

Gerd Buziek · Doris Dransch  
Wolf-Dieter Rase  
Herausgeber

# Dynamische Visualisierung

Grundlagen und Anwendungsbeispiele  
für kartographische Animationen



**Springer**

*Berlin*

*Heidelberg*

*New York*

*Barcelona*

*Hongkong*

*London*

*Mailand*

*Paris*

*Singapur*

*Tokio*

Gerd Buziek Doris Dransch  
Wolf-Dieter Rase (Hrsg.)

# Dynamische Visualisierung

Grundlagen und Anwendungsbeispiele für  
kartographische Animationen

Mit 40 Abbildungen



Springer

HERAUSGEBER:

Dr.-Ing. Gerd Buziek

SICAD Geomatics

Otto-Hahn-Ring 6

81739 München

E-mail: *buziek@t-online.de*

Dr. rer. nat. Doris Dransch

Steinadlerpfad 15

13505 Berlin

E-mail: *carcom.gis@berlin.snafu.de*

Dr. rer. nat. Wolf-Dieter Rase

Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung

Am Michaelshof 8

53177 Bonn

E-mail: *rased@bbr.bund.de*

ISBN 3-540-66327-4 Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

**Dynamische Visualisierung (Medienkombination):** Grundlagen und Anwendungsbeispiele für kartographische Animationen / Hrsg.: Gerd Buziek .... - Berlin; Heidelberg; New York; Barcelona; Hongkong; London; Mailand; Paris; Singapur; Tokio: Springer 2000

ISBN 3-540-66327-4

Buch und CD-ROM. - 2000

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funk-sendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zu-widerhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

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

Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York

ein Unternehmen der BertelsmannSpringer Science+Business Media GmbH

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2000

Printed in Germany

Umschlaggestaltung: E. Kirchner, Heidelberg, Abbildungen von H. Hampe

Satz: Reproduktionsfertige Vorlage der Herausgeber

SPIN: 10693130 30/3136/xz - 5 4 3 2 1 0 - Gedruckt auf säurefreiem Papier

If I were not obliged to do other things,  
I would only make cartographic movies.

Waldo Tobler, Professor of Geography, 1975

Waldo R. Tobler ist Professor Emeritus an der University of California und Senior Scientist am National Center for Geographical Information and Analysis (NCGIA) in Santa Barbara, USA.



# Inhalt

<b>Ziel und Aufbau des Buches .....</b>	<b>1</b>
GERD BUZIEK, DORIS DRANSCH, WOLF-DIETER RASE	
<b>Begriffe und Grundprinzipien der Animation .....</b>	<b>5</b>
DORIS DRANSCH	
2.1 Begriffsklärung .....	5
2.2 Animationskomponenten .....	6
2.3 Erstellung einer Animation .....	9
2.3.1 Konzeption .....	9
2.3.2 Erzeugung der Animation .....	9
2.4 Aufgezeichnete Animation und Echtzeit-Animation .....	11
2.5 Animationsmethoden .....	13
2.6 Literatur .....	13
<b>Theoretische Grundlagen der Gestaltung von Animationen und praktische Beispiele .....</b>	<b>15</b>
GERD BUZIEK	
3.1 Einführung .....	15
3.2 Grundlagen der menschlichen Wahrnehmung .....	16
3.2.1 Wahrnehmungstheorien .....	16
3.2.2 Konsequenzen für die Gestaltung von Animationen .....	22
3.3 Animation der Leinetalüberflutung des Jahres 1981 .....	23
3.3.1 Zielsetzung und Zielgruppe .....	23
3.3.2 Inhaltliche Gestaltung .....	24
3.3.3 Graphische und akustische Gestaltung .....	24
3.4 Animation von Verkehrsströmen im Großraum Hannover .....	29
3.4.1 Konzeption einer Animation der täglichen Verkehrsbelastung .....	30
3.4.2 Entwürfe für die kinematographische Darstellung von Verkehrsbelastungswerten .....	30
3.4.3 Interaktivität von kartographischen Animationen .....	35
3.5 Diskussion .....	37
3.6 Literatur .....	38
<b>Multimedia- und Virtual-Reality-Techniken für die wissenschaftliche Visualisierung .....</b>	<b>41</b>
STEPHAN OLBRICH, HELMUT PRALLE	
4.1 Allgemeine Grundlagen .....	41
4.1.1 Motivation .....	41
4.1.2 Ziel und Zweck .....	42
4.2 Graphik- und Visualisierungssysteme .....	42
4.2.1 Modell .....	42

---

4.2.2	Systemplattformen .....	43
4.2.3	Leistungsanforderungen an Rendering und Datentransport .....	44
4.2.4	Qualität der Präsentation .....	46
4.3	Technische Lösungen im RRZN .....	51
4.3.1	Allgemeines Konzept .....	51
4.3.2	Automatisierte Videoproduktion .....	51
4.4	Gestaltungshinweise .....	56
4.5	Literatur .....	57
<b>Objektorientierte kartographische Visualisierung .....</b>		<b>61</b>
JÜRGEN DÖLLNER		
5.1	Einführung .....	61
5.2	Grundlagen der objektorientierten Visualisierung .....	62
5.2.1	Architektur eines interaktiven Visualisierungssystems .....	62
5.2.2	Konzepte für Rendering-Schichten .....	63
5.2.3	Konzepte für Modellierungsschichten .....	65
5.2.4	3D-Widgets als Visualisierungskomponenten .....	68
5.3	Visualisierungskomponenten für Karten .....	69
5.3.1	Software-Architektur .....	69
5.3.2	Modellierung der kartographischen Darstellung digitaler Geländemodelle .....	71
5.3.3	Komponenten zur Navigation, Orientierung und Exploration .....	73
5.4	Implementierung des kartographischen Visualisierungssystems .....	79
5.5	Bewertung der vorgestellten Konzepte .....	80
5.6	Literatur .....	81
<b>Interaktive und animierte 3D-Szenen in VRML .....</b>		<b>83</b>
ROGER ZEDI		
6.1	Interaktive Visualisierung von Geodaten .....	83
6.2	Der Ursprung von VRML .....	84
6.3	Interaktive Navigation und dynamische interaktive Objekte .....	85
6.4	Die Bausteine einer VRML-Datei: Nodes und Shapes .....	86
6.4.1	Die Kopfzeile .....	86
6.4.2	Nodes und Shapes .....	86
6.5	Ausgewählte Nodes für geographische Objekte .....	87
6.5.1	Oberflächen: Node ElevationGrid .....	87
6.5.2	Freie 3D-Objekte: Node IndexedFaceSet .....	88
6.6	Abgestufte Genauigkeit .....	90
6.7	Animierte Objekte .....	91
6.8	Interaktion mit dem Benutzer .....	92
6.9	Integration von JavaScript .....	94
6.10	Zusammenfassung und Fazit .....	94
6.11	Weiterführende Quellen und Hinweise .....	95
6.12	Literaturverzeichnis, WWW-Adressen .....	95

<b>Lingo, eine Skriptsprache für die Herstellung animierter und interaktiver Karten .....</b>	<b>97</b>
JEAN-CLAUDE MÜLLER, ULRICH GREBE	
7.1 Einleitung .....	97
7.2 Notwendige Kompetenzen für die Anwendung von Director .....	98
7.3 Was ist Lingo? .....	98
7.3.1 Grundlagen von Lingo .....	99
7.3.2 Der Skriptaufbau .....	99
7.3.3 Das Lingo-Konzept .....	100
7.3.4 Zusammenfassung des Lingo-Konzepts .....	104
7.4 Fortgeschrittene Lingo-Programmierung .....	104
7.4.1 Einsatzmöglichkeiten von Lingo in der Kartographie .....	104
7.4.2 Sensitive Signaturen mit Hyperlink .....	105
7.4.3 Animierte und interaktive Balkendiagramme .....	107
7.4.4 Bitmap-Überblendung steuern .....	110
7.5 Lingo versus Drehbuch .....	112
7.6 Zukunft .....	112
7.7 Director-spezifische Begriffe .....	114
7.8 Literatur .....	116
<b>Animationen für das Internet/World Wide Web .....</b>	<b>119</b>
REINHOLD SCHLIMM	
8.1 Animierte Karten im Internet .....	119
8.2 Animierte GIF-Dateien .....	120
8.3 Rasterbasierte Java-Applets und Java-Scripts .....	121
8.4 Vektororientierte und hybride Java-Applets, ActiveX .....	122
8.5 Plugins und Viewer für Animationen .....	123
8.6 Welche Technik für welche Art der kartographischen Animation? .....	124
8.7 Zusammenfassung und Ausblick .....	126
8.8 Literatur .....	127
<b>Software für die Erstellung von kartographischen Animationen .....</b>	<b>129</b>
DORIS DRANSCH, WOLF-DIETER RASE	
9.1 Kategorien der Software .....	129
9.2 Kriterien für die Auswahl der Programme .....	129
9.3 Allgemein verwendbare Programme .....	130
9.3.1 Programme für Kartographie und Bilderzeugung .....	130
9.3.2 Umwandlung in Rasterbilder, Formatkonvertierung .....	132
9.3.3 Erstellung der Animationssequenz .....	132
9.3.4 Betrachter (Viewer) .....	133
9.3.5 Konvertierung auf analoges Videoband .....	135
9.4 Integrierte Animationssoftware .....	135
9.4.1 3D- und 2D-Highend-Animationssoftware .....	135
9.4.2 3D-Software der mittleren und unteren Leistungskategorie .....	136

9.4.3	2D-Software der mittleren und unteren Leistungskategorie .....	137
9.4.4	Animationssoftware für das Internet .....	138
9.4.5	Virtuelle Landschaften und Geländeüberflüge .....	138
9.4.6	Übersicht .....	138
9.5	Literatur .....	138
<b>Animationen im interaktiven Atlas der Schweiz .....</b>		<b>141</b>
RENÉ SIEBER, CLEMENS OBERHOLZER, ANDREA TERRIBILINI		
10.1	Motivation, Verwendung und Zielgruppe .....	141
10.2	Konzeption und Gestaltung .....	142
10.2.1	Sequentiell-passive Animationen: Hangrutschung .....	144
10.2.2	Interaktive 2D-Animationen: Bevölkerungsstand und Bevölkerungsveränderung .....	145
10.2.3	Interaktive 3D-Animationen: Flugsimulationen .....	147
10.3	Technische Realisierung .....	149
10.3.1	Sequentiell-passive Animationen: Hangrutschung .....	149
10.3.2	Interaktive 2D-Animationen: Bevölkerungsstand und Bevölkerungsveränderung .....	152
10.3.3	Interaktive 3D-Animationen: Flugsimulationen .....	153
10.4	Kritische Bewertung und Ausblick .....	155
10.5	Literatur .....	157
<b>Animation meteorologischer Daten für Massenmedien .....</b>		<b>159</b>
FLORIAN SCHRÖDER		
11.1	Das Programmsystem TriVis .....	159
11.2	Motivation für die Entwicklung von TriVis .....	159
11.3	Konzeption .....	160
11.4	Realisierung .....	161
11.4.1	Die Geländedatenbank .....	162
11.4.2	Geländedaten und Oberflächentexturen .....	163
11.4.3	LOD-Techniken für Geländegeometrien .....	164
11.4.4	LOD-Techniken für Oberflächentexturen .....	164
11.4.5	Die meteorologischen Daten .....	165
11.4.6	Wolken .....	165
11.4.7	Niederschläge und Gewitter .....	167
11.4.8	Winddaten .....	167
11.4.9	Reduktion der Polygonkomplexität .....	167
11.5	Routinemäßiger Einsatz .....	168
11.5.1	Produktionsszenarien .....	168
11.5.2	Produktionsaspekte .....	169
11.5.3	Skalierbarkeit .....	170
11.5.4	Produktions- und Einsatzbereiche .....	170
11.6	Bewertung und Ausblick .....	172
11.7	Literatur .....	173

<b>Animationen zur Ozonbelastung in Österreich und zum Pannonischen Ozonprojekt .....</b>	<b>175</b>
WOLFGANG LOIBL, HARALD MAYER	
12.1 Motivation und Zielgruppe .....	175
12.2 Konzeption und Umsetzung .....	176
12.2.1 Allgemeines zur Videoumsetzung .....	176
12.2.2 Grundsätzliches .....	176
12.2.3 Zur kartographischen Animation .....	177
12.2.4 Darstellungsprinzipien .....	178
12.3 Drehbuchkonzeption .....	180
12.3.1 Ozonbelastung in Österreich .....	180
12.3.2 Pannonisches Ozonprojekt (POP) .....	184
12.4 Technische Umsetzung der beiden Videoprojekte .....	192
12.4.1 Produktionsumgebung .....	192
12.4.2 Vom Einzelbild zum Video .....	194
12.5 Resumee .....	195
12.6 Literatur .....	197
<b>Animation von Satellitendaten .....</b>	<b>199</b>
ROBERT MEISNER	
13.1 Einführung .....	199
13.2 Erstellung einer Animation aus Satellitendaten .....	201
13.3 Beispiele für Animationen .....	204
13.3.1 Animation der Wolkendynamik zur polaren Jahreszeit .....	204
13.3.2 Animation der Ozondynamik über der Antarktis .....	207
13.4 Zusammenfassung .....	209
13.5 Literatur .....	210
<b>Animationen zur Visualisierung raumbezogener Algorithmen .....</b>	<b>211</b>
WOLF-DIETER RASE	
14.1 Wissenschaftliche Visualisierung .....	211
14.2 Kartographische Lupen .....	212
14.3 Kartographische Anamorphosen .....	213
14.4 Pyknophylaktische Interpolation .....	215
14.5 Technische Realisierung .....	216
14.6 Literatur .....	216
<b>Animationen für dialektgeographische Untersuchungen .....</b>	<b>217</b>
GUILLAUME SCHILTZ	
15.1 Dialektgeographie und Dialektometrie .....	217
15.2 Kartenflug .....	219
15.2.1 Thema, Konzeption .....	219
15.2.2 Technische Realisierung .....	219
15.2.3 Bewertung .....	220

15.3 Dynamische Bildtypologie .....	221
15.3.1 Thema, Konzeption .....	221
15.3.2 Technische Realisierung .....	223
15.3.3 Bewertung .....	224
15.4 Rahmenbedingungen, Erfahrungen .....	224
15.5 Literatur .....	225
<b>Perspektiven für die kartographische Animation .....</b>	<b>227</b>
WOLF-DIETER RASE	
16.1 Hardware .....	227
16.2 Software .....	229
16.3 Personelle Ressourcen .....	229
16.4 Theoriebedarf für Multimedia-Kartographie .....	230
16.5 Literatur .....	231
<b>Anschriften der Autoren .....</b>	<b>233</b>

# Vorwort

LORENZ HURNI

Seit rund 500 Jahren produzieren Kartographen vorwiegend traditionelle Papierkarten auf konventionellem Weg. Die größte technische Umstellung erfolgte erst in den letzten 30 Jahren durch den Einsatz des Computers. Allerdings haben sich diese neuen Möglichkeiten zunächst nur vereinzelt und für Teilaspekte durchgesetzt, dies vor allem wegen fehlender Gesamtlösungen und der hohen Kosten. Der eigentliche Durchbruch erfolgte in der ersten Hälfte der neunziger Jahre mit dem Einsatz von preisgünstigen Desktop-Lösungen, die jedoch ursprünglich gar nicht für die Kartographie entwickelt worden waren. Kartenprodukte werden heute kaum mehr konventionell hergestellt oder fortgeführt.

Parallel zur digitalen Kartographie haben sich auch drei weitere Techniken entwickelt, die mit dem Fachgebiet sowohl konkurrieren als es auch ergänzen. Mit den Geo-Informationssystemen (GIS) sind mächtige Instrumente geschaffen worden, die zur Modellierung, Analyse und Synthese geographischer Informationen angewendet werden. Speziell der Darstellung wissenschaftlicher Sachverhalte, von der Molekularbiologie bis zum Maschinenbau, widmet sich die wissenschaftliche Visualisierung. Die Multimedia-Technik erweitert den klassischen Informationsträger Papier um neue Medien und Informationskanäle, wie zum Beispiel digitale Datenträger, Bildschirm, Netzwerke, Ton oder Bewegtbilder. Insbesondere mit der rasanten Entwicklung und Verbreitung von CD-ROM und Internet in den letzten fünf Jahren ist die Kartographie in einen großen Zugzwang geraten. Klassische Papierkarten sind für Anwendungen wie Routenplanung oder Atlanten immer weniger gefragt, was sich direkt in sinkenden Verkaufszahlen äußert. Ähnliches ist übrigens auch in den klassischen Printmedien zu verzeichnen. So wird zum Beispiel die renommierte *Encyclopedia Britannica* ab sofort nur noch auf CD-ROM vertrieben, und dies zu einem Zehntel des bisherigen Preises!

Diese Entwicklung sollte jedoch von den Kartographen auch als Chance verstanden werden. Die neuen Möglichkeiten erlauben es, das Anwendungsspektrum in Richtung einer echten multidimensionalen Kartographie zu erweitern: Auf einer breit gefächerten Medienpalette können mehrdimensionale Informationen verschiedener thematischer Ausrichtung verwaltet, analysiert und präsentiert werden. Die neuen Kartentypen erlauben den unmittelbaren, interaktiven Umgang mit dem karto-

graphischen Produkt. Kartographisches Knowhow, insbesondere im Bereich der Kartenredaktion und Gestaltung, ist weiterhin gefragt, muß jedoch an die neuen Rahmenbedingungen angepaßt und mit neuer Kompetenz in den digitalen Medien kombiniert werden.

Konventionelle Karten sind zur Visualisierung sequentieller Phänomene nur bedingt geeignet. Meist wird auf Kartenserien zurückgegriffen, welche Veränderungen diskret und episodisch festhalten, zum Beispiel zur Dokumentation von historischen Gebietsständen. Die Modellierung des Phänomens Zeit ist ein aktueller Bereich der GIS-Forschung. Ähnlich wichtig ist jedoch auch die Visualisierung temporaler raumbezogener Phänomene. Dazu bieten sich multimedia-basierte Systeme als ideale Plattformen an, da sie über spezielle Werkzeuge zur Visualisierung von Abläufen verfügen. Die Animation einer Serie von Standbildern, die ursprünglich für Unterhaltungszwecke, zum Beispiel in der *Laterna Magica* oder in Zeichentrickfilmen, entwickelt wurde, ist ein geeignetes Werkzeug zur Verknüpfung und Visualisierung kartographischer Einzelbilder. Sie kann jedoch auch zur Darstellung nichttemporaler Sequenzen wie der Iterationen eines mathematischen Algorithmus oder des Aufbaus eines Schalen- oder Ebenenmodells eingesetzt werden.

Ein zentrales Anliegen der Kartographie ist die zielgerichtete und möglichst störungsfreie Übermittlung von räumlichen Informationen an den Kartenbenutzer. Sie bedient sich dazu einer Fülle von kartographischen Gestaltungsregeln, aber auch der unmittelbaren, individuellen Entscheidungsfähigkeit des ausführenden Kartographen. Es ist einleuchtend, daß Probleme der kartographischen Darstellung auch bei der Erstellung von Animationen anfallen und dort sogar noch vervielfacht werden. So muß oft die Zeitachse extrem komprimiert werden, um die Abläufe überhaupt sichtbar zu machen. Dies kann zu unerwünschten Nebeneffekten führen, die ähnlich wie beim kartographischen Generalisieren eliminiert werden sollten. Die Erweiterung der kartographischen Theorie und Methoden, welche die Definition, die Modellierung und vor allem die animierte Visualisierung sequentieller, raumbezogener Phänomene umfaßt, ist eine der großen aktuellen Herausforderungen an die Kartographie im Verbund mit der Geoinformatik. Ich bin überzeugt, daß das vorliegende Buch dazu einen wertvollen Beitrag leistet.

## Ziel und Aufbau des Buches

GERD BUZIEK, DORIS DRANSCH, WOLF-DIETER RASE

Animationen werden zunehmend in den raumbezogenen Fachdisziplinen als Darstellungsmittel für die Präsentation und Analyse räumlicher Daten eingesetzt. Animationen sind nützliche Werkzeuge, zum Beispiel um

- Planungsszenarien verständlich zu präsentieren,
- historische Entwicklungen zu zeigen,
- umweltrelevante Prozesse zu visualisieren, etwa die Ausbreitung von Schadstoffen in der Atmosphäre, die Simulation von Überflutungen oder meteorologischer Zirkulationen oder um
- raumbezogene Daten durch eine dynamische Präsentation zu analysieren.

Das ist nur eine kleine Auswahl an Anwendungen, für die mit Hilfe kartographischer Animationen ein bessere Einsicht in raum-zeitliche Zusammenhänge gewonnen werden kann.

Die momentane Situation zur kartographischen Animation ist dadurch gekennzeichnet, daß es viele Einzelanwendungen mit unterschiedlichen Akzenten und Schwerpunkten gibt, daß jedoch eine systematische Theorie und Methodik der kartographischen Animation erst in Ansätzen vorhanden ist. Auch bei der Software zur Herstellung von Animationen zeigt sich ein sehr heterogenes Bild. Es wird eine Fülle von Produkten unterschiedlicher Leistungskategorien angeboten. Die Programme sind jedoch vor allem für die Animation fotorealistischer Szenen im kommerziellen Bereich und weniger für die Darstellung raumbezogener Daten ausgelegt. Die Erstellung von kartographischen Animationen erfordert daher oft ein zeit- und arbeitsintensives Ausprobieren mit Versuch und Irrtum, um Erfahrungen mit geeigneter Software und der Gestaltung von Animationen zu sammeln.

Das vorliegende Buch will helfen, diese Lücke ein Stück schließen und Hilfestellung für die Erstellung kartographischer Animationen zu geben, vor allem für Praktiker, die selbst Visualisierungen von räumlichen Prozessen und Daten erstellen wollen. Dafür werden technische und methodische Grundlagen vermittelt und Erfahrungen weitergegeben, die Kollegen bei der Produktion von kartographischen Animationen in unterschiedlichen Anwendungsbereichen gewonnen haben.

