> und <i>Server</i> bei kartengestützten Online-Systemen	46
Tab. 4: Gängige Grafik-Formate im Internet	65
Tab. 5: Verhältnis von Bildschirmauflösung zu Bildschirmfläche	68
Tab. 6: Minimaldimensionierung in der Kartengrafik bei Bildschirmvisualisierung	69
Tab. 7: Festlegung sensitiver Areale in einer interaktiven Webkarte	78
Tab. 8: Typische <i>Event-Handler</i> für den Online-Abwurf von Geoinformationen	79
Tab. 9: Skript-Techniken in Webkarten	82
Tab. 10: Gestaltungsoptionen eines <i>JavaScript</i> -Fensters zur Vermittlung von Geoinformationen	82
Tab. 11: Verbreitete Animationsformen im Internet	89
Tab. 12: Auswahl von GIF-Animationen	90
Tab. 13: Zugang zu (kostenlosen) Geodaten	116
Tab. 14: Fragenbereich I des Fragebogens	149
Tab. 15: Ergebnisse des Fragenbereichs I (Relief/Landnutzung)	151
Tab. 16: Ergebnisse der Signifikanz-Tests des Vergleichs zwischen interaktiver und konventioneller Karte nach Richtigkeit der Antworten	152
Tab. 17: Vergleich der Antwortdauer zwischen interaktiver und konventioneller Karte	159
Tab. 18: Vergleich der Antwortdauer zwischen interaktiver und konventioneller Karte nach Richtigkeit der Antworten	160
Tab. 19: Zeitlicher Verlauf der kartographischen Film-Animation über die ökologische Problematik der Aralsee-Region	163
Tab. 20: Fragenbereich II des Fragebogens	164
Tab. 21: Ergebnisse der Signifikanz-Tests des Vergleichs zwischen interaktiver und konventioneller Karte nach Richtigkeit der Antworten - Fragenbereich II	167
Tab. 22: Fragenbereich III des Fragebogens	171
Tab. 23: Antwortverhalten zur Frage nach der Zeitdauer der in der Kartenanimation visualisierten Leinetal-Überflutung	173
Tab. 24: Antwortverhalten zur Frage nach der Zeitdauer der in der Kartenanimation visualisierten Leinetal-Überflutung	173
Tab. 25: Internet-Erfahrung der Probanden	175

„Der Verstand vermag nichts anzuschauen und die Sinne nichts zu denken. Nur daraus, dass sie sich vereinigen, kann Erkenntnis entspringen“
(Immanuel Kant, 1781)

1. Einführung

Die neuen Informationstechnologien und insbesondere das Internet werden als Informationsmedien immer wichtiger und nehmen in der Kommunikationskultur der Industriegesellschaften mittlerweile einen bedeutenden Rang ein. Die modernen Formen der Kommunikation und Informationsübertragung sind im Begriff, die Methoden der raumbezogenen Informationsverarbeitung und Wissensakquisition entscheidend zu verändern. Dies zeigt sich in der dynamischen und interaktiven Weitergabe von geographischen Informationen jedweden Abstraktionsniveaus (von elementaren Geodaten bis hin zu komplexen Wissensständen), die in Form von kartographischen Darstellungen im World Wide Web übertragen werden. Ihre Zahl nimmt im Internet beständig zu. Schätzungen gingen bereits 1999 von rund 40 Mio. Karten aus, die an jedem Tag von Internet-Nutzern weltweit aufgerufen werden (PETERSON 1999), ein Wert, der sich mittlerweile vervielfacht haben dürfte und der den Stellenwert der Visualisierung von Geodaten im Internet verdeutlicht.

Die Gründe für dieses Phänomen sind offenkundig, eignen sich Karten oder kartographische Darstellungen wie kaum ein anderes Medium dazu, räumliche Informationen und Sachverhalte schnell und effektiv zu transferieren. Karten präsentieren eine wichtige „Form der quantitativen-numerischen Darstellung geographischer Sachverhalte“ (LESER 1986, S.55) und erreichen somit eine große Aussagekraft über räumliche Zusammenhänge.

Die Internet-Technik hat nun das alte Medium „Karte“ aufgegriffen und die Verbreitung und Nutzung von Karten zunächst einmal in ungeahntem Umfang gefördert. Zudem treibt die innovative Internet-Technologie wiederum ständig die qualitative Weiterentwicklung von Karten zu interaktiven und mit abfragbaren Sachdaten hinterlegten Produkten (Web-GIS) voran. Obschon sich das Internet mit seiner Technologie somit noch in einer Diffusionsphase befindet, wird der Adaption der netzbasierten grafischen Informationsverarbeitung für die moderne Kartographie die gleiche innovative Bedeutung zugesprochen wie dem Übergang von der analogen zur digitalen Technik.

Die spezifischen Vorzüge internet-basierter Karten (Webkarten), wie ihre rasche Verfügbarkeit und ihre interaktiv-multimedialen Fähigkeiten, lassen ihre Anwendung in praktisch orientierten Handlungsrahmen - etwa im Vorfeld von planungsbezogener Entscheidungstätigkeit oder im akuten Katastrophenmanagement - sowie im wissen-

schaftlichen Bereich besonders geeignet erscheinen. Denn zahlreiche Restriktionen, die die konventionellen Kartenabbildungen bisher kennzeichneten, z.B. mangelnde Aktualität, begrenzter Informationsgehalt, statischer Abbildungscharakter etc., können nun überwunden werden. Dem Einsatz von Karten oder komplexen kartengestützten Informationssystemen im Internet wird daher künftig eine ständig zunehmende Bedeutung zugemessen, wenn es darum geht, raumbezogene Daten zu visualisieren (DE LANGE 2002).

Die neue Dimension in der kartengestützten Vermittlung geographischer Informationen, die sich auf der Basis der neuen Technologien herausgebildet hat, muss sich daher unmittelbar auf die Arbeitsweisen der modernen Geographie auswirken. Bereits heute sind zahlreiche Recherche-, Analyse- oder Planungstätigkeiten nicht mehr ohne das Internet denkbar. Die Informations- und Kommunikationstechniken scheinen somit auch den Methodenkanon des Fachs Geographie maßgeblich erweitern zu können. Am Beispiel der Nutzung kartographischer Darstellungen zeigt die nachfolgende Untersuchung erstmals auf, welche Bedeutung insbesondere das Internet hier für das Fach Geographie besitzt. Die behandelten Techniken und inhaltlichen Beispiele werden vorwiegend auf kulturgeographische Fragestellungen bezogen, jedoch sind die Einschätzungen hinsichtlich Wirkungsweise und Einsetzbarkeit raumbezogener Visualisierungstechniken auch auf andere Felder geowissenschaftlicher Fachdisziplinen übertragbar.

1.1 Die Bedeutung konventioneller und moderner Kartendarstellungen in der Geographie

Die mit dem Medium Karte verbundenen Eigenschaften der grafisch-bildhaften Visualisierung sind den meisten Menschen bereits seit ihrer Schulzeit vertraut. Die visuelle Exploration von Geodaten und die Interpretation von räumlichen Zusammenhängen mit Hilfe von Karten erfordert daher grundsätzlich wenig Mühe und führt - eine korrekte Kartengestaltung vorausgesetzt - zu einem raschen (Er-) Kenntnisgewinn.

Der Anteil der Daten, die über einen räumlichen Bezug verfügen, wird allgemein auf rund 80% des Gesamtdatenbestandes geschätzt (HARDIE 1998; u.a.). Diese Daten sind geeignet, in Form von Karten oder kartenverwandten Darstellungen umgesetzt zu werden. Auf die Effizienz der Informationsübermittlung wirkt sich dies günstig aus, denn Raumbezüge in bildlicher Form werden dadurch deutlich besser wahrgenommen als Raumbezüge, die in Form von Texten oder Tabellen kodiert sind. Letztere übersteigen schnell die Grenzen der menschlichen Aufnahmefähigkeit (LEIBERICH 1997). Innerhalb eines Kommunikationsprozesses können Karten somit komplexe räumliche Zusammenhänge und Abhängigkeiten wesentlich verständlicher vermitteln, als dies mit Schriftzeichen oder gar einfachen Zahlenfolgen (Koordinatenpaaren) möglich wäre. Erst die Umsetzung der Informationen in Karten überführen das tabellarische oder textliche "Nacheinander" in ein der Realität entsprechendes "räumliches Nebeneinander" (HÜTTERMANN 1986 S.55). Dadurch werden einzelne und komplexe

Phänomene in ihren Lagebeziehungen, flächenhaften Ausdehnungen, Distanzen und Richtungen abgebildet. Da dies auf einem für das menschliche Wahrnehmungsvermögen überschaubaren Raum geschieht, lässt sich ein rascher und effektiver Überblick über einen räumlichen und thematischen Zusammenhang erzielen. Die Visualisierung von Geodaten durch Karten wird folgerichtig als eine fundamentale geographische Methode angesehen. Denn die Interpretation räumlicher Phänomene ist abhängig von den Mitteln, die Karten und kartenverwandte Darstellungen zur Verfügung stellen: "cartographic visualization deals with maps as geographic research or spatial analysis tools" (MACÉACHREN 1994, S.2). Für viele Ziele, die mit der Informationsvermittlung verbunden sind, bildet eine kartengestützte Visualisierung dadurch oft die einzig sinnvolle Option. Dies betrifft nicht nur Handlungsfelder in der Bildungs- und Öffentlichkeitsarbeit, sondern auch "interne" Prozesse innerhalb betrieblicher Produktions-, Verwaltungs- und Raumplanungsvorgängen sowie geowissenschaftlicher Untersuchungen. Sowohl als "Endprodukt" zur Datenpräsentation als auch zur Darstellung kurzlebiger Zwischen- oder Vorabberichte in einem Analysevorgang (z.B. mittels GIS) werden Karten zur Wiedergabe räumlicher Verhältnisse eingesetzt. Dies erklärt den Zuwachs vernetzter Arbeitsumgebungen mit GIS-Nutzung.

Kartographische Darstellungen nehmen innerhalb der Geographie die Funktion einer unverzichtbaren Schnittstelle ein, denn sie sind sowohl Forschungs- als auch Dokumentationsmittel. Die Funktion von Karten in der geographischen Raumanalyse beschränkt sich nicht nur auf die Präsentation von raumbezogenen Sachverhalten, z.B. als Mittel zur Ergebnissicherung einer Untersuchung. Die Nutzung einer räumlichen Darstellung ermöglicht die kognitive Wahrnehmung von Problemsituationen in der Umwelt (z.B. Flächennutzungskonflikte in der Raumplanung), wodurch Handlungsbedarf aufgedeckt und raumkompetentes Entscheiden und Handeln initiiert werden können. Die elementare Bedeutung, die die Visualisierung räumlicher Informationen – sei es in Form gedruckter Karten oder ephemerer Bildschirmdarstellungen – in geowissenschaftlich relevanten Arbeitsgebieten besitzt, zeigt sich darin, dass mit Hilfe von Karten Entscheidungsprozesse durch die Einordnung von Sachverhalten in einen räumlichen Kontext maßgeblich unterstützt oder erst möglich werden. Darüber hinaus dienen Karten in umgekehrter Richtung dazu, analysierende explorative Forschungsarbeit zu unterstützen und bis dahin unbekannte Raumstrukturen überhaupt erst zu erkennen. Hier ist insbesondere auf die Analysewerkzeuge Geographischer Informationssysteme zu verweisen (z.B. Verschneidung unterschiedlicher Informationsebenen), mit denen neues Wissen generiert werden kann. Es handelt sich dann um ergründende Analysewerkzeuge, die zur Informationsgewinnung und zur Erlangung eines verbesserten Raumverständnisses führen.

Somit wird deutlich, dass die Erstellung und Nutzung von Karten, mit denen eine Informationsselektion und –strukturierung einhergeht, eine methodische Schlüsselfunktion besitzt, die geographische Forschungsprozesse maßgeblich zu beeinflussen vermag (Abb.1). Die Karte bildet einen entscheidenden Filter, der die räumliche Realität modellhaft und lediglich unter Berücksichtigung eines meist einzelnen Aspekts abbildet (u.a. ULBERT 1985). Im Gegensatz zur Fotografie (Luftbild) wird zwischen Wichti-

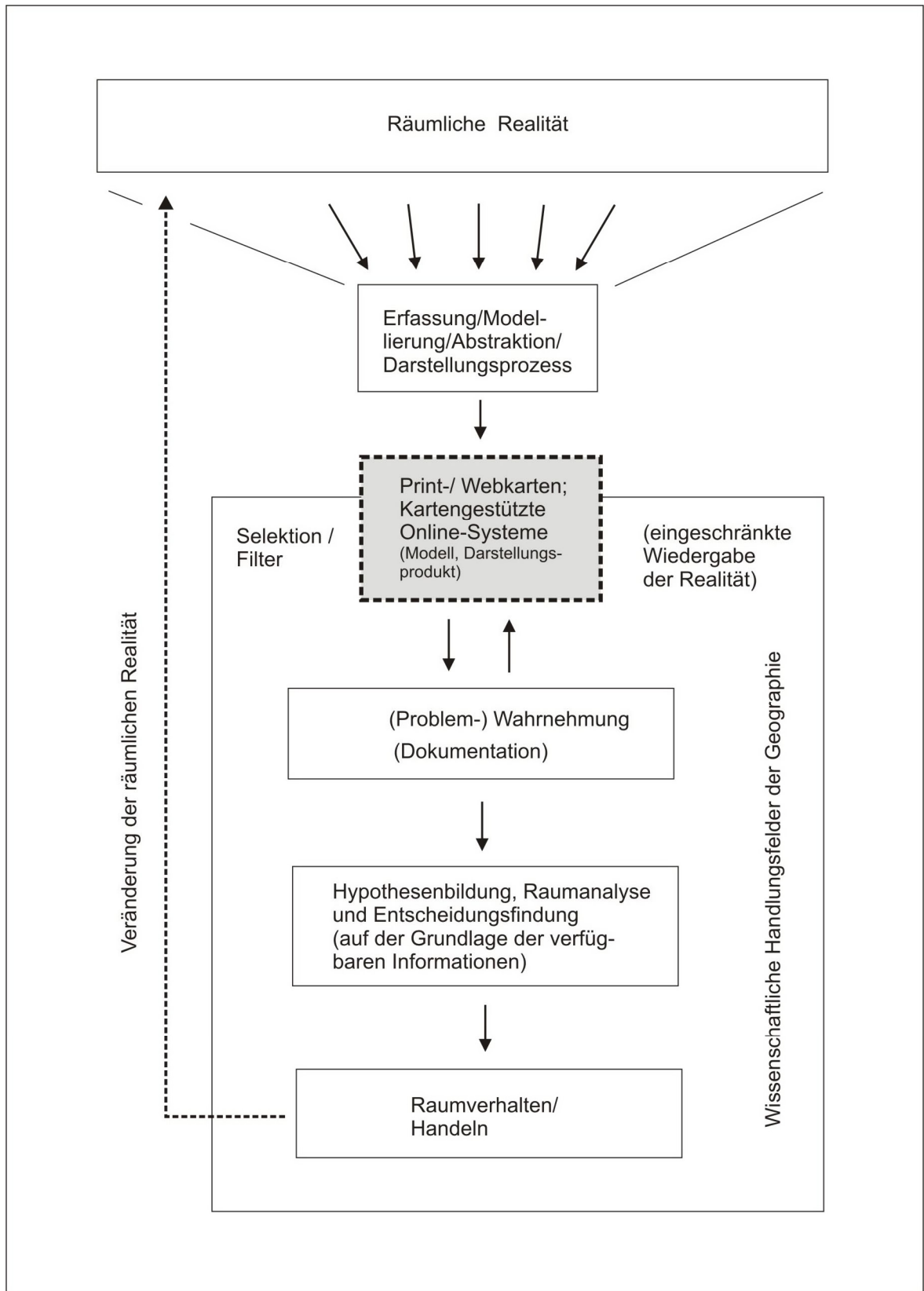
gem und Unwichtigem unterschieden und die Präsentation auf eine spezifische Fragestellung ausgerichtet. Damit wird aber auch die Art und Weise des Zugangs auf die der Karte unterlegten Informationen bereits festgeschrieben, und es stellt sich das Problem der „objektiven“ Darstellung bzw. der Möglichkeit der Steuerung durch gezielte Informationsbearbeitung. Bildet also eine Karte die Ausgangsbasis für eine Forschungsfrage, hängt die Problemwahrnehmung ebenso wie die räumliche Analysetätigkeit von der sachgerechten und hinreichend abstrahierten Wiedergabe der Wirklichkeit ab. Dies gelingt wiederum nur, wenn im Zuge der kartographischen Darstellung die „Einheit der kartographischen Form und des geographischen Inhalts“ (MEYNEN 1958) erreicht wird und eine zuverlässige und effiziente Informationsvermittlung gewährleistet ist. Nicht selten werden Karten als „wahre Abbildungen der Wirklichkeit“ angesehen, d.h. die Reduktion von Objektkomplexität wird nicht wahrgenommen (HÜTTERMANN 1998).

Dem Umgang mit Karten kommt somit eine äußerst verantwortungsvolle Rolle in der geowissenschaftlichen Arbeit zu. Schließlich bestimmen die nach dem Selektionsprozess verfügbaren (gefilterten) Informationen maßgeblich die wissenschaftliche Hypothesenbildung sowie die wissenschaftlich begründeten Entscheidungsfindungen und (nachhaltigen) Handlungsweisen. Karten und kartographische Darstellungen sind somit in zahlreichen wissenschaftlichen Fragestellungen Stütze und Schwachpunkt zugleich.

Angesichts der stark wachsenden Menge an Geodaten, die in den vergangenen Jahrzehnten ermittelt und im Internet zur Verfügung gestellt wurden, zeigt sich, welche wichtige Mittlerfunktion kartographische Darstellungen einzunehmen vermögen. Seit Jahren wird kritisiert, dass das Angebot von Informationssystemen zwar "datenreich, jedoch informationsarm" sei (STRAND 1997, S.30). Teilweise wird auch von einer „cacophony of information overload“ (WARF 1997, S.270) gesprochen. Erst die "Veredelung" von räumlichen Daten in strukturierte Information, z.B. als Karte, trägt zu einem fundierten Raumverständnis bei und ermöglicht raumkompetentes Handeln. Der verantwortliche Umgang mit der räumlichen Umwelt setzt fundiertes Wissen und insbesondere die hinreichende Vermittlung dieses Wissens (an Akteure) voraus. Nur so lassen sich Eingriffe in die Natur- und Kulturlandschaft steuern und nachhaltige Entwicklungen initiieren bzw. sichern.

Auch von der Politik wurde die Notwendigkeit zur Strukturierung und Aufbereitung raumbezogener Daten mittlerweile erkannt: "The hard part of taking advantage of this flood of geospatial information will be making sense of it - turning raw data into understandable information" (AL GORE, ehem. Vize-Präsident USA, 1998; zit. nach: http://www.ingeforum.de/info/papers/gisnet99/cg/GISnet99_cg/sld003.htm). Innerhalb der politischen Debatte des deutschen Bundestags erlangte diese Thematik schließlich im Jahr 2000 im Rahmen einer großen Anfrage zur Nutzung von Geoinformationen auch in der Bundesrepublik Bedeutung (BUNDES-DRUCKSACHE 14/4139).

Abb. 1: Die Schlüsselfunktionen von Karten in der Geographie



1.2 Zielsetzung und Aufbau der Untersuchung

Die inhaltliche Auseinandersetzung mit Innovationen, d.h. vornehmlich mit den verschiedenen Aspekten ihrer Diffusion im Raum bzw. den damit verbundenen räumlichen Auswirkungen (infrastrukturelle Standortproblematik, ökonomische Folgen etc.), ist traditionell Gegenstand wirtschafts- und sozialgeographischer Untersuchungen. In der vorliegenden Untersuchung soll ein *fachmethodischer* Blickwinkel im Vordergrund stehen: Ziel ist es, die Möglichkeiten und Grenzen neuer Techniken für die effiziente Informationsvermittlung in der Geographie aufzuarbeiten. Nur vereinzelt sind Beiträge zu finden, die auf das methodische Potenzial hinweisen. Eine systematische Untersuchung wurde bisher nicht veröffentlicht.

Im Folgenden wird daher der Versuch unternommen, anhand der *kartengestützten Informationsübertragung* die in geographischer Sicht relevanten Möglichkeiten multimedial-interaktiver Internetanwendungen herauszustellen und das methodische Potenzial der neuen Techniken abzuschätzen. Dazu sind mehrere Untersuchungsschritte notwendig:

a) *Analyse der technischen Möglichkeiten heutiger online erfolgreicher Visualisierung von Geodaten (Kap. 2-4),*

Die aktuelle Situation der Internet-Technologie ist dadurch gekennzeichnet, dass ständig neue Entwicklungen einsetzen und dass fachbezogene Erfahrungen kaum vorhanden sind. Die differenzierte Betrachtung der technischen Voraussetzungen, der Entwicklung der Webtechnologie und der zahlreichen Präsentationsformen steht daher am Anfang dieser Arbeit. Hier werden "online-typische" Visualisierungsrestriktionen aber auch -potenziale herausgearbeitet. Der Einblick in grundlegende (software-) technische Abläufe bildet eine wesentliche Voraussetzung, um online abgerufene Raumdarstellungen im Vergleich zu anderen Abbildungsformen einschätzen und eine - nicht nur aus geographischer Sicht - notwendige kritische Bewertung ihrer grundsätzlichen Wirkungsweise und Effektivität vornehmen zu können. Darüber hinaus eignen sich die Ergebnisse dazu, in die Formulierung konkreter technischer und semiotischer Anforderungen für die Konstruktion von kartengestützten Online-Systemen einzumünden.

b) *Aufarbeitung der nutzer- und angebotseitigen Rahmenbedingungen der neuen Technologien (Kap. 5)*

Nach der Aufarbeitung der technischen Voraussetzungen soll in einem Überblick das bereits in der Anwendung befindliche Spektrum kartengestützter Online-Systeme herausgearbeitet werden, um einen Eindruck von typischen Praxis-Anforderungen (Nutzungskontext) zu erhalten. Dazu wird zum einen das Daten-

angebot - am Beispiel von Geodatenserver als Daten- und Informationsquelle für kartographische Visualisierungen - aufgezeigt. Zum andern werden in Anwendung befindliche kartengestützte Online-Systeme in wichtigen kulturgeographischen Arbeits- und Untersuchungsfeldern vorgestellt, die der inhaltlichen und technischen Orientierung für die Konzeption der nachfolgenden empirischen Untersuchung Frage dienen.

c) *Überprüfung der Vermittlungseffizienz von Internet-Anwendungen auf der Basis einer empirischen Untersuchung (Kap. 6),*

Aufbauend auf der Analyse der verschiedenen Komponenten der Internet-Technologie, die grundsätzlich für den Einsatz kartengestützter Online-Systeme in Frage kommen, werden in diesem zweiten Hauptabschnitt der Arbeit einige besonders innovative Techniken herausgegriffen: eine interaktive 3D-Darstellung aus dem Bereich Tourismus sowie zwei Animationen aus dem Bereich Bildung bzw. Naturgefahrenvorsorge. Sie werden im Folgenden einer empirischen Untersuchung über die Vermittlungseffizienz von Online-Systemen unterzogen. Denn zunehmend wird die Frage gestellt, „how effective the maps were in providing the wanted information“ (ELZAKKER 2001, S.42). Auf der Grundlage einer experimentell vorgenommenen Vergleichsanalyse zwischen konventioneller und bildschirmgestützter Raumpräsentationen sollen daher die tatsächlichen (Mehrwert-)Effekte ermittelt werden, die der Einsatz interaktiv-multimedialer Techniken im Internet mit sich bringt.

Dadurch soll eine quantitative Einschätzung von interaktiv und multimedial arbeitenden Online-Systemen vorgenommen und empirisch gestützte Erkenntnisse über den Nutzen der neuen und komplexen Abbildungsformen für die Geographie (und Kartographie) gewonnen werden. Für eine wissenschaftlich konsistente Entwicklung Internet-basierter Visualisierungsumgebungen sind empirische Ergebnisse dringend notwendig. Dazu soll experimentell versucht werden, den Vermittlungserfolg von Geodaten, die mit Online-Medien transferiert und visuell aufbereitet wurden, mit Hilfe wissenschaftlicher Methodik quantitativ zu erfassen. Ziel ist es, die Effizienz der neuen Techniken zu testen und die bisher theoretisch abgeleiteten positiven Annahmen in der Praxis zu überprüfen. Die empirischen Ergebnisse sollen es zudem ermöglichen, fachgerechte Leitlinien zur effektiven Implementierung multimedial unterstützter Webkarten zu entwickeln, d.h. den Technikeinsatz nutzungsgerecht zu optimieren und somit schließlich den geographischen Wissenserwerb zu verbessern.

d) *Die Auswirkungen kartengestützter Online-Systeme auf den Umgang mit geographischen Informationen und Ausblick auf weitere Entwicklungen (Kap.7)*

Abstrahierend von den Ergebnissen der vorangegangenen Analyse der Einsatzmöglichkeiten kartengestützter Online-Systeme und der Überprüfung ihrer Anwendungseffizienz wird in Kapitel 7 aufgezeigt, wie sich die Weiterentwicklung der klassischen kartographischen Darstellung auf die bisherige kartographische Kommunikationstheorie auswirkt. Infolge des Einflusses des Internet muss diese den neuen Möglichkeiten Rechnung tragen und entsprechend modifiziert werden. Insbesondere durch die nun stärker in den Vordergrund rückende explorative Geodatenanalyse, die die Grenze zwischen der bisher starren Kartographie und den interaktiven Geographischen Informationssysteme zunehmend verwischt (interaktive Karten), ist hier entscheidend. Die moderne Kartographie kommt in Form der kartengestützten Online-Systeme den – auf Analyse zielenden - Anforderungen geographischer Arbeitsweise entgegen, gleichzeitig nimmt die Bedeutung kartographischer Darstellung im Arbeits- und Forschungsprozess zu. Daraus ergibt sich für die geographische Fachwissenschaft die Notwendigkeit zur kritischen und konstruktiven Begleitung dieser Entwicklung, die sowohl perzeptionstheoretische als auch ausgesprochen anwendungsbezogene Themenfelder umfasst.

Damit versucht die nachfolgende Arbeit, einen methodischen und theoretischen Beitrag zum Verständnis der Wirksamkeit der neuen Technologien in der raumbezogenen Wissensvermittlung und -generierung zu leisten. Die Ergebnisse sollen helfen, die neuen Techniken in den Kontext geowissenschaftlicher Inhalte und Ziele zu setzen und aus fachlicher Perspektive heraus zu bewerten.

1.3 Stand der Forschung

Der Einsatz interaktiver Techniken zur Vermittlung raumbezogener Informationen hängt von den technischen Entwicklungen sowie von den wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Rahmenbedingungen ab. Versuche, zumindest animierte Ausdrucksformen in Karten einzusetzen, reichen weit zurück. Bereits in der Zeit zwischen den Weltkriegen bediente man sich kinematografischer Methoden, um z.B. den postglazialen Eisrückgang auf der Erdoberfläche darzustellen (ARNBERGER 1977, S.210). Zu Beginn der 40er Jahre hob BEHRMANN (1941; n. DRANSCH 1997) die kinematografischen Mittel für die Kartographie hervor, die in den damaligen Wochenschauen genutzt wurden, um die dynamischen Vorgänge von Truppenbewegungen während des Zweiten Weltkrieges zu dokumentieren.

Seit den frühen 60er Jahre und dem Durchbruch des Fernsehens zum Massenmedium erfolgten nun systematische Untersuchungen zu den kartographischen Möglichkeiten von (offline) Medien wie Film, Fernsehen und später auch Video (THROWER 1961, CORNELL/ROBINSON 1966, TOBLER 1970, MOELLERING 1980a/b; MOUNSEY 1982; OLSON 1984). Zur Darstellung der zeitlichen Dimension räumlicher Vorgänge (Ausbreitung, Veränderungen, Wanderungen) wurden zwar somit unterschiedliche Animationstechniken eingesetzt, doch handelte es sich im Grunde um den traditionellen

Animationsfilm. Die Vorzüge verfilmter Karten für die Darstellung von Prozessen konnten jedoch nur wenig genutzt werden, da die dazu notwendigen manuellen Vorarbeiten unverhältnismäßig aufwändig und kostenträchtig waren. Von einer Interaktion durch Anwender kann dabei jedoch nicht gesprochen werden.

Erst mit dem Fortschritt der Computertechnik ließen sich Mitte der 80er Jahre bildschirmbasierte Animationen leicht und kostengünstig erzeugen, wodurch ein weitaus größeres Anwendungsfeld erschlossen werden konnte. Insbesondere im Bereich der Regionalplanung bestand seit langem ein Interesse an geeigneten Präsentationsformen von Raum-Zeit-Modellen (GRÜNREICH 1992), dem nun dadurch begegnet werden konnte. Damit setzte auch verstärkt die Nutzung von Animationen in der Kartographie ein (SENA 1989, 1990, PFITZER 1990). Die Auswirkungen auf die Kartennutzung blieben dabei weitgehend unbeachtet.

Ähnlich verhält es sich mit der geographischen Perspektive auf die neuen Techniken. Erst seit einigen Jahren hat sich die - vor allem angloamerikanische - Geographie dem Phänomen des virtuellen Raums stärker zugewendet (UNWIN/FISHER 2002; CRANG et. al. 1999, ADAMS 1998, 1997, WARF/GRIMES 1997, u.a.m.). Im Mittelpunkt stehen neben den gesellschaftlichen Auswirkungen dabei auch die sich im virtuellen Raum herausbildenden Strukturen und die Versuche, Informationsräume und -verknüpfungen zu visualisieren (DODGE/KITCHEN 2001). Auch in der deutschen Geographie gibt es mittlerweile erste Ansätze, die räumlichen und gesellschaftlichen Implikationen des Internet aufzuarbeiten (z.B. BUDKE et.al. 2004; DIETZ 2001).

Mit dem Internet bzw. mit dem World Wide Web und seinem methodischen Potenzial für die raumbezogene Wissenschaft haben sich vergleichsweise wenige Arbeiten auseinander gesetzt (DICKMANN/ZEHNER 1998; DICKMANN 1997). Zu einem großen Teil beziehen sie sich auf die verschiedenen Anwendungsrahmen (MICHLER 1996, WERNER 1996) und auf technische Aspekte der Distribution von (animierten) Internetkarten (PETERSON 1995). Zwar ist eine Vielzahl von Sammlungen zu WWW-Adressen, insbesondere für den schulischen Bereich entstanden (OTT/TIEDEMANN 1999; HILDEBRAND 1997, HOENIG/NIEDENZU 2000) die auf den praktischen Nutzen der im Internet angebotenen Inhalte verweisen, doch wurden die Einsatzmöglichkeiten der neuen Techniken für die wissenschaftliche Visualisierung, Analyse und Interpretation von Geodaten bisher kaum berücksichtigt (vgl. MÜLLER et.al. 2001). Dies gilt auch für den wichtigen Bereich der kartographischen Potenziale von Online-Systemen, die das Internet als visuelles Medium bietet. Erst 2001 ist eine systematische Darstellung zum Problembereich geographisch relevanter Visualisierungstechniken im World Wide Web erschienen (DICKMANN 2001; nach Vorarbeiten 1999 a, b; 2000 a,b,c).

Die Frage nach dem Vermittlungserfolg der transportierten geographischen Inhalte wurde bisher ausgeblendet. Zwar wurden Ende der 80er Jahre am ITC in Enschede (Niederlande) einige empirische Untersuchungen zur Informationsvermittlung, insbesondere von dreidimensionalen Bildschirmkarten, vorgenommen (KRAAK 1988; vgl. a. KOUSSOULAKOU 1990, KRAAK/KOUSSOULAKOU 1992 zu animierten Karten). Damals

konnte jedoch die Funktionalität, die interaktive Bildschirmkarten heute im Internet kennzeichnet, nicht im Untersuchungsdesign berücksichtigt werden. Bei den seither vorgenommenen Untersuchungen zu bildschirmgestützten Kartendarstellungen handelte es sich ausschließlich um die Auswertung statischer Karten, z.B. Projekte mit dem "Dresdner 3D-Display" an der TU Dresden (BUCHROITHNER 1999) oder um experimentelle Untersuchungen zur perceptiven Informationsaufnahme mithilfe kartographischer Einzelemente an der Universität Trier (TAINZ 1993, 1997; TAINZ/WEBER 1996).

Zwar wurden zur interaktiven Kartographie zahlreiche theorieorientierte Artikel und Bücher veröffentlicht (erst 2002 hat DRANSCH eine theoretische Aufarbeitung der grundsätzlichen Mensch-Computer-Interaktion im kartographischen Kontext vorgenommen; vgl. a. DRANSCH 2000, 1997; PETERSON 1995, GARTNER 1999 und 2002; CAMMACK 1999; CARTWRIGHT/PETERSON 1999; u.a.), ohne jedoch weiterführende empirische Untersuchungen vorzunehmen. Eine zumindest teilweise empirisch angelegte kartographische Untersuchung zur Nutzerorientierung multimedialer Atlanten auf CD-ROM erschien 2002. Die Arbeit zeigt dabei verschiedenste Aspekte der Anforderungen, die Nutzer an solche digitalen Atlanten stellen, z.B. hinsichtlich der Grunddarstellungsformen, der Nutzerführung und der Bedienungskomponenten (BUZIN 2002), sie behandelt jedoch nicht die Vermittlungseffizienz der auf diesem Medium gespeicherten geographischen Informationen.

Gänzlich unbearbeitet ist in dieser Hinsicht bisher das Gebiet der webbasierten Kartographie, die seit rund acht Jahren zunehmende Verbreitung findet und mittlerweile einen großen Markt einnimmt. Die drängenden Fragestellungen, die anstehen, beziehen sich auf die Schnittstelle zwischen "Online-System" und wissenschaftlicher "Nutzung", d.h. auf die Effizienz der online erfolgenden Informationsübertragung (vgl. ELZAKKER 2001a,b). Hier ist zu klären, ob Karten- oder GIS-Nutzer angesichts der technischen Möglichkeiten sachlich angemessene Antworten auf raumbezogene Anfragen erhalten. Dies betrifft den Arbeitsschwerpunkt der explorativen Kartographie. Aufgrund der Weiterentwicklung der *Client-Server*-Architektur wird es Kartennutzern ermöglicht, in bisher unbekanntem Umfang Geodatenätze zu analysieren und neue Informationen (Erkenntnisse) zu erlangen. Auswertungen von *log files* von Webservern sind in diesem Zusammenhang nur bedingt hilfreich, wie WRIGHT (1999) in einer Untersuchung über die Online-Version des *National Atlas of the United States* festgestellt hat. ELZAKKER konstatiert daher den verstärkten Bedarf nach nutzerseitigen Untersuchungen (ELZAKKER 2001a). Vor allem von Seiten der Wirtschaft und den Katastrophendiensten, die sich der neuen Medien bedienen wollen, besteht Interesse nach optimierten Visualisierungsmöglichkeiten räumlicher Daten, z.B. für kommerzielle Auskunftsdienste oder Routenplanern für Rettungsfahrzeuge etc.

Insgesamt ist festzuhalten, dass trotz der anwachsenden Literatur über multimediale, dynamische und interaktive Online-Kartographie aktuelle empirische Überprüfungen der tatsächlichen Effekte auf die georäumliche Informationsaufnahme noch fehlen. Wie schon in Kap. 1.1 aufgezeigt, bildet jedoch gerade die Nutzung von Karten bzw.

sonstigen kartographischen Darstellungsformen eine elementare Voraussetzung für die Bearbeitung geographischer Fragestellungen.

In der vorliegenden Arbeit wurde daher aufbauend auf der Analyse theoretischer bzw. technischer Rahmenbedingungen und Potenziale eine experimental-kartographische Untersuchung vorgenommen. Dies stellt einen ersten Versuch dar, einen weiterführenden Beitrag zur fachlichen Weiterentwicklung im Bereich online-gestützter Karten zu leisten, wie er u.a. von CRAMPTON (1999), DICKMANN (2000c) und ELZAKKER (2001) gefordert wird. Im Zusammenhang mit der zielgerichteten Kommunikation an Bildschirmen besteht bereits seit langem ein erhöhter Bedarf nach Kenntnissen über (multimediale) Unterstützungsmöglichkeiten (KOCH 1993). Dies betrifft auch und vor allem visuell-kognitive Prozesse der georäumlichen Informationsverarbeitung. Insbesondere im Zusammenhang mit der Nutzung von Bildschirmkarten hat sich die Situation des Informationsangebotes in Karten und die damit verbundene visuelle Ableitung, gedankliche Repräsentation und handlungsorientierte Weiterverarbeitung entscheidend geändert. Heute müssen daher Untersuchungen vorgenommen werden, die das visuell-kognitive Prozessgeschehen bei der Kartennutzung bzw. der Informationsaufnahme aufzeigen. Bisher existieren für den gesamten Bereich der kartographischen Bildschirmkommunikation, die neue und komplexe Abbildungs- und Präsentationsformen erfordert, genauso wenige Erkenntnisse wie über deren Wirkungen (LEXIKON ZUR KARTOGRAPHIE 2001, s.v.: „Empirische Forschungsmethoden“ S.193). Auch auf dem Gebiet tonunterstützter (Sprache, Musik) Darstellungen liegen bisher kaum Untersuchungen vor, obschon sie vielfach als wünschenswert angesehen werden (MÜLLER et.al. 2001; BUZIEK 1999). Erste Ansätze zur Aufarbeitung der Thematik liefern schulpyschologischer Studien zum Bereich Lernen mit Multimedia (BRÜNKEN et.al. 2001, 2000; SEUFERT 2003). Allerdings stehen dort vor allem die grundsätzlichen Unterschiede im Wissenserwerb zwischen bildschirmgestützten Bildern und ausschließlich textlichen Darstellungen im Mittelpunkt der Untersuchungen.

Die Effizienz der neuen Techniken für die Vermittlung geographischer Informationen soll erstmals mit wissenschaftlicher Methodik getestet und die bisher theoretisch abgeleiteten Annahmen in der Praxis überprüft werden. Mit Methoden der sozialwissenschaftlichen Empirie sollen das Verhalten bzw. die erbrachten gedanklichen Leistungen von Versuchspersonen als Indikator für die Wirkung von codierten Rauminformationen, die in Form von vorgegebenen Zeichenmustern vorliegen, gewertet werden. Die behandelte Thematik ist somit an der Schnittstelle zwischen Geographie und Kartographie (Geomatik) angesiedelt. Die Ergebnisse können eine Grundlage bilden, um Leitlinien zur weiteren inhaltlichen wie methodischen Implementierung von kartengestützten Online-Systemen oder multimedial ausgestatteten Webkarten zu erarbeiten und die zielgerichtete Verbreitung geographischer Informationen zu verbessern.

I. Einsatzmöglichkeiten der Internet-Technologie für die Vermittlung von Geographischen Informationen

2. Die Innovation des kartengestützten Informationstransfers im Internet

2.1 Zur Terminologie

Mittlerweile kursiert eine Vielzahl von Bezeichnungen für die elektronischen Kartendarstellungen im World Wide Web. *Web-Maps, netzbasierte E-Maps, Cyber-Maps, Hyper-Maps, Web-Karten, Internet-Karte* u.a.m. machen dabei bereits mit ihrem Namen auf das Umfeld aufmerksam, in welchem sie verwendet werden (vgl. DICKMANN 2002b). Teilweise weisen sie auf die besonderen funktionalen Eigenschaften (*Hyper-Maps*) hin, die ihnen durch die Internet-Technologie verliehen werden. Abhängig vom Zweck der Karte kann die Aufgabe der Daten-Visualisierung um zahlreiche interaktive Werkzeuge erweitert sein. Eine genaue Abgrenzung zwischen dem Begriff "Web-Map" - bzw. der davon abgeleiteten, sich stärker auf den Herstellungsprozess beziehenden Bezeichnung "Web-Mapping" - und dem analyseorientierten Terminus "Web-GIS" vorzunehmen, fällt daher schwer. Analog zu den Bereichen der nicht-netzwerk-basierten "Computerkartographie" und "Geographischen Informationssysteme" kommen auch hier grundsätzlich ähnliche Techniken und Aufgabenbereiche zum Tragen (vgl. DICKMANN/ZEHNER 2001; u.a.). Da sich insbesondere die Charakteristika von Bildschirmkarten sehr erweitert haben und längst mit eigener Funktionalität ausgestattet sind (s.u.), wird die Trennlinie zu Geographischen Informationssystemen mit wachsender Verbreitung der neuen Technologien diffuser. Abgrenzungsversuchen muss hier zwangsläufig etwas Willkürliches anhaften.

So wird vielfach von "Web-Mapping" oder "Web-Kartographie" (*web cartography*) gesprochen, auch wenn damit mehr als die mit üblicher Kartographiesoftware erstellte und anschließend im WWW präsentierte Karte gemeint ist. Der Einsatz klassischer GIS-Funktionen, z.B. der unmittelbare Zugriff auf Sachdaten aus der Karte heraus oder die vorangehende Analyse der auf einer Webseite visualisierten Geodaten, wird ebenfalls dem Webmapping hinzugerechnet (KRAAK/BROWN 2001, HERRMANN 2001; STÄHLER 2001; HARDER; 1998). Der Begriff "mapping" erfährt somit im Vergleich zur konventionellen Kartenherstellung, die als ein weitgehend von der Datenaufbereitung losgelöster Prozess anzusehen war, eine erhebliche Bedeutungserweiterung. Gleichwohl stehen Visualisierungsaspekte implizit im Vordergrund.

An anderer Stelle werden Systeme mit vergleichbaren Funktionalitäten hingegen direkt als "GIS" bezeichnet (HARDIE 1998; PLEWE 1997). Auch wird mit verschiedenen Begriffen operiert, z.B. "GIS online", "Internet-GIS", "Web-GIS", "NetGIS" oder "Distributed GIS". Während GIS online, NetGIS und Distributed GIS synonym verwendet werden und die GIS-Technik im Internet im allgemeinen bezeichnet, umreißt "Internet-GIS" stärker die zugrunde liegende Netzwerktechnik (Protokolle). Noch weiter ein-

schränkend wirkt der Begriff Web-GIS. Mit Web-GIS erfolgt der Bezug auf einen bestimmten Client-Typ, dem Webbrowser, und damit auf den konkreten Einsatz im WWW (FITZKE 1999).

Teilweise wird jedoch eine weitere Differenzierung vorgenommen: Wenn die Inhalte von Karten durch den Nutzer auf der Grundlage vorgefertigter Schemata selbst festgelegt werden können, z.B. durch das Hinzuladen weiterer Informationsschichten (*layer*), wird von einem "Auskunft"-GIS gesprochen. Es unterscheidet sich dadurch von einem "Analyse"-GIS, das weiterreichende GIS-Operationen ermöglicht (STAHL 1998). Einigkeit besteht hingegen weitgehend bei der Einschätzung von Web-Karten, deren Ansicht nur vergrößert bzw. verkleinert und deren sichtbarer Ausschnitt innerhalb des Bildschirmfensters verschoben werden kann. Diese Funktionalität wird meist noch nicht als GIS-adäquat angesehen. Eine vergleichsweise enge Auslegung von Webmapping wird von ABREU et.al. (2000) vorgenommen. Webmapping steht dort für den Vorgang der Kartengenerierung durch die Beteiligung mehrerer verteilter Rechner im Internet. Charakteristisch ist dabei die automatische Suche und Kombination verschiedener Datensätze.

Im Folgenden soll von Web-GIS in Abgrenzung zu Web-Mapping und kartographischen Informationssystemen gesprochen werden, wenn ein Nutzer nicht nur kartographische Darstellungen visualisieren und einfache Ansichts-Manipulationen, wie Zoomen, Verschieben, Einblendung vorgefertigter Layer etc. vornehmen kann, sondern darüber hinaus Zugriff auf eine Sachdatenbank hat und auf dieser Grundlage GIS-Operationen selbstständig durchführen kann. Dazu zählen u.a. themenbezogene Abfragen, Suchfunktionen, Flächen-, Streckenermittlungen oder die Konstruktion von Pufferzonen. Damit unterscheidet sich ein solches System von einem Karten-Server (*Map Server*), von dem zwar Geodaten abgerufen und anschließend grafisch visualisiert werden können, mit dem eine weiterführende Analyse jedoch nicht möglich ist. Als Sammelbegriff, der der zunehmenden funktionalen Konvergenz von Web-Karten und Web-GIS Rechnung trägt, kann die Umschreibung "kartengestützte Online-Informationssysteme" oder - kürzer - „kartengestützte Online-Systeme“ dienen.

2.2 Die Ursprünge der neuen Technik

Geographische Informationssysteme wurden im Grunde genommen bereits sehr früh als Online-Systeme genutzt. Schon die ersten GI-Systeme, die auf Großrechnern arbeiteten, wurden über ein Netzwerk-Terminal bedient (FITZKE 1999). Allerdings haben sich mittlerweile die Techniken verändert und die Maßstäbe, was die Zugriffsmöglichkeit angeht, entscheidend verschoben. Handelte es sich ursprünglich um ein abgeschottetes Netzwerk, zu dem nur wenige Experten Zugriff hatten, so bezieht sich der Begriff "online" heute auf das globale Netzwerk "Internet". Das Terminal entspricht heute den millionenfach eingesetzten Webbrowsern, die im Zuge der Einführung des WWW (1993) entwickelt wurden und die infolge ihrer einfachen Bedienung und Gra-

fikfähigkeit die Nutzung von Online-Systemen „revolutionierten“. Nach heutigem Verständnis steht "online" daher für die Verbindung über das Internet, wobei in der Regel auf den Dienst des World Wide Web zurückgegriffen wird. Während geographische Informationen auch schon vorher, d.h. in Form von Daten-Dateien, übertragen werden konnten, ermöglichte das World Wide Web den aufbereiteten Datentransfer in Form von Karten. Es handelt sich also beim Web-GIS und Web-Mapping im engeren Sinne um eine vergleichsweise junge Erscheinung, die durch eine rasch vor sich gehende Weiterentwicklung in den vergangenen Jahren gekennzeichnet ist.

Im Vergleich zu in der Internet-"Frühzeit" vereinzelt unternommenen Versuchen, mit Hilfe des ASCII-Zeichensatzes kleinere Grafiken zu übermitteln, bedeutete die Möglichkeit, Rasterbilder unmittelbar auf einer Webseite zu visualisieren, einen entscheidenden Fortschritt. Bereits unmittelbar nach Einführung des World Wide Web und grafisch orientierter *Browser*, die nun erstmals die unmittelbare Visualisierung raumbezogener Daten ermöglichten, wurden Versuche unternommen, auch interaktiv beeinflussbare kartographische Darstellungen zur Informationsvermittlung zu nutzen. 1993 wurde vom *Xerox's Palo Alto Research Center (PARC)* in Kalifornien (USA) ein erstes System dem Internet zur Verfügung gestellt (HARDER 1998). Diese Anwendung kombinierte erstmals die Fähigkeit von HTML-Dokumenten, graphische Darstellungen zu integrieren, mit den Möglichkeiten der HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*)-*Server*, neue Dokumente auf Aufforderung durch Nutzer zu erstellen.

Der *Xerox PARC Map Viewer* erzeugte Karten auf der Basis öffentlich zugänglicher Daten, z.B. Datenbanken des *CIA* und des *US Geological Survey* (<http://pubweb.parc.xerox.com/map/>). Auf weltweiter Ebene wurden dabei Daten über Küstenlinien, Staatsgrenzen und Flüsse zum Abruf angeboten. Lediglich für das Territorium der USA wurden noch einige weitere einblendbare Datenebenen vorgehalten, z.B. Highways und Eisenbahnen. Insgesamt handelte es sich jedoch nur um Liniendaten. Auch wenn diese sich teilweise farblich hervorheben ließen, entstanden auf diese Weise nur vergleichsweise einfach gehaltene Karten, denn textliche oder sonstige topographische Informationen konnten nicht generiert werden (DICKMANN 1999a). Trotzdem wurde dieses erste System ein großer Erfolg im Internet – nicht zuletzt deshalb, weil es möglich war, eine auffällige Markierung geographisch exakt in die Karte zu setzen und die erzeugten Karten in andere (eigene) *Websites* zu übernehmen. Eine nach den eigenen Wünschen erstellte kartographische Darstellung zur Ortsbestimmung ließ sich als GIF-File übertragen oder über eine URL-Adresse, die als Hyperlink in eine Webseite eingebunden wurde, beim *Xerox Map Viewer* wieder neu aufrufen.

Heute wird das System nicht mehr weiterentwickelt. Im Oktober 2002 wurde es schließlich auch aus dem Netz genommen. Insgesamt hat der *Xerox Map Viewer* jedoch entscheidend dazu beigetragen, die Aufmerksamkeit auf die Präsentations- und Verbreitungsmöglichkeiten raumbezogener Daten im Internet zu lenken und dabei vor allem das Medium "Karte" in den Vordergrund zu rücken. Der *Xerox Map Viewer* leitete die Entwicklung zahlreicher Visualisierungssysteme ein, deren Funktionalität und Darstellungsinhalte ständig erweitert wurden.

Das Jahr 1994 war durch die Initiierung zahlreicher Projekte - insbesondere im nord-amerikanischen Raum - gekennzeichnet, die den Austausch und die Verbreitung raumbezogener Daten via Internet fördern sollten. Träger waren in erster Linie Universitäten oder Regierungsorganisationen, in einigen Fällen auch Privatunternehmen. Viele der eingerichteten Visualisierungssysteme arbeiteten mit vorgefertigten Rasterkarten, die in HTML-Seiten eingebunden wurden. Erste Versuche, mit Hilfe vorhandener Geographischer Informationssysteme Karten im Internet bereitzustellen, waren zunächst wenig erfolgreich (PLEWE 1997).

Massive Unterstützung fanden diese Bestrebungen durch die öffentliche Hand in den USA. Hier wurden Organisationen wie z. B. das *Federal Geographic Data Committee, FGDC* eingerichtet, um die Entwicklung voranzutreiben und zu koordinieren (<http://www.fgdc.gov>). Einen Schwerpunkt bildete u.a. das Projekt *National Spatial Data Infrastructure, NSDI*, das die Bereitstellung und den Austausch geographischer Daten zum Ziel hatte.

Das Engagement von Bundesbehörden hatte dabei verschiedene Gründe. So ist zum Beispiel das Interesse an verfügbaren raumbezogenen Daten besonders für viele Fachministerien groß, z.B. in den Bereichen Landwirtschaft, Wirtschaft oder Verteidigung. Gleichzeitig besteht für Einrichtungen der Bundesregierung im Prinzip die Verpflichtung, von ihnen erhobene Daten zur freien Verfügung zu stellen, sofern der Privatschutz und die nationale Sicherheit davon unberührt bleiben (STAHL 1995). Auch wenn diese Forderung in der Praxis nur teilweise umgesetzt wird, stellt das Internet für manche Institution jedoch zumindest eine interessante Option zur schnellen und kostengünstigen Verteilung von Daten dar.

Der *US Geological Survey* bot bereits früh einen Geodaten-Server mit wichtigen raumbezogenen Datenbeständen an, die via Internet (FTP) als Rohdaten abgerufen werden konnten. Entscheidend für den sinnvollen Einsatz solcher Server war dabei, dass auf möglichst weit verbreitete Austauschformate zurückgegriffen wurde, die von den Internet-Nutzern auf ihren Systemen verwendet werden konnte, z.B. das *.E00 - Format der Firma *ESRI*. Voraussetzung für die weitere Bearbeitung dieser Daten war jedoch geeignete Software (GIS-Programme), die ein Internet-Nutzer auf seinem Rechner zur Verfügung haben musste. Dadurch blieb die Zielgruppe erheblich eingeschränkt.

2.3 Interaktivität und GIS-Funktionalität

Die einzige Möglichkeit, den Nutzerkreis entscheidend zu erweitern, konnte nur darin bestehen, die Geodaten bereits auf dem Webserver so aufzubereiten, dass sich räumlich relevante Informationen allein mit Hilfe der üblichen *Browser* lesen und grafisch visualisieren ließen. Dies bedeutete, dass Webserver mit einschlägigen GIS-

Funktionen und Mapping Systemen ausgestattet wurden, die mehr zu leisten in der Lage waren als die vergleichsweise bescheidenen Fähigkeiten des o.a. *Xerox Map Viewer* (PLEWE 1997). 1995 entstanden zahlreiche *Internet Map Server*, die das Prinzip des *Map Viewer* erheblich ausbauten. Das wohl bekannteste System dieser Generation von *Map Servern* bildet der *TIGER Map Service* des *U.S. Census Bureau* (DICKMANN 1997). Ziel des *TIGER Map Service* (<http://tiger.census.gov>) ist es, detaillierte Straßen- und Themakarten der USA vorzuhalten, die von Internet-Nutzern kostenfrei verwendet werden können. Die Geodatengrundlage bilden dabei die "TIGER/Line" Dateien, die vor allem georeferenzierte Angaben über Straßen, Eisenbahnlinien und Verwaltungsgrenzen der USA enthalten und die von zahlreichen Geographischen Informationssystemen unterstützt werden, z.B. *MapInfo* oder *ArcInfo*. Der *TIGER Map Service* nutzt diese Datenbasis und bereitet sie speziell für die Verbreitung im Internet auf. Die Sachdaten für den Entwurf der thematischen Karten stammen aus dem 1990er US-Census. Die verschiedenen Themenlayer der in Form von GIF-Bildern entstehenden Karten können von den Internetnutzern selbst ausgewählt werden, so dass ein kartographisches Informationssystem entsteht. Auch hier ist es möglich, über die URL, der alle notwendigen Parameterangaben mitgegeben werden können, spezifische Karten des Systems aufzurufen und für eigene Anwendungen zu nutzen.

Auch andere Behörden richteten daraufhin *Map Server* ein, um aus Census-Berichten oder anderen Statistiken, Karten im Internet bereitzustellen, z.B. der *Demographic Data Viewer* des *Center for International Earth Science Information Network (CIESIN)* an der *Columbia University* (http://www.ciesin.org/tools_apps.html). Zudem traten nun auch verstärkt kommerzielle Unternehmen in den Vordergrund, die in verschiedenen Online-Straßenatlanten eigene Datensätze verwendeten. Unternehmen wie *Geosystems Global* mit dem System *MapQuest* (<http://www.mapquest.com>) oder *Vicinity* mit *MapBlast* (<http://www.mapblast.com>) versuchten schon früh, mit kartographischen Dienstleistungsangeboten für *Websites* bzw. dem Vertrieb entsprechender Systeme kommerziellen Nutzen aus dieser Technik zu ziehen.

Die nächsten Schritte zielten darauf ab, weiter reichende GIS-Funktionalität im Internet verfügbar zu machen. Eine einfache, doch hinsichtlich der Teilnehmerzahl sehr eingeschränkte Möglichkeit bot z.B. die Verwendung des Microsoft Programms *Net-Meeting* (MATUSCHAK 1996). Doch erst mit Systemen wie *GRASSLinks*, das an der *University of California at Berkeley* entwickelt wurde (<http://regis.berkeley.edu/grasslinks>), erhielt die Verbreitung raumbezogener Daten über das Internet eine neue Dimension (s.a. Kap. 4.4.2.1). Ziel dieses Systems war es, zwischen einem datenbankbasierten Geographischen Informationssystem und dem World Wide Web eine Schnittstelle einzurichten, die einem breiten Interessentenkreis den Zugang zu Umweltdaten ermöglicht. *GRASSLinks* hält hierzu ausgewählte Datensätze aus einem umfangreichen GIS zur Umweltsituation Nordkaliforniens vor, die den Austausch von Daten und Informationen zwischen Planungsinstitutionen, Umweltgruppen und interessierten Bürgern erleichtern sollen.

Im Boomjahr des Internet, 1996, kündigten schließlich GIS-Firmen die Entwicklung geeigneter Software-Aufsätze an, um eine Verbindung ihrer Systeme zum Internet herzustellen. Mittlerweile steht daher eine große Zahl ausgereifter kommerzieller Online-GIS zur Verfügung, z.B. *MapGuide* von *Autodesk* oder *Internet Map Server* von *ESRI* (vgl. STAHL 1998). Insbesondere für den Einsatz in Intranet-Arbeitsumgebungen sind je nach *Server*-Applikation weit reichende Funktionen möglich. Die Programme unterscheiden sich zwar hinsichtlich Aufbau und Handhabung voneinander (TOON 1997), doch die Übermittlung der Abfrageresultate erfolgt überwiegend mit Hilfe von GIF- oder JPEG-Dateien, die von den gängigen *Browsers* verarbeitet werden können. Manche Systeme setzen Vektorformate ein, was jedoch spezifische Erweiterungen der *Browser* voraussetzt (vgl. Kap. 3.4).

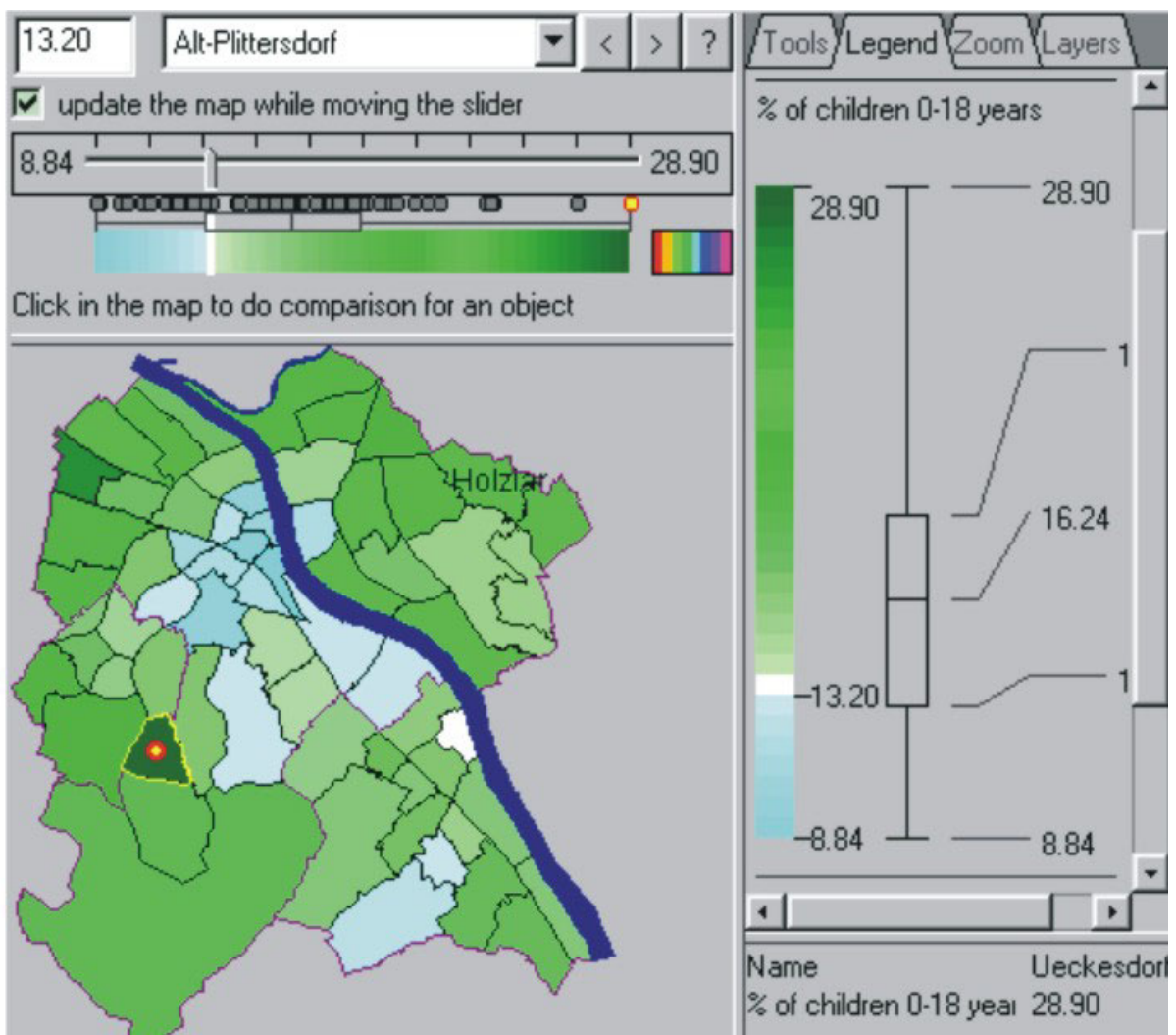
Über das "bloße", wenngleich interaktiv beeinflussbare Kartenerstellen hinaus, erhöhte sich die mit Hilfe der *Browser* erreichte Funktionalität entscheidend. Nun ließen sich von räumlich entfernten Rechnern regelrechte GIS-Operationen vornehmen, wie Datenbankabfragen, Objektselektionen, Entfernungsmessungen oder die Einrichtung von individuell bemessenen Pufferzonen um ausgewählte Kartenobjekte. Während die GIS-Funktionalität im Internet zumeist eingeschränkt wird, gelangt das methodische Potenzial solcher Systeme in geschützten Bereichen von Intranet-Arbeitsumgebungen großer Firmen oder Behörden zur vollen Entfaltung. Die verwaltungs- und planungsunterstützende Funktion dieser Systeme wird z.B. in der Erweiterung visueller Standortbeschreibungen deutlich, wie sie in den unterschiedlichen Phasen von Stadtentwicklungsprojekten notwendig werden (SHIFFER 1995). Eine wichtige Rolle spielen dabei zunehmend multimediale Elemente, die mit der Darstellung räumlicher Sachverhalte verknüpft werden. Das Spektrum der eingesetzten Techniken reicht von einfachen *Image Maps*, herunterladbaren Video- und Tonsequenzen über steuerbare 360°-Photo-Ansichten bis hin zu 3D- und Realtime-Anwendungen. Durch diese Form der Präsentations-Optimierung von Geodaten wird ein hohes Maß an Authentizität erzielt.

Auch die Darstellungsform der Bildschirmkarten hat infolge der technischen Entwicklungen umfangreiche Erweiterungen erfahren, die über die üblichen statischen Abbildungen hinausreichen. So bietet z.B. das Programm *Descartes* interaktive Werkzeuge zur grafisch unterstützten Auswertung abgerufener Karten an (Abb.2). Durch die interaktiven Möglichkeiten zur Verlagerung datenabhängiger Farbreihen und zur cursorgesteuerten Hervorhebung von Flächen mit den ihnen zugeordneten Sachdaten (*dynamical manipulation*) können die Bedingungen für eine visuelle Datenexploration entscheidend verbessert werden (ANDRIENKO 1998). Ein solches System eignet sich somit nicht nur zur interaktiven Konstruktion von Karten, sondern erhöht aufgrund seiner dynamischen Fähigkeiten im Vergleich zu statischen Karten auch das Auswertungspotenzial kartographischer Informationen. In die gleiche Richtung zielt auch die *ActiveCGM (computer graphics metafile)* - Technologie der Firma *Micrografx*, mit der sich aus GIS-Daten "intelligente" Vektorgrafiken erzeugen und über das Internet übertragen lassen. Solchermaßen erstellte Karten können eine Reihe interaktiver Eigenschaften aufweisen, z.B. weiterführende Hyperlinks, Zoomwerkzeuge oder Animatio-

nen. Ein kleines Zeichenmodul dieses CGM-Browsers erlaubt dem Nutzer darüber hinaus, individuelle Eintragungen wie Hervorhebungen oder zusätzliche textliche Erläuterungen vorzunehmen.

Teilweise haben die interaktiv-multimedialen Erweiterungen bereits in bekannte Online-Atlanten Eingang gefunden. So weist z.B. der *National Atlas of the United States* einige kartographische Darstellungen auf, die mit der Animationstechnik *Shockwave* der Firma *Macromedia* arbeiten (<http://www-atlas.usgs.gov/atlasvue.html>). Der Einsatz solcher Animationen bietet die Möglichkeit zur Visualisierung von prozesshaften oder alternierenden Vorgängen, die sich sonst nur indirekt darstellen lassen.

Abb. 2: Interpretationshilfe "visual comparison" im System *Descartes*



3. Aufbau kartenbasierter Informationssysteme im Internet

3.1 Die Technik der „Raumüberwindung“: *Client-Server-Modelle*

Die Grundlage kartengestützter Online-Systeme bildet ein *Client-Server-Modell*. Damit wird das Verhältnis beschrieben zwischen zwei unterschiedlichen Computerprogrammen, die sich auf demselben oder auf verschiedenen Computern befinden können. In einer *Client-Server-Architektur* fordert der *Client* einen „Dienst“ an und der *Server* kommt dieser Anforderung nach. Das gesamte World Wide Web wurde als eine solche *Client-Server-Architektur* entwickelt, d.h. der Webbrowser dient als *Client*, dessen Programme Dienste abrufen. Von dezentralen Nutzerrechnern (*Clients*) aus erfolgt somit über das Internet der Zugriff auf einen womöglich sehr weit entfernten (Geodaten-) *Server*, der über räumliche Präsentations- und ggf. Analysemöglichkeiten sowie über die entsprechenden Datensätze verfügt. Aufgrund der hohen Geschwindigkeit, mit der solche Abfragen vorgenommen werden können, macht es im Prinzip kaum einen Unterschied, ob sich der angesprochene *Server* in einem Nachbargebäude oder aber auf der anderen Seite der Erde befindet. Die räumliche Entfernung zwischen dem Angebot von Geoinformationen und ihrer Nutzung verliert in funktionaler Hinsicht an Bedeutung. Dies hat somit erhebliche Auswirkungen auf die bisherigen Restriktionen der traditionellen Beschaffung von Geoinformationen und -daten in den Geowissenschaften.

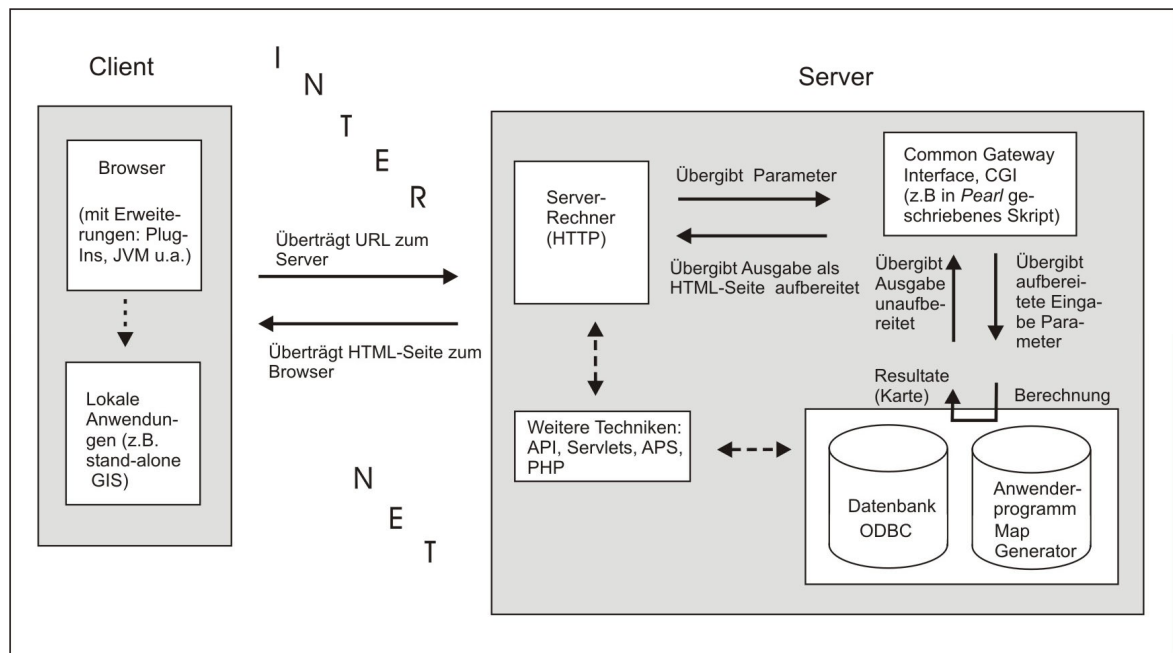
Mittlerweile sind sehr unterschiedliche *Client-Server-Modelle* zur Übertragung raumbezogener Daten im Internet entstanden, die nicht nur technologische Entwicklungsstadien darstellen, sondern in ihrer Erscheinungsform auch vom Anwendungsbereich und von der gewünschten Übertragungsgeschwindigkeit abhängen. Vor allem die Übertragungszeiten bei komplexen Abfragesituationen, bei denen ständig Daten zwischen *Client* und *Server* ausgetauscht werden müssen, spielen eine wichtige Rolle in der Handhabung dieser Systeme. Anwendungen, die eine ständige Übertragung großer Datenmengen wie z.B. hochauflösende Bilder oder Multimedia-Elemente voraussetzen, lassen sich zufrieden stellend nur in Intranet-Umgebungen installieren (TOON 1997). Im Internet hingegen sind die zu übertragenden Datenmengen und Zugriffszeiten auf die *Server* möglichst gering zu halten. Zum Teil wird daher die Strategie verfolgt, zumindest einen Teil der Rechnerleistung auf die lokalen Rechner zu übertragen, um das ohnehin immer stärker belastete Netz möglichst wenig in Anspruch nehmen zu müssen. Jeder Ansatz zum Zoomen oder Verschieben einer Karte bedeutet schließlich eine neue Anfrage an den *Server*, der eine neue Karte generieren und zum *Client-Rechner* zurücksenden muss. Von Providern zwischengeschaltete *Proxy-Server*, die als Zwischenspeicher dienen, helfen hier nur bedingt. Zwar wäre es denkbar, bereits von vornherein *Browser* mit einigen GIS-eigenen Funktionen auszustatten, doch lohnt sich der Aufwand nicht - angesichts der unüberschaubaren Vielfalt der Datenformate und des vergleichsweise kleinen Anwenderkreis im Internet (PLEWE 1997).

Unterschiede in der *Client-Server-Architektur* ergeben sich bei der Art des Zugangs zu Datennetzen. So handelt es sich beim Internet um einen weltweiten Zugriff auf Daten, die über *Server* zur Verfügung gestellt werden. Das heißt, im Prinzip kann jeder, der über einen Rechner verfügt und Zugang zum Internet besitzt, dort Informationen abrufen. Zunehmende Verbreitung erlangen zudem geschlossene Netzwerke, sog. *Intranets*, die den Datenzugriff nur einem ausgewählten Nutzerkreis, z.B. Firmenangehörigen, ermöglichen. Sie beruhen ebenfalls auf der Internet-Technologie (TCP/IP), müssen jedoch nicht mit dem Internet selbst in Verbindung stehen. Besteht allerdings eine Verbindung zum Internet, dann wird das Intranet durch "firewalls" abgeschottet, damit nur Zugangsberechtigte Zugriff auf unternehmenssensible Daten haben. Die Vorteile von Internet und Intranet liegen vor allem in der Integration heterogener Rechnerplattformen und unterschiedlicher Grafikmonitore. Weitgehend unabhängig von der Hard- und Softwareausstattung einer Arbeitsumgebung - die schon innerhalb einer Abteilung sehr unterschiedlich sein kann - ist somit eine netzbasierte Informationsverarbeitung möglich.

Um schließlich die Verbindung zwischen den Anwendern und der Funktionalität des *Servers* herzustellen, werden normale Rechnerwerkzeuge und Standard-Webserver eingesetzt. Meistens handelt es sich bei den *Client*-Programmen um Webbrowser, wie *Netscape*, *Mozilla*, *Microsoft Internet Explorer* oder *Opera*. Die Verbindung zwischen den Anwendern und der Rechnerkapazität des Kartenservers beruht dabei auf dem *Hypertext Transfer Protocol* (HTTP). Dieses Protokoll bildet im Prinzip die "Sprache", die es den Rechnern erlaubt, im Netz miteinander zu kommunizieren (ASCHE 2001). *Browser* auf den Nutzerrechnern senden Anfragen an den *Server*-Rechner, indem eine spezifische Netzadresse, *Uniform Resource Locator (URL)* genannt, aufgerufen wird. Über die URL erfolgt der Abruf eines in HTML verfassten Dokuments (web page) und seine Darstellung im *Browser*. Genau genommen wird eine Kopie der auf dem *Server* öffentlich angebotenen HTML-Datei auf den *Client*-Rechner übertragen. Etwas anders verhält es sich bei kartengestützten Online-Systemen, bei denen eine Karte nicht vorgefertigt vorgehalten, sondern nach individuellen Nutzerangaben erst erzeugt werden muss. Der Webserver leitet die Anfrage meist an ein GIS-Programm weiter. In der Regel bereitet eine besondere Schnittstelle, ein sog. *Common Gateway Interface (CGI)*, dann die HTML Anfrage für die Weiterverarbeitung in einem angeschlossenen Anwendungsprogramm auf (Abb. 3).

Die individuell bestimmbaren Parameter, z.B. zur Auswahl der Thematik, des Raumausschnitts, der Kartenschicht usw. werden dem *Server* vom *Client*-Rechner mit Hilfe von Zusätzen an die URL mitgeteilt (KÖBBEN 2001, FREITAG 1998; TSCHUSCHNER 1998). Das CGI-Programm interpretiert die Parameter, die in der URL als Zeichenkette enthalten sind, und ruft ein entsprechendes Anwendungsprogramm auf, das die Anfrage abarbeitet (KOCH 2000). Das Resultat des Anwendungsprogramms wird anschließend vom CGI-Programm wiederum in eine HTML-Seite umgewandelt, sodass sie vom HTTP-Server an den *Client* zurückgesendet werden kann.

Abb. 3: Client-Server-Struktur im Internet



Firmen wie *Microsoft* und *Netscape* haben früh eigene Schnittstellen zu ihren *Server-Anwendungen* entwickelt. Diese spezifischen *application programming interfaces (API)* sorgen dafür, dass z.B. Datenbankprogramme nicht bei jedem Verarbeitungsprozess neu aufgerufen werden müssen und somit im Vergleich zu CGI-Skripten einen wesentlich schnelleren Ablauf ermöglichen.

Um eine proprietäre Technik handelt es sich auch bei den *Active Server Pages (ASP)* von *Microsoft*. Im Gegensatz zu HTML-Seiten mit JavaScript, welche vom *Browser* interpretiert werden, enthalten ASP-Dateien Skripte, die auf dem *Server* ablaufen. Der *Client* erhält als Ergebnis lediglich eine HTML-Seite zurück. Die Ausführung von Befehlen, d.h. die gesamte Funktionalität wird auf den *Server* verlagert, wobei ausschließlich Serverprogramme von *Microsoft* benutzt werden können. *Active Server Pages* können eine Verbindung zu Datenbanken aufbauen, wodurch sich interaktive und dynamische Webserver-Anwendungen entwickeln lassen (LEUKERT et. al. 2000). Ebenfalls auf einer *Server-seitigen* Lösung basiert PHP (*Hypertext Preprocessor*), das zunehmend an Bedeutung gewinnt. Diese kostenfreie Technik (*Open-Source*) zeichnet sich unter anderem durch eine sehr breite Unterstützung unterschiedlichster Datenbanken aus (*Oracle, MySQL, Informix* oder *Access*).

Als weitere Technologie existiert ein von der Firma *Sun* entwickeltes *Servlet-API*, d.h. eine im Gegensatz zu den proprietären Techniken *portable* Lösung, die auf *Java* basiert. Bei den *Servlets* handelt es sich um kleine *Java-Module*, die an ein *Server-Programm* angeschlossen werden können, um dessen Grundfunktionalität zu ändern oder zu erweitern.

Insgesamt ermöglichen die - mitunter auch als *middleware* bezeichneten - Schnittstellen (PRASTACOS 2000, S.14; ASCHE 2001) erst die netzbasierte Abfrage und Vorhaltung von räumlichen Informationen. Der Vorteil dieser Technik besteht darin, dass vom Anwender keine zusätzliche Software beschafft und installiert werden muss. Diese wird notwendig, wenn den Internet-Nutzern mehr Einflussmöglichkeiten auf die Geodatenverwaltung des Servers eingeräumt werden soll, z.B. in Form von *Plug-ins* oder *Viewer* (Kap. 3.4.2).

Nach der Bearbeitung im Anwendungsprogramm erfolgt dann wieder zunächst die Umwandlung des Ergebnisses in ein HTML-Format, das die Übertragung über das Internet gewährleistet. Zerlegt in kleine Teilmengen (Informationspakete) werden die Abfrageergebnisse zum *Browser* gesendet und auf den korrekten Empfang hin überprüft. Bei den Resultaten handelt es sich zumeist um Karten im Rasterdatenformat, die vom *Browser* visualisiert werden. Im Falle von ESRI's *Internet Map Server* wird ein Java-Applet (s.u.) gesendet, das eine eigene Bedienungsoberfläche (*graphical interface*) im *Browser* erzeugt. Darin sind Schaltflächen enthalten, mit denen sich verschiedene Abfragen durchführen lassen, z.B. Zoomen, Abruf von Sachdaten u.a. Den Nutzern wird dadurch größerer Freiraum bei der Kartenkonstruktion und Zugang zu einfachen GIS-Operationen (Analysefunktionen) gegeben.

Technisch ist es dabei nicht einmal notwendig, dass sich die Einheit zur Kartengenerierung (*map server*) auch auf dem gleichen Rechner wie der Webserver (*site server*) befindet. Allerdings erscheint es zunächst noch sinnvoll, die einer Anwendung zu Grunde liegenden Geodaten und wichtige Software auf einem einzigen *Server-Rechner* zu konzentrieren. Dies erleichtert die Aktualisierung der Daten- und Softwarebasis und ermöglicht die Kontrolle über den Zugriff. Gerade in der Internet-Welt, deren technische Voraussetzungen ständig wechseln, wird dadurch Kontinuität geschaffen und nimmt den Nutzern die sonst fällig werdende programmtechnische Laufendhaltung (zumindest bei Anfragen an einen speziellen) *Server* ab. Vor allem aus ökonomischen Gründen wird künftig jedoch die Bedeutung der Nutzung verteilter Daten und Software zunehmen. Die Entwicklung von Geodaten-*Servern*, wie sie seit den 1990er Jahren insbesondere in den USA vorangetrieben wird (u.a. mit dem *Alexandria Digital Library*-Projekt: <http://alexandria.sdc.ucsb.edu/web/>), hilft, eine effizientere Datensuche und -aufbereitung "on the fly" vorzunehmen. Auch in Deutschland sind mittlerweile ähnliche Bestrebungen im Gang, z.B. zur mobilen dynamischen Navigation von Fahrzeugen.

Es zeigt sich damit, dass die Übertragungskapazität einen wichtigen Faktor innerhalb dieses Systems bildet. Werden bei Abfragevorgängen große Datenmengen übertragen, z.B. bei hochauflösenden Kartengrafiken oder bei multimedialen Abläufen, wird das gesamte System sehr schwerfällig. Die Notwendigkeit zur Datenreduzierung ist daher charakteristisch für kartengestützte Online-Systeme.

3.2 Die Aufbereitung von Rauminformationen zur Übertragung im Internet

Eine wichtige Komponente innerhalb der *Client-Server-Architektur* bildet die Software, die auf der Serverseite die nutzergesteuerten Anfragen an ein Web-GIS bearbeitet und Geodaten in web-gerechter Form zurücksendet. Vergleichsweise einfach aufgebaut sind Online-Systeme, die dem Abruf von statischen Karten dienen. Der *Server* muss hier lediglich die Datei seiner Festplatte, welche die Karte enthält, kopieren, in eine HTML-Seite einbinden und zum *Browser* des *Client*-Rechners übertragen (FRECKMANN 2001). Dies bedeutet, dass bereits vorgefertigte Karten – meist gescannte Papierkarten- auf dem *Server* für den Abruf vorgehalten werden. Die digitalen Karten liegen dabei im GIF- oder JPEG-Format vor; sie benötigen somit wenig Speicherplatz und sind schnell zu übertragen. Bei einer solchen angebotsorientierten Lösung kann der Nutzer nur aus einem vorgegebenen Satz an Karten auswählen, weiterreichende Interaktionsmöglichkeiten stehen ihm dabei nicht offen. Der Einsatz eines solchen Systems dient daher z.B. der einfachen Darstellung der Lage eines Firmenstandortes. Mit Hilfe von Skript-Sprachen wie *JavaScript* (s. Kap. 3.4.4) kann man allerdings die Interaktionsfähigkeit weiter verbessern und z.B. über Schaltflächen neue Informationslayer einblenden lassen.

Anspruchsvoller im Aufbau und auch weiter verbreitet im Internet sind kartengestützte Online-Systeme, die die interaktive Generierung von Karten durch den Nutzer erlauben, so genannte *interaktive Kartenserver*. Unter Berücksichtigung der Parameter-Einstellungen, die von den Nutzern vorgenommen werden, setzt unmittelbar danach beim *Server* die Konstruktion der gewünschten Karte ein. Bei der Software, die die GIS-Funktionalität auf dem *Server* zur Verfügung stellt und die aus strukturierten Geodatenbeständen thematische Karten generiert, handelt es sich um kommerzielle GIS-Software oder auch um Eigenentwicklungen auf der Basis moderner Programmiersprachen (*C++* oder *Visual Basic*, z.T. auch *Java*) (PRASTACOS 1998). Die Karten werden dabei noch auf dem Webserver in ein Rasterformat umgewandelt und komprimiert, bevor die Übertragung an den *Browser* erfolgt (SCHLIMM 1998).

In zunehmendem Umfang werden auch Vektorformate eingesetzt, wobei die Umsetzung durch die einzelnen Anbieter unterschiedlich erfolgt. Teilweise wird auch mehrgleisig verfahren, z.B. wird sowohl mit *Plug-ins* als auch mit *Java*-Technologie gearbeitet. Die verschiedenen Vorgänge, die bei solchen Abfragen anfallen, machen deutlich, dass hier im Vergleich zum Abruf vorgefertigter Karten höhere Anforderungen an die Leistungsfähigkeit des *Servers* gestellt sind, - vor allem, damit dies noch in einem zeitlich vertretbaren Rahmen ablaufen soll.

Webbasierte Geographische Informationssysteme entsprechen im Prinzip der Funktionsweise eines Einzelplatz-GIS, allerdings sind sie in der Lage, Karten - z.B. als Ergebnis einer Analyse - über das Internet an *Client*-Rechner versenden und in dortigen *Browsers* anzeigen zu lassen. Dies ist nicht das Gleiche wie bei einem Netzwerk-GIS, bei dem es sich um eine festgelegte Anzahl von Netzwerkrechnern (oder Terminals)

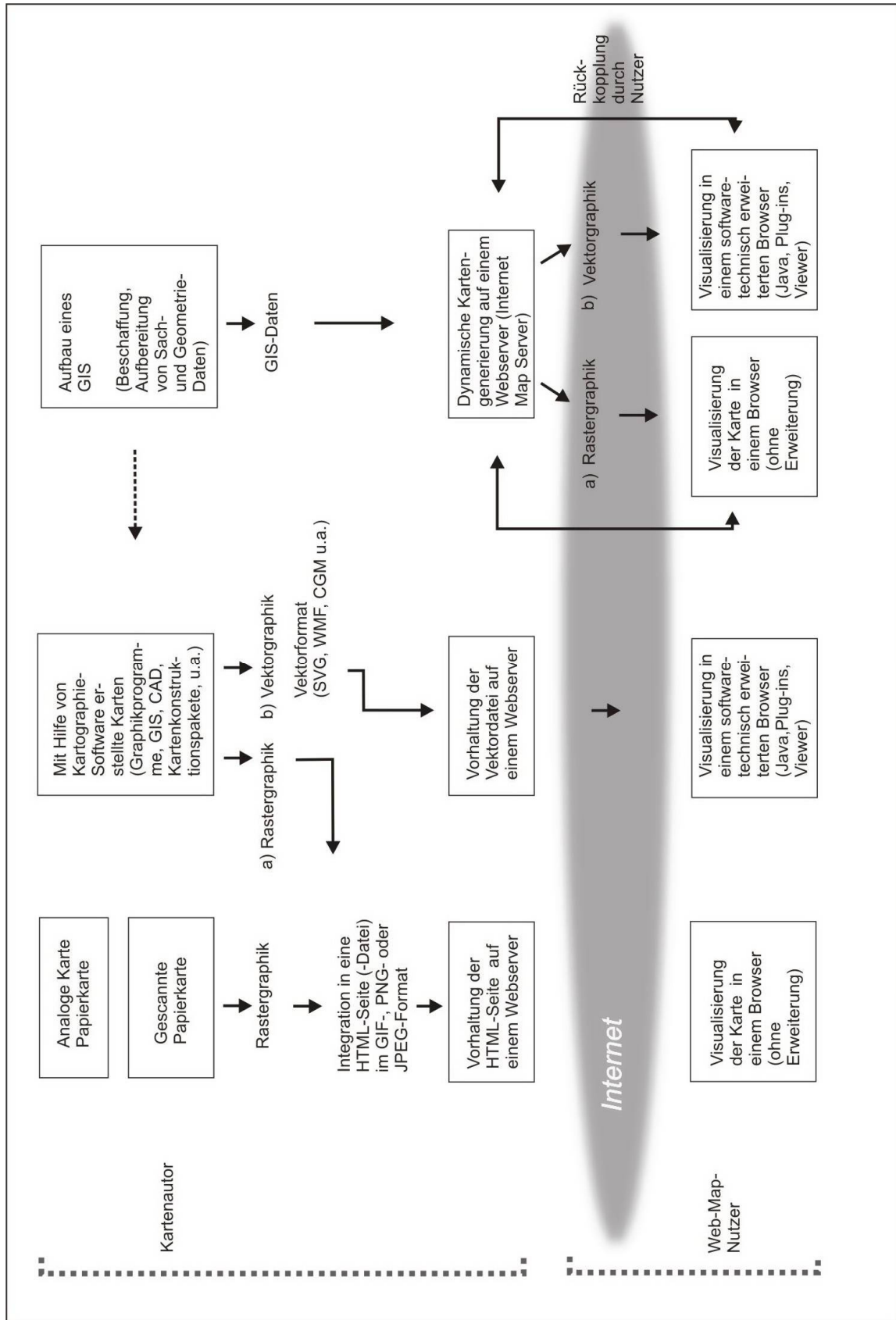
und vor allem um eine einheitliche Hard- und Software-Umgebung handelt. Bei den Internet-*Clients* gelangen unterschiedliche Betriebssysteme und Browsertypen zum Einsatz, die bei einer Datenübertragung berücksichtigt werden müssen (PRASTACOS 2000). Hierzu ist es notwendig, mit Erweiterungssoftware (*Java-Applets*, *Pug-Ins*) für den *Browser* oder mit Hilfsprogrammen (*Viewer*, *Player*, *Projektoren* u.a.) zu arbeiten. Nur damit ist es möglich, Vektordaten einzusetzen und Nutzern einen objektorientierten Zugriff auf Geodaten einzuräumen, z.B. Informationen zu einzelnen Gebäuden abzufragen.