Der Beitrag von Dransch (Kap. 2) führt in die Begriffe und Grundprinzipien der rechnergestützten Animation ein. Er enthält eine Definition der Animation und grenzt sie von anderen Präsentationsformen ab. Darüber hinaus wird in Fachbegriffe eingeführt und ein Überblick über Animationskomponenten gegeben. Die Erläuterung der Prinzipien des Erstellungsprozesses von kartographischen Animationen schließt den Beitrag ab.

Buziek stellt in seinem Beitrag (Kap. 3) einige theoretische Grundlagen der Kommunikation vor und leitet daraus Folgerungen für den Aufbau und die Gestaltungsprinzipien von kartographischen Animationen ab. Die Prinzipien werden an zwei Animationen erläutert, die für die Visualisierung der Leinetal-Überflutung des Jahres 1981 und für eine animierte Darstellung der Verkehrssimulation im Großraum Hannover erstellt wurden.

Der Beitrag von Olbrich und Pralle (Kap. 4) gibt eine Einführung in die technischen Grundlagen der wissenschaftlichen Visualisierung und Computeranimation. Die Geräte, die Software und Dienstleistungen zur Animation am Regionalen Rechenzentrum Niedersachsen (RRZN, Universität Hannover) werden vorgestellt und die Anwendung auf Visualisierungsprobleme in der Forschung beschrieben.

Döllner (Kap. 5) befaßt sich mit den Grundlagen der objektorientierten Visualisierung. Er stellt eine Reihe ausgewählter Software- und Visualisierungskonzepte für die Konstruktion von interaktiven und animierten kartographischen Darstellungen vor. Es werden Konzepte zur flexiblen Steuerung, Modellierung und Bilderzeugung beschrieben, die geometrische, graphische und dynamische Aspekte von dreidimensionalen Landschaftsmodellen berücksichtigen. Diese Konzepte werden auf kartographische Anwendungen, etwa die Darstellung farbiger Höhenschichten, die Erzeugung von Geländeüberflügen oder die Messung von Strecken oder Höhen am Bildschirm übertragen.

Der Beitrag von Zedi (Kap. 6) gibt einen Überblick über die Modellierung interaktiver Szenen für Internet-Anwendungen mit der *Virtual Reality Modelling Language* (VRML). Er erklärt das Konzept von VRML und zeigt wie sich VRML schnell und effektiv auf kartographische Anwendungen anwenden läßt. Als Beispiele werden digitale Geländemodelle, animierte Objekte und Benutzerinteraktionen angeführt.

Müller und Grebe (Kap. 7) stellen die Skriptsprache *Lingo* für das Autorensystem *Director* vor. Die Struktur von *Lingo* und einige Sprachelemente werden präsentiert und Einsatzmöglichkeiten von *Lingo* für interaktive und animierte Karten aufgezeigt. Sensitive Signaturen, gekoppelt mit Hyperlinks, animierte, interaktive Diagramme und interaktive dynamische Kartenüberlagerung sind als Beispielanwendungen mit *Lingo* realisiert.

Der Beitrag von Schlimm (Kap. 8) befaßt sich mit den technischen Lösungen für die Bereitstellung von multimedialen Karten im Internet, speziell im World Wide Web (WWW). Einige Probleme der WWW-Nutzung werden angesprochen, etwa die mediengerechte Gestaltung von Karten und Animationen, die Probleme aufgrund

der relativ geringen Übertragungsgeschwindigkeiten im Internet oder die Vorteile und Nachteile von raster- und vektororientierten Graphiken im WWW.

Einen Überblick über allgemeine und integrierte Software zur Erzeugung von kartographischen Animationen geben Dransch und Rase (Kap. 9). Allgemein verwendbaren Kartographie- und Graphikprogramme werden vorgestellt, die für die Erzeugung einfacher kartographischer Animationen geeignet sind. Die Alternative für größere Projekte und häufige Anwendung sind Spezialprogramme für Animationen, in denen alle Arbeitsschritte integriert sind. Die Software wird aufgrund ihrer Anwendungsmöglichkeiten und Leistungsfähigkeit in verschiedene Kategorien eingeteilt und kurz charakterisiert. Für den Zugriff auf umfassende Informationen sind die WWW-Adressen der Lieferanten oder Hersteller angegeben.

Eine Reihe von Beispielen für kartographische Animationen sind im letzten Teil des Buches beschrieben. Sie zeigen unterschiedliche Thematiken und behandeln unterschiedliche Aspekte der Animationserstellung. Die Beispiele aus dem interaktiven Atlas der Schweiz (Sieber, Oberholzer und Terriblini, Kap. 10) zeigen eine sequentiell-passive Animation zur Hangrutschung, eine interaktive 2D-Animation zur Bevölkerungsentwicklung und einen interaktiven virtuellen Flug über die Schweizer Alpen.

Schröder (Kap. 11) beschreibt die professionelle Visualisierung und Animation meteorologischer Daten für Massenmedien, insbesondere mit der Software TriVis und spezialisierten Graphikrechnern. Er geht auf die Besonderheiten der Technik, der Gestaltung und der Erzeugung von Wetteranimationen für das Fernsehen ein und stellt einige Produktionsszenarios vor.

Die Animationen der Ozonbelastung in Österreich und im Pannonischen Becken von Loibl und Mayer (Kap. 12) sind ein Beispiel dafür, wie ein bestimmtes Thema politischen Entscheidungsträgern, interessierten Laien und der Fachwelt mittels kartographischer Animation nahegebracht werden kann. Der Beitrag beschreibt Aspekte der Gestaltung der erzeugten Animationen für Fachleute und Laien und Einzelheiten der Produktionsumgebung.

Am Beispiel der Animation von Satellitendaten von Meisner (Kap. 13) wird die aufwendige Vorverarbeitung von raumbezogenen Daten deutlich gemacht, die für die Herstellung qualitativ hochwertiger Animationen erforderlich ist. Animationen zur Wolken- und Ozondynamik zeigen exemplarisch, welche Methoden und Verfahren zur Datenaufbereitung und -interpolation eingesetzt und mit welcher Software Animationen aus Satellitenbildern erzeugt werden können.

Die Beispiele von Meisner und Loibl/Mayer nutzen die Animation nicht nur zur Präsentation von Prozessen und Sachverhalten, sondern setzen das bewegte Bild auch für die Datenexploration und für die Verdeutlichung von Datenverarbeitungsprozessen ein. Rase (Kap. 14) beschreibt einige kurze Animationssequenzen, die für die Visualisierung von raumbezogenen Algorithmen bei Vorträgen produziert wurden. Die Animationen sollen die geometrischen Verfahren und ihre Ergebnisse ohne großen Produktionsaufwand intuitiv erklären.

Die Animationen von Schiltz (Kap. 15) sind Beispiele dafür, wie neben der Dokumentation des Ergebnisses die Technik der computergenerierten Animation genutzt werden kann, um Erkenntnisse zur Verteilung von Dialekten im Raum und ihre Ursachen zu gewinnen.

In Kap. 16 (Rase) werden die Perspektiven für die technische Entwicklung in Hardware und Software und ihre Auswirkungen auf die Herstellung und Nutzung von multimedialen, animierten und interaktiven Karten diskutiert. Es wird auf die vorhandenen Defizite in der Theorie der kartographischen Animation hingewiesen.

Die Beiträge in diesem Buch sind ein Querschnitt der Aspekte und Themen, die für die Konzipierung und Herstellung von multimedialen, animierten und interaktiven Karten relevant sind. Die Herausgeber und die Autoren hoffen, daß die Beiträge Anregungen für eigene Animationssequenzen geben, technische Hilfestellung für die Herstellung leisten und den Informationsaustausch unter den Software-Entwicklern, Herstellern und Nutzern von kartographischen Animationen fördern.

## **CD-ROM**

Leider war es nicht möglich, die Abbildungen farbig zu drucken. Deshalb ist auf der beiliegenden CD-ROM eine Version des Buches mit den Abbildungen gespeichert. Das Format der Datei ist Adobe Acrobat, Version 4 (Datei-Typ PDF). Mit den Programmen *Acrobat V4* oder *Acrobat Reader V4* ist die PDF-Datei lesbar. Das Programm *Acrobat Reader V4* ist auf der CD-ROM gespeichert oder kann auch von der WWW-Adresse <http://www.adobe.de> geladen werden. Die Nutzung von Acrobat Reader ist kostenfrei.

Die farbigen Abbildungen sind außerdem in HTML-Dokumente auf der CD-ROM eingebettet, die mit einem WWW-Browser, etwa MS Internet Explorer oder Netscape Navigator, betrachtet werden können. Die im Text erwähnten Animationssequenzen können entweder aus den HTML-Seiten vom WWW-Browser (Plugins erforderlich) oder von speziellen Programmprodukten abgespielt werden. Einige Programme zum Abspielen der Animationssequenzen und einige VRML-Dateien sind ebenfalls auf der CD-ROM gespeichert. Bitte lesen Sie zuerst die Datei LIESMICH, die in verschiedenen Formaten im obersten Ordner der CD-ROM vorhanden ist. Sie enthält die neuesten Informationen zur CD-ROM.

Die Animationssequenzen von Buziek (Kap. 3), Müller/Grebe (Kap. 7) und Loibl/Mayer (Kap. 12) enthalten auch akustische Informationen (Soundtrack), für deren Wiedergabe eine Soundkarte erforderlich ist.

## Begriffe und Grundprinzipien der Animation

DORIS DRANSCH

### 2.1 Begriffsklärung

Der Begriff *Animation* hat seinen Ursprung im lateinischen Wort *animare*, zu Deutsch *beleben*. Im Bereich der Graphik bedeutet Animation die Erzeugung von bewegten Bildern. Sie entstehen dadurch, daß Objekte in aufeinanderfolgenden Bildern derart variieren, daß bei schnellem Betrachtungstempo (24 bis 30 Bilder pro Sekunde) der Eindruck einer fließenden Bewegung oder Veränderung entsteht (Willim 1989, Magnenat-Thalmann et al 1990).

Animation wird häufig synonym mit *Video*, *Simulation* und *Film* gebraucht. Diese synonyme Verwendung ist jedoch ungenau, da die einzelnen Begriffe unterschiedliche Kategorien der Informationsdarstellung und -speicherung bezeichnen. Eine *Animation* läßt sich beschreiben als eine *konstruierte* Bewegtbildsequenz, bei der jedes einzelne Bild am Computer mittels geeigneter Software erzeugt und berechnet wird.

Ein *Video* ist im Gegensatz zu einer Animation keine konstruierte Bildsequenz, sondern eine *aufgenommene* Bildsequenz (Gibbs et al 1995). Beispielsweise ist ein Video das Ergebnis einer realen Kamerafahrt durch eine Straße oder einen Abwasserkanal, bei der Häuserfassaden oder Kanalschäden aufgenommen werden. Dagegen ist eine Kamerafahrt einer virtuellen Kamera in einer virtuellen Umgebung, wie zum Beispiel bei einem virtuellen Geländeüberflug, eine Animation. Die Begriffe *Animation* und *Video* können sich jedoch vermischen, wenn eine als Computeranimation erzeugte Bildsequenz auf einem analogen Videoband aufgezeichnet wird.

Eine *Simulation* kann als eine modellgesteuerte Bewegtbildsequenz beschrieben werden. In einer Simulation werden Phänomene, wie zum Beispiel die Ausbreitung eines Wirbelsturms, in einem Rechenmodell simuliert und die Ergebnisse der Berechnung mit einer Animationssequenz visualisiert. Animation ist also ein Teil der Simulation, sie ist nicht mit ihr gleichzusetzen.

Das Wort *Film* ist eine sprachliche Reminiszenz an das Speichermedium in der Zeit vor der analogen und später digitalen Aufzeichnung von Bewegtbildern auf magnetische oder optische Datenträger.

Animation wird zudem oft in Verbindung mit dem Begriff *Multimedia* gebraucht. Definiert man Multimedia als eine Form der Mediennutzung, die verschiedene Medien für eine verbesserte Informationspräsentation kombiniert, dann ist Animation eines der Medien, die zur Informationsvermittlung eingesetzt werden können. Grundsätzlich werden im Bereich Multimedia folgende Medien unterschieden: Bild, Graphik und Text als statische beziehungsweise *zeitunabhängige* Medien und Animation, Video und Audio (Ton) als dynamische beziehungsweise *zeitabhängige* Medien.

Ergänzend zu dieser Differenzierung sind zwei Hauptformen von kartographischen Animationen zu unterscheiden, die *temporale* und die *nontemporale* Animation. Die Animation als sequentielle Präsentationsform verfügt über ein zusätzliches Ausdrucksmittel, nämlich die Präsentationszeit. Diese Präsentationszeit kann zum einen genutzt werden, um reale Zeit und damit raumbezogene Prozesse wiederzugeben. Diese Form der Animation wird als *temporale Animation* bezeichnet. Beispiele hierfür sind die in diesem Buch beschriebenen Animationen der Hanggrutschung, der Bevölkerungsentwicklung, der meteorologischen Daten und der Ozonbelastung.

Die Zeit kann aber auch eingesetzt werden, um Daten eines Zeitpunktes in variierender Datenaufbereitung (zum Beispiel eine sich verändernde Anzahl der Klassen) oder in variierenden graphischen Darstellungen (zum Beispiel Transformation von 2D-Präsentation in eine perspektivische Darstellung) zu zeigen. Diese Art der Animation wird als *nontemporale Animation* bezeichnet. Beispiele dafür sind die Animationen dieses Buches zur dialektgeographischen Untersuchung (Schiltz), der virtuelle Überflug aus dem interaktiven Atlas der Schweiz (Sieber et al) oder die Animation von raumbezogenen Algorithmen (Rase). An den Beispielen zeigt sich aber auch, daß beide Kategorien nicht immer eindeutig zu trennen sind. Zum Beispiel benötigt das virtuelle Flugzeug eine bestimmte Zeit zum Überflug.

## 2.2 Animationskomponenten

Animationen sind aus verschiedenen Komponenten aufgebaut, die unterschiedliche Funktionen innerhalb der Animation haben. Diese Komponenten sind

- Animationsobjekte, die aus Graphikobjekten, Kamera und Lichtquellen bestehen,
- Szenen (Frames),
- Sequenzen,
- Veränderungen,
- Ton (Audio oder Soundtrack).

Die *Animationsobjekte* sind die Grundelemente einer Animation. Sie dienen zur Visualisierung der Animation am Computerbildschirm. Die *Graphikobjekte* sind die Träger der Information. Sie entsprechen den Kartenobjekten in einer kartographischen Darstellung. Die *Kameradefinition* legt den Betrachtungsstandpunkt, die Betrachtungsdistanz und den Betrachtungswinkel fest. Damit ist der Bildausschnitt,

der Maßstab und die Perspektive bestimmt. Die *Lichtquellen* definieren die Beleuchtungsparameter der Szenen. Sie verleihen dreidimensionalen Graphikobjekten ein plastisches Aussehen oder heben bestimmte Ausschnitte der Szene durch Spotlights hervor.

Die *Szene* ist eine Komposition von Animationsobjekten zu einem Gesamtbild. In der kartographischen Animation entspricht die Szene einer kartographischen Darstellung. Eine Szene wird immer durch eine Menge von Graphikobjekten aufgebaut. Zusätzlich ist für eine 3D-Szene eine Kamera zu definieren, um bestimmte Betrachtungsparameter festzulegen. Dreidimensionale Szenen erfordern außerdem mindestens eine Lichtquelle, um die Szenen sichtbar zu machen, es sei denn, die Objekte in der Szene sind selbstleuchtend. In Animationen werden bestimmte Szenen als Schlüsselszenen (*keyframes*) definiert. Die Schlüsselszenen geben die Handlung in groben Zügen wieder, sie bilden das Grundgerüst der Animationssequenz. Aus den Schlüsselszenen werden die Zwischenszenen (*inbetweens*) abgeleitet.

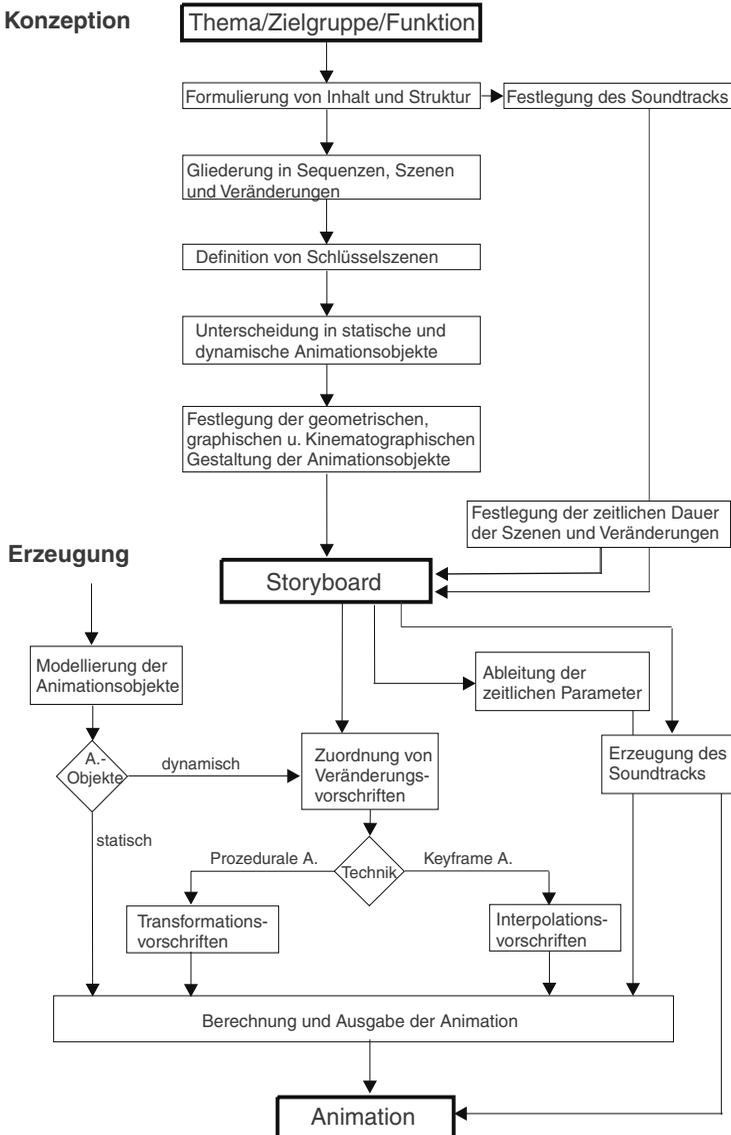
Eine *Sequenz* ist eine Folge von variierenden Szenen. Zu einer Sequenz werden alle Szenen zusammengefaßt, die eine bestimmte Aktion in der Animation festlegen. Besteht zum Beispiel eine kartographische Animation aus einem einführenden Teil und einem Hauptteil, der eine bestimmte räumliche Veränderung zeigt, ist diese Animation aus zwei Sequenzen aufgebaut. Sequenzen werden oft mit Hilfe von Bildübergängen (*transitions*) verbunden. Bildübergänge können klare Schnitte oder Überblendungen zwischen den Anfangs- und Endszenen aufeinanderfolgender Sequenzen sein.

*Veränderungen* sind die Unterschiede, die zwischen den Szenen auftreten. Veränderungen können sich auf alle Animationsobjekte – Graphikobjekte, Kamera, Lichtquellen – beziehen. Die Veränderungen einer kartographischen Animation werden zum Beispiel bestimmt durch

- Zeitreihendaten,
- eine Simulation,
- durch Parameteränderungen in der Datenaufbereitung (etwa Variation der Klassenanzahl) oder der graphischen Präsentation (zum Beispiel die Veränderung des Betrachtungsstandpunktes).

Die visuellen Komponenten einer Animation werden häufig durch den *Ton* (Audio, Soundtrack) ergänzt. Ton ist ein wesentliches Element der Animation, um Informationen zu übermitteln. Animationen bieten dem Betrachter in kurzer Zeit eine große Menge an Information und überfordern damit oft dessen Wahrnehmung. Auch können zusätzliche Informationen, wie Zeitangaben oder Erklärungen, die in den Randbereichen der eigentlichen Animation positioniert sind, nicht oder nur sehr schwer verfolgt werden. Ton entlastet den visuellen Kanal und nutzt den Hörsinn als weiteren Wahrnehmungskanal für zusätzliche Informationen. Ton läßt sich in unterschiedlicher Weise in kartographischen Animationen einsetzen. Er kann der Illustration, der Interpretation und Kommentierung, der Lenkung der Wahrnehmung und der

Erregung der Aufmerksamkeit dienen (siehe dazu den Beitrag von Loibl und Mayer zur Animation der Ozonbelastung).



**Abb. 2-1** Schema des Animationsprozesses (Dransch 1997)

## 2.3 Erstellung einer Animation

Die Erstellung einer Computer-Animation erfolgt in mehreren aufeinander aufbauenden Arbeitsschritten (Abb. 2-1). Der Gesamtprozeß der Erstellung läßt sich in zwei Teilprozesse gliedern, die Konzeption und die Erzeugung (Magnenat-Thalmann et al 1990).

### 2.3.1 Konzeption

In der Konzeptionsphase werden die grundlegenden thematischen und gestalterischen Zielrichtungen der Animation abgesteckt. Inhalt, Struktur und Gestaltung der Animation werden in dieser Phase in einem Konzept festgelegt. Ebenso wird der Soundtrack der Animation konzipiert. Grundlage für die Erstellung eines Konzepts ist die Formulierung eines Themas und die Festlegung der Funktion und Zielgruppe: Was soll die Animation zeigen, wozu und für wen? Stehen Thema, Funktion und Zielgruppe fest, muß der inhaltliche Ablauf der Animation bestimmt werden. Dazu wird der genaue Inhalt sowie die Struktur der Animation definiert. Inhalt und Struktur werden in einem *Exposé* festgehalten.

Das so entstandene Handlungsgerüst wird in einzelne Sequenzen und Szenen unterteilt. Dabei werden *Schlüsselszenen* definiert. Schlüsselszenen sind die entscheidenden Eckpfeiler der Handlung, sie bilden den Referenzrahmen für die Animation. An diesen Schlüsselszenen wird die geometrische, graphische und kinematographische Gestaltung der Animationsobjekte vorgenommen. Dazu werden die statischen und dynamischen Animationsobjekte unterschieden; für sie wird die Gestaltung festgelegt. Zusätzlich wird der zeitliche Ablauf der Animation bestimmt, indem den Schlüsselszenen und den dazwischen liegenden Veränderungen eine relative oder auch absolute zeitliche Dauer zugewiesen wird.

Der *Soundtrack*, der Inhalt des Tonkanals, wird parallel zu diesen Arbeitsschritten festgelegt. Dialoge und musikalische Begleitung müssen auf den Inhalt und auf den Rhythmus der Animation abgestimmt werden. Endprodukt der Konzeptionsphase ist ein *Storyboard* oder *Drehbuch*, das das Konzept in animationsgerechter Aufbereitung wiedergibt. Ein Storyboard enthält Informationen zur Gestaltung der Animationsobjekte und Szenen, zur Reihenfolge der einzelnen Szenen und zum Soundtrack.

### 2.3.2 Erzeugung der Animation

Das Konzept der Animation ist Grundlage für die Erzeugung der Animation. Diese erfolgt in drei Arbeitsschritten:

1. Modellierung der Animationsobjekte und Szenen,
2. Festlegung von Veränderungsvorschriften,
3. Berechnung der Animation.

Die Erzeugung einer Animation beginnt mit der Modellierung der Animationsobjekte und Szenen. Bei der Modellierung wird ein Animationsobjekt in seinen Eigenschaf-

ten, wie äußere Form, Farbe, Position beschrieben. Modelliert werden die Animationsobjekte der definierten Schlüsselszenen.

Die Modellierung der *Graphikobjekte* umfaßt die Festlegung der geometrischen und der graphischen Merkmale dieser Objekte. Bei der *geometrische Modellierung* der Objekte wird deren zwei- beziehungsweise dreidimensionale Gestalt definiert, bei der *graphischen Modellierung* werden den Objekten die graphischen Merkmale *Farbe*, *Helligkeitswert* und *Textur* zugeordnet. Die Graphikobjekte werden anschließend zu Szenen zusammengefaßt.

Die Modellierung der *Kamera* enthält die Festlegung der Kameramerkmale, nämlich der Position, der Distanz und des Neigungs- und Richtungswinkels der Kamera. Aus den Informationen des Kameramodells werden der Bildausschnitt und die Perspektive errechnet.

Die Modellierung der *Lichtquellen* und der *Beleuchtung* umfaßt die Festlegung der Merkmale der Lichtquellen, wie Form, Position, Lichtfarbe und Lichtintensität, und die Erstellung eines Beleuchtungsmodells für die Szene. In einem Beleuchtungsmodell sind alle Informationen enthalten, die zur Berechnung der Intensität der Farb- oder Grauwerte der Szenen notwendig sind. Darunter fallen die Parameter der Lichtquelle und die Parameter der Oberflächen- und Volumenbeschaffenheit der Graphikobjekte, etwa für das Reflexions- und Transmissionsverhalten.

Sind die Animationsobjekte modelliert, werden ihnen Veränderungen in Form von Veränderungsvorschriften zugeordnet. Die Veränderungen können sich auf alle Parameter der Animationsobjekte beziehen. Für die Graphikobjekte lassen sich Position, Form, Größe, Farbe, Helligkeitswert und Textur verändern. Die Kamera kann in ihrer horizontalen und vertikalen Position, in der Distanz, im Neigungswinkel und im Richtungswinkel variieren. Die Lichtquelle kann Position, Einfallswinkel, Art des Lichtes, Farbe und Intensität verändern. Die Veränderungen einer kartographischen Animation sind aus den raumbezogenen Daten abzuleiten, die der Animation zugrunde liegen.

Für die Darstellung räumlicher Veränderungen, zum Beispiel die Entwicklung des Bevölkerungswachstums oder die Ausbreitung von Schadstoffwolken, müssen aus den vorliegenden Daten geeignete kartographische Modelle abgeleitet werden. Außerdem sind die Parameter der Animationsobjekte zu definieren, die sich während der Animation verändern. Beispielsweise ist für die Entwicklung des Bevölkerungswachstums eine Veränderung der Diagrammgröße notwendig. Für die Ausbreitung von Schadstoffen ist eine Veränderung der Form, Größe und Position der Schadstoffwolke festzulegen. Darüber hinaus ist die zeitliche Komponente der Veränderung in die Animation einzubeziehen.

Räumliche Veränderungen werden durch die Realzeit, also das Datum, zu dem sie sich ereignen, und ihre Dauer beschrieben. Die Realzeit wird in der Animation durch die Präsentationszeit wiedergegeben. Für die korrekte Wiedergabe der Realzeit durch die Präsentationszeit ist es erforderlich, einen Zeitmaßstab mit Verhältnis von Realzeit und Präsentationszeit zu bestimmen:  $x$  Zeiteinheiten Realzeit entsprechen 1

Zeiteinheit Präsentationszeit. Zum Beispiel entsprechen 10 Jahre in der Realzeit einer Zeiteinheit in der Präsentationszeit.

Berechnung und Ausgabe der Animation sind die letzten Schritte im gesamten Animationsprozeß. Mit Hilfe der verschiedenen Animationstechniken werden aus den modellierten Schlüsselszenen und den Veränderungsvorschriften alle für die Animation erforderlichen Szenen berechnet und generiert. Bei der *Keyframe-Animation* werden die im Konzept definierten Schlüsselszenen einer Animation als *keyframes* oder Hauptphasen erstellt. Die dazwischenliegenden Szenen, die *inbetweens* oder Zwischenphasen, vom Computer automatisch durch eine Interpolation generiert. Dabei lassen sich entweder die berechneten Bilder der Keyframes (bildbasierte Keyframe-Animation) oder die Parameter der Graphikobjekte der einzelnen Keyframes (parametrische Keyframe-Animation) interpolieren. Bei der *prozeduralen oder algorithmischen Animationstechnik* werden die Veränderungen algorithmisch über eine Liste von Transformationen erzeugt. Jede Transformation wird durch Parameter spezifiziert, zum Beispiel der Winkel einer Rotation.

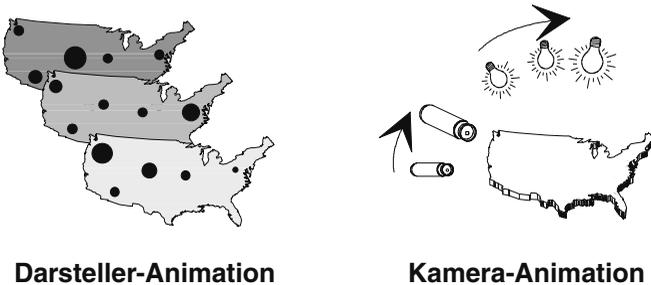
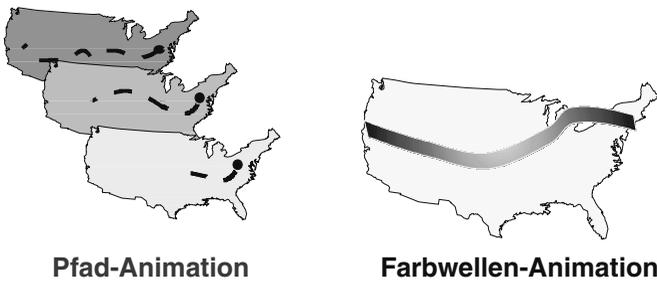
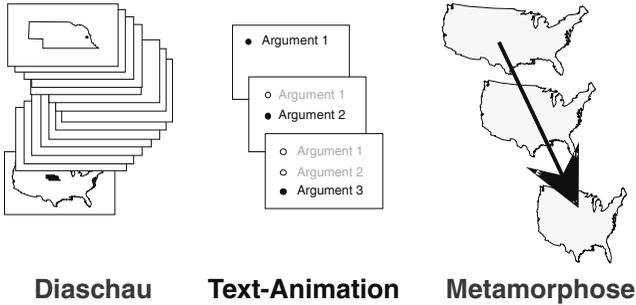
## 2.4 Aufgezeichnete Animation und Echtzeit-Animation

Grundsätzlich ist zwischen *aufgezeichneter Animation* und *Echtzeitanimation* zu unterscheiden. Bei der aufgezeichneten Animation werden die einzelnen Bilder der Animation nach der Berechnung und Generierung auf einem Datenträger gespeichert. Früher hat man dazu die direkte analoge Speicherung auf Film oder Videoband genutzt, heute ist die digitale Aufzeichnung in einer Datei die vorherrschende Technik, wie etwa die Beispiele auf der beiliegenden CD-ROM. Die Dateien lassen sich in ein analoges Videoband für bestimmte Verwendungszwecke umsetzen, etwa für eine Fernsehausstrahlung (siehe die Beiträge von Olbrich/Pralle, Loibl/Mayer und Schröder). Die Animation kann so oft von der Datei oder dem Videoband abgespielt und betrachtet werden, wie es der technische Verschleiß des Bildträgers erlaubt.

Die zeitliche Trennung von Produktion und Betrachtung hat den großen Vorteil, daß fast beliebige Zeit für die Berechnung der Einzelbilder zur Verfügung steht. Man kann rechenaufwendige fotorealistische Bilder hoher Qualität von komplexen Szenen erzeugen und ist nicht auf spezialisierte Graphikgeräte mit sehr hoher Rechenleistung und entsprechend hohen Kosten angewiesen. Interaktionen während der Vorführung sind natürlich nicht möglich.

Bei der *Echtzeitanimation* erfolgt die Berechnung der Einzelbilder quasi zeitgleich mit der Betrachtung der Sequenz. Jedes Einzelbild muß innerhalb von 33 bis 40 Millisekunden erzeugt werden, was der üblichen Bildfolge von 24 bis 30 Bildern pro Sekunde entspricht. Diese Form der Animation ist Voraussetzung für interaktive Eingriffe während der Betrachtung, etwa bei der Simulation von Flügen über der Erdoberfläche mit der Möglichkeit der Veränderung des Flugpfades oder der Kamerarichtung an jedem Punkt des Fluges (siehe die Beiträge von Sieber et al und von Döllner in diesem Buch).

Die Notwendigkeit der schnellen Bildberechnung erfordert Rechner und Graphikgeräte mit sehr hoher Leistungsfähigkeit und spezieller Hardware für Erzeugung und Ausgabe der Bilder (siehe die Beiträge von Olbrich/Pralle und Schröder). Aus technischen und wirtschaftlichen Gründen sind daher bei der Echtzeitanimation meistens Kompromisse einzugehen. Zum Beispiel werden vereinfachte Objekte, geringere Annäherung an die Realität aufgrund vereinfachter Beleuchtungsmodelle, verminderte graphische Qualität oder niedrigere Bildfrequenzen in Kauf genommen.



**Abb. 2-2** Animationsmethoden (Dransch 1997, nach Gersmehl 1990)

## 2.5 Animationsmethoden

Für die Erstellung einer Animation können verschiedene Animationsmethoden herangezogen werden (Abb. 2-2). Beispiele für solche Methoden sind (nach Gersmehl 1990):

- Diaschau (*slideshow*), eine Folge von inhaltlich in Beziehung stehender Einzelszenen, die in festgelegter Reihenfolge abgespielt werden;
- Text-Animation, zur Erzeugung eines dynamisch präsentierten Textes;
- Metamorphose (*morphing*), zur Überführung einer Ausgangsform in eine Zielform;
- Pfad-Animation, zur Bewegung eines Objektes entlang eines definierten Pfades;
- Farbwellen-Animation (*colour cycling animation*) zur Erzeugung gerichteter fließender Farbwellen, zum Beispiel zur Visualisierung einer Bewegungs- oder Transportrichtung;
- Darsteller-Animation (*stage-and-actor animation*), für das „Dirigieren“ von Animationsobjekten (Darsteller) nach bestimmten Handlungsskripten;
- Kamera-Animation (*model and camera animation*), für die Erzeugung dreidimensionaler Animationen mit variabler Kameraeinstellung und Lichtquelle.

Mit verschiedenen Methoden können entsprechend unterschiedliche kartographische Animationen realisiert werden. Bei der Auswahl von Software zur Erzeugung einer kartographischen Animation ist daher darauf zu achten, welche Animationsmethode das Programm zur Verfügung stellt.

## 2.6 Literatur

- Dransch, D (1997) Computer-Animation in der Kartographie. Theorie und Praxis. Springer, Heidelberg
- Gersmehl, PJ (1990) Choosing tools: nine metaphors of four-dimensional cartography. *Cartographic Perspectives*, 5, 3-17.
- Gibbs, SJ, Dionysios, CT (1995) Multimedia programming. Objects, environments and frameworks. Addison-Wesley, Workingham, England.
- Magenat-Thalmann, N, Thalmann, D (1990) Computer animation: theory and practice. Springer, Heidelberg.
- Willim, B (1989) Leitfaden der Computer Graphik. R3-Verlag, Berlin.



# Theoretische Grundlagen der Gestaltung von Animationen und praktische Beispiele

GERD BUZIEK

## 3.1 Einführung

Die Informations- und Kommunikationstechnik hat einen hohen Leistungsstand erreicht. Indikator dafür ist zum Beispiel die schnelle Entwicklung, die weltweite Verbreitung und Verfügbarkeit sowie die multi- und hypermediale Leistungsfähigkeit des Netzdienstes *World Wide Web*. Von dieser technischen Entwicklung profitiert auch die Kartographie (Buziek 1997a, Schlimm in diesem Buch). Sie gewinnt neben neuen Darstellungsmedien vor allem audio-visuelle Gestaltungsmittel und hyper- und multimediale Darstellungsformen hinzu. Für die Lösung der kartographischen Kernaufgabe, die Vermittlung von raum- und zeitbezogenen Geo-Informationen, kann bei sachgerechtem Einsatz moderner Technik eine Verbesserung der kartographischen Kommunikation erwartet werden.

In diesem Beitrag werden dafür Beispiele aus zwei Anwendungsbereichen gegeben. Ein Beispiel zeigt die Darstellung von Ergebnissen einer Überflutungssimulation in einem Ausschnitt des Leinetals in Niedersachsen. Auf der Grundlage von Verkehrszählungen im Großraum Hannover werden Entwürfe zur animierten Darstellung der Verkehrsbelastung gezeigt und zur Diskussion gestellt.

Die kartographische Darstellung dynamischer Umweltprozesse war bislang an die Wiedergabe mit einem statischem Medium, dem Papier, gebunden. Dynamische Umweltprozesse wurden entgegen ihrer Natur mit hohem graphischen Abstraktionsgrad mittels Signaturen und Symbolen dargestellt, so daß vom Kartennutzer eine hohe kognitive Leistung gefordert wurde. Animationen schaffen hier Abhilfe, da sie die Möglichkeit bieten, zeitabhängige Prozesse dynamisch und anschaulich wiederzugeben. Die sich ergebenden Vorteile für den Wissenserwerb werden in diesem Beitrag auf der Grundlage von Wahrnehmungstheorien begründet. Darüber hinaus liefern sie zugleich das Fundament für die Ableitung allgemeiner Gestaltungsprinzipien für kartographische Animationen.

## 3.2 Grundlagen der menschlichen Wahrnehmung

### 3.2.1 Wahrnehmungstheorien

Für die Beschreibung der kognitiven Abläufe sind unterschiedliche Wahrnehmungsmodelle entwickelt worden. Nach Kebeck (1991) kann zwischen psychophysischen und kognitionspsychologischen Ansätzen differenziert werden. Erstere beschreiben die Wahrnehmung als Folge von Reizen (zum Beispiel Weber 1834, Fechner 1896, Stevens 1958). Das Verhalten von Individuen wird vollständig durch Umweltbedingungen und Umweltreize determiniert. Ein moderner Vertreter dieser Strömung ist Gibson (1982). Er sieht Wahrnehmung als informationsaufnehmenden Prozeß. Etwa zeitgleich zu dieser auch als Behaviorismus bezeichneten Strömung entwickelte sich die Gestaltpsychologie (Wertheimer 1912, Koffka 1935). Sie umfaßt eine Sammlung von Gesetzmäßigkeiten, die die Prinzipien der Organisation wahrgenommener Informationen beschreibt (Metzger 1972).

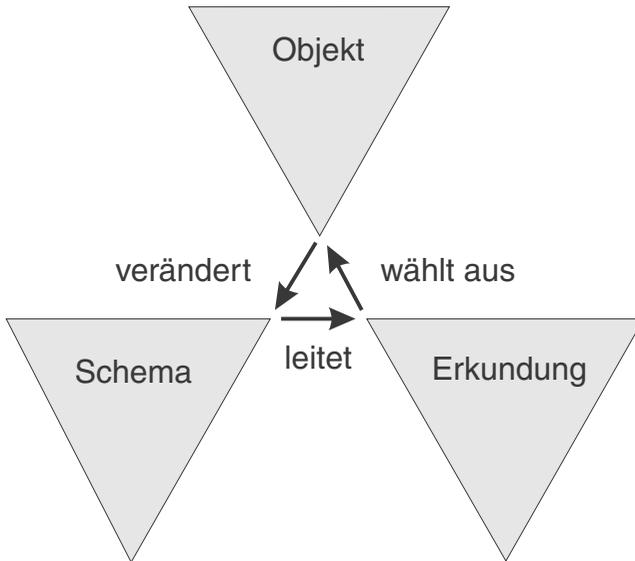
Seit Ende der 1960er Jahre dominieren kognitionspsychologische Ansätze, die durch die Untersuchungen von Neisser (1979) initiiert wurden. Sie haben zum Ziel, die Wahrnehmung als aktiven und informationsverarbeitenden Prozeß zu beschreiben und konzentrieren sich daher auf die Erforschung von Wahrnehmungsmechanismen, die zum individuellen Wissenserwerb führen.

Zu den wichtigsten Ansätzen zählen die Schematheorie (Wahrnehmungszyklus) nach Neisser (1979), die Theorie der dualen Kodierung nach Paivio (1986) und die Theorie der propositionalen Kodierung nach Pylyshyn (1981). Sie werden nachfolgend kurz beschrieben, um daraus Gestaltungsprinzipien für Animationen abzuleiten.

#### Der Wahrnehmungszyklus nach Neisser

Nach Guski (1989) kann Neissers Theorie als Wahrnehmungszyklus aufgefaßt werden (Abb. 3-1). Die Wahrnehmung ist eine kontinuierliche Tätigkeit, die als Informationsverarbeitung zu werten ist und hohe kognitive individuelle Leistungen umfaßt. Dazu zählt die Bildung von *Schemata*. Dies sind individuelle Gedächtnisstrukturen, in denen veränderliches Wissen über die Umwelt gespeichert wird und die durch Wahrnehmungserfahrungen gebildet werden. Sie rufen individuelle Erwartungen hervor, zum Beispiel an in der Zukunft vermutlich eintretende Ereignisse, und steuern auf diese Weise die Aufmerksamkeit eines Betrachters. Es wird aus diesem Grunde auch von *antizipierten Schemata* gesprochen. Ergebnis ist die Informationsselektion: unwichtige Informationen werden ausgeblendet.

Die Informationswahrnehmung läuft daher sehr individuell ab und ist die Folge von individuellen Merkmalen, wie zum Beispiel Interesse, Motivation, Erfahrung und Wissen. Dieser Sachverhalt verdeutlicht, warum interaktive und dynamische Darstellungsformen vorteilhaft für die Kommunikation von Geo-Informationen sind: Nur durch Interaktivität kann den individuellen Wahrnehmungsgewohnheiten entsprochen werden. Beispiele dafür werden von Buziek und Döllner (1999) und in diesem Buch von Döllner und Zedi gegeben.



**Abb. 3-1** Der Wahrnehmungszyklus (nach Neisser 1979, vgl. Guski 1989)

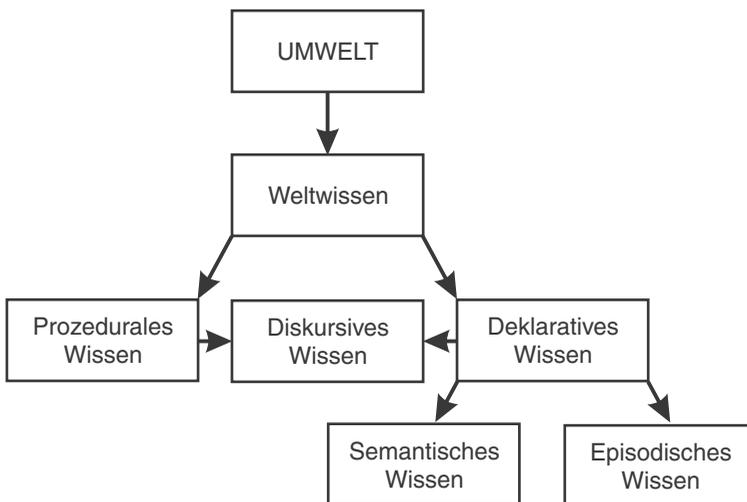
Durch Schemata geleitete Interaktionen von Nutzern haben wiederum rückkopplende Auswirkungen auf die aktivierten Schemata, so daß diese ständig aktualisiert werden. Das in ihnen gespeicherte Wissen umfaßt situationsbezogene Hypothesen, Wissenselemente, Erwartungen und Handlungsprogramme. Aus der hohen individuellen Prägung der Schemata ist ersichtlich, daß die wahrnehmungsgerechte kartographische Gestaltung von Animationen nur mit guter Kenntnis über die Erfahrungen und das Wissen der Zielgruppe möglich ist. Die Interaktion ist erheblich eingeschränkt, wie auch Sieber et al in diesem Buch verdeutlichen. Die Zielgruppenanalyse ist daher der erste Schritt der Konzeption und Gestaltung von kartographischen Animationen.