In den *Server*-seitigen Programmen, die die Informationen über die verschiedensten Architekturen dem *Client* bereitstellen, wird festgelegt, welche Daten in den zu versendenden Karten enthalten sein können bzw. zugriffsrechtlich freigegeben werden sollen. Liegt eine Layerstruktur vor, kann im Autorenprogramm bestimmt werden, welche Informationsschichten vom Internet-Nutzer abgerufen werden können und welche nicht für den Versand über das WWW, sondern z.B. für eine Intranetnutzung bestimmt sind. Gleichzeitig lässt sich auch der Grad an Interaktivität und GIS-Funktionalität bestimmen, der auf dem *Client*-Rechner verfügbar sein soll. Im einfachsten Fall können dem Nutzer interaktive ein- und ausblendbare Informationsschichten eines Raumausschnittes, z.B. zur Lage von Städten, politischen Grenzen, topographischen Merkmalen u.a., bereitgestellt werden. Objektinformationen in Form von Texten oder Tabellen sowie bedienungstechnische Instrumentarien wie Vergrößerungsfaktoren und Befehle, die in den *Popup*-Menüs auf Seiten des *Clients* genutzt werden können, lassen sich ebenfalls im Autorenprogramm festlegen. Für die Umsetzung der GIS-Funktionalität im Internet werden verschiedene Techniken benutzt:

Der *Internet Map Server* für *ArcView* der Firma ESRI basiert auf einer als *MapCafé* bezeichneten Java- bzw. *ActiveX*-Anwendung. Dies bedeutet, dass hier kein *Plug-in* für den *Browser* erforderlich ist. Sobald eine *Website* aufgerufen wird, auf der sich *MapCafé* befindet, wird dieses *Applet* (bzw. *ActiveX*-Steuerelement) zum *Browser* übertragen. Auf dem Bildschirm werden dort mit einer GIS-ähnlichen Nutzeroberfläche die in *ArcView* üblichen Möglichkeiten der Kartenhandhabung (Zoomen, Verschieben) und vielfältige Abfragewerkzeuge bereitgestellt.

Die Programme von *Autodesk* (*MapGuide*) und *Intergraph* (*GeoMedia Web Map*) arbeiten hingegen mit *Plug-ins* bzw. *ActiveX Controls*. Das Programmpaket *MapGuide* besteht dazu aus dem Autorenprogramm zur Generierung der Web-Karten, dem *Server*-Programm und dem kostenfreien *Plug-in* für den *Browser*, mit dem der *Client*-Rechner die Produkte nutzen kann (<http://www.autodesk.com/products/mapguide/products.htm>). *MapGuide* benutzt dabei nicht JPEG- oder GIF-Dateien, um räumliche Daten an einen *Client* zu senden, sondern ein Vektorformat (*Map Window File*, MWF). Mit Hilfe der kartographischen Funktionalität des Autorenprogramms kann festgelegt werden, welche gestalterische Elemente die abrufbaren Karten kennzeichnen sollen (z.B. Farbgebung), welche Informationsschichten zum Abruf freigegeben, welche Layer in verschiedenen Zoomstufen erscheinen sollen u.a.m. Die generierten

Abb. 4: Formen der kartographischen Aufbereitung von Rauminformationen für das World Wide Web (DICKMANN 2001)



Karten sind in vergleichsweise hohem Umfang vordefiniert. Als objektorientiertes System lassen sich Datenbankabfragen (SQL-Operationen) mit einzelnen Kartenobjekten verknüpfen, z.B. wenn Polygone einzelne statistische Bezirke repräsentieren. Ähnlich verhält es sich bei GeoMedia Web Map. Für das dort verwendete CGM-Format wird ein *"map definition file"* angelegt, der Angaben zur Farbgebung von Objekten, Zoom-Sichtbarkeitsstufen, *hot-spots* u.a. enthält.

3.3 Räumliche Aufteilung von Verarbeitungsprozessen

Die verschiedenen Arbeitsvorgänge, die bei einem kartengestützten Online-System anfallen, beanspruchen in der Regel eine große Prozessorkapazität. Schließlich müssen Anfragen verarbeitet, Such- oder Analysevorgänge durchgeführt und immer wieder Karten erzeugt und für den Transfer über das Internet aufbereitet werden. Die *Client-Server*-Architektur erlaubt nun auch die Aufteilung von Prozessorarbeit zwischen *Client* und *Server*. Dies bedeutet, dass z.B. nicht die gesamte Rechnerleistung vom *Webserver* erbracht werden muss, sondern zu einem unterschiedlichen Anteil auch vom *Client*-Rechner übernommen werden kann. In welchem Umfang die Rechnerkapazitäten der *Client*-Rechner genutzt werden, hängt von den spezifischen Zielsetzungen ab. Dabei sind die jeweiligen Vor- und Nachteile gegeneinander abzuwägen. Voraussetzung für das Funktionieren einer *Client-Server*-Architektur, bei der der *Server*-Rechner die Hauptarbeit übernimmt, ist eine ausreichende Hardware-Ausstattung, die in der Lage ist, GIS- oder Kartographie- Programme schnell abzuarbeiten und darüber hinaus auch mehrere Anfragen gleichzeitig zu bewältigen. Viele *Server* stehen hier oft vor massiven Problemen. Sind (*Server*-)Prozessor und das Task-Management überfordert, können Anfragen das Vielfache der üblichen Bearbeitungszeit in Anspruch nehmen oder überhaupt nicht mehr bearbeitet werden. Äußerst populäre *Webserver* wie z.B. der *TIGER Mapping Service*, waren daher bereits früh gezwungen, eine ganze Reihe von Rechnern gleichzeitig einzusetzen, die Anfragen untereinander automatisch weiterreichen, um eine vertretbare Antwortzeit aufrecht zu erhalten (PLEWE 1997). Ein Nachteil der *Server*-"lastigen" Lösung besteht darin, dass neben der Arbeitsleistung für die eigentliche Kartengenerierung zusätzlich auch nachrangige Leistungen bewältigt werden müssen. Jedes Zoomen oder Verschieben einer Karte durch den Nutzer bedeutet eine neue Anfrage, die über das Internet zum *Server* gesendet werden muss. Dort muss dann eine – u.U. völlig - neue Karte erzeugt und wieder zum *Client* zurückgesendet werden. Dadurch erhöht sich die Netzbelastung und somit die Antwortdauer. Die Interaktivität, die das Verhältnis von Kartennutzern und Karten im Internet gerade auszeichnet, wird somit gefährdet.

Eine Alternative besteht nun darin, einen mehr oder weniger großen Anteil der Arbeitsleistung, die bei der Nutzung eines kartengestützten Online-Systems anfällt, auf den *Client*-Rechner zu verlagern. In solchen Fällen spricht man von einem *"thick client"*, im Gegensatz zum *"thin client"*, wenn die Rechnerlast fast ausschließlich beim *Server*-Rechner liegt. Beim *thin-client*-Ansatz wird mit Hilfe einer modularen Software-

Konzeption versucht, die vorhandenen *Browser* um die individuell gewünschte Funktionalität zu erweitern und somit eine *Client-Server-Architektur* mit einem *thick client* zu schaffen. Grundsätzlich werden dabei alle benötigten Geodaten und Softwarebausteine auf den *Client*-Rechner übertragen. Anschließend wird die Internet-Verbindung zunächst einmal nicht mehr benötigt. Dies bedeutet, dass die nun erfolgenden interaktiven Arbeitsschritte und die damit ansonsten verbundenen Datenübertragungen nicht mehr durch den "Flaschenhals" Internet fließen müssen. Sie hängen nun ausschließlich von der Rechnerkapazität des *Client* ab und können somit i.d.R. sehr schnell ablaufen. Dies ist vor allem dann von Vorteil, wenn die eingesetzten *Server*-Kapazitäten gering sind. Durch diese Form der Entlastung kann zudem die Zahl der Nutzer erhöht werden, die gleichzeitig auf einen Webserver zugreifen.

Der große Vorteil dieser Lastenaufteilung für das Web-GIS und Web-Mapping besteht darin, die HTML-eigene Barriere der mangelnden räumlichen Wiedergabe- und Interaktionsmöglichkeit zu überwinden, indem nun auch komplexere (Vektor-) Formate vom *Browser* interpretiert werden können. Je nach Systemwelt und Anwendungszweck sind bei der Umsetzung dieses Konzepts sehr unterschiedliche Wege besprochen worden. Mittlerweile stehen mehrere Techniken zur Verfügung, die vom *Server* und seiner GIS-Applikation ermittelten Abfrageergebnisse, dem *Client*-Rechner zu übersenden (s.Tab.1).

Technische Realisierung von Web-GIS	Vor- und Nachteile	Beispiele
<i>Browser</i> -basiert mit Standard-HTML (HTML-Formulare)	<ul style="list-style-type: none"> • geringe Funktionalität • Plattformunabhängigkeit 	<i>GRASSLinks</i> http://regis.berkeley.edu/grasslinks http://www.stadtplan.hamburg.de/hamburg/
HTML/ <i>JavaScript</i>	<ul style="list-style-type: none"> • hohe Funktionalität • Plattformunabhängigkeit • ständig neuer Verbindungsaufbau notwendig 	<i>Tensing Geoinformatik GmbH</i> ; http://www.mapserver.ch/
<i>Java</i> -Applets	<ul style="list-style-type: none"> • hohe Funktionalität • plattformunabhängig • u.U. lange Ladezeiten • Rechenleistung vom <i>Client</i>-Rechner abhängig • z.T. instabil 	<i>Descartes (Dialogis)</i> <i>Map Info (MapXtreme)</i> www.microimages.com/atlasserver/ <i>MapObject (ESRI)</i> , z.B. <i>GeoNet</i> : http://www.geodok.de/SICAD IMS (SICAD Geomatics)

<i>Plug-in-Technologie</i>	<ul style="list-style-type: none"> • hohe Funktionalität • plattformabhängig • Download- und Installationsprozedur notwendig • nur zusammen mit einem <i>Browser</i> funktionsfähig 	<i>MapGuide (Autodesk)</i> <i>Geomedia Web Map</i> http://www.intergraph.de
<i>ActiveX (aktive Komponenten)</i>	<ul style="list-style-type: none"> • vergleichbar mit Java • entwickelt für Microsoft-Produkt-Umgebung (für Netscape ist Zusatzsoftware notwendig); • verbleibt nach Download auf <i>Client-Rechner</i>; • Sicherheitsrisiken aufgrund von Zugriffsmöglichkeit auf Festplatte 	<i>Geomedia Web Map</i> http://www.intergraph.de/ <i>MapGuide (Autodesk)</i>
<i>Viewer</i>	<ul style="list-style-type: none"> • mit unterschiedlicher Funktionalität versehene Betrachtungssoftware; • eigenständige Programme, die vom <i>Browser</i> aus gestartet werden können, aber auch getrennt davon lauffähig sind; 	<i>GeoMedia Viewer</i> <i>SICAD SD</i> <i>ArcExplorer von ESRI</i>
<i>Application Server Providing</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Höchstmaß an Funktionalität; • v.a. für kommerzielle Nutzung geeignet; • bisher noch wenig verbreitet; 	<i>Active Server Pages (Microsoft)</i> , PHP, JSP
Browserunabhängig mit <i>Geo-Client</i>	<ul style="list-style-type: none"> • eigenständiges GIS ohne Browseranbindung • vollständige Funktionalität eines GIS • nur Einlesen von binärspezifischen Rohdaten bzw. Austauschformaten möglich 	<i>Stand-alone GIS</i>

Tab. 1: Realisierung von Web-GIS-Techniken

3.4 Die funktionale Erweiterung der HTML-Technologie als softwaretechnische Voraussetzung einer effizienten Informationsvermittlung

Das Internet bzw. sein Vorläufer "ARPANET" ist in erster Linie als textorientiertes Kommunikationswerkzeug entwickelt worden ist. Die Übertragung von Formaten für Grafiken und Multimediaelemente war noch nicht vorgesehen. Die Verwendung des einfachen *ASCII-Codes* anstelle anwendungsspezifischer binärer Dateien in großen Teilen des Internet trägt der Tatsache Rechnung, dass alle Computersysteme mit ASCII-Daten umgehen können, wodurch sich die strukturelle Inhomogenität des Internet überbrücken lässt. Dass ein Webbrowser alle existierenden Datei-Formate unterstützt, ist angesichts der enormen Vielfalt der Dateitypen praktisch nicht möglich. Standardmäßig können *Browser* nur mit in HTML eingebundenem ASCII-Text sowie mit GIF-, PNG- und JPEG-Formaten umgehen. Trotz der Erweiterung der Möglichkeiten des ASCII-Codes durch den "MIME"-Standard (*Multipurpose Internet Mail Exten-*

sions) und der Automatisierung von Codierung und Decodierung sind zur Nutzung vieler binärer Dateitypen externe Programme in einen *Browser* einzubinden.

Das Instrumentarium, das hierzu verwendet wird, umfasst dabei *Viewer*, *Plug-ins*, *ActiveX-Erweiterungen* (MS-Programme) und *Java-Programme* (*Applets*, *JavaScript*). Die *Browser-Erweiterungen* und *Java-Applets* ermöglichen das Einlesen fremder Dateiformate, unterstützen Abfrage- und Antwortprozesse und ermöglichen Datenverarbeitung durch den *Client*. Die Funktionalität von *Browsers* für den Umgang mit Karten wird dadurch erheblich erweitert, lassen sich dadurch doch zusätzliche Datenformate, z.B. Vektordaten, verarbeiten.

3.4.1 Die Nutzung von Viewern

Im Zusammenhang mit dem World Wide Web sind unter *Viewer* Programme zu verstehen, die das Laden eines bestimmten binären Dateiformats ermöglichen. Sie werden vom *Browser* aufgerufen, sobald bestimmte Datei-Formate empfangen werden, die vom *Browser* selbst nicht unmittelbar verarbeitet werden können. Allerdings müssen sie zuvor installiert worden sein. *Viewer* bilden - meist kostenfrei erhältliche - Hilfsapplikationen für den *Browser*, sind jedoch eigenständige Programme. Die Zusammenarbeit zwischen beiden Programmen besteht dabei darin, dass der *Browser* die eingelesenen Daten nicht selber verarbeitet, sondern lediglich ihren Dateityp erkennt und die Weitergabe an den zuständigen *Viewer* vornimmt. Der automatisch startende *Viewer* kann die Datei öffnen und den grafischen Inhalt am Bildschirm darstellen. Alle Dateien dieses speziellen Formats lassen sich dadurch online nutzen. Im Grunde erspart diese "Kooperation" nur den Umweg, die empfangene Datei auf der Festplatte zu speichern und anschließend mit einer entsprechenden Anwendung aufrufen zu müssen.

Die Funktionalität der verschiedenen *Viewer* ist sehr unterschiedlich, und manche Programme belassen es nicht nur beim bloßen "Betrachten" (s. Tab.2). Mit dem *Viewer ArcExplorer*, der von der Firma *ESRI* als Auskunftssystem entwickelt wurde, lassen sich beispielsweise auch unmittelbar aus dem Internet GIS-Erzeugnisse, wie *shape-files* (*ArcView*) oder *coverages* (*ArcInfo*), einlesen. Darüber hinaus können GIS-spezifische Abfragen und Selektionen durchgeführt werden. Mit Hilfe einiger Gestaltungsoptionen ist es teilweise möglich, die Kartengrafik individuell zu modifizieren. Zudem ist *ArcExplorer* nicht auf einen *Browser* angewiesen, um Daten aus dem Internet herunterzuladen. Als Einzelanwendung fungiert *ArcExplorer* selbst als *Client*, der mit Hilfe eines am WWW angeschlossenen Rechners Zugang zu einem geeigneten (*ESRI*)-*Server* herstellt. Dazu ist lediglich die Eingabe der URL einer entsprechenden *Website* notwendig. Ein wichtiges Aufgabenfeld von *ArcExplorer* bilden daher vor allem Intranet-Anwendungen.

Auch von anderen Unternehmen werden kostenfreie *Viewer* angeboten, die über weitreichende Funktionen verfügen, z.B. *Map Sheets Express* und *View Finder* der Fir-

ma *ERDAS*. Teilweise verfügen diese Software-Erweiterungen über eine vergleichsweise große Zahl an Werkzeugen zur Kartenpräsentation und auch zur Kartenkonstruktion. Einzelne *Layer*, z.B. Vektorgrafiken oder Orthophotos, können aufgerufen, Messungen vorgenommen und Objekte teilweise verschoben werden. Das Programm kann eine Vielzahl von Formaten einlesen, z.B. IMG (*Imagine*), TIF, GeoTIF, *shapefiles* (*ESRI*), und verfügt über eigene vektorbasierte Zeichenfunktionen zur Kartengenerierung. Darüber hinaus ist auch die Eingabe von Text möglich. Die fertig gestellten Karten können anschließend als HTML-Datei abgespeichert werden. Auf diese Weise lassen sich vergleichsweise einfach statische Karten für die Web-Präsentation erstellen.

Der innerhalb der Webtechnologie wohl bekannteste *Viewer* ist der "*Acrobat Reader*" von der Firma *Adobe*, der mit der Seitenbeschreibungssprache PDF arbeitet. Dieser Quasi-Standard hat insbesondere bei der Distribution von *static maps* eine außerordentlich große Bedeutung erlangt (z.B. www.reliefweb.int/jmapc/mid-east/bahrain.pdf). Dies drückt sich vor allem darin aus, dass in zunehmendem Umfang auch Unternehmen anderer Grafikprogramme das Verfahren lizenziert und Konvertierungsmöglichkeiten in das PDF-Format in ihre Produkte integriert haben (*Corel Draw*). Das PDF-Format kann zudem nicht nur zur bloßen statischen Präsentation, sondern auch der interaktiven Nutzung von Grafiken dienen.

3.4.2 Die Nutzung von *Plug-ins*

Technologisch gesehen stellt die Verwendung von "*Plug-ins*" den entscheidenden Schritt in der multimedialen Entwicklung des World Wide Web dar. *Plug-ins* fügen sich im Gegensatz zu *Viewer* nahtlos in die Umgebung des *Browsers* ein. In der Regel werden bei den *Plug-ins* verschiedene Versionen für die bedeutendsten *Browser*, den *Netscape Communicator* und den *Internet Explorer* von *Microsoft*, im Internet angeboten. *Plug-ins* werden in die *Browser* programmtechnisch integriert, d. h. sie sind immer für den Einsatz in einem bestimmten *Browser* entwickelt und können nicht eigenständig aufgerufen werden. Auch optisch erscheinen sie auf dem Monitor nicht von der Browseroberfläche abgehoben. Dies hat den Vorzug, dass neben den möglichen Funktionen des *Plug-ins* auch alle übrigen Befehle des *Browsers* zur Verfügung stehen.

Mit ihrer Hilfe können Dateiformate interpretiert werden, die der *Browser* selbst nicht unterstützt. Es handelt sich dabei um binäre Formate, die von einzelnen Firmen entwickelt worden und der firmenspezifischen Softwarestruktur angepasst sind. Sie verfügen über besondere Eigenschaften, die die mit ihnen erzeugten Abbildungen qualitativ und funktional über die einfachen *inline*-Grafiken des HTML herausheben. Das Einlesen in andere Programme ist allerdings meist nicht möglich und wird aus Wettbewerbsgründen von den Unternehmen auch bewusst nicht angestrebt.

Auswahl verbreiteter Plug-ins und Viewer im WWW		
Produkt-Name	Fähigkeiten	Website
<i>Acrobat Reader</i>	Anzeige von Karten/Text; Volltextsuche/Zoomen	www.adobe.com
<i>ArcExplorer</i>	Anzeige von Karten / begrenzte Analysefunktionen	www.esri.com
<i>ERDAS MapSheet Express</i>	Anzeige von Karten/Luft- und Satellitenbildern; (auch als <i>Plug-in</i> verfügbar)	www.geosystems.de
<i>MapGuide</i>	Darstellung interaktiver Web-GIS-Ergebnisse	www.autodesk.com/products/mapguide/products.htm
<i>ActiveCGM</i>	Zooming, Verschieben, Animationen, einfache Texteingaben und Zeichenmöglichkeiten (Redlining)	www.micrografx.com
<i>Corel CMX</i>	ausschließlich Anzeige von Vektordarstellungen, die mit CorelDraw erstellt wurden	www.corel.com www.corel.com/corelcmx/
<i>Dlgv32 (Daten-Viewer)</i>	Anzeige für DEM-Daten des USGS	http://mcmcweb.er.usgs.gov/Viewers/dlgv32
<i>Landview</i>	Anzeige von TIGER/Line -Daten	www.rtk.net/landview
<i>Cosmoplayer</i>	Betrachtung von 3D-Welten (Durchfahrten)	www.cai.com/cosmo/)
<i>Superscape e-Visualizer</i>	Betrachtung von 3D-Gegenständen (Virtual Reality)	www.superscape.com
<i>Shockwave; Flash-Player</i>	Abspielen von Flash-Animationen; Darstellung von Vektorgrafik	www.macromedia.com
<i>Quicktime-Player</i>	Betrachtung von Videosequenzen und VR-Technik (Panoramen)	quicktime.apple.com/).
<i>MrSID-Viewer</i>	Anzeige von hochkomprimierten Bildern, Karten	www.lizardtech.com
<i>SVG-Viewer</i>	Darstellung von Vektorgrafiken	www.adobe.com/svg/ www.alphaworks.ibm.com/tech/svgview
<i>RealPlayer</i>	Live-Übertragung mit streaming-Technologie (Radio, Fernsehen)	www.real.com
<i>Windows Media Player</i>	Anzeige/Abspielen von Media-Dateien MPEG, WAV, AVI, MOV u.a. (Ton, Videosequenzen)	www.microsoft.com

Tab. 2: HTML-Erweiterung durch kartographisch relevante *Viewer* und *Plug-ins* (*Auswahl*)

Zahlreiche Software-Anbieter, die die Verwendung ihrer Produkte im WWW zu fördern versuchen, bieten für ihre Produkte *Plug-ins* an: *Adobe*, *Corel* oder *Macromedia*. Die meisten Formate werden genutzt, um Vektorgrafiken, wie sie vor allem im CAD-Bereich bekannt sind, und Animationen (s. Kap. 4.3) auf dem *Client*-Rechner zu visualisieren. Bei der Vektortechnologie wird die Bildinformation nicht in einzelnen Bildpunkten gespeichert, sondern in Form mathematischer Beschreibungen der einzelnen Objekte, die vom *Browser* jeweils errechnet und dargestellt werden. Damit sind eine bildschirmfüllende Darstellung und ein stufenloses Vergrößern ohne Qualitätsverlust möglich. Dies bedeutet, dass filigrane Linienstrukturen, z.B. Flächen- bzw. Objektgrenzen, in einer Karte auch bei noch so starker Vergrößerung erhalten bleiben und geographische Informationen sehr differenziert visualisiert werden können. Bei der Verwendung von Rasterformaten tritt hingegen bei einfachen Vergrößerungen die Pixelstruktur immer mehr in Erscheinung. Kartenelemente lösen sich dann in einzelne Bildpunkte auf, schräg zur Bildschirmmatrix verlaufende Linien erscheinen in Form aneinandergereihter, "gestufter" Pixel. Vor allem für die Präsentation thematischer Karten, die meist durch scharfe Grenzen zwischen homogenen Farbflächen gekennzeichnet ist, hat daher die Vektortechnik Vorteile. Ein weiterer Vorzug von Vektorgrafiken besteht darin, dass sie in der Regel weitaus geringere Datenmengen erzeugen. Im Gegensatz zu Grafiken, die aus einer Unmenge von Bildpunkten zusammengesetzt sind, gewährleistet dies außerordentlich schnelle Übertragungszeiten im Internet.

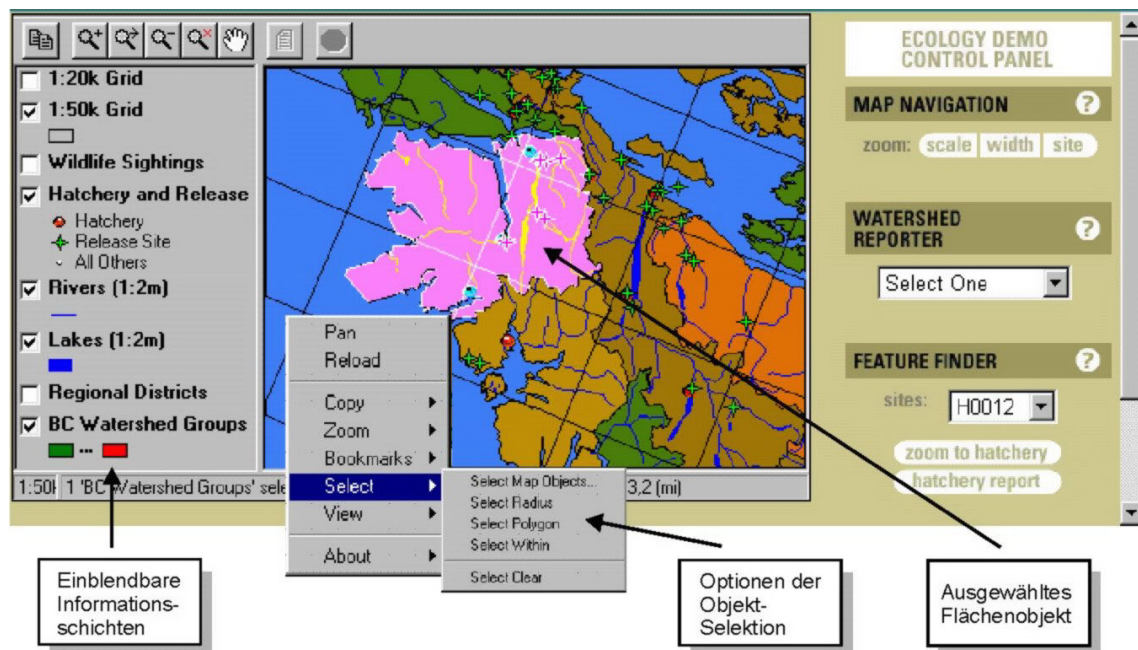
Die Zahl der Programme, die Vektorgrafiken im Internet präsentieren können, nimmt daher ständig zu. Beispielsweise bietet *Corel Draw* das CMX-Format an, mit dem Grafiken, die in mit dem Grafik-Programm erstellt worden sind, auch im *Browser* dargestellt werden können. Hierzu muss vorher allerdings das entsprechende *Plug-in* installiert sein (www.corel.com/corelcmx/). Andere Grafikprogramme erfordern wiederum andere *Plug-ins* usw. Diese Programme sind zumeist mit wichtigen interaktiven Hilfsmitteln versehen, die das Betrachten vereinfachen, z.B. Möglichkeiten zum Zoomen, Verschieben, Drehen, Einblenden von Scrollbalken etc. Sie sind damit geeignet, die Präsentationsform linienbasierter statischer Karten im Internet zu verbessern. Theoretisch müssten folglich *Browsers* mit einer kaum mehr überschaubaren Zahl an *Plug-ins* versehen sein, um alle im Internet kursierenden Grafikformate erkennen und als *static maps* präsentieren zu können. Damit verbunden wäre ein kaum zu vertretender Speicherplatzbedarf des *Client*-Rechners. In der Regel haben daher nur Firmen mit weit verbreiteten Grafik-Anwendungen *Plug-ins* entwickelt, nicht zuletzt in der Hoffnung, ihr Format damit zum Standard im Internet zu erheben. Die konkurrenzbedingten gegenläufigen Interessen hatten bis vor kurzem auch noch kein Vektorformat zum uneingeschränkt anerkannten Standardformat werden lassen (vgl. SVG-Format).

Wie umfangreich die GIS-Funktionalität eines *Plug-in* sein kann, zeigt das Programmsystem "*MapGuide*" der Firma *Autodesk, Inc.* (<http://www.autodesk.com/products/mapguide/products.htm>). Die verwendeten Dateien enthalten die vollständigen Informationen über die Kartengestaltung, d. h. neben Grenzlinien, Hintergrundfarbe, Koordinatensystem und Schriften auch alle Layer-Angaben zu einem bestimmten Datenset.

Die Namen der einzelnen Layer, deren Sichtbarkeit zudem maßstabsabhängig angelegt sein kann (Zoom-Sichtbarkeitsstufen), erscheinen in der Kartenlegende. Durch Markieren lassen sich hierdurch die zugehörigen Kartenelemente ein- oder ausblenden (Abb. 5). Dabei kann jeder Layer nur einen Typ von Objekten enthalten, z. B. nur Linienelemente (Straßen) oder nur Punktelemente (Städte). Bemerkenswert ist darüber hinaus eine Reihe von GIS-Funktionen. So sind zum Beispiel neben dem Abfragen von Sachdaten und den verschiedenen Formen der Objektselektion vor allem auch das Buffering und die Entfernungsmessung möglich. Somit sind GIS-Operationen auch ohne entsprechendes GIS-Programm auf dem lokalen Rechner durchführbar.

Um Platz zu sparen, lassen sich die Layer auch "dynamisch" anlegen, d. h., erst wenn ein solcher Layer im Verlauf einer Arbeitssitzung aufgerufen wird, erfolgt das "Herunterladen" des Hauptvolumens des Datensets über das Netz. Dies ist vor allem bei GIS-Projekten mit großen Datenmengen von Vorteil. Das Programm kann darüber hinaus auch Layer mit Rasterdaten verwalten, so dass den Vektordarstellungen topographische Detailinformationen, etwa in Form von Luftbilddaufnahmen, unterlegt sein können. Eine regelrechte Rasterbildverarbeitung ist allerdings mit keinem der drei Programm-Module möglich, so dass hier auf externe Bildverarbeitungssoftware zurückgegriffen werden muss.

Abb. 5: Bedienungsoberfläche des *Plug-In* von *MapGuide* (Ausschnitt zeigt *Vancouver Island*, Kanada)



Um nun sensitive Karten auf einer Webseite mit Hilfe von *Plug-ins* zu erzeugen, sind im Grunde lediglich zwei Schritte notwendig: Zum einen muss die Mediendatei, die mit dem *Plug-in* dargestellt werden soll, z.B. eine Karte mit Animationen, Hotspots etc., erzeugt und in das geeignete Datenformat gebracht werden. Zum andern muss

in der HTML-Seite ein spezielles *Tag* (<embed> oder auch <object>) eingetragen werden, das den *Browser* anweist, beim Empfang einer solchen Datei das richtige *Plug-in* aufzurufen.

Insgesamt eröffnet die Arbeit mit Vektorformaten eine Fülle weiterer Gestaltungsoptionen für die kartographische Darstellung und somit für das Vermittlungspotenzial raumbezogener Informationen, die sonst im Internet nicht gegeben sind. So ist es beispielsweise möglich, einzelne Kartenelemente oder *Layer* nach einer Internet-GIS-Sitzung ohne Verlust in ein Grafikprogramm zu übertragen und weiterzubearbeiten.

Trotz vieler Vorteile, die die Verlagerung von Rechenkapazität auf den *Client* mit sich bringt, gibt es aber auch einige Einschränkungen, die es bei der Einrichtung solcher Systeme zu berücksichtigen gilt (vgl. KÖBBEN 2001). So handelt es sich beispielsweise bei den in *Plug-ins* verwendeten Daten um proprietäre Datenformate, die grundsätzlich nur in der herstellereigenen Programmumgebung übernommen werden können. Ihre Spezifikationen sind nur selten veröffentlicht, so dass die Konvertierung und Weiterverarbeitung in Fremdsystemen mit Problemen verbunden ist. Dieses aus Unternehmenssicht verständliche Verfahren hat in der Praxis zur Folge, dass effizientes Arbeiten in vernetzten Arbeitsumgebungen auch die Nutzung und somit die Anschaffung der entsprechenden firmenspezifischen Software zur Voraussetzung hat. Da hiermit u.U. eine völlige Umstellung bereits vorhandener Software verbunden ist, kann dies zu einem sehr kostenträchtigen Unterfangen geraten. Zudem ist der Nutzerkreis für Systeme eingeschränkt, die mit *Plug-ins* arbeiten wollen. Es handelt sich um Programme, die zuvor heruntergeladen und mitunter mühsam installiert werden müssen, z.B. *MapGuide (Autodesk)* oder *ActiveCGM (Micrografx)*, bevor aktuelle Daten abgerufen werden könnten. Sie sind für den dauerhaften Verbleib auf dem *Client*-Rechner gedacht. Für die nur gelegentliche Inanspruchnahme von solchen Web-GIS ist ein solches aufwendiges und - bei mehreren *Plug-ins* - auch speicherplatzintensives Verfahren daher wenig geeignet.

Die verschiedenen Vor- und Nachteile einer mehr *Client*- oder mehr *Server*-lastigen Lösung (s. Tab. 3) hängen von der Zielsetzung ab, die mit der Einrichtung eines solchen Systems verbunden sind. Soll der *Browser* erweitert werden, sei es permanent oder sei es nur kurzfristig, so ist dies zunächst mit einem höheren Zeitaufwand bzw. mit einer Installationsprozedur verbunden. Beim Erscheinen neuer Versionen müsste das *Plug-in* zudem erneut installiert werden – wobei die Lauffähigkeit des *Plug-in* nach einem *Browser-Update* nicht garantiert ist. Im Ganzen gesehen eignet sich die *Server*-lastige Lösung für die "Massen"-Anwendung, also für den Fall, dass tausende Nutzer angesprochen werden sollen. Die zur Verfügung stehende Funktionalität der kartographischen Darstellung ist dabei meist gering (*thin client*). Die Ausstattung *Client*-lastiger Versionen (*thick client*) mit interaktiven Funktionen ist hier hingegen meist umfangreicher. Sie sind für einen spezifischeren Nutzerkreis geeignet, der bereit ist, selbstständig Aktualisierungen der eingesetzten Software vorzunehmen (PLEWE 1997). Für den gelegentlichen oder nur einmaligen Aufruf von Online-GIS ist ein solcher Aufwand sicher oft zu groß. Sind vor dem aktuellen Datenabruf erst noch

der Download und die Installation neuer Programme notwendig, um eine Karte im Browserfenster zu visualisieren, schreckt dies potenzielle Nutzer ab. *Plug-ins* eignen sich daher vor allem für Intranet-Anwendungen, wo es zu regelmäßigen Zugriffen und GIS-Abfragen kommt.

Client/Server – Rechenleistung			
	<i>„thin client“</i>	ausgeglichene Auf- teilung	<i>„thick client“</i>
Beispielservice	<i>TIGER Map Service</i>	<i>MapQuest</i>	<i>MapGuide</i> <i>Descartes</i>
Server-Aufgabe	Kartensuche Abfrage Analyse Kartenzeichnen	Abfrage Analyse Kartenzeichnen	Analyse Kartenzeichnen
Übertragung	Rasterformat	Raster-/Vektorformat	Vektorformat
Client-Aufgabe	Anzeige	Anzeige Kartensuche Eingabe (f. Abfrage)	Anzeige Kartensuche Eingabe (f. Abfrage) Kartenzeichnen
Methode	HTML	<i>Java</i>	<i>Plug-in / Java</i>

Tab. 3: Formen der Rechenlast-Verteilung zwischen *Client* und *Server* bei kartengestützten Online-Systemen (nach: PLEWE 1997, S.70; ergänzt)

Ein weiteres Problem tritt auf, wenn der Umfang eines über das Netz zu transferierenden Datensatzes für eine GIS-Analyse so groß ist, dass das Herunterladen und lokale Verarbeiten zu zeitaufwendig wird oder die Rechnerleistung des *Client* nicht ausreicht. Dies gilt vor allem für den "Massenmarkt", also für Online-Systeme, die einen möglichst breiten Nutzerkreis ansprechen sollen, z.B. Routing-Systeme. Bei solchen großen und komplexen Datensätzen muss folglich der *Server*-lastigen Variante mit ihren Funktions- und Bedienungsdefiziten der Vorzug gegeben werden. In solchen Fällen wiegen die Vorteile *Server*seitiger Systeme, wie Plattform- und Browserunabhängigkeit sowie die Verarbeitung auch sehr großer Datenmengen, die Nachteile auf (PRASTACOS 2000). Bereits bei nur mehrere Hundert KB großen Übertragungseinheiten, die ein Programm mit entsprechenden Geodaten umfasst, kann es bei *Client*-seitigem Aufbau zu Wartezeiten kommen, die eine effiziente Handhabung der Informationsübertragung erschweren.

3.4.3 Java und Active-X

Beim Einsatz von *Java*-Anwendungen handelt es sich im Prinzip ebenfalls um eine Art *Plug-in*, also um eine softwaremäßige Erweiterung des *Browsers*. Im Unterschied zu den meisten *Plug-ins* ist die so genannte "*Java Virtual Machine*" heute jedoch bereits in den gängigen *Browsern* entwicklungstechnisch integriert und muss nicht von den Nutzern hinzugefügt werden (CAMMACK 1999). Lediglich die frühesten *Browser*-Versionen waren noch nicht in der Lage, mit *Java* umzugehen. Nach dem Empfang einer in *Java* programmierten Software wird diese von der *Java Virtual Machine (JVM)* - einem *Interpreter*, der im *Browser* enthalten ist - abgearbeitet. Im Zuge einer Anfrage durch Internet-Nutzer werden i.d.R. kleinere *Java*-Programme (*Applets*) zusammen mit einem HTML-Dokument auf den *Client*-Rechner überspielt. Der *Browser* gibt nun die HTML-Information wieder, gleichzeitig interpretiert und startet die *Java Virtual Machine* das empfangene *Java-Applet*, das aus einem binären *Applet-Code* besteht, und dessen Darstellung unmittelbar im Browserfenster integriert ist. Eine Installation durch den Nutzer ist nicht notwendig, sie werden auch nur temporär auf dem *Client* gespeichert. Die Initialisierung von *Java-Applets* erfolgt automatisch, sobald eine entsprechende *Website* aufgerufen wird und der Benutzer die Ausführung von *Java*-Programmen nicht bewusst unterbunden hat. Wie bei den normalen *Plug-ins* lassen sich damit zusätzliche Datenformate verwenden und der Grad der Interaktivität steigern. Das Spektrum der Anwendungen für kartographische Zwecke im Internet reicht dabei von einfachen Animationen bis hin zur Nutzung von Geographischen Informationssystemen.

Java selbst ist eine Programmiersprache des Workstation-Herstellers *Sun Microsystem Inc.* Es stellt eine Weiterentwicklung von C++ dar und kann somit zur Programmierung sehr leistungsstarker Programme herangezogen werden. Im Gegensatz zu meist kleineren *Applets* sind diese *Java*-Applikationen völlig eigenständige Programme, die sich seltener im Internet finden und auch außerhalb von WWW-Seiten laufen. Der entscheidende Vorteil von *Java* besteht darin, dass die auf dieser Sprache basierenden Programme unabhängig von der zur Verfügung stehenden Plattform, d.h. der Kombination von Computerhardware und Betriebssystem laufen und somit einen außerordentlich großen Empfängerkreis für online übertragene Geoinformationen ansprechen können. Damit sind sie für die Anwendung im Internet mit seinen vielfältigen Strukturen und Architekturen prädestiniert. *Java-Applets* beziehen sich ausschließlich auf das spezifische *Server*-System und bleiben nicht dauerhaft auf dem *Client*-Rechner verfügbar. Sie werden lediglich im Arbeitsspeicher abgelegt und werden gelöscht, sobald der Nutzer eine neue Webseite aufruft. Vielmehr muss bei jeder erneuten Nutzung eines solchen *Web-GIS* das *Applet* erneut geladen werden. Aufgrund der Fähigkeit über die *Java Database Connectivity* auf Datenbanken zurückgreifen zu können, eignen sich *Java-Applets* für dynamische Anwendungen.

Es hat einige Jahre gedauert, bis komplexe GIS-Anwendungen auf der Basis von *Java-Applets* im Internet vorgestellt wurden. Im Vergleich zu den ersten, auf CGI-Skripten basierenden Prototypen und kommerziellen *Map Servern* ermöglicht diese

Technologie, die *Browser* in stärkerem Maße um GIS-Funktionalitäten und multimediale Fähigkeiten zu erweitern. Allerdings gibt es auch einige Nachteile, die mit dieser Technologie verbunden sind. So ist zum einen die Aneignung der objekt-orientierten Programmiersprache recht aufwendig, um Karten zu konstruieren. Gravierender ist jedoch die langsamere Geschwindigkeit, mit der *Java-Applets* auf einem *Client-Rechner* ablaufen. Dies hat seine Hauptursache in der Plattformunabhängigkeit, die durch den Einsatz der *Virtual Machine* erzielt wird (CAMMACK 1999). Da *Java-Applets* für den Betrieb in der *Java Virtual Machine* im generischen Bytecode kompiliert sind, lässt sich die lokale Prozessorkapazität des *Client-Rechners* nur nach einem zeitaufwendigen Zwischenschritt nutzen. Ein im *Browser* integrierter *Interpreter* muss die Anweisungen der virtuellen Maschinensprache erst noch für die tatsächliche Maschinensprache des PC, *Macintosh* oder *Unix-Rechner* übersetzen (GALLENBACHER 1998). Im Vergleich zu einem *Plug-in* kann damit der Programmablauf um rund ein Drittel langsamer vor sich gehen.

Auch wenn *Java*-Applikationen gegenwärtig noch vergleichsweise viel Zeit beim Herunterladen in Anspruch nehmen, dürfte diese Technologie zukünftig große Bedeutung erlangen. Die Darstellungsform der Bildschirmkarten hat infolge der *Java*-Entwicklungen interessante Erweiterungen erfahren, die über die üblichen statischen Abbildungen hinausreichen. Systeme wie *MapXtreme* zum Lesen von *MapInfo*-Daten und die bereits genannten Programme "*Descartes*" oder "*CartoApplet*" (s.o.) zeigen deutlich das Gestaltungspotenzial von *Java*. Insbesondere durch die Integration von Datenbanken und Vektortechniken wird die Basis für die Verarbeitung Geographischer Informationen erheblich erweitert (STROBL 2001).

Im Prinzip eignen sich *Java-Applets* somit vor allem zur Bewältigung von solchen Anforderungen, bei denen eine Vielzahl von raumbezogenen Einzelabfragen zu erwarten ist, z.B. der sporadische Aufruf eines kommunalen Umwelt-Informationssystems durch ständig wechselnde Nachfrager. Von diesen kann nicht erwartet werden kann, vor der - i.d.R. einmaligen - Informationsabfrage noch erst eine Zusatzsoftware herunterzuladen und zu installieren. Die Vielzahl der potenziellen Nutzer wird dabei durch eine etwas längere Abrufzeit erreicht. Für den regelmäßigen Zugriff auf dasselbe Online-GIS, wie dies z.B. in vernetzten und in sich homogenen Arbeitsumgebungen von Unternehmen oder Organisationen erforderlich wird, ist dieses Verfahren jedoch wenig geeignet. Hier gewährleistet der Einsatz von *Plug-ins* eine wesentlich schnellere Datenübertragung.

Als Gegenstück zu *Java* wurde von *Microsoft* die *ActiveX*-Technologie auf den Markt gebracht, die in ähnlicher Weise wie *Java* arbeitet und über die gleiche umfassende Funktionalität verfügt. Auch hier lassen sich Programme oder Programmmodule über das Internet versenden und direkt im *Browser* verwenden. Die hier zum Einsatz gebrachten "*Steuerelemente*" (*ActiveX controls*) bauen auf die Objekt-Verknüpfungstechnik *OLE (Object Linking and Embedding)* und sind vornehmlich auf die *Windows*-Systemwelt ausgerichtet. Dies bedeutet, dass *ActiveX*-Steuerelemente nicht auf *UNIX*- oder *Macintosh*-Rechnern funktionieren, selbst wenn dort als *Browser* der

Microsoft Internet Explorer installiert ist (PRASTACOS 2000, LEUKERT 2000). Somit wird ein großer Teil der Internet-Nutzer nicht erreicht.

Im Gegensatz zu einem *Java-Applet* verbleiben die Steuerelemente nach der Übertragung auf der Festplatte des *Client*-Rechners und müssen dadurch nicht jedes Mal neu abgerufen werden. Damit ist zwar eine höhere Verarbeitungsgeschwindigkeit (der Ladevorgang entfällt), aber auch ein größeres Sicherheitsrisiko verbunden, denn *ActiveX* hat Zugriff auf das lokale Filesystem des *Client*-Rechners (REIßFELDER 1998, S.183). *ActiveX* hat vor allem infolge der Dominanz der *Microsoft*-Produkte eine gewisse Verbreitung gefunden, obschon die Steuerelemente im Gegensatz zu *Java* nicht plattformübergreifend eingesetzt werden können. Um *ActiveX*-Steuerelemente unter dem *Netscape Navigator* zu nutzen, ist die Installation eines *Plug-in* notwendig. Bereits seit einigen Jahren wird die *ActiveX*-Technologie für viele Geographische Informationssysteme im Internet genutzt (STRAND 1997). Beispielsweise bietet *GeoMedia Web Map* neben einem *Plug-in* für den *Netscape Navigator* auch ein entsprechendes *ActiveX*-Steuerelement für den *Internet-Explorer* an. Insgesamt hat diese Entwicklung dazu geführt, dass für viele kartographische Anwendungen, die auf die Erweiterung der Browserfähigkeiten setzen, ständig mehrere Versionen von den Entwicklern bereitgehalten werden müssen, wenn ein größtmöglicher Nutzerkreis erreicht werden soll. Für das Betriebssystem *Windows* muss z.B. *MapGuide* seinen *Viewer* als *ActiveX control* für den *Internet Explorer* und als *Plug-in* für den *Netscape-Browser* anbieten; darüber hinaus wurde eigens noch ein *Java-Applet* für *Macintosh* oder *Sun*-Nutzer programmiert.

Mittlerweile sind einige Firmen dazu übergegangen, zusätzlich zu *Plug-ins* auch *Java*-basierte Applikationen anzubieten, so beispielsweise *AutoDesk* für den *MapGuide Viewer*. Damit kann das Problem der Plattformabhängigkeit, das bei *Plug-ins* besteht, überwunden werden, z.B. zur Anwendung auf *Macintosh*- oder *Unix*- (*Solaris*-) Systemen. Im Prinzip ist diese *Java*-Variante zwar auf allen Rechnern bzw. Betriebssystemen einsetzbar, doch führt dies (noch) nicht zu einem vollwertigen Ersatz für die *Plug-ins*, da die Laufstabilität zu gering und vor allem die bei jedem Aufruf erneut anfallende Ladezeit zu lange ist. *Plug-ins* hingegen garantieren einen äußerst schnellen Bildaufbau.

3.4.4 JavaScript

Zusätzlich zur *Java*-Programmiersprache wurde *JavaScript* entwickelt, eine *Java* nachempfundene Scriptsprache, die zunächst für die Entwicklung kleinerer Anwendungen eingesetzt wurde. Heute nimmt die Bedeutung von Skriptsprachen bei der Gestaltung von Webseiten ständig zu. Ohne einen zusätzlichen *Server*-Kontakt zu benötigen, können *JavaScript*-Anweisungen vom *Client* ausgeführt werden und somit den Leistungsumfang an Interaktivität und Funktionalität einer einfachen, *HTML*-basierten *Website* erweitern. Von den Möglichkeiten, die dadurch für eine verbesserte Informationsvermittlung entstehen, profitiert auch der gesamte Bereich der kartenge-

stützten Online-Systeme. Zahlreiche Skript-Techniken tragen dazu bei, Web-Karten Interaktivität zu verleihen und die Abfrage raumbezogener Daten zu optimieren (DICKMANN 2002a). Skript-Programme können vom *Browser* ausgeführt werden – vorausgesetzt, diese Funktion ist dort aktiviert. Sie sind geeignet, so genannte *Interface-Funktionen* zu verbessern, z.B. die Anzeige verschiedener Zustände von Schaltflächen auf interaktiven Karten ("gedrückt" bzw. "nicht gedrückt"). Darüber hinaus lassen sich zahlreiche weitere Funktionen programmieren. So können Seitenelemente erzeugt, verschoben, ausgeblendet oder Animationen in Reaktion auf das Nutzerverhalten ausgeführt werden. Auch das Einblenden von Kurztexten zu Kartenelementen (Labeln), indem lediglich mit dem Mauszeiger darüber gestrichen wird, ist eine typische *JavaScript*-Anwendung. *JavaScript* verfügt allerdings nicht über die Möglichkeiten einer komplexen Programmiersprache wie *Java*. Bei komplexeren Aufgabenstellungen muss mit anderen Techniken gearbeitet werden, z.B. mit *Java-Applets* (KÜBLER 1999, S.178). Hier ist im Vergleich zu *JavaScript* jedoch eine aufwendige Programmierung notwendig.

Zurzeit konkurrieren vor allem zwei Skriptsprachen im Bereich des Webdesign bzw. -*mapping* miteinander: das ursprünglich von den Unternehmen *Netscape* und *Sun* stammende *JavaScript* und das von *Microsoft* entwickelte *Visual Basic Script* (VBS). VBS basiert auf der bekannten Programmiersprache BASIC bzw. auf der Microsoft-Variante *Visual Basic*. *Visual Basic Script* ist eng mit dem Betriebssystem *Windows* und dem *Internet Explorer* verknüpft. Es kann daher im Gegensatz zu *JavaScript* sehr weit reichende Eingriffe in das Betriebssystem *Windows* vornehmen, was in der Vergangenheit zu Sicherheitsproblemen geführt und diese Skript-Sprache in Verruf gebracht hat. So war beispielsweise das E-Mail Virus "ILOVEYOU", das Millionenschäden anrichtete, in VBS programmiert.

Neben diesen *Client*-Skriptsprachen, die auf dem *Client*-Rechner ablaufen, existieren mehrere *Server*-seitig arbeitende *Scripting*-Sprachen. Diese auf dem Server ausgeführten Skripte können dabei entweder als eigene Dateien auf dem *Server* vorliegen (z.B. in der Programmiersprache *Perl*) und aus einer Webseite heraus als externe Programme gestartet werden, oder sie sind in den HTML-Quellcode einer Webseite bereits integriert (z.B. ASP, *Active Server Pages*, oder PHP, *Personal HomePage Tools*) (Voss 2001).

3.4.5 Entwicklung von Web-fähigen 2D-Vektorformaten

Ein wichtiges Problem auf dem Gebiet des *Webmapping* und des *Web-GIS* bildet bislang der Umgang mit Vektorgrafiken. Nur über Umwege, d.h. mit Hilfe von *Plug-Ins* oder *Java-Applets*, lassen sich Vektorgrafiken, die zahlreiche Vorzüge für die digitale Abbildungs- und Abfragetechnik besitzen, auch in der Internetkartographie einsetzen. Bei einem vektorbasierten Grafikformat sind alle grafischen Elemente einer Karte als mathematische Objekte definiert, die sich einzeln ansteuern und zudem auf dem Bildschirm verlustfrei vergrößern oder verkleinern lassen. Die Qualität der vektorbasierten Karten-

grafik hängt lediglich von der Auflösung des Ausgabegerätes ab, z.B. vom Monitor oder vom Drucker. Anders als bei starren Rastergrafiken tritt hier also nicht das Problem auf, dass bei einer Vergrößerung des Kartenausschnitts das Bild auf Grund der dann sehr groben Pixelstruktur kaum noch lesbar wird („Klötzchen-Grafik“). Grundsätzlich ist daher die Nutzung von Vektorgrafiken für viele Anwendungen der digitalen und insbesondere der internetbasierten Kartographie von großem Interesse.

Im Gegensatz zu den Rasterformaten, unter denen sich mittlerweile Standard(austausch)formate herausgebildet haben, z.B. GIF oder JPG, besteht im Bereich zweidimensionaler Vektordarstellungen eine Vielzahl proprietärer Formate nebeneinander. Eine große Bedeutung besitzt das *Plug-in* für das vektorbasierte „Flash“-Format von *Macromedia*, das mit dem *Plug-in* „Flash-Player“ bzw. dem noch funktionsreicheren „Shockwave“ aufgerufen werden muss. Diese *Plug-ins* dienen vor allem der Bereitstellung von Animationen auf Webseiten (s. Kap. 4.3.1.2.1), darüber hinaus lassen sich mit *Flash* jedoch auch einfache sensitive graphische Oberflächen erzeugen und somit Karten mit interaktiven Elementen versehen. Das *Flash*-Format hat in den letzten Jahren eine enorme Verbreitung gefunden, so dass mittlerweile auch hier andere Firmen geeignete Konvertierungsfiler bereitstellen, um ihre Produkte in ein *Flash*-Format umzuwandeln können.

Somit ist dieses Format zu einem *de facto*-Standard avanciert. Die Vorzüge von *Flash* liegen dabei u.a. in der außerordentlich geringen Größe des *Plug-ins*, das zum Betrachten des *Flash*-Formats notwendig ist. Allerdings handelt es sich um ein binäres Format, dessen *source code* für andere Entwicklungen lange nicht zur Verfügung stand. Daher sind seit einigen Jahren verstärkt Bestrebungen im Gange, hier einen offenen und allgemein anerkannten Standard zu schaffen. So sind u.a. die großen Firmen *Adobe*, *Apple*, *Corel*, *Hewlett-Packard*, *IBM*, *Netscape*, *Quark* und *Sun* übereingekommen, mit dem *Scalable Vector Graphics*-Format, *SVG*, einen geeigneten Standard zu entwickeln, der in seinen grafischen Eigenschaften und Fähigkeiten zur Interaktion und Animation den Vorläufer-Formaten, wie z.B. *SVP (Simple Vector Format)* oder *WebCGM (Computer Graphic Metafile)*, überlegen ist. Dazu wurde auf die neu entwickelte Sprache *XML, Extensible Markup Language*, zurückgegriffen, die sich u.a. auch zur Beschreibung skalierbarer Vektorgrafiken eignet (vgl. MINTERT 2001; NEUMANN 2000; ZAUNSEDER 2000).

Gleichzeitig wird von *Microsoft*, unterstützt von einigen weiteren Unternehmen, das firmeneigene *VML-Format, Vector Markup Language*, als Standardisierungsansatz weiterverfolgt (ZAUNSEDER 2000). Beide Gruppen haben bereits 1998 ihre Produktentwicklung beim *W3-Konsortium* eingereicht, um eine Anerkennung als Standard zu erreichen. *VML* wurde allerdings dabei kaum Chancen eingeräumt, da es lediglich innerhalb der *MS-Umgebung* unterstützt wird. Dies bedeutet, dass außer vom *Internet Explorer* (seit 5.0) keine weiteren *Browser* mit *VML* umgehen können (KRÜGER 2000), was dem Prinzip eines unbegrenzten Zugangs zu raumbezogenen Datenbeständen entgegensteht.

3.4.5.1 Das Scalable-Vector-Graphics-Format, SVG

Das SVG-Format ist hingegen plattform- bzw. browserübergreifend angelegt und entspricht den Vorstellungen des W3-Konsortiums, eine möglichst breite und offene Anwendung zu etablieren. Seit 2001 wird SVG schließlich offiziell als Standard empfohlen (www.w3.org/Graphics/SVG). Damit gibt es erstmals seit der Einführung des HTML-Standards 1992 einen offiziellen Standard für Vektorgrafiken, der als künftiges Basis-Datenformat bei der Entwicklung von Softwarekomponenten dienen kann. Die hinsichtlich der Präsentation räumlicher Informationen festzustellende Überlegenheit des Formats z.B. gegenüber dem *Flash*-Format haben HURNI et. al. (2001) jüngst ausführlich aufgezeigt.

Daher ist davon auszugehen, dass das Format in absehbarer Zeit von allen gängigen *Browsern* unmittelbar interpretiert werden wird. Vektorgrafiken im SVG-Format lassen sich dann ohne Zuladung von *Java-Applets* oder *Plug-Ins* im Browserfenster visualisieren und interaktiv nutzen. Gegenwärtig ist die Darstellung von SVG-Grafiken bereits möglich, allerdings wird dazu ein Plug-In benötigt (z.B. von www.adobe.com) (HOSBACH 2000). Im Vergleich zu *Flash* und zu VML ist dabei von Nachteil, dass das *Plug-in* mit über 2,4 MB vergleichsweise groß ist und zudem noch nicht sämtliche Spezifikationen des SVG-Formats unterstützt. Beispiele für SVG-basierte Karten finden sich z.B. unter: www.dbxgeomatics.com/SVGMapGallery.htm oder www.carto.net/papers/svg/eu/oecd.html.

Insbesondere das SVG-Format besitzt eine Reihe von Vorteilen, die den Datenaustausch im Allgemeinen und die Visualisierung von Kartengrafiken im Speziellen fördern. Die Gründe hierfür liegen u.a. im offenen und gut dokumentierten Format (www.w3.org/TR/SVG oder www.w3.org/Graphics/SVG/Overview.htm⁸). Die Struktur des verwendeten *Document Object Model* (DOM) ermöglicht es zudem, mit Hilfe von Skriptsprachen (*JavaScript*) auf einzelne Elemente einer Grafik zuzugreifen. Im Gegensatz zu Pixelgrafiken wie GIF oder JPG lassen sich einzelne Kartenelemente als Teile eines Informationssystems ansprechen, z.B. eine Straße oder ein einzelnes Gebäude.

Der verwendete Code eines mit SVG visualisierten Geo-Objekt "Gebäude" lautet z.B.:

```
<rect x="0.5cm" y="0.5cm" width="2cm" height="1cm" style="fill:grey" />
```

Mit vergleichsweise wenigen Anweisungen (als ASCII-Text) können exakte kartographische Zeichen erstellt und online schnell übertragen werden. Für die Effizienz der Übertragung von Geoinformationen liegen hier große Vorteile, zumal eine außerordentlich hohe Auflösung erzielt wird.

Einzelne Geoelemente können beispielsweise mit Hyperlinks versehen werden und sind somit interaktiv nutzbar. Auch Größenveränderungen erfolgen ohne Qualitätsverlust, da nicht die komplette grafische Information modifiziert wird, sondern nur die ent-

scheidenden Parameter (KRÜGER 2000, S.148). Damit bringen geographische Informationen, die in Form solcher Grafiken codiert worden sind, meist nur eine geringe Datenmenge mit sich und können vergleichsweise schnell über das Internet versandt werden. Aufgrund der Vielzahl von Interaktionsmöglichkeiten (Rotieren, Zoomen, Verschieben, Verknüpfung mit Skripten, *Applets* und *Event-Handlern* etc.) übertrifft SVG nicht nur das PDF-, sondern auch das gängige *Flash*-Vektorformat. Die einzelne Referenzierung der in einer Karte enthaltenen Objekte erlaubt es zudem, nach Textteilen suchen zu können.

3.4.5.2 Entwicklungschancen von SVG als Mittel der Geovisualisierung

Die Verwendung von 2D-Vektorformaten zur Visualisierung von Geodaten im WWW hat in den vergangenen Jahren zweifellos an Bedeutung gewonnen. Großen Anteil daran hatten auch proprietäre Formate, insbesondere das bereits erwähnte *Flash*-Format von *Macromedia*. Durch die Einführung XML-basierter Vektorformate wird sich ihr Anteil auf Kosten von GIF- und JPEG-Darstellungen weiter erhöhen. Insbesondere das herstellerübergreifende SVG-Format wird in der Web-Kartographie große Bedeutung erlangen, ist doch mit seiner Nutzung eine erhebliche qualitative Steigerung sowohl hinsichtlich der freien Skalierbarkeit als auch hinsichtlich des Interaktivitätsgrads kartographischer Präsentationen verbunden. Damit bietet sich ein großes Potenzial für Bildschirmdarstellungen, zumal nun auch die letzten Hürden zur formalen Anerkennung als Standardformat genommen sind.

Auch wenn das SVG-Format noch keine sehr weite Verbreitung im WWW gefunden hat, so ist doch abzusehen, dass dieses herstellerübergreifende Format gerade in kartographischer Hinsicht große Bedeutung erlangen könnte (vgl. a. DICKMANN 2001b, GROLIG 2001, NEUMANN 2000; u.a.). Die Grenzen dieses Formats zeigen sich lediglich bei stark strukturierten Karten mit einer etwas größeren grafischen Dichte. Die Zahl der zu berechnenden Elemente und zugeladenen Skripte wächst dann sehr schnell an und erreicht einen Umfang, der zu einer spürbaren Verlangsamung des Bildaufbaus führt. Erste Erfahrungen mit der Konvertierung in das SVG-Format aus Grafikprogrammen heraus zeigen, dass es hier insbesondere bei größeren Kartengrafiken noch zu Schwierigkeiten kommen kann und oft nur unvollständige Resultate erzielt werden. Dieses Problem ist nachrangig, solange es sich im WWW um thematisch und grafisch vergleichsweise einfach gehaltene Darstellungen handelt. Die Ansprüche an künftige Kartendarstellungen werden jedoch weiter steigen, und damit wird auch die Notwendigkeit zur Entwicklung ausgereifterer Konvertierungs- bzw. Editiermöglichkeiten wachsen. Auf die Entwicklungschancen von SVG-gestützten interaktiven topographischen Karten im WWW haben jüngst ISAKOWSKI und NEUMANN (2002) hingewiesen (http://www.svgopen.org/papers/2002/isakowski_neumann__svg_for_interactive_topographic_maps/).

4. Die Eignung der unterschiedlichen Internet-Techniken für den zielgerichteten Transfer von Rauminformationen

Zur Präsentation raumbezogener Daten im Internet werden sehr unterschiedliche Verfahren eingesetzt, die sich nach den jeweiligen Adressaten richten und die über eine Vielzahl an Datentypen und auch -qualitäten verfügen. Neben Satellitenbildern und Luftbildern werden GIS-Datenmodelle, Karten oder auch nur einzelne Kartenschichten angeboten, mit jeweils unterschiedlichen thematischen und räumlichen Schwerpunkten. Die Übertragung von "Rohdaten", die sich nur mit Hilfe besonderer Software verarbeiten und visualisieren lassen, ist dabei nur eine Möglichkeit. Eine große Variationsbreite zeigt sich in der Form der Interaktivität, die den Nutzern am eigenen Rechner zugestanden wird, und in der Ausstattung an multimedialen Elementen. Die Spannweite der netzbasierten elektronischen Karten reicht von der bloßen Ansicht von Karten, sog. *view only maps* oder *static maps*, bis hin zu online erfolgenden Raumanalysen mit Hilfe kartengestützter Informationssysteme, *Web-GIS* (weitere Gliederungen finden sich bei ASCHE 2001, KRAAK 2001, GARTNER 2000).

I. Kartenvorstufen (Digitale Karte; Karten in Form digitaler Rohdaten)

- *raw data*: Übermittlung von "Rohdaten", die sich nur mit geeigneter (GIS) Software in eine graphische Darstellung umsetzen und nutzen lassen, d.h. die übliche Browsersoftware mit ihren Erweiterungen reicht zur Visualisierung und Verarbeitung nicht aus.
 - (z. B. bereitgestellt vom US Geological Survey; <http://edcwww.cr.usgs.gov/doc/edchome/ndcdb/ndcdb.html>)

II. Statische Karten

- *static maps* oder *view only maps*: vorgefertigte Karten, die sich mit den gängigen *Browsers* unmittelbar auf dem Bildschirm visualisieren lassen.
 - (z.B. die Castaneda Kartensammlung http://www.lib.utexas.edu/Libs/PCL/Map_collection/Map_collection.html)

III. Interaktive Karten

- a) *Sensitive Karten (clickable maps oder image maps)*: um ("klick-") sensitive Flächen (*hot spots*) versehene oder insgesamt als Hyperlink fungierende Karten, die bei Bedarf dem Aufruf neuer Seiten mit weiteren Informationsschichten dienen.
 - (z.B. <http://www.lonelyplanet.com/>)
- b) *maps on demand*: individuell generierbare Karten, deren Informationsschichten vor der Visualisierung vom Nutzer ausgewählt werden können (die Visualisierung der Geoinformation erfolgt "on-the-fly").
 - (z.B. der Tiger Map Service des US Census Bureau; <http://tiger.census.gov/>)

- c) *animated maps*: animierte Karten, mit denen sich dynamische Prozesse (Bewegung) visualisieren lassen (Animationen, Filme), sowie Karten, die automatisch aktualisiert werden.
 - (z.B. im National Atlas der USA: <http://www.nationalatlas.gov/greenness.html>)

- d) *3D maps*: perspektivisch beeinflussbare 3D-Darstellungen, Panoramadarstellungen
 - (z.B. im Rahmen eines touristischen Informationssystems: <http://www.karto.ethz.ch/~hm/methana/>)

- e) *Web-GIS* - statische und interaktive Karten als Ergebnis von GIS-Analysen: Darstellung von Abfrage- und Analyseergebnissen, die interaktiv mit Hilfe eines online arbeitenden Geographischen Informationssystems gewonnen werden und aufgrund ihrer interaktiven Struktur analytische Funktionen besitzen.
 - (z.B. MapGuide; <http://www.autodesk.com/solution/gis/>)

Diese Einteilung spiegelt bereits die unterschiedlichen Abstufungen der inhaltlichen Komplexität von Geoinformationen wieder, die sich mit Hilfe dieser Systeme vermitteln lassen.

4.1 Statische Karten

Zu Beginn der Entwicklung des Web-Mappings handelte es sich um technisch einfach herstellbare Karten, deren Papier-Originale gescannt und auf dem Bildschirm lediglich in Form von Bitmaps als statische Karten visualisiert wurden. Schon bald standen umfassende Kartensammlungen im Internet bereit, die jedem Internet-Nutzer den unkomplizierten Aufruf von Karten ermöglichten. Statische Karten bilden heute die am weitesten verbreitete Form von Karten im Internet (KRAAK 2001). Als eine der ersten Kartensammlungen in elektronischer Form erschien die "*Perry-Castañeda Library Map Collection*" der *University of Texas* in Austin im Internet (http://www.lib.utexas.edu/Libs/PCL/Map_collection/Map_collection.htm; mit einer *Mirror Site* in Aachen <http://SunSite.Informatik.RWTH-Aachen.DE/Maps/>). Schon bald folgten weitere Projekte, zunächst vor allem im und über den nordamerikanischen Raum, z.B. die *Map Machine* der *National Geographic Society* (<http://www.nationalgeographic.com/resources/ngo/maps/>), die politische Kartensammlungen des *CIA-World-Factbook* (<http://www.odci.gov/cia/publications/factbook/index.html>) oder die *Alexandria Digital Library* (<http://alexandria.sdc.ucsb.edu/>) mit Hyperlinks zu weltweiten Karten- und Stadtplanbeständen. Eine weitere interessante Kartensammlung, ein Projekt der *United Nations Office for Coordination of Humanitarian Affairs* findet sich unter <http://www.reliefweb.int/mapc/>. Später schlossen sich auch Einrichtungen europäischer Länder an, z.B. das Kartographische Institut der Universität Budapest (<http://lazarus.elte.hu/gb/maps.htm>). Eine ansehnliche Linksammlung zu digital abrufbaren Kartenbe-

ständen findet sich darüber hinaus an der Universität Utrecht (<http://odden.geog.uu.nl/index.html>). Die Vorzüge solcher Zusammenstellungen, liegen in der Schaffung eines breiten Zugangs zu Karten, die sonst nur schwer oder überhaupt nicht zugänglich sind, z.B. historische Kartenbestände.

Kommerzielle Unternehmen erkannten schnell das Präsentationspotenzial des World Wide Web und nutzten es bereits früh zur Kundenwerbung und -betreuung. Kartenskizzen mit Filialstandorten oder Stadtpläne mit Anfahrtshinweisen wurden in die eigene *Website* integriert (STERNE 1996). Öffentliche Einrichtungen, z.B. Verwaltungs- und Bildungsinstitutionen folgten ebenfalls diesem Trend. Viele raumbezogene Sachverhalte werden heute mit Hilfe von Karten oder kartenverwandten Darstellungen visualisiert, z.B. Fahrpläne öffentlicher Verkehrsbetriebe, Stadtpläne mit Sehenswürdigkeiten, Lageskizzen von Parkhäusern, Erholungseinrichtungen u.a.m.

Technisch und terminologisch ist die Grenze zwischen statischen und interaktiv beeinflussbaren Kartendarstellungen nicht leicht zu ziehen. Von einer statischen Karte soll im Folgenden auch noch dann gesprochen werden, wenn durch den *Browser* die Ansicht verändert, d.h. die Karte verschoben (*panning*) oder in ihrer Betrachtungsgröße verändert (*zooming*) werden kann. Zwar erfolgt damit bereits eine Aktion durch den Nutzer, um Informationen besser entnehmen zu können, doch unterscheidet sie sich nicht vom Umgang mit Papierkarten. Hier wird ebenfalls die Karte ausschnittsweise betrachtet: um eine großräumige Einordnung vorzunehmen, wird sie etwas weiter weg gehalten, um hingegen Details zu erkennen, wird sie näher zu den Augen herangezogen. Von interaktiv kann jedoch gesprochen werden, wenn die Karte die Möglichkeit bietet, auf eine Aktion des Nutzer hin neue Informationen zu liefern, die durch die bloße Betrachtung der Ausgangsdarstellung nicht zu ermitteln wären. Wenn also das "Anklicken" einer Karte lediglich zu einer Vergrößerung (oder besser: Vergrößerung) des Pixelrasters führt, handelt es sich um eine statische Karte. Ist jedoch mit der Vergrößerung programmtechnisch auch gleichzeitig die Einspielung neuer, zuvor nicht enthaltener Kartenelemente verbunden, hat insoweit eine Interaktion stattgefunden, als die Karte auf die Handlung des Nutzers "reagiert" und nun zu einer intensiveren Datenexploration beiträgt. Dies ist dann der Fall, wenn z.B. eine Siedlung zunächst nur als Punktsignatur erscheint, nach der Vergrößerung jedoch in ihrer Grundrißstruktur abgebildet wird und mit weiteren textlichen Erläuterungen versehen ist.

4.1.1 Visualisierung statischer Karten mit dem HTML-Code

Seit der Einführung von HTML 2.0 bilden Grafiken einen festen Bestandteil von HTML-Dokumenten (HARDIE 1998). Vorher mussten Abbildungen mit Hilfe von FTP zuerst transferiert und anschließend mit einem externen Programm gelesen werden. Dies ist heute nicht mehr notwendig, denn Abbildungen im GIF-, PNG- oder JPEG-Format können ohne zusätzliche Software allein mit Hilfe des *Browsers* visualisiert werden - ein Vorzug, der auch für kartographische Präsentationen genutzt werden

kann. Mit Hilfe des ``-Tags im HTML-Code wird die dazu notwendige Aktion eingeleitet (Beispiel: ``).

Bei diesen so genannten "Inline-Grafiken" handelt es sich nun um separate Dateien, die innerhalb eines HTML-Dokuments referenziert und innerhalb einer Webseite visualisiert werden (KÜBLER 1999). Somit erscheinen sie nahezu gleichzeitig mit dem Eintreffen des HTML-Dokuments im Browserfenster. Zusätzlich stehen HTML-Attribute zur graphischen Anordnung des Bildes auf einer HTML-Seite zur Verfügung. So kann u.a. festgelegt werden, in welcher Größe ein Bild im Browserfenster erscheinen, oder ob es links- oder rechtsbündig angeordnet werden soll. In den Fällen, in denen aus technischen oder aus Kostengründen keine Grafiken übertragen werden können, lässt sich dem Nutzer mit Hilfe des "alt"-Zusatzes zumindest eine Textmitteilung über den (nicht sichtbaren) Bildinhalt übermitteln. Im *Browser* erscheint dann anstelle des Bildes der im HTML-Code eingefügte Ersatz-Text.

Beispiel:

```

```

Dieser Mechanismus kann auch dazu genutzt werden, eine zusätzliche Textinformation zu einer Karte zu erzeugen. Der Alternativtext erscheint kurzfristig in einem gelb unterlegten Kästchen, wenn der Mauszeiger auf die Karte bewegt wird. Gleichzeitig begünstigt ein Alternativtext die automatische Verschlagwortung durch die Suchmaschinen, die Kartengrafiken normalerweise ignorieren würden.

```

```

Voraussetzung für die Einbindung solcher Bilder und Kartengrafiken ist die Erstellung einer geeigneten digitalen Vorlage. Bei den meisten Kartengrafiken, die als statische Karten auf Webseiten erscheinen, handelt es sich um gescannte Papierkarten, oft als JPEG-Rasterbilder abgespeichert. Eine weitere Möglichkeit ist das Verwenden von Karten, die unmittelbar mit Hilfe von Grafik-, Kartographie- und GIS-Software erzeugt worden ist und somit ohnehin bereits in digitaler Form vorliegen. Diese meist in einem *Vektorformat* vorhandenen Karten sind dann in ein für den *Browser* unmittelbar lesbares *Raster-Format* umzuwandeln, z.B. als GIF- oder PNG-Rasterbild, um online visualisiert werden zu können.

Insbesondere bei der Übertragung statischer Karten tritt das grundsätzliche Problem auf, dass oft sehr große Datenmengen anfallen, um detaillierte Kartendarstellungen zu visualisieren. Die Übertragung wird dadurch beeinträchtigt. Web-Karten bilden daher nicht selten nur eine Miniaturausgabe einer "im Hintergrund" ebenfalls bereitstehenden größeren Karte, die bei Interesse über ein Hyperlink aufgerufen werden kann. Die zunächst aufgerufene grobe Darstellung ist daher nur geeignet, einen ersten Eindruck zu gewinnen. Gerade bei Kartenpräsentationen ist es sinnvoll, neben solch automatisch angezeigten Überblicksdarstellungen in Form von *Inline-Grafiken* noch mit

einer weiteren, d.h. genaueren und größeren Grafik zu arbeiten. So kann der Kartennutzer selbst entscheiden, ob er die längere Ladezeit in Kauf nehmen sollte, um eine datenintensive, aber dann auch wesentlich detailreichere Abbildung zu erhalten.

Darüber hinaus sind statische Karten nicht nur auf die Abbildung klassischer Karten beschränkt. Auch kartenverwandte Darstellungen wie 3D-Darstellungen (Blockbilder, perspektivische Ansichten) zählen hierzu, die die abstrahierte Raumvisualisierung insbesondere von stark reliefierten Gebieten bereichern können. Bei der Herstellung solcher Abbildungen kann teilweise auf die Geodaten-Ressourcen und das Softwareangebot des WWW zurückgegriffen werden. Programme wie *Truflite* oder *Terragen* (<http://www.planetside.co.uk/terragen/>) können einzelne 3D-Ansichten von Landschaften mit Hilfe von Geländemodellen und entsprechenden Bilddateien (z.B. Luft- oder Satellitenbild) erzeugen. Umgewandelt in ein GIF- oder JPEG-Format eignen sich die errechneten 3D-Darstellungen auch zur Nutzung als *Inline*-Grafik einer HTML-Seite.

Einen entscheidenden Vorteil bildschirmbasierter Technik für die Übertragung von Geoinformationen bildet nun die Möglichkeit, über die einmal auf dem Monitor sichtbare Darstellung hinaus weitere, themenbezogene Informationen aufzurufen, ohne die vorhandene räumliche Darstellung "aufgeben" zu müssen. Ein Hilfsmittel z.B. zur Darstellung von größeren Karten, die in einem lesbaren Maßstab in der Gesamtansicht über die Monitorgrenze herausragen würde, bilden so genannte *Frames* (Bildschirmrahmen). Der *Browser*-Bildschirm kann durch *Frames* in Spalten und Zeilen unterteilt und mit verschiedenen Inhalten ausgestattet werden, die völlig unabhängig von einander sind. Bei einer durch *Frames* aufgeteilten Bildschirmdarstellung handelt es sich genau genommen um zwei oder mehrere gleichzeitig aufgerufene HTML-Seiten, wobei jede Seite in einem eigenen Segment auf dem Bildschirm erscheint. Jeder *Frame* besitzt daher eine eigene URL-Adresse und kann neben Text auch Grafiken und sonstige (multimediale) Elemente enthalten. Für den Nutzer ist es daher möglich, sich mit den Inhalten eines *Frames* auseinanderzusetzen und ggfs. von dort weitere HTML-Seiten aufzurufen, während in einem anderen *Frame* eine Einleitungsseite sichtbar bleiben kann und der Übersicht bei der Navigation dient. Da jede *Frame*-Seite eine normale Webseite bildet, hilft bei der Darstellung von HTML-Dokumenten, die größer als das zur Verfügung stehende Bildschirmsegment sind, der Einsatz von Bildlaufleisten (*scroll bars*). Mit ihnen kann sowohl horizontal als auch vertikal ein Bildlauf durchgeführt werden, wodurch auch zunächst außerhalb liegenden Bereiche einer kartengestützten Visualisierung (gleichmaßstäbig) sichtbar werden.

Diese Technik ist in vielfacher Hinsicht auch für die Web-Präsentation von Karten einsetzbar. So kann z.B. die Legende einer Karte, die sich maßstabsbedingt nicht in ihrer Gesamtheit sinnvoll auf dem *Browser*-Bildschirm wiedergeben lässt, getrennt in einem eigenen Bildrahmen abgebildet werden. Während somit in einem *Frame* unterschiedliche Areale einer Karte aufgesucht werden können, bleibt in einem anderen *Frame* die zugehörige Legende erhalten. Darüber hinaus bietet sich die *Frame*-Technik dazu an, mehrere Karten gleichzeitig auf dem Bildschirm zu visualisieren, um z.B. zeitliche Vergleiche durchführen zu können etc. Technisch werden *Frames* im

HTML-Code mit Hilfe des `<frameset>`-Tags beschrieben, der anstelle des `<body>`-Tags gesetzt wird. Der nachfolgende Beispiel-Code lässt zwei Spalten entstehen, von denen die linke 20% und die rechte 80% des Browserfensters einnehmen:

```
<frameset cols="20%,80%">
  <frame src="framelinks.html" scrolling="Yes">
  <frame src="framerechts.html" scrolling="Yes">
</frameset>
```

4.1.2 Kartographische Informationsdichte durch Datenkomprimierung

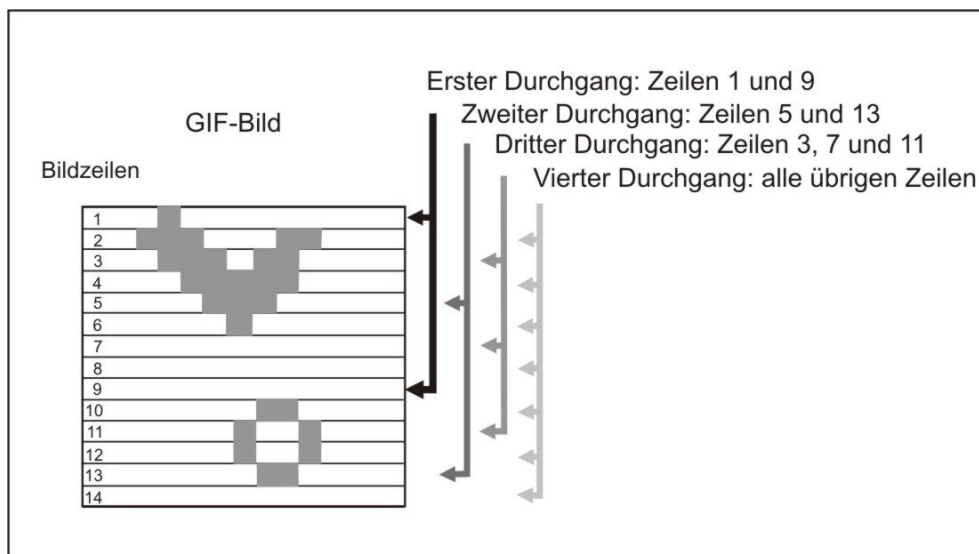
Ein wichtiges Problem im Umgang mit statischen Karten im Internet ist die Größe der zu übertragenden Datenmenge. Hochauflösende Bilder gewährleisten zwar grundsätzlich die Weitergabe einer hohen Informationsdichte, sind jedoch andererseits schwerfällig in der technischen Umsetzung. Um Karten oder Bilder im Internet direkt, d.h. ohne Einsatz zusätzlicher *Plug-ins* oder externer *Viewer*, zu übertragen, haben sich mittlerweile drei Standards herausgebildet, das GIF-, das PNG- und das JPEG-Format (s. Übersicht Tab.4). Diese drei Rasterformate reduzieren (komprimieren bzw. kodieren) die Bilddaten, wodurch die Übertragungszeit möglichst gering gehalten werden kann.

Das von *CompuServe* 1987 entwickelte *Graphics Interchange Format* (GIF), das im Gegensatz zu vielen anderen Bildformaten auf fast allen Plattformen verwendet werden kann, bildet ein Standard-Bildformat im World Wide Web. Es hat den Vorzug, nicht nur schnell heruntergeladen, sondern aufgrund des angewendeten Zeilensprungverfahrens (*Interlacing*) zudem beim Bildaufbau bereits während dieses Vorgangs grob zur Ansicht gebracht werden zu können (Abb.6). Die Bildinformation wird dazu in mehreren Teilmengen zerlegt und abgespeichert (GALLENBACHER 1998). Beim Bildaufbau werden sie entsprechend nacheinander geladen, so dass zunächst ein unscharfes, jedoch halbwegs erkennbares Bild entsteht. Erst nach mehreren „Durchgängen“ erscheint das vollständig scharfe Bild. Der Vorteil dieses Verfahrens liegt darin, dass gerade bei langsamen Internet-Verbindungen Nutzer schon früh sehen können, ob es sich um die gewünschte Information handelt und dann entscheiden, ob sich das Warten bis zum vollständigen Bildaufbau lohnt oder die Suche fortgesetzt werden soll. Die Geschwindigkeit der Abfrage von räumlichen Informationen wird dadurch entscheidend erhöht.

Für farbenreiche Darstellungen (Farbverläufe) reicht das GIF-Format mit seinen 256 zur Verfügung stehenden Farben nicht aus. Wenn eine größere Anzahl von Farben wiederzugeben ist, z.B. bei Karten mit Schummerung, gelangt dieses Format an seine Grenzen (RICHARD 1999). Der Wunsch nach Übertragung auch hochwertiger, fotorealistischer Grafiken führte zur Entwicklung des JPEG-Formats bzw. des gleichnamigen Komprimierungsverfahren, benannt nach der Entwicklergruppe *Joint Photographic*

Experts Group. Im Unterschied zu anderen Verfahren wird bei dieser Komprimierung ein Verlust an Daten und somit an Geoinformationen in Kauf genommen. JPEG erkennt und entfernt Bildinformationen, für die das menschliche Auge weniger sensitiv ist. Dies geschieht im Komprimierungsverfahren dadurch, dass ein Bild zunächst beim Speichern in jeweils 8 x 8 große Pixelfelder geteilt wird. Anschließend wird der Grad der Ähnlichkeit der Farben(werte) innerhalb eines solchen Pixelfeldes analysiert und nur jener Wert gespeichert, dessen Farbdifferenz einen spezifischen Toleranzwert übersteigt (SCHURR 2000). Wird ein hoher Toleranzwert gewählt, werden mehr Farbwerte als „ähnlich“ eingestuft und entsprechend zusammengefasst, wodurch die Datenmenge schrumpft. Dadurch lassen sich bei Bildern in Fotoqualität hohe Kompressionsraten ohne sichtbare Qualitätsverluste erzielen. Die Kompressionsrate - und damit der Qualitätsverlust - lässt sich durch den Anwender beim Speichern selbst einstellen, so dass eine optimale Einstellung erzeugt werden kann. Die Komprimierung kann dabei in Extremfällen 160:1 erreichen (WILFERT 2000, S.73). Durch die Art der Speicherung eignet sich dieses Format am besten für hochauflösende Echtfarbbilder, die auf einem 24-Bit-Farbmonitor dargestellt werden. Eine Variante von JPEG, das *Progressive JPEG*, ermöglicht zudem wie das *Interlaced-GIF* einen stufenartigen Aufbau des Bildes im *Browser* (KÜBLER 1999, S.130). Andere Datenformate haben JPEG mittlerweile als ein Element ihres Komprimierungsverfahrens übernommen.

Abb. 6: GIF-Bildaufbau mit *Interlacing*-Verfahren



Die Verwendung von JPEG ist bei Bildern mit ständig wechselnden Kontrasten und Farbverläufen sinnvoll (Echtfarbenmodus). Jedoch versagt dieses Verfahren bei der Komprimierung kontrastarmer Abbildungen mit wenigen, aber flächenhaften Farben, scharfen Kanten und Einzelpunkten - Gestaltungselemente, die gerade die thematische Kartographie kennzeichnen. Bei sehr hohen Komprimierungsraten entstehen störende Blockstrukturen in homogenen Flächen, sonstige Artefakte und starke Farb-reduzierungen und -verfälschungen (WILFERT 2000).

Vor allem Schriftzüge können nicht so klar abgebildet werden, und an senkrechten und waagerechten Kanten werden Ränder erzeugt („Ausfransen“). Das jüngst entwickelte *JPEG2000* soll hier jedoch Abhilfe schaffen und die Entstehung von Artefakten verhindern. Jedoch ist dieses Format bisher nicht sehr verbreitet.

Zurzeit eignet sich das GIF-Format mit seiner Art der Datenkompression für die Abbildung kontrastreicher und mit Flächenfarben versehener Grafiken grundsätzlich besser. Das dort angewendete Verfahren zeigt insbesondere bei der Komprimierung von Abbildungen mit homogenen Farbflächen Vorteile. Störende Strukturen treten dabei kaum auf. Damit ist dieses Format vor allem für kartographische Darstellungen prädestiniert.

Einer weiteren Verbreitung des GIF-Formats stehen insgesamt jedoch patentrechtliche Einschränkungen entgegen, die seinen Einsatz für die Weiterentwicklung internetbezogener Software teuer machen. Es ist daher nicht verwunderlich, dass hier nach Ersatz-Formaten gesucht wurde. Zukünftig wird sicher das so genannte *Portable Network Graphic* (PNG) Format größere Verwendung finden (<http://www.w3.org/TR/REC-png>; <http://www.cdrom.com/pub/png>), das speziell für den Einsatz im WWW als patentfreies Datenformat entwickelt wurde (KÜBLER 1999). Im Gegensatz zu GIF kann sein Quellcode abgabefrei verwendet werden (KIENZLE 1996). Es vereinigt viele Vorteile von GIF und JPEG. PNG komprimiert verlustfrei, kann progressiv aufgebaut werden, und sein Farbumfang erstreckt sich über 48 Bit Farbtiefe. Viele jüngere Versionen von Grafikprogrammen können bereits Abbildungen im PNG-Format erzeugen. Die *Browser* von *Netscape* und *Microsoft* interpretieren PNG-Grafiken ab der Version 4.x. Es wird die anderen Formate nicht völlig verdrängen können, denn PNG besitzt z.B. nicht die Fähigkeit, Animationen herzustellen - eine Eigenschaft, die für die Gestaltung von Webseiten sehr geschätzt wird und auch für kartographische Zwecke an Bedeutung gewinnt.

Eine qualitativ hochwertigere Möglichkeit, statische Webkarten komprimiert und somit nur mit wenig Verlust an Geoinformationen aufweisend, im Internet zu visualisieren, besteht in der Nutzung von *Plug-ins*. So finden sich in jüngster Zeit zunehmend Karten im so genannten *Portable Document Format* (PDF) der Firma *Adobe, Inc.* im Internet. Zur Visualisierung von PDF-Abbildungen auf dem Bildschirm ist das Zusatzprogramm *Acrobat Reader* (<http://www.adobe.com>) nötig. Im Gegensatz zu GIF, JPEG und PNG können PDF-Karten somit nicht als *Inline*-Grafiken unmittelbar in eine HTML-Seite integriert werden. PDF-Dokumente sind vielmehr als eigenständige Dateien herunterzuladen. Es handelt sich zudem um ein *Layout*-orientiertes Format, dessen Ziel es ist, möglichst exakt das Original wiederzugeben. HTML arbeitet hingegen stärker Struktur-orientiert und passt sich den Gegebenheiten der Browsereinstellungen an. Das PDF-Format ist sowohl für die Monitorarstellung als auch für den Papiausdruck entwickelt worden (PETERSON 1997; JUNG 1999).