Für die Gestaltung von kartographischen Animationen muß nach der Schematheorie die erwartungsgesteuerte Aufmerksamkeit beachtet werden. Die Erwartungen und die Vorstellungen, die beim Betrachten von Bildsequenzen entstehen, sind zuvor vom Autoren abzuschätzen. Gelingt dies, so ist die Steigerung der Wahrnehmungseffizienz die Folge, da keine Wissensmodifikation mit zusätzlichem Lernvorgang erfolgen muß. Die zu vermittelnden Informationen sind ohne zusätzliche kognitive Leistung aufnehmbar, die Antizipationen werden bestätigt. Werden Erwartungen nicht erfüllt, so ist eine Schemamodifikation die Folge. Dies erfordert zusätzlichen kognitiven Aufwand und Zeitbedarf. Informationen im sensorischen Gedächtnis stehen dafür zwischen 200 msec (visuelles sensorisches Gedächtnis) und 1500 msec (akustisches sensorisches Gedächtnis) zur Verfügung (Kluwe und Schulze 1994). Der Betrachter darf in diesem Fall nicht mit einer zu schnellen Vermittlung weiterer

Informationen überfordert werden. Aus der Schematheorie lassen sich für kartographische Animationen die folgenden Grundprinzipien ableiten:

- Wissen und Erfahrungen der Betrachter sind durch eine Zielgruppenanalyse zu ermitteln.
- Die Erwartungshaltung des Betrachters ist zu beachten.
- Der Zeitbedarf der kognitiven Informationsverarbeitung muß berücksichtigt werden.

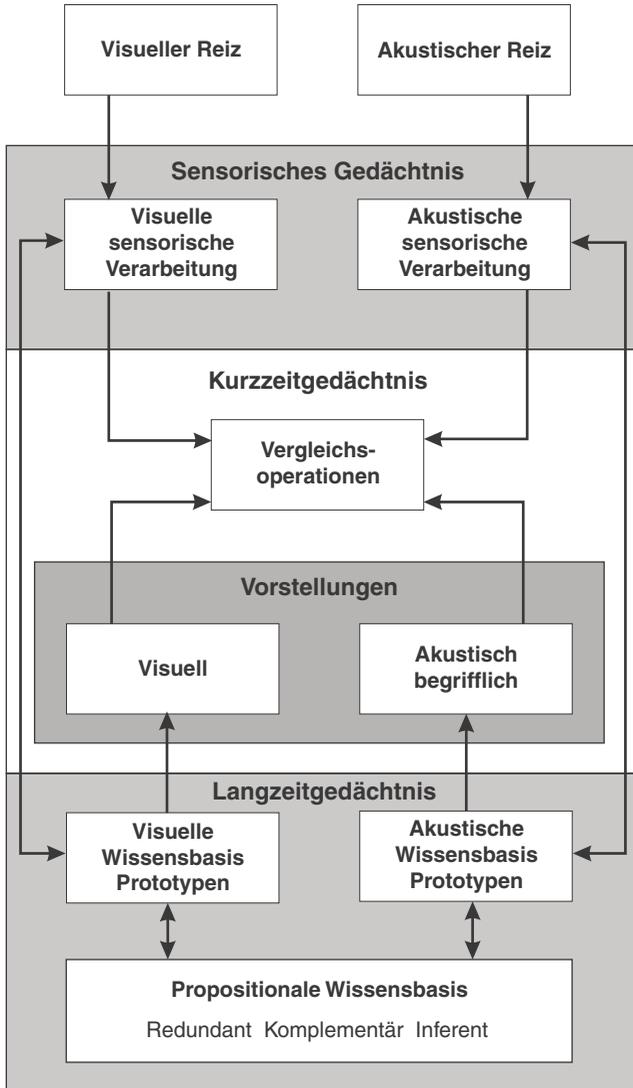
Die Bildung und Modifikation von Schemata und die Steuerung der Erkundung erklärt Neissers Metatheorie nicht. Kenntnisse darüber jedoch sind notwendig für die wahrnehmungsgerechte audio-visuelle Animationsgestaltung. Es sind daher weitere Theorien heranzuziehen.



**Abb. 3-2** Wissensarten und ihre Zusammenhänge (Nach Böhme-Dürr 1990)

### Die duale und multimodale Wissensbildung

Schemata enthalten Wissen in unterschiedlicher Form. Das deklarative Wissen, auch als Weltwissen oder empirisches Wissen bezeichnet, ist erfahrungsbegründet und an Handlungen gebunden. Semantisches Wissen entsteht, wenn zusätzlich die Organisation nach zeitlichen, räumlichen oder kausalen Aspekten berücksichtigt wird (Böhme-Dürr 1990). Der Erwerb von Wissen ist das Ergebnis von Lernprozessen. Sie beruhen zum Beispiel auf dem Prinzip des Erkennens von Gleichartigkeiten, das die Erweiterung bestehender Schemata oder die Schema-Neubildung steuert (Seel 1990).



**Abb. 3-3** Das Modell der Wort- und Bildverarbeitung (nach Ballstedt 1990, Snodgrass 1984, Müller 1989)

Eine Möglichkeit, die Wissensbildung zu beschreiben, bietet die Kombination der Theorie der dualen Kodierung (Paivio 1986) mit der Theorie der propositionalen Kodierung (Pylyshyn 1981). Müller (1987) entwickelt daraus die semantische Gedächtnistheorie. Sie wird von Ballstaedt (1990) in einer neueren Variante dargestellt. Hasebrook (1995) nutzt sie als Basis für die Beschreibung medienpsychologischer Grundlagen von Multimediadarstellungen. Nach dieser Theorie werden Weltwissen und semantisches Wissen in verbalen, imaginalen und propositionalen

Wissensbasen abgelegt. Zuvor wird die Wissensbildung durch den Vergleich der aktuellen Erfahrungen mit bereits gespeicherten Erfahrungen (Müller) bzw. durch den Vergleich mit Prototypen (Ballstaedt) bewertet und effizient durchgeführt. Weitere mentale Prozesse (Wiedererkennung, Schemaaktivierung, Erzeugung von Vorstellungen und Erwartungen) unterstützen die Wissensbildung. Insbesondere aus der dualen Gedächtnistheorie ergeben sich weitere allgemeine Gestaltungsprinzipien:

- Sprache und Texte lösen Vorstellungen aus und ermöglichen den Informationszugriff im Gedächtnis.
- Bilder können verbalisiert und daher sowohl textuell als auch imaginal gespeichert werden, so daß sowohl begrifflich als auch bildlich mental auf die Information zugegriffen werden kann.
- Die Verbalisierung von Bildern ist leichter als die Erzeugung von Vorstellungen aus Sprach- und Textinformationen, daher ist die bildlich dargestellte Information anderen Arten der Kodierung überlegen
- Abstrakte Sachverhalte werden nur verbalisiert gespeichert. Ihre Erinnerung kann durch Verknüpfung mit Bildern gesteigert werden.

Für Animationen folgt daraus, daß

- die akustischen Informationen einer Animation (Sprache, Musik, Geräusche usw.) mit Bezug zu den graphischen Inhalten gewählt werden sollten und
- Standbilder in Animationen im Hinblick auf die Wissensbildung vorteilhaft eingesetzt werden können.

Engelkamp (1991, 1997) greift diese Gedanken auf, und fordert, die wissensbasierte Informationsverarbeitung nicht nur auf verbale, imaginale und propositionale Wissensbasen zu beschränken. Seine Untersuchungen zeigen, daß eigenes Handeln nicht unerhebliche Auswirkungen auf den Wissenserwerb und die Behaltensleistung von Individuen hat. Dies ist ein weiteres Indiz für Vorteile, die sich aufgrund von Interaktivität in kartographischen Systemen ergeben können. Darüber hinaus regt Engelkamp an, daß auch Modalitäten wie Bewegung, Musik usw. in Gedächtnistheorien berücksichtigt werden müßten. Es ergeben sich weitere allgemeine Gestaltungsprinzipien:

- Die multiple Kodierung von Informationen erfordert ein gemeinsames Konzept, das heißt, sie müssen semantisch zusammenpassen.
- Sensomotorische Prozesse (eigenes Handeln) bewirken eine Verbesserung der Behaltensleistung.

### **Wissensbildung durch Lern- und Gedächtnisprozesse**

Im vorherigen Abschnitt wurden ausgewählte Modelle der Wahrnehmung vorgestellt, die einen ersten Eindruck von den sehr komplexen Zusammenhängen der menschlichen Informationsverarbeitung geben. Interessant im Hinblick auf Fragestellungen zur Gestaltung sind die kognitiven Mechanismen, die aktiv zum Wis-

senserwerb beitragen. Sie können nach den Strukturen des Gedächtnisses (sensorisch, kurzzeitig, langfristig) geordnet werden.

Eine Möglichkeit zur Beschreibung der Mechanismen des Lernens und der Wissensbildung bietet die sozial-kognitive Lerntheorie nach Bandura (1979), die auch auf den Wissenserwerb mit kartographischen Darstellungsformen übertragen werden kann. Bandura geht davon aus, daß die Wissensbildung durch Lernen auf unmittelbarer Erfahrung und stellvertretender Erfahrung beruht. Letztere erfolgt durch Imitation und Bewertung der Imitationskonsequenzen. Durch Experimente konnten vier Teilprozesse allgemeinen Lernens belegt werden.

Aufmerksamkeitsprozesse werden durch bestimmte Reize ausgelöst und bewirken die selektive Wahrnehmung. Diese Reize müssen von anderen simultanen Sinnesreizen diskriminierbar sein. Für ihre Aufnahme muß freie Wahrnehmungskapazität bestehen. Diese Forderung muß vom Kurzzeitgedächtnis erfüllt werden. Es ist nach Untersuchungen von Miller (1956) in der Lage,  $7 \pm 2$  Informationseinheiten für eine Zeitspanne von 20 bis 30 Sekunden zu speichern. Bei oberflächlicher Wahrnehmung sinkt dieser Wert auf  $4 \pm 2$  Informationseinheiten (Card, Moran und Newell 1983). Wichtig an diesem Sachverhalt ist neben der Anzahl der Informationseinheiten die Frage nach ihrem Zustandekommen. Zimbardo (1995) beschreibt das Prinzip der Informationsgruppierung in diesem Zusammenhang und führt dafür individuelle Organisations- und Ordnungsprinzipien an. Im Hinblick auf unsere kartographische Aufgabenstellung können dies sein

- Ähnlichkeitskriterien (gleiches Aussehen, temporales Verhalten, Gruppenbildung usw.)
- Gemeinsame Bedeutungen (Straßennetz, Gewässernetz, usw.)
- Ordnungs- und Organisationsprinzipien (semantische Klassifizierung, hierarchische Strukturierung usw.)

Informationsüberschuß und Reizüberflutung sind zu vermeiden. Diese Forderung kann durch Berücksichtigung des Zeitbedarfs der kognitiven Informationsverarbeitung erfüllt werden. Angaben dazu liefern Kluwe und Schulze (1994). Zusätzlich müssen bereits vorhandene Wahrnehmungserfahrungen berücksichtigt werden, die mit dem Reiz verbundene Schemata aktivieren und die Wahrnehmung steuern. Eine Ausnahme bilden Extremreize, wie zum Beispiel plötzliche Lautstärke- oder Helligkeitsänderungen, die unterbewußt ablaufende Wahrnehmungsprozesse (Warnfunktion, Gefahrsignalisierung) aktivieren und so die Aufmerksamkeit auf bestimmte Objekte lenken.

Bei der Gestaltung kartographischer Animationen ist die Aktivierung von Aufmerksamkeitsprozessen notwendig, wenn zum Beispiel für das weitere Verständnis der kartographischen Animation notwendige Informationen zu vermitteln sind. Beispiele dafür sind besonders interessant gestaltete Bildsequenzen oder überraschende visuelle und akustische Effekte. Auch verbale Anweisungen können die Aufmerksamkeit auf bestimmte Sachverhalte lenken. Es ergibt sich folgendes Gestaltungsprinzip:

### **Für verständnisrelevante Informationen muß Aufmerksamkeit geweckt werden durch interessante graphische oder akustische Effekte.**

Gedächtnisprozesse sind die Folge der selektiven Wahrnehmung und bewirken die Erinnerbarkeit des Erlernenen. Bandura greift für seine Lerntheorie auf die im vorherigen Abschnitt erläuterte duale Kodierungstheorie zurück.

Verstärkungs- und Motivationsprozesse dienen der Aneignung von bestimmten Verhaltensweisen und führen zur Bildung von Schemata. Auslöser können sowohl motorische als auch kognitive Prozesse sein. Nach der Theorie der dualen Kodierung kann zum Beispiel Verstärkung durch die Darbietung einer Information mit zwei unterschiedlichen Reizmodalitäten (Bild und Sprache, Bildsequenz und Musik usw.) bewirkt werden. Dies sind Möglichkeiten, um in einer non-interaktiven Animation wichtige Sachverhalte hervorzuheben (Dransch 1997a). Bei interaktiven kartographischen Animationen kann darüber hinaus die Motorik des Benutzers angesprochen werden, was ebenfalls eine Reizverstärkung bewirkt.

### **3.2.2 Konsequenzen für die Gestaltung von Animationen**

Die praktische Umsetzung der theoretischen Grundlagen führt bei Animationen zu zweckorientierten Bildsequenzen. Dazu zählen orientierende Elemente, sog. Expositionen, die dem Betrachter zum Beispiel die Möglichkeit zur Bildung eines eigenen raum-zeitlichen Bezugssystems geben. Ferner werden orientierende Totalansichten oder die Blickwechselsimulation durch eine Folge ausgewählter Standbilder benötigt. Durch eine „natürliche“ Darstellung, zum Beispiel in Form von Perspektivabbildungen und durch die Simulation von Licht und Schatten, können Wiedererkennungsprozesse aktiviert werden, so daß zusätzliche Erläuterungen entfallen können und sehr effizient wahrgenommen wird. Wiedererkennungsprozesse können auch nach einer schemabildenden Trainingsphase aktiviert werden. Dies ist notwendig, wenn der Abstraktionsgrad von visuellen Darstellungen zunimmt, ausgewählte Zeichensysteme verwendet werden und daher Legendeninformation vermittelt werden muß. Dies ist der Fall bei allen Aufgaben der kartographischen Gestaltung.

In der weiteren zeitlichen Folge sind die Objekte deutlich hervorzuheben, um eine Fokussierung und die Aufmerksamkeitssteuerung zu bewirken. Dies kann durch eine Änderung des Abbildungsmaßstabes oder Vergrößerungsoperationen (Zoom) erfolgen. Wenn notwendig, sind danach detaillierte Objektinformationen graphisch oder akustisch zu vermitteln. Eine Zuordnung zum bereits wahrgenommenen Kontext ist dann möglich. Die Verwendung von akustischen Reizmodalitäten, zum Beispiel Sprache, Musik oder Geräusch, kann zur Verstärkung des visuellen Eindrucks eingesetzt werden. Denkbar ist auch die Unterstützung der Orientierung durch eine Geräuschkulisse variablen Inhalts und variabler Lautstärke.

### **3.3 Animation der Leinetal-Überflutung des Jahres 1981**

#### **3.3.1 Zielsetzung und Zielgruppe**

In einem interdisziplinären Forschungsprojekt wurde an der Universität Hannover die Unterstützung raumbezogener Planungsprozesse mit Hilfe eines Geo-Informationssystems untersucht (Lenk, Grünreich und Buziek 1997). Testgebiet war ein Ausschnitt des Leinetals südlich von Hannover. Dieser Talabschnitt ist überflutungsgefährdet. Aus diesem Grund besteht erhöhter Bedarf an einer wasserwirtschaftlichen und zugleich ökologischen Landschaftsplanung. In diesem Planungsprozeß sind kartographische Darstellungen als Planungshilfsmittel unverzichtbar, da nur sie geeignet sind, die komplexen raum-zeitlichen Zusammenhänge wahrnehmungsgerecht zu veranschaulichen. Die Erfüllung dieser Aufgabe wird durch moderne Darstellungsformen (zum Beispiel Animationen, multi- und hypermediale Darstellungen) positiv unterstützt.

Die Aufgabe der kartographischen Visualisierung ist äußerst vielfältig. Ihre Erzeugnisse werden für explorative Aufgaben, für Verifikations- und Präsentationszwecke benötigt. Sie wird zielgruppenorientiert zum Zweck der Übermittlung ausgewählter Sachverhalte durchgeführt. Diesem Aufgabentypus ist die kartographische Animation des Überflutungsprozesses zuzuordnen. Im genannten Forschungsprojekt wurde die Aufgabe deutlich, in kurzer und prägnanter Form über den planungsauslösenden Überflutungsprozeß zu informieren. Zur Zielgruppe gehören alle an den Projektinhalten interessierten Personen. Sie ist folglich heterogen, gekennzeichnet durch Personen verschiedener Fachdisziplinen und mit unterschiedlichem individuellem und projektbezogenen Wissen.

Für die Lösung dieser Aufgabe ist daher eine Darstellungsform mit möglichst großer Anschaulichkeit zu wählen, die den dynamischen und zeitabhängigen Sachverhalt prägnant und eindeutig veranschaulicht. Aus zeitlichen und aus darstellerischen Gründen ist daher ein möglichst einfaches Zeichensystem zu wählen. Dies läßt sich durch eine realitätsnahe Darstellung erzielen, die auf den allgemeinen Erfahrungen der Umweltwahrnehmung beruht und geprägt ist durch die kognitive Verarbeitung visueller Reize in Form von Licht und Schatten und charakteristischen Farben und Formen. Als Darstellungsform wurde daher die kartographische Computeranimation für die Wiedergabe vom Videoband ausgewählt. Diese Darstellungsform ist attraktiv und interessant, so daß die Aufmerksamkeit der Betrachter angesprochen wird. Der sequentielle zeitliche Verlauf und die Verwendung akustischer Darstellungsmittel ermöglichen die Führung der Benutzer, so daß die Übertragung von wichtigen Erkenntnissen und Informationen weitgehend sichergestellt werden kann. Zudem steht der akustische Kanal für die Übertragung von abstrakten Informationen zur Verfügung.

### 3.3.2 Inhaltliche Gestaltung

Die kartographische Animation soll dem Betrachter Informationen über die geographische Lage des Projektgebiets und seiner wichtigsten topographischen und thematischen Merkmale vermitteln. Insbesondere soll die Beeinträchtigung von Verkehr und Landnutzung sowie die Gefährdung von Siedlungsgebieten durch die Überflutung veranschaulicht werden. Mit Bezug zu den Projektinhalten sollen darüber hinaus Informationen zur Verwendung von Geo-Basisdaten für die Unterstützung des Planungsprozesses in akustischer Form gegeben werden.

Aufgrund der wahrnehmungstheoretischen Grundlagen (Wahrnehmungskapazität, begrenzte Betrachtungszeit) und der technischen Randbedingungen (zum Beispiel Bildschirmauflösung) wurde die Objektvielfalt des verfügbaren digitalen Landschaftsmodells erheblich reduziert. Für die graphische Darstellung vorgesehen wurden das Wege- und Gewässernetz, die häufigsten Nutzungsarten (Wohnen, Industrie, Wald, Grün- und Ackerland) und die Geländeformen.

### 3.3.3 Graphische und akustische Gestaltung

#### Modalitäten der Informationsdarstellung

Im Vergleich zum Entwurf statischer Karten gelten bei dem Design von kartographischen Computeranimationen andere Randbedingungen. Sie ergeben sich aus der begrenzten Beobachtungszeit, dem zusätzlich verfügbaren akustischen Übertragungskanal und den vielfältigen Modalitäten der Informationsübertragung.

Der visuelle Übertragungskanal enthält die Modalitäten Film, Videofilm, Trickfilm, Animation, Fotografie, Bild und Graphik. Hinzu kommen Texte in schriftlicher Form und Tabellen. Ihre Verwendung ist abhängig vom Inhalt, der zu treffenden Aussage und dem Zweck der Informationsübertragung.

Der akustische Übertragungskanal enthält die Modalitäten Geräusch, Musik, Gesang, Sprache und Ton. Verwendungszweck der Sprache ist die Vermittlung von erläuternden Hinweisen, graphisch nicht darstellbaren Sachverhalten und Handlungsanweisungen. Sprachinformationen sind hilfreich für die Begriffsbildung. Darüber hinaus können sie – imperativisch benutzt – Anleitung und Hilfestellung geben und motorische Handlungen (Verstärkung und Motivation) bewirken.

Die Modalität *Musik* erfüllt eine dramaturgische Funktion und kann zur Unterstützung des Handlungsablaufs genutzt werden. Darüber hinaus ist sie geeignet, in Form von Hintergrundmusik eine auf den Inhalt abgestimmte Wahrnehmungsumgebung zu schaffen. Sie kann den Wahrnehmungseindruck vertiefen.

Sprache und Musik sind die wichtigsten akustischen Modalitäten, die zur gestalterischen Erweiterung kartographischer Animationen genutzt werden können. Ihr zweckgerechter Einsatz setzt allerdings spezielle Kenntnisse in Form von Sprachschulung oder musikalischem Talent voraus, so daß für die akustische Gestaltung Spezialisten herangezogen werden müssen. Interdisziplinäre Teamarbeit ist erforderlich (Cartwright 1994).

## Konzeption und Gestaltungsprinzipien

Der Entwurf der Computeranimation wurde zunächst konzeptionell mit Hilfe eines Drehbuchs (Storyboard) durchgeführt (siehe den Beitrag von Dransch in diesem Buch). Später ergab sich ein iterativer Prozeß bestehend aus den Schritten inhaltliche Festlegung, zeitliche Reihenfolge, Einzelbildberechnung und Designbeurteilung. Der Ablauf ist bei Buziek (1997b) detailliert beschrieben und wird hier nicht weiter erörtert.

Die Zeitdauer der Sequenzen wurde überschlägig aufgrund individueller Vorstellungen ermittelt. Diese einfache Methode konnte mit Erfolg eingesetzt werden. Dies bestätigte die Untersuchungsergebnisse von Kosslyn et al (1975), der in Wahrnehmungsexperimenten festgestellt hatte, daß die Geschwindigkeit des gedanklichen Lesens einer mentalen Karte der einer materiellen Karte entspricht (Anderson 1986). Auf die Möglichkeit der photorealistischen Darstellung wurde bewußt verzichtet, da sie ablenkende Informationen enthalten hätte. Der gesprochene Text wurde auf die verfügbare Zeit abgestimmt. Die Musikstücke wurden im Hinblick auf die Unterstützung des visuellen Eindrucks ausgewählt.