Das vektorbasierte PDF-Format kann Grafiken und Text gleichermaßen mit hoher Qualität abbilden. Von Vorteil ist dabei, dass das Programm *Acrobat Reader* über einige inter-

aktive Such- und Navigationsfunktionen verfügt. So ist es möglich, in eine als PDF-Datei abgespeicherte Karte zu zoomen oder den Kartenausschnitt zu verschieben. Das PDF-Format arbeitet wahlweise verlustfrei oder verlustbehaftet mit verschiedenen Komprimierungstechniken (LZW, ZIP, CCITT, JPEG und RLE) (PADOVA 1999, S.177). Für die Recherche im Text steht eine Suchfunktion zur Verfügung (RICHARD 1999, S.115). Von Vorteil für den Einsatz im Internet ist die Fähigkeit, Sprungziele und *Hyperlinks* in die PDF-Dokumente integrieren zu können. PDF-Dateien lassen sich zudem während der Erstellung mit verschiedenen Schutzmechanismen versehen, die z.B. das Verändern oder Ausdrucken von Dateien verhindern. Das Weiterverarbeiten in externen Programmen wird dadurch verhindert. Diese Fähigkeit macht das Format besonders für Präsentationszwecke interessant, bei denen eine unautorisierte Datenübernahme un-terbunden werden soll. Dadurch könnte es zukünftig eine außerordentlich große Verbreitung im Zusammenhang mit Webkarten finden.

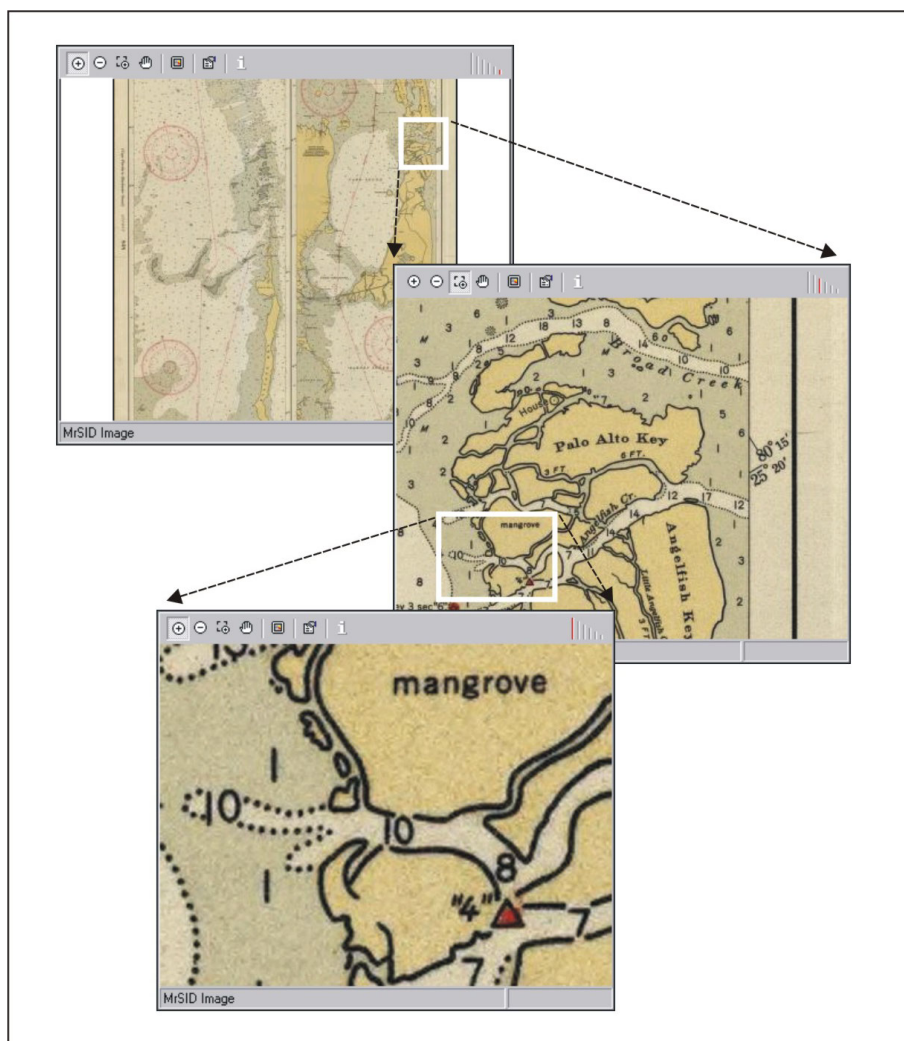
Enorme Komprimierungsraten lassen sich mit jüngst entwickelten und mathematisch sehr aufwendigen Verfahren der *fraktalen* Kompression und der *Wavelet*-Transformation erzielen. Die fraktalen Verfahren suchen dabei nach strukturellen Ähnlichkeiten in den Bildern und beschreiben diese als mathematische Kurven, was jedoch recht rechenaufwendig ist. Während die fraktale Bilddatenkompression auch noch mit Problemen beim Erhalt der geometrischen Genauigkeit behaftet ist (<http://www.lizardtech.com/company/news/> von TRIGLAV, J.), wird die auf *Wavelets* basierende Komprimierungstechnik bereits erfolgreich in der Kartographie eingesetzt. Ein solches Format, das insbesondere für die Präsentation von hochauflösenden Karten, Luft- und Satellitenbildern im Internet eine wichtige Option darstellt, ist das *MrSID*-Format (*Multi Resolution Seamless Image Database*) der Firma *LizardTech* (<http://www.gaf.de/mrsid>). Hier kommt ein sehr effektives Komprimierungsverfahren zur Anwendung, das ohne Qualitätseinbußen Bilddaten-Kompressionsraten von über 30:1 erreicht (s. Abb.7). Damit können auch gigabytegroße Dateien in PCs noch verarbeitet werden. Viele Bildverarbeitungsprogramme und Geographische Informationssysteme (*MapInfo*) greifen daher auf das SID-Format zurück. Diese Anwendung benötigt wie das PDF-Format einen externen *Viewer*, der vor dem Betrachten installiert sein muss. Vor allem zur Darstellung konventioneller topographischer Kartenwerke oder historischer Karten können die hochauflösenden Rasterbilder sinnvoll verwendet werden. Diese Systeme eignen sich daher vor allem für die Internet-Präsentation von Beständen aus Kartenarchiven (z.B. aus der Bremer Staats- und Universitätsbibliothek: <http://gauss.suub.uni-bremen.de>).

Mit dem *MrSID GeoViewer* lassen sich auch georeferenzierte Bilddaten im SID-Format aufrufen und z.T. analysieren (Streckenmessung). Ähnlich wie beim *FlashPix*-Verfahren (s.u.) wird ein schneller Bildaufbau dadurch erzeugt, dass mit einer selektiven Dekompression gearbeitet wird. Beim Hineinzoomen wird nicht die gesamte Bilddatei dekomprimiert, sondern jener Teil, der vom Nutzer ausgewählt und auf dem Monitor dargestellt wird.

Eine sehr junge Entwicklung auf dem Gebiet der *Wavelet*-basierten Komprimierungstechniken stellt zudem das „*LuraWave*“-Bildformat (*.lwf) dar, das von dem deutschen Unternehmen *LuRa Tech GmbH* (www.luratech.com) angeboten wird. Es komprimiert wahlweise verlustfrei oder verlustbehaftet und kann eine Komprimierungsrate von bis zu 1000:1 (verlustbehaftet) erreichen. Im Gegensatz zur JPEG beispielsweise wirkt ein komprimiertes *LuraWave*-Bild „weichgezeichnet“ und besitzt keine störenden Blockstrukturen. Dieses bisher noch nicht sehr verbreitete Bildformat benötigt zum Betrachten ebenfalls ein *Plug-in*.

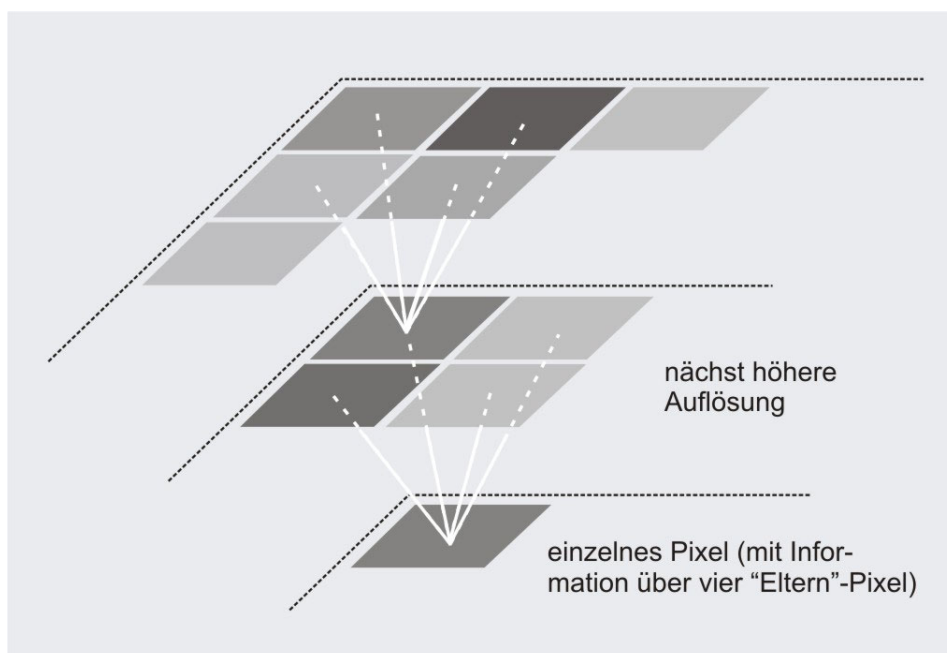
Nicht zuletzt sei noch auf das mittlerweile recht verbreitete Format „*FlashPix*“ hingewiesen, das von *Kodak* zusammen mit *Hewlett Packard*, *Live Picture* und *Microsoft* entwickelt wurde (SAWYER 1998; <http://www.s.shuttle.de/medlab/PhotoCD-Forum/fpx-pp98.pdf>). Bei diesem Format wird nur jeweils der Ausschnitt eines Bildes übertragen, der den zur Verfügung stehenden Bildschirmausschnitt ausfüllt. Die Auflösung - und damit die Dateigröße - passt sich dynamisch dem Betrachtungsbedarf an. Alle Bearbeitungsvorgänge betreffen nur die in Monitordarstellung aktuell enthaltenen Daten des Bildes.

Abb. 7: Verlustfreies Zoomen im *Browser* mit dem Komprimierungsverfahren *MrSID*



FlashPix-Bilder lassen sich zunächst wie normale GIF- oder JPEG-Bilder im *Browser* betrachten, darüber hinaus können sie jedoch gezoomt und mit großer Qualität ausgedruckt werden. *FlashPix*-Dateien enthalten neben dem kompletten Bild (Karte) auch eine Hierarchie mehrerer Kopien in niedrigeren Auflösungen. Abhängig vom Bedarf des Anwenders (Monitoranzeige oder Ausdruck) kann auf niedrigauflösende oder auf hochauflösende Bilder zugegriffen werden. Technisch wird das durch ein ganzes Bündel digitaler Bildverarbeitungskonzepte realisiert, von denen die Kompression mit Hilfe von JPEG nur eine Komponente bildet. Während herkömmliche Rastergrafikformate ihre Bildpunkte zeilen- und spaltenweise ablegen, arbeitet *FlashPix* z.B. grundsätzlich mit einer Zellenstruktur. Vereinfacht ausgedrückt heißt das: wird beispielsweise ein Bild auf dem Monitor verkleinert (durch Herauszoomen), entsteht aus jeweils vier vorhandenen Pixeln ein Pixel auf der neuen Auflösungsebene (s. Abb.8). Die Eigenschaften der vier Ausgangspixel, z.B. Farbe, werden dabei weitergegeben („vererbt“). Dies bedeutet, dass ein Pixel Informationen über seine „Eltern“-Pixel besitzt. Wenn nun ein Bild wieder vergrößert wird, können diese Ausgangspixel mit ihren Eigenschaften wieder erzeugt und richtig angeordnet werden. Gleichzeitig „kennt“ ein Pixel seinen Status, wenn es zu einer weiteren Verkleinerung des Bildes (weiteres Herauszoomen) kommt und das Pixel dadurch selbst zum Elternpixel wird. Das heißt, jede Bilddatei enthält ein eigenes Zuordnungssystem, mit dem diese Verknüpfungen gesteuert werden. *FlashPix*-Bilder beanspruchen somit den Arbeitsspeicher nur mit den für die Anzeige benötigten Pixeln und den Informationen (Adressen) über ihre „Eltern“ (gröbere Rauminformation) und „Kinder“ (detailliertere Rauminformation). Lediglich auf dem *Server*, auf dem die *FlashPix*-Bilder in vollem Umfang und in mehreren Auflösungen vorliegen, nehmen sie entsprechend größeren Platz ein.

Abb. 8: Pixelstruktur in einer *FlashPix*-Grafik (abgestufte Speicherung von Rauminformation)



Format	Raster/ Vektor	Farb-tiefe	Interlace- Effekt	Komprimierung	Kompressionsrate	Eignung	Nachteile
<i>GIF</i>	Raster	8 Bit (indiziert) FarbPal.	Ja	LZW; geschützt	3:1 bis 5:1 (bildabhängig)	(Them.) Karten;	Wenige Farben
<i>JPEG</i>	Raster	24, 32 Bit	Nein; nur bei P-JPEG	DCT und Huffmann;	10:1 bis 50:1 (auch ohne Kompression möglich) bildabhängig	Fotos; Farbverläufe (ungeeignet für einfarbige Flächen, Schriften oder Abbildungen mit scharfen und klar definierten Rändern)	Datenverlust, Artefakte- Bildung
<i>JPEG 2000</i>	Raster	bis 48 Bit	Vergleichbare Funktion wie interlacing	Wavelet	s.o.	s.o.; keine Artefaktbildung; in sg. besser Bildqualität; skalierbare Bildgröße	Plug-In notwendig; Kaum verbreitet
<i>PNG</i>	Raster	8, 24, 48 Bit	Ja	LZ77;	4:1 bis 7:1 (bildabhängig)	Karten; Fotos	Keine Animation möglich; geringe Verbreitung
<i>PDF</i>	Vektor/ Raster	Bildab- hängig	Ja	LZW, ZIP, JPEG, CCITT, RLE	Datenmengen insgesamt geringer als bei Postscript; Rasterbilder- Komprimierung abhängig vom gewählten Format	Flächige Darstellungen, Text- dokumente, Fotos; Suchfunktion, Hypertext-Verknüpfung, Einbindung von Schriften;	Viewer notwendig
<i>MrSID</i>	Raster	24 Bit	Ja	MrSID (waveletbasierte Technik)	15:1 bis 20:1 bei Grautombildern 30:1 bis 50:1 bei RGB-Farbildern	Datenintensive Satelliten- und Luftbilder	Viewer notwendig; geringe Verluste
<i>Flash- Pix</i>	Raster	24 Bit	Ja	Unkomprimiert, Einzelfarb- kompression; optionale JPEG Kompression	wie JPEG bildabhängig	Für alle Abbildungsarten	Ausschließt, kommerziell zu nutzen, teilweise mit geringen Verlusten
<i>TIF</i>	Raster	48 Bit	Nein	Komprimiert (u.a. LZW) und unkomprimiert möglich	Abhängig vom gewählten Komprimierungsverfahren	Fotos, Satelliten-, Luftbilder	Zu große Datenmengen; Viewer notwendig

Tab. 4: Gängige Grafik-Formate im Internet (ergänzt nach: LINDEMANN 2000, WILFERT 2000, GREBE et.al 2000)

4.1.3 Technikbedingte Grenzen der Visualisierung von online übertragenen Geoinformationen

Die Produkte kartengestützter Online-Informationssysteme sind in der Regel auf bestimmte Zielgruppen ausgerichtet. Daher sind ähnliche Grundsätze für die Konzeption und Realisierung von solchen kartographischen Präsentationen zu berücksichtigen, wie sie generell für konventionelle Kartenkonstruktionen zu beachten sind. Dabei nimmt die funktionale Ausrichtung interaktiver Karten zweifellos zu. Denn sie dienen nicht mehr nur als Orientierungs- und Verortungshintergrund für nutzerspezifische, thema-orientierte Anzeigen, sondern auch als interaktives *user interface*. Umso wichtiger ist es, der Kartengrafik als Instrument der Informationsübertragung besondere Aufmerksamkeit zu widmen, da über diese letztlich das individuelle Kognitionsmodell des Kartennutzers maßgeblich beeinflusst wird (SPIESS nach KELNHOFER 2001). Die Qualität traditioneller Papierkarten wird bei Webkarten noch nicht erreicht. Dabei gilt es zu bedenken, dass die Ursachen nicht ausschließlich in den technischen Einschränkungen des Internet für das Webmapping liegen, z.B. Bildschirmauflösung, Farbtiefe, Übertragungsrates etc., sondern vor allem "in einer mangelnden Anpassung des Inhalts der Karten an die ihr zur Verfügung stehende Fläche bzw. in einem Außerachtlassen der Grundprinzipien der kartographischen Visualisierung" (CECCONI/GALANDA 2001).

Die Übertragung von Karten und kartenverwandter Darstellungen über das Internet erfordert neue Formen der graphischen Gestaltungstechnik. Schon seit mehreren Jahren werden die veränderten Gestaltungsanforderungen an Bildschirmkarten untersucht (MALIC 1998, LUTTERBACH 1997, BOLLMANN 1997; TAINZ 1993, 1996,). Für "elektronische Karten", also Karten, die ausschließlich für die Anzeige auf Bildschirmen gedacht sind, müssen andere Gestaltungskriterien gelten als für gedruckte (Papier-) Karten (v. d. WORM 2001; BRUNNER 2000, DICKMANN 2000d, ASCHE 1996, BROWN 1993). Dies betrifft vor allem die technikbedingte Kontrastierung und Detailfülle des Karteninhalts. Aufgrund der Grenzen der Bildschirmauflösung und der schnellen Ermüdung des menschlichen Auges sind hier Anpassungen erforderlich. Infolge der technischen Voraussetzung (Bandbreitenproblematik) und vor allem des Nutzerverhaltens (Visualisierungskontext) sind dabei für Internet-Anwendungen - zumindest auf mittelfristige Sicht - noch stärkere Restriktionen zu berücksichtigen als in der sonst üblichen Bildschirmkartographie.

Dies betrifft vor allem die insgesamt geringe Betrachtungsdauer (-bereitschaft), die auf Seiten der Nutzer aufgebracht wird. Diese entspricht in etwa der Betrachtung von Karten, wie sie im Fernsehen bei Nachrichtensendungen gezeigt werden (STAHL 1997). Die kartographische Darstellung muss sich daher auf sehr wenige Aussagen beschränken und in der Form der Informationsvermittlung nahezu plakativ wirken. Die Generalisierung nimmt hier einen hohen Stellenwert ein. Bildschirmkarten müssen daher trotz oder gerade wegen des Zwangs zur Vereinfachung mit großer Sorgfalt entworfen werden. Nur wenn die Karte ansprechend wirkt und auch beim flüchtigen Betrachten hinreichend Informationen liefert, wird der am Inhalt interessierte Nutzer

angeregt, Zeit- und Kostenressourcen einzusetzen, um den Informationsgehalt, der mit dieser Karte vermittelt werden sollen, tatsächlich in Gänze wahrzunehmen und weitere Informationen - ggf. unmittelbar mit Hilfe dieser Karte – abzurufen. Dank der Hypertext-Struktur des Internet, die ein beliebiges "Nachladen" von Informationen ermöglicht, können sich Karten somit auf vergleichsweise wenige Aspekte beschränken, ohne die eigentliche Zielsetzung verfehlen zu müssen. Im Prinzip erfolgt dazu eine "Zerlegung mehrschichtig-komplexer Kartengrafiken in eine Anzahl analytischer Kartenpräsentationen" (ASCHE 2001, S.13). Anhand dieser Schachtelung der kartographischen Information lässt sich in solchen Web-Karten letztlich eine weitaus größere Informationsmenge vermitteln als in konventionellen Papierkarten. Die "Navigation" zu den weiterführenden Informationen erfolgt unter Verwendung verschiedener dynamischer oder interaktiver Techniken, z.B. mit Hilfe sensitiver Flächen (Skriptgestützte *Mouse-over*-Techniken). Die Schwierigkeit besteht allerdings darin, die kontextuelle Zuordnung aufrecht zu erhalten und die Informationssuche übersichtlich zu gestalten.

Restriktive Faktoren:

- im Vergleich zur Papierkarte geringere Größe des Bildschirms (meist zwischen 15 und 21 Zoll Bilddiagonale)
- Bildschirmauflösung (meist 72 Punkte/Zoll) mit den damit verbundenen Auswirkungen auf Kontrastierung und Detailfülle ("Treppeneffekt" bei schräglaufenden oder runden Kanten, insbesondere bei dünnen Linien, Signaturen und Schrift)
- inhomogene Hardware-Ausstattung der *Client*-Rechner (unterschiedliche Monitorgrößen und Farbdarstellungen)
- geringe Übertragungsgeschwindigkeit
- überwiegende Rasterorientierung der zu übermittelnden Geodaten
- im Unterschied zu Papier größerer Kontrast zwischen schwarzem Text und weißem Hintergrund

Nutzungsanforderungen an eine Internetkarte:

- schnelle Informationsbeschaffung
- unmittelbare Erfassung der visualisierten Geodaten
- Verknüpfung zu weiterführenden oder benachbarten Informationen
- höchstmögliche Authentizität und Aktualität der Informationen
- druckbar, speicherbar
- digital weiterverwendbar und -bearbeitbar

Die Monitorgröße und das Auflösungsvermögen spielen hierbei eine wichtige Rolle. Im *Browser* wird i.d.R. jeweils ein Pixel als ein Bildschirmpunkt wiedergegeben, so dass die Größe eines Rasterbildes von der Bildschirmauflösung des Nutzers abhängt (s. Tab. 5). Besitzt eine Karte eine Größe von 640*480 Pixeln, so nimmt sie auf einem Bildschirm, der über eine Auflösung von ebenfalls 640*480 Pixeln verfügt, die gesamte Fläche ein. Handelt es sich jedoch um einen Bildschirm mit einer Auflösung von

1280*1024 Pixeln, wird die gleiche Karte nicht einmal mehr ein Viertel der Bildschirmfläche füllen und entsprechend klein ausfallen.

Präsentation eines Rasterbildes mit einer Größe von 640*480 Pixeln	
Bildschirmauflösung (Einstellung)	Anteil an der gesamten Bildschirmfläche
640*480	100 % (bildschirmfüllend)
800*600	64,0 %
1024*768	39,1 %
1152*864	30,8 %
1280*1024	23,4 %
1600*1200	16,0 %

Tab. 5: Verhältnis von Bildschirmauflösung zu Bildschirmfläche

Hilfestellung bei der Größendarstellung auf dem Browsermonitor bieten gleichzeitig eingeblendete kleinmaßstäbige Überblickskarten und Zoomwerkzeuge, mit denen z.B. die Ansicht von kleineren Darstellungen vergrößert bzw. von größeren entsprechend verkleinert werden kann. Scrollbalken dienen dazu, Kartengrafiken, die größer als der Bildschirm sind, um den nötigen Betrag zu verschieben und somit auch zunächst nicht sichtbare Bereiche betrachten zu können. Der Nachteil dieser Techniken liegt allerdings darin, dass von der Nutzerseite zunächst einmal Zeit (Aufruf des *Java-Applets*) oder mehrere handwerkliche Schritte "abverlangt" werden, bis die abgefragte Geoinformation übermittelt wird. Die Informationen einer solchen Karte sind folglich nicht unmittelbar erfass- und verwertbar. Zudem wird es gerade bei sehr großen und detailreichen Karten schwierig, den aktuell sichtbaren Kartenausschnitt auf dem Bildschirm noch in den Gesamttraum einordnen zu können. Karten, die als erste einer Kartenfolge oder eines Informationskomplexes im Internet präsentiert werden sollen, sind daher bereits im Entwurfsstadium auf die Bildschirmgröße hin anzupassen und inhaltlich wie graphisch in geeigneter Form zu generalisieren. Teilweise bieten die Autoren von Internetkarten bzw. kartengestützten Informationssystemen unterschiedliche Auflösungs-Varianten an, so dass die Nutzer die für ihre Bildschirmgröße geeignete Karte selbst wählen können (z.B. <http://www.mapserver.ch/gr/beispiele.htm>). Diese Problematik macht deutlich, dass es sinnlos ist, numerische Maßstäbe im Zusammenhang mit Webkarten zu nutzen.

In technischer Hinsicht wird die Präsentation von Karten auf dem Bildschirm vor allem auch durch die grundsätzlich geringere Auflösung im Vergleich zu gedruckten Karten beeinträchtigt. Gedruckte Grafiken oder Texte können je nach Ausgabemedium eine Auflösung von bis zu 2 400 Punkten pro Zoll (dots per inch, dpi = Bildpunkte pro 2,54 cm) erreichen. Damit lassen sich Strichstärken von unter 0,1 mm wiedergeben. Diese sind bei Einzellinien für den Menschen noch erfassbar, denn bei einer Leseentfernung von rund 30 cm beträgt das Auflösungsvermögen des menschlichen Auges bis zu

0,05 mm (BRUNNER 2000). Zwischen Doppellinien muss jedoch ein Abstand von mindestens 0,25 mm liegen, um noch eine Differenzierung vornehmen zu können.

Im Gegensatz zu den Printmedien ist bei Monitoren letztlich der Loch- bzw. Streifenmaskenabstand entscheidend. Dieser bestimmt die theoretische Obergrenze des Auflösungsvermögens des Bildschirms (MALIC 1998, S.60), dessen Auflösungsvermögen noch bei weitem nicht an das Wahrnehmungsvermögen des Auges heranreicht. Hier lassen sich lediglich Bildpunktgrößen zwischen 0,19 mm (ca. 130 dpi) und 0,44 mm (ca. 60 dpi) erzielen.

Bei Bildschirmkarten ist daher im Vergleich zum konventionellen Offset-Druck eine wesentlich stärkere Kontrastierung zu wählen, um Differenzierungen deutlich hervorheben zu können. Feine Zeichnungen und stark strukturierte Kartendarstellungen können nicht ohne weiteres in befriedigendem Maße wiedergegeben werden. Hier sind folglich inhaltliche bzw. grafische Reduktionen erforderlich, die das Kartenbild vereinfachen und somit lesbar erscheinen lassen, z.B. die Verwendung serifenloser Schriftarten und die Einhaltung von Mindest-Schriftgrößen (mindestens 12 pt bzw. 3,6 mm). Grundsätzlich ist die Minimaldimensionierung in der Kartengrafik deutlich anzuheben (s. Tab. 6).

Minimaldimension	Auflösung [17" Lochmasken-Bildschirm]		
	640*480	800*600	1280*1024
Strichstärke	0,5 mm	0,3	0,3
Linienabstand	0,6 mm	0,6	0,5
Flächenabstand	0,8 mm	0,6	0,6
Formerkennbarkeit: Dreieck	2,3 mm	1,2	1,2
Formerkennbarkeit: Quadrat	1,4 mm	1,2	1,2
Formerkennbarkeit: Kreis	3,3 mm	2,7	1,7

Tab. 6: Minimaldimensionierung in der Kartengrafik bei Bildschirmvisualisierung (MALIC 1998, S.108 f.)

Wenn Karten für die Bildschirmvisualisierung in eine Pixelgrafik umgewandelt werden, kann der damit einhergehende Qualitätsverlust Auswirkungen auf die Lesbarkeit haben. Teilweise helfen hier Bildverbesserungstechniken weiter, wie das *Antialiasing*, das den typischen "Treppeneffekt" (*Aliasing*) bei runden oder schräg zur Bildpunktmatrix laufenden Linien durch die Vermischung von Farben/Grauwerten an den Kanten zum jeweiligen Hintergrund abmildert. Der Übergang von gestuften Linien zum Hintergrund wird somit "weich" dargestellt (MALIC 1998). Nachteilig ist jedoch dabei, dass die Datenmenge dadurch ansteigt und dass das gesamte Kartenbild unscharf wirken kann. Eine vergleichsweise einfache Maßnahme besteht darin, möglichst we-

nig dünne und schräglauende (gekrümmte) Linien zu verwenden und z.B. auf Konturierung von Flächen bereits beim Kartenentwurf zu verzichten. Dies verringert den Qualitätsverlust entscheidend. Allerdings wird dadurch einer grafischen "Verarmung" des Kartenbildes Vorschub geleistet. Das Problem wird besonders deutlich, wenn versucht wird, Grafiken auf Displays von WAP-fähigen Mobiltelefonen darzustellen. Die geringe Pixelzahl, die zur Abbildung zur Verfügung steht, erlaubt nur sehr einfach gehaltene kartographische Darstellungen.

Ein weiteres webspezifisches Problem kann die Farbgebung in Karten darstellen. Aufgrund der sehr inhomogenen Hardware und Softwarestrukturen, die im Internet vorhanden sind, kann eine gewählte Farbe sehr unterschiedlich auf den Nutzer-Bildschirmen erscheinen. Jeder Bildschirmtyp ist durch einen eigenen Rot/Grün/Blau-Farbraum (RGB-Farben) gekennzeichnet, der verhindert, dass Farben einer Web-Karte überall gleich wiedergegeben werden. Neben dem Monitor beeinflussen darüber hinaus auch das eingesetzte Betriebssystem und die Grafikkarteneinstellungen die Farbwiedergabe (GREBE u.a. 2000; KÜBLER 1998). Auf einem PC erscheinen Farben zudem deutlich dunkler als auf einem Macintosh-Rechner. Probleme ergeben sich insbesondere dann, wenn eine 24-Bit-Grafik, wie sie etwa als JPEG-Grafik entsteht, in einem 8-Bit-System dargestellt wird. Hier ergeben sich u.U. unerwünschte Farbverschiebungen, die die inhaltliche Aussage einer Karte beeinträchtigen oder verfälschen können. Diese Einschränkungen haben u.a. zur Entwicklung einer speziellen Palette von Farben geführt, die in allen Systemen vorkommen (eine Auflistung findet sich unter: <http://www.lynda.com/hex.html>). Diese so genannte browsersichere Farbpalette wird in vielen Grafikprogrammen als Speicher-Option angeboten. Sie verfügen mit 216 Farben (40 weitere wurden herausgenommen, da sie zwischen *Macintosh* und PC variieren) nur über einen begrenzten Farbumfang, der die Gestaltung von Karten bisweilen einschränken kann. So verfügt diese Palette nur über wenige blasse Farben, wie sie z.B. für größere Flächendarstellungen in der Kartographie benötigt werden. Da sich jedoch 24-Bit-Systeme zunehmend zum Standard entwickeln, ist dieses Problem nicht mehr so gravierend.

Eine weitere technische Restriktion bei der Modellierung von Karten im Internet stellt zurzeit noch die Geschwindigkeit der Datenübertragung dar. Gerade für Grafiken (Karten), die durch große Datenmengen gekennzeichnet sind, bilden geringe Bandbreiten im Datennetz ein entscheidendes "Nadelöhr". Trotz der ständig verbesserten Technologie (z.B. durch T-DSL-Technik), von der auch mittlerweile Privatanwender profitieren, kann es mitunter eine Minute und länger dauern, bis eine angeforderte Karte im Internet bereitgestellt und übertragen wird. Lange Bildaufbauzeiten verringern die Attraktivität und somit die Akzeptanz von Kartenpräsentationen erheblich (ASCHE 2001). Um die erfolgreiche Informationsvermittlung nicht zu be- oder sogar zu verhindern, sollten die Aufrufzeiten möglichst kurz gehalten werden. Dies bedeutet, den Entwurf äußerst datenintensiver Kartendarstellungen zu vermeiden und geeignete Komprimierungstechniken einzusetzen (s. Kap. 4.1.2). Zudem wird dadurch ein Beitrag geleistet, die Netzbelastung insgesamt zu verringern.

Aus den Anforderungen, die von den Nutzern an Internet-Karten gestellt werden, und den Restriktionen, die sich aus den technologischen Voraussetzungen heraus ergeben, lassen sich einige Gestaltungskriterien ableiten, die den Vermittlungserfolg kartengestützter Rauminformationen steigern helfen: (ergänzt nach KÜBLER 1999, WILFERT 1998, STAHL 1997; u.a.):

- Aufgrund der insgesamt geringen Betrachtungsdauer und der technischen Restriktionen sollte sich die Einzeldarstellung auf möglichst wenige Aussagen beschränken (Absenkung der grafischen Dichte, geringerer Ikonizitätsgrad der verwendeten Zeichen etc.).
- Integrierung interaktiver Abfragetechniken in die Karte hinsichtlich themenbezogenem Inhalt und Präsentationsform (hot spots, Links, Tabellen etc.) zum erweiterten Informationsabruf.
- Bereitstellung und Strukturierung eines der Kartendarstellung unterlegten/umgebenden Informationsangebotes nach sachlogischen Ordnungsprinzipien, die vom Nutzer mit Hilfe der Hypertextsystems schnell erfasst werden können (Visualisierungsumgebung).
- Optimierung der Informationsvermittlung durch Nutzung der online- bzw. bildschirmspezifischen Vorteile multimedialer Elemente (z.B. Animation zur Visualisierung dynamischer Abläufe); gleichzeitig ist jedoch eine Überladung mit multimedialen und Animationstechniken zu vermeiden.
- Nutzung von Skript-Eigenschaften zur bildschirmbasierten Layerkontrolle und objektbezogenen Legendengestaltung (Einblend-, Fenster-Techniken etc.; u.U. Verzicht auf zusammenhängende Legende).
- Die Datenmenge sollte infolge der geringen Übertragungsgeschwindigkeiten und der damit einhergehenden großen Ladezeiten möglichst gering gehalten werden (u.a. durch geringere Bildgröße, geringe Farbtiefen, Komprimierungstechniken, Einsatz von Vorab-Darstellungen (*thumbnails*); ggf. Nutzung der *Interlace*-Technik, die allerdings nur subjektiv den Ladevorgang verkürzt, ihn aber – im Vergleich zu stringenter Dateikomprimierung – eher noch verlängert).

Graphische Gestaltung und Dimensionierungen rasterbasierter Karten:

- Die Ausmaße der Karte sind bereits beim Entwurf auf die Größe des Browserfensters anzupassen.
- Verwendung einfach gehaltener Signaturen von mindestens 3x3 mm Flächengröße. Punkte sollten einen Durchmesser von 2 mm besitzen, um erkennbar zu sein.

- Die Strichbreite von Linien sollte 1 Punkt (= 0,35 mm) nicht unterschreiten; der Unterschied zwischen verschiedenen Strichbreiten, die in einer Karte verwendet werden, sollte ebenfalls 1 Punkt nicht unterschreiten.
 - Ausgezogene Linien sind gerissenen Linien grundsätzlich vorzuziehen.
 - Flächendarstellung ohne Konturen vornehmen; Flächenmuster vermeiden.
 - Der Kontrast zwischen schwarzem Text und weißem Hintergrund wirkt auf dem Bildschirm stärker als auf Papier, so dass ein leicht abgetönter Hintergrund die Lesbarkeit erleichtert (leicht gelber oder grauer Hintergrund).
 - Die Verwendung serifenloser Schriftarten (*Grotesk*, *Arial*) und in mindestens 12 Punkt Größe (stehend). Die von Microsoft entwickelte Schriftart *Verdana* passt Buchstaben automatisch in die Rastermatrix ein.
 - Vermeidung schräger oder gebogener Grundlinien für Schriftzüge (nur horizontale Beschriftung).
 - Zur besseren Lesbarkeit von Schriften, die aufgrund der geringen Bildschirmauflösung "gestuft" erscheinen, ist der Einsatz von Glättungsverfahren (mittels Grau- oder Farbstufen) sinnvoll. Allerdings bestehen auch hier Nachteile, denn die Datengröße steigt dabei an, und zudem kommt es bei kleineren Schriftgrößen zu "Verwischungs"-Effekten, die die Leserlichkeit eher behindern.
 - Aufgrund der unterschiedlichen Farbmodelle, die in Rasterbildern (GIF) und HTML-Seiten verwendet werden, sind Umrechnungen zwischen RGB- und Hexadezimal-Werten notwendig, um Farbabstimmungen vornehmen zu können (Hintergrundfarbe, separate Legende).
- Der Abruf bzw. die Konstruktion einer Internet-Karte sollte aus dem aktuellen Datenbestand heraus erfolgen. Da auch ältere Informationen von Interesse sein können, ist u.U. eine Historienverwaltung (Zugriff auf ein Archiv) sinnvoll.
 - Die Bezugsquellen der präsentierten Geodaten müssen nachgewiesen und mögliche Urheberrechte beachtet werden.
 - Verwendung des "alt"-Attributs bei Grafiken, die mit dem -Tag dargestellt werden. Dadurch wird eine Text-Alternative angeboten, falls Grafiken im *Browser* nicht angezeigt werden (sollen). Zusätzlich sollten die Attribute "width" und "height" eingesetzt werden. Dies ermöglicht es dem *Browser*, bereits eine Textformatierung vorzunehmen, selbst wenn die Grafik noch nicht vollständig geladen ist (= Beschleunigung des Seitenaufbaus).
 - Zur raschen Visualisierung von Geodaten ist noch der Einsatz von Rastergrafiken zu bevorzugen. Vektorgrafiken benötigen zurzeit noch softwaretechnische Erweiterungen, die mit längeren Ladezeiten und Installationsprozeduren verbunden sind. Die Bereitstellung von Karten im Druckformat (Postscript-, PDF-Dateien) ist jedoch gerechtfertigt, wenn ihre gesamte Inhaltsfülle und grafische Gestaltung auf den Ausdruck auf einem bestimmten Papierformat abgestimmt ist.

4.1.4 Der Stellenwert statischer Karten für die Vermittlung geographischer Informationen

Die technischen Grenzen der unmittelbaren Darstellung von kartengestützter Rauminformation machen die Nachteile deutlich, die zumindest zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch mit den neuen Technologien im Internet verbunden sind. Bedingt durch die Monitorauflösung lassen sich den statischen, auf das jeweilige Browserfenster zugeschnittenen Webkarten lediglich Aufgabenfelder im Bereich einfacher Visualisierungsanforderungen zuweisen, z.B. zur Ergebnisdarstellung von Routenabfragen, zur Wiedergabe von einfachen Topogrammen etc.

Anwendungen finden sich z.B. im Bereich kommunaler Öffentlichkeitsarbeit oder Planbeteiligungsverfahren. Die Folgen anthropogener Eingriffe können in Form modellierter Landschaftsszenarien online visualisiert und somit bekannt gemacht werden. Allerdings ist dies nur bei Überblicksdarstellungen problemlos möglich. Denn verglichen mit hochauflösten Printkarten oder mit der inhaltlich über den optischen Bildschirmbereich hinausweisenden Funktionalität von interaktiven Karten (s.u.) ist die Informationsübermittlung bei statischen Karten gering und die Interpretation erschwert. Dies gilt insbesondere für komplexere Analyse- oder Interpretationsanforderungen, denen mit statischen Karten nicht begegnet werden kann. Anspruchsvollere Visualisierungen erfordern zusätzlichen Software-Einsatz (*Plug-ins*).

Für viele methodische Problemstellungen in den Geowissenschaften können statische Webkarten somit nur von marginaler Bedeutung bleiben, z.B. zur Erlangung von Überblicksdarstellungen oder groben Orientierungshilfen. Doch schon die vergleichsweise einfache Einordnung von Geoobjekten in einen räumlichen Kontext, z.B. zur Bestimmung von Standortfaktoren, wird durch die - bildschirmbedingt - unbefriedigende Auflösung einer Kartengrafik bzw. eines Luftbildes erschwert.

Einige Möglichkeiten existieren, diese Restriktionen aufzuheben:

Es bietet sich u.a. an, mit mehreren, in unterschiedlichen Maßstäben vorbereiteten Kartendarstellungen zu arbeiten, um bei Bedarf bestimmte Ausschnitte eines Raumes in einer größeren Auflösung betrachten und auswerten zu können. Abgesehen von den Einschränkungen der vorgegebenen Maßstabsstufen müssen dazu außerordentlich viele und überdies miteinander verknüpfte Einzelkarten bereitgestellt werden.

Außerdem kann mit "Kartenvorstufen" gearbeitet werden. So lassen sich kartographisch umgesetzte Geoinformationen als Rohdaten z.B. mit dem *File Transfer Protocol (FTP)* online abrufen und als statische Karte (i.d.R. außerhalb der Browserumgebung) visualisieren. Dies setzt jedoch die Durchführung mehrerer, u.U. zeitlich sehr aufwendiger Zwischenschritte und die Nutzung zusätzlicher Software voraus. Für eine alltagstaugliche Massenapplication ist dieses Vorgehen ungeeignet, so dass eine solche Form der Übertragung auf spezifischere Fachanforderungen beschränkt ist, z.B. bei der Beschaffung von datenintensiven Luft- oder Satellitenbildern.

Schließlich kann das Problem der begrenzten Datenübertragung pro Zeiteinheit durch die Nutzung von verfeinerten Komprimierungstechniken in Kombination mit Betrachtungswerkzeugen (Zoomen, Verschieben, Suchfunktionen) ausgeglichen werden. Dadurch lassen sich auch für anspruchsvollere Auswertungszwecke sehr differenzierte Darstellungen nutzen, z.B. zur Online-Darstellung großer und detailreicher Pläne (Flächennutzungs-, Bebauungspläne) von Kommunen im Internet oder Intranet. Einfachere Komprimierungstechniken, z.B. GIF-Bilder, stoßen allerdings schnell an Grenzen. Die weite Verteilung solcher Darstellungen wird jedoch durch die Notwendigkeit der softwaremäßigen Erweiterung behindert, ohne die solch wirkungsvolle Verfahren nicht genutzt werden können. Zudem führt der Einsatz einiger Komprimierungstechniken aufgrund ihrer spezifischen Funktionsweise bereits streng genommen dazu, dass sie nicht mehr zu den statischen, sondern zu den interaktiven Karten zu zählen sind (s.u.).

4.2 Interaktive Karten als Grundlage für eine effizientere Vermittlung von Rauminformationen

Die Vorteile der Online-Vermittlung von Rauminformationen ergeben sich zu einem großen Teil durch die verschiedenen multimedialen und interaktiven Fähigkeiten des Internet. Voraussetzung ist die Trennung zwischen Speicher- und Darstellungsmedium, die durch die neuen Technologien möglich wird. Über die normale Darstellung einer Karte hinaus können hier über das Anklicken bestimmter Flächen oder Symbole unmittelbar weitere Webseiten aufgerufen oder Fotos, Texte, Grafiken oder auch Bild- oder Tonsequenzen aufgerufen bzw. abgespielt werden. Wie bei Texten mit Hyperlinks ist es auch bei grafischen Darstellungen möglich, eine Verbindung zu einer anderen Datei herzustellen. Diese *clickable maps* dienen daher oft auch als grafische Schnittstelle, mit dem einfache Auskunftssysteme online betrieben werden können, z.B. zur Ermittlung von Reise-Informationen über ein Land oder eine Stadt. So dient z.B. eine Übersichtskarte als Ausgangsbasis, um detailliertere Karten mit weiteren klicksensitiven Punkten (Städte) oder Flächen (Staaten) aufzurufen (<http://www.lonelyplanet.com>).

Der Begriff *image map* wird oft synonym zu *clickable map* benutzt. Allerdings ist *image map* ursprünglich weiter gefasst und beschreibt grundsätzlich sensitive Areale auf einer beliebigen Pixelgrafik. Dabei handelt es sich nicht nur kartographische Darstellungen, sondern auch um auch Fotos, gescannte Textseiten etc. Im Folgenden wird dieser Ausdruck jedoch vorrangig auf Karten bezogen.

Das Anklicken der Flächen ermöglicht z.B. das Aufrufen von erläuternden und inhaltlich weiterführenden Sachdaten, die in Form von Tabellen auf der Bildoberfläche erscheinen. Außer zur Attributdarstellung können die sensitiven Flächen auch dem Aufruf von Grafiken (weiteren Layern), Ton- und Filmsequenzen dienen, so dass eine große Vielfalt an Präsentationsformen möglich wird. Die Vorzüge einer solchen An-

wendung liegen vor allem in der universellen Einsetzbarkeit im Internet. Da alle *Browser* mit *image maps* umgehen können (seit *HTML 2.0*), ist es folglich nicht notwendig, mit *Plug-ins* oder sonstigen Software-Erweiterungen zu arbeiten. Genauso wenig müssen Zusatz-Programme auf dem Webserver installiert werden.

Den Übergang zwischen statischen und interaktiven Webkarten bilden die o.a. hochauflösenden Rasterbilder, z.B. *MrSID* oder *FlashPix / LivePicture* (<http://zoom-server.net/index.html>; s. Kap. 4.2). Bei diesen Verfahren können Nutzer einen Ausschnitt in einer Karte auswählen und ohne Qualitätsverlust hineinzoomen, d.h. trotz stufenlosen Zoomens sind die mit diesen Formaten erzeugten Abbildungen stets scharf. Dadurch werden Kartendetails deutlich, die zuvor im kleineren Maßstab nicht erkennbar und tatsächlich auch nicht vom *Browser* in dieser Bildinformationsdichte geladen waren. Bei *MrSID* oder *LivePicture* wird durch die Aktivierung des Zoomvorgangs der kontaktierte Webserver, auf dem sich die Datei mit der Karte befindet, aufgefordert, den gewünschten Kartenausschnitt in größerer Auflösung zum *Client*-Rechner zu senden. Auf diese Weise werden nun die Daten übermittelt, die zur aktuellen (detaillierteren) Darstellung notwendig sind. Auch wenn der Grad der zum Tragen kommenden Interaktivität noch vergleichsweise gering ist, unterscheiden sich die auf dieser Technik basierenden Karten von den statischen Karten.

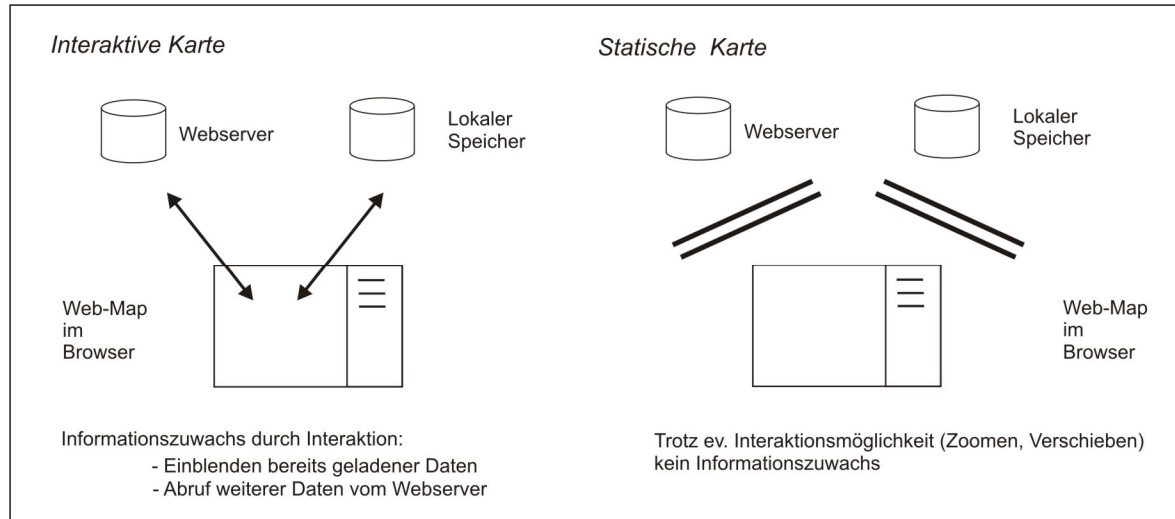
Zwar ist es möglich, mit mehreren hintereinander geschalteten statischen Karten, einen ähnlichen Effekt zu erzielen, doch müssten diese einzeln vorgefertigt und in ihrer Größe jeweils festgelegt sein. Es handelt sich somit jeweils um völlig neue Karten, die aufgerufen werden. Der Vorgang würde bei dann völlig verschiedenen Dateien wesentlich längere Zeit in Anspruch nehmen. Etwas anders verhält es sich, wenn in eine scheinbar statische Karte mit Mausklick hineingezoomt werden kann und ab einer bestimmten Zoomstufe, die Karte nicht einfach nur noch gröber wird, sondern automatisch durch eine neue Karte mit einem anderen Maßstab ersetzt wird. Dabei wird das Visualisierungssystem "Karte" nicht verlassen, sondern unmittelbar genutzt, um zusätzliche, d.h. zuvor nicht im *Browser* ersichtliche Information aufzurufen (<http://www.austrianmap.at/>). Somit ließe sich in einem solchen Fall ebenfalls von einer interaktiven Karte sprechen.

Die Techniken, die entwickelt worden sind, um Karten mit interaktiven Fähigkeiten zu erweitern und mit multimedialen Elementen zu versehen, sind vielfältig. Sie reichen von einfachen "anklickbaren" Karten (-teilen) bis hin zu aufwändig gestalteten und manipulierbaren 3D-„Welten“. Ihr Nutzen für kartographische Zwecke ist allerdings unterschiedlich, droht doch bisweilen auch die Gefahr der audio-visuellen "Überfrachtung" – nicht zuletzt in Übertragungstechnischer Hinsicht. Die verschiedenen technischen Varianten, Geoinformationen mit Hilfe von Interaktivität im Internet abzurufen, werden im Folgenden vorgestellt.

4.2.1. Kartengrafiken als Hyperlink

Der Schritt von statischen zu *interaktiven* Karten wird von Bildschirmkarten vollzogen, die ausgehend von der aktuell abgebildeten Kartengrafik den Abruf weiterer themen- und raumbezogener Informationen durch die Internet-Nutzer ermöglichen. Wie bereits erwähnt, ist dabei entscheidend, dass durch die Interaktion ein Informationszuwachs erfolgt (Abb.9).

Abb. 9: Interaktive und statische Web-Karten



Die Vorzüge der Internet-Technologie zeigen sich vor allem in den individuellen Interaktionsmöglichkeiten, die den Nutzern bei der Abfrage von Informationen eingeräumt werden. Von entscheidender Bedeutung für den Aufbau abfrageorientierter Karten ist hier die Verwendung der Hyperlink-Technik (*hypertext structure*), die sich auch für kartographische Zwecke nutzen lässt (GARTNER 2000; SWANSON 1997). Es sind Verbindungen zwischen einzelnen Dokumenten, die den Internetnutzer mit Hilfe von Mausklicks zu einem neuen Thema (einer neuen Webseite) führen, sofern er sich dafür interessiert. Geht es um raumbezogene Fragestellungen, kann der Einsatz von Karten als "Navigations"-Instrument im WWW hilfreich werden (z.B. <http://wetteronline.de> oder <http://www.lonelyplanet.com>). Die dabei verwendete Karte muss folglich *sensitiv*, also mit der Fähigkeit versehen sein, z.B. auf einen Mausklick hin zu reagieren und die gewünschte Verbindung herzustellen, oder einfach nur einen Informationstext, ein Bild oder eine Tabelle einzublenden.

In ihrer einfachsten Ausprägung besteht die Interaktion darin, dass die gesamte Grafik oder Karte einer HTML-Seite selbst als Link fungiert. Dies bedeutet, dass eine solche Karte vom Nutzer an beliebiger Stelle angeklickt werden kann, um einen Abfragevorgang zu starten, z.B. eine neue HTML-Seite oder eine Abbildung unmittelbar abzurufen. In HTML wird eine solche "Hyperlink"-Funktion mit Hilfe des zweiteiligen `<a>`-Tags erzeugt (*anchor*, Verknüpfungsanker). Auf HTML-Seiten wird normalerweise ein Wort oder eine Textstelle mit einem öffnenden `<a>`-Tag und einem schließenden ``-Tag umrahmt.

Dadurch wird bei der Darstellung im Browserfenster eine sensitive Bildschirmfläche im Bereich der entsprechenden Textstelle erzeugt, die eine Interaktion durch den Nutzer zulässt. Nach dem Anklicken dieser Textstelle erfolgt die Aufforderung an den *Browser*, eine neue Datei abzurufen oder auf eine andere Stelle der aktuellen Webseite zu "springen". Der *Browser* benötigt dazu allerdings Angaben des Ziels, zu dem eine Verbindung hergestellt werden soll (Referenzierung). Das *<a>-Tag* muss daher noch um das Attribut "href" (*hypertext reference*) erweitert werden, das explizit auf die abzurufende Datei hinweist. Wenn eine klicksensitive Bildschirmfläche sich nicht über eine Textstelle, sondern über eine Grafik in einer HTML-Seite erstrecken soll, ist folglich das für die Grafikanzeige verantwortliche *-Tag* in das *<a>Tag* zu integrieren:

```
<a href="honolulu.gif"></a>
```

In diesem Beispiel liegt eine Übersichtskarte der Hawaii-Inseln (*hawaii.gif*) in der Funktion eines Hyperlink vor, der mit einer anderen Karte, dem Stadtgrundriss von Honolulu (*honolulu.gif*), referenziert ist.

Aufgrund dieser einfachen Technik kommen als Hyperlinks verwendete Karten auf Webseiten sehr häufig vor, in der Regel verknüpft mit Texten, Fotos oder weiteren Karten. Mit Hilfe von "*thumbnails*", d.h. stark datenreduzierten Vorab-Darstellungen, die als Hyperlink mit höher auflösenden Bildern oder Karten verknüpft sind, ist die Einrichtung visuell unterstützter Karten-Kataloge im Internet möglich, ohne dass lange Ladezeiten entstehen. Mit Hilfe der Hyperlink-Technik können somit ganze Kartenstaffeln, z.B. in unterschiedlichen Maßstäben oder wechselnden Raumausschnitten, im Internet bereitgestellt werden. Darüber hinaus lassen sich mit Hilfe der Hyperlink-Technik auch andere multimediale Elemente in eine Kartendarstellung einbinden, z.B. Tonsequenzen. An die Stelle der Grafik-Datei rückt dann eine Audio-Datei.

4.2.2 Die Technik der *clickable maps* (*image maps*)

Eine wesentlich differenziertere Informationsabfrage bieten so genannte *clickable maps*. Hier bildet nicht die gesamte Karte einen Hyperlink, vielmehr ist die Grafik in mehrere Teilflächen untergliedert, die jeweils eigene Verknüpfungen zu anderen Dateien herstellen. Für die Darstellung von Rauminformationen bietet sich nun die Chance, den Nutzern eine Interaktionsmöglichkeit mit einzelnen (Karten-) Elementen einzuräumen. So können beispielsweise gezielt Informationen zu einzelnen Geoobjekten, Orten oder Teilräumen abgefragt werden, die in einer Karte eingetragen sind. Auch hier lassen sich Fotos, Texte, Tabellen, Videos oder auch andere Karten per Mausklick abrufen. Damit bilden *clickable maps* ein außerordentlich vielseitig einsetzbares Instrument zur kartenbasierten Informationsvermittlung.

Der Aufbau einer HTML-Seite mit einer solchen *clickable map* basiert grundsätzlich auf der gleichen Technik wie die einfache „klick“-sensitive Gesamtkarte. Die Mitteilung an den *Browser*, dass eine *clickable map* visualisiert werden soll, erfolgt über das HTML-Attribut "usemap" innerhalb des auch hier zum Einsatz kommenden ``-Tags. Es handelt sich um den Hinweis, dass eine Karte, die zusammen mit dieser HTML-Seite aufgerufen wird, mit einer oder mehreren sensitiven Flächen versehen ist.

```

  <map name="Archipel">
    <area shape =rect coords="342,171,369,192" href="honolulu.gif" alt="Stadt
      Honolulu">
    <area shape =poly coords="240,169,223,204,227,231,249,242,250,
      220,264,206"
      href="vulkan.gif" alt="Kilauea Krater"></map>
```

Zwischen dem `<map>`- und dem schließenden `</map>`-Tag ist eine Liste der sensitiven Areale enthalten, deren individuellen Umriss auf der Karte durch Bildkoordinaten bestimmt werden müssen. Die Areale können dabei rechteckige, kreisförmige oder polygonale Konturen erhalten und somit einzelne Geo-Objekte abbilden (Tab.7). Deren Größe lässt sich durch die Angabe geeigneter Bildkoordinaten festlegen.

Areal-Form		
Rechteck/Quadrat:	shape=rect	coords="x ₁ ,y ₁ ,x ₂ ,y ₂ "
Polygon:	shape=poly	coords="x ₁ ,y ₁ ,x ₂ ,y ₂ , x ₃ ,y ₃ ,....."
Kreis:	shape=circle	coords="x ₁ ,y ₁ ,r"

x = Abstand in Pixeln von der linken Bildkante (Spalte)
 y = Abstand in Pixeln von der oberen Bildkante (Zeile)
 r = Radius in Pixeln

Tab. 7: Festlegung sensitiver Areale in einer interaktiven Webkarte

Im nächsten Schritt ist auch hier festzulegen, welche Ziele mit den Hyperlinks angesprochen werden sollen. Hinter dem *href*-Attribut muss die Zieldatei eingetragen sein (z.B. *href="honolulu.gif"*), die nach einem Mausklick auf die entsprechende Fläche vom *Browser* aufgerufen werden soll.

Neben diesen *Client*-seitigen existieren auch so genannte *Server*-seitige *image maps* (z.B. <http://oberon.educ.sfu.ca/splash/tank.htm>). Sie wurden noch vor den *client*-seitigen *image maps* entwickelt. In der Anwendung ist hier der Webserver für die Verarbeitung der Koordinaten des Mausklicks zuständig, nicht der *Browser* des *Client*-Rechners. Bei *server*-seitigen *image maps* muss der *Browser* nach jedem Mausklick

die zugehörige URL-Adresse beim *Server* erfragen, erst dann kann die (übermittelte) URL tatsächlich aufgerufen werden (LEMAY 1999). Beim Steuern des Mauszeigers erscheinen in der Statusleiste die Pixelkoordinaten, die an den *Server* gesendet werden, während bei *client*-seitigen *image maps* bereits die entsprechende URL sichtbar ist. Da die URLs zu den klicksensitiven Flächen also erst noch übertragen werden müssen, führt dies zu längeren Wartezeiten und somit zu einer vergleichsweise ineffizienten Übertragung von Geoinformationen.

4.2.3 Interaktionserweiterung durch *JavaScript*-Techniken

Skriptsprachen verfügen über entscheidende Techniken zur interaktiven Abfrage, die sich auch für die Vermittlung raumbezogener Informationen, wie sie in Form von Karten und kartenverwandten Darstellungen stattfindet, gewinnbringend einsetzen lassen (DICKMANN 2002). Den wichtigsten Bestandteil in der Skriptsprache *JavaScript* bilden die "Funktionen". Sie enthalten einen Programmcode, der eine eigenständige Aktion durchführen kann. Damit sind sie entscheidende Techniken zur interaktiven Informationsabfrage. Sie veranlassen die Browsersoftware, beim Anklicken eines bestimmten Kartenelements z.B. ein zusätzliches Fenster zu öffnen, das textliche oder grafische Informationen enthält. Im Programm-Code steht vor diesem Block das entsprechende Wort "function", das mit einem beliebigen Namen versehen ist (z.B. "Fenster") ist. Damit sie jedoch zur Ausführung durch den *Browser* gelangen, bedürfen sie programmtechnisch noch eines Auslösers. Hierbei handelt es sich um so genannte "Event-Handler", die in den laufenden HTML-Code integriert. Auf ein bestimmtes Ereignis hin, z.B. das Anklicken einer Schaltfläche oder das Überfahren einer sensitiven Fläche mit dem Mauszeiger, beginnt das Skriptprogramm mit einer bestimmten Tätigkeit (Funktion). *Event-Handler*, z.B. "onclick" oder "onmouseover" (Tab.8), werden auch treffend als "Sinnesorgane" einer Webseite bezeichnet (SCHWARZ 2000, S.48). Ein ausführliches Beispiel einer kartographischen *mouseover*-Anwendung findet sich bei GARTNER 1999 (vgl. a. GROLIC 2001).

Event-Handler	„Auslöse-Mechanismus“ zur Ausführung eines <i>JavaScript</i> -Codes
<i>onload</i>	Die HTML-Seite wurde vollständig geladen.
<i>onclick</i>	Ein Button oder die Maus wurde gedrückt bzw. angeklickt.
<i>onmousemove</i>	Die Maus wird bewegt.
<i>onmouseover</i>	Die Maus befindet sich auf einem sensitiven Feld.
<i>onmouseout</i>	Die Maus verlässt ein sensitives Feld.
<i>onabort</i>	Eine Webseite wird verlassen bzw. der Ladevorgang unterbrochen.

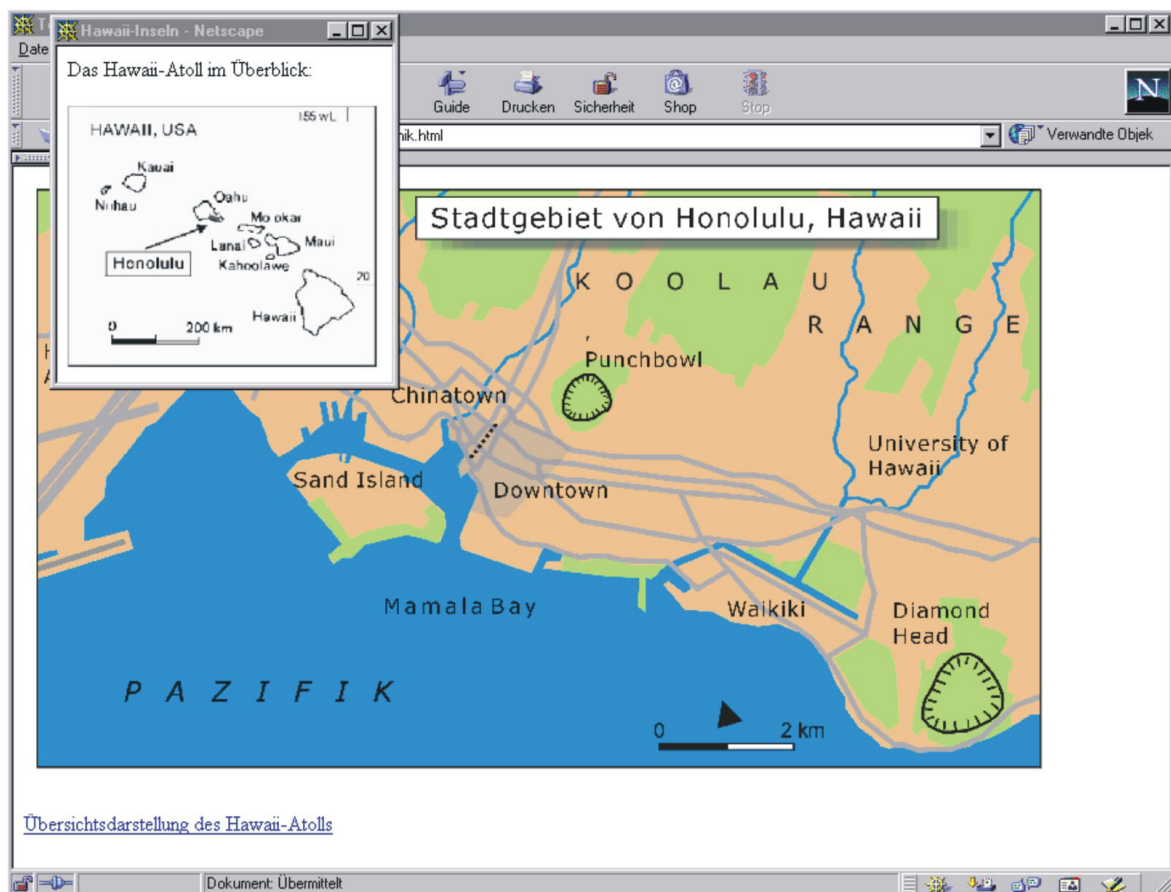
Tab. 8: Typische *Event-Handler* für den Online-Abruf von Geoinformationen

Im Gegensatz zu Papier- oder auch statischen digitalen Karten kann dadurch schließlich eine Informationsabfrage vorgenommen werden, die individuelle Fragestellungen

und Aufgaben berücksichtigt. Die Möglichkeiten zur interaktiven Auswahl von Themenschichten oder Objekten, die mit Hilfe solcher Karten vornehmen lassen, erlauben eine zielgerichtete und somit effizientere Vorgehensweise.

Die in Abb.10 gezeigte Karte verdeutlicht dies. Mit Hilfe von *JavaScript* erfolgt hier allein durch die Bewegung des Mauszeigers über eine sensitive Fläche das Einblenden zusätzlicher Rauminformationen. In diesem Fall erscheint eine Übersichtskarte (Hawaii-Atoll), sobald der Mauszeiger vom Nutzer nur über den Text ("Übersichtsdarstellung des Hawaii-Atolls") unterhalb der Karte bewegt wird. Die zunächst nicht sichtbare Datei, die dem Inhalt des zusätzlichen Fensters zu Grunde liegt, wird dabei bereits zu Beginn zusammen mit der Webseite abgerufen und steht auf dem *Client*-Rechner zur Verfügung:

Abb. 10 : Mit Hilfe von *JavaScript* erzeugtes Zusatzfenster auf einer HTML-Seite (DICKMANN 2002)



Dies bedeutet, dass es nicht notwendig ist, mit Hilfe eines Mausclicks über Internet eine Abfrage zu starten und eine neue Datei herunterzuladen. Zwar ist mit diesem Verfahren ein etwas längerer Ladezeitraum beim erstmaligen Abruf der Gesamt-Karte verbunden, dieser Nachteil wird jedoch durch die schnelle Abrufbarkeit der Zusatzinformationen mehr als wettgemacht. In Tab.9 finden sich weitere *Script*-Techniken, die

sich für die Visualisierung von raumbezogenen Online-Informationen einsetzen lassen.

```

<script language="JavaScript">
  function zusatzfenster()
  {
    UebersichtFenster = window.open("uebersicht.html", "Zusatzfenster
      "width=260,height=260,scrollbars,resizable=yes");
    UebersichtFenster.focus();
  }
</script>
</head><body>
  
  <p><a href="Karte.html" onmouseover="zusatzfenster()">Übersichtsdarstellung des Hawaii-Atolls</a></p>
</body>

```

Ohne hier allzu detailliert auf die Funktionsweise von *JavaScript* eingehen zu können, wird das Grundprinzip doch erkennbar. Im Rahmen des o.g. Skripts bleibt das zusätzliche Fenster dabei solange im *Browser* geöffnet, bis es durch Anklicken der Kopfzeile geschlossen wird. Vielfach wird jedoch die Programmierung so vorgenommen, dass eine Schließung aufgrund des einfachen Wegbewegens des Mauszeigers aus der Zone der sensitiven Fläche erfolgt. Das heißt, es wird dann ein weiterer *Event-Handler* genutzt, ein sog. "onmouseout"-*Event-Handler*. Zusätzlich muss der *JavaScript*-Code um eine entsprechende "close"-Funktion erweitert werden, mit der der *Browser* angewiesen werden kann, das zusätzliche Fenster wieder zu schließen.

Skript-Technik	Merkmal
<i>Event-Handler</i>	Ca. 40 verschiedene Event-Handler dienen zur Auslösung von Aktionen (z.B. zum Aufruf eines Fensters mit raumbezogenen Informationen)
Fenster-Technik	Einblenden kartenrelevanter Informationen (z.B. Legende, Nebenkarte, Übersichtskarte, textliche und multimedial umgesetzte Informationen) in das Kartenfeld mit Hilfe eines Fensters; können weitere Grafiken und Links enthalten; (Fenster sind zudem im Ggs. zu Frames frei verschiebbar, sodass zunächst verdeckte Kartenareale sichtbar werden)
Layer- und Kachel-Technik	Einblenden verschiedener Kartenschichten bzw. -elemente (Hervorheben, "highlighten", Verschieben von Kartenausschnitten)

Animationstechniken	Erweiterung von Webkarten um Animationen; automatisches Wiederaufrufen einer HTML-Seite (Aktualisierung von Bildern, die von Web-Cams erzeugt werden)
Dialog-Boxen und Schaltflächen	Einrichtung von Dialogboxen (z.B. Angebot, ob Nutzer vor der weiteren Kartenbetrachtung Metainformationen erhalten möchte)
Nutzung der Statuszeile	Textliche Wiedergabe kartenbezogener Informationen in der Statuszeile des verwendeten <i>Browsers</i> ; Ablesen der Pixelkoordinaten des Mauszeigers etc.
Hilfsfunktionen	Überprüfung installierter <i>Plug-ins</i> ; Formularauswertung, Passwort-Schutz

Tab. 9: Skript-Techniken in Webkarten (DICKMANN 2002)

Code-Angabe	Merkmal
status	Ausstattung mit eigener Statuszeile („yes“- oder „no“-Einstellung)
dependent	Zusatzfenster bleibt auch bei Schließung des Ausgangs-(Browser)fensters geöffnet („yes“- oder „no“-Einstellung)
height	Höhe des zusätzlichen Fensters in Pixeln
width	Breite des zusätzlichen Fensters in Pixeln
screenY	Vertikalwert der linken oberen Ecke zusätzlichen Fensters in Pixeln (Positionierung auf Webseite)
screenX	Horizontalwert der linken oberen Ecke des zusätzlichen Fensters in Pixeln (Positionierung auf Webseite)
scrollbars	Ausstattung mit / Unterdrückung von Bildlaufleisten (yes- oder no-Einstellung)
menubar	Ausstattung mit eigener Menüleiste mit <i>Browser</i> -Befehlen (yes- oder no-Einstellung)
resizable	Veränderung der Fenstergröße durch Nutzer möglich (yes- oder no-Einstellung)
innerHeight outerHeight	Höhe des inneren Anzeigebereichs / Gesamthöhe (inkl. Rahmen) des zusätzlichen Fensters (nur <i>Netscape</i>)
innerWidth outerWidth	Breite des Anzeigebereichs / Gesamtbreite (inkl. Rahmen) des zusätzlichen Fensters (nur <i>Netscape</i>)

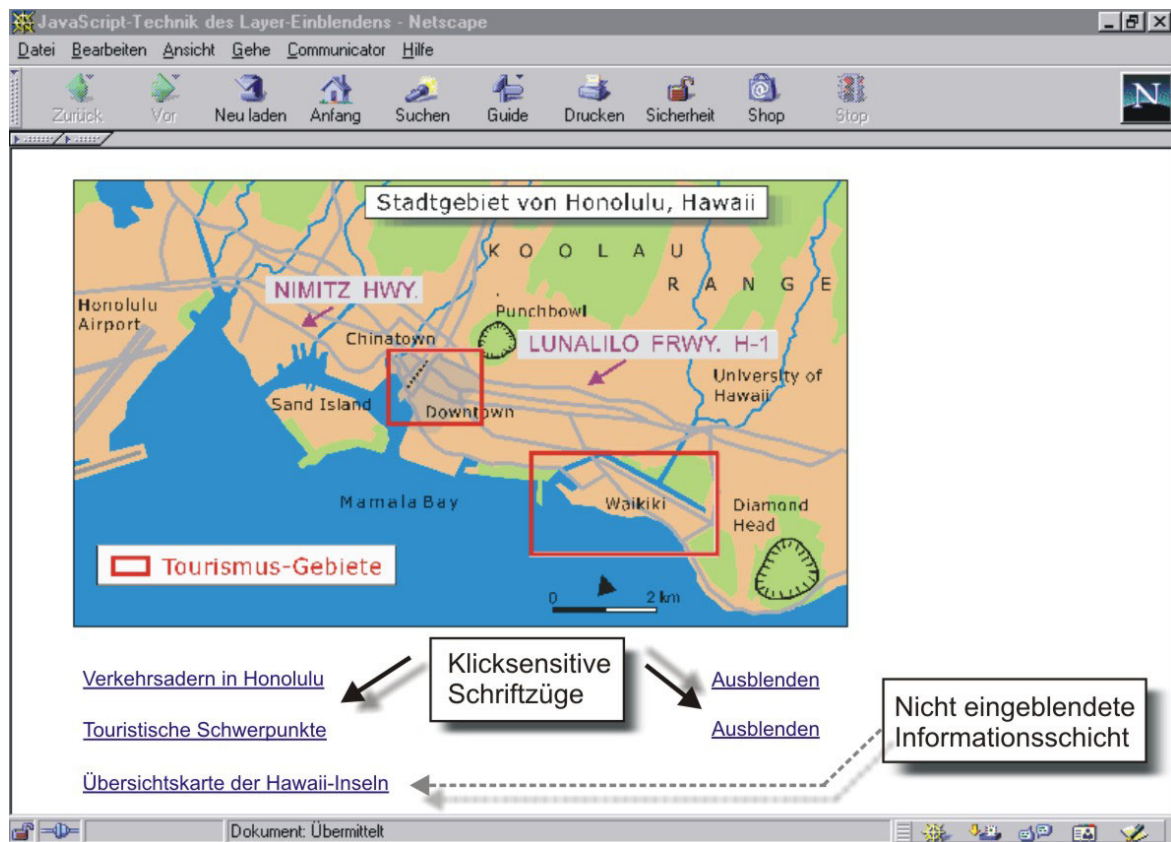
Tab. 10: Gestaltungsoptionen eines *JavaScript*-Fensters zur Vermittlung von Geoinformationen

- Layer Technik

Beim Aufbau komplexerer kartographischer Informationssysteme lässt sich ebenfalls *JavaScript* einsetzen (z.B. SIEKIERSKA et. al. 2000). Neben der *Mouse-Over*-Technik bietet vor allem die *Layer*-Technik die Möglichkeit, hinterlegte Geo- und Sachinformationen in die Visualisierung einzubinden und auf sonst notwendige Gestaltungselemente, z.B. Legende oder Teile der Beschriftung, zu verzichten. Ein Beispiel für die HTML-Erweiterung durch *JavaScript* zeigt Abb.11. Hier können im Rahmen eines einfachen touristischen Informationssystems verschiedene Themenschichten ein- und ausgeblendet werden (DICKMANN 2001).

Die Grundlage bilden mehrere GIF-Grafiken, die exakt übereinander positioniert und nach Bedarf mit Hilfe von Links eingublendet werden können. Dabei kommt der Vorteil von GIF-Grafiken zum Tragen, dass eine der verwendeten Farben beim Erstellen transparent, d.h. unsichtbar, angelegt werden kann. Die Informationen der unterliegenden Grafiken werden somit nicht von dem darüber liegenden Rasterbild verdeckt, sondern bleiben für den Betrachter erkennbar. Auf diese Weise lassen sich zahlreiche Kartenschichten entwerfen und interaktiv durch den Internet-Nutzer aufrufen, wodurch ein einfaches Informationssystem entsteht.

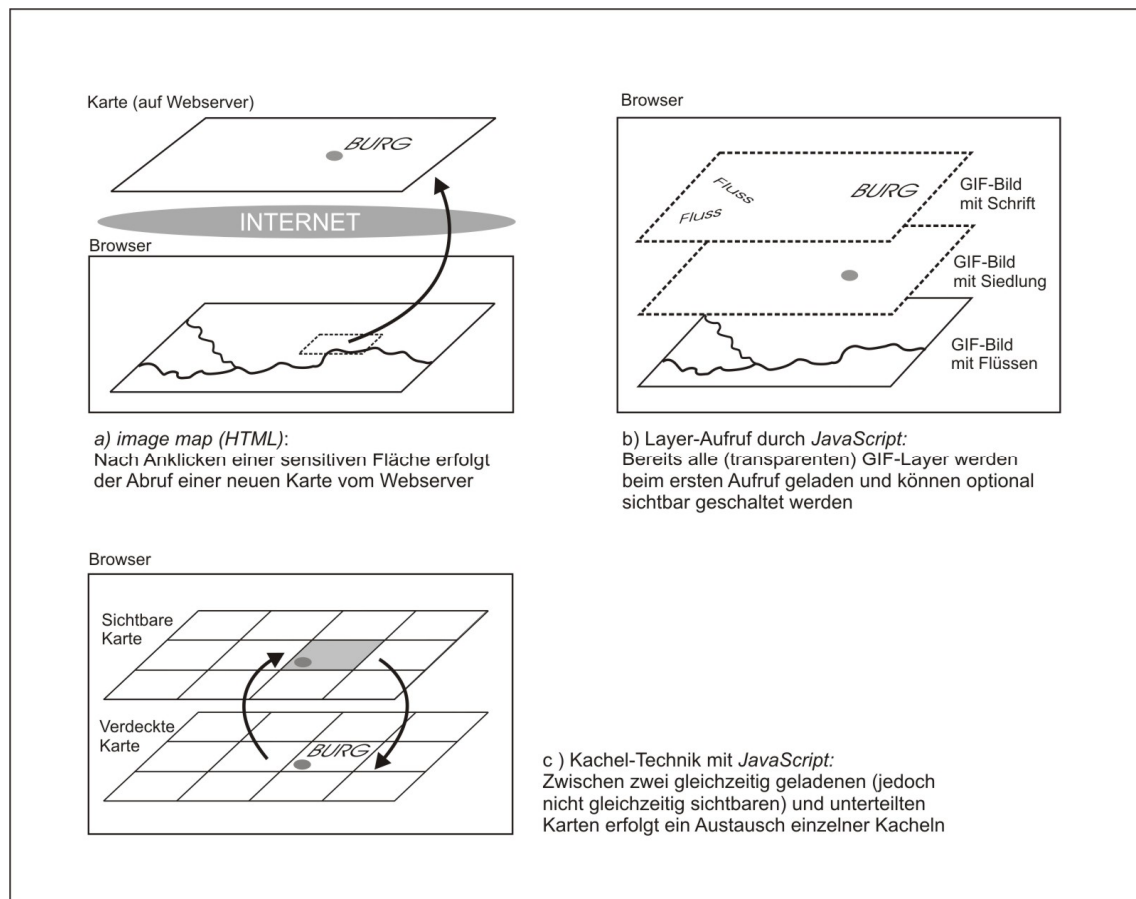
Abb. 11: Web-Karte mit ein- und ausblendbaren Informationsschichten (*JavaScript*-gestützt)
(DICKMANN 2001)



- Kachel Technik

Eine weitere Technik, die ebenfalls auf den Einsatz von kartographisch relevanten *Event- Handlem* aufsetzt, besteht darin, mit zwei unterschiedlichen Karten zu arbeiten (z.B. <http://www.geog.fu-berlin.de/de/Karto/eurocis/enterprise/sto-inset.html>). Beide Karten werden gleichzeitig in den *Browser* geladen und exakt übereinander positioniert, sodass zunächst nur die obere sichtbar ist. Die verdeckt liegende Karte ist von grundsätzlich gleichem Aussehen, enthält dabei jedoch andere bzw. zusätzliche thematische Informationen, die bei Bedarf abgerufen werden können. Dies lässt sich dadurch realisieren, dass die beide Karten zuvor in identischer Weise in einzelne "Kacheln", d.h. in zahlreiche einzelne GIF-Dateien zerlegt worden sind. In dem Moment, in dem der Mauszeiger eine der Kacheln berührt (*onmouseover*-Ereignis), wird sie über einen zugehörigen *JavaScript-Code* durch die darunter befindliche Kachel ausgetauscht (s. Abb.12).

Abb. 12: Techniken zum Aufruf einzelner Informationsschichten (DICKMANN 2001)



Im Gegensatz zum o.a. *JavaScript*-Beispiel, bei dem ein neues Fenster geöffnet wurde, oder auch zu den image maps, die mit Hyperlinks arbeiten, wird hier lediglich ein GIF-Bild innerhalb der Kartendarstellung über ein anderes gelegt. Somit können einzelne Kartenareale angesprochen und allein durch die Bewegung des Mauszeigers z.B. lokale Signaturen oder Beschriftungen eingeblendet werden. Verlässt der Maus-

zeiger die betreffende Kachel wieder, setzt mit Hilfe des "onmouseout"-Event-Handlers nun der umgekehrte Vorgang ein. Die aktuell oben liegende Kachel wird dann wieder nach unten geschoben, sodass das ursprüngliche Bild wieder hergestellt ist. Diese meist zum Hervorheben bestimmter Webseiten-Elemente genutzte Technik (*Hover-Effekt*) lässt sich somit auch für kartographische Zwecke einsetzen und unterstreicht insgesamt die Vorzüge, die die kartengestützten Online-Systeme gegenüber konventionellen Papierkarten bei der Vermittlung von Geoinformationen besitzen.

Mit vergleichsweise einfachen programmiertechnischen Mitteln können Skriptsprachen dazu beitragen, die Interaktivität von Webkarten entscheidend auszubauen und somit die Effizienz der Informationsvermittlung zu steigern. Damit werden vor allem auch die Vorzüge deutlich, die die Internet-Kartographie gegenüber konventionellen Papierkarten besitzt. Die den Nutzern eingeräumte Möglichkeit zu einer aktiveren Auseinandersetzung fördert die zielgerichtete, d.h. die individuelle Abfragesituation berücksichtigende Informationssuche. Ein grundsätzlicher Nachteil dieser Technik besteht darin, dass die Skripte nicht von allen Browsern gleichermaßen akzeptiert werden. *JavaScript-Codes* müssen jedem einzelnen Browsertyp angepasst werden.

4.2.4 Interaktivität mit dem *Scalable Vector Graphics-Format (SVG)*

Wie schon erwähnt, können mit Hilfe des SVG-Formats einzelne Karten-Elemente vom (Web-)Kartenautor angesteuert und beispielsweise mit Hyperlinks versehen werden. Sie sind somit unmittelbar interaktiv nutzbar. Mittlerweile stellt das Format ein ganzes Spektrum an Interaktionsmöglichkeiten zur Verfügung, die heute im Web-Mapping von großer Bedeutung für die Vermittlung geographischer Informationen sind: Ein- und Ausblenden von Kartenelementen, Verschieben, Verknüpfung mit Skripten, *Applets* und *Event-Handlern* etc. Damit übertrifft es nicht nur das PDF-, sondern auch das gängige *Flash-Vektorformat* (s.u.).

Die Mechanismen zur Einrichtung von Interaktivitätstechniken, z.B. Hyperlinks oder *JavaScript*-unterstützte *Event-Handler*, sind im SVG-Format bereits sehr vielfältig nutzbar und ähneln in ihrer Einsatzweise den bekannten HTML- bzw. *JavaScript*-Anweisungen. So legt beispielsweise das *<a>-Tag* fest, welches Kartenelement mit einem Hyperlink ausgestattet wird. Über das *href*-Attribut wird z.B. eine URL angesprochen. Im nachfolgenden Beispiel ersetzt der *Browser* nach dem Klicken auf ein Kartenelement (hier: ein Gebäudegrundriss) die aufgerufene Seite durch die Startseite der Universität Göttingen:

```
<svg width="350" height="300">

  <a xlink:href="http://www.uni-goettingen.de/">
    <polygon style="fill:gray"
      points="100,100 200,100 200,60 250,60 250,100 250,150 100,150" />
  </a>
```

```
<text x="20" y="200"
      style="font-family:Verdana; font-size:12pt; fill:black">
      Klicken Sie bitte auf das Gebaeude!
</text>
</svg>
```

Darüber hinaus sind auch andere Formen der Interaktivität erzeugbar, wie Zoomen, Ein- und Ausblenden von Ebenen (Informationsschichten), Streckenmessungen, objektbezogener Datenaufwurf, Animationen u.a.m. Damit lassen sich kartographische Informationssysteme konstruieren und im Internet bereitstellen, z.B. <http://www.carto.net/papers/svg/eu/oecd.html> und <http://www.karto.ethz.ch/neumann/cartography/vienna/>. Internet-Nutzer haben hier weit reichende Einflussmöglichkeiten auf die Kartenpräsentation und erhalten somit exaktere Informationen.

4.3 Animierte Karten und dreidimensionale Visualisierungen zur Überwindung von Vermittlungsbarrieren konventioneller Raumdarstellungen

Im Gegensatz zur konventionellen Kartographie, die ausschließlich mit statischen Gestaltungsmitteln arbeiten muss, eignet sich die bildschirmbasierte Kartographie auch zur Darstellung prozessualer Sachverhalte im Georaum. Das entscheidende Mittel hierzu bilden Animationen. Mit Hilfe von Animationen lassen sich dynamische Daten ihrem Charakter entsprechend visualisieren. Für die Darstellung von raumzeitlichen Veränderungen stehen bei konventionellen Karten nur "Notlösungen" zur Verfügung, z.B. Pfeildarstellungen, Bewegungslinien und -richtungen nach der Vektormethode, Kartenvergleiche, ausdünnende Farbflächen etc. (HÜTTERMANN 1998). Die konventionellen Karten repräsentieren dabei immer nur für einen einzelnen Zeitpunkt bzw. -raum. Das Vermitteln zeitlicher Veränderungen setzt dabei in der Regel größere Anforderungen an den Kartennutzer voraus, da neben der räumlichen auch noch die zeitliche Analyse erfolgen muss. Ähnliches gilt für die verschiedenen Mittel der Höhendarstellung auf Karten. Hier lassen sich ebenfalls konventionelle Visualisierungsrestriktionen mit Hilfe der Rechnerleistung überwinden.

Die Funktionalität von CD-ROMs, dynamische Prozesse anschaulich wiederzugeben und die dritte Dimension "erfahrbar" zu machen, lässt sich auch im Internet umsetzen. Hierzu steht mittlerweile eine ganze Reihe von Techniken zur Verfügung, die auch für kartographische Zwecke genutzt werden (*Shockwave, Flash, SVG, Quicktime*). Ein entscheidendes Problem bleibt jedoch noch die mangelnde Bandbreite, d.h. die Geschwindigkeit für die generelle Datenübertragung im Internet. Für solche Anwendungen wird trotz der Weiterentwicklung von Komprimierungstechniken immer noch eine große Datenmenge benötigt, so dass die Handhabung zurzeit noch sehr schwerfällig ist. Lediglich die Animation mit Hilfe des GIF-Bildformats ist vergleichsweise unkom-

pliziert, allerdings bietet sie jedoch auch weniger Gestaltungsspielraum (www.geog.fu-berlin.de/~kursbm/gifani/).

Animierte Karten zeigen eine Folge variierender Darstellungen in einem bestimmten Zeitintervall, so dass bei schneller Betrachtung eine scheinbar fließende Veränderung sichtbar wird. Vor allem raum-zeitliche Prozesse, die üblicherweise statisch (d.h. in Form von Signaturen oder mit Hilfe von Kartenfolgen) dargestellt werden, lassen sich in einer Computeranimation eindrucksvoll visualisieren und werden somit besser verständlich (PETERSON 1999; KRAAK 1999; DRANSCH 1993). Animierte Karten können zudem um akustische Elemente (gesprochene Erklärungen, Musik) ergänzt werden, um den Informationsprozess (Lernprozess) zu unterstützen (BUZIEK 2000).

Somit eignen sich diese Karten vor allem für Bildungs- und Ausbildungszwecke. Ein Beispiel hierfür bietet der *National Atlas of the USA* (<http://www.nationalatlas.gov/greenness.html>), der die Auswirkungen der Jahreszeiten auf die Vegetationsbedeckung in den USA zeigt. Die Zugbahn eines Hurrikans aus Satellitensicht kann unter <http://maps.unomaha.edu/AnimArt/Hurricane.mpeg> heruntergeladen und z.B. mit Hilfe des *Windows Media Player* als Filmsequenz abgespielt werden. Eine animierte Kartendarstellung über ökonomische Wandlungsprozesse im Bundesstaat Kansas, USA, zeigt die *Website* des *Institute for Public Policy and Business Research, University of Kansas*. Dort dienen "dynamische" Choroplethenkarten dazu, den strukturellen Wandel der Region auf der Basis statistischer Daten zu visualisieren (<http://www.cc.ukans.edu/cwis/units/IPPBR/ksdata/ksah/javamap.htm>).

In zunehmendem Umfang finden mittlerweile kartographische 3D-Darstellungen Verbreitung im Internet, z.B. Geländeüberflüge (*terrain fly-throughs*), kleine Filme, die den Flug durch eine meist stark reliefierte Landschaft nachahmen und somit dreidimensionale Eindrücke vermitteln (<http://earthview.sdsu.edu/Flythroughs/dvflythru.html>; <http://maps.unomaha.edu/AnimArt/flatgc.mov>). Besser als dies mit Höhenlinien, -punkten, Schummerung etc. möglich ist, lassen sich auf diese Weise die topographischen Verhältnisse wiedergeben. Die für die Visualisierung benötigte Datenmenge ist allerdings beträchtlich (z.T. über 10 MB), so dass das Aufrufen einer solchen Animation längere Zeit in Anspruch nehmen kann.

Noch einen Schritt weiter geht die Visualisierung von räumlichen Strukturen mit Hilfe der *Virtual Reality Modelling Language* (VRML). Diese Technologie erlaubt es, sich mit Hilfe des Cursors eigenständig innerhalb einer virtuellen Welt zu bewegen und Interaktionen vorzunehmen, z.B. den Betrachtungswinkel zu verändern (vgl. SWANSON 1999). Die entsprechende Zusatzsoftware vorausgesetzt (s.u.) eröffnen sich dadurch Perspektiven für die Visualisierung und Interpretation von dreidimensionaler Geoinformation, z.B. die VRML-gestützte Darstellung von Stadtlandschaften (Beispiele unter www.planet9.com/).

Die Modelle sind dabei oft an eine Datenbank mit Angaben zu den abgebildeten Geoobjekten gekoppelt. Es lassen sich nicht nur Informationen zu einzelnen Objekten ab-

rufen, darüber hinaus kann nach einzelnen Objekten gesucht werden. Auch wenn es sich dabei oft noch um vergleichsweise einfache gestaltete 3D-Modelle handelt, zeichnet sich das künftige Potenzial dieser Technik ab.

4.3.1 Die Grundlagen von *animated maps*

Die einzelnen Erscheinungsformen von Animationen sind mittlerweile ein weit verbreitetes Kennzeichen von Webseiten geworden und reichen dabei von einfachen Laufschriften und blinkenden Etiketten bis zu Zeichentrickanimationen und tonunterlegten Videosequenzen (Film). Streng genommen spricht man bei einer Animation von einer "konstruierten Bewegtbildsequenz, bei der jedes einzelne Bild am Computer mittels geeigneter Software erzeugt und berechnet wird" (DRANSCH 2000, S.5). Gleichzeitig bedeutet dies auch, dass Animationen nicht nur auf rein bildhafte Darstellungen beschränkt sind, sondern z.B. auch den bloßen Austausch von Texten auf dem Bildschirm umfassen.

Grundsätzlich ist zwischen temporalen und nontemporalen Animationen zu unterscheiden (PETERSON 1995; DRANSCH 1997):

temporal	Wiedergabe von Veränderungen des Georaumes in einem definierten Zeitintervall z.B. Wachstum einer Stadt
nontemporal	Darstellung von Daten eines bestimmten Zeitpunktes, in variierender Datenaufbereitung sowie in variierenden graphischen Darstellungen zu zeigen z.B. Wechsel des sichtbaren Raumausschnitts, Veränderung des Kartenmaßstabs u.a

Vielfach werden einfache Animationen in Web-Karten dazu verwendet, die Aufmerksamkeit des Betrachters auf bestimmte Lokalitäten zu richten, indem beispielsweise auf einer Wirtschaftskarte Filialstandorte von Unternehmen durch eine blinkende oder tönende Signatur hervorgehoben werden. Da dies nur wenig Speicherplatz in Anspruch nimmt, sind solche Darstellungen weit verbreitet.

Angesichts der technischen Bedingungen im Internet ist zur Nutzung von Animationstechniken eine besondere Softwarekategorie notwendig. Im Gegensatz zu sonstigen Animations-Anwendungen, die z.B. via Fernsehen übermittelt werden, sind hier die vergleichsweise geringen Übertragungsbandbreiten und Rechenkapazitäten zu berücksichtigen. Die hieraus resultierende geringe Datenmenge reduziert die Qualität und Präsentationsgröße von animierten Webkarten.

Zur Erzeugung von kartographischen Animationen im multimedialen Umfeld steht mittlerweile eine Vielfalt an Techniken und Programmen bereit (BUZIEK et.al. 2000; Tab. 11). Für kartographische Zwecke ist es dabei nicht notwendig, auf spezielle und

kostenträchtige 2D- und 3D-Highend-Animationssoftware zurückzugreifen, wie sie etwa in aufwändig hergestellten Kinofilmen eingesetzt wird. Das Prinzip der Animationserstellung ist in allen Programmen ähnlich: In rasterorientierten Systemen entsteht eine Animation durch Reihung aus Einzelbildern. Die Einzelbilder werden dazu in Kartographie- oder sonstigen Visualisierungsprogrammen entworfen und in geeignete Rastergrafiken umgewandelt. Vektorbasierte Programme wiederum berechnen und konstruieren nacheinander die Geometrie der animierten Kartenelemente an verschiedenen Positionen.

Format	Nutzungsvoraussetzung (Client)
HTML-Laufschriften	ohne Plug-in (Nutzung des <marquee>-Tags in HTML; nur mit dem Internet Explorer möglich)
HTML-Blinken (Text)	ohne Plug-in (Nutzung des <blink>-Tags in HTML; nur mit dem Netscape Navigator möglich)
GIF-Animationen	ohne Plug-in
JavaScript / VB-Script	ohne Plug-in
ActiveX	ActiveX-Steuerelement
Java	ohne Plug-in
SVG	(noch) Plug-in erforderlich (jedoch bisher kaum verbreitet)
Flash	Plug-in erforderlich (Shockwave)
Quicktime	Plug-in erforderlich (Quicktime player)
Microsoft AVI / Moving Pictures	Media Player (MS Windows)
Expert Group (MPEG)	Plug-in erforderlich (MPEG player, Windows Media player, Quicktime player)
VRML	Plug-in erforderlich (Cosmo Player, Blaxxun, Rockware)

Tab. 11: Verbreitete Animationsformen im Internet

4.3.1.1. Animation ohne *Plug-in*-Unterstützung

- *GIF-Animationen*

Die Nutzung so genannter GIF-Animationen (*animated GIF*) stellt die einfachste Form der Visualisierung von Animationen im WWW dar. Bei diesem Verfahren wird auf eine Fähigkeit des GIF-Formats zurückgegriffen, mehrere Bilder innerhalb einer einzelnen GIF-Datei zu speichern. Wird eine solche Datei von einem *Browser* geladen, werden die individuellen Bilder sukzessive abgebildet, wodurch bei langsamerem Wechsel eine Art Dia-Show, bei schnellem Wechsel bereits eine regelrechte Phasen-Animation ("Daumenkino") entsteht. Wie bei einem Trickfilm ist die Bewegung aus einzelnen Phasen (*Frames*) zusammengesetzt. Infolge der rasch anwachsenden Datenmengen handelt es sich in der Regel nur um eine wenige Sekunden dauernde Visualisierung. Auf diese Weise lassen sich räumliche Wandlungsprozesse oder perspektivische Wechsel eindringlicher und effizienter vermitteln.

http://www.geog.fu-berlin.de/~kursbm/gifani/	Zahlreiche Beispiele für den Einsatz von animierten GIF-Bilder für kartographische Zwecke
http://www.secretsoftheice.org	Kartographische GIF-Animationen zum Themenbereich Antarktis
http://www.wetteronline.de/satall.htm	Ständig aktuelle und animierte Satellitenbildfilme (GIF)
http://www.fhbb.ch/vermess/main/da00/da6.htm	Slide-Show (Vergleich der Auflösung von Ikonos-, Spot- und Landsat-Daten)
http://www.geog.le.ac.uk/argus/ICA/K.Stynes/Lake.html	Fly-through in Form einer GIF Animation

Tab. 12: Auswahl von GIF-Animationen

Je nach Einstellung beim Abspeichern der Bilder in die GIF-Datei kann sie einmal oder mehrfach abgespielt werden. Dies ist dadurch möglich, dass bereits 1989 das ursprüngliche GIF-Format weiterentwickelt und um diese Fähigkeit der einfachen Animation erweitert wurde (sog. GIF89a-Format). Gegenwärtig bildet GIF89a einen inoffiziellen Standard innerhalb des Internet.

Ausschlaggebend für die weite Verbreitung von GIF-Animationen ist die einfach zu handhabende Integration in ein HTML-Dokument. Ohne zusätzliche Maßnahmen seitens der Internet-Nutzer treten sie somit unmittelbar nach dem Aufrufen einer Webseite in Aktion. Anfangs waren im Internet Animationen nur mit Hilfe von Techniken wie *Server-Push* oder *Client-Pull* (s.u.) möglich. Dabei erfolgt ein stetiger vom Webserver gesteuerter Datenfluss in Form von Bildern, wodurch der Eindruck von bewegten Bildern hervorgerufen wurde. Allerdings war die Implementierung insbesondere der *Server-Push* Technik vergleichsweise aufwendig und der Ablauf netzbelastend. Bei GIF-Animationen handelt es sich hingegen um ein Standardformat, das leicht zu erzeugen ist und von allen *Browsers* unterstützt wird.

Einzelne GIF-Bilder lassen sich mit Hilfe gängiger Bildverarbeitungsprogramme erzeugen, z.B. *Photoshop*, *Paint Shop Pro*, etc. Als Ausgangsmaterial dienen meist gescannte Vorlagen, die z.B. als BMP-, JPEG- oder TIFF- Datei erfasst werden. Außerdem können Bilder von Grund auf neu mit vektorbasierten Grafikprogrammen erzeugt werden. Sie müssen lediglich in ein Rasterformat konvertiert werden. Die Bearbeitung dieser einzelnen Dateien erfolgt anschließend in geeigneten Animationsprogrammen, wie z.B. *GIF-Animator*, *GIF Construction Set* u.a., die teilweise als *Free*- oder *Shareware* im Internet zur Verfügung stehen (<http://www.mindworkshop.com/alchemy/gifcon.html>). Mittlerweile lassen sie sich auch mit weit verbreiteten Grafik- und Computerkartographie-Programmen erzeugen, z.B. mit *Corel Photo Paint*, *Freehand*, *Illustrator* u.a.

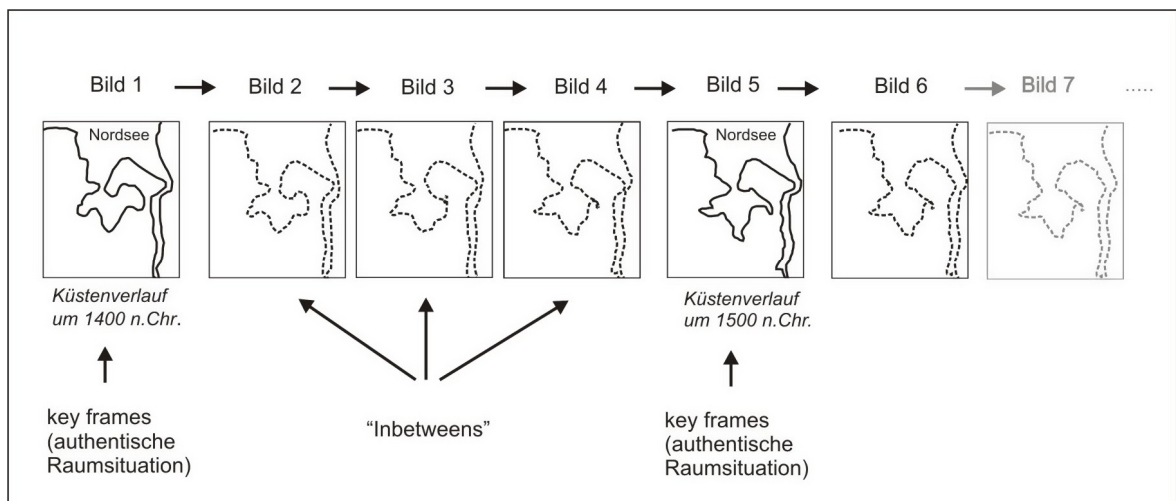
Soll beispielsweise eine kleine *Slide-Show* zur Visualisierung einer räumlichen Veränderung oder nur eine blinkende Standortsignatur konstruiert werden, ist lediglich

eine Sequenz von wenigen bzw. mindestens zwei GIF-Bildern notwendig, um eine geeignete Animation aufzubauen. Sie müssen lediglich eine aufeinander abgestimmte Lage und Größe besitzen.

Die so erstellte GIF-Datei unterscheidet sich in der Handhabung nicht von normalen GIF-Dateien und lässt sich einfach mit Hilfe des ``-Tag in eine HTML-Seite integrieren (s.o.).

Auch linien- oder flächenhafte räumliche Prozesse lassen sich mit Hilfe dieser einfachen Technik abbilden, wenngleich diese Form aufgrund des bisweilen hohen Generierungsaufwandes und Speicherbedarfs der Animation eher noch selten zu finden sind. So kann eine GIF-Animation eingesetzt werden, um auf dem Bildschirm die Veränderungen zu visualisieren, die der norddeutsche Küstenverlauf infolge der Sturmfluten der letzten Jahrhunderte erfahren hat (s. Abb.13). Als Ausgangsmaterial für eine solche Darstellung dienen Abbildungen, die einzelne Stadien zwischen dem 14. Jahrhundert und heute dokumentieren. Als Sequenz hintereinander geschaltet, können diese Bilder bereits als *Slideshow* die Veränderung darstellen. Einen eindrucksvolleren Effekt, der die gesamte Dynamik dieses küstenmorphologischen Prozesses stärker hervorhebt, erhält man jedoch, wenn auch die Zwischenstände (*"inbetweens"*) zwischen den Stadien in die Visualisierung einbezogen werden, so genannte *"Metamorphose-Animation"* (GERSMEHL 1990 zit. n. DRANSCH 1997, S.116). Um einen kontinuierlichen Übergang zu erzeugen, müssen zwischen der Ausgangs- und der Endsituation der Küstenveränderung weitere Verläufe der Landgrenze interpoliert werden. Es ist also zwischen vorgegebenen Schlüsselbildern (*"keyframes"*) und berechneten Stützbildern zu unterscheiden.

Abb. 13: Bildreihenfolge einer GIF-Animation zur Präsentation der Veränderung des norddeutschen Küstenverlaufs (mit fiktiven *"Inbetweens"*)



Die Schlüsselbilder (Ausgangsstadien) bilden bei einem solchen Vorgehen das authentische Gerüst der Animation und geben die tatsächliche Raumsituation zu einem bestimmten Zeitpunkt wieder. Die mit einem Grafikprogramm berechneten *"inbet-*

weens" stellen jedoch nur fiktive Küstenverläufe dar, die nur zufällig den wahren Situationen gerecht werden können. Für die wissenschaftliche Interpretation sind in solcher Form aufbereitete Geodaten daher nur bedingt geeignet. In der kartographischen Gestaltung kann die damit verbundene faktische Unsicherheit durch den Einsatz geeigneter grafischer Hilfsmittel, z.B. durch die Nutzung gerissener oder farblich zurückgenommener Linien zum Ausdruck gebracht werden.

- Java-gestützte Animationen

Eine weitere Möglichkeit, Animationen zu entwickeln, die ebenfalls keine softwarebedingte Erweiterung des *Client-Browsers* voraussetzen, ist der Einsatz von *Java-Applets*. *Java-Applets* sind in der *Java*-Sprache geschriebene Programmcodes, die in HTML-Seiten eingefügt werden. Wird eine solche Seite von einem *Browser* aufgerufen, wird das *Applet* ebenfalls mit heruntergeladen und innerhalb der HTML-Seite abgespielt. Dies ist möglich, da mittlerweile nahezu alle Browserhersteller die *Java*-Technologie implementiert haben.

Zur Ausführung solcher Programme sind so genannte "Klassendateien" (Dateiendung: ".class") notwendig, die von einem *Webserver* bei Bedarf abgerufen werden. Wird beispielsweise eine bestimmte Funktion des *Applets* vom Nutzer interaktiv eingefordert, z.B. Vergrößern oder Verschieben des Kartenausschnitts, lädt das Programm die entsprechende ".class"-Datei über das Internet nach (TOLKSDORF 2000). Im Internet stehen zahlreiche vorgefertigte Applets zur Verfügung und lassen sich vergleichsweise einfach für die Konstruktion einer Webseite verwenden, darunter auch das *Java-Applet "Animator"*. Mit diesem *Applet* können Bilder (Karten) wiederverwendet, Animationen in Schleifen abgespielt und die Zeitverzögerung zwischen den einzelnen Bildern festgelegt werden.

Die Einbindung des *Applets* in eine HTML-Seite erfolgt über das `<applet>`-Tag, wodurch dem *Browser* mitgeteilt wird, dass es sich um eine *Java*-Anwendung handelt - in diesem Fall ein Programm-Code, der eine Animation erzeugt:

```
<applet code="Animator.class" width=600 height=600>
  <param name="startimage" value="1">
  <param name="endimage" value="6">
  <param name="pause" value="1000">
  <param name="repeat" value="true">
</applet>
```

Das `<applet>`-Tag enthält darüber hinaus einige Erweiterungen, die u.a. festlegen, mit welchem Bild zu starten bzw. abzuschließen ist ("startimage" und "endimage"), wie groß der Zeitraum zwischen den Bildwechseln sein soll (in Millisekunden) und ob der Ablauf ständig wiederholt werden soll etc.

Außer *Java-Applets* können auch *JavaScript*-Routinen für den Entwurf von Animationen eingesetzt werden (www.zamg.ac.at/wetter/eclipse99_animation.htm). Der Quelltext kann dabei in die Webseite selbst aufgenommen und muss nicht wie *Java-Applets* vor dem Betrachten zuerst noch kompiliert werden. Beispielsweise lassen sich auch mit *JavaScript* Laufbilder erzeugen. Dabei können auch JPEG-Grafiken Verwendung finden, die im Vergleich zum GIF-Format über eine größere Farbtiefe verfügen. Bislang sind im WWW solche kartographischen Anwendungen allerdings noch selten.

Java-Applets lassen sich so programmieren, dass mit Hilfe von Schaltflächen interaktive Steuermöglichkeiten bestehen, z.B. zur Beeinflussung der Ablaufgeschwindigkeit. Im Vergleich zu den nicht beeinflussbaren GIF-Animationen steht somit eine funktionsreichere Technik zur Auswahl und zur online-basierten Übertragung von dynamischen Geoinformationen zur Verfügung

- Pull- und Push-Techniken

Ein wichtiger technischer Vorzug des Internet ist die Fähigkeit, unabhängig vom Standort auf der Erde nahezu in "Echtzeit" Daten übertragen zu können. Bei entsprechender Hard- und Software können Telefongespräche geführt, Börsendaten oder Videokonferenzen abgehalten werden. Auch bei der Übertragung raumbezogener Daten lässt sich dieser Vorteil nutzen, um Internet-Nutzern möglichst aktuelle Informationen bereitzustellen. Voraussetzung ist dabei, dass Daten und Informationen auch tatsächlich ständig neu ermittelt und für die Übertragung über das Internet aufbereitet werden.

Weit verbreitet sind sich selbständig aktualisierende Wetter- und Verkehrskarten. (www.weather.com/weather/sat/regions/northwest_sat_450x284.html; www.mapquest.com; <http://beta.mapquest.com/>; [www.wsdot.wa.gov/PugetSound Traffic/](http://www.wsdot.wa.gov/PugetSoundTraffic/)). In regelmäßigen Abständen werden neue Informationen in Form von Karten, die von einem *Internet Map Server* erzeugt werden, zum *Browser* gesendet. Die meist als GIF- oder JPEG-Bild transferierten Abbildungen ersetzen dann die Karten im Browserfenster. Grundlage für eine solche Kartenerzeugung können zwei unterschiedliche Konzepte sein: *client-pull* und *server-push*. Von *client-pull* spricht man, wenn der *Browser* von selbst nach einer definierten Zeitspanne eine WWW-Seite erneut aufruft oder auch zu einer anderen wechselt. Beim *server-push*-Konzept besitzt hingegen der Server die aktive Rolle, z.B. <http://cassini.geog.fu-berlin.de/eurocis/m99/wwwd9a.html>. Ein im Hintergrund laufendes Skript übernimmt hier den regelmäßigen Versand von aktualisierten Karten zum *Browser*. Die Verbindung zum *Browser*, der die eintreffenden Daten darstellt, wird dabei vom *Client* permanent offen gehalten. Beiden Ansätzen ist gemeinsam, dass eine neue Seite oder ein neuer Seitenteil nach dem Verstreichen eines gewissen Zeitraumes automatisch geladen wird, ohne dass vom Nutzer selbst eine Verbindung reaktiviert oder eine neue Seite aufgesucht werden muss.

Im Bereich des Tourismus wird dies genutzt, um ständig aktuelle Situationsansichten (Fotos) von einem Standort zu übertragen, z.B. die Niagarafälle (<http://www.fallsview.com/Stream/PushFallsStream.shtml>). In kurzen Abständen nehmen *Webcams* eine Szenerie auf, die sofort ins Internet eingespeist wird.

Das vergleichsweise unkompliziert zu handhabende *client-pull*-Konzept hat "*server push*" weitgehend verdrängt (LEMAY 1998). *Client pull*, also die ständige Anfrage des *Browsers* an den *Server*, wird u.a. mit Hilfe des *<meta>-Tags* im *<head>*-Bereich einer HTML-Seite erzielt. Hier fordert das Attribut "*http-equiv=*"Refresh" den *Browser* auf, die bereits geladene Webseite nach einer bestimmten Zeitspanne erneut aufzurufen:

```
<meta http-equiv="Refresh" content="180">
```

Mit dieser Methode lässt sich eine beliebige Zahl von Seiten (Karten) nacheinander automatisch abrufen, so dass auch einfache Präsentationen (*slide-shows*) möglich sind. Das Verfahren ist allerdings zu schwerfällig, um ununterbrochene Animationen abspielen zu lassen. Zunehmende Verbreitung innerhalb der *Pull*-Techniken findet der Einsatz von *JavaScript*. Mit Hilfe eines kleinen Skripts (Methode "*reload*"), das in den HTML-Code integriert wird, lassen sich vom Nutzer gesteuerte Abrufintervalle erzeugen. Das Skript übernimmt hier zeitabhängig den Wiederaufruf der HTML-Seite.

4.3.1.2 Kartographische Animationen und Film mit *Plug-in*-Technologie

- *Kartenanimationen mit dem Flash-Format*

Einige Animationsverfahren greifen auf zusätzliche softwaretechnische Erweiterungen, und besondere Komprimierungsverfahren zurück, um dynamische Vorgänge zu visualisieren, z.B. *Flash* (<http://www.macromedia.com>) oder *Swish* (<http://swishzone.com/>). Das weit verbreitete Programm "*Flash*" von *Macromedia* arbeitet nicht mit einer Rasterdaten-Datei, sondern mit einem vektororientierten Grafikformat (GROLIC 2001, GREBE 2000). Im Gegensatz zu GIF-Bildern ist bei dem Vektorformat eine bildschirmfüllende Darstellung und stufenloses Vergrößern ohne Qualitätsverlust möglich. Vor allem entstehen jedoch aufgrund der Vektorgrafik deutlich geringere Dateigrößen als bei Rasterformaten. Dieser Vorteil zeigt sich besonders bei thematischen Karten. Selbst längere Kartenanimationen sind dadurch in akzeptablen Zeiträumen im Internet zu übertragen.

Das Programm *Flash* ist zudem in der Lage, auch andere Datei-Formate, wie Rasterdateien (JPEG oder GIF), Vektorgrafiken und auch Tondateien einzubinden. Über Konvertierungsfiler ist es möglich, vektorbasierte Grafikprogramme wie *Freehand*, zu Vorarbeiten zu nutzen. Nach der Übertragung in *Flash* kann eine Grafik-Datei mit den gewünschten Animationen versehen werden. Hier lassen sich dann einzelne Kartenelemente als Bewegtbilder darstellen, z.B. bewegliche Pfeile, die automatisch einer

vorgegebenen Route ("Pfad") entlang fahren oder sich allmählich aufbauende Linienzüge, die einen Überblick über einen Reiseweg geben. So könnten beispielsweise von Fremdenverkehrsämtern empfohlene Anfahrtsrouten in eine Stadt, Parkleitsysteme oder Stadtexkursionen mit Hilfe einer Animation ortsunkundigen Touristen im Internet vermittelt werden, bevor diese eine Reise antreten.

Angelehnt an die Funktionalität des Autorenprogramms *Director* von *Macromedia* lassen sich mit *Flash* für Internet-Anwendungen nicht nur Animationen erzeugen, sondern auch komplexe Menüstrukturen aufbauen (z.B. <http://www.stadtplan.net/brd/>). So können über eigene Dialogfenster Schaltknöpfe entworfen und mit Funktionen versehen werden, z.B. ein Startbutton im Browserfenster, mit dem eine Animation durch den Nutzer gestartet werden kann. Damit kann dieses Programm dazu dienen, nicht nur interaktive Karten, sondern auch geeignete multimediale Visualisierungsumgebungen zu schaffen, die sehr vielfältige Informationsabfragen ermöglichen. Seitdem *Flash* 1996 eingeführt worden ist, hat sich dieses Programm innerhalb der Animationstechnologie zu einem de facto-Standard im Internet entwickelt. Immer mehr kartengestützte Online-Systeme im Internet basieren heute auf dem *Flash*-Format, z.B. www.stadtplan.net/brd/ und www.webkartographie.de.

Die *Flash-Player*-Format erstellte Animation kann mit Hilfe des *Plug-in* „*Shockwave*“ visualisiert werden, indem es als "Objekt" in eine HTML-Seite eingefügt (eingebettet) wird:

```
<embed src="Animationsdatei.swf" width=120 height=180>
```

In der HTML-Seite wird dazu das *<embed>*-Tag mit einigen Attributen verwendet, das in den Body-Abschnitt des HTML-Codes eingetragen wird. Das "src"-Attribut gibt den Pfad-Namen bzw. die URL zur Mediendatei an. Die Attribute "width" und "height" legen den Bildrahmen fest (in Pixeln), mit dem die Animation auf dem Bildschirm zu sehen sein soll.

Bei Abbildungen mit sehr differenziertem Bildinhalt, z.B. bei einem detailreichen Stadtplan, steigt die Zahl der zu vektorisierenden Objekte und damit auch die zu verarbeitende Datenmenge jedoch sehr stark an (GREBE et. al. 2000). Selbst wenn nur wenige Kartenelemente animiert werden sollen, kann die Vektortechnik dann an ihre Grenzen stoßen. Dies kann dazu führen, dass die Datenmengen schließlich Größenordnungen annehmen, die ggf. eine Verwendung von Rasterformaten sinnvoller machen.

- *Film-Formate*

In analoger Weise vollzieht sich die Einbindung von Ton- und Video-Elementen in eine HTML-Seite. Bildschirmkarten auf Webseiten können somit um multimediale Elemente wie Filmausschnitte ergänzt werden. Für viele raumbezogene Fragestellungen,

z.B. im Bereich der Stadtentwicklungs- oder Landschaftsplanung, können Fotos und Filmsequenzen dazu beitragen, Raumsituationen zu visualisieren und somit Planungsentscheidungen zu unterstützen (SHIFFER 1995). Wie schon angedeutet, haben Filme den schwerwiegenden Nachteil, dass zur Visualisierung enorm große Datenmengen verarbeitet bzw. gespeichert werden müssen. Um Filme mit akzeptablen Übertragungszeiten anbieten zu können, ist folglich eine Komprimierung notwendig. Dies schränkt die Bildauflösung und die Geschwindigkeit der Bildfolge erheblich ein (GALLENBACH 1999). Das Ergebnis sind daher nur sehr kurze Filmsequenzen, deren Qualität bei weitem nicht an das gewohnte Kino- oder Fernsehbild heranreicht. Für viele dokumentarische und informationsbedingte Zwecke ist jedoch auch eine geringere Qualität oft noch ausreichend.

Die Erzeugung von hochwertigen Filmdateien ist meist mit erheblichem hard- und softwaretechnischem Aufwand verbunden (Videokarte etc.). Ein leistungsfähiges Format zur Komprimierung von audiovisuellen Daten bildet das von der Standardisierungsorganisation *Moving Pictures Experts Group* entwickelte "MPEG-" Verfahren, das – ähnlich wie JPEG – mit Datenreduzierung arbeitet (vgl. www.mpeg.org; www.cis.ohio-state.edu/hypertext/faq/usenet/mpeg-faq/top.html). Es wurden mehrere Kompressionsstufen entwickelt, die der Bearbeitung von Videosequenzen und Audiodaten dienen. Mit Hilfe eines "MPEG-Encoders" können aus einzelnen Bildern MPEG-Filme erstellt werden. Trotz der Verwendung von Rasterbildern bleibt die insgesamt anfallende Datenmenge vergleichsweise gering. Bei dem hier eingesetzten Komprimierungsverfahren werden nur die sich zwischen zwei *Frames* verändernden Bildinhalte gespeichert (BUZIEK et. al. 2000). Zum Betrachten der Filme sind entsprechende *Viewer* notwendig, z.B. der in *Windows* integrierte *Media-Player*.

Ein mittlerweile ebenfalls sehr verbreitetes Film-Format stellt *QuickTime Video* dar, das von der Firma *Apple* - zunächst für *Macintosh*-Rechner, dann aber auch für PC - entwickelt wurde (<http://quicktime.apple.com/>). Es dient der Übertragung von Videosequenzen sowohl im Internet als auch auf Multimedia-CDs. Es zeichnet sich durch eine höhere Qualität als das entsprechende AVI-Filmformat von Microsoft (AVI, "Audio/Video Interleave") aus, das die Grundlage zahlreicher Video-Dateien im Internet bildet.

- Streaming-Technologie

Im Gegensatz zu den in Intervallen arbeitenden *client-pull*-Verfahren erfolgt beim so genannten *streaming* von Multimediadaten eine kontinuierliche Datenübertragung. *Streaming* bedeutet, dass nicht erst die gesamte Datei geladen werden muss, bevor die Daten verarbeitet werden können, sondern dass die ersten ankommenden Datenpakete schon ausgewertet und dargestellt werden, während die Übertragung noch stattfindet. Hierzu wird ein besonderes Übertragungsprotokoll (*User Datagram Protocol, UDP*) eingesetzt, das für eine kontinuierliche Übertragung sorgt. Die sonst übliche Überprüfung, ob alle Datenpakete vollständig transferiert wurden, entfällt dabei (RAU

1999). Die Technik eignet sich nicht nur zum generellen Abruf von Filmsequenzen, sondern auch zur Live-Übertragung von Fernseh- und Nachrichtensendungen.

Um diesen kontinuierlichen Datenstrom zu erzeugen wurden u.a. mit *RealAudio* und *RealVideo* besondere Formate für Audio- und Videoanwendungen entwickelt. Vor allem bei sehr großen Dateien, die über das Internet versandt werden, lassen sich somit lange Wartezeiten verringern. Mit dem Abspielen von Filmsequenzen kann dann bereits sehr schnell begonnen werden. Dies hat auch Vorteile für kartographische Anwendungen. Mit Hilfe des *streaming* lässt sich vor allem die Präsentation multimedialer Elemente, die im Zusammenhang mit Kartendarstellungen stehen, verbessern und somit vermehrt einsetzen, z.B. bei *Flash*.

Um Streamingformate zu erzeugen ist ein spezieller Konverter notwendig, der gängige Audio- und Video-Datenformate in ein streamingfähiges Dateiformat umwandelt, z.B. "*Realsystem*" der Firma *RealNetworks*. Darüber hinaus muss ein spezielles *Server-Programm* auf dem Webserver installiert werden, das dafür sorgt, dass die Daten in einem steten Datenstrom zum *Browser* gelangen. Das Abspielen erfolgt im Programm "*RealPlayer*", das als *Plug-in* für den *Browser* oder als eigenständiger *Viewer* erhältlich ist (<http://www.real.com>). Daneben existieren aber auch eine Reihe andere *Plug-ins*, wie z.B. *VDOLive* von *VDONet* (www.vdolive.com/) oder *QuickTime*, die sich für das Abspielen von Streamingdaten eignen. Teilweise sind *Plug-ins* bereits in den *Browsers* enthalten, z.B. *Netscape*.

4.3.2 Grundlagen von 3D-Darstellungen

4.3.2.1 Geländeüberflüge (*fly-throughs*)

Eine weitere Form der kartographischen Animation im Internet, die ebenfalls auf einem Film basiert, bilden so genannte *3D-fly-throughs* (*fly-bys*). Im Gegensatz zu den o.g. Animationen bewegt sich hier nicht ein (Karten-)Objekt, sondern der Betrachter bzw. die Kamera selbst. Wie in einem Film lassen sich somit idealisierte oder fotorealistic Flüge über Landschaften oder Städte simulieren, z.B. Flüge über die österreichischen Alpen: www.sai.jrc.it/home_mission.htm oder über Stuttgart: www.ifp.uni-stuttgart.de/ifp/gallery/index.html. Solche kinematischen Elemente erweitern konventionelle kartographische Darstellungen und tragen aufgrund ihrer Anschaulichkeit erheblich zur Verbesserung der Interpretation räumlicher (Relief-) Verhältnisse bei.

Bei den Ausgangsdaten handelt es sich nicht um eine bloße Videoaufnahme, sondern um vergleichsweise hochauflösende Satelliten- und Luftbilddaten oder digitale topographische Karten, die mit einem digitalen Geländemodell kombiniert werden. Aus dem digitalen Geländemodell einer Landschaftsoberfläche können in einem Bildverarbeitungsprogramm Einzelbilder aus jeder beliebigen Perspektive und in genügender Anzahl entlang einer vorgegebenen Flugroute abgeleitet werden. Programme wie *TruFlite* (<http://www.truflite.com>), der *Terrain Visualization Publisher* (Firma *IQ Media*;

<http://www.iqmedia.com>) oder das *IMAGINE VirtualGIS* (*Erdas Imagine* (<http://www2.erdas.com/SupportSite/focus/movies/movies.htm>)) geben dabei Unterstützung, indem sich Flug-Pfade über die Geländeoberfläche durch entsprechende Kamerapositionierungen und durch individuelle Festlegungen von Richtung und Geschwindigkeit menügesteuert definieren lassen (*fly path definition*). Zur Erzeugung perspektivischer 3D-Darstellungen wird auch oft das Grafik-Programm *POV-Ray* genutzt (BUZIEK et. al. 2000). Die Festlegung von Beleuchtungsverhältnissen oder Betrachtungswinkeln ermöglicht dabei den Entwurf plastisch wirkender Oberflächenstrukturen.

Die bei der Erzeugung eines Geländeüberfluges entstehende Datenmenge ist allerdings außerordentlich groß, so dass die Verwendung im World Wide Web sehr eingeschränkt wird. In der Regel finden sich hier daher nur relativ kurze Filme, die in kleinen *Plug-in*-Fenstern ablaufen. Mittlerweile wird daher bei jüngeren Projekten oft auf Streaming-Verfahren zurückgegriffen, um zumindest die Wartezeiten zu verringern (SIEKIERSKA et.al. 2000).

Infolge der unterschiedlichen Formate sind zum Abspielen spezifische Software-Erweiterungen zum *Browser* notwendig, z.B. der *Windows Media Player* (s.o.) oder der *Terrain Visualization Viewer*. Die Interaktionsmöglichkeiten durch den Betrachter sind dabei gering. Immerhin lässt sich im *Viewer* der Ablauf unterbrechen, beliebige Positionen des Films ansteuern und von dort aus das Video weiter abspielen. Eine durch den Anwender frei wählbare Flugrichtung ist dabei nicht möglich, da es sich i.d.R. nur um aneinander gereihte rasterbasierte Einzelbilder handelt, die im *Plug-in* sukzessive abgespielt werden. Dies bedeutet, dass die Flugroute festliegt und nicht vom Betrachter geändert werden kann.

Die Einbindung eines Films in eine HTML-Seite, die zum Abspielen im *Browser* führen soll, folgt bei allen Formaten grundsätzlich einem gleichen Aufbau, d.h. über die Nutzung des bereits erwähnten *<embed>-Tags*. Die Unterschiede ergeben sich zunächst einmal nur in der Extension des eingesetzten Dateiformats, das zum Aufrufen des geeigneten *Plug-in* führt:

```
<embed src="Beispiel.mov" width=120 height=180>
```

In diesem Beispiel weist die Dateierweiterung **.mov* den *Browser* an, das geeignete *Plug-in*, z.B. den *"QuickTime Player"*, zu starten und die Videosequenz, die in der Datei *"Beispiel.mov"* enthalten ist, abzuspielen. Zur Betrachtung der Film-Formate ist ein *Plug-in* für den Nutzer-*Browser* notwendig. Dies bleibt insgesamt jedoch ein gravierender Nachteil dieser Technik, weil vor der eigentlichen Visualisierung zuerst ein softwaretechnischer Zwischenschritt erfolgen muss.

4.3.2.2 Panorama- und 3D-Objektdarstellungen

Zunehmende Verbreitung im WWW finden bereits Techniken, die es Nutzern ermöglichen, in Räume scheinbar "einzutauchen" (*immersion*), indem sich z.B. von einem Standpunkt aus 360° Rundumblicke vorgenommen werden können. In einer anderen Form lassen sich Objekte "heranziehen" und beliebig drehen. Hier zeigen sich deutlich die Vorteile der Internet-Technologie, die eine interaktive Raumerkundung ermöglichen und zu sehr realistischen Eindrücken führen, z.B. von Reliefverhältnissen (FUHRMANN/STREIT 1997, S.65). Programmpakete wie *QuickTime VR Authoring Studio* von Apple, *Reality Studio* von MGI Software (<http://www.mgisoft.de/>), *The Panorama Factory from Smoky City Design* (<http://www.panoramafactory.com/>), *Interactive Pictures* (www.ipix.com) u.v.a. stellen Panorama-Sichten von bis zu 360° her, in denen sich die Blickrichtung frei wählen lässt. Das heißt, es wird nicht nur ein 360°-Panorama-Bild dargestellt, sondern vor den Augen des Nutzers wird eine Rundumsicht einer Umgebung als Film simuliert. Bei dieser Form der nontemporalen Animation lässt sich mit Hilfe des Mauszeigers die Perspektive beeinflussen. Dadurch entsteht die Illusion, der Betrachter stehe im Mittelpunkt einer "Szene". Außerdem kann in jede Richtung interaktiv gedreht und gezoomt werden (<http://www.cityscope.de>; <http://zoomserver.net/index.html>; <http://passau-info.com/livepicture/index.html>).

Für das Abspielen der Animation mit Hilfe des *Browsers* werden allerdings ebenfalls *Plug-ins* oder *Viewer* benötigt (z.B. www.apple.com). Mittlerweile stehen auch *Java*-Versionen zur Verfügung, die zwar eine Installation überflüssig machen, jedoch noch zu schwerfällig arbeiten. Die *Plug-ins* bzw. *Viewer (Player)* arbeiten dabei mit besonderen Formaten, z.B. von *Quicktime* oder *Livepicture* (IVR-Format). *Quicktime* eignet sich nicht nur dazu, Video- und Audio-Sequenzen wiederzugeben, sondern auch Panoramen darzustellen. *Quicktime* verwendet dazu das "mov"-Format, das sowohl Bild- als auch Steuerdaten enthält. Anhand der spezifischen Steuerdaten erkennt der *Browser*, dass es sich nicht um einen "normalen" Film, sondern um eine 360°-Panorama-Animation handelt.

Bei der Herstellung dieser Panoramen erfordert die Anfertigung geeigneter Bildvorlagen den größten Aufwand. Bei den Panoramen handelt es sich um gekrümmte Weitwinkelaufnahmen, die mit speziellen Kameras gemacht werden, oder auch um zusammengesetzte, digitalisierte Einzelphotos, die jeweils von einem einzigen Punkt im Raum aus aufgenommen wurden. Das Aufnahmegerät wird dabei nach und nach um sich selbst gedreht. Die so um den Beobachtungspunkt entstehenden Bilder lassen sich mit Hilfe von *Reality Studio* oder *Quicktime* zu einem Bild zusammenfassen. Im Prinzip wird dazu ein Panoramabild auf die Innenseite eines Zylinders projiziert. Beim normalen flachen Betrachten wirken diese Bilder stark verzerrt; so werden nahe Objekte unverhältnismäßig groß, gerade Linien gekrümmt dargestellt etc.

Es handelt sich bei dieser Technik um ein Sonderformat von VRML (s.u.). Dabei wird ein virtueller Kamerastandort innerhalb eines sphärischen oder kubischen Objekts definiert. Bei den Vorlagen kann es sich um Papierabzüge, die gescannt werden, oder

auch um Bilddateien aus Digitalkameras handeln. Auch Einzelaufnahmen von Video-Kameras lassen sich nutzen, bleiben allerdings unter der Qualität von Einzelaufnahmen, die mit Standkameras gemacht werden. Eine hohe Bildqualität, d.h. Auflösung, ist notwendig, um auch nach dem Zoomvorgang eine ansprechende Bildschärfe zu erreichen. Dies wird dadurch beim Betrachter der Effekt des "Eintauchens" in eine dargestellte Raumsituation verstärkt.

Ein wichtiger Vorzug dieser Technologie ist die Möglichkeit, *Hypertext*-sensitive Flächen in die Fotos zu integrieren und weitere (multimediale) Dateien aufzurufen. Mit Hilfe von Verknüpfungspunkten oder -flächen (*hotspots*) an geeigneten Stellen im Panoramafilm, z.B. an einer Straßenecke, kann ein neuer Betrachtungsstandort aufgesucht werden. Betrachter können somit von einer Panorama-Szene in eine andere wechseln, wodurch ein Eindruck des "Sich-Fortbewegens" erzeugt und die Orientierung im virtuellen Raum verstärkt wird. Die Nutzung sensitiver Bildareale (*hot spots*) erfolgt mit Hilfe des folgenden Codes (*Ausschnitt*):

```
...
<!-- Begin QTVR -->
  <center>
    <embed src="http://www.virtuallyvancouver.com/qtvr/H010.mov" width="464"
    height="255"
      controller="True" bgcolor="#FFFFFF" pan=270 cache
        Pluginspace="http://www.virtuallyvancouver.com/qtredirect.html"
          hotspot16="http://www.virtuallyvancouver.com/tour/h011w.html"
          hotspot17=http://www.virtuallyvancouver.com/tour/h011w.html
    ...
```

Mit dieser Technik erhalten Räume bzw. Landschaften im Browserfenster eine scheinbare Dreidimensionalität und werden für den Nutzer interaktiv betrachtbar. Zahlreiche Unternehmen, z.B. Immobilienmakler, Landschaftsplaner, Architekturbüros u.a., die ein Interesse daran haben, Raumsituationen zu visualisieren oder Produkte in ihrem räumlichen Kontext abzubilden, setzen auf solche Formen der Präsentationen im Internet. Auch Einrichtungen wie Museen oder Messegesellschaften werben heute auf ihren Webseiten mit virtuellen Rundgängen, die u.a. auf diesen Techniken beruhen.

Dies deutet bereits an, welche Möglichkeiten sich damit grundsätzlich für die Visualisierung georäumlicher Informationen, insbesondere für die Raumerkundung, eröffnen. So lassen sich Kartenstandorte mit Verknüpfungen zu fotografisch erstellten Panoramansichten versehen, um etwa die Charakteristika der Vegetationsbedeckung oder Bodenbeschaffenheit wiederzugeben. Auch Stadtpläne lassen sich durch die Option der (foto-)grafischen Visualisierung von charakteristischen Aufrißstrukturen, Straßenzügen, Gebäudefassaden etc. ergänzen, z.B. die Innenstadtansichten von Hongkong (http://www.letmedoit.com/qtvr/sample_kowloonday.html). Eine Kombination von kartographischer und fotografischer Darstellung bildet der virtuelle Stadtrundgang von

Vancouver (<http://www.virtuallyvancouver.com/frameset40.html>). Hier sind die beiden Darstellungsformen, „Panoramablick“ und „Standortmarkierung“ in der Karte miteinander dynamisch verknüpft. Der Wechsel der Blickrichtung wird gleichzeitig in der Karte angezeigt, so dass eine unmittelbare räumliche Zuordnung der erfassten Bildausschnitte zum Kartenbild vorgenommen und eine verbesserte Orientierung erzielt wird.

Außer der Erzeugung von 360°-Grad-Rundumsichten von einem bestimmten Standort aus ist es umgekehrt auch möglich, ein einzelnes Objekt von einer Vielzahl unterschiedlicher Standorte aus zu betrachten, sog. *„image-based objects“* (IMOBs). Beispielsweise mit dem Programm *„Object Modeler“* werden damit Objekte im Internet multiperspektivisch-interaktiv betrachtbar gemacht. Um diesen Effekt zu erreichen, werden beispielsweise Gebäude nicht von einem feststehenden Standpunkt, sondern rundum aus verschiedenen Perspektiven in Einzelbildern aufgenommen. Die einzelnen Ansichten ein- und desselben Gegenstands werden logisch miteinander in ihrer Reihung verknüpft. Zusammengefügt zu einem Gesamtbild, lassen sich die von ihnen dargestellten Objekte mit Hilfe des Mauszeigers anschließend in verschiedenen Ansichten betrachten. Mit dieser auch als *„Objektfilm“* bezeichneten Technik (KÜBLER 1999) können Objekte scheinbar gedreht und gewendet werden. Sie können dabei von der virtuellen Kamera *„umfahren“*, d.h. relativ gesehen, auf dem Monitor gedreht und somit aus verschiedenen Blickwinkeln heraus betrachtet werden. Sie bilden somit einen einfachen Ersatz für die weitaus aufwändigere VRML-Konstruktion (s.u.).

4.3.2.3 Dreidimensionale Landschaften mit Hilfe von VRML, X3D und Java3D

Mittlerweile steht theoretisch eine ganze Reihe von Techniken zur Verfügung, um dreidimensionale Landschaften im Internet zu visualisieren. Auf der Grundlage von Java und XML sind mit Java3D und X3D entsprechende Sprachen zur Modellierung von Objekten und Geländeoberflächen entwickelt worden. Aufgrund des hohen Programmieraufwands haben sie allerdings bisher kaum Verbreitung für kartographische Anwendungen im Internet zu gefunden. Der Vorläufer von X3D, die *„Virtual Reality Modelling Language“* (VRML bzw. die erweiterte Version VRML 97), bildet in dieser Hinsicht immer noch einen Quasi-Standard im World Wide Web zur Beschreibung interaktiver dreidimensionaler Räume oder *„Welten“*. Neben mehreren Unternehmen, die Sonderentwicklungen forcierten, z.B. SVR *„Superscape Virtual Reality“* (www.superscape.com), beschäftigt sich bereits seit 1998 zudem eine Arbeitsgruppe des Web3D-Konsortiums (Geo VRML Working Group) mit der Entwicklung geeigneter Werkzeuge zur Präsentation geographischer Daten. Ziel ist es, georeferenzierte Daten wie Karten und 3D-Modelle mit einem Standard-VRML-Plug-in im *Browser* betrachten und analysieren zu können (www.geovrml.org/). Weiterhin wurde in einer *Special-Interest-Group 3D (SIG 3D)* der Initiative *„Geodateninfrastruktur Nordrhein-Westfalen“* (GDI NRW 2003) ein neuer Dienst zur interoperablen 3D-Geovisualisierung entwickelt (KOLBE 2004). Dieser neu spezifizierte Web 3D

Service (W3DS) überwindet die zweidimensionale Begrenzung des WMS und hat die Integrierte Visualisierung von 3D-Stadt- und Regionalmodellen im Internet zum Ziel (www.ikg.uni-bonn.de/sig3d/).

Sowohl die zwei- als auch die dreidimensionale Darstellung mit ihren zahlreichen Formen der interaktiven Steuerung für eine präzise Informationsabfrage eröffnen ein großes Nutzungspotenzial, das theoretisch eine beliebig breite und tiefe Informationsabfrage zulässt. Mit Hilfe von *Plug-ins* können nicht nur im *Browser* 3D-Objekte von verschiedenen Seiten betrachtet werden, sondern scheinbare Kamerafahrten durch dreidimensional modellierte Landschaften individuell am Monitor vorgenommen werden, z.B. durch eine Stadt. Im Gegensatz zur reinen Animation ist unter *Virtueller Realität* eine computergenerierte Umgebung zu verstehen, die dem Nutzer eine Interaktion in Echtzeit ermöglicht. Während es sich bei dem o.g. Panorama- und Einzel-Objektdarstellungen um berechnete Rasterbilder handelt, bilden bei VRML vektorbasierte Objekte die Grundlage der Abbildungen. Dies hat u.a. den Vorteil, dass jedes einzelne Objekt bei der Programmierung mit besonderen Eigenschaften und Informationen versehen werden kann. Damit zeichnen sich auch interessante Möglichkeiten der dreidimensionalen Visualisierung und interaktiven Exploration räumlicher Daten ab. So nutzt beispielsweise das 3D-Campus-Informationssystem (www.uni-karlsruhe.de/Uni/) der Universität Karlsruhe ein 3D-Modell auf VRML-Basis, um Besuchern das Universitätsgelände vorzustellen. Das Modell ist dabei an eine Datenbank mit Angaben zu den abgebildeten Gebäuden gekoppelt. Es lassen sich nicht nur Informationen zu einzelnen Objekten abrufen, darüber hinaus kann auch nach einzelnen Hörsälen oder Instituten gesucht werden. Zur Betrachtung solcher VRML-Szenen ist wiederum ein *Plug-in* notwendig, z.B. *Cosmoplayer* (www.cai.com/cosmo/) oder *Blaxxun3D* (www.blaxxun.de). Nachdem eine VRML-Datei zum *Client* gesendet worden ist, werden die Daten vom *Plug-in* in Echtzeit berechnet und auf dem Monitor dargestellt.

Ähnlich wie HTML ist VRML im ASCII-Format geschrieben, wenngleich die Dateien auch in einem binären Datenformat abgelegt werden können (LINDEMANN 1999). Eine VRML-Welt kann sich aus zahlreichen Dateien zusammensetzen, die hierarchisch gegliedert sind. Eine Datei enthält ein oder mehrere Objekte einer "VRML-Welt", zum Beispiel mehrere Gebäude eines Stadtteils. Die einzelnen Körper (z.B. Gebäude) lassen sich in VRML aus Einzelflächen definieren. Bei der Programmierung kann teilweise auf bereits vordefinierte geometrische Grundkörper zurückgegriffen werden, die sich als Bausteine zur Schaffung virtueller Landschaften nutzen lassen. Bei diesen VRML-Primitiven handelt es sich z.B. um Quader oder Kegel, die zur 3D-Visualisierung von einzelnen Raumelementen eingesetzt werden können. Sie benötigen weniger Speicherplatz als Objekte, die aus einzelnen Flächen zusammengesetzt sind, und erhöhen dadurch die Übertragungsgeschwindigkeit bzw. die Vermittlungseffizienz von Rauminformationen. Mit Hilfe des VRML-Primitivs "*geometry Cone*" und zusätzlicher Angaben zu Höhe und Durchmesser wird beispielsweise ein grüner Ke-

gel beschrieben, der sich z.B. zur idealisierten Darstellung eines Nadelbaums bzw. -walds in einer Landschaft eignet:

```
#VRML V2.0 utf8
Shape
{appearance Appearance
  {material Material
    {diffuseColor 0 1 0
    }
  }
  geometry Cone
  {height 2.5 bottomRadius 1.0
  }
}
```

Die Farbe wird mit dem Attribut "diffuse Color" und dem entsprechenden RGB-Wert festgelegt (ZEDI 2000). VRML-Objekte können zudem nicht nur mit Farbe, sondern auch mit besonderen Effekten, wie Glanz, Intensität von Licht-Reflexionen, Transparenz etc. versehen werden, die den dreidimensionalen Eindruck verstärken. Außerdem besteht die Möglichkeit, Texturen zur Darstellung von Oberflächen zu verwenden. Das heißt, eine oder mehrere Bilddateien lassen sich auf ein Objekt, z.B. eine Kugel ("*geometry Sphere*") projizieren. Hierzu ist ein spezieller "*appearance*"-Node innerhalb des Objekt-Codes notwendig, der beim Bildaufbau eine entsprechende Bilddatei (im GIF-, JPEG- oder PNG-Format) aufruft. So kann z.B. eine zweidimensionale Abbildung der Erdoberfläche, genutzt werden, um einen interaktiv betrachtbaren Geländeausschnitt oder einen Globus zu erzeugen. Mit dem *Sphere*-Objekt erfolgt jedoch nur eine Annäherung an eine Kugelform. Die Schaffung stärker gerundeter Objekte erfordert einen wesentlich höheren Programmieraufwand (RIEDL 2000; BAUER 1997).

Für die Konstruktion dreidimensionaler Landschaften stehen VRML-Editoren zur Verfügung, die wie CAD-Systeme ein interaktives Gestalten einer VRML-Welt ermöglichen, z.B. *Cosmo Worlds*, *Landform* etc. VRML-Editoren haben sich auf die Herstellung dreidimensionaler Objekte und Räume spezialisiert und verfügen über einen hohen Funktionsumfang. Teilweise ist auch die Ableitung von VRML-Welten aus GIS-Programmen heraus möglich (DICKMANN 2001). Zur Darstellung von digitalen Geländeoberflächen verfügt VRML zudem über besondere Objekttypen (*Nodes*), z.B. der Objekttyp "*ElevationGrid*" (ZEDI 2000). Der "*ElevationGrid-Node*" eignet sich dazu, Geländemodelle, die aus einem regelmäßigem Raster bestehen (Grid), zusätzlich mit Texturen aus Karten oder Luftbilder zu versehen. Damit lassen sich die z-Werte (Höhenwerte) perspektivisch darstellen und die daraus entstehende Abbildung interaktiv betrachten. Das auf dem Geländemodell aufliegende Bild wird dabei z.B. als einfache JPEG-Datei dazugeladen. Ein weiterer Objekttyp, "*IndexedFaceSet*", verarbeitet hingegen Geländemodelle, die aus unregelmäßig verteilten Punkten aufgebaut sind. Dadurch erfolgt eine bessere Anpassung der Visualisierung an das reale Gelände. Au-

ßerdem können hier z.B. einzelnen Polygonen Farben zugewiesen werden. Die anfallende Rechenleistung ist aufgrund dieser Eigenschaften jedoch wesentlich höher und schränkt die Online-Vermittlung folglich ein.

4.3.3 Der Stellenwert animierter und dreidimensionaler Raumdarstellungen in der online-basierten Vermittlung geographischer Informationen

Die künftige Entwicklung der verschiedenen 3D-Techniken erscheint viel versprechend, zumal sie nicht nur auf Bildschirme mit zweidimensionaler Darstellungsmöglichkeit und Maus-Bedienung festgelegt sind, sondern sich auch mit einem „Datenhandschuh“, einer „Space-Mouse“ oder einem „Holodeck“ nutzen lassen. Der vollständige Durchbruch von VRML, *Java3D* und *X3D* bei Internetanwendungen ist bisher wegen zu geringer Bandbreiten und Rechengeschwindigkeiten noch unterblieben. Die Datenmenge steigt schon bei etwas stärker objektstrukturierten Darstellungen sehr schnell an und erfordert entsprechende Übertragungs- und auch lokale Rechenkapazitäten. Viele VRML-Anwendungen im Internet sind daher vergleichsweise einfach gehalten, z.B. werden Gebäude nur selten mit Texturen oder Fassaden versehen etc. Dennoch ist abzusehen, dass die Navigation im Internet nicht mehr nur text- und bildorientiert, sondern in einem dreidimensionalen Raum vor sich gehen wird. Denn es ist wie mit normalen HTML-Seiten möglich, durch Hyperlinks, die VRML-Objekte zugewiesen werden, zu anderen Webseiten und somit auch zu anderen Landschaften, Nachbargebieten etc. zu gelangen. Von entscheidendem Vorteil ist dabei, dass – im Gegensatz zur bildbasierten *Virtual Reality* – auch unter- oder überirdische Strukturen visualisierbar und interaktiv erfahrbar werden, z.B. geologische Schichtungen oder unterschiedliche Geschossnutzungen in Stadtkarten. Die Raumerkundung kann dabei unterstützt werden durch Bewegung, Objektmodelle und multimediale Elemente, wie Klänge oder Film, „...the user will become part of the map“ (MOORE 1999, S. 215)

Eine interessante Anwendung bildet in diesem Zusammenhang auch der Einsatz so genannter „*Avatare*“ (CRAMPTON 1999). Dabei handelt es sich um künstliche Figuren oder „Personen“, die stellvertretend für den Betrachter in einem virtuellen Raum erscheinen und damit für andere Netzteilnehmer, die sich ebenfalls in Form von Figuren in diesem Raum (*chat room*) befinden, sichtbar werden. Sie lassen sich mit Hilfe eines *Browsers* unmittelbar zur Kommunikation nutzen. Zudem können sie in Bewegung versetzt und in ihrer Blickrichtung beeinflusst werden, so dass eine neue Form der Raumerkundung möglich wird. Bisher werden *Avatare* jedoch lediglich in Phantasie-Welten eingesetzt, seltener in VRML-Räumen, die der Realität nachempfunden sind. Denkbar ist jedoch der Einsatz dieser Technik zum Vorab-Kennenlernen neuer Umgebungen, z.B. eines neuen Arbeitsumfeldes, einer Ausbildungsstätte oder eines Urlaubsortes.

Jedoch nicht alle Eigenschaften und Möglichkeiten der Animationstechniken eignen sich gleichermaßen für kartographische Visualisierungen. Zu Recht geben GATALSKY et. al. (2001) zu Bedenken, die Möglichkeiten der Animation für die explorative Da-

tenanalyse nicht zu überschätzen: "Eine Animation ist zum Beispiel nicht unbedingt hilfreich für den Vergleich von Zuständen eines Phänomens zu verschiedenen Zeitpunkten oder zur Anzeige von Veränderung zwischen zwei aufeinander folgenden Zuständen, besonders wenn die Veränderungen nur unwesentlich sind" (S.176). Auch die Wahrnehmung von Korrelationen muss bei animierten Darstellungen auf einer Gedächtnisleistung beruhen, da der zeitgleiche (bzw. kurz rückblickende) visuelle Vergleich bei einer linearen Darstellung nicht möglich ist. Als Mittel zur Abhilfe wird von verschiedenen Autoren vorgeschlagen, alternative Anzeigen der gleichen Daten oder verschiedene Transformationen mit der Animation zu kombinieren (HÖFNER/SCHAAB 2003, GATALSKY et. al. 2001). Auch die Schaffung von virtuellen 3D-„Welten“, die eine sehr differenzierte Objektwiedergabe erlauben und somit einen völligen realistischen Eindruck von Räumen vermitteln können, trifft im Grunde nicht die eigentliche Intention von Karten. Diese sollten im Unterschied zu naturgetreuen Abbildungen (Fotos) schließlich eine Selektion und zweckgerechte Reduzierung von Information zum Ziel haben und somit die Realität bewusst abstrahieren. Aus kartographischer Sicht kann es also gar nicht vorrangig darum gehen, virtuelle 3D-Räume genau wie die Wirklichkeit aussehen zu lassen. Vielmehr gilt es, orientierungsgebende Charakteristika eines Raumausschnittes herauszustellen und/oder themabezogene Informationen in einen räumlichen Kontext zu stellen, um raumbezogene Fragestellungen zu beantworten. Die Übernahme einer Unmenge ungewichteter Informationen ist verwirrend und für die Zielsetzung von Karten, d.h. für die "zielgerichtete und möglichst störungsfreie Übermittlung von räumlichen Informationen an den Kartennutzer" (HURNI 2000), eher kontraproduktiv. Die Hypothesen- und Entscheidungsfindung innerhalb raumbezogener Fragestellungen (in Forschung, Planung, Verwaltung) wird dadurch nicht in jedem Fall gefördert.

4.4 GIS- und Datenbankgestützte Raumdarstellungen im Internet

4.4.1 Maps on demand

Die technische Umsetzung und inhaltliche Implementierung der sich aus den interaktiv Darstellungen ableitbaren Anforderungen erfolgt z.B. über *Internet-Map-Server*, die an Datenbanken gekoppelt sind. Hier lassen sich Karten mit außerordentlich großer Informationstiefe nicht nur aufrufen und betrachten, sondern auch interaktiv vom Nutzer selber gestalten. In diesen Abfragesystemen können für eine bestimmte Gebiets-einheit räumliche Informationen visualisiert und somit verschiedene thematische Karten entworfen werden. Dazu steht ein Katalog auswählbarer Informationsschichten bereit, z.B. zu bevölkerungsstatischen Kenndaten und zur Topographie eines Staates. Vielfach besteht auch die Möglichkeit, aus unterschiedlichen Projektionen zu wählen. Eines der wohl bekanntesten Beispiele hierfür ist der *TIGER Map Server (Topologically Integrated Geographic Encoding and Referencing)* des US-amerikanischen *Bureau of Census* (<http://tiger.census.gov/>), der das Herunterladen unterschiedlichster thematischer Karten ermöglicht. In Form von Layern werden hier Informationen über die Lage der Siedlungen, des Gewässernetzes oder Verkehrsnetzes der USA ange-

boten, die über ein Dialogfenster ausgewählt werden können. Anschließend wird vom Server-Rechner auf der Basis dieser Parameter die neue Karte generiert und wieder zum Nutzerrechner gesendet. Darüber hinaus ist die Verknüpfung mit statistischen Daten aus dem US-amerikanischen Zensus möglich, die bis hinunter auf County-Ebene visualisiert werden können.

Mittlerweile existieren auch für europäische Staaten fachbezogene oder landeskundlich orientierte *Internet Map Server*, z.B. für die Schweiz (www.geod.ethz.ch/karto/atlas). Für Deutschland steht eine Demoversion der CD-ROM des *Nationalatlas Bundesrepublik Deutschland* zur Verfügung (<http://www.uni-leipzig.de/ifl/ntlstart.htm>). Auch auf kommunaler Ebene findet diese Technologie zunehmend Anwendung. Zahlreiche Städte benutzen *maps on demand* zur Unterstützung der Verwaltungs- und Öffentlichkeitsarbeit. So können Bürger einer Stadt interaktive Stadtpläne nutzen, die mit auswählbaren Informationsschichten versehen sind, z.B. Hinweise über Hindernisse für Rollstuhlfahrer (www.muenster.de/komm/). Interaktive Kartenserver haben mittlerweile auch Einzug in die Privatwirtschaft gehalten. Die Firma *GeoSystems* ermöglicht mit Hilfe ihres Kartenservers "*MapQuest*" den Aufruf von Straßenkarten, deren räumlicher Ausschnitt und Maßstab sich nach den Vorgaben der Nutzer richtet (www.mapquest.com).

Große praktische Bedeutung haben darüber hinaus Darstellungen gewonnen, die laufend aktualisiert werden. So werden in mehreren Regionen der USA Meldungen über den aktuellen Verkehrsfluss (Staus, Sperrungen) ins Internet eingespeist und in Form von dynamischen Karten visualisiert (www.wsdot.wa.gov/PugetSoundTraffic/; karten-gestützte Erdbebenmeldung in nahezu Echtzeit: wwwneic.cr.usgs.gov/neis/bulletin). Eine weit verbreitete Anwendung bilden zudem Wetterkarten, die automatisch auf den neuesten Stand gebracht werden (www.weather.com/). Sobald neue Informationen verfügbar sind, werden die Karten vom Webserver - mit Hilfe eines im Hintergrund laufenden kleinen Programms (Skripts) - ersetzt und als GIF- oder JPEG-Bild selbstständig zum Nutzer gesendet. Dieser Typus stellt somit den Übergang zu den vielfältigen animierten Karten im WWW dar.

4.4.2 Web-GIS – statische und interaktive Karten als Ergebnis von GIS-Analysen

4.4.2.1 Statische GIS-Karten

Bereits die *Map-Server (maps on demand)* bieten mit ihren interaktiven Möglichkeiten teilweise GIS-ähnliche Funktionen an. Der Schritt zur Einrichtung eines online zu benutzenden GIS im engeren Sinne, d.h. mit Fähigkeiten zur Datenabfrage und -analyse, hat schließlich nicht lange auf sich warten lassen. Eines der ersten Web-GIS bildete das bereits erwähnte System GRASSLinks (<http://regis.berkeley.edu/grasslinks>), das auf der *public domain* Software "*Geographical Resource Analysis Support*

System - GRASS" des US Army Corps of Engineers (<http://www.cecer.army.mil/grass/GRASS.main.html>) aufbaut.

Zur Online-Bearbeitung stehen hier neben flächenbezogenen Grundkarten in Form von Rasterdarstellungen auch *Layer* mit Punkt- bzw. Linien-Informationen zur Verfügung, z.B. Verwaltungsgrenzen oder Bergbaustandorte. Als Lagebezugssystem dient das UTM- Koordinatensystem. Die Auswahl der Informationsschichten erfolgt über Eingabefenster in Form von HTML-Formularen. Die "Advanced GRASSLinks Options" erlauben weiterreichendere GIS Operationen, z.B. Flächenberechnungen oder Reklassifizierungen. Das beispielsweise nach einem *buffering* (*Pufferzonen-Generierung*) erzielte Ergebnis (Karte) kann vom Anwender unter Vergabe eines individuellen Dateinamens auf dem *Server* gespeichert werden. Die Durchführung von GIS-Operationen wird durch die geringen Einflussmöglichkeiten des Nutzers auf die kartographischen Gestaltungsvorgaben des *Servers* sowie durch den hohen Zeitaufwand, der mit der Benutzung des WWW-Interface verbunden ist, insgesamt noch eingeschränkt. Immerhin lassen sich bereits "klassische" GIS-Operationen vornehmen, wie z.B. die Berechnung von Flächen oder die Erzeugung von Pufferzonen (*buffering*) um Objekte.

Seit einigen Jahren bieten auch die großen kommerziellen GIS-Unternehmen Software-Aufsätze für ihre Produkte an (Web-basierte *Map Server*), die eine Verbindung zum Internet ermöglichen, z.B. für *ArcView* (maps.esri.com/ESRI/arcview/demos.htm), *MapInfo* (www.mapinfo.com), *MapGuide* (www.autodesk.com) oder *GeoMedia* (www.intergraph.com). Über das reine Abrufen und einfache Gestalten von Karten hinaus, erhöht sich dadurch die Funktionalität der *Browser* und damit die potenzielle Übertragung von Geoinformationen entscheidend. Auch wenn die Unterschiede zwischen Kartographie-Software und Geographischen Informationssystemen zunehmend verwischen, bildet bei letzteren die Datenanalyse nach wie vor die Kernkomponente des Systems.

Ein wesentlicher Vorzug eines Geographischen Informationssystems ist es, räumliche Beziehungen zwischen einzelnen Kartenelementen identifizieren zu können. Diese Fähigkeit wird in zunehmendem Umfang auch im Internet bereitgestellt. Über vergleichsweise einfache Benutzeroberflächen können dadurch "intelligente" GIS-Daten von Nutzerrechnern verarbeitet werden (KURZWERNHART 1999). Nun lassen sich z.B. auf räumlich entfernten Rechnern GIS-Operationen vornehmen, wie Objektselektionen, Datenbankabfragen, Entfernungsmessungen oder die Einrichtung von Pufferzonen um ausgewählte Kartenobjekte. Somit sind GIS-Operationen auch ohne entsprechendes GIS-Programm auf dem lokalen Rechner durchführbar. Typische Anwendungsbeispiele eines Geographischen Informationssystems im Internet bilden die interaktiven Stadtpläne, z. B. von Köln (www.koeln.org/mapview/), Berlin, Hamburg oder München (<http://www.stadtplandienst.de/>). Teilweise wird hier mit digitalen Geländemodellen gearbeitet, z.B. bei der Routensuche für Radfahrer in der Stadt Wien. Mit Hilfe des Internet kann hier der optimale Fahrweg zwischen zwei Punkten in der Stadt ermittelt werden. Dabei werden nicht nur Einbahnstraßen, sondern auch even-

tuelle Steigungen im Gelände berücksichtigt (service.magwien.gv.at/wien-grafik/wo.htm; vgl. JÖRG 1999). Mittlerweile setzen auch Kreditkartenunternehmen GIS-Funktionen im Internet ein. Nach der Eingabe eines Ortes durch den Kunden wird errechnet, wo sich die nächstgelegenen Geldautomaten befinden. Anschließend werden die Standorte mit Adresse in einer Karte dargestellt (www.visa.com/pd/atm/main.html).

Der Umfang geographischer Informationen, die auf diese Weise im Netz zur Verfügung gestellt werden, ist jedoch bei allen frei zugänglichen Systemen begrenzt. Die Daten beziehen sich meist auf eine bestimmte Region oder Thematik. Die im GIS zu bearbeitenden Daten werden dazu aus einem vorgegebenen Katalog ausgewählt (JOHNSON/GLUCK 1997). Die GIS-Operationen beziehen sich ausschließlich auf den vom *Server* angebotenen Datenpool, auf andere Daten kann nicht zurückgegriffen werden.

4.4.2.2 Interaktive *Web-GIS* Karten

Oft handelt es sich bei den Abfrageprodukten solcher Systeme um kartographische Darstellungen, die zwar interaktiv erzeugt werden, jedoch im Ergebnis dann weitgehend statisch bleiben. Die übertragenen Karten bestehen aus Rastergrafiken, die von den *Servern* vor dem Versand meist aus Vektordatensätzen konvertiert werden. Veränderungen können nur durch den Durchlauf durch den gesamten Abfrageprozess vorgenommen werden.

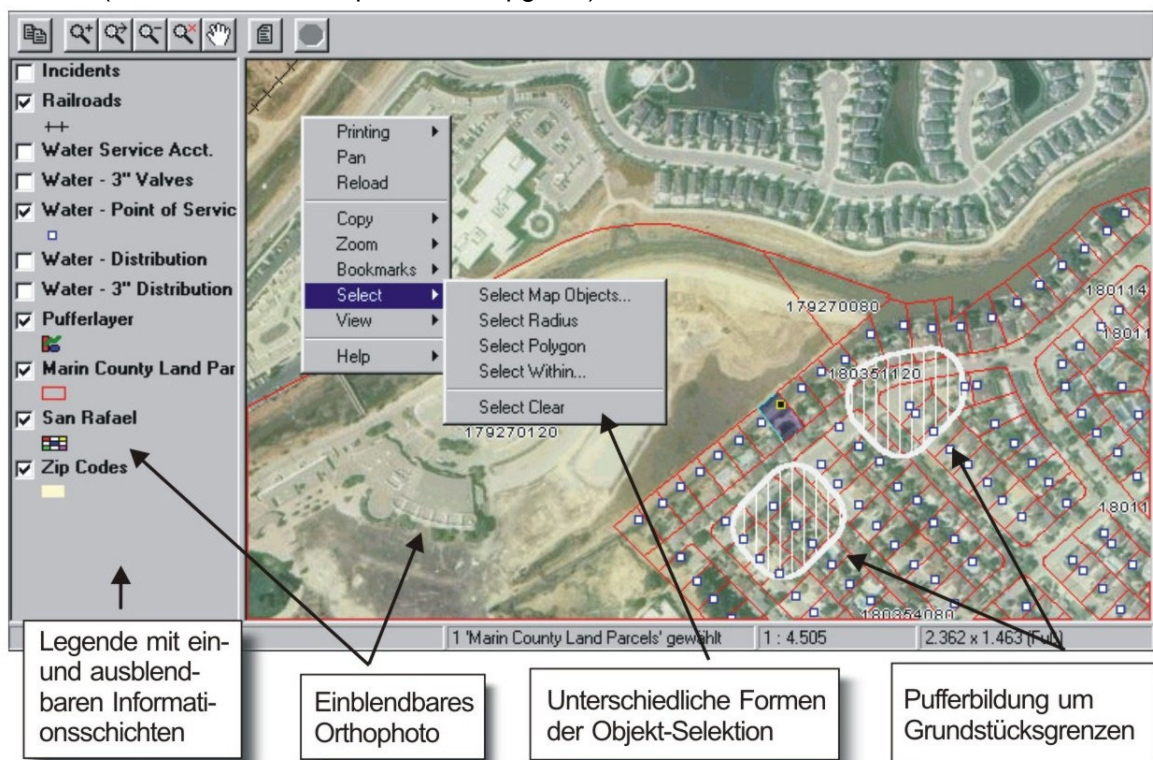
In zunehmendem Maße nutzen diese Systeme heute auch Vektorformate, die z.T. allerdings eine Software-Erweiterung der benutzten *Browser* (s.o.) notwendig machen, z.B. *MapGuide Viewer* der Firma *Autodesk* (www.autodesk.com/products/mapguide/). Damit entstehen aus übertragenen GIS-Daten im *Browser* Vektorgrafiken, die selbst interaktive Fähigkeiten besitzen. Im Gegensatz zu einfachen GIF- oder JPEG-Bildern ist es hier möglich, einzelne Kartenelemente zu selektieren, Entfernungsmessungen vorzunehmen und Pufferzonen einzurichten (s. Abb. 14). In einer Datenbank lassen sich Informationen zu einzelnen Kartenobjekten, z.B. zu Grundstücken, in Form einer Tabelle anzeigen. Die Karten können anschließend mit Legende und Maßstab ausgedruckt werden. Bei diesen Karten handelt es sich somit nicht mehr um die "bloße" statische Ergebnispräsentation nach einer vollzogenen GIS-Operation auf einem Webserver. Vielmehr bieten sie die Möglichkeit, auf dem *Client*-Rechner raumbezogene Abfragen und – in begrenztem Umfang – Analysen vorzunehmen. Die objektorientierte Struktur des genutzten Abfragesystems findet somit im Kartenergebnis ihre Fortsetzung.

Mittlerweile stehen bereits viele Systeme zur Verfügung, die je nach Anwendungsgebiet in ihren Benutzeroberflächen unterschiedliche Interaktionsmöglichkeiten ihrer Kartenprodukte bieten (ergänzt n. CECCONI et.al. 2000):

Funktionsgliederung der Benutzeroberfläche von Web-GIS

- Präsentationsfunktion: grafisch-textliche Ergebnisanzeige mit Legende und Hilfsgrafiken; dynamisch/interaktiv/multimedial
- Navigationsfunktion: Vergrößern, Verkleinern, Verschieben
- Abfragefunktion: Eingabefelder für raum- und themenbezogene Abfragen
- Analytische Funktion: Messung, Buffering, Umkreis-Selektion; Routing
- Klassifizierungsfunktion: statistische Angaben; Klassengrenzen-Bestimmung
- Gestaltungsfunktion: Einflussnahme auf Kartengrafik
- Rahmenfunktionen: Browserangaben; Cursor-Positionsanzeige

Abb. 14: Oberfläche des Plug-In von MapGuide mit unterlegtem Orthofoto
(www.autodesk.com/products/mapguide)



Beim Einsatz interaktiver Karten für *Web-GIS*-Zwecke spielt neben der *Plug-in*-Technik vor allem *Java* eine besondere Rolle. Es verhilft *Browsem* zu sehr umfassenden Leistungsmerkmalen, ohne dass dabei erst noch eine Installationsprozedur zu durchlaufen ist. Interessante Beispiele bilden hier die Programme *Descartes* und *Car-toApplet*, die speziell der kartographischen Darstellung flächenbezogener Statistik-Daten dienen (ANDRIENKO/ANDRIENKO 1998; CECCONI et. al. 2000). Das abrufbare *Java-Applet* des Programms *Descartes* ermöglicht es Anwendern, aus einer Reihe von Regionen ein Gebiet auszuwählen, zu dem Beispiel-Daten vorhanden sind. Zum interaktiven Umgang mit den Karten werden nicht nur das Programm als solches, sondern

auch die notwendigen Sachdaten auf den *Client*-Rechner geladen. Ohne dass ein weiterer Zugriff auf einen *Server* erfolgen muss, gestattet das System die Auswahl von Strukturdaten aus einer Datentabelle sowie die automatische Berechnung und Umsetzung in eine thematische Karte. Diese wird in einem eigenen Fenster im *Browser* angezeigt. Die der Thematik unterlegten Sachdaten lassen sich dabei in Tabellen aufrufen, indem mit dem *Cursor* eine Region in der Karte angesteuert wird. Die Dynamik des Systems wird zudem in der besonderen Funktion "*visual comparison*" deutlich, einer interaktiven Interpretationshilfe (s. Abb.2). Nach einer Werteingabe durch den Nutzer lässt sich hierbei beispielsweise die datenabhängige Farbreihe einer (Choroplethen-) Karte verschieben. Individuell fokussierte Flächen können somit schnell in den statistischen und räumlichen Gesamtzusammenhang gestellt werden, der für den Anwender besonders interessant ist, z.B. um die Lage eines zukünftigen Wohnstandortes hinsichtlich der Bevölkerungsstruktur im Umfeld zu beurteilen. Das in seiner Struktur ähnliche Programm *CartoApplet*, das unter Verwendung jüngster *Java*-Erweiterungen an der Universität Zürich entwickelt wurde, verfügt ebenfalls über programmtechnisch formalisierte Kartengestaltungsregeln und auch über vergleichbare interaktive Auswertungshilfen. Die künftigen Entwicklungsschritte für dieses System (Nachfolgeversion *EvisA*, *Enhanced Visualization Application*) sehen u.a. vor, eine eigenständige *Java*-Applikation zu entwerfen, die auch das Einlesen von Daten auf der *Client*-Seite ermöglicht (CECCINO et. al. 2000).

Solche Systeme eignen sich somit nicht nur zur interaktiven Konstruktion von Karten, sondern erhöhen aufgrund ihrer interaktiven Fähigkeiten im Vergleich zu statischen Karten das Auswertungspotenzial kartographischer Informationen entscheidend. Der Nutzer kann durch die individuelle Interaktion ein Vielfaches an neuen Erkenntnissen gewinnen. Die Möglichkeiten, die mit der Nutzung solcher Systeme gegeben sind, entsprechen somit den kommunikativen und explorativen Anforderungen, die an die moderne Kartographie gestellt werden (vgl. MCEACHREN 1995). Durch die Integration von Datenbanken, kartographischen Gestaltungsregeln und Vektortechniken wird die Basis für die Verarbeitung geographischer Informationen erheblich erweitert (STROBL 2001).

Eine *Client*-gesteuerte Verarbeitung raumbezogener Massendaten, z.B. die Verknüpfung von Satellitenbildern mit Geländemodellen oder die Berechnung statistischer Oberflächen, würde den Zugriff auf das vollständige Leistungspotenzial eines Geographischen Informationssystems erfordern (ASCHE 2001). Die GIS-Funktionalität, die im Internet frei zugänglich ist, bleibt jedoch zumeist unter den technischen Möglichkeiten und dient Anbietern oft nur zu Demonstrationszwecken.

Das methodische Potenzial dieser Technik zielt in erster Linie auf Intranet-Anwendungen, z.B. in geschützten Arbeitsumgebungen großer Firmen oder Behörden, wo der unkomplizierte und leicht zu visualisierende Datenaustausch hilft, betriebsinterne Abläufe effizienter zu gestalten. Zudem ermöglicht das auf sehr einfache Weise errichtete interne Netzwerk eine zentrale Verwaltung und Kontrolle der Geodaten. Da es sich dabei in der Regel um sensible Daten handelt, die nicht für eine breite

Öffentlichkeit bzw. für den Marktkonkurrenten gedacht sind, werden sie verständlicherweise nicht im Internet selbst zur Verfügung gestellt. Nur zum Teil wird der Abruf von Daten für Verbindungen außerhalb des Intranets freigegeben.

Ein Beispiel für solche Intranet-Anwendungen bildet das Programm *GeoNet* der Firma *GeoDok* (www.geodok.de). Es handelt sich um ein interaktives Online-System, mit dem im Browserfenster Karten visualisiert und Datenbankfunktionen zur Verfügung gestellt werden. So wird es beispielsweise als System für ALK/ALB-Katasterauskünfte im Intranet von Behörden eingesetzt. Weitere Anwendungsmöglichkeiten dieser Technik finden sich auf den Gebieten Gewerbeflächen-, Flächennutzungs- oder Kompensationsflächenmanagement der Kommunen, z.B. www.gis-ela.de.

Insgesamt bleibt jedoch festzuhalten, dass die Möglichkeiten zur Durchführung von GIS-Operationen im engeren Sinne, also klassische Analyseverfahren wie Verschneidung oder die Puffergenerierung im Internet bisher nur selten gegeben sind. Der weitaus größte Anteil entfällt auf reine Abfragesysteme.

II. Die Bewertung des Einsatzes neuer Technologien für den effizienten Transfer von Rauminformationen

Die vorangegangene Aufarbeitung der technischen Rahmenbedingungen für die kartengestützte Online-Übertragung geographischer Informationen lässt bereits auf das breite Spektrum von Einsatzmöglichkeiten in der Praxis und in der wissenschaftlichen Arbeit schließen. Dies zeigt auch der nachfolgende Überblick über das heutige *inhaltliche* Angebots- und Nutzungspotenzial geographischer Informationen im Internet (Kap.5). Insbesondere unter dem Gesichtspunkt der kartographischen Darstellung raumbezogener Daten kann offensichtlich zahlreichen Anforderungen begegnet werden. Um zu einer fundierten Bewertung des Einsatzes neuer Technologien hinsichtlich des tatsächlichen Vermittlungserfolges zu gelangen, werden anschließend die Ergebnisse einer empirischen Untersuchung zur (Geo-)Informationsaufnahme durch Anwender aufgezeigt (Kap.6). Anhand einer vergleichenden Analyse werden die Unterschiede in der Vermittlungseffizienz zwischen online-gestützten (Web-) Karten und konventionellen Printkarten aufgearbeitet.

5. Das Vermittlungspotenzial geographischer Informationen durch die Online-Technologie

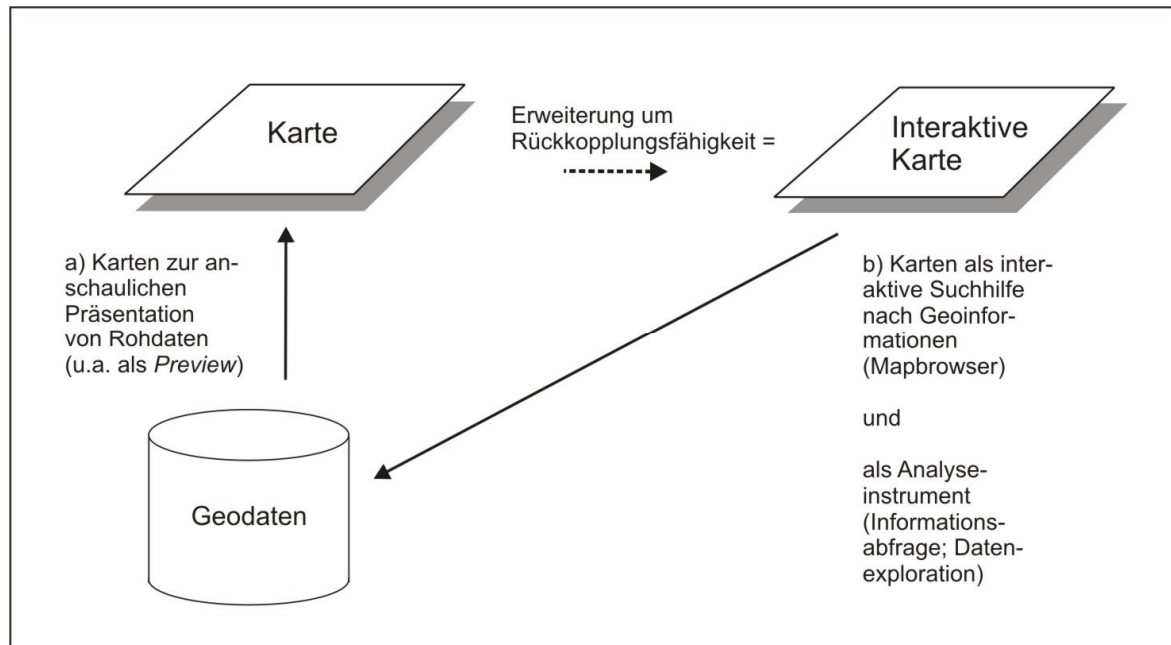
Die Beschaffung bzw. die Bereitstellung von Geodaten für die kartographische Bearbeitung geographischer Fragestellungen kann durch Geodatenserver heute vereinfacht werden. Hierzu tragen die grundsätzlichen Vorzüge internetbasierter *Client-Server*-Systeme bei: plattformübergreifendes Abruf-Verfahren, unmittelbarer und zeitlich unabhängiger Zugriff, Benutzerfreundlichkeit und die Möglichkeit zu Interaktion und begrenzter Datenmodellierung. Die interaktive Form der Informationsvermittlung macht es möglich, sehr individuelle und zielgerichtete Abfragen vorzunehmen, - vorausgesetzt, die gewünschten Daten stehen auf einem Webserver zur Verfügung. Die hierbei zunehmende Einrichtung grafisch unterstützter Abfragesysteme kommt dabei dem stärker multimedial beeinflussten Wahrnehmungsverhalten der Nutzer entgegen.

5.1 Das Angebotspotenzial - Geoserver als Daten- und Informationsquelle für die kartographische Visualisierung

Aus der Sicht vieler Daten-Anbieter zeigt sich, dass Geodatenserver ein geeignetes Präsentationsmedium bilden. Dies gilt nicht nur für die Vermarktung von Geodaten selbst (Satellitenbilder, Geobasisdaten), sondern auch für die Vermittlung komplexer raumbezogener Sachverhalte in den Bereichen Bildung und Öffentlichkeitsarbeit, z.B. kartengestützte Umweltinformationssysteme. In den Bereichen, GIS, Kartographie und Fernerkundung lassen sich infolge des schnellen und vergleichsweise unkomplizierten Zugriffs auf entfernte Datensammlungen oder Metainformationen einige Arbeitsschritte (Datensuche und -erfassung) effizienter gestalten. Interaktive Karten nehmen hier eine Doppelfunktion ein (s. auch Abb.15). Sie dienen nicht nur der Vi-

sualisierung von Geodaten, sondern eignen sich darüber hinaus als praktische Such- und Analyseinstrumente.