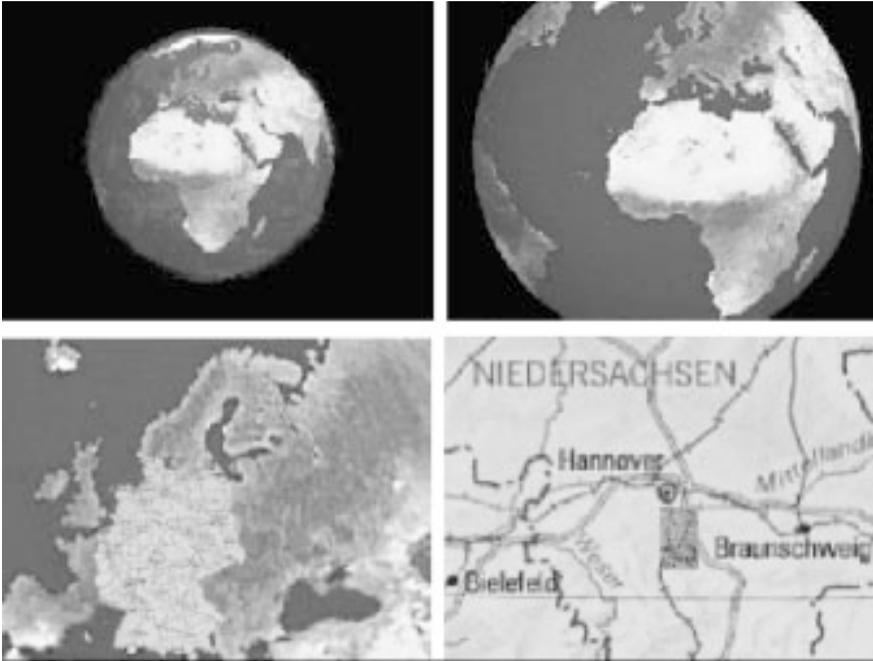
Als Ergebnis der Arbeiten entstand eine kartographische Animation mit 120 kleineren Bildfolgen und ca. 6500 Einzelbildern zu je 24 Bit Farbtiefe und einer Rastergröße von 720x576 Pixeln. Die Präsentationszeit beträgt ca. 6 Minuten. Für die technische Realisierung wurde die Rendering-Software *POV-Ray* (Persistence of Vision Raytracing) verwendet (siehe die Beiträge von Döllner, von Dransch/Rase und von Schiltz). Das technische Umfeld für die Ausgabe der Sequenzen auf Betacam, S-VHS- und VHS-Videocassetten stellte das Regionale Rechenzentrum Niedersachsen (RRZN) zur Verfügung. Die Technik ist im Beitrag von Olbrich und Pralle beschrieben.

Prinzipiell wurde bei der Gestaltung darauf geachtet, daß den Betrachtern die Möglichkeit der raum-zeitlichen Orientierung für die Schaffung eines Bezugssystems gegeben wird. Dies wurde erreicht, indem stets von bekannten Sachverhalten auf unbekannte übergegangen wurde. Dies entspricht dem Grundprinzip *Vom Bekannten zum Unbekannten* mit den Varianten *Vom Allgemeinen zum Speziellen* bzw. *Vom Großen ins Kleine* (Dransch 1997b). In wahrnehmungstheoretischer Hinsicht beruht das Grundprinzip auf der hierarchischen und semantischen Strukturierung von Wissen (Böhme-Dürr 1990). Ein Beispiel dafür ist die Sequenzfolge *Drehende Erdkugel – Europakarte – Deutschlandkarte – Regionalkarte* zur Beschreibung der geographischen Lage des Projektgebiets (Abb. 3-4).

Das Gestaltungsprinzip lautet:

### **Erinnerbarkeit und Gruppierung unterstützen durch hierarchische und semantische Ordnung.**

Für das weitere inhaltliche Verständnis der Animation ist bei dem Betrachter eine Wissensbasis aufzubauen, die es ihm erlaubt, die weiteren Sachverhalte zuzuordnen und zu verstehen. Der Betrachter lernt.



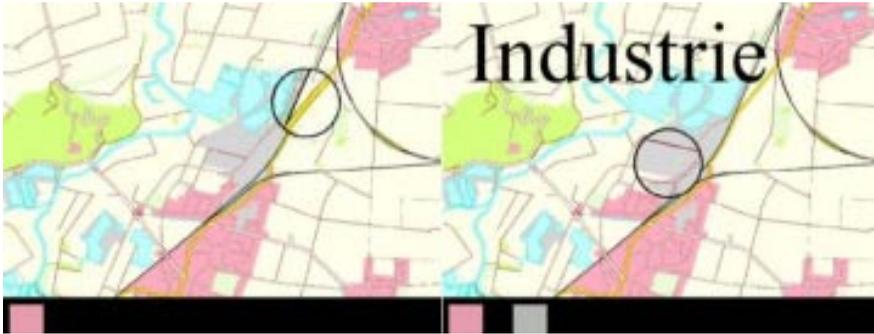
**Abb. 3-4** Hierarchische Ordnung durch logische Maßstabsfolge als Beispiel für die visuelle Informationsgruppierung (Datei Ani3-1.mpg)

Bei der Wahrnehmung von kartographischen Darstellungen muß die Lernphase zum Erwerb eines Zeichenvorrats (Code-Wissen) führen, der eine Zeichendekodierung gestattet. In non-interaktiven kartographischen Animationen, in denen die Betrachter nicht individuell auf Legendeninformationen zugreifen können und unter einem gewissen zeitlichen Druck stehen, ist dafür die Fokussierung der Aufmerksamkeit und Steuerung der Selektivwahrnehmung mittels visueller oder akustischer Hilfen notwendig, die durch Andersartigkeit gekennzeichnet sind. Ferner sind akustische Anweisungen denkbar, aber auch extreme visuelle Reize, die aufgrund ihrer Andersartigkeit fokussiert werden. Das Gestaltungsprinzip lautet hier:

**Aufmerksamkeit durch Andersartigkeit bewirken.**

Ein Beispiel dafür ist die Gestaltung einer animierten Legende. Sie besteht aus einem Kartenausschnitt, dessen wichtigste Objekte erläutert werden müssen. In der praktischen Umsetzung wird eine wandernde Lupe simuliert (Abb. 3-5). Sie fokussiert die Aufmerksamkeit der Betrachter und führt den Blick von Objekt zu Objekt. Die Objekterläuterung (Begriffsbildung) wird auf unterschiedlichen Kanälen und mit unterschiedlichen Modalitäten (Schrift und Sprache) vorgenommen. Die Störungsgefahr wird dadurch erheblich minimiert und eine Reizverstärkung hervorgerufen (Ballstedt 1990). Dem Betrachter wird genügend Betrachtungszeit gelassen.

Es kommt zur mentalen Kodierung und zur Bildung von Codewissen in Form von Konzepten im Langzeitgedächtnis. Unterschiedliche Legenden-Entwürfe werden von Mentz (1997), Buziek (1999a, 1999b) diskutiert.



**Abb. 3-5** Aufmerksamkeitslenkung durch Simulation einer bewegten Lupe und Texteinblendung (Ani3-2.mpg)

Die Anzahl der Legendenobjekte ist einerseits von fachlichen Kriterien und dem zu beschreibenden Sachverhalt abhängig. Andererseits wird sie begrenzt durch die Aufnahmefähigkeit des menschlichen Wahrnehmungssystems, da die Zuführung von Informationseinheiten über das Kurzzeitgedächtnis limitiert ist.

In unserem Beispiel sind 7 Flächenfarben erläutert worden, die bei der Präsentation des Projektgebietes erinnert und wiedererkannt werden sollen. Durch die hohe Effizienz der Wiedererkennungsprozesses können die kognitiven Leistungen des Gehirns hauptsächlich für die Auswertung der Informationen eingesetzt werden, zum Beispiel für die Bildung raum-zeitlicher Relationen und Analysen. Das Gestaltungsprinzip hier:

### **Durch Wiedererkennung die Effizienz kognitiver Prozesse steigern.**

Die Wiedererkennung wird zum Beispiel aktiviert während einer Flugsimulations-Sequenz durch das Leinetal. Sie soll Aufmerksamkeit für den nachfolgenden Überflutungsprozeß wecken und zugleich einen Landschaftseindruck vermitteln. Dieser wird durch geeignete Hintergrundmusik unterstützt und verstärkt. Die Projektion ist perspektiv und zeigt ein digitales Geländemodell mit einer ATKIS-Präsentationsgraphik als Textur. Die Textur wurde mit den Werkzeugen eines Geo-Informationssystems berechnet. Grundlage dafür waren Geo-Daten des Amtlichen Topographisch-Kartographischen Informationssystems ATKIS. Zu Beginn der Sequenz findet die Selektivwahrnehmung der Kartenobjekte in Verbindung mit Wiedererkennung statt. Während des Fluges erfolgt die erwartungsgesteuerte Wahrnehmung gemäß der semantischen Gedächtnistheorie. Aufgrund der Bewegungsrichtung werden im oberen Bereich des Blickfeldes neue Objekte erwartet (Abb. 3-6).



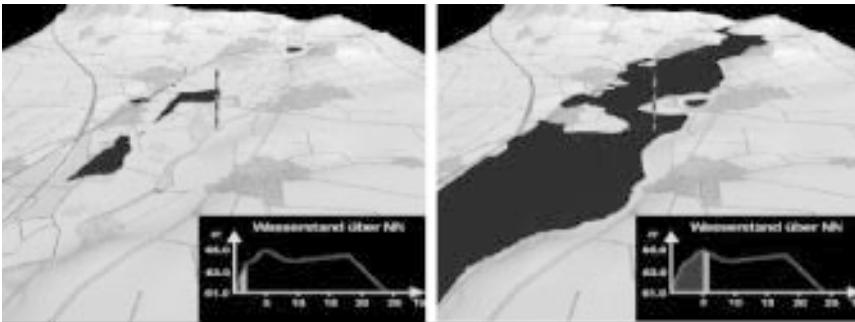
**Abb. 3-6** Perspektivdarstellungen der Überflutungssimulation des Leinetals mit eingeblen-  
deter Pegelkurve (Ani3-3.mpg, Ani3-4.mpg, Ani3-5.mpg)

Das empirische Gestaltungsprinzip lautet hier:

**Prägnanz durch Erwartungssteuerung.**

Damit besitzt der Betrachter genügend Wissen um die Überflutungssimulation zu beobachten und daraus logische Schlußfolgerungen zu ziehen. Auch hier wird das zuvor genannte Prinzip genutzt. Der Betrachter erwartet eine bläuliche Wasseroberfläche mit sich verändernder Grenzlinie. Dafür ist eine Zeitrafferdarstellung notwendig. Informationen über die zeitliche Dauer und die Höhe des Wasserspiegels werden in Form eines integrierten Pegelkurvendiagramms dargestellt (Abb. 3-7). Dies ist zulässig, da die Veränderungen während des Blickwechsels gering sind. Die Angabe des Zeitmaßstabes hat sich als nicht geeignet erwiesen, da er offenbar nur mit Mühe mental umgesetzt werden kann.

**Blickwechselzeit bestimmt Integrierbarkeit weiterer Modalitäten desselben Kanals.**



**Abb. 3-7** Aufmerksamkeitssteuerung durch Erwartung (Ani3-3.mpg)

Für die dramaturgische Kennzeichnung des Hochwasserzeitpunkts wird Musik verwendet. Die Anforderungen an die Musik ergeben sich aus der Natur des dynamischen Prozesses. In diesem Beispiel muß die Zunahme des Wasserstandes und die damit verbundene Gefährdung zu Ausdruck gebracht werden. Darüber hinaus soll auch der Zeitpunkt maximalen Hochwassers betont werden. Aufgrund dieser speziellen Anforderungen lassen sich kaum geeignete Musikstücke finden, die bereits auf Tonträgern zur Verfügung stehen. Zweckgerechter ist es, eine musikalische Interpretation des dynamischen Prozesses anfertigen zu lassen, die die Anforderungen erfüllt.

### 3.4 Animation von Verkehrsströmen im Großraum Hannover

Im Abschnitt 3.3 wurde die Gestaltung eines kartographischen Animationssequenz beschrieben, deren Ziel ist, als singuläre Anwendung umfassend über einen bestimmten Sachverhalt (hier: Überflutung des Leinetals) zu informieren.

In diesem Abschnitt soll der Entwurf von kartographischen Animation beschrieben und bewertet werden, die für die Integration in ein multimediales Auskunftssystem vorgesehen sind. Den Rahmen dafür spannt die von Emmerich (1999) beschriebene Konzeption eines Auskunftssystems für die Verkehrsentwicklungsplanung auf. Es umfaßt die Eingangsdaten (Strukturgrößen) für die Simulation von Verkehrsströmen und stellt sie in ihrem raumbezogenen Zusammenhang mittels statischer und interaktiver Karten dar. Als Zielgrößen ergeben sich Verkehrsbelastungswerte für einzelne Straßenabschnitte. Sie werden normalerweise als statische und zeitlich gebundene thematische Karten visualisiert (Abb. 3-8).

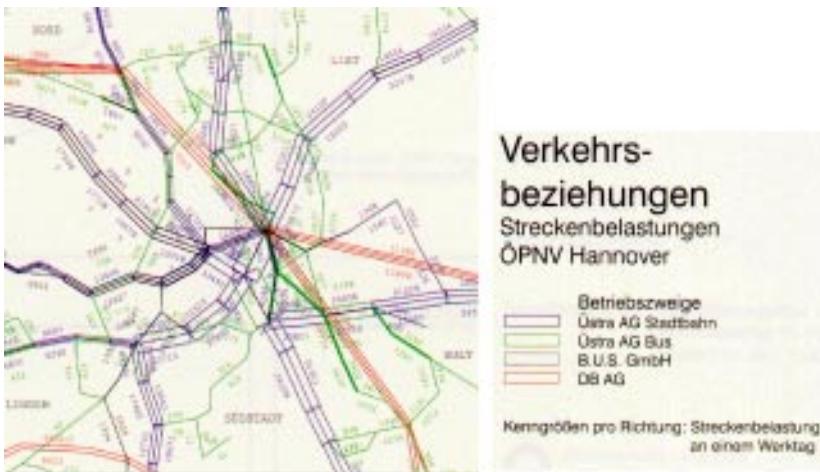


Abb. 3-8 Ausschnitt aus einer Karte der Streckenbelastungen (KGH 1997)

Die raum-zeitlichen Zusammenhänge können dadurch jedoch nur unzureichend dargestellt werden, da sie die subjektive Ableitung einer Vorstellung des dynamischen Prozesses aus mehreren statischen thematischen Karten erfordern würde. Dieser hohe kognitive Aufwand kann reduziert werden, wenn Verkehrsströme in Form einer Animation und gemäß ihrer Natur, also dynamisch, präsentiert werden. Vor diesem Hintergrund sind Untersuchungen zum Entwurf von kartographischen Animationen von Verkehrsströmen gerechtfertigt.

### **3.4.1 Konzeption einer Animation der täglichen Verkehrsbelastung**

Für die Herstellung der Entwürfe wurde zunächst ein allgemeines Konzept in Form eines Drehbuchs mit folgendem Inhalt entworfen (Hampe 1999):

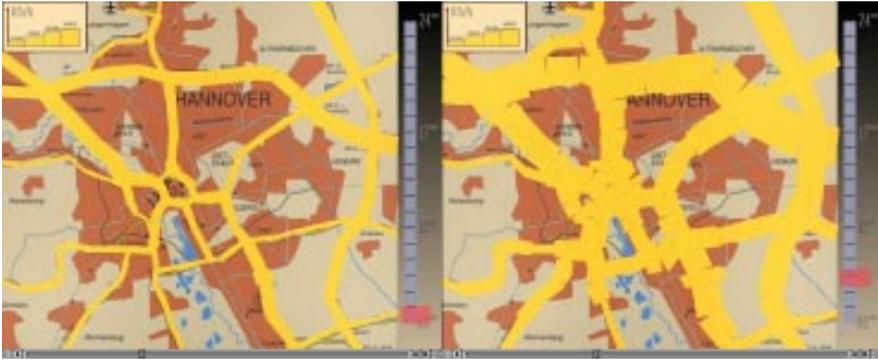
- Die Einführung in das Thema durch Einblendung eines Titel-Schriftzuges. Dadurch wird die thematische Orientierung gewährleistet und der zu schaffende mentale Wissensrahmen definiert.
- Im zweiten Schritt folgen Informationen zur räumlichen Orientierung, die mittels einer statischen Karte dem Betrachter vermittelt werden. Die räumliche Zuordnung vom Straßennetz und dem städtischen Großraum wird dadurch effizient visualisiert.
- Die dritte Animationssequenz hat die Aufgabe der Aufmerksamkeitslenkung. Es wird der Prozeßbezug verdeutlicht und zugleich auf wichtige Zusatzerläuterungen, zum Beispiel Legendeninformationen, verwiesen.
- Es wird der raum-zeitliche Verlauf der Verkehrsbelastung in Kombination mit der zeitlichen Orientierung gezeigt.
- Zur mentalen Festigung der gezeigten Informationen bei den Betrachtern werden wichtige Szenen nochmals gezeigt. Dadurch wird besonders der Gedächtnisprozeß des Wiederholens angesprochen. Dies ist vergleichbar mit der Betonung von ausgewählten Informationen und daher als Generalisierungsprozeß zu werten.

Bei perspektivischen Darstellungen ist in einzelnen Fällen abschließend die Veränderung der Perspektive, zum Beispiel durch Modelldrehung, für die Erzeugung einer plausiblen und kompletten Raumvorstellung erforderlich. Die gestalterischen Aspekte werden nachfolgend anhand mehrerer Entwürfe erörtert.

### **3.4.2 Entwürfe für die kinematographische Darstellung von Verkehrsbelastungswerten**

Die Entwürfe umfassen eine Reihe von grundrißähnlichen Darstellungen, die sich jeweils durch die Art der kartographischen Darstellung von Verkehrsbelastungswerten über einen Zeitraum von 24 Stunden unterscheiden.

Um die Verkehrsbelastung je Streckenabschnitt darzustellen, wurden die Variablen Größe, Farbton und Helligkeit entsprechend der Zu- und Abnahme der Verkehrsbelastungswerte zeitlich verändert.

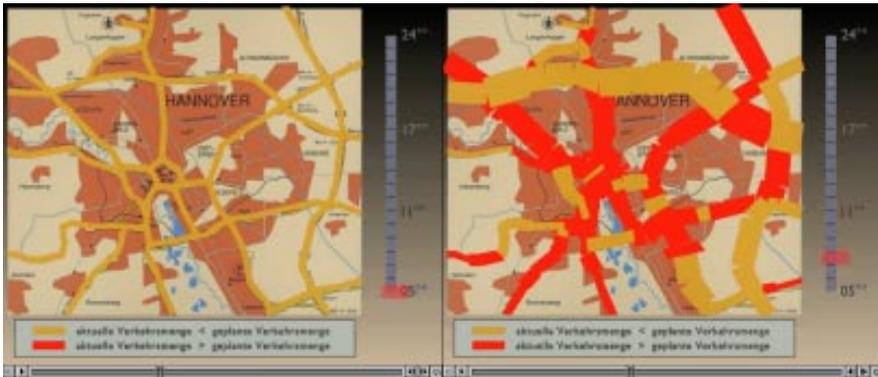


**Abb. 3-9** Darstellung der Verkehrsbelastung durch Änderung der Signaturenbreite (Entwurf 1, Ani3-6.mov)

Entwurf 1 (Abb. 3-9) stellt die Verkehrsbelastungen in Form bandhafter Signaturen entlang ausgewählter Strecken dar. Die Höhe der Verkehrsbelastung wird durch die sich stetig über die Zeit verändernde Signaturenbreite einzelner Streckenabschnitte dargestellt. Die Streckenabschnitte sind dabei über die Zeit synchronisiert. Bei diesem Entwurf wird auf die Aufmerksamkeitslenkung – zum Beispiel durch farbgestalterische Maßnahmen – verzichtet, so daß der Betrachter selbständig Beobachtungsbereiche selektieren muß. Darüber hinaus vermittelt die Farbgebung der Bandsignaturen den Eindruck der Gleichwertigkeit, so daß zum Beispiel die Extrema des Prozesses individuell durch Blickwechsel ermittelt werden müssen.

Ein Alternativentwurf (Entwurf 1a) umfaßt zusätzlich die farbliche Änderung von Streckenabschnitten, die grenzwertüberschreitende Verkehrsbelastungen aufweisen (Abb. 3-10). Durch die Verwendung eines gesättigten Rot treten sprunghafte Farbveränderungen auf. Sie bewirken Aufmerksamkeitsreaktionen und lenken von der Wahrnehmung des Gesamtprozesses ab. Dazu tragen bei mehrere lokale Cluster, die aufgrund ihrer Anzahl häufig die Kapazität des Kurzzeitgedächtnisses überschreiten und in der verfügbaren Zeit nicht in ihrer Gesamtheit beobachtet werden können.

Leider wird der Kartengrund bei beiden Entwürfen durch diese Art der Gestaltung besonders zu den Zeitpunkten hoher Verkehrsbelastung teilweise stark verdeckt, so daß besonders im Innenstadtbereich die Darstellung durch Signaturüberlagerungen stark beeinträchtigt wird. Darüber hinaus können die Absolutwerte nur grob mit Hilfe der eingblendeten Legende geschätzt werden.



**Abb. 3-10** Darstellung der Verkehrsbelastung durch Änderung der Signaturenbreite und zusätzlicher Betonung von grenzwertüberschreitenden Streckenabschnitten (Entwurf 1a, Datei Ani3-7.mov)



**Abb. 3-11** Klassierte Darstellung von Verkehrsbelastungswerten, veranschaulicht durch die farbliche Differenzierung der Belastungsklassen (Entwurf 2, Datei Ani3-8.mov)

Bei dem Entwurf 2 (Abb. 3-11) wird zugunsten der Sichtbarkeit des Kartengrundes und der Raumorientierung auf die Variation der Signaturbreite verzichtet. Stattdessen sind 10 Verkehrsbelastungsklassen gebildet und durch die Verwendung unterschiedlicher Farben gekennzeichnet worden. Der Übergang vom Grün- zum Rot-Ton zeigt die Zunahme der Belastungswerte an. Die Farbwahl kann daher unter dem Aspekt der Farbassoziationen als korrekt betrachtet werden. Durch den farblichen Gegensatz können sowohl die gering als auch die hoch belasteten Streckenabschnitte gut identifiziert werden. Aufgrund der hohen subjektiven Helligkeit der Farbe Gelb tritt jedoch ein Aufmerksamkeitseffekt auf, der den Betrachter von den in Rot und Grün dargestellten Extrema ablenkt und dadurch der Darstellung middle-

rer Verkehrsbelastungswerte eine hohe Dominanz verleiht. Eine Verwendung von Farben gleicher Helligkeit oder mit stetiger Helligkeitszunahme für die Prozeßdarstellung wäre geeigneter gewesen.