Abb. 15: Die Doppelfunktion von Karten im Rahmen der Geodaten-Visualisierung



Zunächst hatten die USA begonnen, mit einer Initiative zum Aufbau einer *National Spatial Data Infrastructure, NSDI*, die Bereitstellung und den Austausch raumbezogener Daten systematisch auszubauen. Eine zentrale Stellung besitzt hier der *US Geological Survey*, der einen Geodatenserver mit einem breiten Datenbestand anbietet. Andere Staaten haben inzwischen ähnliche Programme aufgelegt, z.B. Australien (www.auslig.gov.au). Mittlerweile bestehen auch von europäischer Seite aus Bestrebungen, die Vielfalt des Geodatenangebotes zu strukturieren und zumindest die zielgerichtete Suche nach Geodaten zu erleichtern, z.B. das von der Europäischen Kommission unterstützte Projekt *GeoServe* zum Aufbau eines *European Network for Geodata Access and Services* (www.geoserve.de/public/html/applic/ap_frame.htm) auf europäischer oder das *Ingeoforum* (www.ingeforum.de/igf.html) und die *GeoinformationsVermittlung GIV* (www.GIV-mis.de) auf nationaler Ebene. Ein Projekt zur qualitätsorientierten Geodaten-Recherche bildet weiterhin *GeoGuide* (www.sub.uni-goettingen.de/ssgfi/geo/), das von der Deutschen Forschungsgemeinschaft gefördert wird. Mit dem Projekt *MEGRIN (Multipurpose European Ground Related Information Network)* wird angestrebt, "den Markt für Europäische Geographische Information an[zu]regen und den Vertrieb der von den Partnern produzierten Geodaten europa-weit [zu] realisieren" (ILLERT 1997, S.78). Dazu dient u.a. die Einrichtung des Auskunftsystems *Geographical Data Description Directory, GDDD*. Es handelt sich dabei um eine zentrale Datenbank mit Metainformationen über die bei den einzelnen europäischen Mitgliedsstaaten vorhandenen amtlichen Geobasisdaten (www.ign.fr/megrin/gddd/gddd.html).

Im Vergleich zu den USA wird in Europa der unmittelbare Bezug amtlicher Geobasisdaten über das Internet erst allmählich realisiert. Zwar existiert beispielsweise in Deutschland mit dem Geodatenzentrum beim Bundesamt für Kartographie und Geodäsie eine Zentralstelle für den Bezug amtlicher topographisch-kartographischer Geobasisdaten, ein elektronisches Auskunfts- und Bestellsystem befindet sich jedoch erst im Aufbau (www.geodatenzentrum.de). Zudem beziehen sich die dort vorgehaltenen Geobasisdaten auf kleinere Maßstäbe ab 1:200 000. Für die Maßstabsbereiche 1:25 000 bis 1:100 000 sind die einzelnen Landesvermessungsverwaltungen zuständig, die in zunehmendem Umfang Geodaten online abgeben können (SCHINDEWOLF 2001). So entwickelt die Bayerische Vermessungsverwaltung in Kooperation mit einem Wirtschaftsunternehmen ein intranet- wie internetfähiges GIS für Katasterdaten (<http://www.geoware.de/>). Das Ziel des als "Terra Bavaria" bezeichneten Projektes ist es, u.a. amtliche Geodaten (Kataster, digitale Flurkarte) "im Internet verfügbar und mit unterschiedlichsten Sachdaten verknüpfbar zu machen" (WENNINGER/BECKERT 1998, S.9).

Binnen weniger Minuten können Fachanwendern, die sich allerdings zuvor registrieren lassen müssen, Flurkarten per Email zugesandt werden (<http://www.geodaten.bayern.de>). Ein vergleichbares System für den zusätzlichen Abruf hessischer und nordrhein-westfälischer Geobasisdaten bietet die Firma *con terra* an (www.conterra.de). Über ein *Java-Applet* wird hier die kartengestützte Selektion und Bestellung von Geodaten ermöglicht, z.B. topographische Karten, Orthofotos, Stadtpläne des KVR u.a. Bei den amtlichen Geobasisdaten handelt es sich überwiegend um Rasterdatenbestände (TIF-, BMP- oder GeoTIFF-Format), allerdings werden teilweise auch schon ATKIS-Daten (DLM 25) angeboten.

Nach internationalem Vorbild beginnen einige Bundesländer behördlicherseits mit dem Aufbau offener Geodatenetze. Mit dem Vorhaben "Geodaten-Infrastruktur NRW", GDI NRW, soll ein Zugang zu den Geodaten des Landes in Landesbehörden, Kommunen und bei Privatfirmen geschaffen werden (www.lverma.nrw.de/). Im Aufbau befindet sich zudem ein *Geodaten-Portal*, das Zugang zu weiterreichenden geographischen Daten ermöglichen soll (<http://www.terramapserver.com/>). Dabei wird mit einem Informationsmix gearbeitet, der hochauflösende Luft- und Satellitenbilder sowie Karten mit Sachinformationen, z.B. zu Bevölkerung oder Umwelt, verknüpft. Nur wenig weiter ist die Errichtung eines zentralen Geodatenservers für die gesamte Bundesrepublik (www.ingeoic.de/; www.ingeoforum.de/), die u.a. von der Hessischen Landesregierung getragen wird. Geplant ist ein deutschsprachiges und international ausgerichtetes *Portal* für Geo-Metadaten. Anwender, die für ihre Projekte Geodaten suchen, erhalten hier Angaben über Lieferanten, Liefer-Konditionen, Eigenschaften und Qualitäten der Geodaten. Die Metadaten werden dabei – ähnlich wie beim *Geography Network* von ESRI (www.geographynetwork.com) - nicht auf dem Geodaten-server *InGeo IC* selbst gespeichert, sondern verbleiben bei den Dateninhabern.

Im Gegensatz zu den *Map Servern* und Online-Geoinformationssystemen, spielt bei Rohdaten-*Servern* die unmittelbare Visualisierung von raumbezogenen Informationen eine untergeordnete Rolle. Hier steht das Potenzial zur Distribution von Datenformaten im Vordergrund, die für die professionellere Verarbeitung in proprietären Systemen vorgesehen sind, z.B. Höhenmodell-Daten. In Listen, die nach Sachgebieten geordnet sind, werden umfangreiche Datenbestände für den "download" via FTP angeboten. Insbesondere für wissenschaftliche und unternehmerische Zwecke können Rohdaten-*Server* daher eine sehr attraktive Form der Datenbeschaffung darstellen. Der Zugriff auf solche Daten erfordert in der Regel eine entsprechende Autorisierung bzw. vorangegangene Bezahlung. Zugriffe auf solche Geodaten sind von vielen Universitäten aus möglich, z.B. Universität Münster (<http://ifgi.uni-muenster.de/>) und Salzburg, wo umfangreiche Hyperlink-Listen vorgehalten werden. Von kommerzieller Seite wurde schon vor einigen Jahren von der Firma *ESRI* ein Geodaten-*Portal* eingerichtet, mit dem eine weltweite Geodaten-Infrastruktur geschaffen werden soll (WERNER 2000). Ziel ist die Einrichtung eines "Marktplatzes", auf dem Geodaten oder Metadaten zum Verkauf angeboten werden, kombiniert mit einer Suchmaschine. Darüber hinaus werden Dienstleistungen, die im Zusammenhang mit der Nutzung von Geodaten stehen, zur Verfügung gestellt.

Der physische Zugriff auf solche Rohdaten bedeutet allerdings lediglich den ersten Schritt. Die Rohdaten können zur Weiterverarbeitung in Kartographieprogrammen, Geographischen Informationssystemen und Bildverarbeitungsprogrammen genutzt werden, wenn sie sich auf dem Fremdrechner auch erfolgreich einlesen lassen. Insbesondere bei den Geographischen Informationssystemen bildet hier die bisher fehlende Normierung komplexer Datenmodelle auch weiterhin ein Problem (vgl. bereits FIGURA 1999). Trotz Bestrebungen des *Open GIS Consortiums*, eine Standardisierung zu erreichen, bleibt die Übertragung digitaler Geodaten aus unterschiedlichen Quellen im Ziel-GIS meist mit erheblichen Verlusten verbunden. Mühsame Konvertierungs- und Berichtigungsmaßnahmen werden dann notwendig.

Mittlerweile stehen große Datenmengen kostenfrei im Internet zu Verfügung (Tab. 13, Auswahl):

Globales Geodaten Portal von <i>ESRI</i> mit Zugang zu unterschiedlichsten Datensätzen weltweit	http://www.geographynetwork.com/ http://www.esri.com/data/online/index.html
Vektordaten zu verschiedenen Themen des Bundesstaates Montana, USA	http://nris.state.mt.us/gis/mtmaps.html
<i>TIGER Line</i> -Daten für die USA (Vektordaten)	http://www.esri.com/data/online/tiger/index.html http://www.rtknet.org/landviewsearch.html
USGS mit DEM-Daten für USA und weltweit	ftp://edcftp.cr.usgs.gov/pub/data/DEM/250/
Digital Chart of the World (länderweise abrufbar) (Vektordaten)	http://www.esri.com/data/online/esri/wobmslect.html

Kleinmaßstäbige Welt-Atlaskarten (Vektordaten)	http://www.esri.com/data/online/esri/wotphphysic.html
Weltweite Reliefdaten in ca. 30 Bogensekunden Auflösung (Rasterdaten)	http://edcdaac.usgs.gov/gtopo30/gtopo30.html
Weltweite Reliefdaten in 5 Minuten Auflösung einschließlich Meeresbodenrelief (Rasterdaten)	http://www.ngdc.noaa.gov/mgg/global/seltopo.html
Landnutzungsdaten der USA U.S. Environmental Protection Agency, MRLC	http://www.epa.gov/mrlc/nlcd.html
Vektordatensätze ausgewählter Regionen der Erde	http://dss1.er.usgs.gov/
Weltweite Rasterdatensätze in 500m bzw. 100m (USA) Auflösung	http://www.atdi.com/
DEM, Satellitenbilder u.a.m. (insbesondere für die USA)	http://edcftp.cr.usgs.gov./examples.html
PELCOM-Landnutzungsklassifikation für Europa	http://mail.geodan.nl
Eurostat-Daten	http://europa.eu.int/eurostat.html
US Census Bureau / Population Reference Bureau	http://www.census.gov/pub/ipc/www/world.html
United Nations Statistics Division (Daten im Excel Format abrufbar)	http://www.un.org//Depts/unsd/gs_intstat.htm
Weltweite Vektordaten- und Rasterdatensätze der Geospatial Engine (NIMA)	http://geoengine.nima.mil/

Tab. 13: Zugang zu (kostenlosen) Geodaten (eigene Erhebung)

Außer Geodaten wird auch die Nutzung raumbezogener Dienstleistungen, z.B. Routenplaner oder Online-Atlanten, angeboten. Noch deutlicher ist dies bei Softwareprogrammen ausgeprägt, die in unüberschaubarer Zahl als Free- oder Shareware zum Abruf bereitstehen. Dies erscheint zunächst erstaunlich, denn die Technik hat sich zwar infolge der Internet-Innovation gewandelt, die ökonomischen Gesetze sind jedoch unverändert geblieben. Tatsächlich sind die treibenden Kräfte, die hinter den kostenfreien (Informations-) Gütern und Dienstleistungen stehen, doch dem üblichen wirtschaftlichen Handeln zuzurechnen, wie z.B. dem Schaffen von langfristigen Wettbewerbsvorteilen, Kundenmanagement, Werbung etc. Nicht unwichtig ist zudem das Entfallen variabler Kosten beim Vertrieb (Kopie) von solchen Gütern. Sobald einmal ein Informationsgut (Geodatensatz, Software) auf einem FTP-Server bereitgestellt worden ist, fallen kaum weitere Kosten für die weitere Vervielfältigung (Abruf) an. Diese Kostenstruktur ist kennzeichnend für die Informations- und Kommunikationstechnologie und unterscheidet sich von sonstigen Produktionsabläufen. Daneben gibt es jedoch auch andere Mechanismen der Verbreitung von Geodaten über das Internet. So werden etwa in den USA viele Daten aus gesetzlichem Auftrag heraus kostenfrei zur Verfügung gestellt.

Die Angebotsmotivation ist dabei unterschiedlich:

<i>Kundenakquisition/-bindung</i>	Durch die Abgabe freier Beispieldatensätze oder geringwertiger (gering auflösender) Geodaten, die das Potenzial der (hochwertigen) Zielware herausstellen sollen; kostenlose Angebot von Routing- und Adress-Such-Funktionen zur Erhöhung der Besucherfrequenz und des Bekanntheitsgrads einer <i>Website</i> (Firma)
<i>Marktstrategie</i>	Kostenfreie Abgabe von Programmen, Formaten und Daten, um einen Standard durchzusetzen (z.B. Adobe's PDF-Format) oder Mitkonkurrenten zu verdrängen.
<i>Keine variablen Kosten</i>	Die besondere Kostenstruktur (elektr. Vervielfältigung) von Informationsgütern führt zu einer Senkung der variablen Kosten (im Prinzip keine Kosten).
<i>Werbung</i>	Werbebanner werden auf Webseiten eingeblendet; <i>Websites</i> mit hoher Abrufsequenz, wie z.B. Suchmaschinen, erzielen hohe Werbeeinnahmen, mit denen Dienste finanziert werden können. Programmentwickler machen mit selbst erzeugten (kostenfreien) Programmen auf sich aufmerksam.
<i>Politische Entscheidungen</i>	Vom Staat erhobene Daten müssen in den USA jedem Bürger möglichst kostenfrei zur Verfügung gestellt werden, z.B. über das Internet.

5.1.1 Geometriedaten

Die wichtigste Voraussetzung für den digitalen Entwurf von Karten ist ein geeigneter Kartengrund mit den notwendigen topographischen Grundelementen wie Ländergrenzen, Flussläufen, Orten u.a. Der Kartengrund bildet das Grundgerüst für eine thematische Aussage, deren räumliche Bezüge hervorgehoben und anschaulich dargestellt werden sollen. Für die computerkartographische Herstellung von Karten ist es dabei notwendig, dass sowohl die Angaben zur Topographie als auch die themabezogenen Informationen im World Wide Web EDV-gerecht, d.h. in passenden Datei-Formaten, vorgehalten und in die eigene Kartographie-Software eingelesen werden können. Dort könnte dann eine individuelle digitale Bearbeitung erfolgen. Solche idealen Bedingungen sind allerdings bisher im Internet noch relativ selten anzutreffen (s.u.).

Eine andere Möglichkeit besteht darin, auf bereits existierende Internet-Karten (*static maps*) zurückzugreifen, die sich als Pixelgrafiken auf dem eigenen Rechner speichern lassen. Diese ließen sich dann als Digitalisierungs-Vorlage für den eigenen Kartentwurf nutzen. Sie könnten auch ganz oder teilweise als Kartengrund in die neue Darstellung integriert werden, sofern *Copyright*-Bestimmungen nicht verletzt werden.

Von grundsätzlichem Nachteil ist dabei, dass meist keine Metadaten zu den WWW-Kartenvorlagen vorhanden sind und dass die Kartengenauigkeit schwer zu beurteilen bleibt.

Das Angebot an Karten im Rasterformat ist vielfältig, wozu mittlerweile zahllose Kartenarchive und *Map Server* im Internet beitragen. Interaktive *Map Server* ermöglichen die Zusammenstellung verschiedener Informationsschichten, die online aus einem Katalog ausgewählt und visualisiert werden können. Als GIF-Datei lässt sich das Ergebnis auf den eigenen Rechner transferieren und kartographisch aufbereiten (DICKMANN 2000b). Die vergleichsweise einfache und schnelle Kartenkonstruktion darf jedoch nicht darüber hinwegtäuschen, dass die angebotene Informationsvielfalt nur vordergründig kartographische Aufgaben lösen hilft. Der konkrete Kartenentwurf, der unter Zuhilfenahme von *Map Servern* vorgenommen werden soll, stößt schnell an seine Grenzen, wenn es um kartographische Anforderungen geht, die nicht mit Hilfe der angebotenen Datensätze zu bewältigen sind. Denn meist werden nur ausgewählte Regionen und Themenkreise im Internet zur Verfügung gestellt, z.B. zur Umweltproblematik eines einzelnen Bundesstaates der USA. Schon für die Nachbarregion gibt es in der Regel keine vergleichbar ergiebige Informationsquelle. Die sporadisch vorhandenen Kartenserver können daher eher nur in Ausnahmefällen dazu beitragen, wissenschaftlich spezifischeren Anforderungen gerecht zu werden. Oft geben die abrufbaren Daten nur einen groben Überblick oder liefern nur lückenhaft die gewünschten Informationen.

Besonders nachteilig in Hinblick auf eine kartographische Visualisierung sind jedoch die durch die Datenstruktur gegebenen geringen Gestaltungs- und Veränderungsmöglichkeiten der in den Karten vorhandenen Grafik-Elemente. Eine objektbezogene Bearbeitung ist kaum möglich. Zudem eignet sich die rasterbasierte Struktur der auf diese Weise entstandenen Karten wenig für anspruchsvolle Präsentationszwecke. Für den Papierausdruck bleibt die gegebene Bildauflösung, die für die Bildschirmdarstellung noch zumutbar erscheinen mag, zu gering. Höhere Auflösungen würden zu großen Datenmengen führen, die eine akzeptable Übertragungsgeschwindigkeit über das Internet verhindern. Besondere Drucktechniken zur Kantenglättung helfen hier nur bedingt.

Ein wichtiges Problem bildet zudem der Umgang mit Projektionen, die den Karten zugrunde liegen sollen. Wenn auch die Projektionsart bisweilen von untergeordneter Bedeutung sein kann, z.B. für die Herstellung einer Karte, die der bloßen Standortkennzeichnung dienen soll, so wird sie zum Problem, wenn z.B. Entfernungen abgreifbar sein oder Flächenvergleiche durchgeführt werden sollen. Insbesondere für den Einsatz in einem GIS, wird die Frage nach der Projektion zu einer fundamentalen Frage. Dies bedeutet, dass man darauf angewiesen ist, Kartendarstellungen bzw. Geodaten in geeigneter Projektion im Internet zu finden oder mit Hilfe von GIS-Software Anpassungen vorzunehmen.

5.1.2 Vektordaten

Vektordaten zeichnen sich aufgrund ihrer Struktur durch eine große Verwendungsvielfalt aus: So können vektorisierte Geoelemente in einem GIS mit Attributen versehen bzw. mit Datenbanken verknüpft werden und bilden eine wichtige Voraussetzung für die objektorientierte graphische (Weiter-)Verarbeitung, wie sie zur Herstellung hochwertiger kartographischer Visualisierungen erforderlich wird. Die mit ihnen vorzugsweise zu erfassenden Linien- und Flächenelemente, benötigen wenig Speicherplatz und sind daher auch schnell über das Internet zu übertragen.

Im Idealfall lassen sich auch Vektordaten von einem *Server* im Internet abrufen. In Form von Dateien, die z.B. in verschiedene Ebenen getrennte Geometriedaten über Staats- und Verwaltungsgrenzen enthalten können, lassen sich Informationsschichten und vektorisierte Einzelobjekte auf den *Client*-Rechner übertragen. Anschließend können sie mit dem eigenen Kartographie-, GIS- oder Grafikprogramm einzeln, d.h. als separate Kartenelemente weiterverarbeitet werden. Aufgrund der kostenintensiven Herstellung von Vektorgeometrien sind diese vergleichsweise selten im Internet frei zugänglich. Nur gelegentlich besteht die Möglichkeit, Beispieldatensätze (Geobasisdaten) herunterzuladen, z.B. beim niederländischen Topographischen Service (www.tdn.nl/uk/digindex.htm) oder bei Katasterämtern (www.bochum.de/vermessungsamt/frame05.htm)

Vor allem in den USA gibt es Bestrebungen, das Angebot sowohl an raster- als auch an vektorbasierten Geodaten auszubauen (<http://www.gisdatadepot.com/>). Beispielsweise stellt der Webserver des *Natural Resource Information System* der *Montana State Library* (<http://nris.mt.gov/gis/gis.html>) für den nichtkommerziellen Gebrauch Vektordaten zur Verfügung, die in Geographische Informationssysteme direkt eingelesen oder mit Hilfe des ArcExplorers unmittelbar dargestellt werden können, z.B. als *shape*-Datei. Bereits vor dem Abruf können die Daten visualisiert und hinsichtlich ihrer Verwendbarkeit gesichtet werden. Räumlich und thematisch ist die Auswahl natürlich auf den Bundesstaat *Montana* begrenzt. Umfangreichere Daten, die die gesamten USA umfassen, können jedoch beim *US Geological Survey* (edcwww.cr.usgs.gov/doc/edchome/ndcdb/ndcdb.html) oder beim *Right-to-Know Network* (www.rtknet.org/landviewsearch.html) abgerufen werden. Für Europa finden sich nur selten vergleichbare Daten-Angebote. Bisweilen bieten öffentliche Einrichtungen Beispiel-Datensätze kostenlos an, wie z.B. die nationale Statistikbehörde Norwegens (www.statkart.no/geotorg/norge5mil/index.html). Das hier verwendete Vektorformat eignet sich zur Bearbeitung in einfachen Grafikprogrammen. Weitere Vektordatensätze lassen sich unter <http://crusty.er.usgs.gov/coast/getcoast.html> (World Database: Küstenlinien, Flüsse, Grenzen) und www.maproom.psu.edu/dcw/ (Digital Chart of the World: verschiedene *Layer*) aufrufen.

Zunehmend finden sich auch Karten in Form von PDF-Dateien, die sich herunterladen lassen (<http://www.reliefweb.int/mapc/mid-east/>; dort: *bahrein.pdf*). Das Format ist optimiert für den an spezielle Papierformate gebundenen Ausdruck, eignet sich jedoch

auch zur Präsentation von fertigen Bildschirmdarstellungen. PDF-basierte Karten besitzen einige Vorzüge von Vektorgrafiken, z.B. die Skalierbarkeit ohne Qualitätsverlust.

Bei den kostenfreien Angeboten handelt es sich allerdings oft um Datensätze von geringer Auflösung und Lagegenauigkeit (ALISCH 1997). Daten von hinreichender Genauigkeit müssen in der Regel bei GIS- und Computerkartographie-Unternehmen erworben oder zur Digitalisierung in Auftrag gegeben werden. Dies ist vor allem bei der Bearbeitung von Fragestellungen von Bedeutung, die Daten von hoher Exaktheit (geodätische Daten) und Aktualität erfordern. Mittlerweile können amtliche Geodaten der Landesvermessungsämter über das Internet erworben werden, darunter auch vektorbasierte ATKIS-Daten (*Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem*). In der Regel müssen die dann benutzten eigenen Kartographie- und GIS-Programme noch um einen entsprechenden Konvertierungsfilter erweitert werden.

5.1.3 Geländemodelle

Höhenmodelle lassen sich als *raw data* herunterladen, d.h. die Verarbeitung kann dabei nicht unmittelbar mit dem *Browser*, sondern nur mit Hilfe von zusätzlichen Programmen erfolgen, z.B. mit Geographischen Informationssystemen oder Bildverarbeitungsprogrammen. In thematischen Karten dienen Reliefdarstellungen der allgemeinen topographischen Orientierung und der physiogeographischen Einordnung eines Raumes. Sie sind somit auch geeignet, Erreichbarkeits- und Entwicklungshindernisse in raumplanerischen Zusammenhängen zu visualisieren (WITSCHAS 2000).

Die wohl bekannteste Bezugsquelle solcher Daten bildet das Datenzentrum *EROS* (*Earth Resources Observation-Systems*), das beim *US-Geological Survey* angesiedelt ist. Unter seiner Leitung wurde 1996 ein weltweites digitales Höhenmodell erstellt, das der Nachfrage nach topographischen Daten auf regionaler bzw. kontinentaler Maßstabsebene begegnen sollte. Daran beteiligt waren u.a. die NASA und das *United Nation Environment Programme* (UNEP). Das als "GTOPO30" bezeichnete Höhenmodell, das heute im Internet (<http://edcdaac.usgs.gov/>) kostenlos zur Verfügung gestellt wird, besitzt eine Auflösung von ca. einem Kilometer (30 Bogensekunden) und ist weniger für kulturgeographische als vielmehr für physisch-geographische Anwendungen geeignet.

Die Datenauswahl erfolgt mit Hilfe einer *imagemap*, die die Erdoberfläche in insgesamt 33 Abschnitte untergliedert. Die Datenmenge der einzelnen Teilabschnitte hängt ab von der Informationsdichte und der genutzten Datenquelle des dargestellten Raumabschnitts, so dass der Umfang der zu übertragenden Daten zwischen 0,1 MB und 25 MB schwanken kann. Dabei ist allerdings zu berücksichtigen, dass es sich hier bereits um komprimierte Daten handelt. Nach Dekomprimierung und Dearchivierung werden pro Teilabschnitt rund 56 MB an zu verwaltender Dateigröße erreicht, sodass zur Bearbeitung eine entsprechende Hardware-Ausstattung notwendig ist. Ein

abgerufener Teilabschnitt enthält neben den eigentlichen Reliefdaten des *Digital Elevation Model* (DEM) weitere Dateien mit zusätzlichen Informationen über Datenquellen, Koordinaten, statistischen Angaben u.a. Die Qualität der Daten schwankt jedoch regional, da zum Aufbau des Höhenmodells viele unterschiedliche Datenquellen herangezogen werden mussten. Die Grundlage für die Reliefdaten bildeten acht verschiedene raster- und vektororientierte Datenquellen insbesondere amerikanischer Institutionen, darunter vorrangig die von der *National Imagery and Mapping Agency* (NIMA) bereitgestellten *Digital Terrain Elevation Data* (DTED), und die *Digital Chart of the World* (DCW) (<http://www.nima.mil/>). Zur Auffüllung von Datenlücken wurden u.a. auch mehrere (Papier-) Kartenwerke ausgewertet.

Das 16-bit Höhenmodell ist primär für die Arbeit mit Geographischen Informationssystemen erstellt worden (Beispiele unter: <http://edcsnw3.cr.usgs.gov/topo/hydro/apps.html>). Die datenreduzierte Preview-Darstellung (TIF-Rasterbild) erscheint dabei auch schon für einfache kartographische Aufgaben geeignet, z.B. zur topographischen Hintergrunddarstellung in thematischen Karten kleinerer Maßstäbe (DICKMANN 1999b). Die Daten lassen sich dazu in die üblichen Kartenkonstruktionspakete und Grafikprogramme einlesen und verarbeiten. Kleinere Areale (z.B. kleine Inseln) werden allerdings dadurch nicht mehr abgebildet.

Eine noch höhere Auflösung bietet der Internet-Server der Firma *ATDI* (www.atdi.com), die sich u.a. mit Softwaresystemen zur Planung von drahtlosen Fernübertragungsnetzen befasst. Dort können für jeden beliebigen Ausschnitt der Erdoberfläche neben einer Karte im Maßstab 1:1 Mio. numerische Geländemodelle mit einer Auflösung von 500 m abgerufen werden. Für den Bereich der USA ist sogar eine Präzision von 100 m Auflösung im Maßstab 1:50000 möglich. Der Zugriff auf die Daten der insgesamt 100 GB großen topographischen Datenbank erfolgt über die Eingabe geographischer Koordinaten eines Ortes (z.B. für eine mögliche Sendestation). Anschließend wird um diesen Ort herum eine Fläche von 100 x 100 km ausgeschnitten und zum Herunterladen angeboten. Eine besondere Wiedergabe- und Analysesoftware (*Viewer*) steht ebenfalls zum Download bereit. Damit lassen sich die topographischen Daten visualisieren und zu Sichtbarkeitsberechnungen von Geländepunkten nutzen.

Vergleichsweise hochauflösende digitale Höhenmodelle werden mittlerweile in zahlreichen Staaten von den nationalen Vermessungsbehörden (Landesvermessungsämtern) ebenfalls online abgegeben. In Deutschland beträgt die Höhengenaugigkeit für offenes Gelände ca. 2-3m. Zum Teil ist das Modell durch morphologische Strukturinformationen, wie Böschungskanten oder Gerippelinien ergänzt.

5.1.4 Geostatistische Daten (Sachdaten)

Sachinformationen, wie sie für thematische Karten oder für Geographische Informationssysteme benötigt werden, sind im Prinzip ebenfalls im Internet erhältlich. Hierzu ist der Rückgriff auf die einschlägigen Suchmaschinen oder die gezielte Suche auf den

Homepages von Behörden, (Medien-) Unternehmen, Universitäten usw. notwendig, um seriöse Angaben zu erhalten. Neben allgemeinen Sachinformationen (Presseberichte, lexikalische Informationen) lassen sich auch statistische Angaben aus dem Internet für die konkrete Kartenkonstruktion verwenden. Wichtig ist dabei, dass es sich um flächendeckende und vor allem für die elektronische Datenverarbeitung geeignete Daten handelt. Dies ermöglicht die unmittelbare Weiterverarbeitung im *Client*-Rechner.

Daten der amtlichen Statistik oder unternehmenseigene Geschäftsstatistiken bilden vielfach die Grundlage thematischer Karten. Daher ist auch ein Großteil kartographische Software darauf spezialisiert, raumbezogene Statistikdaten, wie z.B. die Einwohnergrößen von Städten oder Kundenzahlen in Vertriebsgebieten, mit einem Flächen- oder Punktobjekt (Signatur, Diagramm) zu verknüpfen und in Form oder Größe datenabhängig darzustellen. Insbesondere für Darstellungen, die auf Verwaltungsgrenzen basieren, eignen sich amtliche Statistiken.

Einige Behörden erlauben mittlerweile auszugsweise den Abruf von Statistiken für nicht kommerzielle Zwecke (www.nrw.lids.de; www.cbs.nl/; www.norgesglasset.no). Dabei ist es möglich, die Daten unmittelbar zu selektieren, d.h. im Browserfenster zu markieren, in ein Tabellenkalkulations- oder Kartographieprogramm zu kopieren und sie somit für die Kartenkonstruktion zu nutzen. Teilweise können sie auch unmittelbar in einem Tabellenkalkulationsprogramm-Format heruntergeladen werden (www.uis.murl.nrw.de/). Oft handelt es sich dabei nur um einfache Grundinformationen, Einzelthemen, oder Beispieldatensätze. Für die meisten kulturgeographischen Fragestellungen bedarf es jedoch regional tief gegliederter bzw. sachlich sehr differenzierter Daten, die nicht ohne weiteres im Internet zur Verfügung stehen und oft auf konventionellem Wege beschafft werden müssen. Das Internet gibt hier lediglich insofern eine Hilfestellung, als Kontakte schnell hergestellt werden können, sich Bestellung online vornehmen lassen und Datenlieferungen sehr schnell erfolgen können.

Etwas besser verhält es sich mit der Datenverfügbarkeit in den USA. Hier sind die Behörden aufgrund des "*Freedom of Information Act*" von 1966 aufgefordert, einen großen Teil der von ihnen erhobenen Daten der Öffentlichkeit zugänglich zu machen. Seit einigen Jahren wird dazu auch das Internet genutzt, wenngleich kostenfrei angebotene Datensätze von geringer Qualität sind. Das gleiche gilt für viele Informationen der Vereinten Nationen (HOENIG 2000). In der Regel ist es allerdings erforderlich, die Rohdaten vor dem Einlesen in ein Geographisches Informationssystem oder Kartographie-Programm in einem Datenbank- oder Tabellenkalkulationsprogramm aufzubereiten und in ein passendes Dateiformat umzuwandeln.

5.1.5 Der Zugriff auf Fernerkundungsdaten

Eine besondere Bedeutung haben Geodatenserver als Informations- und Datenquelle mittlerweile im Bereich der Fernerkundung erlangt. Dies trifft zum einen auf die popu-

lären Bilder geostationärer Wettersatelliten wie *Meteosat*, *GMS* oder *GOES* zu, die zumeist kostenlos im Internet aufgerufen werden können. Einstiegsstellen bieten hier das Deutsche Klimarechenzentrum, DKRZ, in Hamburg (www.dkrz.de) oder das *Meteorologische Institut der Freien Universität Berlin* (ix-www.met.fu-berlin.de/wetter/wetterkarte). Auch der Zugriff auf Bilder von Erdbeobachtungssatelliten ist möglich. Im Gegensatz zu den zumeist aufbereiteten und datenreduzierten Bildern von Wettersatelliten handelt es sich bei den Originalbildern von *Landsat*, *SPOT* und *ERS* um sehr große Datensätze, deren Transfer sowohl *Server* als auch Datenleitungen stark belastet. So besitzt beispielsweise eine Landsat-TM-Szene mit 7 Kanälen, 30 x 30 m Bildpunkten und einer dargestellten Fläche von 180 x 180 km eine Datengröße von rund 270 MB.

Dennoch wird in zunehmendem Umfang die Datenbeschaffung online vorgenommen. Zum einen dient das Internet dazu, Satellitendaten zu bestellen, die dann auf offline Medien (z.B. auf CD-ROM) per Post zugeschickt werden. Zum andern besteht jedoch zumindest teilweise die Möglichkeit, Satellitenbilder direkt zu transferieren. Dazu werden entsprechende Bestell-Accounts auf den Webservern der Vertreiberorganisationen eingerichtet. Primäre Satellitendaten, die in der professionellen Bildauswertung in höchstmöglicher räumlicher, spektraler und radiometrischen Auflösung zur Verfügung stehen müssen, werden überwiegend kommerziell vertrieben.

Eine große Hilfe bei der Satellitenbildsuche bieten elektronische Datenkataloge, die von den verschiedenen Vertreiberorganisationen eingerichtet worden sind. Sie sollen eine schnellere und kostengünstigere Information über den vorhandenen Datenbestand gewährleisten (KLEIH 1998). Mittlerweile bieten die meisten Anbieter vergleichbare Abfrage- und Bestellsysteme im Internet an, z.B. *Space Imaging* (www.spaceimaging.com/search/ca.htm) oder *SPOT-Image* (www.spot.com/). Das Satellitendaten-Informationssystem *ISIS* (*Intelligent Satellite Information System*) ermöglicht den Zugriff auf das umfangreiche DLR-Satellitendatenarchiv. Über ein Info-board lassen sich zahlreiche Informationen aus verschiedensten Bereichen der Fernerkundung abrufen, z.B. über eingesetzte Satelliten, Archive und Datenverarbeitungsverfahren. Kernstück bildet die elektronische Datenbank, in der die Suche nach Datensätzen (Bildern) strukturiert, d.h. interaktiv und nach bestimmten Suchkriterien erfolgen kann. Durch die Verwendung von "*Quicklooks*" kann vorab die Verwendbarkeit eines Satellitenbildes z.B. hinsichtlich der Wolkenbedeckung geprüft und somit eine effiziente Suche nach geeigneten Geoinformationen vorgenommen werden.

Angesichts der ständig anwachsenden Datenflut wird mittlerweile das Problem der Archivierung und vor allem der effizienten Suche in gewaltigen Datenbanken (*data mining*) immer drängender. Einen erheblichen Schritt weiter geht das *Image Information Mining System*, das vom DLR Oberpfaffenhofen und der ETH Zürich entwickelt wurde (<http://isis.dlr.de/mining>; DATCU/SEIDEL 2001). Es handelt sich um eine *Client-Server-Architektur*, mit der über das Internet in Rasterdatensätzen nach Bildinhalten bzw. Bildstrukturen (*Image Content Search*), z.B. Wolken oder auffälligen geologischen Strukturen, gesucht werden kann (s. Abb.16). Darüber hinaus erlaubt das Pro-

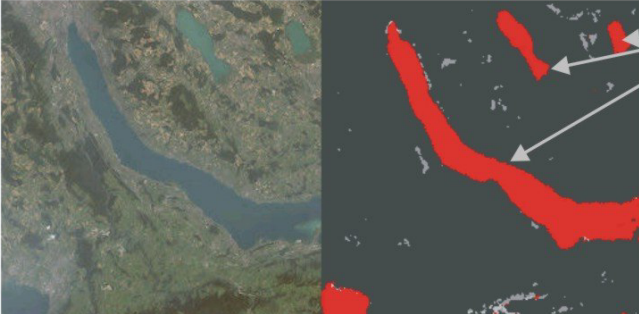
gramm eine ständige (trainierbare) Verbesserung des Suchergebnisses durch den Nutzer, indem einfache Bildanalysefunktionen bereitgestellt werden (*Interactive Learning and Search*). So ist es beispielsweise möglich, interessant erscheinende Areale, z.B. dunkle auf Wald hindeutende Flächen, zu selektieren und anschließend aufgrund des ermittelten Spektralwertes eine Suchanfrage im Gesamtbestand durchzuführen.

Abb. 16: Ermittlung charakteristischer Bildstrukturen mit dem *Image Information Mining System* (<http://isis.dlr.de/mining>)



Interactive Learning and Search

Online training of **new_label** using **two feature**


Cover-type name:



Selektierte Bildareale
(hier Wasserflächen)

Suchergebnis



Click on what you want (LEFT mouse button) and on what you do not want (RIGHT mouse button)






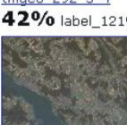


Select [different features](#) for this image.

Docu pages: [general](#), [FAQ](#), [java problems](#), [quality bars](#)

On the left we display a quicklook

Click on the image with the left mouse button

A. Images with highest coverage of label_1219 (Click on an image to select it):

 tmgeo_427_2_2 46% label_1219	 tmgeo_292_5_4 42% label_1219	 tmgeo_401_5_2 42% label_1219	 tmgeo_292_4_3 41% label_1219
 tmgeo_404_1_5 30% label_1219	 tmgeo_401_4_1 29% label_1219	 tmgeo_404_6_4 23% label_1219	 tmgeo_402_5_3 21% label_1219

[OK](#)
All results are good

5.2 Das Nutzungspotenzial - kartengestützte Online-Systeme in kulturgeographischen Anwendungsbereichen

Mit der Ausweitung des World Wide Web hat auch die Zahl der Anwendungen von geographischen und kartographischen Online-Systemen rasant zugenommen. Die Systeme ermöglichen die - wenn auch zumeist eingeschränkte - Nutzung eines Geographischen Informationssystems auf jedem PC, ohne die vollständige Software erwerben und sich ihre Bedienung aneignen zu müssen. Die Zugänglichkeit zu raumbezogenen Daten ist daher nicht mehr nur auf Spezialisten begrenzt. Die *Client*-Technik erlaubt die intuitive und visuell gesteuerte Informationserschließung. Im Gegensatz zu früher kann daher durch die neue Technologie in instrumenteller Hinsicht ein enorm vergrößerter Nutzerkreis angesprochen werden, der kaum über EDV-Kenntnisse verfügen muss.

Handelte es sich anfänglich insbesondere um Kartenhersteller und sonstige Geodaten- und Geosoftware-Anbieter, die dieses Medium nutzten (z.B. www.caliper.com/ovuatlas.htm), finden geographische und kartographische Online-Systeme heute bereits in großem Umfang Anwendung im Bereich der Informationsarbeit öffentlicher oder gemeinnütziger Einrichtungen sowie im kommerziellen Sektor (DICKMANN 1999a,b; HARDER 1998). Die Gründe hierfür liegen paradoxerweise in der "Regionalisierung" des Internet. Nicht das Potenzial zum weltweiten Datenaustausch steht im Vordergrund, sondern die Unmittelbarkeit regionaler und lokaler Informationsvermittlung, die das WWW ebenfalls gewährleistet. Die Vorzüge von kartengestützten Online-Systemen liegen u.a. in der grafischen Aufarbeitung und Präsentation räumlicher Sachverhalte, was einer schnellen und optisch ansprechenden Informationsvermittlung im Internet dienlich ist. Dies kommt in vielerlei Hinsicht den Erfordernissen von Öffentlichkeitsarbeit, (Aus-)Bildungs- und Informationstätigkeit, Marketingstrategien und sonstigen Prozessen der Arbeitswelt entgegen. Vorteile ergeben sich darüber hinaus auch für vernetzte Arbeitsumgebungen in Unternehmen oder Behörden (Intranet), die oft auf raumbezogene Informations- und Präsentationssysteme zurückgreifen müssen, z.B. Umwelteinrichtungen oder Versicherungen, ohne unbedingt über eigene GIS-Software zu verfügen.

5.2.1 Online-Geodaten in Verwaltung und Planung

Eine Vorreiterrolle hat dabei der nordamerikanische Raum eingenommen, wo diese Technologie bereits in vielfältiger Form von Behörden, Privatunternehmen oder allgemeinnützigen Einrichtungen eingesetzt werden. Zahlreiche Kommunen haben bereits früh auf diese Weise raumbezogene Informationen leichter zugänglich gemacht und die Effektivität interner Verwaltungs- und Planungsvorgänge gesteigert (HARDER 1998, S.20). Die bisweilen als "e-gov" bezeichneten elektronischen Dienstleistungssysteme der Kommunen stellen außerordentlich häufig nachgefragte Verwaltungsinformationen (Kataster) auch im Internet bereit, z.B. der *Cabarrus County GIS Public Access* (www.co.cabarrus.nc.us/). Zum Teil handelt es sich dabei bereits um sehr

weit reichende Informationen. Die Stadt Kennebunk im US-Bundesstaat Maine präsentiert beispielsweise städtische Planungskarten mit Informationen über Besitzverhältnisse (Steuerschätzung), Müllbeseitigung, Flächennutzungsabsichten u.a. im Internet (<http://kennebunk.maine.org/mapserver/home.html>).

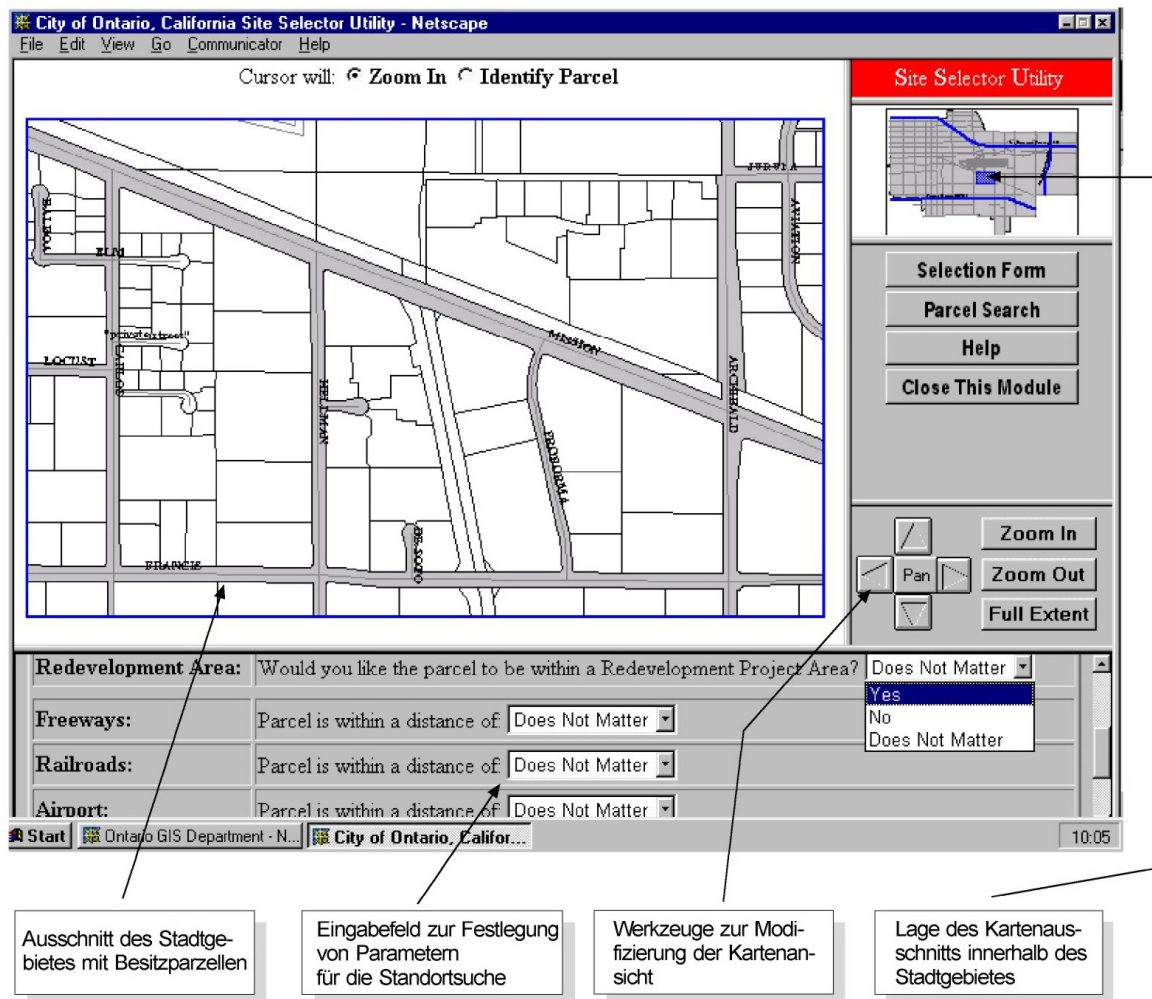
Auch im deutschsprachigen Raum wächst das Anwendungsfeld für geographische und kartographische Informationssysteme auf kommunaler Ebene (z.B. www.ikgis.de/wwwkausal/; s. auch METZNER 2001). Von den Kommunen werden zunehmend Stadtinformationssysteme (SCHALLER 1998), raumbezogene Metainformationssysteme (HERMSDÖRFER 1998), Systeme zur Unterstützung des Flächenmanagements und internetbasierte Umweltinformationssysteme eingeführt (CONRAD 1998). Die graphische Komponente der Internet-Technologie fördert beispielsweise die Offenlegungspraxis von Flächennutzungs-, Bebauungs- und Landschaftsplänen. Der Einsatz von *static maps*, mit denen in hochauflösender Form Planungskarten im WWW aufgerufen werden können, erspart u.U. zeitaufwändige Behördengänge. Ein solches WWW-Angebot kann die herkömmliche Offenlegung allerdings nur ergänzen, nicht völlig ersetzen, da nur ein Teil der betroffenen Bevölkerung über Internet-Zugang verfügt. Dies gilt für alle öffentlichen Einrichtungen, die Dienstleistungsangebote über das Internet anbieten.

Zum Teil werden auch kartengestützte Online-Systeme bereitgestellt, die sich bewusst an einen sehr begrenzten Nutzerkreis richten. Vom "Regionalen Arbeitskreis Entwicklung, Planung und Verkehr der Region Bonn/Rhein-Sieg/Ahrweiler" (rak) wird das kartographische Informationssystem *Descartes* genutzt (<http://www.umzug-nach-bonn.de/>). Zuwanderern in den Raum Bonn sollen auf diese Weise grundlegende Angaben zur Bevölkerungs- und städtebaulichen Infrastruktur vermittelt werden. Das mit einem *Java-Applet* realisierte System erfordert allerdings bereits eine gewisse Einarbeitungszeit, die lediglich interessierte Nutzer bereit sind aufzubringen.

Die Funktionalität von Online-Systemen kann darüber hinaus einen Beitrag zur Stadtentwicklung und regionalen Wirtschaftsförderung leisten, indem beispielsweise kartengestützte Informationen über verfügbare Gewerbeflächen im Internet vorgehalten und Datenabfragen vorgenommen werden können (s. Abb. 17). Von der kalifornischen Stadt *Ontario* wird potenziellen Investoren mit dem online nutzbaren "*site selector*" die Möglichkeit eingeräumt, unter dem Angebot an Grundstücken oder Gebäuden innerhalb des Stadtgebietes das für sie geeignete herauszusuchen. Auf der Basis von GIS-Abfragefunktionen können Interessierte Unternehmen gewünschte Selektions-Parameter, z. B. die Größe des gesuchten Geländes oder Gebäudes, die Entfernung zu Autobahnen und Flughäfen, in einem Eingabefeld festlegen (gis.ci.ontario.ca.us/gis/index.htm). In anderen Fällen können interaktiv Entfernungen abgemessen (z.B. zwischen Gewerbefläche und Autobahnanschluss) oder detaillierte Informationen zu Gewerbeflächen, z.B. Kaufpreise, Geschossflächenzahlen u.a. über ein separates *Frame* innerhalb der HTML-Seite aufgerufen werden (www.aachen.de/indexx.html) (BERNSDORF 2001). Die technische Realisierung der kartengestützten Informationsabfrage kann dabei unterschiedlich gelöst sein. Die

Strukturförderungsgesellschaft Bonn/Rhein/Sieg/Ahrweiler beispielsweise arbeitet mit einem System auf HTML-Basis und mit *static maps* (<http://www.sisbra.de/>), der "Flächenatlas Emscher Lippe" basiert hingegen auf HTML/JavaScript (www.gis-ela.de/fatlas/index.html). Die eigentliche Visualisierung der Karten erfolgt mit Hilfe von Rastergrafiken.

Abb. 17: Web-GIS zur Unterstützung standortsuchender Investoren (gis.ci.ontario.ca.us/gis/index.htm) (DICKMANN 1999)



Zunehmende Bedeutung erlangen kartengestützte Online Informationssysteme in abgeschlossenen Arbeitsumgebungen von Behörden, die mit einer Vielzahl von raumbezogenen Daten arbeiten müssen. Hier dient die Internet-Technologie nicht der externen, sondern internen Informations- und Datenübertragung mit dem Ziel, eine Effizienzsteigerung bei Sachbearbeitungs- und Entscheidungsvorgängen zu erreichen. Das Landesvermessungsamt Sachsen nutzt beispielsweise den *ArcExplorer* von *ESRI* als *Client*, um den Bearbeitungsstand von Geobasisdaten intern abrufen zu können. Mit dem "Erzeugnisinformationssystem, *EIS*" können abteilungsübergreifend Datenabfragen (SQL-gestützt) oder kartengestützte Suchvorgänge vorgenommen werden. Mit Hilfe einer Übersichtskarte, die das Netz der topographischen Karten

enthält, kann somit leicht ermittelt werden, welche Produkte (topographische Karte, Orthofoto, Rasterdaten etc.) zu einem Ort zur Verfügung stehen und wie aktuell diese sind. Mit Hilfe von *Layers* lassen sich die Informationen einblenden. Die Datenaufbereitung erfolgt dabei durch die einzelnen beteiligten Referate, die anschließend alle Daten auf einem zentralen *Server* der Behörde ablegt.

5.2.2 Online-Geodaten in der Wirtschaft

Die Privatwirtschaft hat bereits früh das Internet in ihre Aktivitäten eingebunden und die Kommerzialisierung des World Wide Web vorangetrieben (LIN/ZHANG 1998). Anfänglich stand dabei die Präsentationsfunktion im Vordergrund. So bot es sich schon unmittelbar nach der Einführung des WWW mit seinen grafischen Fähigkeiten an, Karten mit firmenrelevanten Informationen zu erstellen. Insbesondere US-amerikanische Unternehmen bildeten auf Webkarten Filialstandorte ab, so dass Kunden über nahe gelegene Einkaufs- oder Bezugsmöglichkeiten von Waren und Dienstleistungen informiert und mit Hilfe geeigneter Anfahrtsskizzen dorthin geleitet werden können (STERNE 1996). Bereits in der ersten Hälfte des Jahres 1996 stellte ein Kreditkarten-Unternehmen ein Online-Informationssystem im Internet zur Verfügung, welches erlaubte, nach Eingabe einer Adresse die nächstgelegenen Standorte von Geldautomaten in Form einer Karte abzurufen. Dieser erste Schritt zu einer abfragegebundenen räumlichen Darstellung machte das nutzer- (und damit kundenorientierte) Potenzial der neuen Technologie deutlich. Heute werden Werbe- und Serviceseiten von Unternehmen bereits mit Online-Routingsystemen ausgestattet, die individuelle und weitere Anfahrtswege visualisieren (FRECKMANN 2001). So werden z.B. beim "Anfahrtsrouting" geeignete Strecken zwischen einem beliebigen Startpunkt und dem Unternehmensstandort ermittelt. Solche kostenlosen Angebote dienen der Kundenakquisition bzw. -bindung und sind durchaus betriebswirtschaftlich begründet.

Auch das Verfahren der Umkreisselektionen wird heute von einer wachsenden Zahl von Unternehmen, z.B. Kreditkarten- und Versicherungsunternehmen, angeboten. Unter der Vorgabe eines Radius lassen sich hier um einen Standort die nächstgelegenen Versicherungsagenturen abbilden - mit Angabe zur Fahrzeit und Streckenentfernung (<http://www.rheinland-versicherungen.de>; <http://www.varta-guide.de/>).

Es ist abzusehen, dass künftig die Zahl der Unternehmen zunehmen wird, die die Nutzung solcher oder ähnlicher Webangebote gegen Bezahlung anbieten. Dies gilt insbesondere für den Wachstumsbereich der mobilen Kommunikationsmittel, wo auf bestehende Abrechnungssysteme zurückgegriffen werden kann. Kartengestützte Online-Systeme für *Portable Digital Assistants (PDA's)* befinden sich bereits im Aufbau. In der Schweiz wird beispielsweise versucht, im Bereich der individuellen Informationsbeschaffung ein geeignetes "portables" System einzuführen, mit dem sich lokale Geoinformationen kartengestützt abrufen lassen ("*Mobile Geo Information on Demand*", *MOGID*) (SOLLBERGER 2001). Das System errechnet die Position des Nutzers und gibt im Display eine Karte mit dem Standort wieder. Aus einer Datenbank kön-

nen nun - sofern bereits vorhanden - Informationen zu Dienstleistungseinrichtungen, ÖPNV-Fahrpläne, Öffnungszeiten, Restaurant- und Kinoangebote etc. für die unmittelbare Umgebung abgefragt werden. Die Verbreitung der WAP-Technologie (*Wireless Application Protocol*), die den unmittelbaren Zugang zum Internet ermöglicht, erscheint hier neue Märkte und somit neue Anwendungsfelder für kartengestützte Online-Systeme erschließen zu können (EMMER 2000). Der *Internet Map Server* von *MapQuest* (<http://www.mapquest.com>) bietet daher bereits den Versand der erzeugten Karten auf *Handheld*-Geräten an (vgl. auch: <http://shellgeostar.com/>).

Andere Firmen haben in dem grundsätzlichen Bedarf nach räumlicher Orientierung ein Betätigungsfeld gefunden. Unternehmen wie *Geosystems Global* mit dem System *MapQuest* (<http://www.mapquest.com>), *Maporama* (<http://www.maporama.com>) oder *Vicinity* mit *MapBlast* (<http://www.mapblast.com>) versuchten, mit kartographischen Dienstleistungsangeboten für *Websites* bzw. dem Vertrieb von Online-Routenplanern kommerziellen Nutzen aus dieser Technik zu ziehen. Auch in Deutschland werden mittlerweile solche Dienste angeboten (www.euro-cities-ag.de/online_gesamt.html). Gegen Entgelt lassen sich die Karten eines "Map-Providers" mit individuellen Angaben (Text, Bilder) versehen, die automatisch beim Aufrufen der eigenen *Website* vom dortigen *Server* mit aufgerufen werden.

Mittlerweile setzen viele Unternehmen, die mit raumbezogenen Informationen operieren, z.B. der Immobilienhandel oder die Reisebranche, auf geeignete Internetpräsentationen. Insbesondere die multimedialen Fähigkeiten des WWW sind dazu geeignet, kartographische Darstellungen zu ergänzen und Raumverhältnisse umfassend wiederzugeben. Mit Fotos und Panorama-Ansichten sind z.B. zahllose Hotel- und sonstige touristische Einrichtungen mit Webseiten im WWW vertreten.

Außer zur Produkt- und Dienstleistungswerbung und zur Unterstützung des Kundenservice werden kartengestützte Internettechniken auch im Rahmen innerbetrieblicher Prozesse eingesetzt (Intranet), z.B. bei Projektarbeiten, an denen voneinander räumlich entfernte Betriebseinheiten beteiligt sind, oder zur Schaffung von Online-Werksplänen (Grundrissen) in großen Unternehmen. Auch in Behörden wird das Intranet zunehmend für Expertenwendungen genutzt, z.B. zur Vernetzung von Polizei-Dienststellen ("*crime mapping*") (OKON 2000). Hier wird der Einsatz vernetzter Systeme und Arbeitstechniken immer wichtiger. Es ist abzusehen, dass durch den Umbruch in der Unternehmensdatenverarbeitung in Richtung Internet/ Intranet die webbasierten Systeme künftig die (Desktop-) GIS-Programme verdrängen werden. Leistungsstarke Geodaten-Server halten nicht nur selbst Daten vor, sondern können sie auch aufgabengerecht von anderen Rechnern anfordern (BUHMANN 2000). Einige Datenbanksysteme, z.B. *ORACLE* und *SDE (ESRI)*, verfügen bereits über notwendige Erweiterungen, um interoperable Systeme zu entwickeln.

Neben dem direkten Datenaustausch nutzen Unternehmen auch die dynamischen Fähigkeiten des WWW. So eignet sich das Internet im Bereich der Versand-, Speditions- und Kurierdienste zur visuellen Unterstützung von GPS-gesteuerten Tracking-

Systemen ("Flottenmanagement"), z.B. <http://www.fleetboard.de/>. Dadurch dass es möglich ist, dynamische Objekte auf Webseiten einzubinden, können Speditionen die Position einzelner Fahrzeuge mit Hilfe von GPS-Koordinaten (*Global Positioning System*) auf der Karte anzeigen lassen, um flexibel auf geänderte Fahrpläne zu reagieren. Versandfirmen nutzen diese Möglichkeit u.a. auch dazu, den Kunden werbewirksam die Möglichkeit zu geben, den Reiseverlauf mitverfolgen zu können.

5.2.3 Tourismusbezogene Anwendungen

In zunehmendem Maße werden Web-Karten und kartengestützte Online-Systeme für touristische Zwecke eingesetzt. Außer zur Online-Buchung und Reservierung eignet sich das WWW insbesondere zur Erlangung von Vorab-Informationen über Reiseziele in Form von Geoinformationen. Dies liegt daran, dass jene Informationen, die die Reisenden benötigen, nun bereits am Entstehungsort einer Reise, d.h. am Wohnort, zur Verfügung stehen und nicht mehr erst am Reiseort. Reiseentscheidungen können dadurch auf einer besseren Kenntnisgrundlage getroffen werden. Zudem wurde bereits zu Beginn der 1980er Jahre von Automobilclubs darauf hingewiesen, dass mangelnde Reiseinformationen zu Verkehrsbeeinträchtigungen führen, die durch verbesserte Informationssysteme vermieden werden könnten (ULBERT 1985).

Viele öffentliche und privatwirtschaftliche Fremdenverkehrseinrichtungen oder bildungsbezogene Informationsstellen nutzen *Websites* zur Selbstdarstellung und Werbung. Dabei besteht die Tendenz, dass sich vor allem kleinere und/oder weniger stark besuchte Länder und Regionen hier verstärkt engagieren und aufwendigere Webseiten unterhalten als die klassischen Hauptreiseziele (BROWN 2001). Die dabei eingesetzten Mittel reichen von einfachen statischen Karten und mit Fotos und Panorama-Sichten ausgestatteten virtuellen Rundgängen (<http://www.channels.nl>; vgl. auch Quicktime-Anwendungen: <http://www.virtuallyvancouver.com/frameset40.html>) bis hin zu VRML-basierten 3D-Visualisierung der Reisegebiete. Insgesamt ist dabei ein Trend zur Einrichtung multimedial komplexer Visualisierungsumgebungen festzustellen, bei denen klassische kartographische Darstellungen nur ein - wenn auch wesentliches - Teilelement bilden, z.B. der "*Alpine Viewer*" (<http://www.micado.at/>).

Eine nach wie vor wichtige Funktion solcher *Websites* besteht darin, dass Touristen vor ihrer Reise regionale oder lokale Karten herunterladen und ausdrucken können. Von den Anbietern wird dies in der Regel ausdrücklich (zu privaten Zwecken) erlaubt. Die Internet-Technologie kommt damit dem Bedürfnis der Reisenden entgegen, sich bereits am Herkunftsort über ein Zielgebiet (und die dortige aktuelle Situation hinsichtlich Verkehr, Besucherandrang etc.) zu informieren zu wollen (ULBERT 1985). Hierbei werden Karten unterschiedlichsten Inhalts verwendet, z.B. Straßenkarten, Touristenkarten, Übersichtskarten, historische Karten etc. Nicht selten handelt es sich um geschnittene großformatige Karten, die verkleinert als GIF- oder JPEG-(Inline-)Grafik in eine Webseite gesetzt werden, um die Datenmenge möglichst gering zu halten und eine unmittelbare Visualisierung als Inline-Grafik zu erzielen. Während dies für die Bild-

schirmdarstellung ausreichen mag, ist der Druck meist enttäuschend. Eine Lösung besteht darin, z.B. eine zusätzliche Datei (im PDF-Format) mit umfangreichen höher auflösenden Daten anzubieten, die bei Interesse abgerufen werden kann. Zudem werden heute in zunehmenden Umfang kommerziell ausgereifte *Map Server* eingesetzt, die mit hoch auflösenden Daten und interaktiv beeinflussbaren Kartenausschnitten arbeiten (vgl. www.hannover.de/; www.stadtplan.hamburg.de/hamburg/; www.koeln.de).

Noch in der Entwicklung befinden sich komplexe, funktionsreiche Geographische Informationssysteme, die u.a. auf Sprachsteuerung und mobilen Geräten basieren. Die *European Media Laboratory GmbH (EML)* untersucht beispielsweise mit dem Projekt "*Deep Map*" verschiedene Einsatzmöglichkeiten eines touristischen Informationssystems (www.eml.org), das in der Lage sein soll, mit sehr umfangreichen und heterogenen Datensätzen umzugehen. Ein *digital personal mobile tourist guide* soll hier über das WWW interaktiv Informationen über Sehenswürdigkeiten, historische Gebäude usw. einer Stadt zur Verfügung stellen und zudem drei- und vierdimensionale (zeitliche) Aspekte berücksichtigen können. Vorgesehen sind virtuelle Zeit-Reisen, die z.B. den historischen Wandel einer Stadt miterleben lassen und die ein interaktives Erkunden virtuell rekonstruierter Stadträume ermöglichen.

Karten-gestützte Online-Systeme auf der Basis von VRML sind aufgrund des hohen Herstellungsaufwandes und der meist zu geringen Übertragungsgeschwindigkeit bisher noch vergleichsweise selten im World Wide Web zu finden (z.B. zur Stadt Sydney; www.planet9.com/indexnetscape.htm). Für touristische Zwecke scheinen sie jedoch sehr geeignet (MUNDLE 2001, BROWN 2001) (s. Abb.18). VRML-Welten können vor allem wirklichkeitsnahe Eindrücke von Geländebeziehungen einer Region vermitteln und die unmittelbare Umgebung von Zielorten in ihren reliefbedingten Charakteristika wiedergeben. Da dreidimensionale Darstellungen dem menschlichen Wahrnehmungs- und Vorstellungsvermögen entgegenkommen, wird solchen *virtual reality*-Darstellungen eine große Wirkung zugesprochen (MOORE 1999). Die Auseinandersetzung mit den reliefbezogenen und situativen Verhältnissen wird dadurch intensiviert und das räumliche Verständnis insgesamt erhöht. Der im Vergleich zu zweidimensionalen Kartendarstellungen "realitätsnähere" Eindruck einer 3D-Geländeoberfläche einer VRML-Szene könnte daher Einfluss auf Reiseentscheidungen haben.

Aufgrund der Möglichkeit, sich im Raum scheinbar "fortzubewegen" und perspektivische Ansichten frei wählen zu können, lassen sich im Gegensatz zu normalen, d.h. statischen und unveränderbaren 3D-Abbildungen auch Zonen aufsuchen und erkunden, die bei der Ausgangssituation im Schattenschein liegen. Die interaktiv beeinflussbaren Geländemodelle werden dabei teilweise mit einer Datenbank verknüpft, die touristisch relevante Informationen enthält (www.karto.ethz.ch/~hm/methana/index.html).

Abb.18: Prototyp eines VRML-basierten Tourismus-Informationssystems
(www.karto.ethz.ch/~hm/methana/index.html)



Über die landeskundliche Informierung im Zusammenhang mit Reisetätigkeiten hinaus lassen sich kartengestützte Online-Systeme auch dazu einsetzen, komplexere räumliche Sachverhalte zu vermitteln, die Bestandteil wissenschaftlicher Bildungsinhalte sind. Solche Systeme nutzen die Möglichkeiten zur zielgruppen- bzw. wissensspezifisch unterschiedlich aufgliederbaren Informationsstaffelung sowie die Vorteile von Multimedialität, um eine Art *e-learning* zu entwickeln. Das vom *Bundesministerium für Bildung und Forschung* geförderte Projekt *WEBGEO* versucht beispielsweise Stoffinhalte der physischen Geographie (Grundstudium) unter Nutzung von Online-Medien durch interaktives Lernen zu vermitteln und dadurch klassische Lernformen zu ergänzen (GORMANN 2003). Unterschiedliche Animationen und 3D-Techniken, die sich für die Modellierung und Visualisierung von Prozessen des Geosystems Erde verwenden lassen, sollen zu einer deutlichen Verbesserung des Verständnisses komplexer Zusammenhänge beitragen.

Auch im schulischen Bereich wird bereits seit einigen Jahren versucht, die Vorteile der neuen Technologien für den Unterricht zu nutzen (DICKMANN 1998b, 1997a). Hier kann das Internet zum einen dazu dienen, etablierte Unterrichtsinhalte motivierender und neuartig aufzubereiten, zum andern lassen sich Themen vermitteln, die ohne Internet-Einsatz nicht berücksichtigt werden könnten. Im ersten Fall kann von einer

Substitutionsfunktion gesprochen werden, d.h. alternativ zu anderen Medien lassen sich Bevölkerungszahlen, Karten, landeskundliche Informationen, Wirtschaftsdaten etc. für ein gerade behandeltes Land herausuchen. Die Vorteile des unterrichtlichen Medienwechsels stehen hier im Vordergrund. Informationell interessanter ist jedoch der zweite Fall, bei dem dank des Mediums Internet neue Aspekte in den Unterricht einfließen. Diese *Innovationsfunktion* ist vor allem durch die Aktualität der abrufbaren Geodaten und Authentizität der Informationswahrnehmung bedingt, die in dieser Form kein anderes Medium gewährleisten kann, z.B. Zugriff auf aktuelle Arbeitsmarktdaten oder Präsentation klimatologischer Phänomene (u.a. mit Hilfe von *Webcams*). Entfernt ablaufende Raumprozesse können somit innerhalb des Unterrichtsgeschehens beobachtet und mitverfolgt werden (ebd.).

Von großer Bedeutung sind die Einsatzmöglichkeiten unterschiedlichster kartographischer Darstellungsformen. So werden beispielsweise in Japan aufwendig hergestellte 3D-Szenen im Schulunterricht mit dem Ziel eingesetzt, die räumliche Vorstellung der Landesnatur zu verbessern (www.geonova.ch). Dazu wird ein detailliertes dreidimensionales Landschaftsmodell auf der Basis von Satelliten und Kartendaten vom nationalen *Japan Map Center* bereitgehalten. Die Orientierung im Raum wird dabei technisch durch Einblendung von Orts- und Distriktnamen unterstützt.

Insgesamt werden bei tourismus- und bildungsbezogenen Anwendungsgebieten die Vorzüge des neuen Mediums, d.h. das internet-spezifische Potenzial der differenzierten Inhaltsvermittlung geographischer Informationen, der Aktualität und Authentizität sowie der Interaktivität, besonders deutlich. Sie sind folglich geeignet, wichtigen informationellen Anforderungen in den Bereichen Tourismus und Bildung zu begegnen. Es scheint somit absehbar, dass dem Internet auch in diesen gesellschaftlichen Handlungsfeldern eine immer bedeutender werdende Rolle zukommen wird. Im Gegensatz zu den zuvor genannten Anwendungsfeldern wird dabei ein außerordentlich großer Teil der Bevölkerung angesprochen. Die angesprochenen Zielgruppen befassen sich nicht (nur) beruflich mit dem Internet, sondern aus Freizeit- und Bildungsgründen, sodass eine unvergleichlich größere Zahl von Menschen mit dem Internet und seinen spezifischen Formen der Informationsvermittlung konfrontiert wird.

6. Empirische Überprüfung des Vermittlungserfolgs online-gestützter Rauminformationen

6.1 Neue Formen der explorativen Geodatenanalyse

Wie die o.a. Anwendungsbeispiele zeigen, hat mit dem Aufkommen weltumspannender, regionaler und (betriebs-)interner Netzwerke die Form der Informationsvermittlung heute offensichtlich eine neue Qualität erhalten: bildschirmbasierte räumliche Abbildungen haben nicht mehr einen ausschließlich statischen Charakter. Sie können von einem Nutzer interaktiv bearbeitet, aktualisiert und in hohem Maße (karten-) analytisch ausgewertet werden. Dies bedeutet, dass die kartengestützte Datenexploration

eine neue Qualität erhält. Bei der konventionellen Kartennutzung beschränkte sich der explorative Aspekt meist auf einfache quantitative Verfahren, wie das Auszählen, Schätzen oder Messen (Kartometrie). Wie die Ausführungen über die technischen Möglichkeiten gezeigt haben, dienen Karten und kartographische Abbildungen nicht mehr der reinen Präsentation, sondern auch der interaktiven Exploration temporaler und nicht-temporaler Geodaten (FUHRMANN/KRAAK 2001). Eine der frühesten Formen bildschirmbasierter Exploration wurde von MONMONNIER (1989) als "*brushing*" beschrieben. Damit ist das automatische optische oder akustische Hervorheben eines grafischen Elements beim Berühren oder Anklicken eines anderen gemeint, z.B. indem eine bestimmte Bildschirmfläche (z.B. Gemeindefläche einer Choroplethen-Karte) "aufleuchtet", wenn mit dem Mauszeiger ein bestimmter Zahlenwert in einer Grafik (Zeitskala) oder Tabelle aktiviert wird. Dadurch lassen sich zeitliche, lagebezogene und merkmalsabhängige (attributive) Beziehungen zwischen geographischen Objekten vermitteln. Diese einfache visuelle Interpretationshilfe findet sich heute in nahezu allen GUI-unterstützten Visualisierungsprogrammen (GIS, Kartographie-Programme) (KRAAK/BROWN 2001 S.14)

Bei der konventionellen kartographischen Präsentation werden räumliche Zusammenhänge, die dem Datenanbieter bekannt sind, in Form einer "Karte" visualisiert und zur Informationsaufnahme angeboten. Dabei ist es das Ziel, eine gegebene, sich nicht mehr verändernde Information in geeigneter Weise aufzubereiten. Die heutige Form der Geovisualisierung geht einen wichtigen Schritt weiter. Gestützt auf die digitalen Techniken wie GIS und Internet, sind die räumlichen Strukturen nicht mehr vor dem Übertragungsprozess grafisch festgeschrieben. Dazu tragen moderne "Visualisierungsumgebungen" bei, also das Zusammenspiel von kartographischer Umsetzung raumbezogener Daten und verschiedenen interaktiv beeinflussbaren Funktionen zur Analyse und Synthese (MACEACHREN und KRAAK 2001).

Heute wird im Zusammenhang mit Karten unter einer explorativen Datenanalyse ein Prozess verstanden, "in dem interessante Informationen und Zusammenhänge aus Datenmengen aufgedeckt werden. Ein Analyst sucht dabei nach Mustern, Regeln, Beziehungen oder Trends, die in der Datenmenge nicht explizit modelliert sind, ohne diese Informationen als Suchanfrage genau vorgeben zu müssen" (GATALSKY 2001 S.175). Aus einem "Datenpool" werden somit Zusammenhänge, z.B. Korrelationen, ermittelt, die zuvor nicht erkennbar waren. Die grafische Visualisierung von Daten und Analyseergebnissen fördert das Aufdecken neuer Muster und Relationen. Dies bedeutet, dass nicht nur vorgegebene Hypothesen schneller geprüft, sondern auch neue wissenschaftliche Fragestellungen abgeleitet werden können. Dieser hohe Anspruch lässt sich in einem digitalen (GIS-)Umfeld weitaus leichter erheben als auf der Grundlage klassischer Karten. Dabei wird deutlich, wie sich die Grenzen zwischen Analyse (GIS) und grafischer Visualisierung (Kartographie) zunehmend auflösen. Zu den wichtigen Vorteilen der digitalen Visualisierung zählen:

- hohe Interaktivität
- schnelle Transformation von Rohdaten in Präsentationen (und in andere Formate)
- Möglichkeit zur Darstellungs-Variation
- gleichzeitige Anzeige von Daten und Präsentation in mehreren Fenstern - insbesondere mit dynamischer Verknüpfung der Auswirkung einer Interaktion auch auf andere Darstellungen
- Animation (in Verbindung mit zusätzlichen interaktiven Kontroll-Funktionen)
- technische Integration von regelbasiertem Expertenwissen
- technisch unkomplizierte Überarbeitungsmöglichkeit (Einfügung neuer Datensätze)
(ergänzt nach GATALSKY et. al. 2001).

Noch effizienter wird die explorative Datenanalyse durch die Nutzung des Internet mit seinen funktionalen Fähigkeiten:

- unmittelbarer Zugriff auf digitale Datensätze
- (potenziell) hohe Aktualität
- zeitlich und örtlich weitgehend unbegrenzter Zugang
- gleichzeitige Verarbeitung (weltweit) verteilt vorliegender Ressourcen (Vernetzung).

Allerdings finden sich im World Wide Web erst wenige Systeme, die - zumindest teilweise - auf diesen technischen Möglichkeiten basieren und über ein inhaltlich anspruchsvolles Niveau verfügen. Wie bereits mehrfach erwähnt, besitzt das von der GMD entwickelte System *Descartes* über eine große Anzahl der o.g. charakteristischen Funktionen (*Applet* unter <http://ais.gmd.de/and/time/italy.html>). Die explorative Datenanalyse wird dort durch eine hohe Interaktivität und "eingebautem kartographischem Fachwissen" gewährleistet. Zahlreiche Analysefunktionen und Vergleichsoperationen dienen beispielsweise der Vermittlung demographischer Prozesse. Weiterhin ungelöst bleibt allerdings auch bei diesem System das Problem des Aktualitätsanspruchs.

In Anlehnung an den zur Zeit herrschenden Techniktrend zur "Visualisierung" wird in zunehmendem Maße dabei weniger von Kartographie als von "Geovisualisierung" (KRAAK und MACEACHREN 2001, FUHRMANN und KRAAK 2001), "Geoscientific visualization" (FUHRMANN 2001) oder "visualization in modern cartography" (MACEACHREN 1994) gesprochen, um den starken technischen Aspekt und die mitgegebenen Interaktionsmöglichkeiten zur verbesserten Datenexploration hervorzuheben. Der Unterschied zwischen "wissenschaftlicher Visualisierung" (*scientific visualization*) und Geovisualisierung liegt dabei in der Perspektive: In der Geovisualisierung steht die Übersicht über räumliche Zusammenhänge im Vordergrund: "The objective of [scientific] visualization is to analyse information about relationships graphically, whereas cartography aims at conveying spatial relationships" (KRAAK/ORMELING 1996, S.41).

Damit soll auch die besondere Rolle von Karten im Forschungsprozess betont werden, d.h. eine kartenbasierte Visualisierung umfasst alle Aspekte der Kartennutzung in der Wissenschaft, von der Datenexploration zu Anfang, über die Hypothesenformu-

lierung bis zur letztendlichen Präsentation von Ergebnissen (McEACHREN 1994). Dies bedeutet eine stärkere methodische Verknüpfung der beiden Wissenschaftsbereiche "Kartographie" und "Geographie". Die althergebrachte Trennung zwischen ausschließlich präsentativ-kommunikativen Aufgaben einerseits und explorativ-analytischen Aufgaben andererseits wird zunehmend aufgehoben.

6.2 Der "Mehrwert" des Einsatzes kartengestützter Online-Systeme in der Vermittlung geographischer Informationen

Die neuen Technologien ermöglichen es, mit einem einzelnen Medium verschiedene Formen der Kartenarbeit miteinander zu verknüpfen, für die noch vor wenigen Jahren der Rückgriff auf mehrere Printkarten notwendig war. Dies weist bereits auf die Dimension hin, die den Nutzungsvorteil kartengestützter Online-Systeme grundsätzlich kennzeichnet. Die Aufschlüsselung der Restriktionen, die typisch sind für die konventionelle Kartentechnik (vgl. HÜTERMANN 1986), und die Gegenüberstellung mit den technischen Möglichkeiten der web- bzw. bildschirmbasierten Visualisierung machen den theoretischen Rahmen deutlich:

- *Abbildungsbegriff*

Dies beginnt bereits auf der elementaren Ebene des "Abbildungs"-Begriffs: In konventionellen Karten werden nicht Geobjekte selbst, "sondern nur ganz bestimmte (häufig physiognomische) Aspekte, Teile ihrer qualitativen und quantitativen Eigenschaften [...] abgebildet" (ebd.S.55). Je nach Thematik, Zielgruppe, technischen Entwurfs- und Druckbedingungen, finanziellen Voraussetzungen usw. erfolgt die für den späteren Kartennutzer unveränderliche Abstraktion und somit Reduktion, d.h. die begriffliche und grafische Generalisierung eines räumlichen Gegenstands oder Phänomens. WIRTH (1981, S.168) hat im geographischen Kontext darauf hingewiesen, dass mangelnde begriffliche Präzision zu Missverständnissen führen kann: Die den Menschen visuell oder medial konfrontierenden Realita oder Abstrakta sind zunächst nur eine Fülle von Signalen und noch keine Informationen i.e.S., die in einem ersten Selektionsprozess erst zu Informationen werden. Nach der klassischen kartographischen Informationstheorie ist es das Ziel einer Kartenherstellung, die einen Raumausschnitt definierende Information entsprechend fragestellungsbezogen so aus der realen Welt heraus zu extrahieren und in einer Karte darzustellen, dass sie möglichst deckungsgleich mit jener Information ist, die ein Kartennutzer aus einer Karte herausliest.

Die Möglichkeit zur Informationsstaffelung des WWW erlaubt nun den Abruf und die räumliche Zuordnung von im Prinzip beliebig vielen Informationen zu einem Geobjekt. Dadurch wird theoretisch eine sehr umfassende Informierung über einen Sachverhalt möglich, die weit über die reine Legendeninformation hinausreicht. Dies hebt damit die Begrenzung konventioneller Kar-

ten auf, (meist) Gattungen und nicht Individuen darstellen zu müssen. Ob schon diese Generalisierung in Printkarten in der Regel bewusst angelegt ist, um eine klarere Gesamtaussage zu erreichen, kann sie im konkreten Anwendungsfall nachteilig sein. Wenn Kartennutzer bereits über Vorwissen verfügen (- und somit die in Printkarten angebotene Informationsvielfalt nicht benötigen -) und gezielt nach spezifischen Informationen (Themen) suchen, zeigen sich die Defizite in der Informationstiefe.

Die neue Technik eröffnet hier neue Möglichkeiten, denn neben dem Angebot der individuellen Abfrage kann gleichzeitig auch der Vorteil der Abstraktion (der Raum-Wirklichkeit) in einer Kartengestaltung erhalten bleiben. Erst durch die individuelle Interaktion eines Kartennutzers erfolgt der Abruf und die ausführliche und konkrete (audio-visuelle) Präsentation. Vorher - und ggf. auch nachher - kann mit der übersichtlichen kartographischen Darstellung gearbeitet werden. So kann beispielsweise bei Bedarf zwischen einer thematischen und einer topographischen Darstellung gewechselt werden. Die Online-Techniken ermöglichen nahezu beliebige Abfragetiefen und thematische Spektren. Dadurch kann im Vergleich zu konventionellen *stand-alone*-Techniken ungleich mehr an Informationen übermittelt werden.

- *Dritte Dimension*

Eine weitere Vereinfachung und bisweilen anspruchsvolle Kodierung erforderte bisher die Wiedergabe und Generalisierung der dritten Dimension. Dies wurde im Laufe der kartographischen Geschichte mit sehr unterschiedlichen Methoden zu bewältigen versucht. Unter anderem dienten Schummierungen, Höhenschichten, Höhenlinien, Schraffur und Panoramen-Darstellungen dazu, Kartennutzern einen Eindruck von den Reliefverhältnissen zu vermitteln. Neben den Problemen, die sich durch das Maß an Abstraktionsvermögen, insbesondere bei der Verwendung von Höhenlinien in topographischen Karten, ergibt, bildete der Erhalt der bloßen Lesbarkeit einer Karte eine Herausforderung. Zugunsten der geometrischen Genauigkeit musste die schnelle Lesbarkeit oft zurücktreten (OSTER 2001; SWANSON 1999). Perspektivisch gezeichnete 3D-Darstellungen bieten nur selten echten Ersatz, da bei den Zentralperspektiven auf die schräge Ebene manche Geoobjekte Informationen "hinter" hohen Objekten verborgen bleiben.

Das Problem der Darstellung der dritten Dimension bildet daher immer wieder einen Schwerpunkt in der Forschung (vgl. BUCHROITHNER 2001; KRAAK 1988), wobei es in erster Linie um technische, weniger um kognitive Aspekte der Informationsvermittlung geht. Die digitale Technik hat hier wesentliche Veränderungen hervorgerufen. Dies beginnt bereits mit der heute möglichen Trennung der digitalen (topographischen) Basisinformation von ihrer kartographischen Wiedergabe. Geländemodelle ermöglichen heute sehr vielseitig-

ge Darstellungen von Höhenverhältnissen auf Bildschirmen. Insbesondere die *VRML*, *Java3D*- und *X3D*-Techniken bieten aufgrund der interaktiven Funktionen interessante Ansätze, die Problematik der Höhendarstellung zu überwinden. Kartennutzer können die Perspektive von 3D-Karten individuell verändern, Ansichten vergrößern, Informationen ein- oder ausblenden etc., wodurch sich ein Vielfaches an Informationen vermitteln lässt. Eine weitere Steigerung erfährt dieser Vorzug durch das Internet: denn aktuell einsetzende Entwicklungen und Raumbedingungen lassen sich mit Hilfe dieses Mediums unmittelbar in die Präsentation einbinden, z.B. die Anzeige des sich kurzfristig verändernden Gefahrenpotenzials durch Lawinenabgänge oder Muren in Kopplung mit Wetterdaten.

- *Animationen*

Ein weiterer Nutzen für die effiziente Kartennutzung können Animationen hervorrufen. Schon seit den 60er Jahren zeigen dies Versuche, die mit computergestützten Animationstechniken in der Kartographie durchgeführt wurden (TOBLER 1970, MOELLERING 1973). Eine animierte Karte zeigt eine Abfolge von variierenden Bildern in einem festgelegten Zeitintervall und überwindet den statischen Charakter konventioneller Karten. Die chorographische Aussage der kartographischen Darstellung lässt sich durch den sequenziellen Charakter der Animation erweitern, d.h. in einer Karte kommt es nicht mehr nur zu einer gleichzeitigen Darstellung räumlicher Sachverhalte, sondern auch zu einer fortlaufenden Darstellung (DRANSCH 1997, S.14). Daten können somit dynamisch präsentiert werden. Vor allem bei sehr großen Datenmengen, die räumliche Prozesse wiedergeben, kann die Animationstechnik interessant werden. Muster und Regelmäßigkeiten lassen sich somit einfacher aufdecken als dies durch den - mitunter mühseligen - Vergleich vieler statischer Einzelkarten möglich wäre (KRAAK 1999).

In der Regel werden Animationen in Karten zur Wiedergabe von räumlichen Veränderungen herangezogen. Möglich ist jedoch auch das Aufzeigen von Daten eines bestimmten Zeitpunkts in variierender Aufbereitung bzw. wechselnder graphischen Darstellung (nontemporale Animation), z.B. Umwandlung einer thematischen Karte von einer Choroplethen- in eine Prismendarstellung, um die Vorzüge beider Präsentationsformen zu nutzen. Sowohl die temporale als auch die nontemporale Animation wird dadurch als ein Visualisierungsinstrument angesehen, das "kartographische Darstellungen verbessert und damit ihre Anwendungsmöglichkeiten im gesamten geowissenschaftlichen Arbeitsprozess erweitert" (DRANSCH 1997, S.16). Diese als "*reexpression*" (DiBIASE 1992,) bezeichnete Methode, gibt eine alternative grafische Darstellung wieder, die auf der Transformation des Originaldatensatzes beruht. Neben dem bereits erwähnten "*brushing*" zählen hierzu das "*recording*" und das "*pacing*". Beim *recording* wird z.B. die Reihenfolge der darzustellenden Bilder (Karten) geändert. Üblicherweise werden die

Szenen einer temporalen Animation von der ältesten zur jüngsten "Szene" abgespielt. Denkbar ist jedoch auch eine Abfolge, die nicht chronologisch orientiert, sondern von bestimmten Attributen abhängig ist. Dies ist der Fall, wenn z.B. mit einer animierten Darstellung der städtischen Struktur einer Region nicht die Entstehungsgeschichte, sondern nacheinander die Oberzentren, Mittelzentren usw. präsentiert werden sollen, um die zentralörtliche Hierarchie zu veranschaulichen. Das *pacing* variiert hingegen die Dauer einzelner Teile einer Animationssequenz, um eine Aussage zu betonen. In Abhängigkeit von einem Attribut, z.B. die Bevölkerungsgröße einer Stadt, erfolgt das Einblenden und das zeitliche "Verharren" einer Sequenz.

Animationen lassen sich zwar als exploratives Mittel nutzen, um Ähnlichkeiten oder Unterschiede in der räumlichen Verteilung von Objekten oder Phänomenen aufzuzeigen. Allerdings bedeutet die Anwendung von Animationen in Karten nicht per se eine Verbesserung. Der visuelle Vorgang des "Kartenlesens" besteht aus der qualitativen Durchmusterung des Grafikmodells Karte und dem Erkennen bzw. Vergleichen der dort vorzufindenden Geoobjekte (ASCHE 2000). Dadurch soll der Nutzer eine Orientierung über das zu vermittelnde Thema gewinnen und eine Vorstellung über den dargestellten Ausschnitt der Wirklichkeit ableiten können. Bei einer Animation ist dies infolge des zeitlichen Ablaufs nicht von vornherein gegeben. Notwendig sind zusätzliche Eingriffsmöglichkeiten seitens der Kartennutzer, z.B. um eine Bildschirm-Animation anhalten oder wiederholen zu können. Das bloße einmalige Ablaufen einer Animation reicht in der Regel nicht aus, um z.B. gleichzeitig verlaufende Prozesse unmittelbar erkennen zu können. Zudem ist darauf hinzuweisen, dass das Erlangen von Einsichten in Regelmäßigkeiten oder Muster im Wesentlichen vom individuellen physiologischen Wahrnehmungsvermögen des jeweiligen Betrachters abhängt (OPENSHAW 1994). Die Animation (bzw. der Film) ist letztlich nur ein Werkzeug, das dem Kartennutzer hilft, auf einen speziellen räumlichen Prozess aufmerksam zu werden, sie kann ihn nicht selbst hervorheben.

- Der „Mehrwert“ von Web-Karten

Der informative "Mehrwert" von Web-Karten erstreckt sich auch auf den Vorgang der Karteninterpretation. Die Karteninterpretation geht über die Technik des reinen Kartenlesens hinaus, wenngleich sie darauf aufbaut. Dabei werden Einzelelemente, ihre Beziehungen untereinander und ihr Zusammenwirken in räumlichen Einheiten interpretiert, d.h. an die Beschreibung von Formen und Inhalten schließen sich dabei Denkopoperationen des Kartennutzers an, "die auch das Vorwissen des Kartennutzers mobilisieren und ihm auf diese Weise synthetische Verknüpfungen ermöglichen" (SPERLING 1982 nach HÜTTERMANN 1986, S.57). So lassen sich z.B. anhand einer topographischen Karte Altsiedelräume festmachen, nicht nur, indem Hinweise auf eine hohe Bodenfruchtbarkeit gefunden, sondern indem auch eine größere Anzahl von

spezifischen Ortsnamensendungen ("-ingen, -heim" etc.) erkannt und mit bereits vorhandenem Wissen um historische Besiedlungsepochen verbunden werden. Dasselbe gilt auch für die einfache Auswertung von Relationen zwischen abgebildeten Elementen, ohne dass die Ursachen dieser Verteilungen direkt abgebildet werden (können), z.B. für die Ermittlung von Standortfaktoren (Gewässer, Straßenanbindung) und Gewerbeansiedlungen. Diese liefern letztlich nur Hinweise, jedoch keine tatsächlichen Nachweise. Die Karteninterpretation stellt die anspruchsvollste Auswertetätigkeit dar und wird bisweilen auch als "Kartenexegese" - vergleichbar mit der Textexegese in der Philologie - umschrieben (ebd.). Bei einer solchen Form der Kartennutzung muss also mit Argumentationen gearbeitet werden, die auf dem chorographischen Datenträger konventioneller Form nicht enthalten sind. Dies könnte jedoch vergleichsweise einfach im Fall eines online-gestützten Kartensystems verwirklicht werden. Denn weiterführende Zusatzinformationen, die durchaus sehr umfangreich sein können, lassen sich dort bei Bedarf einspielen.

- *Vernetzung*

Ein weiterer Vorzug des Einsatzes der neuen Techniken ergibt sich aus den Merkmalen der "Vernetzung", d.h. aus der Möglichkeit, Informationen aus unterschiedlichen räumlichen wie thematischen Bereichen abzurufen, zu bündeln und daraus neue Information abzuleiten. Der Begriff "*kollaborative Visualisierung*" bezeichnet die Zusammenarbeit zwischen zwei oder mehreren räumlich getrennten Institutionen. Allerdings wird diese Form der Visualisierung bisher in geowissenschaftlichen Arbeitsgebieten wenig angewandt, im Gegensatz zu anderen Wissenschaftsbereichen wie z.B. der Medizin oder dem Maschinenbau (MACEACHREN 2001). Jedoch ist auch in den Geowissenschaften eine entsprechende "*kollaborative Geovisualisierung*" denkbar. Bisher galt das Hauptaugenmerk traditioneller Kartographie der Erstellung statischer Karten mit bereits vorverarbeiteten Informationen. Heute steht die Erstellung dynamischer Karten im Vordergrund, die eine individuelle Exploration ermöglichen. Dabei ist auch in der Geovisualisierung das Blickfeld auf einen einzelnen Anwender (Kartennutzer) gerichtet, der mit den neuen Methoden lediglich an einem Ort zu einem bestimmten Zeitpunkt arbeitet. In zunehmendem Umfang wird in der Arbeitswelt fachübergreifend gearbeitet, so dass auch Arbeitsgruppen verschiedener Wissenschaftsdisziplinen zusammenarbeiten müssen, um komplexe geowissenschaftliche Problemstellungen zu lösen. Dies wird z.B. in geowissenschaftlichen Planungsprozessen notwendig, wo mit Hilfe "*kollaborativer Geovisualisierungsmethoden*" (MACEACHREN 2001, S.188), verschiedene (externe) Fachexperten hinzugezogen werden können. Erste Prototypen wurden für global agierende Forschergruppen (Klimaforschung) entwickelt, um die Nachteile räumlich getrennter Zusammenarbeit aufzufangen (ebd.). Zur Untersuchung der Auswirkung globaler Umweltveränderungen auf kleinere Regionen können Klima-

daten zeitgleich betrachtet und Parameter manipuliert werden, um neues Wissen zu generieren. Anwendungen sind auch in kulturgeographischen Arbeits- und Forschungsgebieten möglich, z.B. in der überregionalen und regionalen Planungstätigkeit.

Damit ergibt sich eine ganze Reihe von Komponenten, die theoretisch zu einer Effizienz-Steigerung in der Vermittlung geographischer Informationen über das Internet führen können. Offen bleibt bisher jedoch, ob dies in der Praxis zutrifft.

6.3 Der empirische Untersuchungsansatz

Um eine umfassende Bewertung des tatsächlichen Vermittlungserfolges von kartengestützten Rauminformationen vorzunehmen, die online übertragen werden, ist es notwendig, nicht nur Einsicht in die spezifischen Konstruktionsformen, Distributionsweisen und informationstheoretischen Vorzüge von Webkarten zu erlangen. Darüber hinaus muss auch untersucht werden, wie Anwender die geographischen Informationen solcher Bildschirmpräsentationen tatsächlich wahrnehmen. Eine gelungene Informationsübertragung ist schließlich entscheidend für den geographischen Forschungsprozess (Kap. 1.1) und darauf aufbauende Handlungsformen.

Die nachfolgende Untersuchung gilt der Überprüfung des auf der Basis interaktiver (multimedialer), online visualisierter Karten erzielten Vermittlungserfolgs. Konkret soll aufgezeigt werden, in welchem Umfang sich Unterschiede in der Informationsübertragung zwischen Web- und konventionellen Printkarten zeigen, die einen Raumschnitt thematisch oder topographisch wiedergeben. Damit steht die fachmethodische Frage im Vordergrund, ob darzustellende räumliche Sachverhalte eine interaktive und multimediale Kartenkonstruktion rechtfertigen, oder ob sich nicht der gleiche Sachverhalt auch mit einfachen statischen Karten gleichermaßen vermitteln lässt. Dazu soll die Effizienz beider Medien, die in der praktischen Anwendung eine zunehmend gleichwertige Bedeutung erlangt haben, miteinander verglichen werden. Mit Hilfe sozial-empirischer Methoden sollen hierzu abgesicherte Erkenntnisse ermittelt und letztlich auch Grundlagen für eine moderne "funktionsorientierte Kartengestaltung" (HERZOG 1992) geschaffen werden. Die Resultate sollen helfen, den Nutzen kartengestützter Online-Systeme einzuschätzen und auch ggf. verbessernde Maßnahmen hinsichtlich der Gestaltung von Webkarten bzw. der ihnen zugrunde liegenden Technik ableiten zu können.

Die Ergebnisse einer solchen empirischen Untersuchung sind dabei im Grundsatz auch auf kartographische Darstellungen übertragbar, die mit Hilfe üblicher „Offline“-Medien, wie CD-ROM oder eigenständigen PC-Programmen, erstellt werden. Beide Visualisierungsformen arbeiten mit ähnlichen Techniken. Allerdings ergeben sich vor allem in abbildungstechnischer Hinsicht, z.B. in der Verarbeitungsgeschwindigkeit (Bildaufbau) und in der grafischen Qualität deutliche Unterschiede. Darstellungen kartengestützter Online-Systeme sind hier teilweise beträchtlich benachteiligt, was die In-

formationsaufnahme durch die Kartennutzer einschränkt. Im Folgenden sollen dennoch online-typische Darstellungen für die Untersuchung herangezogen werden. Denn es ist trotz zunehmender Verbesserungen der Internet-Technologien davon auszugehen, dass die Darstellungsqualität von *stand-alone*-Geräten auf absehbare Zeit im Internet nicht erreicht werden kann. Dieser Nachteil muss als ein wichtiges Internet-Charakteristikum betrachtet werden, das bei der Bewertung der Vermittlungseffizienz zu berücksichtigen ist. Im Folgenden wurde daher mit Internet-fähigen - und damit etwas geringwertigeren - Darstellungen gearbeitet, um insgesamt möglichst realistische Untersuchungsbedingungen zu erzeugen.

Eine wichtige Effizienz-Komponente stellt die Geschwindigkeit dar, mit der die Informationen einer Online-Darstellung aufgenommen, d.h. verstanden werden. Zu einer effizienten Informationsvermittlung zählt nicht nur, ob Informationen richtig und vollständig (i.e.S. „effektiv“) übertragen worden ist. Darüber hinaus ist das Ergebnis auch in Relation zum zeitlichen Aufwand zu sehen, der notwendig ist, um ein vollständiges und korrektes Informationsziel zu erreichen. Dies entspricht zudem den Anforderungen der ISO-Norm CD 9241 zu Software-Ergonomie, die u.a. die Grundlage für die WWW-Nutzung bildet. So beurteilt auch BOLLMANN (1981) den Erfolg einer Karte wahrnehmungspsychologisch danach, wie schnell und sicher sie interpretiert wird. Bei bildschirmbasierten Visualisierungen definieren SCHUMANN/MÜLLER (2000) die Qualität der Abbildung als das Verhältnis von der vom Betrachter in einem Zeitraum wahrgenommenen Information zu der im gleichen Zeitraum zu vermittelnden Information.

Zeitmessungen während der Informationsaufnahme (Antwortdauer) sind daher ebenso unerlässlich wie das parallele Arbeiten mit zwei unterschiedlichen Kartennutzungsweisen: a) statisch-analog und b) interaktiv-digital. Bewertet werden dabei die Antworten von zwei Probandengruppen, die jeweils konventionelle Papierkarten und digitale (um Interaktivität und Multimedialität) erweiterte Webkarten auswerten. Ein kleinerer Teil beschäftigte sich darüber hinaus mit der Frage, ob zusätzliche Tonelemente zu den ohnehin dargestellten bildlichen Darstellungen einer animierten Karte tatsächlich einen Vorteil bringen. Hier geht es also um einen Vergleich zwischen zwei unterschiedlich ausgestatteten Webkarten (tonunterlegt und nicht-tonunterlegt). Diese Vorgehensweise entspricht den Ansätzen der modernen empirischen Kartographie, nach denen theoretisch entwickelte oder aus der Praxis abgeleitete Zeichenmodelle (-systeme), die letztlich geographische Informationen visualisieren, in ihrer grafischen Wirkung, semantischen Eignung und pragmatischen Funktion untersucht werden (BOLLMANN 2001).

Mit diesem Ansatz soll ein erster Versuch unternommen werden, empirisch gewonnene ("harte") Daten auf dem Gebiet kartengestützter Online-Systeme zu erhalten und somit die These von der größeren Effizienz von Webkarten (CARTWRIGHT/PETERSON 1999; GARTNER 2002; u.a.) zu überprüfen. Gleichwohl ist einzuräumen, dass der Umfang der hier durchgeführten Untersuchung lediglich einen Anfang darstellen kann, dem weitere, z.B. verschiedenen Nutzergruppen, Anwendungsumfelder, Kartentypen u.a.m berücksichtigende Überprüfungen folgen müssen. Zudem wird ebenso die Er-

mittlung mentaler Prozesse ausgeblendet. Problemlösungsprozesse sind nur indirekt beobachtbar und müssen späteren Untersuchungen zum Themenbereich kartengestützter Online-Systeme vorbehalten bleiben.

6.4 Untersuchungsaufbau und Datenerhebung

6.4.1 Stichprobe und Analyseverfahren

Zur Durchführung des Experiments wurden geeignete digitale und analoge Kartenbeispiele aus der Literatur ausgesucht (s.u.) und ein Fragenkatalog in Form eines standardisierten Fragebogens entwickelt (s. Anhang). Ein Pretest diente der Überprüfung der Validität des Forschungsplans und der Überarbeitung des eingesetzten Fragenkatalogs, bevor die endgültige Stichprobe erhoben wurde. Die Stichprobe umfasste 84 Studierende der ersten Semester des Fachs Geographie an der Universität Göttingen. Diese Gruppe wurde gewählt, weil die Studierenden gegenüber der hier untersuchten Fragestellung fachbedingt sehr aufgeschlossen sind und die Suche nach Probanden vergleichsweise problemlos stattfinden konnte. Außerdem ist davon auszugehen, dass die Erfahrung der Studierenden der unteren Semester im Umgang mit Karten, insbesondere mit Topographischen Karten, noch nicht sehr groß ist, sodass zumindest tendenziell von den erzielten Ergebnissen auf das Wahrnehmungsverhalten breiterer Bevölkerungsschichten geschlossen werden kann.

Die befragte Gruppe gliedert sich dabei auf in 27 weibliche und 57 männliche Studierende. Dieses "Ungleichgewicht" kann jedoch als bedeutungslos im Hinblick auf die Aussagekraft der Ergebnisse angesehen werden, da auch in anderen Studien zu kartographischen Wahrnehmungsfragen geschlechtsspezifische Unterschiede kaum festgestellt werden konnten (BOLLMANN 1981, ULBERT 1985). Eine massenstatistische Erhebung kam aufgrund des spezifischen Versuchsaufbaus und der damit verbundenen intensiven Befragung nicht in Frage. Die gewählte Stichprobengröße kann nach FINSTERBUSCH (1976) bereits den Rückschluss auf wesentliche Tendenzen erlauben und entspricht denen vergleichbarer Studien zur Zeichenwahrnehmung (vgl. ULBERT 1985, BOLLMANN 1981). Für die Untersuchung sozialwissenschaftlicher Fragestellungen werden bereits Fallzahlen von lediglich 20 (sog. *mini survey*) bei einfachen (univariaten) statistischen Auswertungen als hinreichend angesehen (FINSTERBUSCH 1976). Die Anzahl von mindestens 40 Probanden erhöht jedoch die statistische Sicherheit der Aussage entscheidend und bildet "a useful tradeoff point between costs and information" (ebd., S.124). Für den Vergleich zwischen dem jeweiligen Vermittlungserfolg von interaktiven, webbasierten Karten und normalen Printkarten wurden daher jeweils 42 Probanden befragt.

Die Befragungen wurden durch lediglich zwei Bearbeiter durchgeführt, die sich hinsichtlich der Befragungs- und programmspezifischen Bedienungstechnik eng abstimmen konnten. Methodische Verzerrungen konnten auf dieser Ebene somit möglichst gering gehalten werden. Die Befragungen selbst fanden alle in einem separaten

Raum statt, so dass Störungen, z.B. während der Zeitmessungen, vermieden werden konnten. Durch diese Verfahrensweisen ließ sich eine hinreichende Stabilität und Genauigkeit der Messungen und die Konstanz der Messbedingungen erzielen.

Zur Reliabilität des Vorhabens hat zudem die Übernahme der Bedienung der teilweise komplizierten *Plug-ins* durch die Befrager beigetragen. Mühsames und zeitraubendes Anlernen der Probanden konnte dadurch vermieden werden. Es war nicht Ziel der Untersuchung die Dauer des Erlernens des Umgangs mit den grafischen „Konsolen“ zu messen, sondern lediglich die Zeitdauer des Erfassens geographischer Informationen. Unterschiede in der Zeiterfassung, die sich aufgrund der individuellen Fertigkeiten der Probanden (mal mehr, mal weniger Erfahrung mit den Webtechnologien) ergeben hätten, konnten somit ausgeschaltet werden. Der Nachteil, der mit dieser Formalisierung des Abfrageverfahrens gegeben ist, besteht darin, dass nicht das gesamte Potenzial der Interaktivität der digitalen Beispielkarten durch die Probanden (Nutzer) selbst ausgeschöpft werden konnte. Die gewünschte Interaktion erfolgte nur indirekt, d.h. auf Zuruf über den Befrager. Dieses methodische Problem wurde jedoch in Kauf genommen, um die damit verbundenen Vorteile, d.h. die Gewährleistung der Vergleichbarkeit der Ergebnisse, zu nutzen. Ebenfalls aufgrund der Ungeübtheit der Probanden im Umgang mit den Internettechniken wurden keine Zeitvorgaben gemacht, sondern die jeweilige Zeit ermittelt, die ein Proband bis zum Abschluss der Antwort benötigte. Dies erklärt die große Variabilität in den Ergebnissen der Zeitmessungen.

6.4.2 Die verwendeten Kartenvorlagen

In Untersuchungen zu Kartennutzungen bildete oftmals die Effizienz einzelner grafischer Symbole (Quadrate, Kreise etc.) oder die Lokalisierung/Identifizierung von Zeichen den Gegenstand der Untersuchung. Erst ab den 1980er Jahren widmeten sich Untersuchungen der Grafik komplexerer Karten (BOLLMANN 1981, BRODERSON 1986) und Bildschirmdarstellungen (KRAAK 1988, KOUSSOULAKOU 1990, YUFEN 1997). Ein wichtiger Aspekt, der bei einer geographisch orientierten Überprüfung der Effizienz von Informationsübertragung im Vordergrund stehen sollte, ist die Einordnung der in einer Karte vorhandenen Geobjekte in einen räumlichen und thematischen Gesamtzusammenhang, d.h. die Berücksichtigung der Karte als Ganzes. Schließlich ist nicht gewährleistet, dass bei einer isolierten Betrachtung von Einzelelementen (Einzelsignaturen) die damit verbundenen geographischen Erkenntnisse im gleichen Umfang übertragen werden. Losgelöst von einem Kontext können ermittelte Wirkungen von Zeichen oder Mustern nicht eindeutig mit den Wirkungen anderer Muster verglichen werden. Eine Verallgemeinerung der auf einer solchen Basis gewonnenen Erkenntnisse ist deshalb nur sehr eingeschränkt möglich.

Für die Beurteilung des Vermittlungserfolges geographischer Informationen ist die Wahrnehmung des inhaltlichen Kontextes einer kartographischen Darstellung ein entscheidender Faktor. Hierin unterscheidet sich die vorgenommene Untersuchung auch

von einer rein graphisch-orientierten Erhebung. Die Fragen zielen ausschließlich auf geographische Inhalte (geographische Substanz, Korrelationen) ab, nicht auf kartographisch-gestalterische Aspekte der Darstellungen.

Je komplexer eine Karte aufgebaut ist, umso anspruchsvoller ist in der Regel auch die Wahrnehmung des inhaltlichen Kontextes. Grundsätzlich wäre es notwendig, zwischen sämtlichen grafischen und inhaltlichen Faktoren einer kartographischen Darstellung zu differenzieren, um das Gesamtgefüge zu verstehen und um aus den Ergebnissen nachprüfbar Schlüsse ziehen zu können. Um ein praktikables Vorgehen zu ermöglichen, wurden daher für die Versuchsreihe zwar mehrschichtige, jedoch insgesamt vergleichsweise einfache Kartenbeispiele ausgewählt, die jeweils in einer analogen (Papier) und digitalen (interaktiven bzw. animierten) Version vorlagen.

Aufgrund der vergleichsweise großen praktischen Bedeutung und weitgespannten Einsatzfelder (s.o.) bezieht sich die Untersuchung inhaltlich auf die Bereiche Tourismus und Bildung. Die Kartenbeispiele erstrecken sich dabei über drei unterschiedliche geographische Fragenbereiche mit typischen technischen Umsetzungsformen (nähere Erläuterung s. Kap. 6.5, 6.6 und 6.7):

1. Relief und Landnutzung (am Beispiel einer touristisch genutzten Halbinsel in Griechenland) (MUNDLE/ HURNI 2001).
2. Bildungsbezogene Information (am Beispiel der ökologischen Situation am Aralsee) (DRANSCH 1997).
3. Naturgefahren-Problematik (am Beispiel des Leinetals; prozessuale Darstellung mit Ton-Einsatz bei der Vermittlung von Geoinformationen) (BUZIEK 1999)

Die eingesetzten digitalen Karten lassen sich online abrufen, d.h. sie können entweder unmittelbar in einem typischen Internet-*Browser* visualisiert werden oder nach einem Download lokal gespeichert und anschließend (offline) aktiviert werden. Sie entsprechen in ihrer grafischen und technischen Ausstattung typischen kartographischen Online-Darstellungen, wie sie heute an vielen Stellen im World Wide Web zu finden bzw. abzurufen sind. Die Qualität der Darstellung richtet sich folglich nach den zurzeit vorhandenen Restriktionen des Internet. Dies bedeutet, dass insbesondere hinsichtlich der Bildauflösung und der "Performance" dynamischer Abläufe gegenüber vielen *stand alone* -Anwendungen (z.B. CD-ROM, Computerspiele etc.) qualitative Abstriche hinzunehmen sind (s.o).

Für die beiden ersten Themenbereiche (Relief und Landnutzung sowie bildungsbezogene Information) wurden zusätzlich konventionelle Pendant, d.h. Papier-Karten beschafft bzw. eigens angefertigt. Sie wurden von einer zweiten Probandengruppe ausgewertet. Um einen geeigneten Vergleich durchführen zu können, wurde darauf geachtet, dass der abgefragte Informationsgehalt zwischen digitaler und analoger Version identisch war. Nur so ist auch eine Messung der Zeitdauer der Informationsaufnahme sinnvoll.

Der Schwierigkeitsgrad der Fragen umfasst dabei unterschiedliche Hierarchiestufen, die nach OLSON (1976; vgl. auch HÜTTERMANN 1986) als unterschiedliche Anspruchsniveaus des Kartenlesens festgestellt werden können:

<i>level I</i>	<i>comparison of characteristics of individual symbols (shape, relative size, importance)</i>
<i>level II</i>	<i>recognizing properties of symbol groups on the map as a whole (spatial pattern)</i>
<i>level III</i>	<i>using map as a decisionmaking or content-knowledge-building device through integration of the symbols with other information (correlation)</i>

Die Untersuchung erstreckt sich über räumliche Aspekte der zweiten und dritten Stufe des *map reading*. Probleme der Unterscheidbarkeit einzelner Kartensymbole oder Geoobjekte spielen nur eine sehr untergeordnete Rolle. Gegenstand der Untersuchung bilden weiterführende geographische Zusammenhänge (Kausalitäten, Abhängigkeiten), so dass vor allem die Ergebnisse aus den Bereichen der beiden komplexeren Niveaus im Vordergrund stehen. Gerade die letzte Stufe bildet eine wichtige Voraussetzung für die Arbeit mit dem in der Geographie häufig angewandten "Koinzidenz-Prinzip" (HÜTTERMANN 1986). Dabei werden Korrelationen (Koinzidenzen) verschiedener Erscheinungen auf der Erdoberfläche untersucht, um Hinweise auf die Ursachen der Ausbildung räumlicher Muster zu erhalten. Kartographische Darstellungen spielen dabei eine entscheidende Rolle, da sie optisch auf mögliche Zusammenhänge aufmerksam machen können. Auch wenn auf diese Weise letztlich kein Nachweis erbracht werden kann, bildet die Arbeit mit dem Koinzidenz-Prinzip einen elementaren Analyseansatz auf dem Gebiet der Karteninterpretation. Für eine solche geographische Arbeitsweise ist die effiziente kartographische Informationsvermittlung eine wichtige Voraussetzung.

6.5 Vergleich zwischen konventionellen und digitalen Karteninhalten hinsichtlich der Interpretation von Relief und Landnutzung

Bei dem vorgenommenen Vergleich zwischen konventionellen und digitalen Karten bildete die Vermittlung verschiedener Relief- und Landnutzungsinformationen, wie sie bei vielen planungs- oder auch freizeitbezogenen Aufgabenstellung auftreten, einen Schwerpunkt. Neun von insgesamt 15 geographische Inhalte betreffenden Fragen (s.u.; und Anhang) bezogen sich auf diesen Bereich der Geoinformationsvermittlung.

6.5.1 Visualisierungsvoraussetzungen

Zur Evaluierung von Relief und Landnutzungsangaben aus einer Webkarte wurde eine VRML-basierte 3D-Darstellung gewählt, die für die Durchführung des Experiments jeweils online abgerufen wurde (<http://www.karto.ethz.ch/~hm/methana/>). Im Rahmen

eines touristischen Informationssystems wird auf einem *Server* ein Höhenmodell mit topographischen Angaben versehen und für potenzielle Besucher einer Ferienregion in Griechenland online bereitgehalten. Eine solche Anwendung begegnet somit Anforderungen, wie sie künftig verstärkt im Bereich des Tourismus auftreten werden. Denn durch die zunehmende Verbreitung und Nutzung des Internet können sich Reisende auf diese Weise bereits vorab über die Relief- und Landnutzungsverhältnisse informieren. Gleichzeitig besteht für die Gastregion die Möglichkeit, im Sinne landschaftsinterpretatorischer Grundsätze und Methoden (KREISEL 1997) landeskundliches Wissen zielgerecht zu vermitteln.

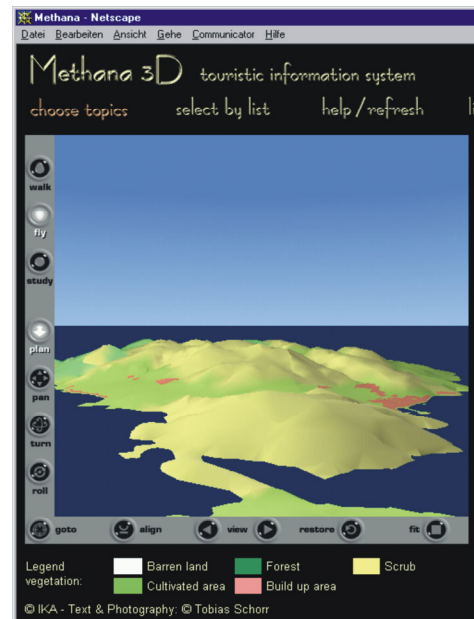
Räumlich handelt es sich um die vulkanisch geprägte Halbinsel Methana, die als Teil der Peloponnes in den Saronischen Golf hineinragt (Abb. 19). Mit einem maximalen Durchmesser von zehn Kilometern und einer Fläche von 55 km² bleibt das Areal überschaubar und eignet sich infolge des somit begrenzten Datenaufkommens für eine akzeptable Online-Übertragung (MUNDLE 2000). Allerdings musste auch schon hier auf eine detaillierte Darstellung der Geländestrukturen, wie sie sich auf topographischen Karten findet, verzichtet werden. Mit VRML ist zwar technisch eine Umsetzung möglich, doch wäre die Handhabung der Darstellung sehr schwerfällig bzw. völlig undurchführbar. Mit Hilfe eines *Plug-in* - für die Untersuchung wurde das VRML-*Plug-in Cortona* in der Version 2.2 der Firma *Parallel Graphics*, Irland, genutzt - lässt sich das nicht überhöhte Höhenmodell im *Browser* visualisieren und interaktiv benutzen. Die 3D-Erweiterung ermöglicht es dem Betrachter einer solchen Karte, sich auf einem selbst gewählten Weg durch eine künstliche, Landschaft (virtuelle Realität) zu bewegen. Dadurch können Zonen, die z.B. bei üblichen statischen 3D-Darstellungen im Sichtschatten verdeckt bleiben, erkundet werden. Dies entspricht den Vorzügen klassischer Reliefdarstellungen, z.B. Gipsmodellen. Höheninformationen lassen sich bei diesen Darstellungen intuitiver erfassen als bei Aufsichtprojektionen zweidimensionaler Karten, wo die dritte Dimensionen über die Dekodierung visueller Variablen erschlossen werden muss.

Trotz mancher Gemeinsamkeiten, die beide Abbildungsformen zunächst einmal (optisch) kennzeichnen, bestehen jedoch auch gravierende Unterschiede. Dies betrifft bereits die Herstellung solcher Abbildungen. Auch wenn mittlerweile Techniken zur Verfügung stehen, die die aufwändige Herstellung solcher „Realmodelle“ etwas beschleunigen, z.B. das *rapid prototyping* (vgl. RASE 2003), können sie keinem Vergleich mit den wesentlich flexibleren Möglichkeiten der bildschirmgestützten und online abrufbaren Visualisierungsverfahren standhalten. Allerdings ist zu berücksichtigen, dass die Visualisierung von digitalen Geländemodellen nicht in jedem Fall den „Realmodellen“ überlegen ist. Dies gilt z.B. für die „Bedienung“ des *Plug-in* und für eingeschränkte Betrachtungsmöglichkeit durch das Monitorfenster. Ein Gipsmodell ist hingegen in seiner Gesamtheit für den Nutzer einfacher erkennbar.

Abb. 19: Webkarten- und Printkartendarstellung der Halbinsel Methana



Printkarte: „Topographical Map of Methana Peninsula“, 1:25000, Institut für Kartographie der ETH Zürich 1994



VRML-basierte Kartendarstellung:
(<http://www.karto.ethz.ch/~hm/methana/>)

Dennoch ist davon auszugehen, dass künftig im wesentlich größerem Umfang digitale Geländemodelle im World Wide Web zur Verfügung stehen werden, während die Zahl der konventionellen Reliefdarstellungen kaum ansteigen wird. Insbesondere hinsichtlich der verschiedenen Aktualisierungs-, Interaktions- oder auch Distributionsaspekte treten die Eigenarten der digitalen Technik deutlich zu Tage (s. Kap. 6.2). Sie verleihen der Online-Abbildungsform eine neue Qualität, die es notwendig macht, sich von den Erfahrungen mit den gewohnten Reliefdarstellungen zu lösen und einen eigenständigen Vergleich zwischen der Wahrnehmungseffizienz zwischen Printkarten und den 3D-Webkarten vorzunehmen.

Die grafische Oberfläche des *Plug-in* stellt eine Reihe von Steuerungsinstrumenten (z.B. "fly" oder "study") zur Verfügung, die es dem Nutzer ermöglichen, „sich“ nahezu zu jeder beliebigen Stelle hin zu „bewegen“. Eine dynamische Anzeige gibt dabei nicht nur die Höhe der aktuellen Betrachtungsposition, sondern auf einer zusätzlichen Abbildung auch die Blickrichtung wieder, so dass eine schnelle Orientierung und eine weit reichende Geländeexploration vorgenommen werden kann. Die Legende erlaubt die optionale Zuschaltung von weiteren Informationsschichten, z.B. von touristischen Einrichtungen, darüber hinaus auch den Wechsel der Darstellung von einer hypsométrischen in eine die Landnutzung wiedergebende Oberflächentextur.

Mit Hilfe von neun Aufgaben, die den Probanden gestellt wurden, sollte ermittelt werden, ob und wie Informationen zu Relief und Landnutzung aus einer solchen karto-

graphischen Online-Darstellung entnommen werden können. Die Fragen umfassten folgende inhaltliche Bereiche (s. a. Tab.14):

- Allgemeine Charakterisierung der Landschaft (flach, hügelig, gebirgig)
- Lageräumliche Einordnung von Teilarealen auf der Halbinsel
- Einschätzung der auf der Halbinsel überwiegenden Landnutzung
- Sichtbarkeitsermittlung (Ermitteln von Sichtschatten)
- Visuelle Analyse des Zusammenhangs zwischen Topographie und Landnutzung

Darüber hinaus erfolgte die Messung der Antwortdauer, die die Probanden zur interaktiven Betrachtung und Interpretation benötigten. Die konkrete Durchführung der Exploration am Bildschirm erfolgte mit Unterstützung der Befrager, die den jeweiligen Perspektiv- und Maßstabswechsel auf Anweisung vornahmen. Dies war notwendig, um eine - hinsichtlich der Bewertung unbedingt notwendige - einheitliche instrumentelle Bedienungskompetenz zu schaffen und eine womöglich sehr zeitintensive Anlernphase der Steuerungsmöglichkeiten des *Plug-in* zu ersparen. Dadurch konnten auch individuelle motorische Unterschiede in der Bedienung eliminiert werden. Zudem wäre selbst bei erfahrenen Internetnutzern die Gefahr groß, dass bei der Vielzahl der im Internet kursierenden *Plug-Ins* das eingesetzte *Cortona-VRML-Plug-in* nicht bekannt und somit die Bedienung schwierig wäre. Diese Problematik, die zurzeit einen deutlichen Nachteil der Webkarten darstellt, wurde für die Untersuchung bewusst ausgeklammert, da davon auszugehen ist, dass hier schnelle technische Veränderungen (Standardisierungsmaßnahmen, etc.) zu erwarten sind und künftig der Umgang mit der Webtechnologie vereinfacht werden wird.

Wie kann die abgebildete Landschaft charakterisiert werden?	(Frage 1)
Wo befinden sich die höchsten Gebiete auf der Halbinsel?	(Frage 2)
Gibt es Gebiete auf der Halbinsel, die besonders <i>steil</i> und <i>zerklüftet</i> erscheinen?	(Frage 3)
Wo befinden sich ausgesprochen <i>flache</i> Regionen auf der Halbinsel?	(Frage 4)
Ist die Hauptsiedlung "Methana" vom höchsten Punkt der Halbinsel aus zu sehen?	(Frage 5)
Welche Landnutzungskategorie überwiegt auf der Halbinsel (geschätzt)?	(Frage 6)
Wo befinden sich die größten vegetationslosen Areale (Geröllflächen) auf der Halbinsel?	(Frage 7)
Wo befinden sich größere Waldflächen auf der Halbinsel?	(Frage 8)
Wovon scheint die Verbreitung von Wald auf der Halbinsel abzuhängen?	(Frage 9)

Tab. 14: Fragenbereich I des Fragebogens (s. Anhang)

Eine andere Probandengruppe erhielt zur Aufgabe, die gleichen Fragen auf der Basis einer topographischen Karte zu lösen. Auch hier wurden die Antwortzeiten gemessen. Bei der eingesetzten "*Topographical Map of Methana Peninsula*" handelt es sich um eine detailreiche und vergleichsweise aktuelle Topographische Karte im Maßstab 1:25000. Sie wurde vom Institut für Kartographie der ETH Zürich 1991-1994 erstellt

und bildet somit eine Ausnahme unter dem sonstigen topographischen Kartenbestand über Griechenland. Topographische Karten unterliegen der militärischen Geheimhaltung und sind kaum erhältlich. Die Karte verfügt über eine analytische Schummerung, so dass Höhenverhältnisse nicht nur über Höhenlinien und -punkte ausgedrückt werden. Sie bildete im Übrigen die Grundlage für die Erstellung des VRML-Modells (MUNDLE 2000; vgl. a. <http://www.karto.ethz.ch/~hm/methana/>). Die dazu notwendigen Höheninformationen wurden aus den Höhenlinien dieser Karte entnommen. Damit eignet sie sich methodisch in besonderem Maße als Vergleichsobjekt zur VRML-Version.

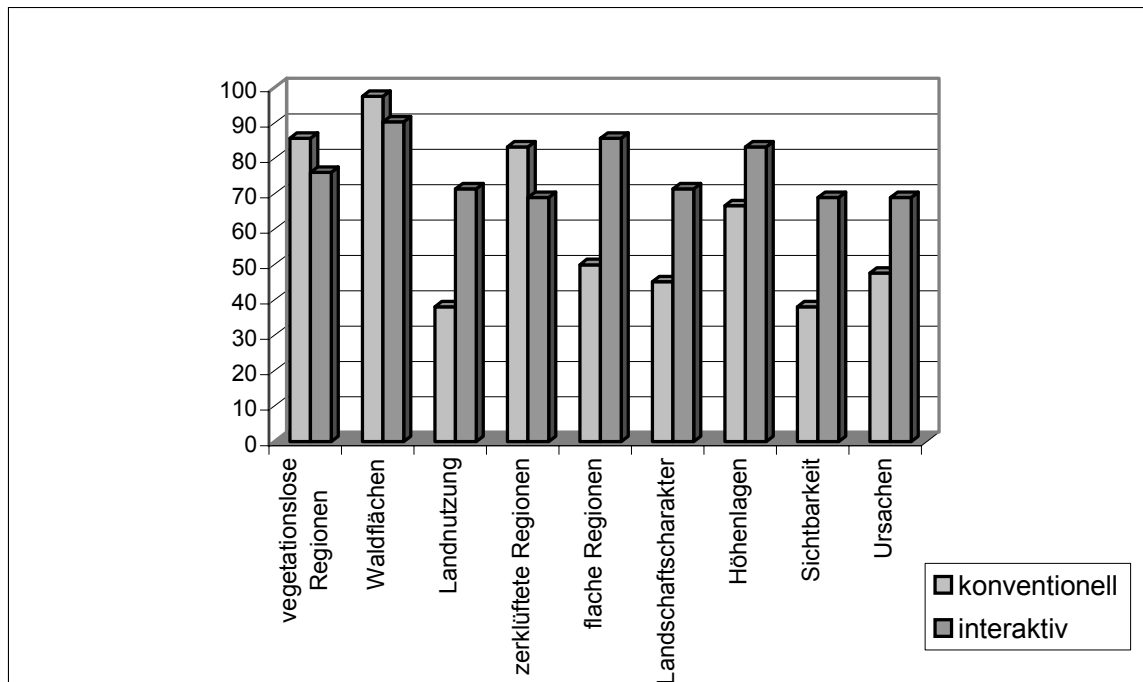
Der Detaillierungsgrad entspricht insgesamt demjenigen moderner topographischer Karten und ist im Vergleich zum VRML-basierten Modell wesentlich größer. So sind beispielsweise zahlreiche Bruchkanten, Quellen, Bäche, Einzelanwesen etc. enthalten. Diese ließen sich zwar auch in ein VRML-Modell einarbeiten, würden jedoch eine zu große, d.h. die Online-Übertragung beeinträchtigende Datenmenge hervorrufen. Die umfangreiche Beschriftung ist mit Ausnahme des Hauptortes (Methana) in Griechisch. Daher musste sich die Auswahl der den Probanden gestellten Fragen ausschließlich danach richten, was in der VRML-Karte enthalten ist, um die Vergleichbarkeit grundsätzlich zu gewährleisten. Dies bedeutet, dass mögliche Störeffekte beim Kartenlesen, die durch die größere grafische Dichte eintreten könnten, in Kauf genommen werden mussten und infolgedessen bei einer Bewertung des Effizienz-Vergleichs zwischen beiden kartographischen Darstellungen zu berücksichtigen waren.

6.5.2 Untersuchungsergebnisse

Die Untersuchung zur Effektivität bzw. Effizienz der Vermittlung von Relief- und Landnutzungsinformationen gliederte sich insgesamt in neun Einzelfragen auf, die den Probanden sowohl bei der Printkarte als auch bei der interaktiv-dreidimensionalen Webkarte gestellt wurden (s. Tab.14). Die Ergebnisse finden sich in den nachfolgenden Tabellen und Grafiken wieder und dokumentieren eine unterschiedliche Wahrnehmung der übermittelten geographischen Informationen bei den zwei untersuchten Visualisierungsformen.

Besonders interessant für die Untersuchung des Vermittlungserfolges kartengestützter Online-Informationsvermittlung ist zunächst die Auswertung der jeweiligen Anteile an korrekten Antworten, die insgesamt erzielt wurden. Hier zeigt sich bereits auf den ersten Blick ein auffallender Unterschied zwischen beiden Stichproben, der der dreidimensionalen Darstellung der benutzten Web-Karten eine insgesamt größere Effektivität zuweist (Abb.20). So beträgt der Anteil an korrekten Antworten bei der Webkarte im Durchschnitt 76,1%, während sich mit der Printkarte lediglich 61,4 % erzielen lassen.

Abb. 20: Vergleich der korrekten Antworten bei der Nutzung interaktiver und konventioneller Karten in % - Fragenbereich I (3D-Webkarte)



Frage-Inhalt	Anteil der korrekten Antworten in %	
	konventionell	Interaktiv
vegetationslose Regionen	85,7	76,1
Waldflächen	97,6	90,4
Landnutzung	38,1	71,4
zerklüftete Regionen	83,3	69,0
flache Regionen	50,0	85,7
Landschaftscharakter	45,2	71,4
Höhenlagen	66,7	83,3
Sichtbarkeit	38,1	69,0
Abhängigkeit Waldverbr.	47,6	69,0
<i>Mittelwert</i>	<i>61,4</i>	<i>76,1</i>

Tab. 15: Ergebnisse des Fragenbereichs I (Relief/Landnutzung)

Bei sechs von neun Fragen überwiegt eindeutig der Anteil jener (korrekten) Antworten, die mit interaktiver Unterstützung geäußert wurden. Die statistische Überprüfung der ermittelten Unterschiede belegt die Signifikanz dieser Ergebnisse (Tab. 16). Bei einem Signifikanzniveau von $\alpha = 0,05$ werden nach der Teststatistik (*Chi-Quadrat-*

Test) in fünf von diesen sechs Fällen (Fragen Nr. 1,4,5,6 und 9) Unterschiede erreicht, die auch in statistischer Hinsicht signifikant sind. Hingegen fällt auf, dass insbesondere bei jenen Fragen, bei denen die Probanden mit Hilfe der konventionellen Karte bessere Ergebnisse erzielten, die gesetzte Sicherheitswahrscheinlichkeit nicht erreicht wird. Hier fallen die Unterschiede zwischen beiden Visualisierungsformen nicht sehr groß aus und besitzen eine deutlich schwächere Aussagekraft.

Fragen-Nr.	Inhalt	Fragenbereich	Reading level	Besserer Wert d. interaktiv. Karte	Chi-Quadrat-Wert	$\alpha = 0,05$ (s. = signifikant)
1	Bestimmung des Landschaftscharakters	I	II	X	7,18	s.
2	Höhenlagen	I	II	X	2,28	
3	Lage besonders steiler und zerklüfteter Gebiete	I	II		1,59	
4	Lage überwiegend flacher Räume	I	II	X	10,60	s.
5	Sichtbarkeitsermittlung	I	III	X	10,65	s.
6	Vorherrschende Landnutzung	I	II	X	11,28	s.
7	Vegetationslose Räume	I	II		0,74	
8	Hauptverbreitung von Waldgebieten	I	II		2,29	
9	Abhängigkeit von Waldverbreitung	I	III	X	3,12	s.

Tab. 16: Ergebnisse der Signifikanz-Tests des Vergleichs zwischen interaktiver und konventioneller Karte nach Richtigkeit der Antworten (Chi-Quadrat-Vergleichstest; Stetigkeitskorrektur nach YATES)

6.5.2.1 Erfassung makroräumlicher Strukturen

Bei jenen Wahrnehmungsfeldern, bei denen das Erzielen einer Übersicht über eine Raumeinheit eine wichtige Voraussetzung zur Lösung einer Aufgabe darstellt, zeigt sich sehr deutlich eine Überlegenheit der 3D-Webkarte. Bei der Frage, wie die dargestellte Landschaft zu charakterisieren sei, d.h. ob als hügelig, flach oder gebirgig ("Landschaftscharakter"), hat deutlich über die Hälfte der Befragten (54,8%), die mit der Printkarte gearbeitet haben, falsch geantwortet (Abb.20, Tab.15). Dagegen sind die Antworten auf der Grundlage der Web-Karte zu mehr als zwei Dritteln richtig (71,4%). Zweifellos liegen hier die Stärken dreidimensionaler interaktiver Darstellungen, wie sie etwa in Form von VRML-gestützten Geländemodellen in Internet möglich sind. Der Aufbau eines (bildbasierten) mentalen Modells, das beim Nutzer im Rahmen des Wissenserwerbs entsteht (BRÜNKEN 2001), wird dadurch entscheidend gefördert.

Bestätigt wird dies durch das Antwortmuster auf die Frage, in welcher Region der Halbinsel sich besonders flache Areale befinden. Auch hier zeigt sich ein deutliches Gefälle zwischen der konventionellen (50% richtige Antworten) und der digitalen Kartennutzung (85,7%). Obschon die hypsometrische Reliefdarstellung nicht trennscharf angelegt ist, wirkt die digitale Geländemodellierung hier äußerst plastisch und ermöglicht eine relativ schnelle Relieferfassung. Die mit der Auswertung der topographischen Karte befasste Probanden-Gruppe stieß hingegen offensichtlich auf die üblichen Schwierigkeiten, die bei weniger erfahrenen Kartennutzern beim Umgang mit Höhenlinien auftreten (- und dies, obschon die topographische Karte über eine zusätzliche visuelle Variable in Form einer Schummerung ausgestattet war). Die Umsetzung des Höhenlinienbildes in eine entsprechende Vorstellung von Höhengsituation und Geländeform erfolgt bei dieser Gruppe besonders fehlerbehaftet. Die konventionelle topographische Karte besitzt hier deutliche Defizite gegenüber der 3D-Webkarte, auch wenn diese selbst nicht nur über Vorteile - etwa im Vergleich zu klassischen Reliefmodellen - verfügt.

6.5.2.2 Komplexität der Geoinformationen

Wie zu erwarten war, fielen die Ergebnisse zu komplexeren Abfragen von raumbezogener Informationen, d.h. zu der Sichtsituation und der Ursache für die Waldverbreitung auf der Halbinsel, deutlich zugunsten der Web-Karten aus. Bei diesen Aufgaben kamen die Vorteile des interaktiv steuerbaren 3D-Modells zum Tragen. Die erste Frage bestand darin, herauszufinden, ob der Hauptort der Halbinsel im Südosten von der höchsten Stelle im Inselinneren aus gesehen werden kann oder ob dazwischen liegende Geländeerhebungen die Sicht verhindern (Sichtbarkeitsermittlung).

Über Zwei Drittel der Befragten (69%), die die Web-Karte nutzten, erzielten richtige Antworten (Abb.20). Relativ einfach konnte mit Hilfe der systemeigenen Navigationsinstrumente der Web-Karte der höchste Punkt "aufgesucht" und eine Blickposition zum Hauptort Methana eingenommen werden. Dadurch erhält der Betrachter sehr schnell einen realistischen, d.h. die umliegende Höhengsituation berücksichtigenden Rundumblick um den Standort. Der Hauptort ist von dort nicht zu erkennen, mehrere Höhenlagen verhindern die Sicht auf die Küste. Dass dennoch fast ein Drittel der Probanden hier falsch geantwortet hat, muss zu einem Großteil auf Orientierungsprobleme zurückgeführt werden. Trotz der zuvor vorgenommenen Einweisung in den Aufbau dieser Webseite, die unter anderem eine Skizze (Nebenkarte) mit dynamisch gesteuerter Blickrichtungsanzeige beinhaltet, irrten viele Probanden dennoch bei der Einschätzung der Himmelsrichtungen. Dadurch dass das Geländemodell zur Bearbeitung der Aufgabe mehrfach gedreht oder verschoben wurde, hielten zahlreiche Probanden einen kleinen Ort an der Südwest-Küste irrtümlich für den Hauptort Methana. Es ist davon auszugehen, dass das Ergebnis daher noch besser ausgefallen wäre, wenn die Befragten mit der Technik bzw. mit der grafischen Oberfläche mehr vertraut gewesen wären.

Die Probandengruppe, die die gleiche Frage mit Hilfe der topographischen Karte zu beantworten hatte, antwortete insgesamt nur zu 38,1% richtig. Dies verwundert nicht, da eine zweifelsfreie Bearbeitung der Fragestellung Hilfsmaßnahmen (durch Berechnung oder Anfertigung eines Profils) erfordert hätte (HERISZT 2001, LINKE 1998). Es ist daher davon auszugehen, dass nur wenige tatsächlich aufgrund ihrer Vorstellungskraft die Frage beantworten konnten, und die Mehrzahl auch der richtigen Antworten letztlich lediglich geschätzt war. Die Unsicherheit drückt sich zudem in einer wesentlich höheren Antwortdauer aus. Während die Antwortzeiten bei der Printkarte in den meisten Fragen niedriger als bei der digitalen Version waren, liegen sie jedoch in diesem Fall deutlich darüber. In dieser Frage erweist sich die digitale Version trotz der bedienungstechnischen Nachteile und der Ungeübtheit der Benutzer somit der konventionellen Karte weit überlegen.

Dieses Ergebnis trifft ebenfalls für die Frage nach den Abhängigkeiten der Waldverbreitung auf der Halbinsel zu. Geklärt werden sollte hier, ob die absolute Höhe, die Exposition oder Hangneigung der Geländeoberfläche der entscheidende Faktor ist. Während wiederum rund 70% der Probanden der digitalen Karte zu einer richtigen Interpretation gelangte, waren es bei der konventionellen Druckkarte weniger als die Hälfte (47,6%). Der räumliche Eindruck der durch die plastische Darstellung des interaktiv beeinflussbaren Geländemodells entsteht, trägt offensichtlich dazu bei, hier zu besseren Antworten zu gelangen. Im Geländemodell wird schließlich deutlich, dass weder Geländehöhe noch die Hangneigung eine entscheidende Rolle bei der Waldverbreitung spielen, sondern die Exposition ausschlaggebend ist. Insbesondere der Aspekt der Hangneigung, dessen korrekte Erfassung und flächenhafter Vergleich mit verschiedenen Kartenarealen bei topographischen Karten bereits größere Erfahrung in der Kartennutzung voraussetzt, ließ sich mit der Visualisierungstechnik der 3D-Webkarte vergleichsweise leicht ermitteln. Bei der topographischen Karte wurde hingegen fälschlicherweise die Hangneigung oft als Grund angegeben. Hinsichtlich der in der OLSON'schen Einteilung dem dritten Niveau zuzuordnenden kartographischen Anforderung schneidet die konventionelle (topographische) Karte eindeutig schlechter ab.

6.5.2.3 Die Wahrnehmung geographischer Detailinformationen

Die Schwächen der verwendeten Online-Systeme treten allerdings dann hervor, wenn sich die Fragen auf detailliertere Rauminformationen beziehen. Insbesondere bei Fragen nach Lagebeziehungen von Objekten oder nach größermaßstäbigen Geländeformunterschieden ergibt sich beim Vergleich zwischen beiden Darstellungsformen ein differenzierteres Bild. So wurden Fragen nach den höchsten, nach den besonders zerklüfteten Arealen oder nach der räumlichen Zuordnung von vegetationslosen und besonders walddreichen Gebieten sogar ein wenig besser mit Hilfe der topographischen Karte beantwortet.

6.5.2.3.1 Folgen datenreduzierter Darstellungen

Bei diesem Fragetypus kommen die (zurzeit noch) vorhandenen Vorteile der Drucktechnik und der damit verbundenen feineren Kartengrafik der Print-Karte bei der Wiedergabe von Diskreta zum Tragen. Die *grafische* Dichte einer Web-Karte muss hingegen vergleichsweise niedrig bleiben, um die erzeugte Datenmenge so gering zu halten, dass eine Übertragung via Internet noch in einem vertretbaren zeitlichen Rahmen bleibt. Weite Kartenareale erscheinen somit im größeren Betrachtungsmaßstab wenig differenziert, z.B. bei der Darstellung der Landnutzung. Nur vergleichsweise wenige topographische Informationen sind in dieser Abbildung enthalten.

Ein weiterer restriktiv wirkender Faktor bildet die Darstellung der verwendeten Oberflächentextur des Kartenbeispiels, die mit Absicht keine (realitätsfernen) extrem scharfen Grenzen aufweist, z.B. am Übergang von Wald zu Buschland. Zum andern handelt es sich bei diesem Phänomen um eine Folge der *Level of Detail* (LoD) - Technik, mit der bei VRML-Darstellungen gearbeitet wird. Dabei werden einem Objekt in Abhängigkeit von der (virtuellen) Entfernung zum Betrachter unterschiedliche Geometrien zugewiesen (MUNDLE 2000). Da in der Realität Objekte in größerer Entfernung für den Menschen undeutlicher werden, ist es auch in der Virtualität nicht notwendig, die Detailtreue aufrecht zu erhalten, wenn sich der Nutzer einer solchen Darstellung von einem oder mehreren visualisierten Objekten entfernt. Für die Konstruktion von VRML-Welten am Bildschirm bedeutet dies, dass die Geometrie der einzelnen Objekte automatisch vereinfacht wird. Damit verringern sich die Datenmenge und die Dauer des Bildaufbaus. Die Generalisierung, die dadurch erzielt wird, erfolgt im untersuchten Kartenbeispiel etwas schneller, als es für den Betrachter notwendig wäre. Insbesondere bei Fragestellungen, die eine synoptische Betrachtung erfordern, macht sich der geringe Detailgrad dann negativ bemerkbar.

Eine weitere Ursache für die hier entstehenden Probleme liegt grundsätzlich in der der Geländedarstellung zugrunde liegenden Dichte der Höhenpunkte. Es handelt sich um ein TIN, das wiederum aus einem Gitternetz von Höhenpunkten abgeleitet worden ist. Selbst in der besseren Auflösung (Nahsicht) ist das Gitternetz mit 25 m Maschenweite zu grob, um topographische Kleinformen und oder kleinräumig ausgeprägten Reliefunterschieden, z.B. Steilwände, Abrissnischen, Schluchten etc. angemessen erfassen und wiedergeben zu können (der Aufwand, Bruchkanten etc. in das Modell einzuarbeiten, wurde bei der Herstellung nicht betrieben). In der daraus modellierten Oberflächenform fehlen sie somit völlig, d.h. auch nach Heranzoomen ist hier nichts sichtbar. In der Topographischen Karte 1:25000 sind diese Formen hingegen sehr detailliert enthalten. Topographische Sonderzeichen spiegeln hier auch geomorphologische Feinstrukturen wider.

In gleicher Weise von diesen Einschränkungen betroffen, ist auch die Suche nach den höchsten Berggipfeln ("Höhenlagen"). Aufgrund der zeitintensiven Bedienung des *Plug-in* und der damit verbundenen erschwerten Navigation durch die verschiedenen Gelände-Erhebungen des Modells erwies sich die Beantwortung dieser Aufgabe als

langwierig. Zwar waren die Antworten letztlich zu 83,3% richtig (im Vergleich zu 66,7% bei der konventionellen Karte), jedoch erwiesen sich die Antwortzeiten im Durchschnitt mehr als doppelt so lang wie bei der Auswertung der Printkarte (s. Abb.21). Die bei dieser Fragestellung vergleichsweise hohe Wahrnehmungsgeschwindigkeit der Probanden, die mit der topographischen Karte gearbeitet haben, hat allerdings eine Ursache in der spezifischen Form der Höhencharakterisierung. In topographischen Karten werden zusätzlich zur Schummerung und zu den Höhenlinien an markanten Stellen auch Höhenpunkte mit Zahlenwerten angegeben. Diese erlauben es etwas geübteren Kartenlesern unter den Probanden der Printkarte, vergleichsweise schnell die höchstgelegenen Örtlichkeiten (Gipfelpunkte) eines Areals zu entdecken. Diese Informationen waren im Geländemodell der Webkarte nicht in dieser Form ablesbar. Nur indirekt, d.h. in dem jeder Gipfel einzeln „aufgesucht“ hätte werden müssen, wären vergleichbare exakte Daten abzurufen gewesen. Doch auch ohne die Interpretation einzelner Höhenpunkte führte die Anschaulichkeit der 3D-Darstellung dazu, dass der online-gestützten Vermittlung der Höhenverhältnisse ein größerer Erfolg hinsichtlich der Richtigkeit der Antworten beschieden war.

6.5.2.3.2 Informationsergänzung durch optionale Themenzuschaltung

Das o.a. Defizit der hier eingesetzten 3D-Webkarte hinsichtlich exakter Höhenangaben ließe sich überwinden, indem eine weitere, optional einblendbare Informationsschicht mit Zahlenangaben zu Höhenpunkten in die Online-Abbildung integriert werden würde. Dies würde die Wahrnehmung der absoluten Höhenwerte entscheidend beschleunigen, so dass die Bewertung des Vermittlungsvorzugs, den topographische Karten in dieser Hinsicht besitzen, erheblich zu relativieren ist.

Auffallend ist die führende Position, die die Webkarte bei der Untersuchung der vorherrschenden Landnutzung einnimmt. Während die Probanden auf der Grundlage der topographischen Karte nur zu 38,1% korrekte Antworten gaben, lag der Anteil bei den Probanden, die die Webkarte nutzten, bei über 70% (s. Abb.20). Dies hat seine Ursache in der stärker ausgeprägten Generalisierung der unterschiedlichen Landnutzungsflächen und der unterschiedlichen Farbnutzung der Webkarte (im Gegensatz zum Vierfarb-Druck der Printkarte). Da infolge der LoD-Technik viele topographische Details in größerer Entfernung ausgeblendet werden (maßstabsabhängige Visualisierung), sind in der Gesamtschau die Landnutzungskategorien vergleichsweise leicht - d.h. ohne störende Elemente - zu erkennen. Vorausgesetzt, in der Legende ist die Option "Landnutzung" eingeschaltet, entsteht somit eine rein thematische Karte der Landnutzung von Methana.

Die Schwierigkeit liegt vor allem in der Unterscheidung zwischen dem landwirtschaftlich genutzten Gebieten und dem von Buschwerk beanspruchten Land. Diese beiden Nutzungsarten bestimmen das Bild der Halbinsel, wenngleich der Anteil an landwirtschaftlich genutzter Fläche insgesamt etwas größer ist. Auf der topographischen Karte sind die Areale weit weniger stark arrondiert und zusammengefasst. Entsprechend

dem Genauigkeitsanspruch topographischer Kartenwerke ist die Darstellung hier sehr differenziert, d.h. die Areale sind äußerst zerlappt und selbst kleinste isolierte Einzelschichten einer Nutzung werden ausgewiesen. Das spontane Vergleichen von Flächengrößen wird dadurch jedoch entscheidend gestört und führt zu Fehleinschätzungen. Zudem wird die farbliche Differenzierung durch die unterlegte Schummerung beeinträchtigt. Die Trennung zwischen einem dunklen Gelb und einem hellen Grün ist dadurch erschwert. Hier machen sich folglich die (bekanntesten) Nachteile der topographischen Karten unangenehm bemerkbar.

Bestätigt wird diese durch die Generalisierung entstehende Problematik durch die Kontrollfragen nach der Verbreitung weiterer Landnutzungsformen: Flächen ohne jegliche Vegetation (Geröllflächen) und geschlossene Waldareale. Beide Nutzungseinheiten sind auch auf der topographischen Karte aufgrund der Geschlossenheit ihres Vorkommens und vor allem aufgrund der wesentlich deutlicheren Farbgebung (kräftiges Grün und Weiß), die sie von den übrigen Kartenelementen optisch deutlich abheben, unmittelbar erkennbar. Zumindest bei diesem spezifischen Aspekt der Landnutzung nähert sich die topographische Karte in der grafischen Gestaltung folglich den Merkmalen der thematischen Kartographie an. Das heißt, hier wird eine – einer thematischen Karte vergleichbare – hohe Lesbarkeit erzielt. Dies führt zu dem hier abweichenden Antwortverhalten, das durch ein etwas besseres Ergebnis der topographischen gegenüber der interaktiven Karte gekennzeichnet ist. Aufgrund der Vielfalt von Informationen, die in topographischen Karten üblicherweise zu berücksichtigen sind und die eine große grafische Dichte erzeugen, kann die Betonung einer einzelnen Informationsschicht (Landnutzung) schon infolge der einer topographischen Karte zugedachten Vielzweck-Funktion nicht bei allen anderen Aussageschichten grafisch durchgehalten werden. Die optimierte Darstellungsweise eines Teils der Landnutzungsinformation in der topographischen Karte ist daher im Grunde als Ausnahme zu betrachten. Allerdings zeigt sie auch die grundsätzlichen Vorzüge themakartographischer Darstellungen, wie sie auch die 3D-Webkarten besitzen.

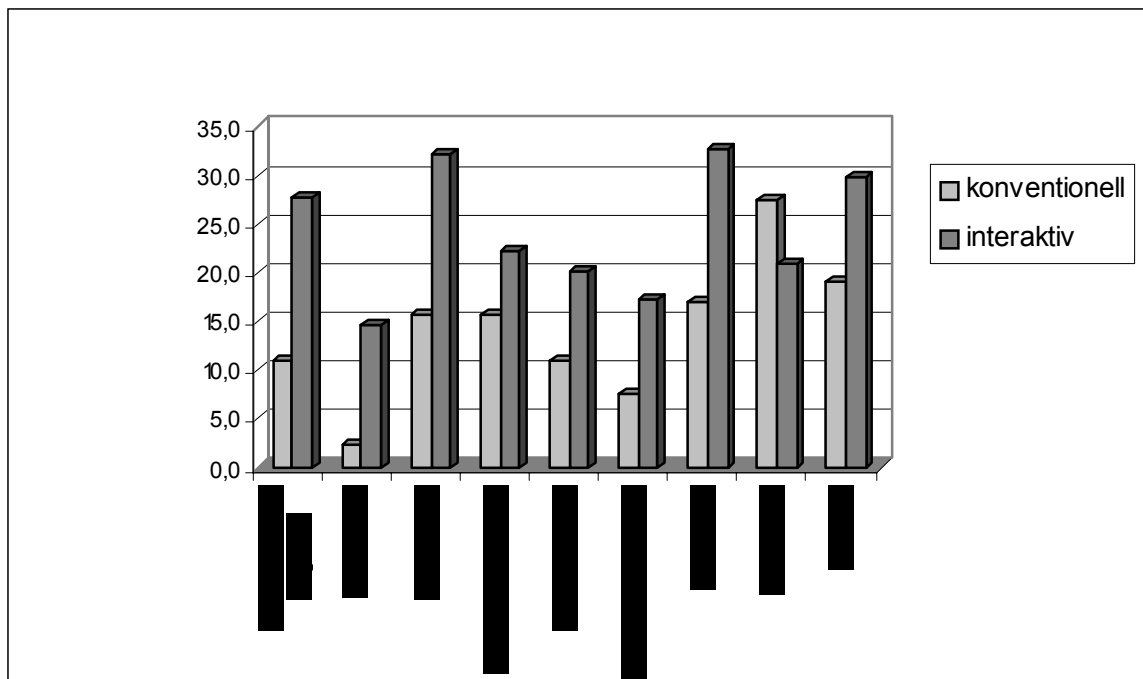
6.5.2.4 Der Zeitaspekt bei der Informationsaufnahme

Der Faktor Zeit ist ausschlaggebend für die Beurteilung der Effizienz in der Vermittlung von Rauminformationen. Die technische Datenübertragung zwischen *Server*- und *Client*-Rechner spielt immer noch eine erhebliche Rolle und beeinflusst die Informationsvermittlung nachhaltig. Die dazu benötigte Zeit hängt von der Hardware und zum Teil auch von Softwarebedingungen ab, die je nach Nutzungsumfeld sehr unterschiedlich sein können, z.B. ob ein Zugriff über eine einfache Telefonverbindung oder ein LAN besteht etc. Dieser mehr technische Aspekt soll jedoch im Folgenden zugunsten der unmittelbaren Perzeption des wiedergegebenen geographischen Inhalts ausgeklammert werden. Im Blickfeld der empirischen Kartenanalyse steht ausschließlich die Zeitdauer, die benötigt wird, um von einer bereits datentechnisch empfangenen und auf dem *Client*-Bildschirm visualisierten kartographischen Darstellung Geoinformationen aufzunehmen und (richtig) zu interpretieren. Diese methodisch bedingte

Ausgrenzung von technischen Internetspezifika führt somit zu einer größeren Allgemeingültigkeit der Untersuchungsaussagen, die auch sonstige (offline) bildschirmgestützte Kartendarstellungen, z.B. Atlanten auf CD-ROM, miteinschließt. Trotzdem ist eine Übertragung der Ergebnisse letztlich nur eingeschränkt zulässig. Maßgebend sind hier vor allem die im Vergleich zu anderen Medien begrenzte Datenmenge und Funktionalität, die insbesondere die Online-Visualisierung kennzeichnen und zu spezifischen Restriktionen hinsichtlich Interaktionsgeschwindigkeit, -optionen, Auflösung und graphischer Gestaltung führen. Ein weiterer Faktor, der den Vergleich erschwert, bildet die bei der Perzeption der Webkarten-Inhalte zu berücksichtigende Linearität der Darstellung. Im Vergleich zu den - nahezu - parallel zu sichtenden Inhalten der topographischen Karte, ist bei der Informationsaufnahme ein sequenzielles Abarbeiten notwendig, dem eine größere Zeitdauer immanent ist. Online lassen sich oft nur kleinere Ausschnitte betrachten, während Printkarten schneller einen Überblick gewähren.

Der Vergleich zwischen Printkarten und online-gestützten Karten hinsichtlich der Antwortzeit fällt daher erwartungsgemäß zugunsten der konventionellen Darstellung aus. Im Vergleich zu den konventionell beantworteten Aufgaben war die Antwortzeit bei der interaktiven Kartennutzung im Mittel um 10 Sekunden länger (Abb.21, Tab. 17).

Abb. 21: Durchschnittliche Antwortdauer bei interaktiven und konventionellen Karten (in Sek.)



Auffallend große Differenzen ergaben sich bei Verortungsaufgaben, in der Einschätzung der vorherrschenden Landnutzung und in der Suche nach den höchsten Geländeerhebungen des dargestellten Geländeausschnitts. Wird zwischen beiden Visualisierungsformen die Zeitdauer auf der Basis von ausschließlich richtigen Antworten verglichen, zeigt sich das gleiche Muster. Im Durchschnitt dauerte eine erfolgreiche,

d.h. eine korrekte Antwort hervorrufende, Informationsvermittlung auf der Basis einer Webkarte fast doppelt so lang wie im Fall der Nutzung einer analogen Karte - im Durchschnitt fast 12 Sekunden (s. Abb.22).

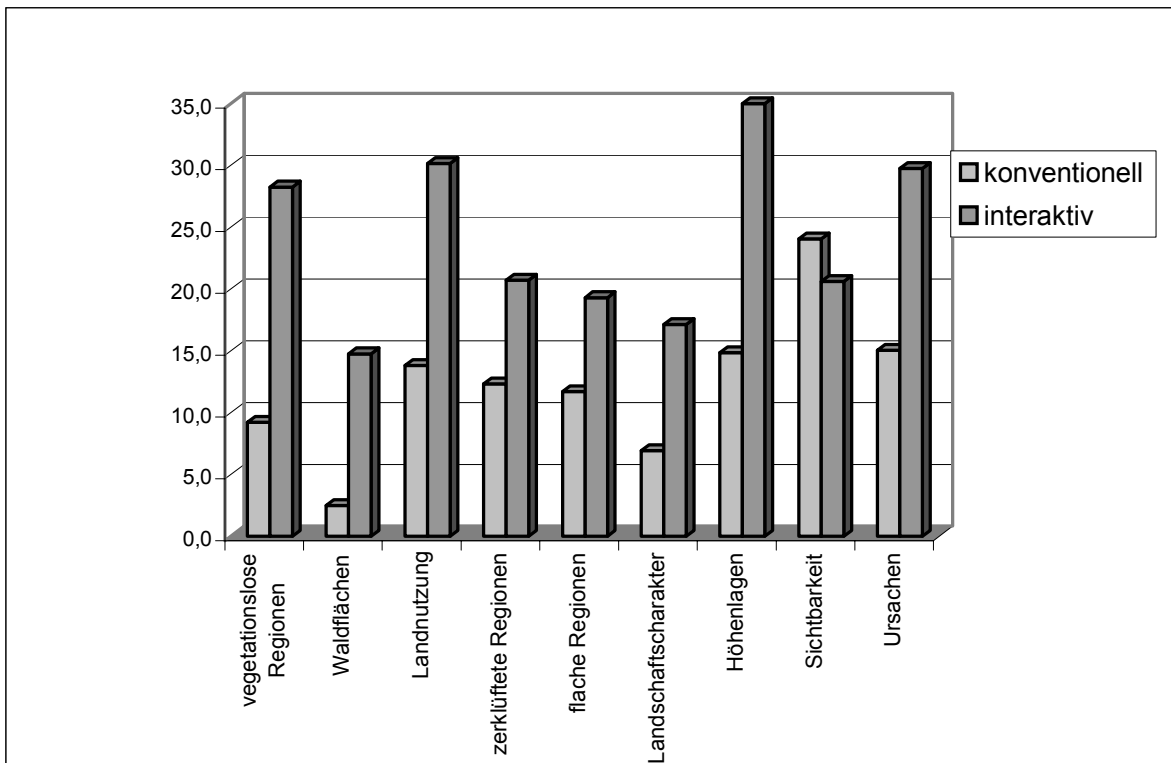
	konventionell		interaktiv		$\alpha = 0,05$ (s. = signifikant; n. t-Test)
	Mittelwert	Std.abw.	Mittelwert	Std.abw.	
vegetationslose Regionen	11,0	17,78	27,6	17,97	s.
Waldflächen	2,5	2,15	14,7	8,19	s.
Landnutzung	15,6	15,04	32,0	18,52	s.
zerklüftete Regionen	15,7	19,26	22,3	14,82	s.
flache Regionen	10,9	9,93	20,0	16,63	
Landschaftscharakter	7,7	7,15	17,1	13,61	s.
Höhenlagen	17,0	16,26	32,5	24,36	s.
Sichtbarkeit	27,5	25,08	20,9	12,34	
Ursachen	19,0	17,29	29,8	18,57	s.
<i>Mittl. Antwortdauer</i>	<i>14,1</i>		<i>24,1</i>		

Tab. 17: Vergleich der Antwortdauer zwischen interaktiver und konventioneller Karte (unabhängig von der Richtigkeit der Antworten)

Bezeichnend ist zudem die hohe Standardabweichung, insbesondere im Fall der digitalen Karten. Dort liegt die Standardabweichung doppelt so hoch wie bei den Ergebnissen der analogen Karten. Dies ist kennzeichnend auch für ähnliche Untersuchungen (KRAAK 1988, KOUSSOULAKOU 1990) und muss, wie bereits angedeutet, auf die unterschiedliche Erfahrung und Geübtheit der Nutzer mit der eingesetzten Technik zurückgeführt werden. Offensichtlich fiel den Probanden das Lesen und Interpretieren der ungewohnten Webkarten noch schwer. Dennoch führte die grafisch-technische Ausgestaltung letztlich dazu, dass die übermittelte Geoinformation inhaltlich besser als bei konventionellen Karten in der Vorstellungswelt des Kartennutzers abgebildet wurde.

Die Auswertung der Einzelergebnisse macht deutlich, dass die eingesetzte Technik in der Vermittlung elementarer Karteninformationen - wie die der einfachen Lokalisierung und Identifizierung von Geobjekten im Raum - den konventionellen Darstellungen (noch) unterlegen ist. Insbesondere die daten(übertragungs-)bedingte geringe Auflösung und die gleichzeitig begrenzten (sichtbaren) Darstellungsmöglichkeiten des Bildschirms tragen dazu bei.

Abb. 22: Zeitvergleich zwischen interaktiven und konventionellen Karten nach Richtigkeit der Antworten (Angaben in Sekunden)



	konventionell		interaktiv		$\alpha = 0,05$ (s. = signifikant; n. t-Test)
	Mittelwert	Std.abw.	Mittelwert	Std.abw.	
vegetationslose Regionen	9,2	12,7	28,3	19	s.
Waldflächen	2,5	2,2	14,8	8,2	s.
Landnutzung	13,8	10,8	30,2	16,9	s.
zerklüftete Regionen	12,3	10,9	20,7	14,7	s.
flache Regionen	11,7	11,4	19,3	16,6	
Landschaftscharakter	6,9	4,6	17,1	12,5	s.
Höhenlagen	14,9	13,2	35,0	25,8	s.
Sichtbarkeit	24,1	23,4	20,6	11,5	
Ursachen	15,1	10,7	29,8	16,6	s.
<i>Mittl. Antwortdauer</i>	<i>12,3</i>		<i>24</i>		

Tab. 18: Vergleich der Antwortdauer zwischen interaktiver und konventioneller Karte nach Richtigkeit der Antworten

Eine Rolle spielt darüber hinaus die Ungeübtheit der Probanden, was bei der Frage nach den höchsten Regionen, den Region mit größeren Waldvorkommen oder den Regionen, die nahezu vegetationslos sind, besonders zum Ausdruck kommt. Die Unsicherheit im Umgang mit den Möglichkeiten der Bedienungstechnik führte hier zu sehr großen Abweichungen innerhalb des Antwortverhaltens. Das Verschaffen eines Überblicks mit Hilfe der Navigationstechnik und das daran gekoppelte Identifizieren von räumlichen Details nahm bei einigen Probanden sehr viel Zeit in Anspruch. Wie bereits erwähnt, ist dies auf technische bzw. grafische Unzulänglichkeiten zurückzuführen, die auch die Richtigkeit der Antworten stark beeinträchtigten. Dadurch erklärt sich die auffallend lange Antwortdauer bei der Aufgabe, die höchsten Gebiete auf der Halbinsel zu lokalisieren. Bei den im Versuchsablauf später folgenden Fragen mit vergleichbarem Inhalt stellte sich daher bereits ein gewisser Lerneffekt ein, so dass hier die Antwortzeiten und mittleren Abweichungen bereits weitaus geringer ausfielen. Da die Extremwerte insgesamt weder auf Messfehler noch Spezifikationsfehler zurückzuführen sind, ist es statistisch nicht zulässig, sie für die Auswertung aus der Stichprobe zu entfernen.

Die erste Frage zielte auf einen Gesamteindruck einer Reliefsituation ("Landschaftscharakter") ab. Es handelt sich um einen Fragetyp, für die dessen Beantwortung - wie sich auch bei anderen Fragen zeigte - sich interaktive Karten eher zu eignen scheinen. So wurde selbst in der interaktiven Version noch vergleichsweise schnell geantwortet. Interessanterweise ist bei Fragen zu Höheninformationen die Differenz in der Antwortdauer zwischen konventioneller und interaktiver Karte insgesamt geringer (lediglich die Suche nach den Gipfelregionen bildet hier eine Ausnahme). Bei der Frage nach der Sichtbarkeit sind die Werte für die interaktive Karte schließlich sogar besser als die für die analoge Version. Die weitaus größere Anschaulichkeit, die mit einer perspektivisch-interaktiv beeinflussbaren Darstellung gegeben ist, überwindet die Nachteile klassischer zweidimensionaler Höhendarstellungen und beschleunigt die korrekte Wahrnehmung räumlicher Information. Zudem treten die Nachteile der geringeren Auflösung durch den Bildschirm, wie sie sich etwa bei der Suche nach räumlichen Details ergeben, hier nicht in Erscheinung. Die analytisch orientierte, auf kausale Zusammenhänge ausgerichtete Frage nach den Ursachen der Waldverbreitung wurde zwar mit Hilfe der konventionellen Karte durchschnittlich schneller beantwortet, allerdings ist zu berücksichtigen, dass die Gesamtzahl der richtigen Antworten im Fall der topographischen Karte weitaus geringer ist (s.o).

Insgesamt muss festgehalten werden, dass die zeitlichen Unterschiede zwischen den beiden verglichenen Visualisierungsformen gering erscheinen. Angesichts der Tatsache, dass bei den Web-Darstellungen eine im Vergleich zur topographischen Karte aufwändige und somit zeitintensive „Navigationsarbeit“ mit dem *Applet* zu leisten ist, wären größere Differenzen zu erwarten gewesen.

6.6 Fragenbereich „bildungsbezogene Information“ – das Beispiel der Mensch-Umwelt-Beziehung in der Aralsee-Region

Neben solchen Aufgabenstellungen, die der Vermittlung topographischer Raumvorstellungen dienen, lassen sich jedoch auch stärker problemorientierte geographische Themenbereiche heranziehen, die mit Hilfe des Internet für den schulischen und außerschulischen Bildungsbereich aufgearbeitet werden können. Ein Beispiel bildet die Problematik der Mensch-Umwelt-Beziehung in der Aralsee-Region (GUS-Staaten Usbekistan und Kasachstan). Sie bildet daher den fachlichen Inhalt des im Folgenden beschriebenen Vergleichs zwischen einer konventionellen und einer animierten Darstellung.

6.6.1 Visualisierungsvoraussetzungen

Mit Hilfe von zwei unterschiedlichen Probandengruppen sollte auch bei diesem Fragenbereich die potenziell verschiedene Übertragungseffizienz zwischen einer konventionellen Printkarte (thematischen Karte) und einer Kartenanimation ermittelt werden, die dieselbe Thematik zum Inhalt hatten. Beide kartographischen Darstellungsformen dienen dazu, die Entwicklung des Aral-Sees zwischen 1960 bis 1992 zu visualisieren und zugleich einige Aspekte der extremen ökologischen Veränderungen der Aral-See-Region aufzuzeigen. Neben der bloßen Visualisierung der räumlichen Veränderung (Seespiegelrückgang) hatte die Karte auch zum Ziel, die damit in Verbindung stehenden Ursachen und Folgen mit Hilfe der Darstellung zu vermitteln. Die mehrfarbige Printkarte musste daher in der Form einer mehrschichtigen Karte mit komplex-analytischer Aussage (ARNBERGER 1977) gestaltet werden und zudem um eine Diagrammdarstellung ergänzt werden, um der Visualisierung des besonderen ökonomisch-ökologischen Wirkungsgefüges gerecht werden zu können.

Das digitale Pendant zu dieser Karte stand in Form einer rund zweiminütigen Film-Animation zur Verfügung, die einer Veröffentlichung von DRANSCH (1997) entstammt. Im Gegensatz zum *Java-Applet* des ersten Fragenbereichs ist der Film für das Experiment nicht unmittelbar vor jeder Befragung aus dem Internet heruntergeladen worden, da er zum Zeitpunkt der Durchführung auf keinem *Server* zur Verfügung stand. Für die Auswertung bleibt dies ohne Belang, denn technisch würde auch in der unmittelbaren Online-Anwendung ein Abspielen und Betrachten - wie in der Untersuchung - offline erfolgen können.

Um die ökologische Gesamtsituation der Region in der Animation zu vermitteln, wurden folgende Informationseinheiten sukzessive im Film aufbereitet (ebd.):

- räumliche Einordnung des Aral-Sees zur allgemeinen Orientierung
- Darstellung der Veränderung des Aral-Sees
- Information über die Gründe der Veränderung des Sees (intensiver Bewässerungsfeldbau an den Flüssen Syr Darya und Amu Darya)

- Informationen über die Auswirkungen des intensiven Bewässerungsfeldbaus auf die Gesundheit der Bevölkerung (Tuberkulosefälle je 100 000 Einwohner)
- Informationen über Gegenmaßnahmen, die zur Eindämmung der ökologischen Katastrophe führen sollen

Die Animation besteht insgesamt aus mehreren Sequenzen (ohne Ton), die sich aus insgesamt 16 textlichen, bildhaften (statischen) und animierten Szenen zusammensetzen. Es handelt sich also nicht alleine um die Darstellung eines einzelnen Prozessablaufs, sondern um eine Kombination von verschiedenen, zeitlich aufeinander folgenden Präsentationsformen (Text, Diagramm, kartographische Abbildung), wie sie als kartographische Einzelelemente auch in normalen Printkarten Verwendung finden könnten (hier allerdings gleichzeitig und nicht nacheinander abgebildet). Die Verkleinerung der Seeoberfläche in den vergangenen Jahrzehnten in Form einer temporalen Animation bildet hier nur ein Teilelement. Die gesamte Filmanimation integriert somit verschiedene Aspekte multimedialer Darstellung, um der zu vermittelnden komplexen Mensch-Umwelt-Beziehung gerecht werden zu können.

lfd. Nr.	Einzel szenen	Zeit (in Sek.)
1	Titel der Gesamt-Animation	4
2	Kartendarstellung geographische Lage	24
3	Texthinweis auf Größenreduktion des Aralsees	30
4	Titel der grafischen Visualisierung der Schrumpfung	34
5	Visualisierung des Schrumpfungsprozesses	51
6	Text mit Frage nach Ursachen	55
7	Karte der Zuflüsse zum Aralsee	65
8	Diagramm über Zuflussmengen	70
9	Texterläuterung zur Bewässerung	75
10	Karte der Baumwollanbauggebiete	83
11	Textl. Hinweis auf Düngemittleinsatz	90
12	Diagramm über Anstieg Tuberkuloseerkrankungen	101
13	Text zur Trinkwassergefährdung	105
14	Text zu Projekten zur Effizienzsteigerung der Bewässerung	109
15	Text zu Anbaumöglichkeit wassergenügsamere Pflanzen	113
16	Kartogr. Gegenüberstellung der Seefläche 1960 und 1992	128

Tab. 19: Zeitlicher Verlauf der kartographischen Film-Animation über die ökologische Problematik der Aralsee-Region (Inhalte der hell unterlegten Einzelszenen wurden im Kartenvergleich nicht berücksichtigt)

Nach und nach werden im Film die o.g. inhaltlichen Informationseinheiten visualisiert, wobei z.T. sehr einfach gehaltene Techniken zur Anwendung gelangen (Tab. 19). Zur räumlichen Orientierung erfolgt z.B. die sukzessive Einblendung von Elementen einer Basiskarte (Flächenfüllung und Beschriftung) oder das Aufblenden des See-Areals.

Die flächenmäßige Veränderung des Sees erfolgt durch eine Animation, die die Seegröße nach und nach schrumpfen lässt. Eine andere Sequenz gibt durch Text und Diagramme Hintergrundinformationen zu den Ursachen und den Auswirkungen der Veränderungen. Eine Karte zeigt landwirtschaftliche genutzte Räume (Hauptanbaugebiete) entlang der Flüsse, danach folgender Text gibt Hinweise auf Anbauweise (Bewässerung) und Anbaufrüchte (Reis und vor allem Baumwolle). Die Auswirkungen, die diese intensive Landwirtschaft infolge der eingesetzten Pestizide und Düngemittel auf die Gesundheit der Bevölkerung hat, wird wiederum durch ein eingeblendetes Diagramm sowie durch Textszenen gezeigt. Im Gegensatz zur Animationstechnik im dritten Fragenbereich der empirischen Untersuchung (s.u.), ist der Film nicht interaktiv vom Anwender beeinflussbar, d.h. ist der Start erfolgt, läuft der Film ohne zwischenzeitliche Stopp- oder Rücklaufmöglichkeit bis zum Ende ab (- abgesehen vom vollständigen Abbruch, der jederzeit möglich ist). Einzelne Sequenzen, die für eine abgeforderte Frage wichtig sind, können somit nicht wiederholt werden. Nur als Ganzes kann der Film betrachtet werden, so dass sich die Zeitdauer der Informationsaufnahme – und somit die Wahrnehmung geographischer Sachverhalte - stark erhöht, wenn der Film zwei- oder mehrfach abgespielt werden muss. Die Fragen wurden einmal unmittelbar vor Ablaufbeginn der Animation gestellt, damit dem Proband die Thematik vor Augen geführt werden und eine zielgerichtete Betrachtung der Animation erfolgen konnte. Nach der Animation wurden die Fragen wiederholt und einzeln abgearbeitet. Auf diese Weise konnte der Nachteil der sequenziellen (zeitlich linearen) Informationsaufnahme, die mit einer Animation verbunden ist, zumindest teilweise ausgeglichen werden. Bei der Arbeit mit der konventionellen Karte, die eine vom Nutzer gesteuerte Informationsaufnahme ermöglicht, ist eine solche Vorgehensweise nicht notwendig.

• An welche Staaten grenzt der Aralsee?	(Frage 10)
• Wie heißen die Zuflüsse zum Aralsee?	(Frage 11)
• Um welche Größenordnung ist die Fläche des Aralsees zwischen 1960 und 1992 zurückgegangen?	(Frage 12)
• Was sind die Ursachen für die Absenkung des Seespiegels?	(Frage 13)

Tab. 20: Fragenbereich II des Fragebogens

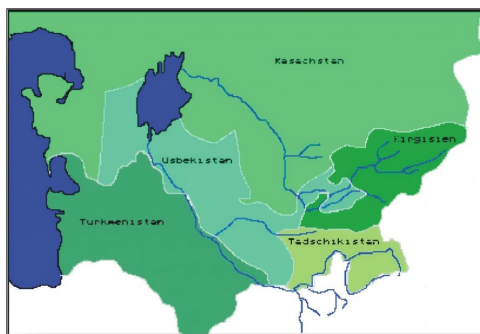
Um einen möglichst klaren Vergleich zwischen dieser digitalen (animierten) kartographischen Darstellung und einer konventionellen Papierkarte mit entsprechend gleichartiger Thematik vornehmen zu können, wurde der Aspekt der Gesundheitsschädigung der Bevölkerung durch die intensive Düngung und den Pestizid-Einsatz beim Vergleich nicht berücksichtigt. Dieser Aspekt ist in der Printkarte nicht enthalten, um dort die grafische Dichte der Darstellung in einem vertretbaren Maße halten zu können (s. Abb. 23). Die Kartengrafik der beiden Karten richtet sich jeweils nach den für das Medium günstigsten Wiedergabemöglichkeiten. Dies bedeutet, dass z.B. der hö-

heren Auflösung der Papierdarstellung die Vorteile einer multimedialen Bildschirmpräsentation (Animation) gegenüber stehen.

Abb. 23: Printkarte zum Thema "Mensch-Umwelt-Beziehung am Beispiel der Aralsee-Region" (Kartographie: A. Flemnitz, Entwurf: F. Dickmann)



Abb. 24: Ausschnitte aus der Kartenanimation zum Thema "Mensch-Umwelt-Beziehung am Beispiel der Aralsee-Region" (aus: DRANSCH 1997)



Orientierungskarte (Szene 2)

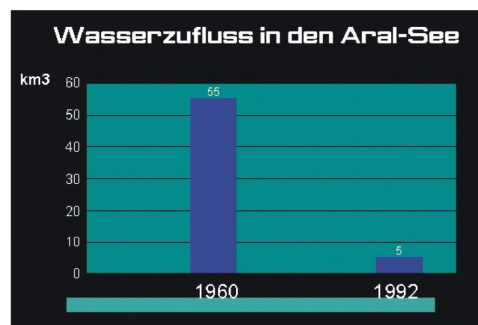
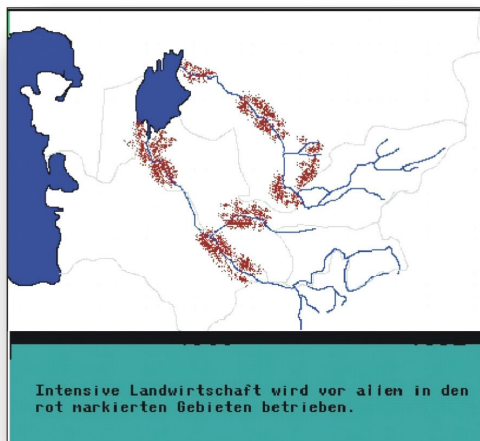


Diagramm (Szene 8)



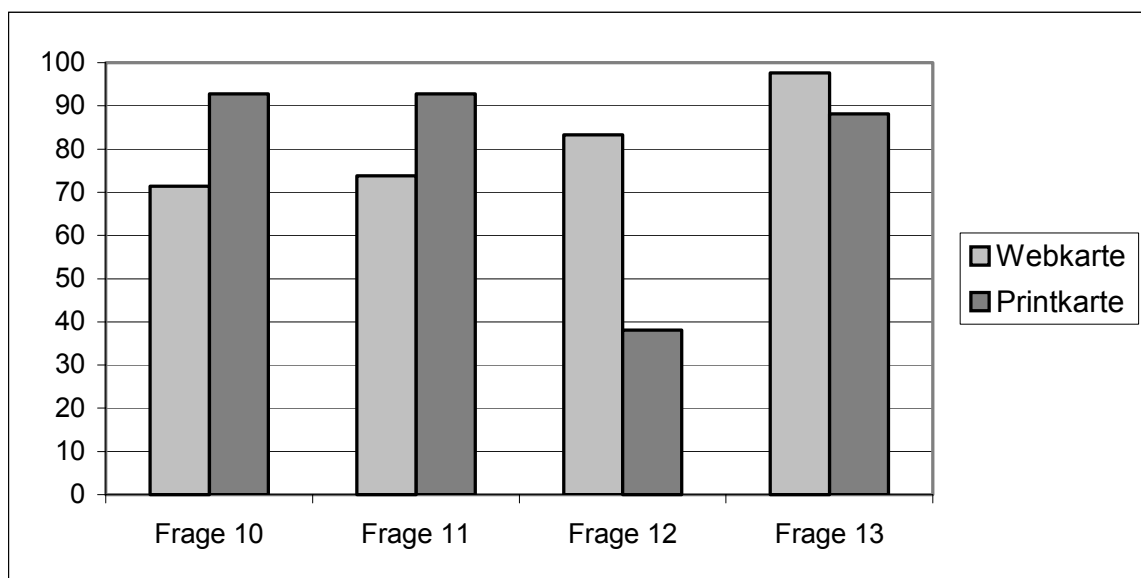
Themakarte mit textlichen Erläuterungen (Szene 10)

Beide Seiten nutzen folglich ihre spezifischen Abbildungsvorteile aus. Zwar bestehen hinsichtlich der grafischen Gestaltung deutliche Unterschiede zwischen den beiden zu vergleichenden Kartenformen (Abb. 23 u. 24), nicht jedoch im Informationsgehalt.