Darüber hinaus führt die Verwendung von zehn unterschiedlichen Farbtönen zu einem unruhigen Farbveränderungseindruck, so daß es der Darstellung an Kontinuität mangelt und eine sprunghafte Farbveränderung resultiert, die das Erkennen raum-zeitlicher Zusammenhänge erschwert und zudem nicht charakteristisch ist für den visualisierten Prozeß (Hampe 1999). Grund dafür sind automatische Aufmerksamkeitsreaktionen des Betrachters. Sie treten aufgrund der plötzlichen Farbveränderungen auf. Der Betrachter ist daher stets versucht, die Bereiche der größten farblichen Veränderungen für die Beobachtung zu selektieren. Diese Art der Darstellung erscheint daher besonders geeignet, wenn relative räumliche Änderungen zu visualisieren sind.

Entwurf 3 (Abb. 3-12) ist besonders ausgerichtet auf die Wiedergabe der wesentlichen Merkmale des Verkehrsbelastungsprozesses. Es sind der kontinuierliche Verlauf der Änderung der Verkehrsbelastungswerte und die Veranschaulichung der Extrema (der besonders hoch und gering belasteten Streckenabschnitte). Die Farbgebung erfüllt damit eine zweifache Funktion.



**Abb. 3-12** Darstellung des Verkehrsnetzes durch bandhafte Signaturen konstanter Breite. Die Verkehrsbelastung wird durch einen kontinuierlichen Farbverlauf dargestellt (Entwurf 3, Datei Ani3-9.mov).

Die Verwendung nur einer helligkeitsvariierten Farbe unterstützt die visuelle und kognitive Gruppierung von zwei Klassen. Dies sind die hoch und die gering belasteten Abschnitte des Verkehrsnetzes. Durch die kontinuierliche Helligkeitsveränderung bleiben räumliche Zusammenhänge bestehen, so daß im Gegensatz zum Entwurf 2 räumliche Zusammenhänge besser ausgedrückt werden. Durch die kontinuierliche Farbgebung wird jedoch die zuverlässige Schätzung von Zwischenwerten gemindert.

Mit dem Entwurf 4 (Abb. 3-13) wird der Übergang von einer grundrißähnlichen (zweidimensionalen) auf eine zentralperspektivische unechte 3D-Darstellung vollzogen. In gestalterischer Hinsicht steht damit auch die dritte Dimension des Sekundärmodellraums zur Verfügung. Sie wird in diesem Falle genutzt für die Darstellung der Quantität der Verkehrsbelastung einzelner Streckenabschnitte durch die Variation Höhe von vertikalen Bandsignaturen über die Zeit.



**Abb. 3-13** Perspektivische Darstellung der Verkehrsbelastung mittels vertikaler bandhafter Signaturen einzelner Streckenabschnitte (Entwurf 4, Ani3-10.mov)

Durch die Stufigkeit benachbarter Streckenabschnitte sind räumliche relative Veränderungen der Verkehrsbelastung gut erkennbar. Dies gilt jedoch nur für Abschnitte, die nahezu orthogonal zur Betrachtungsrichtung verlaufen. Daher ist die Modellorientierung als weiterer Gestaltungsparameter zu berücksichtigen. Mit diesem Parameter läßt sich eine Informationsreduktion durch gegenseitige Verdeckung bewirken, aber auch eine Informationsbetonung durch eine entsprechende Modellausrichtung.



**Abb. 3-14** Informationsdarstellung und -betonung durch Veränderung der Modellorientierung (Entwurf 4, Ani3-10.mov)

Weitere nachteilige Effekte ergeben sich durch die perspektivische Verdeckung des Kartengrundes, die die räumliche Zuordnung der bandhaften Vertikalsignaturen erschwert. Dieser Nachteil kann zum Teil durch die Verwendung einer transparenten Flächenfüllung wieder aufgehoben werden. Für die umfassende räumliche Zuordnung ist jedoch zusätzlich die Variation der Modelldarstellung durch Rotation (Richtungsänderung) notwendig, damit gemäß der Wahrnehmungstheorie nach Marr (1980) ein umfassendes mentales 3D-Modell gebildet werden kann (Abb. 3-14). Damit verbunden ist einerseits zusätzlicher Zeitbedarf. Andererseits ergibt sich jedoch als positiver Nebeneffekt die Wiederholung und damit die Betonung besonders wichtiger Zeitpunkte im Prozeßverlauf.

Eine weitere Einschränkung ergibt sich durch die perspektivische Verzerrung, die ein Schätzen von absoluten Größen besonders erschwert. Abhilfe schafft eine sog. Filterebene, die entlang der vertikalen Z-Achse verschoben wird. Die Legende am linken Bildrand erlaubt die Zuordnung zu Verkehrsbelastungswerten, zudem werden durch die optische Filterung ausgewählte Streckenabschnitte zu festgelegten Zeitpunkten besonders hervorgehoben (Abb. 3-15).



**Abb. 3-15** Visuelle Betonung räumlicher Strukturen durch Verwendung einer Filterebene (Entwurf 4, Ani3-10.mov)

Im Rahmen einer Befragung von Verkehrswissenschaftlern wurde die perspektivische Darstellung besonders positiv bewertet. Gründe dafür sind der als ausgewogen bewertete Gesamteindruck, die gute Vergleichsmöglichkeit der Vertikalsignaturen mit dem am linken Bildrand angeordneten Signaturenmaßstab und die Betonung von Extremwerten durch Verwendung der Filterebene (Hampe 1999).

### 3.4.3 Interaktivität von kartographischen Animationen

Der wesentliche Unterschied zwischen statischen Darstellungsformen und kinematographischen Ausdrucksformen liegt in der sequentiellen und zeitabhängigen Form der Informationsvermittlung. Dadurch geht der Vorteil der individuellen selektiven

Wahrnehmung zum Teil verloren oder er unterliegt in hohem Maße dem zeitlichen Ablauf.

Die Interaktivität ist gering. Sie ist in kognitiver Hinsicht beschränkt auf das visuelle Auswählen von Informationen und auf die passive Informationsrezeption. Durch die sequentielle Darbietungsform wird die Gewinnung eines Überblicks über den zeitlichen Verlauf zunächst nicht unterstützt, so daß der Betrachter das Prinzip der schematagesteuerten Antizipation nicht anwenden kann (vgl. Abschnitt 3.4.2). Es können daher Überraschungseffekte auftreten, die das Zuordnen einer Information erschweren. Zudem ist der Nutzer eingeschränkt auf die diagnostische Kommunikation, die dadurch beeinträchtigt wird, daß Rückgriffe auf bereits gezeigte Informationen nur durch technische Einflußnahme (Zurückspulen) möglich sind. Dem Betrachter wird dadurch die Re-Aktivierung von Informationseinheiten im Kurzzeitgedächtnis durch Wiederholung erschwert.

Der Autor einer kartographischen Animation ist daher gefordert, das Informationsbedürfnis der Zielgruppe genau zu recherchieren und mit audio-visuellen Darstellungsmitteln zum richtigen Zeitpunkt zu befriedigen. Diese Überlegungen werden bestätigt durch die Beobachtung, daß häufig eine einmalige Betrachtung nicht ausreichend ist. Hampe (1999) stellte bei der Vorführung von Verkehrsanimationen fest, daß stets der Wunsch zur Wiederholung geäußert wird. Eine einmalige Darbietung ist offensichtlich nicht ausreichend; für eine korrekte Interpretation sind bis zu vier Wiederholungen der Sequenz notwendig.

Simultan zur visuellen diagnostischen Interaktion findet Informationsrezeption über den auditiven Sinneskanal statt. Die syntaktische und semantische Dekodierung dieser Nachrichten ist daher in erster Linie ein Sprachproblem, das unter Berücksichtigung des Aspektes der sozialen Koordination gelöst werden kann (Hofer und Zimmermann 1998). Die sich daraus ergebende akustische Interaktion in Form der Einweg-Kommunikation erfüllt in gestalterischer Hinsicht die Funktion der Vermittlung von zusätzlichen Informationen, etwa von Erklärungen. Andererseits unterstützt sie aber auch die semantische Dekodierung, da mit ihrer Hilfe insbesondere zeitliche Prozesse akustisch gestützt und verstärkt werden können. Zudem können Klangbilder Assoziationen mit bestehenden Gedächtnisinhalten oder Schemata aktivieren, so daß der nachhaltige Wissenserwerb gefördert wird. Der Vorteil dieser Darstellungsform liegt weniger in der Interaktion, sondern eher im Lernen und Wissenserwerb.

In technischer Hinsicht ist die Interaktion erheblich eingeschränkt. Der Benutzer kann weder das inhaltliche Angebot beeinflussen noch kartometrisch tätig werden. Es verbleibt die Kategorie der darstellungsbezogenen Interaktion, die auf die Beeinflussung des temporalen Informationsdargebotes eingeschränkt ist. Konkret sind dies folgende Funktionen, die sowohl bei der video- als auch der computerbasierten Informationsvermittlung mit kinematographischen Darstellungsformen bestehen (Abb. 3-16):

- Schneller Vorlauf, schneller Rücklauf

- Wiederholung ausgewählter Abschnitte
- Standbild
- Zeitlupe
- Zeitraffer

Ihre Benutzung führt im wesentlichen zu einer Verbesserung des Lernens, zum Beispiel durch Wiederholung oder Verlängerung der Betrachtungszeit.



**Abb. 3-16** Benutzungsoberfläche einer Software für die computergestützte Wiedergabe von Animationen

Das Standbild unterstützt die individuelle visuelle Exploration und die Umsetzung eigener Wahrnehmungsstrategien, da die Zeitbindung aufgehoben wird. Die Zeitlupe läßt hochfrequente Änderungen wahrnehmungsgerecht erscheinen, und die Zeitrafferdarstellung ähnelt einem Tiefpaßfilter, bei dem die niederfrequenten Anteile eines zeitlichen Prozesses deutlich erkennbar sind und die hochfrequenten Anteile entfallen.

Im Vergleich mit der Karte liegt der größte Vorteil in der Visualisierung von zeitlichen Abhängigkeiten und Veränderungen, die gemäß ihrer Natur dargestellt werden. Nachteilig sind besonders die zeitlichen Restriktionen verbunden mit der Einschränkung der Interaktion auf darstellungsbeeinflussende Funktionen. Derartige kinematographische Ausdrucksformen sind daher vorwiegend für Präsentationen oder als zusätzliche erläuternde Elemente in einer multimedialen Umgebung geeignet.

### 3.5 Diskussion

Durch die Verfügbarkeit von parallel verwendbaren Übertragungskanälen und multimedialen Darstellungselementen bei kartographischen Animationen steigen die

Gestaltungsanforderungen. Sie können mit dem bislang erarbeiteten kartographischen Gestaltungswissen nur zum Teil erfüllt werden. In diesem Beitrag wurde daher gezeigt, wie Theorien der Wahrnehmung und des Lernens genutzt werden können, um theoretisch Gestaltungsprinzipien abzuleiten. Sie können verwendet werden als Basis für zukünftige empirisch-experimentelle Untersuchungen.

Die derzeitigen technischen Entwicklungstendenzen zeigen, daß der Übergang von Animationen mit eingeschränkter Interaktivität auf interaktive Animationen möglich und aus der Sicht des Wissenserwerbs auch sinnvoll ist. Dies eröffnet weitere Anwendungsperspektiven und den Übergang von der ausschließlichen Präsentation auf die individuelle Exploration dynamischer Umweltprozesse. Eine Verbesserung des Wissenserwerbs kann erwartet werden, da durch Interaktivität entdeckende Lernprozesse gefördert werden und eine individuelle Informationsentnahme unterstützt werden kann.

Die gegenwärtige technische Situation zeigt jedoch, daß kartographische Anwendungen von eingeschränkt interaktiven Animationen und dynamischen perspektivischen Visualisierungen noch weitgehend projektbezogen implementiert werden. Für die effiziente kartographische Kommunikation, die von der Orientierung über die Navigation bis zur Analyse und Integration individueller Informationen führt, sind weitere Untersuchungen notwendig. Sie sollten in theoretischer Hinsicht zu einer Erweiterung des kartographischen Gestaltungswissens führen, und zwar unter besonderer Berücksichtigung moderner computergestützter Darstellungsmittel und Darstellungsformen. In technischer Hinsicht ist die vollständige methodische Integration von Animationsverfahren in Geo-Informationssysteme zu fordern.

Die in diesem Beitrag formulierten Überlegungen und die im gesamten Buch enthaltenen Beispiele mögen dafür Anregungen geben und zu weiteren Untersuchungen und Forschungen inspirieren.

### 3.6 Literatur

- Anderson, JR (1986) Kognitive Psychologie, Spektrum Verlag, Heidelberg
- Ballstaedt, SP (1990) Integrative Verarbeitung bei audio-visuellen Medien. In: Böhme-Dürr, K (Hrsg.) (1990) Wissensveränderung durch Medien. K. G. Saur Verlag, München
- Bandura, A (1987) Sozial-kognitive Lerntheorie. Klett-Cotta, Stuttgart, 1979. Zit. von Müller (1987)
- Böhme-Dürr, K (Hrsg.) (1990) Wissensveränderung durch Medien. K. G. Saur Verlag, München
- Buziek, G (1997a) Das Potential moderner Informations- und Kommunikationstechnologie aus Sicht der Kartographie. In: Kartographische Schriften, Band 2, Kirschbaum Verlag, Bonn
- Buziek, G (1997b) The design of a cartographic animation - experiences and results. Proceedings of International Cartographic Conference, Stockholm
- Buziek, G, Döllner, J (1999) Concept and implementation of an interactive, cartographic virtual reality system. In: Proceedings of ICA 1999, Ottawa

- Card, SK, Moran, TP, Newell, A (1983) *The psychology of human-computer interaction*. Lawrence Erlbaum Associates
- Cartwright, W (1994) *Interactive multimedia for mapping*. In: MacEachren, A, Taylor, DRF (1994) *Visualization in Modern Cartography*. Elsevier
- Dransch, D (1997a) *Medienpsychologische Aspekte beim Einsatz von Multimedia in GIS*. In: *Kartographische Schriften, Band 2*, Kirschbaum Verlag, Bonn
- Dransch, D (1997b) *Computer-Animation in der Kartographie*. Springer Verlag, Heidelberg
- Emmerich, S (1999) *Kartographische Visualisierung als Komponente eines GIS für die Verkehrsentwicklungsplanung*. Diplomarbeit am Institut für Kartographie, Universität Hannover, unveröffentlicht
- Engelkamp, J, Zimmer, HD (1990) *Unterschiede in der Repräsentation und Verarbeitung von Wissen in Abhängigkeit von Kanal, Reizmodalität, Inhalt und Aufgabenstellung*. In: Böhme-Dürr, K (Hrsg.) (1990) *Wissensveränderung durch Medien*. K. G. Saur Verlag, München
- Engelkamp, J (1991) *Das menschliche Gedächtnis*. 2. Auflage. Hogrefe Verlag für Psychologie, Göttingen
- Engelkamp, J (1997) *Das Erinnern eigener Handlungen*. Hogrefe Verlag für Psychologie, Göttingen
- Fechner, GT (1860) *Elemente der Psychophysik*. Breitkopf und Härtel, Leipzig (Zit. von Kebeck 1991)
- Gibson, JJ (1982) *Wahrnehmung und Umwelt*. Urban und Schwarzenberg, München
- Guski, R (1989) *Wahrnehmung*. Kohlhammer Verlag, Berlin
- Hampe, M (1999) *Konzeption und Gestaltung von animierten kartographischen darstellungen für die Prüfung ihrer Kommunikationsleistung*. Diplomarbeit am Institut für Kartographie der Universität Hannover, unveröffentlicht.
- Hasebrook, J (1995) *Multimedia-Psychologie*. Spektrum Verlag, Heidelberg
- Hofer, KC, Zimmermann, H (1998) *Web-Design und Wahrnehmung – eine Web Wirkungsanalyse*. Die Argonauten, München
- Kebeck, G (1991) *Wahrnehmungspsychologie, Kurseinheit 1 bis 3*, Fernuniversität Hagen
- KGH (1997) *Nahverkehrsplan 1997. Kartenband*. Kommunalverband Großraum Hannover. Hannover
- Kluwe, RH, Schulze, P (1994) *Gestaltungsgrundsätze für komplexe Informationsdarstellung. Ergonomische Studien. Bericht Nr. 37*, Bundesamt für Wehrtechnik und Beschaffung, Koblenz
- Kosslyn, SM, Ball, TM, Reiser, BJ (1975) *Visual images preserve metric spatial information: evidence from studies of image scanning*. In: *Journal of Experimental Psychology*, 7 (Zit. von Anderson 1986)
- Lenk, U, Grünreich, D, Buziek, G (1997) *Interdisciplinary ecological planning of floodplain areas on the basis of ATKIS – conception and first results*. In: *Proceedings of the 3rd Joint European Conference on Geographical Information*, Wien
- Marr, D (1982) *Vision: a computational investigation into the human representation and processing of visual information*. Freeman, San Francisco
- Mentz, A (1997) *Zur Gestaltung kartographischer Animationen – Grundlagen und Anforderungen unter besonderer Berücksichtigung der Legendengestaltung*. Diplomarbeit am Institut für Kartographie, Universität Hannover, unveröffentlicht

- Miller, GA (1956) The magical number seven, plus or minus two: some limits of our capacity for processing information. In: Psychological Review, No. 6 (Zit. von Väänänen 1994)
- Müller, HM (1987) Evolution, Kognition und Sprache. Verlag Paul Parey, Berlin
- Neisser, U (1979) Kognition und Wirklichkeit. Klett-Cotta Verlag, Stuttgart
- Oed, F (1989) Synthetische Welten – Visuelle Kommunikation mit modernen Medien. In: Stankowski, A, Duschek, K (Ed.) (1989); Visuelle Kommunikation, Berlin
- Paivio, A (1986); Mental Representations. A dual coding approach. University Press, Oxford (Zit. von Ballstaedt 1990, Kebeck 1991)
- Pylyshyn, ZW (1981) The imagery debate: analogue media versus tacit knowledge. In: Psychological Review, 88 (Zit. von Ballstaedt 1990).
- Rock, I (1985) Wahrnehmung – Vom visuellen Reiz zum Sehen und Erkennen. Spektrum Verlag, Heidelberg
- Seel, NM (1990) Wissen, Lernen und Kommunikation. In: Böhme-Dürr, K (Hrsg.) (1990) Wissensveränderung durch Medien. K. G. Saur Verlag, München
- Väänänen, K (1995) Metaphor-based user interfaces for information authoring, visualization and navigation in multimedia environments. Verlag Shaker, Aachen
- Wertheimer, M (1912) Experimentelle Studien über das Sehen von Bewegung. In: Zeitschrift für Psychologie, 61 (Zit. von Kebeck 1991)
- Zimbardo, PG (1995) Psychologie. 6. Auflage. Springer, Heidelberg

# Multimedia- und Virtual-Reality-Techniken für die wissenschaftliche Visualisierung

STEPHAN OLBRICH, HELMUT PRALLE

## 4.1 Allgemeine Grundlagen

### 4.1.1 Motivation

Das Sinnesorgan Auge besitzt für die Kommunikation des Menschen mit seiner Umwelt eine überragende Bedeutung, die hauptsächlich auf der hohen Leistungsfähigkeit der visuellen Wahrnehmung beruht. Daher liegt es nahe, dies – neben weiteren Wahrnehmungskanälen (Vester 1998) – für die Exploration wissenschaftlicher Ergebnisse bzw. zur Erschließung komplexer Zusammenhänge zu nutzen. Fortgeschrittene Präsentations- und Interaktionstechniken werden in verteilten Szenarien mittels breitbandiger Kommunikationsnetze inzwischen leistungsfähig anwendungsreif. Dadurch werden neuartige Paradigmen ermöglicht: vom passiven Postprocessing über die interaktive Mensch-Maschine-Kommunikation bis hin zur *human multimedia interaction* (HMMI, Encarnacao und Frühauf 1994). Ein Teilbereich der wissenschaftlichen Visualisierung ist die Animation raumbezogener und anderer Daten zur Exploration und Präsentation.

Auf dem Stand der Technik für die wissenschaftliche Visualisierung sind heute Arbeitsumgebungen, die der „Virtual-Reality“-Metapher entsprechen, zum Teil als kombinierte Visualisierungs- und VR-Systeme (Haase 1996). Es muß darauf hingewiesen werden, daß der Schritt von der herkömmlichen interaktiven 3D-Graphik zu einer produktiv einsetzbaren immersiven VR-basierten Visualisierungsumgebung erheblichen weiteren systemtechnischen Aufwand bedingt. So sind stereoskopische Displays, Headtracking-Systeme und dreidimensionale Zeigevorrichtungen zwingend erforderlich. Weiterhin müssen zur Erzielung genügend kurzer Latenzzeiten Höchstleistungssysteme für die Konvertierung der 3D-Szenenbeschreibungen in die gerätespezifischen Rasterbilder (*rendering*) bereitgestellt werden (Felger 1995, Henning 1997, Vince 1995).

Als Beispiel für ein Anwendungsszenario sei hier der „Virtual Windtunnel“ genannt, in dem Strömungsvisualisierung anhand virtueller Modelle betrieben wer-

den kann (Bryson und Levit 1992). Insbesondere die Visualisierung instationärer Strömungen stellt aufgrund der außerordentlich großen Ergebnisdatensätze ein „Grand Challenge“-Problem der wissenschaftlichen Visualisierung dar (Lane 1997). Einen Überblick über Techniken und Anwendungssysteme zur wissenschaftlichen Visualisierung bieten Brodlié (1992), Brown et al (1995), Earnshaw und Wiseman (1992), Nielson et al (1997), Rosenblum et al (1994), Schroeder et al (1997).