6.6.2 Untersuchungsergebnisse

Im Gegensatz zum ersten Fragenbereich (Relief und Landnutzung, s.o.) fällt hier das Ergebnis des Vergleichs zwischen einer konventionellen (statischen) und einer animierten Darstellung weniger eindeutig aus (Abb.25 und Tab. 21):

Abb. 25: Antwortverhalten im Fragenbereich II nach korrekten Antworten (in %)



Bei den Fragen 10 und 11 zur lageräumlichen Zuordnung und Identifizierung, ließen sich mit konventioneller Kartentechnik bessere Ergebnisse erzielen als mit animierten Darstellungen. Während die mit Hilfe der analogen Karte erzielten Antworten zu über 90% richtig waren, konnten auf der Grundlage der animierten Karte nur zu 71 bzw. 73% korrekte Ergebnisse erreicht werden (signifikanter Unterschied bei $\alpha = 0,05$). Offensichtlich erweist sich die durch die Animation vorgegebene Fremdsteuerung der Informationsvermittlung eher als störend, wenn es sich um einfache Verortungsaufgaben handelt. Die Unsicherheit der Probanden, die die animierte Version benutzten, zeigt sich zudem in der mehrfach genutzten Angabe "Weiß nicht" (11,4%) bei der zweiten Identifizierungsfrage (Frage 11). Von den Probanden, die mit der konventionellen Darstellung arbeiteten, wurde diese Rubrik hingegen in keinem einzigen Fall gewählt. Dies unterstreicht die noch vorhandenen Mängel, die die Bildschirmtechnik in grafisch-visueller Hinsicht besitzt. Dadurch werden offensichtlich auch kognitive Prozesse bei der Vermittlung räumlicher Information beeinträchtigt.

Fragen-Nr.	Inhalt	Fragenbereich	Reading level	Besserer Wert d. interaktiv. Karte	Chi-Quadrat-Wert	$\alpha = 0,05$ (s. = signifikant)
10	Staatliche Zuordnung des Aralsees	II	II		5,19	s.
11	Zuflüsse des Aralsees	II	II		5,12	s.
12	Umfang der Flächenreduktion des Aralsees	II	III	X	12,70	s.
13	Ursachen für Seespiegelabsenkung	II	III	X	1,61	

Tab. 21: Ergebnisse der Signifikanz-Tests des Vergleichs zwischen interaktiver und konventioneller Karte nach Richtigkeit der Antworten - Fragenbereich II (Chi-Quadrat-Vergleichstest; mit Stetigkeitskorrektur nach YATES)

Bei komplexeren Anforderungen ergibt sich hingegen ein umgekehrtes Antwortverhalten. Lediglich 38% der Probanden war in der Lage, anhand der analogen Karte die Flächenreduzierung des Aralsees zwischen 1960 und 1992 richtig einzuschätzen (Frage 12). Dies erstaunt nicht, da der unregelmäßige Umriss der Seefläche und die Ausbildung von Inseln einen quantitativen (Flächen-)Vergleich sehr erschweren. Die Problematik trifft allerdings auch auf die Darstellung in der animierten Version zu. Zwar wird die Reduzierung der Seeoberfläche sehr anschaulich und mit zahlreichen Zwischenphasen dargestellt, doch bleibt das grundsätzliche Problem des Flächenvergleichs bestehen. Der Vorzug der animierten Karten zeigt sich jedoch vor allem in der Kombination mit zusätzlicher Text- und Grafikinformati on, in der auf die konkrete Größe (d.h. 50% Rückgang der Seefläche zwischen 1960 und 1992) explizit eingegangen wird. Selbst wenn der visuelle Flächenvergleich nicht zufrieden stellend vom Kartennutzer vorgenommen werden sollte, besteht somit dennoch die Möglichkeit, eine solche Information letztlich hinreichend zu vermitteln. Erwartungsgemäß erzielten hier viele Probanden (83%) ein korrektes Ergebnis, was zu einem signifikanten Unterschied im Antwortverhalten führte.

Die Vorzüge der interaktiven Technik zeigen sich zudem bei Aufgabenstellungen, die - über elementare Perzeptionsfragen hinausgehend - das Erkennen von Zusammenhängen und Ursachengefügen zum Ziel haben (Frage 13). Hier nimmt die animierte Karte die führende Position ein, auch wenn die Ergebnisdifferenz mit 9% im Vergleich zu den übrigen Fragen des Fragenbereichs II statistisch nicht signifikant ist. Die Klärung der Frage nach möglichen Gründen für die Absenkung des Seespiegels sollte in der konventionellen Variante mit Hilfe einer komplex-analytischen Themakarte erfolgen. Dies bedeutet, dass die Lösung lediglich auf der Grundlage eines additiven Denkprozesses seitens des Kartenbetrachters erreicht werden kann (ARNBERGER 1977). Denn die Information ergibt sich aus dem Zusammenspiel verschiedener Zeichen, Symbole und ganzer Themenschichten und muss als Folge der Betrachtung erst erschlossen werden, "wobei es dem Kartenauswerter überlassen bleibt, sich eine

richtige Vorstellung über Ursache und Wirkung, über gegenseitige Abhängigkeit und den Grad struktureller Verflochtenheit der Darstellungsinhalte zu bilden" (ebd. S.20). Die schwere Auffassbarkeit der mit Hilfe solcher Darstellungen transferierten Rauminformationen erhöht die Gefahr der Fehlinterpretation, hängt doch der Vermittlungserfolg der korrekten inhaltlichen oder kausalen Vorstellung auch von weiteren Faktoren ab, z.B. vom Bildungsstand (Vorwissen) des Nutzers. Im Gegensatz zu dieser "indirekten" Form der Vermittlung bietet die animierte (multimediale) Kartentechnik einen wesentlich leichteren Zugriff auf die gesuchte Information, da sie über mehrere Gestaltungsmöglichkeiten verfügt und die grafische "Enge" des konventionellen Kartenfeldes überwinden kann. Komplexere Kausalzusammenhänge lassen sich z.B. auch durch Texteinblendungen, Erzeugen von Zusatzgrafiken, etc. vermitteln, so dass eine unmittelbare, fehlerfreiere Übertragung von Rauminformation möglich ist. Allerdings muss die Fragestellung (hier: Frage nach den Ursachen der Seespiegelabsenkung) bereits bei der Erstellung der Animation explizit Berücksichtigung finden und entsprechend aufbereitet werden.

6.7 Ton-Einsatz in der Vermittlung von Geoinformationen

Der Einsatz von Ton in der modernen Kartographie ist ein schwer fassbarer Medientyp, da Ton "alleine keine räumlichen Beziehungen in zwei oder drei Dimensionen vermitteln kann" (MÜLLER et. al. 2001, S.29). Die Ursache dafür liegt in der unterschiedlichen Struktur, mit der akustische und optische Signale wahrgenommen werden. Akustische Signale werden über einen eindimensionalen Übertragungskanal übermittelt, Bilder hingegen in einem zwei bzw. dreidimensionalen. Dies hat zur Folge, dass einzelne Elemente (z.B. Geobjekte), die Bestandteil einer zu vermittelnden Geoinformation sind (z.B. im Rahmen einer Orientierungsanforderung), bei der visuellen Wahrnehmung grundsätzlich parallel erfasst werden, z.B. die Lage eines Gebäudes an einem Fluss oder Verlauf einer Straße durch ein Gebirge etc. Tonsignale müssen jedoch weitgehend sequenziell gesendet und gehört werden, um vom Menschen verstanden zu werden. Maßgeblich für die Wahrnehmung sind dabei die Faktoren, Lautstärke und Zeitdauer eines akustischen Signals. In der einfachsten Form handelt es sich z.B. um einen Warnton, der erklingt, wenn der Cursor auf eine bestimmte Kartenfläche oder auf ein klassifiziertes Satellitenbild geführt wird (vgl. FISHER 1994). KRYGIER hat die verschiedenen Ton-Signale bereits 1994 zu einem System abstrakter *Sound*-Variablen ausgebaut, die in kartographischen Darstellungen Verwendung finden könnten.

Darüber hinaus erstreckt sich die Anwendung auf den Einsatz von Musik zur Aufmerksamkeits(Attraktivitäts-)steigerung und vor allem auf Sprache, wodurch sich eine höhere Informationsdichte erzielen lässt. Beide Aspekte werden im Folgenden betrachtet. Mit Hilfe gesprochenen Textes kann eine räumliche Präsentation beschrieben werden, ohne den Bildschirm mit Schriftzügen, zusätzlichen Diagrammen etc. zu überfrachten. Obschon es sich beim Medium "Ton" um keine kartographische Variable im klassischen Sinn handelt, wie z.B. Größe oder Farbe, scheint es geeignet, den

kartographischen Gestaltungsspielraum und somit die Effizienz der Geodatenvermittlung zu steigern. Angesichts der zunehmenden technischen Möglichkeiten werden daher verstärkt Forschungsarbeiten über die Kombination von sprachbasierter Kommunikation und Kartenpräsentation gefordert, um die Kartennutzung zu verbessern (MÜLLER et.al. 2001). Damit wird versucht, Erkenntnisse aus der Wahrnehmungs- bzw. Lernpsychologie auf die Kartennutzung zu übertragen. In der Lernpsychologie wird schon seit längerem davon ausgegangen, dass eine audio-visuelle Informationsübertragung, die beide Sinneskanäle nutzt, zu einer Verbesserung des Lernens führt (PAIVIO 1986, RUPRECHT 1970 n. KÖCK 1986, S.253).

6.7.1 Die Visualisierungsvoraussetzungen

Am Beispiel einer animierten und teilweise interaktiv beeinflussbaren Darstellung über die Hochwasser-Problematik im niedersächsischen Leinetal wurde untersucht, ob der zusätzliche Einsatz von Ton (Sprache, Musikuntermalung) Auswirkungen auf den Vermittlungserfolg von online übertragenen Rauminformationen hat. Ziel ist es, abzuschätzen, ob der hohe Aufwand einer auf diese Weise multimedial angereicherten Web-Karte tatsächlich Vorteile bringt und ob diese in einem vertretbaren Verhältnis zur ggfs. erreichten Effizienzsteigerung stehen. Dazu wurde eine Animation zwei verschiedenen Probanden-Gruppen vorgespielt. Eine Gruppe hatte Fragen zu einer kartographischen Visualisierung mit Hilfe einer mit gesprochenen Erläuterungen zur dargestellten Thematik und zudem musikalisch unterlegten Version zu beantworten, eine andere Gruppe arbeitete mit derselben Version, jedoch ohne Ton.

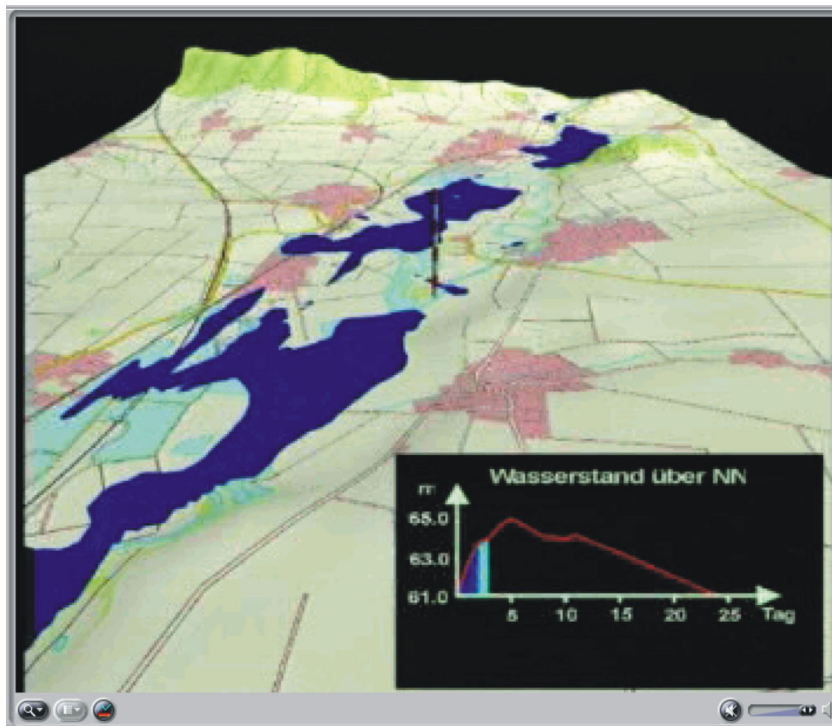
Bei der Animation handelt es sich um einen *MPEG*-Film von 1 Min und 57 Sek. Dauer, der sich mit jedem beliebigen Multimedia-Player aufrufen lässt (Abb.26). Für die Untersuchung wurde dazu der weit verbreitete *Media-Player (Windows)* genutzt. Dieser hat u.a. den Vorteil, das Präsentationsfenster individuell anpassen zu können. Ein in dieser Darstellung integriertes Diagramm konnte zur besseren visuellen Auswertung somit leicht vergrößert werden.

Sobald im *Browser* eine Datei mit diesem Format angesteuert wird, erfolgt der Start dieses Programms. Im Gegensatz zum einfachen Film bestehen hier zahlreiche Interaktionsmöglichkeiten seitens des Anwenders (= Kartenauswerter). Die Animation kann zu jedem Zeitpunkt angehalten, zurückgespult und erneut begonnen lassen werden. Auch wenn nicht die gesamte Abspielänge inhaltlich notwendig war, um die gestellten Fragen zu beantworten, wurde hier - des einfacheren Verfahrens wegen - die Gesamtzeit gemessen (Abspielzeit, Antwortzeit und ggfs. mehrfache Teilwiederholungen). Dies erklärt die vergleichsweise langen Antwortzeiten (Tab. 23 u. 24).

Die kartographische Animation wurde am Institut für Kartographie der Universität Hannover entwickelt (BUZIEK 1999) und simuliert eine Überflutungssituation in einem Gebiet des Leinetals. Im Unterschied zu normalen statischen Karten dient hier eine

Animation dazu, die Dynamik des Überflutungsgeschehens zu visualisieren. Die Grundlage der interaktiven und ggfs. auditiv unterstützten Webkarte bildet ein regionaler Ausschnitt des Digitalen Landschaftsmodells 25 (DLM 25) der Landesvermessungsämter. Die aus dem DLM abgeleitete Kartengrafik wird dabei mit dem digitalen Geländemodell, einem weiteren Bestandteil des DLM, deckungsgleich kombiniert, so dass eine dreidimensionale Darstellung entsteht. Um die Geländeformen des Gebietes im Leinetal besonders herauszustellen, wurde die Abbildung 5-fach überhöht abgebildet. Die Animation beginnt nach einigen gesprochenen Erläuterungen zur Kartenkonstruktion mit einer musikalisch unterlegten Flugsimulation über den 9 km x 16 km großen Ausschnitt des Leinetalgebietes nördlich des Hildesheimer Waldes. Der Inhalt des gesprochenen Textes liefert vor allem Hintergrundinformationen zur technischen Visualisierung und zum sachlichen Kontext der Darstellung. Er enthielt jedoch keine konkreten Hinweise für die richtige Beantwortung der Fragen.

Abb. 26: Screenshot aus der Animation zur Leinetal-Überflutung (BUZIEK 1999):



Erst nach rund einer Minute beginnt die Überflutungssimulation des Leinetals, indem der steigende Wasserstand im Leinetal in Form einer halbtransparenten blauen Fläche nach und nach eingeblendet wird bzw. wieder verschwindet, wenn das Hochwasser vorbei ist. Die Angaben der kartographischen Visualisierung beruhen dabei auf realen Wasserstanddaten aus dem Jahr 1981. Fünf Tage nach Beginn des Wasserstandanstiegs ist der Höchststand erreicht, erst 18 Tage später sinkt der Pegelstand wieder auf Normalniveau. Zum Teil parallel zur optischen Darstellung des Prozesses beschreibt ein Sprecher die Situation und gibt weitere Informationen zum Überflutungsgeschehen.

Besonders interessant an der Animation ist dabei die Kopplung der engeren kartographischen Darstellung mit einem - sich der wandelnden Hochwassersituation synchron anpassenden - Kurvendiagramm, das im rechten unteren Kartenbereich auf dem Bildschirm erscheint (Abb. 26). Bis zum Schluss der Animation zeigt es mit Hilfe eines animierten Kurvenverlaufs den jeweiligen Wasserstand über NN (Ordinate) und die Dauer der Überflutung (Abszisse) an. Teile des gesprochenen Inhalts decken sich mit den im Diagramm dargestellten Sachverhalten, so dass manche Informationen letztlich zweifach dem Nutzer dieser Darstellung vermittelt werden. Es handelt sich somit um eine multimodale Kommunikationsform, die verschiedene Sinneskanäle anspricht. Durch Ausblenden des Tons bei der Präsentation lässt sich somit feststellen, welche Auswirkung das Weglassen bzw. Hinzufügen eines zweiten Informationskanals auf die Vermittlungseffizienz hat.

Das Überflutungsgeschehen wurde mit einer aufwändigen musikalischen Einspielung unterlegt, die die Dramatik des Geschehens unterstreichen und die Informationsvermittlung steigern soll. So wird z.B. die Situation des Überflutungshöhepunkts von einem Trommelwirbel begleitet. Das anschließend sehr langsam abfließende Wasser wird hingegen durch Klarinettenspiel charakterisiert, das parallel zum sinkenden Wasserstand in der Tonlage zunehmend tiefer und leise wird.

6.7.2 Untersuchungsergebnisse

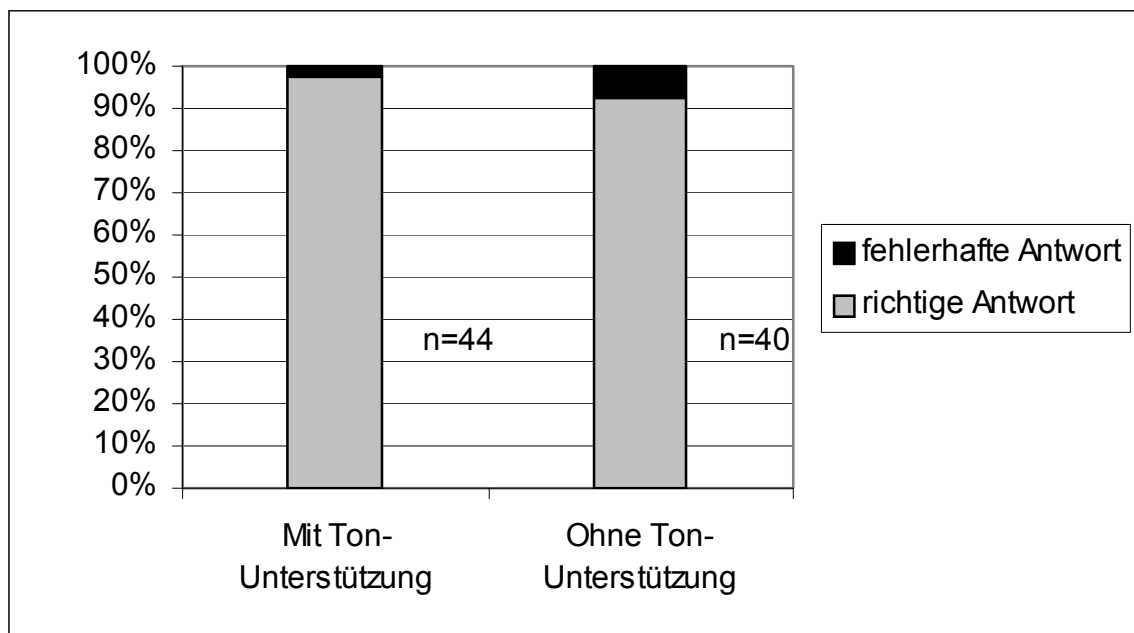
Die Untersuchungsergebnisse zum Ton-Einsatz bei der Vermittlung von Geoinformationen beziehen sich auf zwei unterschiedliche Fragetypen. Zum einen wurde erneut nach einer lageräumlichen Zuordnung eines Geo-Objektes gefragt. Dabei galt es während des Ablaufs der Animation genau herauszufinden, welche Gebiete vom Hochwasser besonders lange bedeckt wurden. Zum andern musste eine analytisch orientierte Aufgabe mit Hilfe des in der Darstellung enthaltenen Diagramms von den Probanden gelöst werden. Gefragt war nach der Zeitdauer, während der ein bestimmtes Höhenniveau (Gelände in 63 m Höhe) des dargestellten Raums vom Wasser bedeckt blieb. Um hier zu einer richtigen Antwort zu gelangen, war die genaue Interpretation des in der Darstellung enthaltenen (animierten) Kurvendiagramms notwendig (s. Abb.26).

<ul style="list-style-type: none"> • Welcher Bereich des im Kartenausschnitt dargestellten Leinetals blieb am längsten vom Hochwasser betroffen? 	(Fragen 14 / 16)
<ul style="list-style-type: none"> • Wie lange dauerte die Überflutung eines Ortes im Leinetal an, der 63 m über NN liegt? 	(Fragen 15 / 17)

Tab. 22: Fragenbereich III des Fragebogens (jeweils mit bzw. ohne Ton)

Die Untersuchungsergebnisse des dritten Fragenbereichs weisen zwar auf einen Effizienzvorsprung der um Ton-Einsatz (Musik, Sprache) ergänzten Methode hin, gleichwohl ist die Differenz nicht sehr stark ausgeprägt und statistisch nicht signifikant (s. Abb.27). Bei der Frage nach der Lage jenes Bereiches des abgebildeten Raumausschnitts, der am längsten vom Hochwasser betroffen war, antworteten von den 44 Probanden, die die Aufgabe mit Ton zu lösen hatten, nahezu alle richtig (97,7%). Etwas schlechter verhielt es sich bei den Probanden, die auf die Ton-Information bzw. -unterstützung verzichten mussten. Hier waren allerdings auch noch 92,5 % der Antworten (n=40) korrekt.

Abb. 27: Antwortverhalten zur Frage nach der Lage des am längsten überfluteten Bereiches im Abbildungsausschnitt (Anteile der fehlerhaften und richtigen Antworten in %)



Ein anderes Bild zeichnet hingegen der zweite Fragentypus. Hier zeigte sich, dass viele Probanden die Bedeutung des eingeblendeten Diagramms für die Beantwortung der Frage nicht bzw. nicht korrekt wahrnahmen. Das Diagramm gab die Wasserstandskurve von Beginn bis zum Schluss der Überflutung wieder, d.h. auf der y-Achse war die absolute Höhe (m) angegeben, auf der x-Achse die Zahl der Tage des gesamten Überflutungszeitraums. Zudem passte sich die grafische Darstellung dynamisch dem zeitlichen Verlauf des sich ändernden Wasserstands an und unterstützt die mögliche Interpretation der Vorgänge. Somit wäre es vergleichsweise leicht möglich gewesen, die Überflutungsdauer für den Ort einer bestimmten Höhenlage zu ermitteln.

Interessanterweise ist jedoch das Ergebnis für beide Übertragungsformen außerordentlich schlecht ausgefallen (s. Tab. 23 und 24). Den exakten Wert (14 Tage andauernde Überflutung) haben lediglich 3 Probanden (3,6 %) korrekt wiedergegeben, darunter einer aus der Gruppe, die mit Ton arbeitete, und zwei, die ohne Ton arbeiteten.

	Zeitdauer der Überflutung in Tagen									
Antwortdauer in Sekunden	<13	13	14	15	16	17	18	19	>20	Gesamt
< 150	-	-	-	3	1	2	4	-	2	12
151-180	4	-	-	3	1	2	1	-	-	11
181-210	2	-	-	-	-	2	-	-	1	5
211-240	-	-	-	3	-	-	1	1	1	6
241-270	-	-	-	-	-	2	1	-	2	5
> 271	-	1	1	1	-	-	-	-	1	4
Gesamt	6	1	1	10	2	8	7	1	7	43

(o.A.= 1 Antwort; n=44)

Tab. 23: Antwortverhalten zur Frage nach der Zeitdauer der in der Kartenanimation visualisierten Leinetal-Überflutung mit Ton-Unterstützung - Frage 15

	Zeitdauer der Überflutung in Tagen									
Antwortdauer in Sekunden	<13	13	14	15	16	17	18	19	>20	Gesamt
< 150	1	-	1	2	1	2	-	-	1	8
151-180	2	1	-	7	1	-	3	1	1	16
181-210	-	2	1	1	3	-	-	-	1	8
211-240	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
241-270	-	-	-	-	-	1	-	-	-	1
> 271	2	-	-	1	-	-	-	-	-	3
Gesamt	5	3	2	11	5	3	3	1	3	36

(o.A.= 4 Antworten; n=40)

Tab. 24: Antwortverhalten zur Frage nach der Zeitdauer der in der Kartenanimation visualisierten Leinetal-Überflutung ohne Ton-Unterstützung – Frage 17

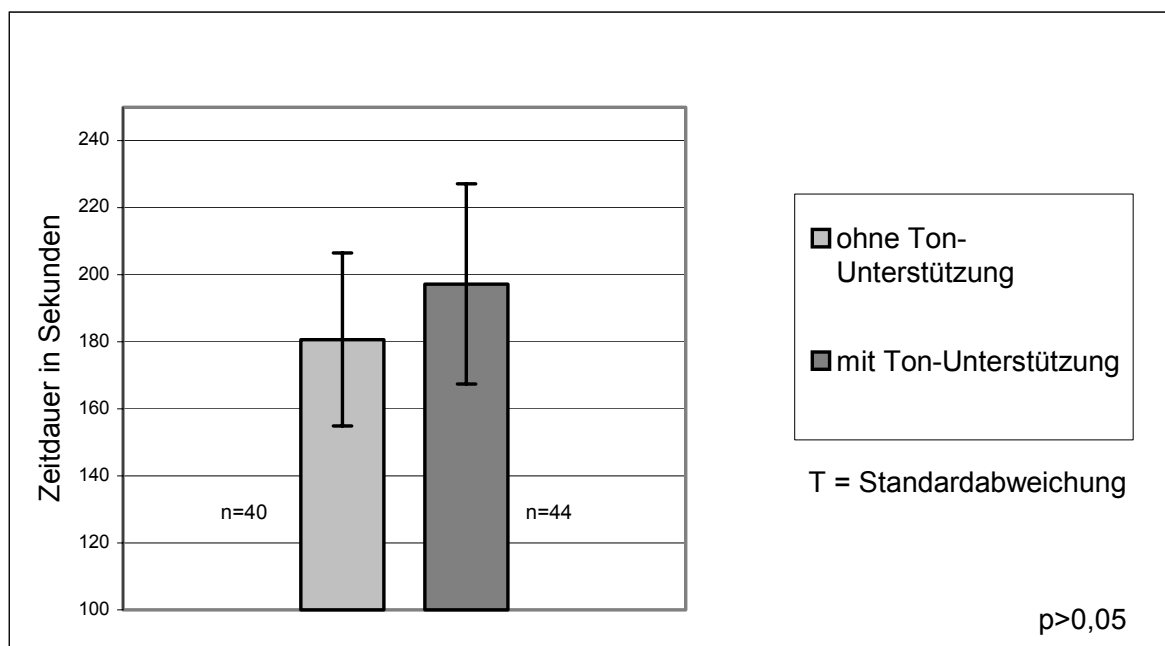
Die Unterschiede in der Effektivität zwischen beiden Übertragungsformen bleiben somit gering. Das Diagramm wurde demnach nur vergleichsweise flüchtig interpretiert, denn die Probanden beachteten nicht, dass der Prozess der Überflutens sukzessive und nicht plötzlich erfolgte. Viele Probanden gaben nach Beendigung der Befragung an, das Diagramm und seine Bedeutung unterschätzt zu haben, da sie sich vor allem auf die bildhafte Animation konzentriert und das Diagramm nicht als Bestandteil der Gesamtdarstellung begriffen hätten. Diese Beobachtung widerspricht somit der bisher vertretenen Vorstellung, dass sich Defizite der Animationstechnik durch die Ergänzung einer alternativen visuellen Abbildungsform ausgleichen zu können (GATALSKY et al. 2001, HÖFNER/SCHAAB 2003).

Hinzu kommt, dass die Bildschirmauflösung im Vergleich zu einer möglichen Druckgrafik deutlich schlechter ist. Dadurch erlangt das ohnehin recht kleine Diagramm per

se wenig Aufmerksamkeit, und die Bereitschaft, sich mit den dort vermittelten Inhalten auseinanderzusetzen, sinkt. Die Interpretation der in dieser Form kodierten Geoinformation wird dadurch entscheidend erschwert. Offensichtlich macht sich hier bemerkbar, dass die Probanden noch nicht genügend mit solchen Bildschirm-Techniken vertraut sind. Dies wird deutlich, wenn das übrige Antwortverhalten betrachtet wird: So gingen 11 (27,5 %) Probanden (ohne Ton-Unterstützung) bzw. 10 (22,7%) Probanden (mit Ton-Unterstützung) von einer 15 Tage anhaltenden Überflutung aus - ein Wert, der sich aus einer nur flüchtigen Betrachtungsweise erklären lässt.

Die sich zunächst abzeichnende schwache Tendenz, dass der Einsatz zusätzlicher auditiver Informationskanäle bei der Vermittlung räumlicher Informationen konzentrationsfördernd wirkt und zu einer besseren Kartennutzung führt, ist zu relativieren, wenn die Antwortzeiten betrachtet werden. Die Probanden, die mit Ton-Unterstützung arbeiteten, benötigten durchschnittlich 16,6 Sekunden (9,1 %) mehr Zeit als die andere Probandengruppe (vgl. a. Abb.28).

Abb. 28: Vergleich der durchschnittlichen Antwortdauer bei animierten Webkarten mit bzw. ohne Ton Unterstützung



Die Ergebnisse deuten insgesamt darauf hin, dass eine ton-unterstützte kartographische Darstellung sinnvoll erscheint, um eine erste, grobe Einordnung (Verortung) von prozesshaftem Geschehen vornehmen zu können. Geht es jedoch darum, exaktere Informationen (Einzelwerte aus einem animierten Diagramm) abzugreifen, macht sie sich eher störend und ablenkend bemerkbar. Der Vorteil, der durch den Einsatz von Ton bei der Geodatenvermittlung erzielt werden kann, erscheint insgesamt gering. Hier müssen weitere Untersuchungen folgen, um zu klareren Einschätzungen zu gelangen.

6.8 Der Einfluss von „Internet-Erfahrung“ auf den online-gestützten Transfer von Rauminformationen

Um Unterschiede zwischen den beiden untersuchten Übertragungsformen zu beurteilen, ist es auch notwendig, den Einfluss einzuschätzen, den der sichere bzw. unsichere Umgang der Probanden mit der neuen Technologie auf die eigentliche Kartenauswertung hat. Dazu wurden die Teilnehmer der Untersuchung nach ihren Internet-Erfahrungen befragt (Tab.25), die sie auf einer Skala zwischen 1 (*wenig Erfahrung*) und 5 (*viel Erfahrung*) einordnen sollten. Von Interesse sind hier vor allem die Ergebnisse der Webkarten-Auswertung, auf die sich die nachfolgenden Ausführungen beziehen.

Die Internet-Erfahrung der Probanden (I= sehr wenig; V= sehr viel)						
	I	II	III	IV	V	
						Gesamt
Probanden insgesamt	1 (1,2 %)	11 (13,1%)	32 (38,1%)	36 (42,9 %)	4 (4,8 %)	84 (100 %)
darunter Probanden "Webkarte"	1 (2,4 %)	7 (16,7 %)	14 (33,3%)	17 (40,5 %)	3 (7,1 %)	42 (100 %)

Tab. 25: Internet-Erfahrung der Probanden

In der Zuordnung der verschiedenen Erfahrungsstufen zu den ermittelten Antworten wird zunächst einmal deutlich, dass der Grad der Erfahrung mit den Internet-Technologien vergleichsweise wenig Auswirkungen auf die Richtigkeit der Informationsaufnahme hat. Der Anteil der richtigen und falschen Antworten fällt bei den Probanden mit jeweils wenig, mittelmäßiger oder viel Erfahrung kaum unterschiedlich aus (Abb.29). In allen Fällen lagen die Probanden zwischen 70% und 73 % mit ihrer Antwort richtig.

Unterschiede ergeben sich jedoch hinsichtlich der benötigten Antwortzeit (Abb.30). Fast 60% der erfahreneren Probanden, die mit der Webkarte (VRML-Darstellung) des Fragenbereichs I gearbeitet haben, benötigten im Durchschnitt weniger als 20 Sekunden, um die Fragen zu beantworten. Bei den weniger Erfahrenen waren es lediglich 42% bzw. 46%, die so schnell antworten konnten. Offensichtlich fällt den Probanden mit viel Internet-Erfahrung der Umgang mit online-gestützten Kartendarstellung leichter.

Abb. 29: Antwortverhalten nach Internet-Erfahrung der Probanden (Webkarten) (Anteile in %)

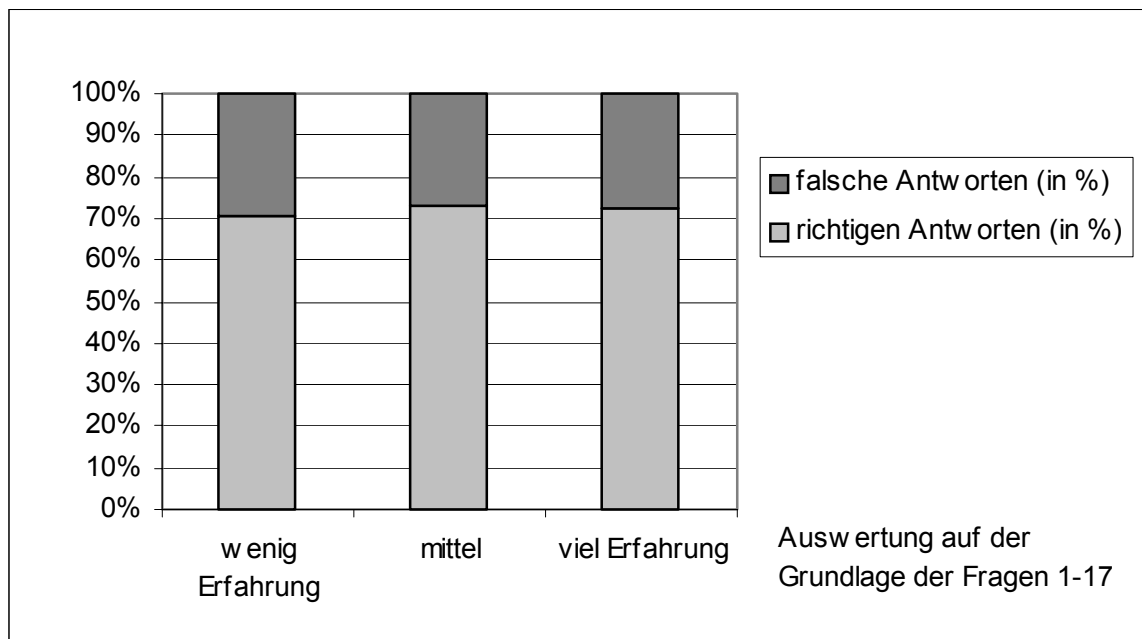
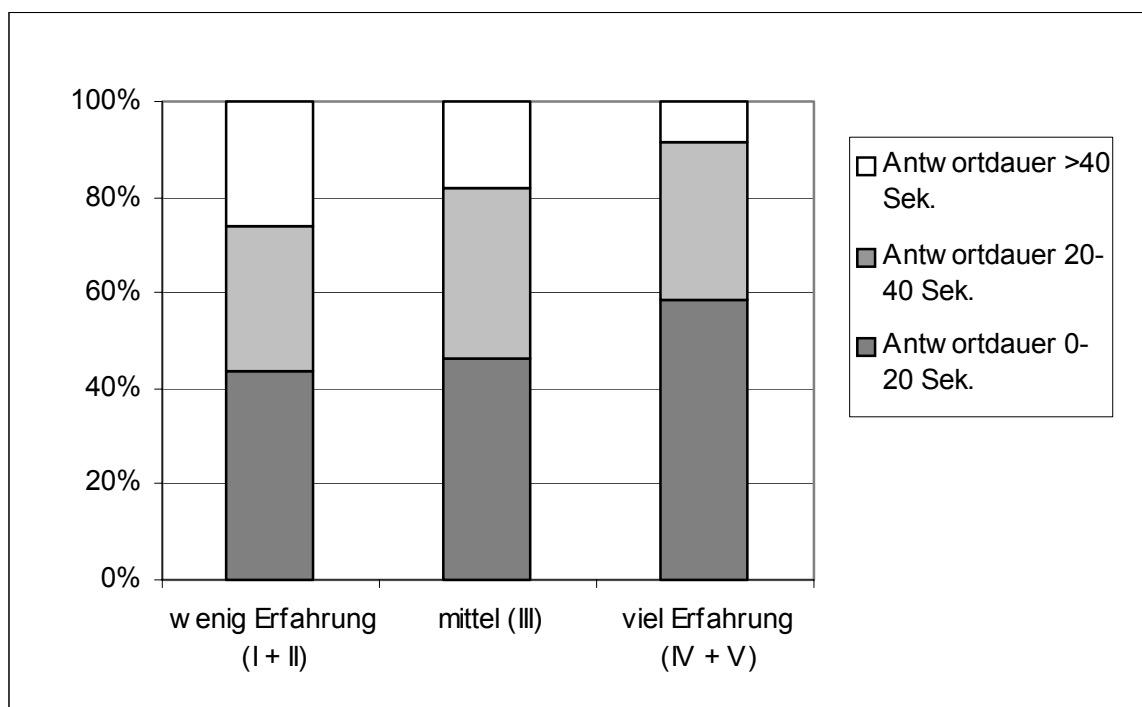


Abb. 30: Anteil der Antworten des Fragenbereichs I nach Internet-Erfahrung und Antwortdauer - Webkarten (in %)



Für die Frage nach der Effizienz ist nun interessant, ob sich dies auch in der Richtigkeit der Antwort niederschlägt. Schließlich bedeutet eine schnelle Antwort noch nicht unbedingt eine richtige Antwort. Werden beide Kategorien miteinander verknüpft, zeigt sich, dass in der Gruppe der Internet-Erfahrenen Probanden (IV und V), die rich-

tig geantwortet haben, in der Tat auffallend viele eine geringere Antwortzeit benötigt haben. 62,5 % der Probanden aus dieser Gruppe benötigten weniger als 20 Sekunden, um eine richtige Antwort zu erzielen. Bei den beiden anderen Gruppen erreichten nur 53,7% ("*wenig Erfahrung*") bzw. 37,2% ("*mittel*") diese schnelle Antwortzeit.

Damit bleibt festzuhalten, dass der Faktor "Internet-Erfahrung" Einfluss auf die Geschwindigkeit hat, mit der online übertragene Rauminformationen wahrgenommen werden. Es ist folglich davon auszugehen, dass mit zunehmender Akzeptanz und Verbreitung der neuen Technologien das Defizit in der zeitlichen Komponente, das die Informationsaufnahme zwischen Webkarte und Printkarte prägt (s.o.), stärker nivelliert werden wird.

6.9 Fazit der empirisch gewonnenen Ergebnisse

Die Resultate der empirischen Untersuchung belegen, dass der Vermittlungserfolg von kartengestützten Rauminformationen, die über das Internet übertragen werden, in dem hier beschriebenen Rahmen größer ist als bei konventionellen Printkarten. Der Anteil an korrekten Antworten, der bei der vergleichenden Befragung erzielt wurde, ist bei den mit Web-Technologie visualisierten Karten durchschnittlich rund 15% größer als bei normalen Printkarten. Dies ist als wichtiger Hinweis auf eine größere Effizienz der kartengestützten Online-Systeme anzusehen und zeigt die Notwendigkeit für einen erweiterten Einsatz dieser Techniken in der wissenschaftlichen Aufbereitung und Vermittlung von geographischen Informationen.

Allerdings trifft dies nicht gleichermaßen auf alle Aspekte der kartengestützten Online-Systeme zu. Unterschiede ergeben sich hinsichtlich der inhaltlichen Komplexität der zu vermittelnden Rauminformationen. Interaktive und multimedial unterstützte Ausdrucksformen, wie sie das World Wide Web ermöglicht, besitzen in der Vermittlung komplexerer Rauminformation, bei denen es um vergleichende Betrachtungen oder um das Erfassen räumlicher Zusammenhänge geht, deutliche Vorteile. Dies gilt für „befahrbare“ dreidimensionale (VRML-basierte) kartographische Ausdrucksformen wie für animierte Darstellungen gleichermaßen. Die Möglichkeiten zur Interaktion und Variation der Datenwiedergabe von Webkarten kommen dem jeweils unterschiedlich ausgeprägten Wahrnehmungsvermögen der Kartennutzer zugute und verbessern offensichtlich die Informationsaufnahme. Die Internet-Technologie nähert sich dabei zunehmend den funktionalen Fähigkeiten, die *stand-alone* -Geräte (PC, CD-ROM) bieten. Darüber hinaus verfügt sie über die in Kap.6.2 weiter ausgeführten Vorzüge (Aktualität etc.). Umso eindeutiger ist daher das Ergebnis hinsichtlich der Effektivität zu bewerten.

Es werden auch einige Defizite bei der Nutzung der dreidimensionalen und animierten Webkarten sichtbar, die eine differenzierende Bewertung der Ergebnisse erfordern. Zum einen lassen sich einfache Verortungsaufgaben, die einen Überblick über das Gesamtareal voraussetzen, nicht wesentlich besser und teilweise sogar schlechter lö-

sen als mit Hilfe von konventionellen Printkarten. Dies ist vor allem auf die Probleme der für die Internet-Übertragung gering zu haltenden Datenmengen und der grundsätzlich begrenzten Bildschirmgröße zurückzuführen. Für die Handhabung elementarer Perzeptionsfragen ist die konventionelle Kartographie insoweit besser geeignet, da keine Zwischenschritte (Zoomen, Ausschnittverschiebung etc.) notwendig sind, um Informationen zu erhalten.

Zum andern zeigt die Untersuchung, dass die Geschwindigkeit, mit der online-gestützte Informationen von Kartennutzern erfasst werden, im Vergleich zu konventionellen Druckkarten niedriger ist. Durchschnittlich war eine rund 10 Sekunden längere Betrachtung der Webkarten erforderlich, um die gewünschte Information zu vermitteln. Dies bedeutet absolut gesehen einen fast doppelt so langen Zeitraum gegenüber der konventionellen Darstellung. Trotz des verbesserten Informationsgewinns fiel den Probanden der Umgang mit dem vergleichsweise ungewohnten Medium „Web-Karte“ noch schwer und erforderte einen höheren Zeitbedarf. Dies beeinträchtigt grundsätzlich die Effizienz (im Sinne der o.a. Definition nach der ISO-Norm CD 9241) der Informationswahrnehmung. Allerdings handelt es sich bei den festgestellten zeitlichen Differenzen insgesamt um geringe Sekundenbeträge, die in der Praxis der Kartennutzung kaum Auswirkungen haben dürften. Außerdem ist davon auszugehen, dass aufgrund der sich ständig verbessernden Technik und der zunehmenden Verbreitung des Internet hier eine Veränderung eintreten wird. Eingewöhnungsphasen, die auch die vorliegende Untersuchung beeinträchtigt haben, dürften künftig entfallen, und die Informationsaufnahme somit insgesamt schneller erfolgen.

Die Resultate der Untersuchung des Ton-Einsatzes sind nicht eindeutig und für eine abschließende Einschätzung zu wenig geeignet. Der Ton-Einsatz bringt nicht in jedem Fall einen Vorteil für die Vermittlung geographischer Informationen mit sich. Offensichtlich bestehen auch Nachteile durch Ablenkungseffekte. Der hier untersuchte Rahmen zu dieser Thematik muss auch methodisch noch breiter aufgespannt werden und ggfs. zusätzliche Aspekte berücksichtigen wie z.B. den Einfluss von gesprochenem Text, die Interaktionen der Nutzer oder auch den Erfahrungsgrad der Probanden.

In engem Zusammenhang mit den Ergebnissen zur Aufnahme von geographischen Informationen steht das gewandelte Nutzerverhalten. Konnten Kartenhersteller früher davon ausgehen, dass ein kartographisches Produkt intensiv betrachtet und interpretiert wurde, so steht dem heute eine wesentlich geringere Betrachtungsdauer und -bereitschaft gegenüber, wie dies das Beispiel der unzureichenden Diagrammauswertung (Fragenbereich III) gezeigt hat. Insbesondere der parallele Ablauf von zwei animierten Darstellungen bereitet Schwierigkeiten (Beispiel Karte mit Diagramm). Die Betrachter werden gezwungen sich für eine, d.h. die besser erkennbare Darstellung, zu entscheiden. Da dies unter „Zeitdruck“ geschieht (Ablauf der Animation), wird die andere Darstellung womöglich zunächst nicht genügend beachtet. Auch bei Printkarten erfolgt die Informationsaufnahme nacheinander, d.h. durch die schnell abwechselnde Betrachtung der einzelnen Kartenelemente wird der Inhalt erschlossen. Da die Druckqualität und die Übersichtlichkeit der Darstellung dabei insgesamt besser ist als

beim untersuchten Animationsbeispiel, wird die Wahrnehmung erleichtert. Bei animierten Webkarten lässt sich die inhaltliche Korrelierung der räumlichen Sachverhalte mit Hilfe von Wiederholungsmöglichkeiten und sonstigen Visualisierungswerkzeugen (Zoomen, Verkleinern, Ausschnittverschiebung etc.) vornehmen. Dadurch wird der visuelle Nachteil zwar etwas ausgeglichen, jedoch ist dies mit einem größeren Aufwand für den Kartennutzer verbunden.

Hinsichtlich der Unterschiede in der Vermittlungsgeschwindigkeit bleibt festzuhalten, dass das Ausmaß an zeitlichen Differenzen in der Wahrnehmung zwischen online-gestützter und konventioneller Darstellung weniger gravierend ist als der Zeitverlust, der durch die zurzeit noch herrschenden technischen Bedingungen zur Datenübertragung entsteht. Der Zeit- und Kostenaufwand spielt eine wichtige Rolle, da schon das Warten (z.B. infolge von Ladezeiten datenreicher Abbildungen) und erst recht der Erhalt ungeeigneter Abbildungen die Effizienz der Informationsvermittlung mindert (-dieser Aspekt wurde daher bewusst bei der empirischen Untersuchung ausgeklammert). Die Notwendigkeit, die in den Karten visualisierten Rauminformationen möglichst schnell und vollständig erfassbar zu gestalten, nimmt daher zu. Kartographische Darstellungen, deren semiotische und syntaktische Charakteristika sich nur bedingt auf den Bildschirmeinsatz übertragen lassen, stoßen schnell an Grenzen. So erweist sich der Web-basierte Umgang mit lediglich gescannten Karten in der Regel als schwierig, wenn nicht gar unmöglich, da die Größenverhältnisse, Inhaltsfülle, Feinstruktur, Farbgebung etc. nicht auf die physischen Bedingungen der Bildschirmdarstellung abgestimmt sind. Schon aufgrund der technischen Restriktionen (z.B. Größe und Auflösung eines *handheld*-Gerätes) muss daher auf die spezifischen interaktiven und multimedialen Komponenten des Internet zurückgegriffen werden. Das Internet mit seinen Techniken ist in diesem Zusammenhang daher Hemmnis und Chance zugleich.

7. Die Auswirkungen kartengestützter Online-Systeme auf den Umgang mit geographischen Informationen

7.1 Die Erweiterung des kartographischen Kommunikationsmodells

Gleichzeitig mit der Verbreitung neuer Technologien ändert sich der Umgang mit geographischen Informationen. So wie bereits die Email in der Arbeitswelt vermehrt an die Stelle des traditionellen Briefverkehrs tritt und Texte online weiterleitet, werden auch zur Übermittlung von Geodaten zunehmend elektronische Kartendarstellungen im Internet genutzt. Die Vorteile gegenüber Papierkarten, aber auch gegenüber Offline-Bildschirmkarten sind offenkundig, betrachtet man die technisch vorhandenen und theoretisch möglichen Potenziale Internet-basierter kartographischer Darstellungen. Zweifellos können der zeitlich und räumlich unbeschränkte Zugang zu Webservern, die plattformübergreifende Datenverarbeitung, der Einbindung multimedialer Komponenten, der Einsatz von Kartenfolgen etc. zu einer unkomplizierteren und vielfältige-

ren Informationsübermittlung führen, als dies bisher der Fall war. In bisher unbekanntem Umfang verfügen zudem (Karten-)Nutzer über technische Voraussetzungen, das neue Medium zu nutzen. Manche Autoren sprechen in diesem Zusammenhang sogar von einem "revolutionären Wandel", der die heutige Kartenherstellung und Nutzung kennzeichnet (STAHL 1998; PETERSON 1996 nach HARDIE 1998).

Von großer Bedeutung ist hier der sich wandelnde Charakter des Kommunikationsprozesses. Herkömmliche Karten waren durch das "statische" Medium Papier bestimmt. Karten bildeten eine "unabhängige, geschlossene, sich selbst erklärende Einheit, die allein durch den Kartenhersteller bearbeitet wurde und dem Kartennutzer in vollendeter, gedruckter Form vorliegt" (SCHRÖDER 1998, S.4). Dies bedeutete, dass ein Kartennutzer keinen Einfluss auf die vorgegebene Darstellung ausüben kann, sowohl hinsichtlich des abgebildeten Raumausschnitts als auch hinsichtlich des Inhalts und des Zeitpunkts. Damit war die Kommunikationsrichtung einseitig orientiert, "man erwartet, dass sich der Kartenbenutzer mehr oder weniger den Bedingungen des Kartographen anpasst" (KOLACNY 1970, S.186). Wenn es zu einem "Feedback" durch die Kartennutzer kam, konnte dies technisch lediglich bei einer Neuanfertigung bzw. -auflage umgesetzt werden. Bei diesem "monodirektionalen Informationsfluss" (KELNHOFER 2001, S.96) ist das Verhältnis von Kartenherstellung und Kartennutzung eindeutig festgelegt. Von einigen kartometrischen Aspekten abgesehen kann der Kartennutzer ein einmal erstelltes Print-Produkt lediglich interpretatorisch nutzen. Die kartographische Präsentation ist durch einen "maßstabsgebundenen, fixen Informationsumfang sowie keine variable an die Kartenelemente gebundene Informationstiefe" gekennzeichnet (ebd.).

Dieses geschlossene System wird durch die multimedialen und verstärkt durch die internet-basierten Bildschirmdarstellungen aufgebrochen, da die elektronischen Medien und insbesondere Netzwerkverbindungen unmittelbare Rückkopplungen ermöglichen. Somit kann bereits beim Entstehungsvorgang der Karte auf spezifische Nutzungsanforderungen Einfluss genommen werden. Die Trennung zwischen Wirkungsbereich von Kartographen einerseits und Kartennutzern andererseits wird dadurch fließend. Zwar ist sie zweifellos noch während der Einrichtungsphase eines kartengestützten Online-Systems vorhanden, im laufenden Betrieb jedoch können die Nutzer in vielerlei Hinsicht aktiv in die Form der kartographischen Darstellung eingreifen und somit die Form und den Inhalt geographischer Informationen individuell bestimmen. Noch vor wenigen Jahren war dies nur in Form einer weiteren Bearbeitung der abgerufenen Karte möglich. Heute stehen hingegen Interaktions-Techniken zur Verfügung, mit der Kartennutzer auf vielfältige Weise bereits auf den "originären" Kartenentwurf einwirken können (nach DRANSCH 2000b, S.197; ergänzt):

Formen der Interaktionen im Web-GIS:

- Einblenden von Zeichenerklärungen (Legende)
- Abruf von Zusatzinformationen zu Kartenobjekten (Hyperlinks zu anderen

Medien wie Text, Tabellen, Bild, Video, Audio)

- Veränderung des sichtbaren Raumausschnittes durch Verschieben (*panning*), Scrollen (Bildschirmseite herunter- oder herauffahren) oder virtuelle Durchflüge dreidimensionaler Raumdarstellungen (*fly throughs, walk throughs*)
- Veränderung durch *zooming* (Vergrößern und Verkleinern des Bildausschnitts)
- Veränderung der grafischen Darstellung (z.B. Farb- bzw. Symboländerungen)
- Selektion von Daten aus dem Gesamtdatenbestand
- Raum- und themenbezogene Datenabfragen
- Flächen- und Entfernungsmessung
- Verknüpfung von Daten durch Operationen (Pufferzonengenerierung, Verschneidung von Rasterdaten)
- Veränderung der Datenaufbereitung (Klassifizierung)
- Einfügen eigener Objekte in den Datenbestand (meist nur begrenzt möglich)

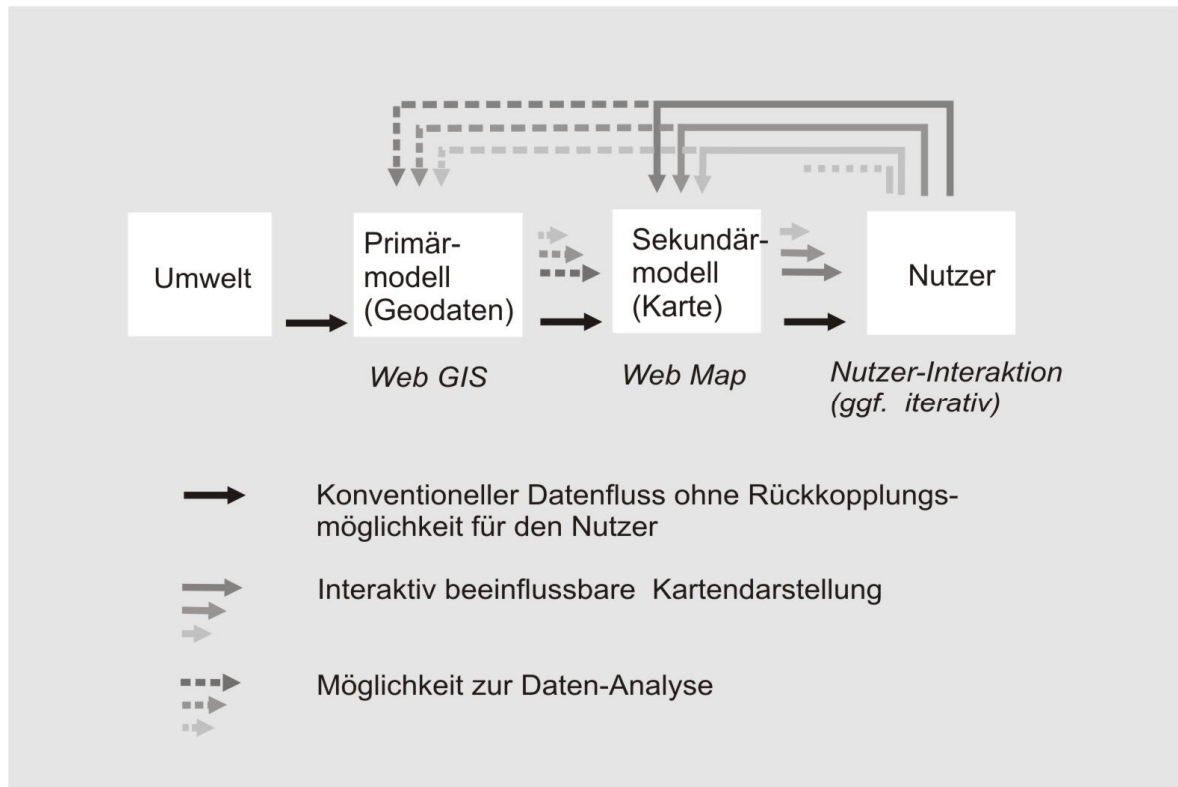
Karten können inhaltlich und gestalterisch in "Echt-Zeit" der individuellen Fragestellung der Kartennutzer angepasst werden, z.B. bei der Wahl des Raumausschnittes, der Kartengröße, der inhaltlichen Dichte etc. Damit verbunden ist auch die Möglichkeit, auf die (nicht grafisch) vorliegenden Geodaten zuzugreifen. Insbesondere die Datenexploration erhält dank der neuen Technologien eine neue Qualität. Denn es ist nun möglich, wesentlich zielgerichteter, d.h. auf die konkrete Fragestellung des jeweiligen Anwenders zugeschnitten, raumbezogene Informationen abzufragen und in einer iterativ-analytischen Vorgehensweise den Wissenstand auszubauen (s. Abb.31). Im Gegensatz zu klassischen, diagnostisch auszuwertenden Printkarten handelt es sich dabei um eine „kybernetische Regelstrecke“ (BUZIEK 2002, S.32) innerhalb eines auf Kommunikation ausgerichteten interaktiven Systems. Solche Informationsangebote erfordern daher eine grundsätzlich andere Auswertungsform.

Hinsichtlich der konkreten Informationserschließung durch Interaktivität bei Karten lassen sich drei grundsätzliche Möglichkeiten unterscheiden (ergänzt nach KELNHOFER 2001):

- Unter Beibehaltung des Maßstabs kann der Informationsumfang einer interaktiven Karte durch Ein- und Ausblenden einzelner Informationsschichten (*layer*) verändert bzw. durch Änderung des Präsentationsmaßstabes unter Beibehaltung der Kartenelementgruppen informativ verdichtet oder ausgedünnt werden.
- Das Erschließen von Zusatzinformation durch höhere Informationstiefe, indem das interaktive Kartenbild als *user interface* genutzt wird und weitere Daten aus einer Datenbank abgerufen werden.

- Die Abfrage von Datenbanken bzw. Sachdatenbanken, welche erst zu Informations- oder Datenanzeigen in einer dafür geeigneten maßstäblichen Kartengrundlage führen. Bei diesem Verfahren kann ein wichtiges Problem der Vermittlungspraxis von Geoinformationen gelöst werden: Müssen aus Platzgründen Forschungsergebnisse oft zusammengefasst und Datenmengen reduziert werden, können im Internet die weit umfangreicheren Datensammlungen von Experimenten und sonstigen Erhebung vollständig wiedergegeben werden.

Abb. 31: Die Erweiterung des kartographischen Kommunikationsmodells durch das Internet



Die zurzeit vorhandenen Einschränkungen sind weniger technisch bedingt, vielmehr halten kommerzielle und sicherheitsrelevante Überlegungen Geodatenanbieter davon ab, auf ihren Webseiten eine umfassende Funktionalität zur Kartengestaltung und Zugriffsrechte auf Geodatenansätze zur Verfügung zu stellen. Ebenso ist auch das Interesse der Kartennutzer zu berücksichtigen, eventuell zeit- und kostenintensive interaktive Angebote überhaupt wahrnehmen zu wollen. In kartographischer Hinsicht sind diese Restriktionen jedoch nicht nur nachteilig. Die völlig freie Handhabung des Kartentwurfs droht auch wenig zufrieden stellende Ergebnisse hervorzubringen, wenn z.B. auf Seiten der Anwender das Wissen um kartographische Gestaltungsregeln fehlt. Eine irreführende Kartengrafik, z.B. infolge ungeeigneter Daten-Klassifizierungen, kann den grundsätzlich möglichen Informationsgewinn sehr schnell ins Gegenteil verkehren.

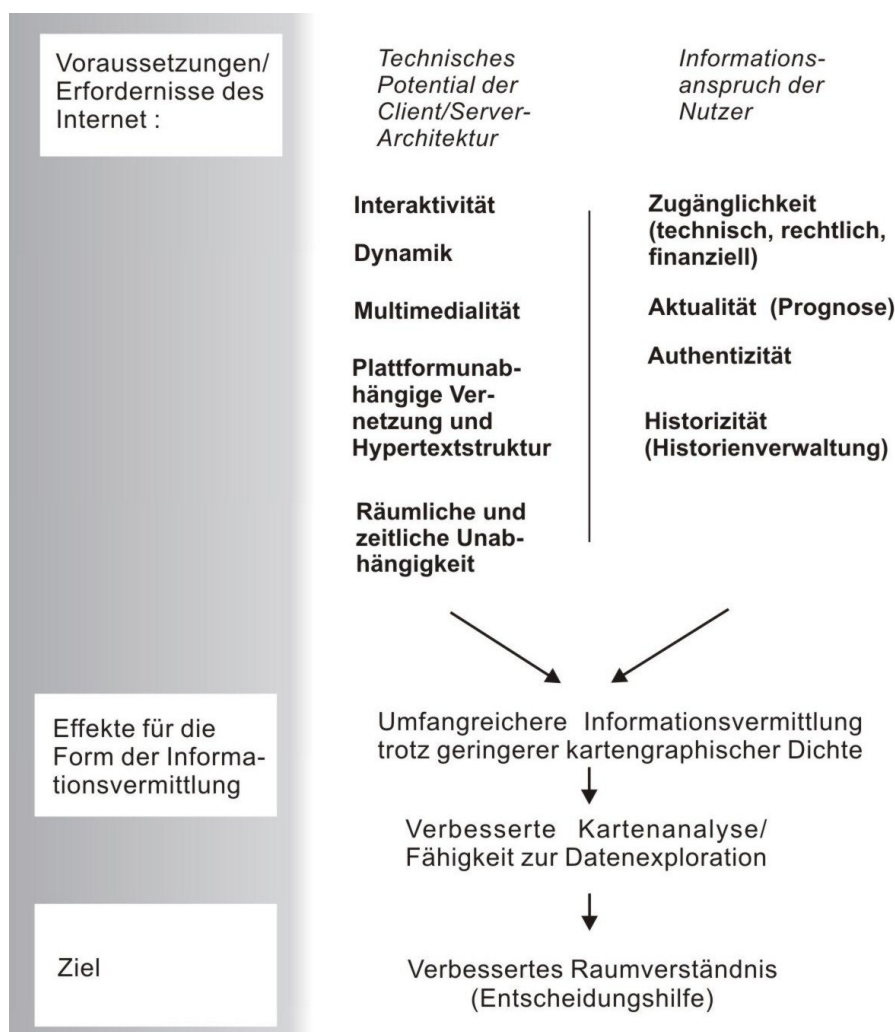
Den langfristig bedeutendsten Vorzug der neuen Technologien bildet das Informationspotenzial, das sich aus der Vernetzung verschiedener Rechnerstandorte ergibt. Die auf der Hypertextstruktur aufsetzende Interaktivität ermöglicht nicht nur den Zugang zu anderen Rechnern, sondern auch die Verknüpfung bisher getrennt vorgehaltener Datenbestände. Diese in vielen einzeln stehenden Rechnern gespeicherten "Informationsgüter" können gemeinsam zur Lösung raumbezogener Fragestellungen herangezogen werden. "Wichtiger als der reine Zugang zu dem gespeicherten Wissen ist die Möglichkeit, bestehendes Wissen zu vernetzen und so neues Wissen zu generieren" (STÄHLER 2001, S.158). Schon früh wurden Konzepte erarbeitet, räumliche Abfragen mit Hilfe von auf verschiedenen Rechnern verteilten Daten- und Programmressourcen vornehmen zu lassen (GARTNER 1996). Noch sind entsprechende Systeme insbesondere auf Grund von Kompatibilitäts- und Standardisierungsproblemen erst in Ansätzen verwirklicht, doch künftig wird das Potenzial verteilter Datenbanken (*spatial distributed data libraries*) stärker genutzt werden. Mittlerweile existieren Programmsysteme, die mit der vom Open GIS-Konsortium standardisierten *Web Map Server* (WMS)-Schnittstelle ausgestattet sind. Dadurch können die Daten zweier getrennter *Map Server* zur Durchführung eines Analysevorgangs zusammengeführt werden (LADSTÄTTER/REHBINDER 2000). Dies ermöglicht es, die Karten eines *Client*-Rechners mit zusätzlichen Geodaten eines zweiten *Servers* zu überlagern, - vorausgesetzt, dort gelangt ebenfalls das *WMS-Interface* zur Anwendung. Online arbeitende Informationsdienste können dann auf unterschiedliche Datenbanken zurückgreifen, um z.B. touristische Anfragen nach Anreise-Routen (Routenplaner), Unterkunftsmöglichkeiten (Hotel- und Reservierungsdatenbank) oder regionalen Klima- und Umweltverhältnissen (Umweltdatenbank) gebündelt beantworten zu können. Ähnliche Systeme werden zunehmend auch im Bereich querschnittsorientierter Planungs- und Verwaltungsaufgaben oder unternehmensintern (Intranet) Anwendung finden. Die Präsentation der Ergebnisse aus der Verbindung von Geographischen Informationssystemen mit anderen Datenbanken (geocodierten Datensets) wird dabei überwiegend mit Hilfe kartographischer Darstellungen erfolgen.

7.2 Gesellschaftliche Anforderungen an eine kartengestützte Kommunikation auf der Basis des Internet

Insgesamt spiegeln jedoch die technischen Potenziale nur eine Seite der neuen Informationstechnologie wider. Weitere neue Aspekte des veränderten Informationsumgangs ergeben sich aus dem individuell und vor allem gesellschaftlich begründeten Informationsanspruch durch die Nutzer bzw. Nutzergruppen (s. Abb.32). So ermöglicht das Internet beispielsweise auf Grund seiner nahezu in "Echt-Zeit" erfolgenden Datenübertragung eine hohe Aktualität der übertragenen Geodaten. Daten, die eingespeist und auf einem *Server* zur Verfügung gestellt werden, sind danach unmittelbar und weltweit abrufbar. Dadurch ist eine bis dato nicht bekannte, äußerst aktuelle Vermittlung geographischer Informationen möglich. So werden beispielsweise vom Umweltministerium in Nordrhein-Westfalen stündlich Luftmesswerte des Boden-Ozons aus dem Luftqualitätsüberwachungssystem eingegeben (www.uis.murl.nrw).

de). Zudem lassen sich auch ständig automatisch aktualisierte Kartenformen realisieren, z.B. Wetterkarten oder Verkehrskarten. Teilweise besitzen Karten sogar prognostischen Charakter, denn einige Webserver bieten z.B. Wettervorhersagen an (www.meteo.fr/temps/france/modele/sous_panneaux.html; www.wetter.de; www.wetteronline.de oder www.earthsat.com/wx/flooding/floodthreat.html, Vorhersage potenzieller Überflutungen). Gleichzeitig wird mit der Aktualitätskomponente eine Erwartungshaltung bei Nutzern hervorgerufen, die nur mit hohem Aufwand erfüllt werden kann. Denn die Daten müssen dazu laufend gehalten und Webseiten ständig "gepflegt" werden. Erfolgt dies bereits nur wenige Wochen nicht, so wird eine solche Website bereits als wertlos erachtet (KRAAK 2001).

Abb. 32: Technik-Potenzial und Nutzungsanspruch von Karten und kartengestützter Informationssysteme im World Wide Web



Im Zusammenhang mit dem Aktualitäts-Potenzial des Internet steht auch die Frage nach der Authentizität der mit Hilfe des Internet übermittelten Informationen. Die schnelle, multimediale und interaktiv erweiterte Form der Datenübertragung ermöglicht ein unmittelbares "Miterleben" oder "Mitverfolgen" von räumlichen Prozessen

selbst in weit entfernt gelegenen Regionen. Hierzu tragen u.a. die verschiedenen Internet-Dienste (Email, Newsgroups, Chatrooms etc.) und in bildhafter Hinsicht die mittlerweile zahlreich installierten Web-Kameras (*web cams*) bei, die ständig aktuelle Bilder ins Netz einspeisen. Dies gilt zunehmend auch für kartographische Erzeugnisse, die - schnell generiert - aktuelle Informationen liefern sollen, z.B. Karten über Wahlergebnisse oder über Größenveränderungen des Ozonlochs. Zum Teil werden multimediale Elemente wie in Echtzeit übermittelte Fotos oder Videosequenzen in kartographische Darstellungen integriert.

Neben den großen Entwicklungschancen für die Informationsvermittlung zeichnen sich allerdings auch Gefahren ab (DICKMANN/ZEHNER 1998; DICKMANN 1997). Ein grundsätzliches Problem besteht in der Echtheit bzw. der Glaubwürdigkeit der übermittelten Informationen. Auf Grund der Struktur des Internet mit seinen zahlreichen Knotenstellen, sind im Prinzip schon beim Datentransport unbemerkt vorgenommenen Manipulationen Tür und Tor geöffnet. Unwägbarkeiten finden sich jedoch auch auf Seiten des Datenangebots. Unterlag der Anbieter von Geodaten (Kartenhersteller) früherer Zeiten meist einer oder mehrerer Kontrollinstanzen, z.B. einem Herausbergremium, einem Verlag oder einer Behörde, findet heute keinerlei Kontrolle der im Internet publizierten Dokumente statt. Dies macht den Umgang mit dem Geodaten-Angebot insbesondere außerhalb des öffentlichen bzw. wissenschaftlichen Sektors schwierig. Da jeder Daten im Internet anbieten kann, ist eine äußerst quellenkritische Herangehensweise durch die (Karten-)Nutzer unumgänglich.

Gerade in wissenschaftlicher Hinsicht tritt hier noch ein weiteres Problem hinzu: die fehlende Historienverwaltung. Oft fallen *Server* aus oder werden stillgelegt, werden HTML-Seiten vom Anbieter überarbeitet, ausgetauscht oder innerhalb der Verzeichnisstruktur verschoben. Dadurch können publizierte Karten und Geodaten folglich einfach verschwinden und sind für Internet-Nutzer nicht mehr erreichbar. Damit wird ein wichtiges Kriterium wissenschaftlicher Arbeit "aufgeweicht", nämlich das der intersubjektiven Überprüfbarkeit von Methoden und Ergebnissen. Das Internet verfügt über keine Mechanismen zur Archivierung einmal veröffentlichter Dokumente, seien es Texte, Grafiken (Karten) oder Tabellen. Bereits wenige Wochen nach dem Erscheinen einer Karte auf einer Website kann der Fall eintreten, dass sie sich nicht mehr aufrufen lässt. Auch wenn dies nicht unbedingt angestrebt ist, erhält das Publizieren im Internet den Beigeschmack des "Unverbindlichen". Mit der Leicht(fert)igkeit, mit der eine Karte in Netz gestellt wird, lässt sie sich ebenfalls wieder entfernen. Dies bedeutet, dass die Informationen dann schlichtweg nicht mehr existent sind. Die Zitation solcher Internet-Dokumente wird somit fragwürdig, da der dauerhafte Zugriff auf diese Information nicht gewährleistet ist. Der Ausdruck auf Papier oder der digitale Download stellt keinen akzeptablen wissenschaftlichen Beleg dar, wenn keinerlei Zugriffsmöglichkeit auf das "Original" besteht. Ein Konzept für eine stichtagsbezogene Speicherung von Daten im Internet ist bisher nicht entwickelt worden. Der Mangel an Historizität macht das Internet und seine dort angebotenen Dokumente (incl. Karten) somit für viele wissenschaftlich-analytische Zwecke ungeeignet.

Diese kurzen Anmerkungen zu einigen theoretischen Aspekten machen deutlich, dass es wichtig ist, bei der Einschätzung des Informationspotenzials zwischen den bereits faktisch existierenden Möglichkeiten und den noch umzusetzenden oder zunächst einmal nur wünschenswerten Potenzialen zu differenzieren und so vor einer allzu großen Euphorie zu warnen. Dennoch zeichnen sich die Vorzüge für die neue Form der Informationsvermittlung mit Hilfe kartengestützter Online-Systeme gegenüber der konventionellen Visualisierung von Geodaten ab. Trotz der bildschirmtechnisch bedingten geringen Dichte der Kartengrafik ist eine quantitativ und qualitativ weiterreichende Informationsvermittlung möglich. Hierzu tragen die verschiedenen Möglichkeiten der *Client-Server*-Architekturen und der Hypertextstruktur bei, die eine nie gekannte interaktive Kartenanalyse und Datenexploration außerhalb von Einzelplatzrechnern erlauben. Dies gilt nicht nur für Kartendarstellungen, die dadurch über einen hohen Informationswert verfügen, sondern auch für online arbeitende Geographische Informationssysteme. Durch den Zugriff auf Datenbanken kann eine weit reichende Raumanalyse vorgenommen werden, deren Zwischen- und Endergebnisse sich in Form von Bildschirmkarten visualisieren lassen. Große Chancen zu einer Steigerung der kartengestützten Informationsvermittlung bieten vor allem online zugängliche Geographische Informationssysteme.

7.3 Technische Perspektiven

Das Internet als Recherche- und Präsentationsinstrument wird künftig eine wichtige Stellung innerhalb des raumwissenschaftlichen Methodenspektrums einnehmen. Um das mittlerweile unüberschaubare digitale Angebot an raumbezogener Information zu strukturieren und aufzubereiten, wird die zielgerichtete Online-Visualisierung von Geodaten ständig mehr Bedeutung erlangen. Der kompetente Umgang mit dieser Form der Informationstechnologie setzt Grundlagenkenntnisse geomatischer Zusammenhänge voraus, die zumindest ein Stück weit dazu beitragen können, die Vorgänge im Internet nachzuvollziehen und dort angebotene Informationen und Dienste (z.B. raumbezogene Such- und Abfrageergebnisse von Karten) kritisch zu beurteilen. Die kurzen Lebenszyklen der eingesetzten Techniken und Softwareprodukte erfordern dabei eine flexible und durch ständiges Lernen gekennzeichnete Herangehensweise.

Nach der weit reichenden Durchsetzung der Computertechnologie auf dem Gebiet der Kartenherstellung (Computerkartographie) und der geographischen Analyse (GIS) ist mit der Verbreitung der modernen Informationstechnologien ein weiterer, und in seinem Umfang letztlich noch nicht völlig abzuschätzender Qualitätssprung vollzogen worden. Dies betrifft nicht nur die verbesserten Möglichkeiten zur Distribution von Geodaten bzw. Raummodellen in Form von Karten und ihre Verarbeitung. Darüber hinaus befinden sich auch die "klassischen" Konzepte zur Visualisierung von Geodaten im Umbruch. Es reicht nicht mehr aus, "nur" eine kartographische Darstellung zu erzeugen, vielmehr sind regelrechte Visualisierungsumgebungen (DRANSCH 2000) zu schaffen, die eine möglichst effektive und anschauliche Form der Daten- und Informationsvermittlung gewährleisten. Karten stehen nicht automatisch im Vordergrund,

sondern sind eingebettet in einen ganzen Komplex verschiedener Dokumente wie Texte, Bilder, Tonsequenzen, Animation etc., die durch enge thematische Bezüge miteinander verknüpft sind (WILFERT 1998; vgl. a. die sog. "*applied intertextuality*" KRYGIER 1999, S. 247). Es entstehen EDV-gestützte Informationssysteme, die den kartographischen Kommunikationsprozess maßgeblich erweitern helfen. Entscheidend sind hier die Formen der Vernetzung und die Möglichkeiten zur nutzergesteuerten Interaktion und multimedialen Unterstützung der Geodatenvisualisierung. Die Aufbereitung einer kartographischen Darstellung kann teilweise durch die Nutzer selbst erfolgen. Vom *Client*-Rechner aus kann Einfluss auf den Karteninhalt genommen werden, z.B. durch Auswahl bestimmter Informationsschichten oder durch die Entscheidung für bestimmte Abfrage-Analyse-Optionen (Web-GIS).

Die Webtechnologie erlaubt einen räumlich und zeitlich ungebundenen Zugriff auf Geodaten. Dies kommt dem Trend zur individuelleren und situationsbezogenen Informationsabfrage entgegen, d.h. Karten mit spezifischem Raumausschnitt werden dann erzeugt, wenn sie benötigt werden. Dies betrifft insbesondere die Integration des Internet in mobile Anwendungen, die auf die Vermittlung raumbezogener Inhalte abzielen. Übertragungstechniken wie z.B. UMTS werden dazu beitragen, die so genannten "*location based services*" auszubauen und auch die Erfassung bzw. Aktualisierung von Geodaten unmittelbar im Gelände zu ermöglichen. Es ist davon auszugehen, dass die Zahl kartengestützter Online-Systeme wachsen wird, die regelbasierte Kartenkonstruktionen vornehmen und auf verteilte Datenressourcen (Geometrie- und Sachdaten) zugreifen können. Die Interoperabilitätsprobleme infolge fehlender technischer Standards werden durch die Tätigkeit des *Open GIS Consortium (OGC)* zunehmend gelöst, z.B. durch die Einführung der Spezifikationen "*Simple Feature*" und "*Web Map Server*" für Kartenserver (FITZKE/GREVE 2002). Damit wird sich die Informationsvermittlung in einer bisher unbekanntem Weise zielgerichtet durchführen lassen, die sehr individuelle Fragestellungen berücksichtigt. Absehbar ist zudem, dass künftig auch spezielle GIS-Funktionen, z.B. die Konvertierung von Projektionen oder Netzwerkanalysen, von separaten "Funktions-" oder "Applikations"-Servern im Internet ausgeführt werden (FITZKE 1999).

Die Internet-Technologie ist ständig im Fluss und mit Neuerungen ist jederzeit zu rechnen. Daher werden wohl in absehbarer Zeit manche Probleme gelöst werden. Große Erwartungen sind in den zurzeit entwickelten XML-Standard gesetzt, der einen universellen, d.h. plattformübergreifenden Austausch zwischen verschiedensten Applikationen ermöglicht. XML bildet die Basis für die Ableitung von aufgabenspezifischeren Auszeichnungssprachen (Dialekten), z.B. SMIL (*Synchronized Multimedia Integration Language*): X3D (3D-Grafik) oder XHTML. Insbesondere für die Visualisierung im geowissenschaftlichen Bereich könnte die noch in der Entwicklung befindliche *Geography Markup Language*, GML, von Bedeutung werden (BREUNIG 2002). GML soll einmal die Möglichkeiten zur Attributierung, Georeferenzierung und Unterstützung von Projektionssystemen bieten (NEUMANN 2000). Mit der Entwicklung des *Web Coordinate Transformation Service (WCTS)* wird vom *Open GIS Consortium* angestrebt, Geodaten in Form von GML zwischen verschiedenen Raumbezugssystemen zu

transformieren (<http://www.opengis.org/info/discussion.htm>). Das XML-basierte SVG-Format wurde vom W3-Konsortium bereits zum offiziellen Standard für Vektorabbildungen erhoben, was die Kartengrafik - und somit auch die Wahrnehmung von Rauminformationen - entscheidend verbessern und neue Möglichkeiten zur Interaktion mit Kartenelementen eröffnen wird. Dass hiermit in der Tat Vorteile für die Wahrnehmung von Rauminformationen verbunden sind, hat die empirische Studie gezeigt (Kap.6).

7.4 Künftige Forschungsaufgaben

Neben der ständigen Weiterentwicklung der neuen Technologien und ihren Auswirkungen auf die räumliche Organisation menschlichen Zusammenlebens wird auch der Einfluss auf disziplinmethodische Bereiche weiterhin Gegenstand geographischer Betrachtung bleiben müssen. Dies ist notwendig, um künftig einen kritischen Umgang mit der komplexen Technikanwendung zu gewährleisten und zu fördern. Die zielgerichtete Selektion von Geoinformation und ihre Aufbereitung mit Hilfe der neuen Technologien wird eine zunehmend wichtige fachliche Kompetenz für die verschiedensten Entscheidungsebenen in Politik, Wirtschaft und Wissenschaft darstellen. Das methodische Handwerkszeug und der inhaltliche Ansatz der Geographie als Raumwissenschaft können hierzu wertvolle Beiträge leisten.

Die vorliegende Untersuchung stellt einen ersten Versuch dar, die Möglichkeiten der Internetentwicklung fachbezogen aufzuarbeiten und zu aussagekräftigen empirischen Daten zu gelangen. Die Analyse des Vermittlungserfolges kartengestützter Online-Systeme stellt in fachmethodischer Hinsicht eine Kernaufgabe dar. Zwar konnten hier anhand exemplarischer Anwendungsfelder deutliche Belege für die grundsätzlich positive Wirkung der neuen Technologien festgestellt werden, doch die Bearbeitung zahlreicher weiterer Themenfelder ist sinnvoll, um die gesamte Tragweite der Internet-Technologie als Analyse und Präsentationsinstrument zur Bearbeitung raumwissenschaftlicher Fragestellungen zu erfassen:

- Zusätzlich zu den unter „Labor“-Bedingungen ermittelten Daten ist es notwendig, Felduntersuchungen zu kartographischen Online-Systemen durchzuführen, die z.B. systematisch differenzieren zwischen:

- Nutzergruppen (berufsspezifisch, altersspezifisch),
- praktischen Anwendungsgebieten
- verschiedenen Kartentypen (Visualisierungsformen mit Interaktivität und Multimedialität)
- technischen Voraussetzungen (Mobil-Geräte, *stand-alone*-Geräte)

Auch auf diesen Gebieten sollten Erkenntnisse mit Hilfe wissenschaftlicher Methodik quantitativ erfasst und weiterführende empirische Belege erbracht werden.

- Ein weiterer Forschungsansatz bildet die Aufarbeitung der bereits in Anwendung befindlichen kartengestützten Online-Systeme in Wirtschaft, Verwaltung und Planung. Hier sollten Defizite, Potenziale und Gefahren in der praktischen Anwendung ermittelt und eine Rückkopplung mit theoretischen Überlegungen vorgenommen werden. Somit ist zu unterscheiden zwischen den Potenzialen und der tatsächlichen Umsetzung online übertragener Geoinformationen.

- Aufbauend auf den Grundlagenergebnissen gilt es, Leitlinien für die Implementierung und grafische Gestaltung multimedial unterstützter Webkarten abzuleiten und somit die Verbreitung geographischer Informationen zu verbessern. Nicht nur von Seiten der Planung und Verwaltung (Öffentlichkeitsarbeit, Rationalisierung von Arbeitsschritten etc), sondern auch von Seiten der Wirtschaft und Katastrophendiensten, die sich der neuen Medien bedienen wollen, besteht Interesse nach optimierten Visualisierungsmöglichkeiten räumlicher Daten, z.B. für kommerzielle Auskunftsdienste oder Routenplanern für Rettungsfahrzeuge etc.

- Von großem Interesse sind die Einsatzmöglichkeiten, die die Internet-Technologie für die aktive Regionalplanung besitzen könnte, z.B. für eine nachhaltige Tourismusentwicklung einer Region. Die Vorteile des Internet (Interaktivität, Aktualität etc.) kommen insbesondere dem tourismusgeographisch relevanten Konzept der Landschaftsinterpretation entgegen. Die beiden Hauptkomponenten der Landschaftsinterpretation sehen zum einen eine regionalgerechte Präsentation einer Region (z.B. Vorab-Information für Reisende; individuell vertieftes kennen lernen einer Zielregion) als auch die optimierte Nutzung ihres natürlichen und kulturellen Potenzials (Internet als Mittel zur Managementmaßnahme: Besucher-Lenkung, Vermarktung) vor. Hier gilt es die Einsatzmöglichkeiten für die neuen Technologien eingehender zu untersuchen.

- Ein wichtiges Untersuchungsgebiet stellen die theoretischen, praktischen und methodischen Anforderungen dar für eine Umsetzung von „kollaborativen Visualisierungsmethoden“ in geowissenschaftlichen Anwendungen. Diese Systeme bedeuten eine außerordentlich weit reichende Nutzung der internetspezifischen Vorteile. Hierzu müssen die konzeptionellen Anforderungen und Rahmenbedingungen verschiedener Fachdisziplinen ermittelt und sowohl inhaltlich als auch rein technisch aufeinander abgestimmt werden.

- Künftige Untersuchungen sollten auch die Veränderungen für die klassische Form der Karteninterpretation durch die neuen Technologien stärker in das Blickfeld rücken. Infolge des Einsatzes regelbasierter Kartensysteme und der Möglichkeiten zur Informationsstaffelung können Gestaltungsprobleme reduziert und eine Informationsübertragung in unmittelbarer Anlehnung an das Vorwissen (Kenntnisse, Fertigkeiten) der Kartennutzer vorgenommen werden. Insbesondere letzteres beschleunigt die zielgerichtete Abfrage von Rauminformationen und unterstützt den typischen Vorgang der synthetischen Verknüpfung von abstrakten Kartenzeichen zur Erlangung von räumlichem Verständnis. In diesem Zusammenhang ist auch die Untersuchung von langfristig erzielbaren Interpretations- bzw. Lernerfolgen notwendig. Lernpsychologische Erkenntnisse, nach denen beispielsweise besondere Gedächtniseffekte (Behaltensleistung) durch eigenes Handeln erreicht werden, können auch für die interaktive und somit handlungsorientiertere Form der Kartenarbeit zutreffen. Die Überprüfung solcher Effekte in der modernen Webkarten-Auswertung muss ebenfalls im Blickfeld künftiger anwendungsbezogener Forschungen stehen.

- Neue Fragen ergeben sich zudem für die konkreten Gestaltungsprobleme räumlicher Darstellungen, die die internetspezifischen Restriktionen zu berücksichtigen haben. Hier ist zu überprüfen, in welcher Weise die z.T. konventionell bestimmte enge Wechselbeziehung zwischen eingesetztem Zeichen und geographischer Aussage einer Modifizierung bedarf (Welcher räumliche Inhalt ist mit welchem Symbolsystem abzubilden? Wie ist das Zusammenspiel zwischen verschiedenen Medien zu kombinieren?). Konzeptionell kommt es darüber hinaus zu einer Verschiebung von der üblichen angebotsorientierten zu einer mehr nachfrageorientierten Kartenkonstruktion mit möglichen Auswirkungen auf die Anforderungen der Kartengestaltung (Inhalt und Grafik).

Somit ergibt sich eine Fülle von anwendungsorientierten Forschungsansätzen, die es künftig sowohl in geographischer als auch in kartographischer Hinsicht zu bearbeiten gilt. Abgesehen von diesen überwiegend praxisorientierten Forschungsfragen ist schließlich noch eine umfassende und systematische Theorie und Methodik zur internetgestützten Kartographie zu entwerfen. Die vorliegende, vorwiegend anwendungsorientierte Untersuchung konnte hier lediglich einige informationstheoretische Teilaspekte beleuchten.

Zusammenfassung

Für die Bearbeitung sowohl praktischer als auch wissenschaftlicher Fragestellungen gewinnt der Einsatz kartengestützter Online-Systeme heute zunehmend an Bedeutung und führt zu einer außerordentlich großen Aufwertung der klassischen Funktion der Kartendarstellung in raumbezogenen Arbeits- und Forschungsprozessen. Dies bezieht sich nicht nur auf das Fach Geographie, sondern auch auf viele andere geowissenschaftliche Disziplinen. Alle Raumwissenschaften greifen auf räumliche Modelle in Form von Karten oder kartenverwandten Darstellungen zurück, um Zugang zur räumlichen Realität zu erhalten und theoriegeleitet arbeiten zu können. Von einer Verbesserung der methodischen Schlüsselfunktion der Karte profitieren folglich auch die geowissenschaftlichen Nachbardisziplinen.

Wie bei Fernerkundungstechniken oder statistischen Analyseverfahren, die in zahlreichen geographischen Forschungsprozessen oder praktischen Auswertungstätigkeiten angewandt werden, ist es auch im Bereich der Online-Informationsvermittlung heute erforderlich, über hinreichende Kenntnisse der Wirkungsweise der eingesetzten Techniken (Verfahren) zu verfügen. Gerade im Hinblick auf die optische Perfektion, die mittlerweile kennzeichnend für digitalen Produkte raumbezogener Visualisierungstechniken ist, erscheint es notwendig, technische Zusammenhänge und Grundlagen aufzuzeigen. Nur so lassen sich z.B. kartographische Darstellungen als Ergebnis einer Raumanalyse hinreichend hinterfragen. Dies trifft insbesondere für das Medium Internet zu, dessen technische Prozesse dem Anwender oft verborgen bleiben. Die differenzierende Betrachtung der verschiedenen, heute zur Anwendung kommenden Technologien und Präsentationsformen macht "online-typische" Visualisierungsrestriktionen aber auch -potenziale deutlich, die mit den einzelnen Visualisierungsformen verbunden sind. Insbesondere das Wissen um vorhandene Defizite und Manipulationsmöglichkeiten ist unverzichtbar, um eine kritische Auseinandersetzung mit diesem Medium zu ermöglichen.

Der Stellenwert der einzelnen Darstellungsformen im Internet, die von einfachen statischen Karten bis hin zu web-gestützten Geographischen Informationssystemen reichen, ist für die Vermittlung geographischer Informationen sehr unterschiedlich und hängt nicht zuletzt auch von der Komplexität der eingesetzten kartengestützten Systeme und den damit verbundenen software-technischen Voraussetzungen ab. So können ausschließlich statische Kartendarstellungen infolge der technischen Restriktionen (Bildschirmauflösung, -größe) zunächst einmal naturgemäß nur geringen Vermittlungsanforderungen gerecht werden. Allerdings sind mittlerweile Techniken entwickelt worden, die zumindest teilweise Defizite im Informationstransfer auszugleichen vermögen (Einsatz von Vektorformaten, Komprimierungstechniken) und für bestimmte Fachanwendungen von Interesse sein können (Dokumentation, Archivierung). Für die Lösung anspruchsvollerer - u.a. stärker explorativ orientierter - Problemstellungen in den Geowissenschaften bleiben statische Webkarten jedoch nur von marginaler Bedeutung.

Ein anderes Bild ergibt sich bei der Betrachtung interaktiver und multimedialer Online-Systeme. Bereits mit vergleichsweise geringem software-technischen Aufwand (auf der Basis z.B. von HTML, *JavaScript*, SVG) lassen sich *interaktive* Webkarten erzeugen. Diese lassen sich inhaltlich beliebig tief staffeln und verfügen somit theoretisch über ein großes Potenzial für die Vermittlung geographischer Informationen. Dadurch können unterschiedliche Zielgruppen angesprochen oder verschiedene thematische Schwerpunkte gleichzeitig von einem einzelnen kartographischen Medium (Oberfläche) aus abgefragt werden. Perspektivische oder prozessorientierte Sachverhalte können mit Hilfe von 3D-Welten und Animationstechniken auch über das Internet visualisiert werden und sind vielen statischen und zweidimensionalen Darstellungen überlegen. Zahlreiche Visualisierungsaufgaben, z.B. dreidimensionale Raumsichten oder die Darstellung raum-zeitlicher Veränderungen, sind mit Hilfe dieser Techniken umsetzbar. Räumliche Muster und Regelmäßigkeiten lassen sich somit einfacher vermitteln als dies durch den Vergleich mehrerer oder vieler (statischer) Einzelkarten möglich wäre. Der sequenzielle Charakter der Animation überwindet den statischen Charakter konventioneller kartographischer Darstellung ebenso wie die VRML-Technik die klassische Problematik der Höhendarstellung in konventionellen Karten.

Der damit verbundene informationstechnische „Mehrwert“ besteht auch darin, dass die Interpretation der mit diesen Techniken vermittelten Rauminformationen individueller, d.h. abhängig von einer spezifischen Fragestellung erfolgen kann. Die Vorzüge eines individuellen und interaktiven Zugriffs auf geographische Informationen werden schließlich besonders deutlich bei der Nutzung von Geographischen Informationssystemen, die sich ebenfalls mit Hilfe der Internet-Technologie einrichten lassen (i.d.R. im Intranet). Hinzu treten schließlich die internet-spezifischen Vorteile wie der zeitlich und örtlich unbegrenzte Zugang, die – zumindest theoretisch – hohe Aktualität der angebotenen geographischen Informationen oder die Form der *kollaborativen* Visualisierung, mit der Möglichkeit der Online-Zusammenführung von Geodaten/Informationen aus räumlich getrennt liegenden Institutionen. Insbesondere die Funktionalität und vergleichsweise einfache Handhabung vieler kartengestützter Online-Systeme hat in der Praxis bereits zu einer weiten Verbreitung geführt und ein ständig wachsendes Angebots- und Nutzungspotenzial erzeugt. Auch bei der wissenschaftlichen Recherche nach Geodaten lassen sich zunehmend die Möglichkeiten des Internet nutzen, wie das Beispiel des Angebots zur digitalen Kartenkonstruktion zeigt.

Die Analyse der Konstruktions- und Distributionsweisen und die Herausstellung der informationstheoretischen Vorzüge kartengestützter Online-Systeme wurde um eine empirische Überprüfung ergänzt, um eine umfassendere Bewertung des tatsächlichen Vermittlungserfolges von geographischen Informationen erreichen zu können. Mit diesem Ansatz wurde der Versuch unternommen, die These von der größeren Effizienz von Webkarten (CARTWRIGHT/PETERSON 1999; GARTNER 2002; u.a.) zu überprüfen und aufzuzeigen, ob und ggfs. in welchem Umfang sich die mit einer Web-Karte verfolgte Intention, einen Raumausschnitt thematisch oder topographisch wiederzugeben, im Vergleich zu konventionellen Printkarten unterschiedlich umsetzen lässt. Die Datenerhebung erfolgte über eine Befragung von zwei unterschiedlichen Ver-

suchsgruppen, deren Wahrnehmungsleistungen als Indikator für die Wirkung der unterschiedlich codierten Rauminformationen gewertet wurden.

Insgesamt belegen die Ergebnisse des kartographischen Experiments die Annahme, dass der Vermittlungserfolg von kartengestützten Rauminformationen, die über das Internet übertragen werden, größer ist als bei konventionellen Printkarten. Der Anteil an korrekten Antworten, der bei der vergleichenden Befragung erzielt wurde, ist bei den mit der Web-Technologie visualisierten Karten durchschnittlich um rund 15% größer als bei den normalen Printkarten. Insbesondere bei komplexeren Rauminformationen, bei denen es um vergleichende Betrachtungen oder das Erfassen von kausalen Zusammenhängen geht, besitzen interaktive und multimedial unterstützte Raumdarstellungen, wie sie das World Wide Web ermöglicht, eindeutig Vorteile. Die Möglichkeiten zum räumlich, zeitlich und inhaltlich nahezu unbegrenzten Informationsabruf und zur Variation der Datenwiedergabe von Webkarten kommen dem jeweils unterschiedlich ausgeprägten Wahrnehmungsvermögen der Kartennutzer zugute und verbessern offensichtlich die individuelle Informationsaufnahme. Damit bestätigen die empirischen Daten grundsätzlich die theoretischen Überlegungen zur größeren Effizienz der kartengestützten Online-Systeme und zeigen deutlich die Notwendigkeit für einen erweiterten Einsatz dieser Techniken in der wissenschaftlichen Aufbereitung und Vermittlung von geographischen Informationen.

Allerdings trifft dies nicht einheitlich auf alle Arten von Rauminformationen zu. Unterschiede ergeben sich u.a. hinsichtlich der inhaltlichen Komplexität der zu vermittelnden geographischen Inhalte. So lassen sich vergleichsweise einfache Verortungsaufgaben, die einen Überblick über das Gesamtareal voraussetzen, infolge der zur Verfügung stehenden Technik nicht wesentlich besser und teilweise sogar schlechter lösen als mit Hilfe von konventionellen Printkarten. Nachteile bestehen darüber hinaus auch in der Geschwindigkeit der Informationsaufnahme, die bei Webkarten langsamer erfolgt. Sie sind jedoch in ihrem Umfang insgesamt als gering einzustufen und beeinträchtigen die Effizienz der kartographischen Darstellung wenig. Zudem ist davon auszugehen, dass mit zunehmender Verbreitung der Technologie und wachsenden Fertigkeiten der Kartennutzer der Zeitaufwand sinken wird.

Trotz Einschränkungen, die für die online-gestützte Übertragung von Rauminformationen gelten, treten die grundsätzlichen Stärken und Vorteile der verschiedenen Erscheinungsformen von Webkarten dennoch deutlich hervor. Das kartographische Kommunikationsmodell, das bis vor wenigen Jahren durch einen ausschließlich mono-direktional und zeitlich fixierten Informationsfluss geprägt war, ist heute entscheidend erweitert worden. Die neuen Technologien – hier in Form kartengestützter Online-Systeme – bieten somit die Chance, die Effizienz der Vermittlung räumlicher Informationen zu steigern. Nicht nur die Möglichkeiten zur Präsentation und Dokumentation werden verbessert, sondern auch jene zur wissenschaftlichen Recherche, Analyse und Interpretation geographischer Informationen. Zudem ist davon auszugehen, dass einige der noch bestehenden technischen Restriktionen künftig aufgehoben oder zumindest abgeschwächt werden, so dass das hier bietende Potenzial noch besser

zur Entfaltung kommen wird. Kartengestützte Online-Systeme können somit beitragen, ein realitätsnäheres Raumverständnis zu vermitteln und nachhaltig orientierte Zielsetzungen umzusetzen. Davon profitieren das Fach Geographie und andere (Geo-) Wissenschaften, die in der praktischen Arbeit wie auch im Forschungsprozess auf das Medium „Karte“ angewiesen sind.

Der Nutzen dieser Visualisierungsform besteht dabei nicht nur in der Fülle der verfügbaren Methoden, sondern vor allem in der sinnvollen Auswahl und Kombination dieser Werkzeuge. Ein theoretisches Konzept steht hierzu noch aus. Auch deshalb ist eine weitere fachwissenschaftliche Beschäftigung mit diesen Techniken erforderlich. Die neuen Technologien verändern entscheidend die kartographische Informationsübertragung und somit die Kommunikation räumlichen Wissens. Auch künftig sollten die Entwicklungen auf dem Gebiet der Internet-Technologie und ihre Einwirkungen auf die Geographie begleitet werden. Die Ergebnisse der hier durchgeführten Untersuchung können lediglich einen Anfang darstellen. Weitere Überprüfungen, die z.B. zwischen verschiedenen geographischen Handlungsrahmen, Kartentypen und Darstellungskombinationen differenzieren, müssen folgen, um dem fachrelevanten Einsatz der neuen Technologien eine gesicherte theoretische und praktische Grundlage zu verleihen.

Summary

Applications of new information technologies for the preparation and efficient transmission of spatial data - the example of map-based systems on the Internet

The internet is a prime means for distributing and visualising spatial data from cartographic and geographic databases. Reaching a broad audience, the number of maps designed and distributed on the World Wide Web has increased dramatically since the mid-1990s. From an original scientific niche, internet-based technology has grown to almost universal application in many practical contexts.

In line with demands for fast access to information and rapid transfer of spatial data, internet-based maps are now delivered to the user in a fraction of the time required to distribute print maps. A wide range of distribution instruments exists, including raw data servers (e.g. DEM), maps on demand (*Internet Map Servers*), interactive image maps, Web-GIS, animated maps and 3D-maps (virtual reality). A growing industry is involved in developing software specifically for distribution and retrieval of spatial (geographic) data. The first real interactive application was a map server at Xerox's *Palo Alto Research Center (PARC)* which went online in June 1993 and generated very simple maps from public domain data. The main significance of this first application was that it triggered ideas, and within a few months many systems incorporating maps into the web were online. The process of data distribution via the internet is characterized by increasing commercialization and professionalism, leading to the development of very user-friendly systems that are used by a growing range of enterprises and organisations. Multimedia components now widely accompany standard map generation, meeting the user's growing multimedia orientation and opening new ways of sharing spatial information. In contrast to non-digital maps, ordinary HTML-page *Internet Map Servers* are characterized by a wide range of techniques and interactive features which make information more individual and specific. Therefore, such servers offer interesting perspectives for digital cartography in the context of presentation and exploration of spatial data.

In practice, both print and internet-based maps are now equally well used. But how good are internet-based maps? Are they more effective than conventional print maps or just a pretty technological toy? An important methodological aspect is the time required to absorb and understand the information contained in an online map. Adequate transmission of information requires two features. First of all, information must be transmitted completely and correctly (effectiveness). But secondly, the result must be seen in relation to the amount of time required to achieve full and correct information (efficiency). This aspect also meets the requirements of the ISO-Norm CD 9214 on software ergonomics, which is one of the baselines for using the World Wide Web. For BOLLMANN (1981), speed and accuracy of interpretation are essential criteria for determining the success of a map from a perception-oriented point of view. SCHUMANN/MÜLLER (2000) define the quality of screen-based graphics as the ratio of

information perceived in a specific period of time to the information that should be transmitted in that period of time.

To estimate the potential added value of the new technology, the effectiveness of web maps (interactive and animated maps) needs to be compared to that of print maps. This study describes a first attempt at experimentally assessing the effectiveness of information transmission for both map types. A specific point of interest was the transfer of cartographic information on relief and land use, a topic often encountered in the field of tourism.

The experiment analysed patterns of map use in 84 first-term geography students of Göttingen University. The Greek peninsula of Methana served as a case study, where an online tourist information system has been developed based on a digital elevation model with additional topographical information. The students were split into two equally sized groups, dealing with one type of map respectively. Their task was to respond to a list of questions, which aimed to establish how well topographical and land use information could be extracted from each type of map. Questions focused on identifying the location of specific areas and spatial phenomena on the peninsula, searching for special topographic characteristics, identifying the visibility of special points and visually analysing the relationship between topography and land use. In case of the online version, a VRML-based 3D-graphic was retrieved online during the experiment. In order to be comparable, questions were identical for the conventional map and the online version. This also enabled an estimate of the time required for assimilating and processing information. Results can assist with the definition of guidelines for web map design. They can also contribute to assessing the possibilities of map-based online systems and their optimisation.

Results indicate a general difference in perceptive behaviour of both sample groups, although the differences between the two forms of visualisation are not always readily apparent. Of particular interest for evaluating the success of map-based online information transfer was the proportion of correct answers. In six out of nine questions, the interactive web map yielded more correct answers than the conventional map. The average proportion of correct answers was about 76% for web maps compared to 61% for print maps, indicating a higher effectiveness of map-based online systems.

Although the study was unable to include all forms of cartographic presentations available on the World Wide Web, results indicate that spatial information is more effectively transmitted by internet-based maps as part of an integrated visualisation system than classic printed maps. In many respects the results of this empirical study could equally apply to mobile map services. Most of the basic advantages of web maps also apply to mobile map services, e.g. unlimited access to information independent of time and place, up-to-dateness or retrieval of information tailored to specific target groups. Restrictions imposed by the transmission rate are likely to be solved in the near future (UMTS). Using similar techniques to web maps, mobile map services

could make it easier for consumers to retrieve higher rates of correct spatial information.

Both in research and in practice, the use of web-based technologies is likely to increase since options for interactive manipulation and variability in data visualization can meet the specific needs of individual map users. Nevertheless, some reservations must be expressed: Web maps are less successful in displaying overall topographic structures, presenting complex spatial information (spatial correlations) and take longer to assimilate. These disadvantages are likely to remain. Furthermore, some basic problems still exist in the provision of spatial data, e.g. in terms of authenticity and long term documentation. These will need to be solved in the future.

Literatur

ABREU, J. u.a.: Combining Spatial Metadata Search-Engines with Webmapping – Exemplified with Emergency Scenarios, in: GIS, 5, 2000, S.8-11

ADAMS, P.C.: Computer Networks and Virtual Place Metaphors", in: Geographical Review, 87, 1997, H.5, S.3-5

ADAMS, P.C.: Network Topologies and Virtual Place, in: Annals of the Association of American Geographers, 88, 1998, S.88-106

ALISCH, M.: Surfing Internet: Datenfrust? Infolust!, in: GeoBIT, 3/1997, S.6-8

ANDRIENKO, N.V.; ANDRIENKO, G.L.: Interactive Maps for Visual Data Exploration, in: International Journal of Geographic Information Science, vol. 13, 1998 (4), June 1999, S. 355-374

(<http://allanon.gmd.de/and/icavis>)

APPELT, G.: Alles was Recht ist. Neuer Urheberrechtsschutz für Datenbanken und Datenbankwerke, in: GeoBIT, 2/1998, S.32-33

ARNBERGER, E.: Thematische Kartographie, Das Geographische Seminar, Braunschweig 1977

ASHDOWNE, S., CARTWRIGHT, W., NEVILLE, L.: A Virtual Atlas On The World Wide Web: Concept, Development and Implementation, in: Proceedings, 18th ICA/ACI International Cartographic Conference Stockholm, vol.2, Gävle, 1997, S.663-672

ASCHE, H.: Netzbasierte Geographische Informationsverarbeitung – Prinzipien, Produkte, Perspektiven, in: HERRMANN, C., ASCHE, H. (Hrsg.): Web.Mapping1: Raumbezogene Information und Kommunikation im Internet, Heidelberg 2001, S.3-17

ASCHE, H.: Modellierung und Nutzung elektronischer Karten, in: MAYER, F., KRIZ, K. (Hrsg.): Kartographie im multimedialen Umfeld, = Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie, Bd.8, Wien 1996, S.150-167

BAKKER, W., SCHOKKER, P.: Internet en Kartografie. De mogelijkheden van een nieuw medium, in: Kartografisch Tijdschrift, 1996, xxii, 1, S.29-43

BAUER, A., GEYER, D.: Marketing für Kartographen – Nicht vollständige Denkanstöße, in: Deutsche Gesellschaft für Kartographie (Hrsg.): Neue Wege für die Kartographie, = Kartographische Schriften, Bd.4, Bonn 2000, S.12-15

BAUER C.; KRÜGER B.: Virtuelle Navigation in einem komplexen Umweltinformationssystem; in: 9. Symposium für angewandte geographische Informationsverarbeitung, S. 183-188, Juli 1997, Salzburg 1997

BECKER, A. u.a.: Geodaten im Internet – Aufbau eines flächendeckenden Geoinformationssystems für bayerische Katasterdaten, in: Der Vermessungsingenieur, 49. Jg., H.2, 1998, S.69-74

BEHME, H., MINTERT, S.: XML in der Praxis. Professionelles Web-Publishing mit der Extensible Markup Language, Bonn 1998

BEHRMANN, W.: Statische und dynamische Kartographie, in: Kartographisches Jahrbuch, 1941, S.24-34

BELBIN, J.: Internet usage, in: Cartouche – Newsletter of the Canadian Cartographic Association, 21, 1996, S.8-9

BERNARD, M.: Internet et la géomatique, in: XYZ – Revue de l'Association Française de Topographie, 2/1997, S.60-62

BERNSDORF, B.: Die Zukunft ist WEB – Internet-Lösungen im Umweltbereich, in: BRAUN, G, BUZIN, R., WINTGES, T.(Hrsg.): GIS und Kartographie im Umweltbereich, Heidelberg 2001, S.189-195

BOLLMANN, J.: Empirische Kartographie, in: Lexikon zur Kartographie und Geomatik, Bd.1, A bis Karti, hrsg. v. BOLLMANN, J. und KOCH., W.-G., Heidelberg 2001, S.194-197

BOLLMANN, J.: Aspekte kartographischer Zeichenwahrnehmung - Eine empirische Untersuchung, Bonn 1981

BOLLMANN, J., HEIDMANN, F., JOHANN, M.: Kartographische Bildschirmkommunikation – Methodische Ansätze zur empirischen Untersuchung raumbezogener Informationsprozesse, in: Trierer Geographische Studien, H.16, Trier 1997, S. 267-284

BOLLMANN, J.: Probleme der kartographischen Kommunikation, Bonn 1977

BONGARDT, D.: ASP: Datenleitung ersetzt Festplatte, in: Internet Praxis, März-Mai 2001, S.82-86

BUDKE, A., KANWISCHER, K., POTT, A.: (Hrsg.): Internetgeographien. Beobachtungen zum Verhältnis von Internet, Raum und Gesellschaft, = Erkundliches Wissen, Bd. 136, Stuttgart 2004

BUHMANN, E., WIESEL, J.: GIS-Report 2000. Software, Daten, Firmen, Karlsruhe 2000

BUZIN, R.: Multimedia-Kartographie. Eine Untersuchung zur Nutzer-Orientierung kartomedialer Atlanten, Osnabrück 2001

BRANDENBERGER, C., NEUMANN, A.: Kartennetzberechnung online, in: Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik, 10, 2000, S.612-613

BREUNIG, M., BRINKHOFF, T., BÄR, W., WEITKÄMPER, J.: XML-basierte Techniken für Location Based Services, in: ZIPF, A., und STROBL, J.: Geoinformation mobil, Heidelberg 2002, S.26-35

BRODERSON, L.: Aspekte der graphischen Gestaltung komplexer Wirtschaftskarten in Schulatlanten, Zürich 1986

BROWN, A.: Map Design for Screen Display, in: The Cartographic Journal, 1993, Vol. 30, S.129-135

BRUCE, D.: GIS - A visual Approach, Santa Fe 1996

BRUNNER, K.: Limitierungen bei der elektronischen Bildschirmanzeige von Karten, in: SCHMIDT, B., UHLENKÜKEN, C. (Hrsg.): Visualisierung raumbezogener Daten. Methoden und Anwendungen, Bd.II, IfGI prints (Institut für Geoinformatik, Universität Münster), H.8, Münster 2000, S.35-47

BRÜNKEN, R. et.al.: Mentale Modelle und Effekte der Präsentations- und Abrufkodalität beim Lernen mit Multimedia, in: Zeitschrift für Päd. Psychologie, 15 (1), 2001, S.16-27

BRÜNKEN, R., STEINBACHER, S., LEUTNER, D.: Räumliches Vorstellungsvermögen und Lernen mit Multimedia, in: BRÜNKEN R., LEUTNER D. (Hrsg.): Neue Medien in Unterricht, Aus- und Weiterbildung, Münster 2000, S.37-46

BUCHROITHNER, M. (Ed.): A Decade of Trans-European Remote Sensing Cooperation, = Proceedings of the 20th EARSeL Symposium Dresden, 14-16 June 2000, Lisse 2001

BUCHROITHNER, M., SCHENKEL, R.: 3D-Visualisierung von Geodaten - perzeptionstheoretische und präsentationstechnische Grundlagen, in: KOCH, W.G. (Hrsg.): Theorie 2000 - Vorträge des kartographischen Symposiums am 17./18. November 2000 an der TU Dresden, Dresden 2001, S.113-120

BUCHROITHNER, M.: Möglichkeiten "echter" 3D-Visualisierungen von Geodaten, in: STROBL, J., BLASCHKE, T. (Hrsg.): Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XI. Beiträge zum AGIT-Symposium Salzburg 1999, S.86-93

BÜSCHER, K.: GIS im Internet/Intranet - GIS verändert sich, in: ArcAktuell, Nr.2, Juni 1998, (Extra), S.3-4

Bundestags-Drucksache: 14/4139: Antwort der Bundesregierung vom 27. September 2000 auf die große Anfrage der CDU/CSU-Fraktion zur "Nutzung von Geoinformationen in der Bundesrepublik Deutschland"

BUTTENFIELD, B.P.: Sharing Vector Geospatial Data on the Internet, in: Proceedings 19th ICA/ACI International Cartographic Conference, Ottawa 1999, S.35-44

BUZIEK, G.: Mobile Geoinformationssysteme – Wissenschaftlicher Anspruch und praktische Nutzung, in: : Deutsche Gesellschaft für Kartographie (Hrsg.): Kartographie als Baustein moderner Kommunikation, =Kartographische Schriften, Bd.6, Bonn 2002, S.31-40

BUZIEK, G., DRANSCH, D., RASE, W.D. (Hrsg.): Dynamische Visualisierung, Berlin 2000

BUZIEK, G. : Das Potenzial moderner Informations- und Kommunikationstechnologien aus Sicht der Kartographie, in: DODT, J. (Hrsg.): GIS und Kartographie im multimediale Umfeld, = Kartographische Schriften, Bd 2, Bonn 1997, S.17-25

CALVERT, C., MURRAY, K., SMITH, N.: New technology and its impact on the framework for the world, in: RHIND, D. (Ed.): Framework for the World, Cambridge 1997, S.133-159

- CAMMACK, R.: New Map Design Challenges: Interactive Map Products for the WWW, in: GARTNER, G., CARTWRIGHT, W. PETERSON, M.P.: (Eds.): Multimedia Cartography, Berlin 1999, S.155-171
- CARTWRIGHT, W. GARTNER, G., PETERSON, M.P.: (Eds.): Multimedia Cartography, Berlin 1999
- CARTWRIGHT, W., PETERSON, M.P.: Multimedia Cartography, in: GARTNER, G., CARTWRIGHT, W. PETERSON, M.P.: (Eds.): Multimedia Cartography, Berlin 1999, S.1-10
- CARTWRIGHT, W.E.: Multimedia and Mapping: Using Multimedia Design and Authoring Techniques to Assemble Interactive Map and Atlas Products. Proceedings 17th Int. Conference of the ICA, Barcelona, 1995, 1, S.1116-1127.
- CECCONI, A. , SHENTON, C., WEIBEL, R.: Tools for Cartographic Visualization of Statistical Data on the Internet, in: Proceedings 19th ICA/ACI International Cartographic Conference, Ottawa 1999, S.59-69
- CECCONI, A., GALANDA, M.: Mehrfachskalierte Datenbanken und kartographische Generalisierung als Elemente guter Internetkartographie, in: STROBL, J., BLASCHKE, T., GRIESEBNER, G.: Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XIII, Heidelberg 2001
- CHRIST, F.: Elektronische Karten und ihre Herstellung. In: LEIBBRAND, W. (Hrsg.): Kartenherstellung auf Mac, PC und Workstation, Bonn 1994, S. 218-224
- COBB, D.A., OLIVERO, A.: Users Create Maps Online with the Massachusetts Electronic Atlas, in: ArcUser, July-September 1998, S.37-38
- CONRAD, R., VISSER, U.: Konzeption und Technologien für das Internet-basierte Bremer Umweltinformationssystem, in: RIEKERT, W.F., TOCHTERMANN, K. (Hrsg.): Hypermedia im Umweltschutz: 1. Workshop, Ulm 1998, Marburg 1998, S.99-121
- CORNELL, B., ROBINSON, A.H.: Possibilities for computer animated films in Cartography, in: the Cartographic Journal, 3, 1966, S.79-82
- CRANG, M, CRANG, P., MAY, J. (Hrsg.): Virtual Geographie, London 1999
- CRAMPTON, J.W.: Online Mapping: Theoretical Context and Practical Applications, in: CARTWRIGHT, W. GARTNER, G., PETERSON, M.P.: Multimedia Cartography, Berlin-New York, 1999, S.291-304
- CRAMPTON, J.: The Convergence of Spatial Technologies, Cartographic Perspectives, no. 30, 1998, S. 3-6.
- CULPEPPER, B.R.: Weave Maps across the Web -1998 Edition, in: GeoWorld, Nov. 1998, S.46-52
- DATCU, M., SEIDEL, K.: Image information mining: Tools for interactive value adding on large remote sensing data sets, in: BUCHROITHNER, M. (Ed.): A Decade of Trans-European Remote Sensing Cooperation, = Proceedings of the 20th EARSeL Symposium Dresden, 14-16 June 2000, Lisse 2001, S.11-22

- DE LANGE, N.: Geoinformatik in Theorie und Praxis, Berlin, Heidelberg 2002
- DIBIASE, D., MACEACHREN, A., KRYGIER, J., REEVES, C.: Animation and the Role of Map Design in Scientific Visualization", in: Cartography and Geographic Information Systems, 19, no. 4, S.201-214, 265-266
- DICKMANN, F.: Interaktionserweiterung von Web-Karten mit Hilfe von Skriptsprachen - Das Beispiel JavaScript, in: Kartographische Nachrichten, H1, 2002a, S.19-26
- DICKMANN, F.: Zur Entwicklung und Nutzung kartengestützter Online-Systeme, in: Aspekte heutiger Kartengestaltung, Festschrift Werner Stams, Institut für Kartographie, Dresden 2002b, S.27-37
- DICKMANN, F.: Web-Mapping und Web-GIS, = Das Geographische Seminar, Braunschweig 2001a
- DICKMANN, F.: Vektorgrafik vor dem Durchbruch - XLM-basierte 2D-Vektorformate visualisieren Geodaten im WWW, in: Kartographische Nachrichten, H6, 2001b, S. 286-291
- DICKMANN, F., ZEHNER, K.: Computerkartographie und GIS, = Geographisches Seminar, Braunschweig 2001²
- DICKMANN, F.: Webmapping (Teil I): Kartenpräsentation im Word Wide Web, in: Geographische Rundschau, Jg.52, H.3, 2000a, s.42-47
- DICKMANN, F.: Webmapping (Teil II): Kartenentwurf mit dem Word Wide Web, in: Geographische Rundschau, Jg.52, H.5, 2000b, S. 51-56
- DICKMANN, F.: Geodaten im Netz – Die Bedeutung von Geodatenservern für Kartographie und Fernerkundung, in: Kartographische Nachrichten, H.4, 2000c, S.169-175
- DICKMANN, F.: Implications of technical restrictions for modern web mapping – problems and solutions, in: Diskussionsbeiträge zur Kartensemiotik und zur Theorie der Kartographie, hrsg. v. SCHLICHTMANN, H. und WOLODTSCHENKO, A., Internationales Korrespondenz-Seminar, H.3, Dresden 2000d, S. 13-22
- DICKMANN, F.: "Web mapping" und "Online-GIS" – die Entwicklung kartographischer und geographischer Informationssysteme im Internet, in: Petermanns Geographische Mitteilungen, 143, 1999a / 5+6, S.465-473
- DICKMANN, F.: Internet Map Server - Zur Funktionalität und Anwendung eines neuen kartographischen Mediums, in: Erdkunde, 53, 1999b, S.65-75
- DICKMANN, F.: Der Einsatz von Mapbrowsern bei der Online-Suche nach Satellitendaten, in: Kartographische Nachrichten, H.4, 1999c, S.158-160
- DICKMANN, F., ZEHNER, K.: Geographie und Internet. Chancen und Gefahren des Datenhighways für Geographen in Forschung und Praxis, in: Standort - Zeitschrift für Angewandte Geographie, 22, 1998a, S.22-29

DICKMANN, F.: Internet und Email, in: MEERSMANN, W. (Hrsg.): Die Fundgrube für den Erdkunde-Unterricht, Berlin 1998b, S.235-240

DICKMANN, F.: Das Internet als methodischer Bestandteil einer Unterrichtsreihe über die Rolle des Tourismus in der einheimischen Region, (unveröffentl. Zweite Staatsarbeit am Studienseminar Mönchengladbach, SII) Mönchengladbach 1997a

DICKMANN, F.: Kartographie im Internet, in: Kartographische Nachrichten, 47. Jg, H.3, 1997b, S.87-96

DIETZ, J.: "Digitale Kluft". Barrieren, Chancen und Risiken der Internet-Nutzung in den Entwicklungsländern, in: Geographische Rundschau, H.7-8, 2001, S.50-54.

DIEZ, H., GLEIXNER, H.: Erweiterter Rechtsschutz für Daten und Karten. Umsetzung der EU-Datenbankrichtlinie in deutsches Recht, in: Deutsche Gesellschaft f. Kartographie (Hrsg.): Neue Wege für die Kartographie, = Kartographische Schriften, Bd.4, Bonn 2000, S.58-63

DITZ, R., GARTNER, G.: About the applicability of interactivity for selected methods of thematic cartography, in: Proceedings of the 21th International Cartographic Conference, Beijing 2001, S. 1833-1842

DODT, J., RASE, W.-D. (Hrsg.): Visualisierung und Erschließung von Geodaten, = Kartographische Schriften, Bd.7, Bonn 2003

DODT, J., SCHULZ, S. (Hrsg.): Kartographie als Baustein moderner Kommunikation, Symposium 6.-8. Mai 2002 = Kartographische Schriften, Bd.6, Bonn 2002

DODT, J., HERZOG, W.: (Hrsg.): Kartographisches Taschenbuch 2001, Bonn 2001

DRANSCH, D.: Visualisierung und Animation, in: BUZIEK, G., DRANSCH, D., RASE, W.D. (Hrsg.): Dynamische Visualisierung, Berlin 2000, S.4-18

DRANSCH, D. Kartographische Animation. In: Deutsche Gesellschaft für Kartographie, DODT, J.(Hrsg.): Kartographische Schriften, Band I: Karten- und Geo-Informationssysteme, Bonn 1994, S. 39-44

DRANSCH, D.: Medienpsychologische Aspekte beim Einsatz von Multimedia in GIS. In: DODT, J. (Hrsg.): Kartographische Schriften, Band 2: GIS und Kartographie im multimedialen Umfeld, Bonn 1997, S. 26-30

DRANSCH, D.: Computer-Animation in der Kartographie. Theorie und Praxis. Berlin 1997

DRIEBEN, S.: Gewußt wo - Der Weg zu Geodaten über das Internet, in: GeoBIT 3/1999, S.27-29

EBNER, T.: Publizieren im Internet, Düsseldorf 1996

EGGERT, R.: Urheberrechtsschutz bei Landkarten, = Nomos Universitätsschriften – Recht, Bd. 328, Baden-Baden 1999

- ELZAKKER, C.P.J.M.: Use of maps on the Web, in: KRAAK, M.-J., BROWN, A.: Web Cartography – Developments and Prospects, New York 2001a, S.21-36
- ELZAKKER, C.P.J.M.: Users of maps on the Web, in: KRAAK, M.-J., BROWN, A.: Web Cartography – Developments and Prospects, New York 2001b, S.37-52
- ELZAKKER, C.P.J.M. v., KOUSSOULAKOU, A.: Kaarten en het gebruik ervan op het Internet, in: Kartographisch Tijdschrift, 22, 1997, H.4., S.5-12
- EMMER, N.: Web maps and road traffic, in: KRAAK, J.M., BROWN, A.: Web Cartography – Developments and Prospects, New York 2001, S.159-170
- ENDRES, J.: Surfer on the road. Die Zukunft des mobilen Internet hat längst begonnen, in: c't, 2001, H.4, S.116-121
- ESRI ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE (Hrsg.): The Future of GIS on the Internet. An ESRI White Paper, Redlands 1997
(http://www.esri.com/base/common/whitepapers/addl_lit.html)
- FAIRBAIRN, D., PARSLEY, S.: The use of VRML for cartographic presentation, in: Computers and Geosciences, 1997, 23 (4), S. 475-481
- FINSTERBUSCH, K.: Demonstrating the value of mini surveys in social research, in: Sociological Methods & Research, No.5, 1976, S.117-136
- FISCHER, P.: Hearing the reliability in classified remotely sensed images, in: Cartography and Geographical Information Systems, Vol. 21, No.1, S.31-36
- FITZKE, J., GREVE, K.: Umweltkarten im Internet: Das Potenzial von WebMap-Services, in: Kartographische Nachrichten, H.6, 2002, S.247-255
- FITZKE, J., RINNER, C., SCHMIDT, D.: GIS-Anwendungen im Internet, in: GIS, 6/1997, S.25-31, www.giub.uni-bonn.de/webgis/artikel.html
- FITZKE, J.: GIS im Internet [www.gis-tutor.de/internet/inetgis/] 1999
- FLAGSTAFF, S.: Animation on the web, Berkeley, CA, 1999
- FRECKMANN, P.: Online-Routing im Geomarketing, in: HERRMANN, C., ASCHE, H. (Hrsg.): Web.Mapping1: Raumbezogene Information und Kommunikation im Internet, Heidelberg 2001, S.138-151
- FREITAG, U., KUTSCHE, R.D., BUSSE, S.: Internet-Technologien als Basis für föderierte Online-Umweltdienstleistungen am Beispiel des LUIS Brandenburg, in: RIEKERT, W.F., TOCHTERMANN, K. (Hrsg.): Hypermedia im Umweltschutz: 1. Workshop, Ulm 1998, Marburg 1998, S.87-98
- FRIEBE, T.: GIS im Internet, Arbeitspapiere der GMD, 1108, Sankt Augustin 1997
- FRIEDRICH, J.: Nutzung und Vermarktung geodätischer Dienstleistungen über Computernetzwerke - Grundideen, Grundlagen und Verwirklichung, in: Zeitschrift für Vermessungswesen, 12, 1997, S.574-581

FUHRMANN, S., STREIT, U.: Aufbau eines multimedialen hydrologischen Visualisierungssystems für das Wesereinzugsgebiet, in: Deutsche Gesellschaft für Kartographie (Hrsg.): GIS und Kartographie im multimedialen Umfeld, - Grundlagen, Anwendungen und Entwicklungstrends, Bd.2, Bonn 1997, S.58-66

FUHRMANN, S., KRAAK, J.M.: Geovisualisierung - Einführung in das Thema, in: Kartographische Nachrichten, H.4, 2001, S.173-175

FUHRMANN, S., SCHMIDT, B., BERLIN, K., KUHN, W.: Anforderungen an 3D-Interaktionen in geo-virtuellen Visualisierungsumgebungen, in: Kartographische Nachrichten, H.4, 2001, S.191-195

GALLENBACHER, J.: Web komplett – Programmieren und Publizieren im Internet, Vatterstetten 1998

GARTNER, G.: Multimedia und Telekartographie, in: Deutsche Gesellschaft für Kartographie (Hrsg.): Kartographie als Baustein moderner Kommunikation, =Kartographische Schriften, Bd.6, Bonn 2002, S.22-26

GARTNER, G. Telekartographie, in: GIS, 2000, H.4, S.21-24

GARTNER, G.: Interaktive Karten im Internet, in: KRETCHMER, I., KRIZ, K.: 25 Jahre Studienzeitung Kartographie, =Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie, Bd.12, Wien 1999, S.105-109

GARTNER, G.: Kartographie und Internet, in: Kartographie im Umbruch – neue Herausforderungen, neue Technologien; Beiträge zum Kartographiekongress Interlaken 1996, S.239-246

GARTNER, G.: Internet für Kartographen. In: Kartographische Nachrichten 47, 1996, 185-190

GARTNER, G.: Internet-Kartographie: (R) Evolution oder Sackgasse?, in: Kartographische Nachrichten, 1999, 49, H.3, S.98-105

GARTNER, G.: Karten im Internet, in: Deutsche Gesellschaft für Kartographie (Hrsg.): Neue Wege für die Kartographie, = Kartographische Schriften, Bd.4, Bonn 2000, S.12-15

GARTNER, G.: Multimedia GIS and the Web, in: GARTNER, G., CARTWRIGHT, W. PETERSON, M.P.: (Ed.): Multimedia Cartography, Berlin 1999, S.305-314

GATALSKY, P., VOSS, H., ANDRIENKO, G., ANDRIENKO, N.: Visualisierung und interaktive Analyse von raumbezogenen Daten, in: Kartographische Nachrichten, H.4, 2001, S. 175-180.

GERSMEHL, P.J.: Choosing tools: nine metaphors of four-dimensional cartography, in: Cartographic Perspectives, 5/1990, S.3-17

GIFFORD, F.: Internet GIS Architecture, Client versus Server – Which Side is Right for you?, in: Mapping Awareness, August 1999, S.40-42

- GOßMANN, H. u.a.: Online-Lernmodule zur Physischen Geographie – Das Projekt WEBGEO, in: Geographische Rundschau, 55, 2003, H.2, S.56-61
- GREBE, U., SCHARLACH, H., MÜLLER, J.-C.: WebKartographie – Optimierung Thematischer Karten für das Internet, in: Kartographische Nachrichten, H.4, 2000, S.162-168
- GREEN, D.R.: Cartography and the Internet, in: Cartographic Journal (Edinburgh), 1997, Bd.34, H.1, S.23-27
- GREEN, D.R.: WebMap - A Guide to Mapping and the Internet, in: Cartographic Journal 1997, Bd.34, H.2, (Edinburgh), S.125
- GREENWOOD, C.: Internet Mapping made simple, in: Mapping Awareness, August 1999, S.31-34
- GROLIC, B., SCHENK, A., WALDIK, D.: Stand und Tendenzen zur Visualisierung von Geoinformationssystemen im WWW, in: HERRMANN, C., ASCHE, H. (Hrsg.): Web.Mapping1: Raumbezogene Information und Kommunikation im Internet, Heidelberg 2001, S. 46-67
- GRÜNREICH, D.: Welche Rolle spielt die Kartographie beim Aufbau und Einsatz von Geo-Informationssystemen?, in: Kartographische Nachrichten, 42. Jg., H.1, 1992, S.1-6
- HARDER, C.: Serving Maps on the Internet - Geographic information on the world wide web, Redlands CA, (USA) 1998
- HARDIE, A.: The development and Present State of Web-GIS, in: Cartography, Vol.27, No.2, December 1998, S.11-26
- HARROWER, R. u.a.: Cartography on the Internet, in: Cartographic Perspectives, 25, 1997, S.27-37
- HAUSER, J., BÄNZIGER, T.: Rein ins Internet – St.Gallen setzt auf ein "GIS für alle", in: GeoBIT, 6/2000, S.20-21
- HEARNSCHAW, H.M., UNWIN, D.J.: Visualization in Geographical Information Systems, Chichester 1994
- HERISZT, W.: Kartenkunde, Truppendienst Taschenbuch, Bd.9, Wien 2002
- HERMSDÖRFER, D.: Raumbezogene Services im Intranet/Internet. In: ESRI-ArcAktuell, Nr. 2 1998, S.15
- HERMSDÖRFER, D., KICK, U. u. RIEKERT, W.-F.: Open Geospatial Warehouse. Raumbezogenes Informationsmanagement in Köln, in: GeoBIT, H. 2, 1998, 26-27
- HERMSDÖRFER, D. u.a.: Open Geospatial Warehouse. Bereitstellung und Nutzung raumbezogener Informationsressourcen im Intranet der Stadt Köln, in: RIEKERT, W.F., TOCHTERMANN, K. (Hrsg.): Hypermedia im Umweltschutz: 1. Workshop, Ulm 1998, Marburg 1998, S.185-193

HERRMANN, C., ASCHE, H. (Hrsg.): Web.Mapping1: Raumbezogene Information und Kommunikation im Internet, Heidelberg 2001

HERZOG, W.: Kartennutzung als Teilgebiet der Kartographie: Ausbildungsthema im Diplomstudiengang Geographie-Kartographie, in: Kartographische Nachrichten, H.6, 1992, S.218-225

HILDEBRAND, J.: Internet: Ratgeber für Lehrer, Köln 1997

HÖFNER, M., SCHAAB, G.: Dynamische Visualisierung von Wetter und Klima, in: Kartographische Schriften, Bd. 7,,: Visualisierung und Erschließung von Geodaten, Beiträge des Seminars GEOVIS 2003, 27.-28. Februar, hrsg. v. der Deutschen Gesellschaft für Kartographie, (Schriftleitung: DODT, J., RASE, W.-D.), Bonn 2003, S.35-45

HOENIG, K.H., NIEDENZU, A.: Geographische Informationssysteme und Internet, in: Praxis Geographie, H.5, 2000, S.16-17

HOSBACH, W.: Web-Standards im Internet. Das Internet von morgen, in: PC Magazin, 8/2000, S.170-174

HUBER, M.: High Tech - Entwicklungstrends bei Geodaten-Servern, in: GeoBIT, 3/1998, S.18-20

HUSS, D.: Panorama, in: Corel Magazine, Sept. 1999, S.46-49

HUME, S.: Images, Multimedia and Animation on the Web, in: The Bulletin of the society of Cartographers, Vol. 31, No.2, 1997, S.25-27

HÜTTERMANN, A.: Kartenlesen - (k)eine Kunst - Einführung in die Didaktik der Schulkartographie, München 1998

HÜTTERMANN, A.: Karten- und Luftbildinterpretation, in: KÖCK, H. (Hrsg.) Handbuch des Geographie-Unterrichts, Bd. 1, Grundlagen des Geographieunterrichts, Köln 1986, S.55-58

INSTITUT FÜR GEODÄSIE UND GEOINFORMATIK (Hrsg.): Virtual GIS, Tagungsband zum Workshop vom 28. bis 29 September 1998 an der Universität Rostock, Interner Bericht, H. 8, Rostock 1998

INTERGRAPH Software Solutions (Hrsg.): Geographic Information Systems (GIS) based on Jupiter Technology, 1996, <http://www.intergraph.com/iss/ipc/library/TRENDSIN.HTM>

ISAKOWSKI und NEUMANN, A. (2002) (http://www.svgopen.org/papers/2002/isakowski_neumann_svg_for_interactive_topographic_maps/).

ISCOL, J.: Computer-assisted cartography at the National Geographic Society, in: Cartography and Geographic Information Systems, Vol.22, No.2, 1995, S.175-182, Bethesda, MD, (USA)

JAMSA, K.; LALANI, S.; WEAKLEY, S.: WEB Programmierung, Feldkirchen 1996

JEROSCH, R.: Geobasisdaten im Intranet – Pilotprojekt der Stadt Wuppertal, in: Der Vermessungs-ingenieur, 51. Jg., H.2, 2000, S.75-80

JIANG, B., ORMELING, F.J.: Cybermap: The Map for Cyberspace, in: Cartographic Journal 1997, Bd.34, H.2, S.111-116

JIANG, B.: Mapping Cyberspace: Visualising, Exploring and Analysing Virtual Worlds in: Proceedings 19th ICA/ACI International Cartographic Conference, Ottawa 1999, S.80-87

JOHNSON, D., GLUCK, M.: Geographic Information Retrieval and the World Wide Web: A Match Made in Electronic Space, in: Cartographic Perspective, Nr. 26, 1997, S.13-26

JÖRG, W.: GIS-Applikationen im Wandel der Zeit, in: Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie, Bd.12, Wien 1999, S.129-135

JUNG, W.: PDF und Corel - Die neuen Möglichkeiten, in: Corel Magazin, 9/1999, S.32-36

KALLIANY, R., NIEDERL, F.: DatenPool – ein internetbasiertes System für die Bereitstellung von Fernerkundungsdaten, in: VGI, 3/1998, S.132-137

KENDALL, G.: A Guide to Internet Mapping Products and Pricing, in: Mapping Awareness, August 1999, S.34-39

KENTIE, P.: Web Graphics. Tools und Techniken für die Webgestaltung, München 2000

KIENTZLE, T.: Internet-Dateiformate - Windows, DOS, UNIX & Mac, Bonn 1996

KLAU, P.: Das Internet – Der größte Informationshighway der Welt, München 1998

KLEIH, M.: Die Informationsdienste des CEO: EWSE und GELOS-G7. Zwei selbstpolierende, internetbasierte Systeme zur Förderung des Austausches auf den Gebieten der Fernerkundung und des Umweltschutzes, in: RIEKERT, W.F., TOCHTERMANN, K. (Hrsg.): Hypermedia im Umweltschutz: 1. Workshop in Ulm 1998, Marburg 1998

KLÖTI, T.: Die Kartensammlung Ryhiner und das Internet, in: Schweizer Gesellschaft für Kartographie (Hrsg.): Kartographie im Umbruch – neue Herausforderungen, neue Technologien. Beiträge zum Kartographiekongress Interlaken '96, Bern 1996, S.247-250

KNABL, E.: Vom Gravurring zur Maus – Kartentechnik im Umbruch: in: KRETSCHMER, I., KRIZ, K.: (Hrsg.): 25 Jahre Studienzweig Kartographie, Wien 1999 (= Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie, Bd.12), S.136-148

KOCH, M., SCHRÖDER, D.: Java-Technologien zur Erstellung eines Rahmwerkes für ein internetbasiertes Auskunftssystem, in: STROBL, J., BLASCHKE, T. GRIESEBNER, G. (Hrsg.): Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XII, Beiträge zum AGIT-Symposium Salzburg 2000, Heidelberg 2000, S.263-270

- KOCH, W.G.: Experimentelle Kartographie - nutzbare Ergebnisse und neue Fragestellungen, in: DODT, J. (Hrsg.): Kartographie und Geo-Informationssysteme - Grundlagen, Entwicklungsstand und Trends, Bd. 1, Bonn 1993, S.23-31
- KOLACNY, A.: Kartographische Informationen - ein Grundbegriff und Grundterminus der modernen Kartographie, in: FRENZEL, K. (Hrsg.): Internationales Jahrbuch für Kartographie, X, Gütersloh, 1970, S.186-193
- KOLBE, T. (2004): Interoperable 3D-Visualisierung („3D Web Map Server“), in: Der X-Faktor, = Kartographische Schriften, Bd.9, hrsg. von der DGfK, Kommission Praktische Kartographie (www.ikg.uni-bonn.de/sig3d/docs/Koenigslutter_2004_Kolbe.pdf)
- KOUSSOULAKOU, A.: Computer-assisted cartography for monitoring spatio-temporal aspects of urban air pollution, Delft 1990
- KOUSSOULAKOU, A., ELZAKKER, C.: Maps and their use on the Internet, in: Proceedings, 18th ICA/ACI International Cartographic Conference Stockholm, vol.2, Gävle 1997, S.620-662
- KÖBBEN, B.: Publishing maps on the Web, in: KRAAK, M.-J., BROWN, A.: Web Cartography – Developments and Prospects, New York 2001, S.73-86
- KÖCK, H. (Hrsg.): Grundlagen des Geographieunterrichts, = Handbuch des Geographieunterrichts, Bd.1, Köln 1986
- KRAAK, M.-J.: Computer-assisted Cartographical Three-Dimensional Imaging Techniques, Delft 1988
- KRAAK, M.-J., HOOTSMANS, R.: National Mapping Organisations and the World Wide Web, challenges and opportunities, in: Proceedings 19th ICA/ACI International Cartographic Conference, Ottawa 1999, S.70-79
- KRAAK, M.: Cartography and the use of animation, in: CARTWRIGHT, W., PETERSON, M., GARTNER, G.: Multimedia Cartography, Berlin 1999, S.173-180
- KRAAK, M.-J.: Webmapping – Webdesign, in: HERRMANN, C., ASCHE, H. (Hrsg.): Web.Mapping1: Raumbezogene Information und Kommunikation im Internet, Heidelberg 2001, S.33-45
- KRAAK, M.-J., BROWN, A.: Web Cartography – Developments and Prospects, New York 2001
- KRAAK, M.-J., KOUSSOULAKOU, A.: Spatio-temporal maps and cartographic communication, in: The Geographic Journal, Vol.29, 1992, S.101-108
- KREISEL, W.: Angewandte Geographie in der Tourismusforschung – Aufgaben und Chancen. In: GÜBEFELDT, J. und SPÖNEMANN, J. (Hrsg.): Geographie in der Grundlagenforschung und als Angewandte Wissenschaft – Göttinger Akzente. Göttinger Geographische Abhandlungen, Heft 100, 1997, S. 233 – 248.

- KRETSCHMER, I.: Kartographie 2000 – Auslaufmodell oder neue Vision, in: SCHARFE, W. (Hrsg.): Festcolloquium Ulrich Freitag, = Berliner Manuskripte zur Kartographie, Berlin 2000, S.10-14
- KRÜGER, J./ MÄRTIN, C.: Dehbare Formate. SVG und VML: XML-Alternativen für dynamische Webgrafiken, in: iX - Magazin für professionelle Informationstechnik, H. 11, 2000, S.148-155
- KRYGIER, J.: Cartographic Multimedia and Praxis in Human Geography and the Social Sciences, in: GARTNER, G., CARTWRIGHT, W. PETERSON, M.P.: (Eds.): Multimedia Cartography, Berlin 1999, S.245-255
- KRYGIER, J.: Sound and Geographic Visualization, in: MACEACHREN, A.M., TAYLOR, D.R.F.: Visualization in modern cartography, Oxford 1994, S.149-166
- KUUNDERS, R.E.: Netkartografie. Kan digitale kartografie de stap naar Internet wel maken?, in: Kartografisch Tijdschrift, 1998, xxiv, 3, S.13-17
- KÜBLER, M.: Webdesign, Heidelberg 1999
- KÜHNEL, C., MINTERT, S.: Dynamisches HTML - JavaScript revisited, in: iX - Magazin für professionelle Informationstechnik, 10/2000, S.34-40
- KURZWERNHART, M.: Neue GIS-Technologien - was bringen sie in der Praxis?, in: VGI, 1, 1999, S.13-21
- LADSTÄTTER, P., REHBINDER, O.: Die OGC Web Map Server Interface Spezifikation – Hintergrund und Implementation, in: STROBL, J., BLASCHKE, T. GRIESEBNER, G. (Hrsg.): Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XII, Beiträge zum AGIT-Symposium Salzburg 2000, Heidelberg 2000, S.281-286
- LAKE, R.: The Hitchhiker's Guide to the new Web Mapping, in: GeoEurope, Vol.10, 2, 2001, S.32-35
- LAMPRECHT, S.: Programmieren für das WWW mit JavaScript, VBScript, XML und SMIL, München 1999
- LEHTO, L., KÄHKÖNEN, J., KILPELÄINEN, T.: WWW-Technology As Means Of Transfer And Visualization Of Geographic Objects, in: Proceedings, 18th ICA/ACI International Cartographic Conference Stockholm, vol.2, Gävle, 1997, S. S.681-689
- LEMAY, M.: HTML in 14 Tagen, Haar (München) 1998
- LESER, H.: Die wichtigsten numerischen Methoden und Arbeitsweisen, in: KÖCK, H. (Hrsg.) Handbuch des Geographie-Unterrichts, Bd. 1, Grundlagen des Geographieunterrichts, Köln 1986, S.52-55
- Lexikon zur Kartographie und Geomatik, Bd.1, A bis Karti, hrsg. v. BOLLMANN, J. und KOCH., W.-G., Heidelberg 2001
- LEUCKERT, K., REINHARDT, W., SEEBERGER, S.: GIS-Internet Architekturen, in: Zeitschrift für das Vermessungswesen, ZfV, 1/2000, S.23-27

- LIMP, F.: Weave Maps Across The Web, in: GIS World, Sept. 1997, S.46-55
- LIN, H., ZHANG, L.: Internet-based investment environment information system, in: Intern. Journal Geograph. Information Science, 1998, vol 12, no. 7, S.715-725
- LINKE, W.: Orientierung mit Karte, Kompaß, GPS, Herford 1998
- LINDEMANN, C., IMMLER, C., HARMS, F: Internet Intern, Düsseldorf 1999
- LONGLEY, D., CLARKE, G.: GIS for Business and Service Planning, Glasgow 1995
- LUTTERBACH, D.: Auswirkungen der Bildschirm-Visualisierung auf die kartographische Darstellung der raumbezogenen Planung, = Schriftenreihe des Instituts für Kartographie und Topographie der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn, H.24, Bonn 1997
- MACÉACHREN, A.M., BREWER, I.: Kollaborative Geovisualisierung zur Wissensgenerierung und Entscheidungsunterstützung, in Kartographische Nachrichten, H.4, 2001, S.185-191
- MACÉACHREN, A.M., KRAAK, M.J.: Research challenges in geovisualization, Cartography and Geographic Information Science, 28 (1), 2001.S.3-12
- MACÉACHREN, A. M.: How Maps Work – Representation, Visualization and Design, New York 1995
- MACÉACHREN, A.M., TAYLOR, D.R.F.: Visualization in modern cartography, Oxford 1994
- MacEachren, A.M.: Visualization in Modern Cartography: Setting the Agenda, in: MACÉACHREN, A.M., TAYLOR, D.R.F.: Visualization in modern cartography, Oxford 1994, S.1-12
- MAGUIRE, D.J., DANGERMOND, J.: The functionality of GIS, in: MAGUIRE, D.J., GOODCHILD, M.F., D.W. RHIND, D.W. (Hrsg.): Geographical Information Systems. Principles and Applications, vol. 1: Principles, New York 1993, S. 319-335.
- MALIC, B.: Physiologische und technische Aspekte kartographischer Bildschirmvisualisierung, H.25 der Schriftenreihe des Instituts für Kartographie und Topographie der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn 1998
- MASCHKE, T.: Das Buch zur Digitalfotografie, Kilchberg 1999
- MATHEWS, J.: Probleme bei der Recherche von Umwelt- und Geodaten im Internet – Lösungsansätze aus Sicht des Umweltbundesamtes, in: GIS, 1, 2000, S.11-12
- MATUSCHAK, B. J.: Commentary: GIS is Being Redefined by Current Computing Trends, in: The Electronic Atlas Newsletter, Vol. 7, 1996, Nr. 9; <http://www.electronic-atlas.com/ean79a.html>
- MCCRANAGHAN, M.: The Web, Cartography and Trust, in: Cartographic Perspectives, No. 32, Winter 1999, S.3-5

MAUS, O., HERTER, M.: Geocodierung und Geocodierung online, in: ArcAktuell, 1/2001, S.28-29

METZNER, M.: Konzeption eines virtuellen Rathauses am Beispiel der Gemeinde Büttelhorn, in: Allgemeine Vermessungsnachrichten (AVN), 2, 2001, S.174-180

MEYNEN, E.: Einheit von Form und Inhalt der thematischen Karte, in: Deutscher Geographentag 1957 Würzburg, Tagungsband und Wissenschaftliche Abhandlungen, Wiesbaden 1958, S.260-265.

MICHLER, G.: Internet - Arbeitsmittel und Forschungsobjekt der Geographie. In: Mitteilungen der Geographischen Gesellschaft in München, 1996, 81, S.155-205

MINISTERPRÄSIDENT NRW (Hrsg.): Aktivierung des Geodatenmarktes in Nordrhein-Westfalen – Marktstudie, = Media NRW, Bd. 24, Düsseldorf 2001

MINTERT, S., KÜHNEL, C.: Javascript work shop, München 2000

MINTERT, S.: Einführung in die Extensible Markup Language (XML), [München 2000] <http://computerphilologie.uni-muenchen.de/jahrbuch/jb1/mintert.html>

MOCKER, H. u. MOCKER, U.: Intranet - Internet im betrieblichen Einsatz., Grundlagen - Umsetzung - Praxisbeispiele. Stuttgart 1997

MOELLERING, H.: The automated mapping of traffic crashes, in: Survey and Mapping, 33, 1973, S.467-477

MOELLERING, H.: Strategies of real-time Cartography, in: The Cartographic Journal, vol. 17, 1980a, no.1, S. 12-15

MOELLERING, H.:The real time animation of three-dimensional maps, in: The American Cartographer, vol.7, no. 1, 1980b, S.67-75

MOUNSEY, H.: Mapping population change through time by computer and cine-film, in: Computers in Cartography, British Cartographic Society special publication, no.2, 1982, S.127-132

MOORE, K: VRML and Java for interactive 3D Cartography, in: CARTWRIGHT, W., PETERSON, M., GARTNER, G.: Multimedia Cartography, Berlin 1999, S.205-215

MORRISON, J.L.: Topographic mapping in the twenty-first century, in: D. RHIND (Ed.), Framework for the world, Geoinformation International, Cambridge 1997, S.14-27

MUNDLE, H., HURNI, L.: Methana 3D – Kartographische Online-3D-Plattform mit Datenbankbindung der Halbinsel Methana (GR), in: HERRMANN, C., ASCHE, H. (Hrsg.): Web.Mapping1: Raumbezogene Information und Kommunikation im Internet, Heidelberg 2001, S.68-79

MUEHRICKE, P. u. J.: Map Use – reading, analysis, interpretation, Madison, WI, 1998

MÜNZ, S., NEFZGER, W.: HTML 4.0 Handbuch, Feldkirchen 2000 (www.teamone.de/selfhtml/selfhtml.htm)

- NEUMANN, A.: Neue Entwicklungen in der Web-Kartographie, in: Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik, 10, 2000, S.621-624
- NOLDEN, M.: Das FrontPage 97 Buch. Düsseldorf 1997
- NOLDEN, M.: Das Internet Buch. Düsseldorf 1996
- NYSTROM, D.A., GRANT, R., MOORE, R.: Maps-on-Demand, in: Proceedings, ICA Cartogr. Conference Stockholm 1997, Gävle 1997, S.943-950
- OKON, G., WEINREICH, R.: GIS im Intranet bei der Münchener Polizei, in: ArcAktuell Extra, 1/2000, S.10-11
- OLSON, J.M.: Video disks and map design. Technical papers of the 12th Conference of the I.C.A., Perth, Australia, vol.1, 1984, S.509-518
- OLSON, J.M.: A Coordinated Approach to Map Communication Improvement,” in: The American Cartographer, 3(2), 1976, S.151-159.
- OPENSHAW, S, WAUGH, D., CROSS, A.: Some ideas about the use of map animation as a spatial analysis tool., in: HEARNshaw, H., UNWIN, D.: Visualization in Geographical Information System, Chichester 1994, S.131-138
- ORMELING, F.: Ariadne’s Thread - Structure in Multimedia Atlases. Proceedings 16th Int. Conference of the ICA 1993, Köln, 2, 1993, 1093-1100
- ORMELING, F.: Kartographie im Wandel - Zur Eröffnung des Niederländisch-Deutschen Kartographiekongresses 1999, In: Kartographische Nachrichten, H.1, 2000, S.7-10
- ORMELING, F.: Das Bändigen von Multimedia-Konzepten für den Online-Atlas der Niederlande, in: HERRMANN, C., ASCHE, H. (Hrsg.): Web.Mapping1: Raumbezogene Information und Kommunikation im Internet, Heidelberg 2001, S.178-189
- ORMELING, F.: WWW Cartography Courses, in: Proceedings, 18th ICA/ACI International Cartographic Conference Stockholm, vol.2, Gävle 1997, S.140-144
- OSTER, M.: Wie lässt sich die Widergabe der dritten Dimension in den topographischen Landeskartenwerken fortschreiben?, in: Kartographische Nachrichten, H.5, 2001, S.244-248
- PADOVA, T.: Die Acrobat Bibel, Bonn 1999
- PENG, Z.-R.: An Assessment of the Development of Internet GIS, in: 1997 ESRI User Conference (Proceedings), Redlands 1997 <http://www.esri.com/base/common/user-conf/proc97/PROC97/TO550/PAP526/P526.HTM>
- PETERSON, M: Cartography and the Internet: Introduction and Research Agenda, in: Cartographic Perspectives, Nr.26, Winter 1997, S.3-12
- PETERSON, M.: Interactive and Animated Cartography, Engelwood Cliffs 1995
- PETERSON, M.: Trends in Internet Map Use – A Second Look, in: Proceedings 19th ICA/ACI International Cartographic Conference, Ottawa 1999, S.25-34

PETERSON, M.: Trends in Internet Map Use, in: Proceedings, 18th ICA/ACI International Cartographic Conference Stockholm, vol.2, Gävle 1997, S.1635-1642

PETERSON, M.: Cartography and the Internet: Introduction and Research Agenda, in: Cartographic Perspectives, No. 26, 1997, S.3-12

PEYKE, G.: Objektorientierte Geographische Informationssysteme, GIS, Internet und Geographie in ihrer Wechselbeziehung, in: Anmerkungen zur Variasitzung 11 des 50. Deutschen Geographentages in Potsdam, Karlsruhe 1995, <http://www.bio-geo.uni-karlsruhe.de/Buch/Aufsatz/GP/kgr-gp0.htm>

PFITZER, G.: Forecast graphics, in: Computer Graphics World, January 1990, S.80-84

PLEWE, B.: GIS online: information retrieval, mapping and the Internet, Santa Fe 1997

PLEWE, B.: So you want to build an online GIS?, in: GIS World - Geographic Information Systems, Bd.19, H.11, 1997, S.58-61

PRASTACOS, P.: Putting GIS on the Web. Internet solutions of GIS-providers in comparison, in: GIS 1/2000, S.13-16

RASE, W.-D.: Von 2D nach 3D – perspektivische Zeichnungen, Stereogramme, reale Modelle, in: DODT, J., RASE, W.-D. (Hrsg.): Visualisierung und Erschließung von Geodaten, = Kartographische Schriften, Bd.7, Bonn 2003, S.13-24

RAU, A., RENNER, F.: Strom der Zeit – Video- und Audioübertragung im Internet, in: iX - Magazin für professionelle Informationstechnik, 10/1999, S.70-74

REINHARDT, W. (Hrsg.): Kompaktstudium - Seminar "GIS im Internet/Intranet" vom 18. bis 20. Mai 1998 an der Universität der Bundeswehr München, München 1998

REIßFELDER, M., GEIGER, W., WEIDEMANN, R.: Dynamische Seiten für ein Altlastenfachinformationssystem auf CD-ROM auf Basis der WWW-Technologie, in: RIEKERT, W.F., TOCHTERMANN, K. (Hrsg.): Hypermedia im Umweltschutz: 1. Workshop Ulm 1998 , Marburg 1998, S.181-184

RHIND, D. (Ed.): Framework for the world. Geoinformation International, Cambridge 1997

RICHARD, D., OBERHOLZER, C.: Development of an Internet-Atlas of Switzerland. Proceedings 18th Int. Conference of the ICA, Stockholm, Gävle 1997, S.989-995

RICHARD, D.: Web Atlases – Internet Atlas of Switzerland, in: CARTWRIGHT, W., PETERSON, M., GARTNER, G.: Multimedia Cartography, Berlin 1999, S.113-118

RICHARD, D.: Web maps – Karten im Internet, in: Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik, 8, 1998, S.404-408

RIEDL, A.: Virtuelle Globen in der Geovisualisierung, = Wiener Schriften zur Geographie und Kartographie, Bd.13, Wien 2000

RIEKERT, W.F., TOCHTERMANN, K. (Hrsg.): Hypermedia im Umweltschutz: 1. Workshop, Ulm 1998 , Marburg 1998

- RITTER, M.: Earth Online – an internet guide for earth science, Belmont, CA, 1997
- ROSDALE, R. M. (Hrsg.): Erfolgreiches Webdesign, München 1999
- SAWYER, B., PRONK, R.: Digitale Kameras, Bonn 1998
- SCHALLER, J.: EnviroCity – InfoCity. Pilotprojekte für Internet- und GIS-basierte Stad-
tinformationssysteme für öffentlichen Zugriff, in: ArcAktuell, Nr.2, Juni 1998, (Extra),
S.6-7
- SHIFFER, M.J.: Interactive Multimedia Planning Support: Moving from Stand-Alone
Systems to the World Wide Web, Environment and Planning: Planning and Design,
22, 1995, 649-664.
- SCHILCHER, M. (1997): Kartographie und Geoinformationssysteme auf dem Weg in die
Informationsgesellschaft, in: Kartographische Nachrichten 47, 127-137
- SCHINDEWOLF, B.: Geodatenvertrieb via Internet/Intranet, in: AVN, 7, 2001, S.260-264
- SCHLIMM, R.: Aufbau eines Kartographischen Informationssystems im World Wide
Web. In: Kartographische Nachrichten 48, 1998, S. 1-8
- SCHLIMM, R.: Animationen für das Internet/World Wide Web, in: BUZIEK et. al. (Hrsg.):
Dynamische Visualisierung, Berlin 2000, S.119-128
- SCHMIDT, D., RINNER, C.: Intelligent, interaktiv, internetfähig – die neue Karten-
Generation, in: HERRMANN, C., ASCHE, H. (Hrsg.): Web.Mapping1: Raumbezogene In-
formation und Kommunikation im Internet, Heidelberg 2001, S.90-99
- SCHRÖDER, K.: Thematische Karten im Internet – Neue Möglichkeiten der Karten- und
Legendengestaltung, = Berliner Manuskripte zur Kartographie, Berlin 1998
- SCHUMANN, H., MÜLLER, W.: Visualisierung – Grundlagen und allgemeine Methoden,
Berlin. 2000
- SCHURR, U.: Handbuch digitale Bildverarbeitung. Vom Scannen bis zum Colormanage-
ment, Heidelberg 2000
- SCHWARZ, W.: Browser-unabhängiges DHTML, in: iX – Magazin für professionelle In-
formationstechnik, 10/2000, S.41-48
- SEEBERGER, S.: Moderne Architekturen - Anbindung von GIS an das WWW, in: Geo-
BIT, 5/1998, S:18-21
- SENA, M.L.: Maps that move, in: Computer Graphics World, Sept., 1989, S.101-106
- SENA, M.L.: Computer-aided dispatching, in: Computer Graphics World, May 1990,
S.35-42
- SEUFERT, T.: Supporting coherence formation in learning from multiple representa-
tions, in: Learning and Instruction, 13, 2003, S.227-237
- SEUß, R.: Geoinformation und Internet – Wertschöpfung im kommunalen Einsatz, in:
GeoBIT, 8/1998, S.44-46

SHLOMI, D.P.: Virtual Cartography – Teaching And Training. In What World Are We Teaching ? (WWW), in: Proceedings, 18th ICA/ACI International Cartographic Conference Stockholm, vol.2, Gävle 1997, S.145-158

SIEBER, R., BÄR, H. R.: Das Projekt Interaktiver Multimedia Atlas der Schweiz. In: Kartographie im Umbruch - neue Herausforderungen, neue Technologien; Beiträge zum Kartographiekongress Interlaken 1996, Interlaken 1996

SIEGERT, F.: PDF in der Kartographie, in: DODT, J. (Hrsg.): Neue Wege für die Kartographie, = Kartographische Schriften, Bd.4, Bonn 2000, S.95-102

SIEKIERSKA, E. u.a.: Internet Based Cartographic Visualization For A Northern Region of Canada, in: Proceedings, vol.2, INTERCARTO-6, Conference- GIS For Sustainable Development Of Territories, Apatity (Russia) 2000, S. S.5-15

SOLLBERGER, A.: Vom Kartographieverlag zum Medienunternehmen am Beispiel der Kartographischen Online Plattform (KOP), in: HERRMANN, C., ASCHE, H. (Hrsg.): Web.Mapping1: Raumbezogene Information und Kommunikation im Internet, Heidelberg 2001, S.169-177

SPIESS, E.: Some Problems with the Use of Electronic Atlases. 9. Konferenz der LIBER-Gruppe der Kartenbibliothekare, Zürich 1994

SPIESS, E.: Attraktive Karten – ein Plädoyer für gute Kartengrafik, in: Schweizerische Gesellschaft für Kartographie (Hrsg.): Kartographie im Umbruch - neue Herausforderungen, neue Technologien, Bern 1996, S.56-69

STAHL, R.: Internet Revolution - Der GIS-Sektor im Umbruch. In: GeoBIT, H. 2, 1998, 36-40.

STAHL, R.: GIS und Internet. Eine revolutionäre Entwicklung, in: ArcAktuell, Nr.2, Juni 1998, (Extra), S.1-2

STAHL, R.: GIS in Internet und Intranet. Technologie, Einsatzmöglichkeit und Perspektiven, in: geoinformatik_online 2/97, http://gio.uni-muenster.de/beitraege/ausg_3/stahl/

STAHL, R.: GIS und Internet Tutorium. Abschnitt GIS – Online, 1997 <http://www.bonn.netsurf.de/~Roland.Stahl/tutorial/inetgis/online.htm>

STAHL, R.: Aufbau einer digitalen, vernetzten Informationsstruktur über Geoinformationssysteme im Internet, in: BUZIEK, G. (Hrsg.): GIS in Forschung und Praxis, Stuttgart 1995, S.76-90

STERNE, J.: World Wide web Marketing. Integrating the Internet into Your Marketing Strategy, New York 1996

STÄHLER, P.: Potentiale des vernetzten Medienmanagements, in: HERRMANN, C., ASCHE, H. (Hrsg.): Web.Mapping1: Raumbezogene Information und Kommunikation im Internet, Heidelberg 2001, S.155-166

STRAND, E.J.: GIS Adapts Reality to Cyberspace, in: GIS World, 3/1997, S. 30-32

STRAND, E.J.: Vector Maps Weave Their Way Across the Web, in: GIS World, 12/1996, S.32-33

STROBL, J.: Geo-Databases on the Web; 1997 <http://www.sbg.ac.at/geo/giv/geod-bwww.htm>

STROBL, J.: Geo-Datenbasen und Karten im WWW, 1997 (Folien zum Vortrag auf der AGIT'97 in Salzburg, 2.-4.7.1997). <http://www.sbg.ac.at/geo/agit/agit97/p/str/sld001.htm>

STROBL, J.: Heiße Quellen - GIS-Informationen im Internet, in: GeoBIT, 3/ 1998, S.22-24

STROBL, J.: Online-GIS – das WWW als GIS-Plattform, in: HERRMANN, C., ASCHE, H. (Hrsg.): Web.Mapping1: Raumbezogene Information und Kommunikation im Internet, Heidelberg 2001
S. 18-29

STYNES, K. u.a.: Publishing Cartography on the Web, [Leicester 1999]
<http://www.Geog.le.ac.uk/argus/ICA/K.Stynes/>

SWANSON, J.: The cartographic possibilities of VRML, in: CARTWRIGHT, W., PETERSON, M., GARTNER, G.: Multimedia Cartography, Berlin 1999, S.181-194

SWANSON, J.: Mouseover Mapping, in: Cartographic Perspectives, No. 26, 1997, S.46-47

TAINZ, P.: Spatial Information Systems and the Perception of Map Series on Screens, in: MESENBERG, P. (Hrsg): Proceedings of the 16th International Cartographic Conference, Köln 3.- 9. Mai 1993, 2, Bielefeld 1993, S.787-796

TAINZ, P.: Kommunikationsansätze zur Präsentation kartographischer Bildschirminformation, = Beiträge zur kartographischen Informationsverarbeitung, Bd. 11, Trier 1997

TAINZ, P.: Communication-oriented approach to the presentation of cartographic screen information in geographical information systems, in: Proceedings 18th ICA/ACI International Cartographic Conference ICC 97, vol. 3, Stockholm, S.1462-1470

TAINZ, P., WEBER, W.: Kartographische Test-Software zur empirischen Untersuchung von Arbeitsprozessen mit Bildschirmkarten, in: Kartographische Nachrichten, 44. Jg., H.3, 1996, S.98-102

TAYLOR, D.R.: Maps and Mapping in the Information Area, in: Proceedings 18th , ICA/ACI International Cartographic Conference Stockholm, Gävle 1997, S.1-10

THOEN, B.: Interactive Mapping and GIS Thrive on the Web, in: GIS World, Oktober 1995, S. 58-59

THROWER, N.J.W.: Animated cartography in the United States, in: Internationales Jahrbuch für Kartographie, 1, 1961, S.20-29

- TOBLER, W.: A computer movie simulating urban growth in the Detroit region, in: Economic Geography, Jg. 46, S.234-240
- TOLKSDORF, R.: Die Sprachen des Web: HTML&XHTML. Informationen aufbereiten und präsentieren im Internet, Heidelberg 2000
- TOON, M. The world by your window, in: GIS Europe, H. 11, 1997, S.38-41
- TRIGLAV, J.: MrSID - A Master of Raster Image Compression, in: Geoinformatics, Jul-Aug 1999 o.S. <http://www.lizardtech.com/company/news/>
- TSCHEUSCHNER, E.: ESRI Internet Map Server Produkte – Die technischen Hintergründe, in: ArcAktuell, Nr.2, Juni 1998, (Extra), S. 9-11
- TUCKEY, J.W.: Exploratory data analysis, Reading, MA, 1977
- ULBERT, H.-J.: Die Freizeitkarte als erholungsorientiertes Kommunikations- und Informationsmittel dargestellt am Beispiel der Biggetalsperre, = Materialien zur Fremdenverkehrsgeographie, H.13, 1985
- UNWIN, D., FISHER, P.: Virtual Reality in Geography, London 2002
- VAN DEN WORM, J.: Web map design in practice, in: KRAAK, M.-J., BROWN, A.: Web Cartography – Developments and Prospects, New York 2001, S.87-107
- WAGSTAFF, S.: Animation on the Web, Berkeley, CA 1999
- WARF, B., GRIMES, J.: Counterhegemonic Discourses and the Internet, in: The Geographical Review, 87, 1997, S. 259-274
- WEBER, W.: GeoNetz – Ein Werkzeug zur Verarbeitung von geo- und umweltwissenschaftlichen Daten in vernetzten Systemen, in: BOLLMANN, J. et.al. (Hrsg.): Beiträge zur kartographischen Informationsverarbeitung, Sonderband "Umweltinformation und Karte" zum 43. Deutschen Kartographentag Trier 1994, Trier 1994, S.258-270
- WENNINGER, H., BECKERT, A., WAGNER, A.: Geodaten im Internet. Aufbau eines flächendeckenden Geoinformationssystem für bayerische Katasterdaten, in: Allgemeine Vermessungsnachrichten, 101, 6/1998, S.193-199
- WENNINGER, H., WAGNER, A.: Terra Bavaria – Katasterdaten im Internet, in: GeoBIT, 2/1998, S.20-24
- WERNER, C.-D.: Geography Network: Mehr als eine Daten-Portal im Internet, in ArcAktuell, Nr.4, Dezember 2000, S.1-2
- WERNER, M.: Geographie und GIS im Internet: Neue Kommunikationswege und die Nutzenanwendung für Geographie und GIS, in: Karlsruher Geoinformatik Report, H.18, 1996, S.21-25 <http://www.bio-geo.uni-karlsruhe.de/Buch/Aufsatz/MW/kgr-mw9.htm>
- WIESEL, J.: Umweltinformationensysteme im WWW, in: Deutsche Gesellschaft für Kartographie (Hrsg.): GIS und Kartographie im multimedialen Umfeld, - Grundlagen, Anwendungen und Entwicklungstrends, Bd.2, Bonn 1997, S.121-138

- WILFERT, I.: Rasterdatenformate und ihr Einsatz bei kartographischen Aufgabenstellungen, in: Deutsche Gesellschaft f. Kartographie (Hrsg.): Neue Wege für die Kartographie, = Kartographische Schriften, Bd.4, Bonn 2000, S.65-77
- WILFERT, I.: Internet und Kartographie, in: BUCHROITHNER, M, KOCH, W.G., WILFERT, I.: 40 Jahre Kartographieausbildung an der Technischen Universität Dresden 1957-1997, Kartographische Bausteine 14, Dresden 1998, S.51-61
- WIRTH, E.: Theoretische Geographie, Stuttgart 1981
- WITSCHAS, S.: Geländeinformationen für eine Europakarte – Rasterdaten aus dem Internet und wie weiter?, in: Kartographische Nachrichten, 6/2000, S.281-285
- WRIGHT, B.: The National Atlas of the United States of America, in: Proceedings of the Seminar on Electronic Atlases and National Atlas Information Systems in the information Age, held at the University of Iceland (Reykjavik) 1998, edited by GYLFASSON, A. et. al. (ICA Commission on National and Regional Atlases), LS. 1998, 35-40
- YUFEN, C.: Visual Cognition Experiments on Electronic Maps: in: Proceedings, 18th ICA/ACI International Cartographic Conference Stockholm, vol.2, 1997, S.200-206
- ZAUNSEDER, S.: Extensible Markup Language (XML), OpenGIS Simple Features und Java für Internet-Mapping und –GIS, in: STROBL, J., BLASCHKE, T. GRIESEBNER, G. (Hrsg.): Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XII, Beiträge zum AGIT-Symposium Salzburg 2000, Heidelberg 2000, S.529-536
- ZEDI, R.: Interaktive und animierte 3D-Szenen in VRML, in: BUZIEK et. al. (Hrsg.): Dynamische Visualisierung, Berlin 2000, S.83-96
- ZENTAI, L.: Desktop Mapping and GIS in the Web Era, in: Proceedings, 18th ICA/ACI International Cartographic Conference Stockholm, vol.2, Gävle 1997, S.65-68

Anhang

Bedienung des Rechners erfolgt durch Befrager/in. Antworten mit Zeitmessung

Zeit in Sek.

(kursiver Text = Bedienungshinweis für Befrager/in) Version: ¹ analog ² digital

I. Fragenbereich: Relief und Landnutzung (am Beispiel der Halbinsel Methana, Griechenland)

Zuvor: Aufruf der Website und Erläuterung der Funktionen der Webseite (VRML-Plug-In), insbesondere Übersichtskarte mit Blickrichtungspfeil u. sonstige Fenster

Karte "Methana":

1a. Wie kann die abgebildete Landschaft charakterisiert werden?:

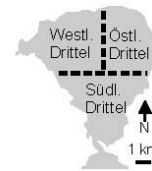
Bedienungshinweis: zunächst die View-Option "On the top of Methana" aufrufen, von dort aus rückwärts nach N mit "study" (faster) und "plan" navigieren (ca. 2100m H) und anschließend mit "study" (Inselmitelpunkt) drehen. Mit Zeitmessung ab Rückwärts-Navigation beginnen (=Beginn der intensiveren Betrachtung)

- ¹ flach; ² hügelig ³ gebirgig ⁴ weiß nicht

1b ----

2a. Wo befinden sich die höchsten Gebiete auf der Halbinsel? Bedienungshinweis: s.o. (ggfs. erneut anfahren mit "restore" etc.)

- ¹ im westlichen Drittel ² im südlichen Drittel ³ im östlichen Drittel
⁴ weiß nicht



2b ----

3a. Gibt es Gebiete auf der Halbinsel, die besonders steil und zerklüftet erscheinen?

- ¹ im westlichen Drittel ² im südlichen Drittel ³ im östlichen Drittel
⁴ es gibt keine ⁵ weiß nicht Bedienungshinweis: s.o.

3b ----

4a. Wo befinden sich ausgesprochen flache Regionen auf der Halbinsel? Bedienungshinweis: s.o.

- ¹ im westlichen Drittel ² im südlichen Drittel ³ im östlichen Drittel ⁴ weiß nicht

4b ---

5a. Ist die Hauptsiedlung "Methana" vom höchsten Punkt der Halbinsel aus zu sehen?

- ¹ ja ² nein ³ weiß nicht

5b ----

Bedienungshinweis: direkt die vorgegebene View-Option "Top of Methana" aufrufen, dann mit Navigationshilfe "fly" und "plan" horizontal schwenken. Zeitmessung ab Aufruf von "Top of Methana".

6a. Welche Landnutzungskategorie überwiegt auf der Halbinsel (geschätzt)?

- ¹ Wald ² Buschwerk ³ Landwirtschaft ⁴ Siedlungen ⁵ Ödland ⁶ weiß nicht

6b ----

Bedienungshinweis: Legende auf "Vegetation" umstellen; die statische Sicht von "Fly to Methana" vorstellen, anschließend die vorgegebene View-Option "On the top of Methana" aufrufen, von dort rückwärts nach N mit "study" und "plan" navigieren und mit "study" drehen. Zeitmessung ab Umstellung auf "Vegetation".

7a. Wo befinden sich die größten vegetationslosen Areale (Geröllflächen) auf der Halbinsel?

(nur 1 Antwort möglich) Bedienungshinweis: die vorgegebene View-Option "On the top of Methana" aufrufen, von dort rückwärts nach N mit "study" und "plan" navigieren und mit "study" drehen. Mit Zeitmessung ab Rückwärts-Navigation beginnen.

- ¹ im westlichen Drittel ² im südlichen Drittel ³ im östlichen Drittel ⁴ weiß nicht

7b ----

8a. Wo befinden sich größere Waldflächen auf der Halbinsel? Bedienungshinweis: s.o.

- ¹ im westlichen Drittel ² im südlichen Drittel ³ im östlichen Drittel ⁴ weiß nicht

8b ----

9a. Wovon scheint die Verbreitung von Wald auf der Halbinsel abzuhängen? (nur 1 Antwort möglich)

Bedienungshinweis: s.o.

- ¹ von der Höhe ² von der Exposition ³ von der Hangneigung ⁴ weiß nicht

9b ----

II. Fragenbereich: bildungsorientierte Infomierung (am Beispiel der Aralsee-Problematik)

(zuvor die Media-Datei aufrufen; bei mehrfachem Ablauf Anzahl notieren)

wichtig: bei digitaler Version zunächst Fragen einmal vorlesen und Probanden/in bitten, erst nach Ablauf des Films zu antworten!

10. An welche Staaten grenzt der Aralsee? r.b. f.b. weiß nicht
11. Wie heißen die Zuflüsse zum Aralsee? r.b. f.b. weiß nicht
12. Um welche Größenordnung ist die Fläche des Aralsees zwischen 1960 und 1992 zurückgegangen? um 30 % , um 40% , um 50% um 60%
13. Was sind die Ursachen für die Absenkung des Seespiegels? r.b. f.b. weiß nicht

III. Fragenbereich: Multimedia in der Raumdaten-Vermittlung (Ton) am Beispiel einer prozessualen Darstellung zum Hochwasser (Leinetal-Überflutung)

Zuvor Media-Datei aufrufen (Windows-Mediaplayer), Inhalt erklären und abspielen lassen (ggfs. mehrfach s.o.)

wichtig: erst einmal die Fragen vorlesen und Probanden/in bitten, erst nach Ablauf des Films zu antworten; dann erst Animation starten(=Beginn der Zeitmessung)!

Proband a: mit Ton-Unterlegung

14. Welcher Bereich des im Kartenausschnitt dargestellten Leinetals blieb am längsten vom Hochwasser betroffen?
 oberer Kartenrand rechter Kartenrand Kartenmitte
15. Wie lange dauerte die Überflutung eines Ortes im Leinetal an, der 63m über NN liegt? _____

FBIIIa Gesamtzeit: -----

Proband b: ohne Ton-Unterlegung:

16. Welcher Bereich des im Kartenausschnitt dargestellten Leinetals blieb am längsten vom Hochwasser betroffen?
 oberer Kartenrand rechter Kartenrand Kartenmitte
17. Wie lange dauerte die Überflutung eines Ortes im Leinetal an, der 63m über NN liegt? _____

FBIIIb Gesamtzeit: -----

Fragen zur Person

18. Frau Mann
19. Internet-Erfahrung auf einer Skala von 1-5: _____
20. Eigener Zugang zu Internet vorhanden nicht vorhanden