### 4.1.2 Ziel und Zweck

Generell sind zwei wesentliche Ziele für die Visualisierung zu nennen:

1. Erkenntnisgewinn in Forschung und Wissenschaft;
2. Kenntnisvermittlung: zur Präsentation von Ergebnissen vor Fachpublikum, zur Unterstützung der interdisziplinären Zusammenarbeit, für die Lehre und für die Öffentlichkeitsarbeit.

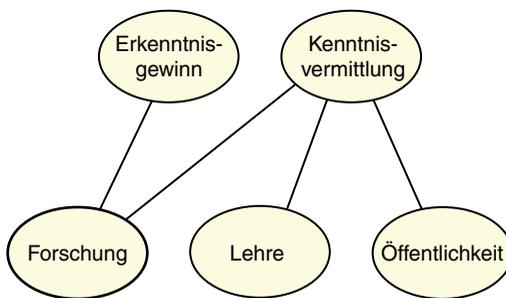


Abb. 4-1 Ziele der wissenschaftlichen Visualisierung

## 4.2 Graphik- und Visualisierungssysteme

### 4.2.1 Modell

Das Gesamtkonzept zur Integration von Höchstleistungssystemen zur Exploration und Präsentation wissenschaftlicher Ergebnisse ist in Abb. 4-2 modellhaft dargestellt. Für leistungsfähige Visualisierungseinrichtungen sind folgende Module zu realisieren:

1. Filter – Ausschnitt der relevanten Datenbereiche,
2. Mapper – Umsetzung der auszuwertenden Größen in 3D-Objekte,
3. Rendering – Perspektivische Darstellung der beleuchteten und attributierten 3D-Objekte als 2D-Rasterbild,
4. Display – visuelle Präsentation auf einem Ausgabegerät.

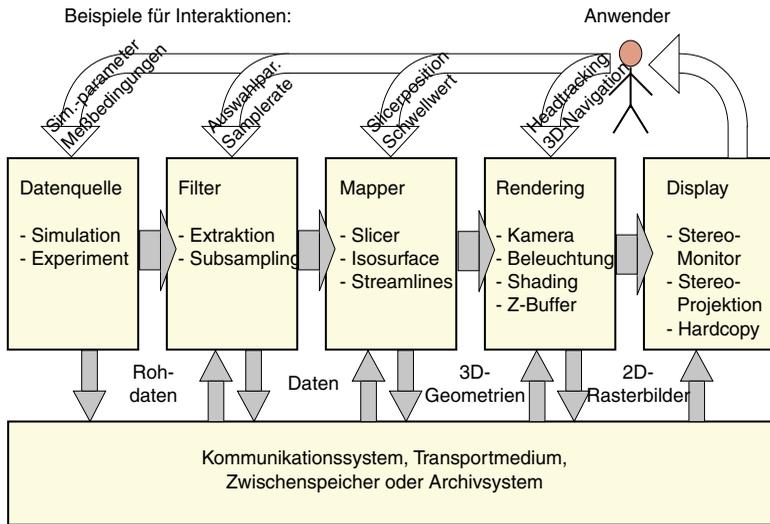


Abb. 4-2 Modell der wissenschaftlichen Visualisierung

Zur Verkürzung der Interaktionszyklen dienen zusätzlich

- leistungsfähige Kommunikationsnetze
- fortgeschrittene Interaktionsgeräte, zum Beispiel Trackingsysteme.

Sollen Zwischenschritte gespeichert werden, um zum Beispiel zu einem späteren Zeitpunkt die Berechnung fortzusetzen oder Rohdaten für Multimedia-Präsentationen bereitzustellen, sind weitere Transportmedien sowie Speicher- und Archivdienste erforderlich. Je nach Anwendung müssen adäquate Dateiformate ausgewählt werden, die den jeweiligen Anforderungen entsprechen, zum Beispiel Austauschbarkeit, Effizienz oder Genauigkeit der Repräsentation.

Das Modul *Datenquelle* generiert

- Rechenergebnisse, zum Beispiel im Kontext des *High Performance Computing* von Simulationsrechnungen typischerweise mehrdimensionaler, zeitabhängiger Phänomene auf Supercomputern.
- Meßergebnisse, zum Beispiel aus der Akquisition realer Beobachtungen.

### 4.2.2 Systemplattformen

Als Höchstleistungseinrichtung zur interaktiv nutzbaren Realisierung der *Filter-, Mapper- und Renderingprozesse* sind aus heutiger Sicht 3D-Graphik-Supercomputer der Firma Silicon Graphics (SGI Onyx2 Infinite Reality) als adäquat anzusehen (Silicon Graphics 1996). Diese stellen einen De-facto-Standard für Visualisierungs- und Virtual-Reality-Systeme dar. Softwareprodukte für diese Aufgabenbereiche un-

terstützen in jedem Fall diese Rechner- und Renderingplattform, zum Teil sogar ausschließlich.

Zunächst dient das auf Shared-Memory-Architektur (Silicon Graphics 1997b) basierende Multiprozessorsystem zur rechenaufwendigen Aufbereitung von Rohdaten mit dem Ziel, geeignete Abbildungen zu produzieren, das heißt Geometrien, Schnittflächen, Isoflächen, Pfeile, Stromlinien oder Partikelsysteme. Aus den daraus generierbaren virtuellen 3D-Objekten werden schließlich räumlich betrachtbare Szenen zusammengesetzt, die zur anschaulichen Repräsentation der jeweiligen Ergebnisse dienen, zum Beispiel von Simulationsrechnungen. Als offene hardwarenahe Programmierschnittstelle auf der Basis einfacher Grundfunktionen dient *OpenGL* (Neider et al 1993). Systemspezifische Erweiterungen (*OpenGL Extensions*) müssen verwendet werden, um spezielle Funktionen oder Leistungsmerkmale ausnutzen zu können. Eine Programmierung auf höherem Abstraktionsniveau (Szenengraphen) ermöglichen die Graphikbibliotheken (*Optimizer*, *OpenInventor*, *Performer*). Letztere dienen insbesondere auch der besseren Ressourcenausnutzung auf Multiprozessor- und Multi-Graphikpipe-Maschinen. Dadurch können innovative Interaktionstechniken für die Visualisierung produktiv angewandt werden. Hier sind Methoden der Virtuellen Realität (VR) bis hin zur Steuerung von entfernt ablaufenden, eng ins Gesamtsystem gekoppelten Simulations-Rechenprozessen zu nennen.

Weitere Gerätetechnik ist für die Darstellung erforderlich, also die immersive VR-Präsentation und Interaktion. Damit sind Bildschirme bzw. fortgeschrittene Displays gemeint, bis hin zu Stereo-Großbildprojektion, Workbench-Systemen oder dem CAVE (Cruz-Neira 1993), in Verbindung mit Trackingsensoren (Polhemus 1993, Intersense 1999) und dreidimensionalen Zeigevorrichtungen oder Eingabegeräten (SpaceMouse, SpaceBall).

Daneben ist weiterhin Bedarf für Hardcopy-Medien vorhanden, wie zum Beispiel Papier, Folie, Video und zukünftig auch echte 3D-Modelle auf einem 3D-Ausgabegerät.

### 4.2.3 Leistungsanforderungen an Rendering und Datentransport

Ein 3D-Graphikrechner verarbeitet einfache 3D-Objekte, wie zum Beispiel im Raum angeordnete Dreiecke. Für jeden Eckpunkt sind dabei zumindest die 3D-Koordinaten (typisch 4 Byte je Komponente) zu spezifizieren. Optional ist die Angabe von 3D-Normalenvektoren (typisch 4 Byte je Komponente), Farbwerten (typisch 4 Byte – RGBA) oder 2D-Texturkoordinaten (typisch 4 Byte je Komponente).

Für  $N$  Dreiecke mit Normalen je Eckpunkt beträgt der Datenaufwand bei

- unabhängigen Dreiecken  $72 \times N$  Byte,
- miteinander verbundenen Dreiecken (*triangle strips*)  $24 \times (N+2)$  Byte.

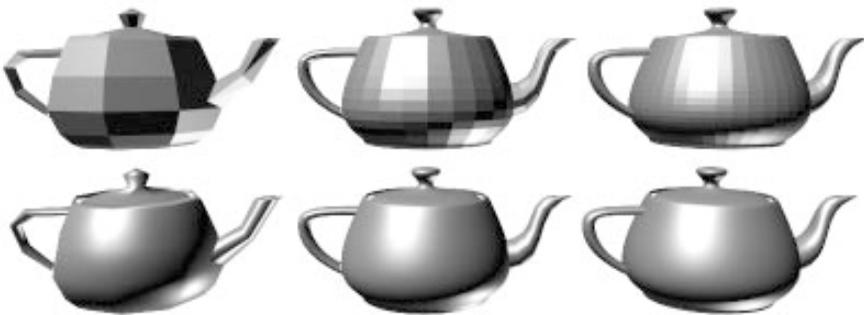
Triangle-Strips mit Normalenspezifikation und  $N \gg 2$  werden zum Beispiel auf einem Rechner SGI Infinite Reality mit einer Rate von 4,3 Mio. Dreiecke pro Sekunde

dargestellt (Benchmark-3D-Modell *DX-03*, Olbrich und Pralle 1999). Es entsteht somit ein interner Graphikdaten-Durchsatz von  $24 \times 4,3 \text{ Mio. Byte/s} = 0,8 \text{ Gbit/s}$ .

Sollen 3D-Szenen von einem entfernten Server (zum Beispiel WWW, DocShow-VR) abgefragt und *on-the-fly* dargestellt werden, so müssen Speicher- und Kommunikationssysteme diese Bitraten erzielen können, um nicht signifikante zusätzliche Latenzzeiten hervorzurufen (Olbrich und Pralle 1998).

Interaktiv navigierbare 3D-Szenen mit einer Renderingrate von 10 Bilder/sec enthalten in diesem Fall max. ca. 0,4 Mio. Dreiecke mit einem Datenvolumen von 9,6 MByte je Szene. Ein 3D-Film mit zum Beispiel 1000 Einzelszenen benötigt in diesem Fall 9,6 Gbyte Speichervolumen.

Die tatsächlich handzuhabenden Datenvolumina können allerdings ohne weiteres eine Größenordnung höher liegen, etwa durch niedrigere Echtzeitanforderungen und dadurch erreichbare höhere Komplexitäten, durch größere Anzahl von Zeitschritten, durch ineffiziente Geometrie-Repräsentation, zusätzliche graphische Attribute oder die Notwendigkeit, Zwischenergebnisse vorhergehender Verarbeitungsschritte gleichzeitig im Speicher zu halten.



**Abb. 4-3** Verschiedene Detaillierungsgrade eines „Teapots“. Polygonale Modelle sind jeweils ohne (oben) und mit glättender Interpolation dargestellt.

Um geometrische Repräsentationen auch auf weniger leistungsfähigen Rechnern handhaben zu können und eine verteilte Anwendung in Kommunikationsnetzen mit niedrigeren Datenraten zu ermöglichen, werden verschiedene Ansätze verfolgt. Dazu gehören:

- dichtere Packung von Graphikprimitiven, etwa *triangle striping*,
- Polygonreduktion von Oberflächennetzen,
- hierarchisch aufbauenden Auflösungs niveaus (Abb. 4-3),
- topologieorientierte Geometrie kompression sowie Kombinationen dieser Verfahren.

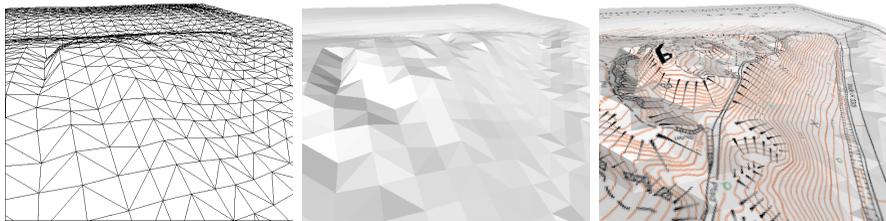
In Anwendungen mit hohen Leistungsanforderungen können durch derartige Verfahren jedoch zusätzliche Qualitätsnachteile entstehen. Beispielsweise kann die Akkuratheit der Präsentation durch die Anwendung der meist verlustbehafteten Kompressionsverfahren leiden, oder die Bildrate bzw. Latenz kann sich durch den hohen erforderlichen Rechenaufwand verschlechtern.

#### 4.2.4 Qualität der Präsentation

Die Darstellungsqualität hängt von mehreren Parametern ab:

- Bildauflösung,
- Bildrate,
- Farbwiedergabe,
- Darstellungsverfahren (rendering),
- Anti-Aliasing,
- Dateiformat.

Der Ausgabe auf Bildschirmen oder Druckern liegen Rasterbilder zugrunde, deren Auflösung gerätespezifisch ist. Üblich sind auf Computerbildschirmen – je nach Graphikkarte – 1024x768 bis 1600x1200 Pixel; Videobilder haben laut Digitalstandard ITU-R 601 720x576 Pixel, davon sind ca. 640x512 Pixel sichtbar. Drucker bieten eine Auflösung von 300 bis 2540 dpi, je nach Druckprinzip und Bildgröße.



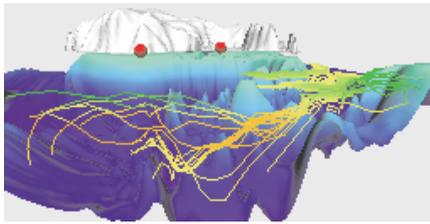
**Abb. 4-4** Digitales Geländemodell (DGM); von links: Drahtmodell, beleuchtete ebene Dreiecke, Oberfläche mit Textur-Überlagerung (Daten: Institut für Kartographie, Universität Hannover. Rendering: DocShow-VR, RRZN/RVS)

Zur Erzielung flüssiger Animationen sind mindestens 10 Bilder pro Sekunde wiederzugeben. Der PAL-Fernsehstandard schreibt 25 Bilder/s vor, die in jeweils zwei Halbbilder zerlegt werden, um eine möglichst flimmerfreie Darstellung zu erhalten. Computermonitore stellen je nach Auflösung 60-120 Bilder/s dar.

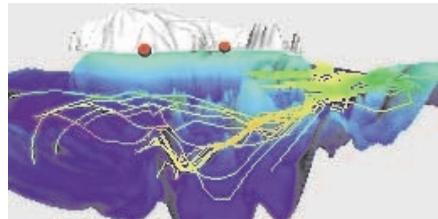
Für die Abbildung von Farben sind verschiedene Modelle entwickelt worden, die in Farbräumen von jeweils 3 bis 4 Komponenten arbeiten, zum Beispiel RGB (rot, grün, blau, entsprechend den Primärfarben der Bildschirmgerätetechnik), CMYK (cyan, magenta, yellow, black, entsprechend der Drucktechnik), YUV (Helligkeit

und Farbvektor wie in der Digitalvideotechnik üblich) oder CIEXYZ (empfindungsmäßig gleichabständiges, geräteunabhängiges System auf der Basis imaginärer Primärfarben). Rechnerintern können Farbwerte beliebig genau und auch geräteunabhängig repräsentiert werden. Die Qualität der Wiedergabe hängt jedoch von der Konvertierung zwischen den verschiedenen Farbräumen und von der Genauigkeit der Darstellung auf Graphikkarte und Monitor ab. Graphikkarten bieten meist eine Auflösung von 8 bit je Primärfarbe (256 Stufen), gelegentlich auch bis zu 12 bit je Komponente (4096 Stufen).

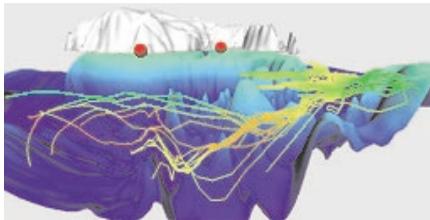
Die am häufigsten benutzten Verfahren zur Darstellung einer 3D-Szene als 2D-Rasterbilder (rendering) sind Z-Buffer, Raytracing und Radiosity. Beschreibungen der Verfahren findet man zum Beispiel bei Foley et al (1990).



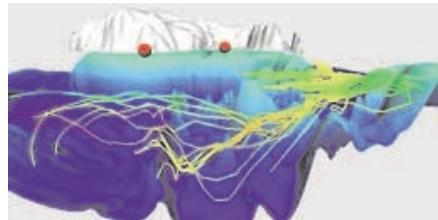
256 x 128 Pixel, ohne Antialiasing



Wie links, mit JPEG-Komprimierung



Antialiasing mit 4 Subsamples



Wie links, mit JPEG-Komprimierung

**Abb. 4-5** Beispiele für Artefakte: Aliasing – Antialiasing, unkomprimiert – JPEG-Kompression (Zirkumpolarstrom, Alfred-Wegener-Institut für Meeres- und Polarforschung, Bremerhaven)

Die häufig geringe Auflösung des Darstellungsgeräts führt zu Artefakten, wie zum Beispiel Treppenstufen an Polygonkanten oder Moiré-Effekten bei feinen Strukturen. Dieses als *Aliasing* bezeichnete Phänomen kann durch Antialiasing-Verfahren reduziert werden. Dabei wird häufig die Rasterauflösung um ein Vielfaches erhöht, um anschließend ein gefiltertes Bild darzustellen, in dem durch die Einbeziehung von Halbtönen die Kanten geglättet erscheinen. Dieses Verfahren wird unter der Bezeichnung *Multisampling Antialiasing* auf speziellen 3D-Graphik-Hochleistungsrechnern in Echtzeit durchgeführt.

Einige übliche Dateiformate zur Repräsentation visueller Darstellungen sind in Tab. 4-1 aufgeführt. Zur Kompression von Pixelbildern werden verschiedene Verfahren eingesetzt, die zur Redundanz- bzw. Irrelevanz-Reduktion beitragen (Effelsberg und Steinmetz 1998, Riemp und Schlotterbeck 1995). Dabei ist zu unterscheiden zwischen verlustlosen (zum Beispiel LZW) und verlustbehafteten Verfahren (zum Beispiel JPEG).

**Tab. 4-1** Dateiformate zur visuellen Repräsentation (Beispiele)

	<b>diskret (statisch)</b>	<b>kontinuierlich (animiert)</b>
<b>Pixel-Bild (2D)</b>	TIFF: verschiedene Farbräume, meist unkomprimiert, oft verlustlos komprimiert (LZW), ICC-Farbprofile einbettbar JPEG: komprimiert, bis 1:10 GIF: max 256 Farben, verlustlos komprimiert (LZW) SGI RGB, Wavefront RLA: RGB-Bilder, laulängenkodiert, optional mit Transparenz-Kanal Abeka YUV: Digitalvideobild nach ITU-R 602	MPEG-1: Video/Audio, v1 bis bis ca. 1,5 Mbit/s MPEG-2: mit höherer Qualität RealMedia: ab 28,8 kbit/s, SMIL-Support AVI (Microsoft) Quicktime (Apple) Animated GIF AVS Frame Sequence Motion JPEG
<b>Vektor-Graphik</b>	PostScript (Adobe) CGM (ISO 8632)	Sequenz von Vektorgraphiken
<b>3D-Szene</b>	OpenInventor VRML1, VRML97 DVR (RRZN/RVS) Anwendungsspezifische Formate (CAD, GIS)	VRML-Elemente MPEG-4 Sequenz von Einzelszenen

Metadaten werden verwendet, um zusätzliche Attribute zu speichern (zum Beispiel MPEG-7) oder um Layout und Zeitabläufe für Kompositionen mehrerer Medienströme zu spezifizieren (zum Beispiel SGML, HTML, XML, SMIL). Durch eine Separierung der Attributierung, der Layout- und Strukturbeschreibungen von den Mediendaten werden Mehrwehrtedienste ermöglicht, zum Beispiel auf Datenbanken basierende Retrievalmethoden. Derartige Mechanismen sind im WWW essentiell, um den gezielten Zugriff auf die eigentlich gewünschten Informationen zu erleichtern und damit die Nutzungseffizienz des großen Angebots an Nachrichten zu erhöhen.

Generell lassen sich drei Gruppen von Graphik- bzw. Visualisierungssystemen unterscheiden, die in dieser Reihenfolge auch die historische Entwicklung der Technik widerspiegeln (Felger 1995, Krömker 1992):

**Passive Systeme, charakterisiert durch:**

- sehr rudimentäre Benutzersteuerung,
- stapelorientierte Verarbeitung,
- Anwendung in Verbindung mit langsamen Ausgabegeräten (zum Beispiel Drucker, Plotter) oder
- zeitaufwendigen Prozessen, zum Beispiel Generierung von graphischen Metafiles mittels Graphikbibliothek (zum Beispiel VTK, Schroeder et al 1997) direkt aus einem Batch-Simulationslauf oder scriptbasierte Animation mit qualitativ hochwertigem Renderingverfahren wie Raytracing.

**Interaktive Systeme, charakterisiert durch:**

- fensterbasierte, zweidimensionale, mausgesteuerte Nutzerinterfaces,
- effiziente und zielgerichtete Interaktion,
- zum Teil bereits implementierte Unterstützung stereoskopischer Präsentation (Hodges 1992) durch Einsatz von Trackingsystemen auf dem Weg zu einem immersiven System, mit der Einschränkung, daß zur Bedienung ein Kontextwechsel auf die 2D-Präsentation und -Interaktion durchgeführt werden muß,
- Anwendung in Visualisierungssoftware auf dem Stand der Technik, wobei unterschieden werden muß zwischen
  - universell einsetzbaren Baukastensystemen, die häufig nach dem Datenflußmodell arbeiten und deren Moduln auch auf verschiedenen, im Netz verteilten Rechnern ablaufen können (AVS, IBM Data Explorer, IRIS Explorer),
  - monolithischen Postprocessingsystemen (zum Beispiel Wavefront Data Visualizer, UNIRAS Gsharp, PV-WAVE, ISVAS, Ensign), bei denen der Benutzer von der zum Teil aufwendigen Einarbeitungs- und Entwicklungsarbeit weitgehend entlastet ist. Die letzteren sind allerdings häufig für spezielle Einsatzgebiete ausgelegt und unterstützen eine Erweiterung nicht bzw. nur ungenügend.

**Immersive Systeme, charakterisiert durch:**

- intuitive dreidimensionale Präsentation und Interaktion (*virtual reality*),
- Unterstützung von stereoskopischen Darstellungssystemen,
- Monitor in Zusammenhang mit Shutterbrille,
- Großbildprojektion, gegebenenfalls auf mehreren Wänden (*responsive workbench*, CAVE):
  - alternierende Präsentation (ein Projektor je Fläche, betrachtbar mittels Shutterbrille),
  - kontinuierliche Projektion mit unterschiedlicher Polarisationsrichtung (zwei Projektoren je Fläche, betrachtbar mittels Polarisationsfilter-Brille),

- kopfgebundene Bildschirme (zum Beispiel Head-Mounted Display, BOOM),
- Einsatz innovativer dreidimensionaler Interaktionstechniken oder Bedienoberflächen als Ergebnis aktueller Forschung auf diesem Gebiet,
- harte Echtzeitanforderungen, das heißt Iterationszyklen mit max. 0,1 Sekunden.

### **Anwendungsgebiete für immersive Systeme**

Typische Anwendungsgebiete für immersive VR-Systeme sind Simulations- und Explorationsszenarien, die vom zeitlichen oder räumlichen Maßstab her oder aus anderen Gründen, zum Beispiel Gefährlichkeit oder hohe Kosten, nicht für eine reale Durchführung geeignet sind.

Wir unterscheiden:

- Exploration und Visualisierung wissenschaftlicher Rechenergebnisse, etwa aus
  - Strömungssimulationen, beispielsweise in Strömungsmechanik, Strömungsmaschinen, Meteorologie, Klimatologie, Meeres- und Polarforschung,
  - Verformungsanalysen, wie in Umformtechnik, Mechanik,
  - Feldsimulationen, beispielsweise in Physik und Chemie.

Dieses Anwendungsszenario entwickelt sich von der batch-orientierten Ergebnisaufbereitung über die interaktive Datenvisualisierung zunehmend in Richtung virtueller Experimente. Diese werden von einer engen Kopplung und kurzen Interaktionszyklen zwischen Simulationsrechnung, Visualisierungsfiler/mapper und Renderingprozessen geprägt, wobei intuitive dreidimensionale Nutzer-Oberflächen in Virtual-Reality-Umgebungen genutzt werden können.

- Rekonstruktion und Visualisierung mehrdimensionaler Meßdatensätze, zum Beispiel
  - Computertomographie in Verfahrenstechnik und Medizin,
  - kartographische Anwendungen.

Hier spielt die besonders anschauliche räumliche Darstellung und interaktive Wahl der Betrachterperspektive eine zunehmende Rolle, wobei immer noch teilweise hoher Rechenaufwand zur Umsetzung in dreidimensionale Darstellungsformen erforderlich ist.

- Darstellung und Manipulation komplexer geometrischer 3D-Objekte, zum Beispiel
  - Simulation realer Umgebungen in Architektur und Landschaftsplanung,
  - Molekülvisualisierung in der Chemie,
  - Industriedesign im Automobil- oder Flugzeugbau,
  - Exploration dreidimensionaler Szenen, das heißt statische oder dynamische 3D-Objekte aus der Datenvisualisierung oder Modellierung, die in einzelnen

Dateien (zum Beispiel VRML) bzw. Serien repräsentiert werden (zum Beispiel Oberflächen, Stromlinien, Crash-Modelle, digitale Geländemodelle),

- Online-Präsentation virtueller 3D-Szenen im Internet mittels in WWW-Browser integrierbaren Viewern, zum Beispiel VRML oder DocShow-VR.

Mit der letzten Gruppe können Ergebnisse sämtlicher vorher genannten Anwendungen über Internet-Techniken der Öffentlichkeit dargestellt werden, sofern der WWW-Client über genügende Kapazitäten in bezug auf Datennetzanschluß und ausreichende Rechen- und Darstellungsleistung verfügt. Durch eine zum Teil automatisierbare Konvertierung der hier noch auf relativ hohem Abstraktionsniveau vorliegenden 3D-Daten in Sequenzen von Einzelbildern oder Videos verschiedener Qualitäten kann jedoch grundsätzlich auch die Betrachtung für Internet-Clients mit niedrigerer Leistungsfähigkeit ermöglicht werden.

## 4.3 Technische Lösungen im RRZN

### 4.3.1 Allgemeines Konzept

Neben den traditionellen Diensten des Regionalen Rechenzentrums für Niedersachsen (RRZN), einer zentralen Einrichtung der Universität Hannover, gewinnt die Bereitstellung von Systemen und Diensten für hochqualitative Multimedia- und Virtual-Reality-Anforderungen zunehmend an Bedeutung. In Kooperation mit dem Lehrgebiet *Rechnernetze und Verteilte Systeme* (RVS) übernimmt das Multimedia-Labor vielfältige Aufgaben zur Unterstützung des Einsatzes jeweils aktueller Informations- und Kommunikationstechnik für Anwendungen in Forschung und Lehre. Im Vordergrund stehen dabei die Akquisition, Repräsentation, Verarbeitung, Speicherung und Präsentation visueller und akustischer Medien, die in unterschiedlichen Kommunikationsszenarien oder als hochwertige Offline-Medien zum Einsatz kommen. In den beiden folgenden Abschnitten werden aus den Bereichen *Videoproduktion* einige der Systeme beschrieben.

### 4.3.2 Automatisierte Videoproduktion

#### Anwendung und Qualitätsanforderungen

Anwendungen für Computer-Animationen liegen zum Beispiel in Wissenschaft, Werbung und Unterhaltungsindustrie vor. Im technisch-wissenschaftlichen Bereich sind dies häufig Visualisierungen mehrdimensionaler Ergebnisdaten aus Experimenten oder Computersimulationen, in denen durch Variation eines Parameters (zum Beispiel der Zeit) eine Bildsequenz generiert wird. Exemplarisch sei hier auf die Visualisierung strömungsmechanischer Simulationsrechnungen verwiesen. Die Aufbereitung dieser Rechenergebnisse stellt aufgrund zunehmender Auflösung und instationärem Verhalten so große Anforderungen in bezug auf Rechenleistung und Datenvolumina, daß die Exploration häufig nur durch die Ausgabe einzelner Szenen und anschließendes Abspielen als Sequenz ermöglicht werden kann.

Szenenbeschreibungen auf hohem Abstraktionsniveau, zum Beispiel 2D-Vektorformate (PostScript, CGM) oder 3D-Szenen (VRML), können, abhängig von der Anwendung, beliebig hohe Komplexität aufweisen, so daß eine flüssige Animation häufig nicht möglich ist. In bestimmten Fällen ist dies jedoch erforderlich. Am RRZN/RVS wurde ein verteiltes System entwickelt, welches das Abspielen komplexer 3D-Szenen durch *Real-Time Streaming* gestattet (Olbrich und Pralle 1999).

Die Komplexität von Rasterbildern ist dagegen determiniert, daher kann beim Abspielen von Rasterbildern eine Echtzeitfähigkeit, das heißt eine Synchronisierung zu einem festgelegten Zeitraster, gewährleistet werden. Bezüglich der Parameter *Bildqualität* und *Zeitraster* können die Spezifikationen des Digitalvideo-Standards ITU-R 601 als Minimalforderungen angesehen werden, da für die meisten Anwendungen eine ausreichende Bildqualität geboten wird. Vorteilhaft ist weiterhin die Kompatibilität zum Fernsehstandard aufgrund der verbreiteten Aufzeichnungs- und Verteil-Medien. Die zum europäischen PAL-Standard konformen ITU-R-601-Parameter lauten: 720x576 Pixel/Bild bei 8 bzw. 10 bit/ Abtastwert, 25 Bilder/Sekunde. Die Abtastrate beträgt 13,5 Mio. Pixel/Sekunde (216 bzw. 270 Mbit/s).

Die derzeit verfügbaren Werkzeuge zur interaktiven Animation – hierzu gehören Hard- und Software-Systeme, die zum Beispiel auf Kompressionsmethoden basieren oder General-Purpose-Visualisierungssysteme mit Animationsmodulen – können diese Kriterien auf üblichen Arbeitsplatzrechnern mit Intel-Prozessor und den Betriebssystemen Windows 95/98/NT meist nicht erfüllen. Die Gründe dafür sind die unzureichende Durchsatzgeschwindigkeit des Prozessors und der Graphikhardware und fehlende Echtzeitfähigkeit im Betriebssystemkern. Durch den Einsatz leistungsstarker Rechner lassen sich jedoch zunehmend diese unkomprimierten Video-Datenströme handhaben. Werden gewisse Qualitätsverluste akzeptiert, so sind auch Videokompressionsverfahren, zum Beispiel Motion-JPEG oder MPEG, durch preiswerte Zusatzhardware auf Windows-Rechnern anwendbar, so daß Videodateien auf digitalen Offline-Medien (CD-ROM, DVD) oder über das Internet/WWW verteilt werden können.

Wegen der genannten Einschränkungen für Simulationen und Visualisierungen im Online-Betrieb werden leistungsfähige Systeme zur qualitativ hochwertigen Offline-Videoaufzeichnung benötigt. Um den Anwender von der Beschaffung, Installation, Einarbeitung und Bedienung der hierfür erforderlichen Spezialgeräte und damit verbundenen relativ hohen Kosten zu entlasten, werden diese Geräte üblicherweise in zentralen Einrichtungen zur Benutzung angeboten. Der Anwender muß daher im allgemeinen nach terminlicher Abstimmung zur Videoverfilmung seinen Arbeitsplatz verlassen, um im Videostudio tätig zu werden.

Gewünscht wird jedoch ein komfortabler Fernzugriff auf die Videoressourcen und eine möglichst hohe Produktivität. Beides kann durch einen batch-artigen Zugriff über ein Kommunikationsnetz erreicht werden, also durch das Angebot eines verteilten Videoproduktionsdienstes. Im wissenschaftlich-technischen Bereich, einem der Hauptanwendungsgebiete beispielsweise für die Visualisierung von Ergeb-

nissen aus aufwendigen Simulationsrechnungen, läßt sich ein räumlich entferntes Aufzeichnungssystem im Netz integrieren.

### Videoverfilmung von Bildsequenzen

Ein Videoaufzeichnungssystem wird am RRZN/RVS seit 1990 betrieben und ständig weiterentwickelt (Olbrich und Pralle 1997). Vom Anwender generierte Steuer- und Bild-Dateien, seit Anfang 1996 auch Audio-Dateien, werden über das Protokoll BSD-lpr/lpd zum Video-Server übertragen. Dieser zeichnet die Bild- und Ton-Daten auf Videokassette in Studio-Qualität (Betacam-SP) auf. Die Videokassette wird wahlweise auf die verbreiteten Standardformate VHS oder S-VHS überspielt und erreicht den Nutzer schließlich auf dem Postwege.

Damit wird eine Routinedienstleistung im Datennetz angeboten. Aufträge zur Videoverfilmung werden dabei aus verschiedenen Arbeitsumgebungen heraus generiert, zum Beispiel von Arbeitsplatzrechnern oder vom Vektor- oder Parallelrechner. Durch die hochqualitative, mit festem Zeitraster animierte Bildwiedergabe werden häufig Ergebnisse von parameterabhängigen, mehrdimensionalen Simulationen oder Messungen visualisiert, etwa um komplexe Phänomene besser analysieren zu können und dabei neue Erkenntnisse zu gewinnen, oder für Präsentationen in interdisziplinären Arbeitsgruppen oder in der Öffentlichkeit. Die Nutzung dieses Video-Aufzeichnungsdienstes läuft in den folgenden Schritten ab:

1. Konfiguration eines „Remote Printers“ gemäß BSD-lpr-Protokoll über TCP/IP.
2. Erzeugung einer Bilddatei, die mehrere Bilder enthält. Viele Dateiformate können erzeugt werden, zum Beispiel Abekas-YUV (ITU-R-601-konforme Digitalvideo-Rasterbilder), Wavefront-RLA, AVS-Frame-Sequence aus dem AVS-Animator, CGM, PostScript. Rasterbilder werden vom Produktionssystem gemäß ITU-R 601/PAL-Fernsehstandard abgebildet, das heißt 720x576 Pixel (Anzahlverhältnis 5:4) im Seitenverhältnis 4:3. Weitere Dateiformate müssen vorher in die genannten Formate konvertiert werden.
3. Erstellung einer Steuer- oder Script-Datei, um Informationen über die örtlichen und zeitlichen Beziehungen zwischen den codierten Bildern bereitzustellen. So sind Möglichkeiten zur Modifikation von graphischen Attributen (zum Beispiel zur Berücksichtigung gerätespezifischer Eigenschaften bei der Bilddarstellung) und geometrische Transformationen sowie Kompositionen von Bildern vorgesehen. Weiterhin kann die Wiedergabegeschwindigkeit der in den graphischen Metafilen enthaltenen Bildsequenzen definiert und die Zeitdauer von Standbildern festgelegt werden. Darüber hinaus wird das gewünschte Videomedium sowie der Aufzeichnungsposition ausgewählt, und es können Zieladressen für die Versendung des Videofilms angegeben werden. Dieses Verfilmungsskript referenziert die zu verfilmenden graphischen Metafilen; zusammen mit diesen entsteht dann ein vollständiger Verfilmungsauftrag. Auch Vertonungsaufträge werden unterstützt. Dabei werden alle Audio-Formate akzeptiert, die auch mit dem Programm *sox* (Public-Domain-Software) verarbeitet werden können.

4. Spooling/Transfer des Verfilmungsauftrags, bestehend aus Steuer-, Bild- und Ton-Dateien, zum Videoserver.
5. Statusanzeige des Videoverarbeitungsprozesses über LAN oder Internet.

### Videoformate

In Tab. 4-2 wird ein Überblick über einige verbreitete Formate zur Aufzeichnung bzw. Übermittlung von fernsehkonzformen Videosignalen gegeben. Generell muß zwischen Digital- und Analogtechnik unterschieden werden. Als Referenz ist der digitale unkomprimierte D1-Standard gemäß ITU-R 601 anzusehen. Am RRZN/RVS basieren auf dieser Technik ein digitaler Diskrecorder (DVS ProntoVideo) und die Videoankopplung zum 3D-Visualisierungsrechner (DIVO und GVO im Rechner SGI Onyx2). Die aufgeführten digitalen Video-Kompressionsverfahren sind zwar verlustbehaftet, bieten aber eine für viele Zwecke gute Bildqualität. Problematisch sind allerdings die Artefakte, die durch JPEG-ähnliche Codierung hervorgerufen werden und besonders in Computergraphiken sichtbare Effekte hervorrufen, zum Beispiel Schlieren. Analoge Videotechnik wird auf der Basis von drei separaten Komponentensignalen (Component Video) für einen Helligkeitskanal (Y) und zwei Farbkanäle (U, V) oder als Mischtechnik (Composite Video) angeboten, bei der die Farbinformation über ein Modulationsverfahren (zum Beispiel PAL-Standard) dem Helligkeitssignal überlagert wird. Bei letzterem leidet die Bildqualität besonders in Fällen scharfkantiger Farbgraphiken unter der stark reduzierten Auflösung der Farbanteile (Auslaufen der Farben) sowie unter dem gegenseitigen Übersprechen zwischen Helligkeits- und Farbsignal (Moiré-Effekte, Flimmern an Farbkanten).

**Tab. 4-2** Analoge und digitale Videoformate (Beispiele); Qualität nimmt nach rechts unten ab

	Digitaltechnik	Analogtechnik
<b>Komponentensignale (YUV)</b>	D1: unkomprimiert, 270 Mbit/s Digital-S: 50 Mbit/s DV: komprimiert, 25 Mbit/s (Firewire, i.Link, IEEE 1394) Betacam-SX: MPEG2, 18 Mbit/s	Betacam-SP (Fernsehstudio-Standard) M-II
<b>Mischsignale (FBAS, Y/C)</b>		S-VHS, Hi8: Y/C-Signal VHS, 8mm, Umatic: FBAS-Signal

In letzter Zeit haben sich Videogeräte im DV-Standard (25 Mbit/s) stark verbreitet. Diese bieten bei relativ geringen Kosten eine für viele Zwecke ausreichende Bildqualität und den Vorteil gegenüber sämtlicher Analogtechnik, über mehrere Generationen ohne zusätzliche Verluste überspielen zu können. Zur Übertragung wird das serielle Interface IEEE-1394 (Firewire, bis zu 400 Mbit/s) verwendet, das in Windows- und Mac-Rechnern bereits breite Unterstützung findet.

## Video-Preview, Online-Publishing von Videos „On Demand“

Im Rahmen einer Studie (Einhorn 1996) wurde eine Dienstleistung entwickelt, die seit Anfang des Jahres 1996 produziert. Analog zu dem bisherigen Verfahren verschickt der Anwender von seinem Arbeitsplatzrechner einen Video-Produktionsauftrag. Neben der bislang unterstützten Warteschlange *video* wurde eine weitere mit dem Namen *video\_preview* eingerichtet. Werden Aufträge an diese Queue übergeben, so generiert der Videoserver aus den Bild- und Steuerdaten einen digitalen Videofilm im MPEG-1-Format. Dieser wird nach Beendigung des Produktionsvorgangs auf einem integrierten WWW-Server angeboten. Mittels WWW-Browser (zum Beispiel Netscape) und MPEG-Viewer (Plugin oder externer Player) können auf diese Weise produzierte Videos dann jederzeit weltweit im Internet abgerufen werden.

## ShowSeq – Preview-Komponente für den lokalen Betrieb

Es wurde der Viewer *ShowSeq* entwickelt, mit dem auf UNIX-Workstations Animationen, die im Dateiformat *AVS-Frame-Sequence* vorliegen, auf einem X-Display in Echtzeit präsentiert werden können. Zur Generierung von *AVS-Frame-Sequence*-Animationen dient ursprünglich das Ausgabe-Modul *write frame sequence* aus dem Visualisierungsprodukt *AVS Animator*. Um eine batch- bzw. script-basierte Generierung aus anderen vorhandenen Bildformaten zu ermöglichen, wurde zusätzlich der Konverter *ppm2ccc* entwickelt, der das verbreitete PPM-Format (Portable Pixmap) in die Color-Cell-Compression-Variante des AVS-Frame-Sequence-Formats überführt. Damit können automatische Prozeßketten aufgebaut werden, die eine Erzeugung aus nahezu beliebigem Bildmaterial ermöglichen, zum Beispiel aus CGM gemäß ISO 8632 über den RRZN/RVS-Konverter *cgm2ppm*.

Eine Color-Cell-komprimierte AVS-Animation mit einer Auflösung von 640x480 Pixel kann auf üblichen Rechnern mit mehr als 25 Bildern/Sekunde, entsprechend einer Datenrate von 15,6 Mbit/s, abgespielt werden. Dies wird durch den geringen Rechenaufwand zur Dekodierung bei der hochoptimierten Implementierung erreicht (Neidecker-Lutz und Ulichney 1995). Dies entspricht etwa den Randbedingungen des Fernsehstandards, so daß hiermit ein Werkzeug für Video-Preview am Arbeitsplatzrechner zur Verfügung steht. Dagegen bieten MPEG-1-basierte Verfahren wesentlich schlechtere Bildqualität bezüglich der Auflösung und des Auftretens von Artefakten bzw. Bewegungsunschärfen. Erst wenn Dekompressionshardware zum Einsatz derartiger Verfahren auch für wesentlich höhere Auflösungen mit ausreichenden Bildraten zur Standardausstattung von Arbeitsplatzrechnern gehört, können sich diese für die technisch-wissenschaftliche Ergebnispräsentation durchsetzen.

Die beiden weiteren – im Gegensatz zur Color-Cell-Compression verlustlosen – Kodierungsvarianten des *AVS-Frame-Sequence*-Formates – *No Compression* bzw. *Runlength Compression* – können ebenfalls mit *ShowSeq* dargestellt werden. Aufgrund der dabei erforderlichen hohen Datenvolumina bzw. des Rechenaufwandes werden dabei jedoch unter Umständen nicht erforderlichen Bildraten erzielt. In jedem Fall sorgt *ShowSeq* dafür, daß Bilder übersprungen werden, um im Mittel das

angeforderte Zeitraster einzuhalten. Die zeitliche Spezifikation erfolgt entweder über die Vorgabe einer konstanten Bildrate oder über eine einfache Scriptdatei, mit Hilfe derer Standbilder, Zeitlupen und Zeitraffer sequenzweise definiert werden können.

### Interaktive Aufbereitung und Endausgabe

Neben dem oben beschriebenen weitgehend automatisierten Videoproduktionssystem mit entfernter Auftragsabgabe wird seit 1997 ein interaktiver, PC-gestützter Arbeitsplatz zur digitalen Videobearbeitung im DV-Standard (25 Mbit/s) angeboten. Dieser besteht derzeit aus:

- Windows-PC: Dual Intel Pentium II 400 MHz, 128 MB Speicher, 48 GB Disk
- Video-Interface: PCI-Steckkarte Fast DV Master Pro mit DV-Ein- und Ausgängen (Firewire), Y/C-Ein/Ausgängen (S-VHS) und YUV-Ausgang (Betacam)
- DV-Schnittvideorecorder: Sony DHR-1000VC
- S-VHS-Videorecorder: Panasonic NV-HS950

Hier kann das aus der Computersimulation oder aus Realzenen vorliegende Rohmaterial – Multimedia-Daten bzw. Videocassetten – für die jeweilige Präsentationsanwendung aufbereitet werden. Dazu werden Werkzeuge zur Videobearbeitung, zum Beispiel Adobe *Premiere*, zur Gestaltung und Bearbeitung von Bildern, Graphiken und 3D-Szenen, etwa Adobe *Photoshop* und *Illustrator*, Kinetix *3D Studio MAX*, und Multimedia-Autorensysteme, etwa Macromedia *Director* oder Asymetrix *Toolbook* angeboten. Die Video-Endausgabe kann auf Videocassetten in den Formaten VHS (Heimstandard), S-VHS, DV oder Betacam-SP (Studioqualität) erfolgen. Zusätzlich werden Videokompressionsverfahren unterstützt, so daß die verbreiteten Video-Dateiformate, etwa MPEG, AVI, Quicktime oder RealMedia, erzeugt und für rechnerintegrierte, interaktive Anwendungen auf CD-ROM oder WWW-Server (zum Beispiel RealMedia Streamingserver) gespeichert bzw. abrufbar gemacht werden können.

## 4.4 Gestaltungshinweise

Aufgrund der am RRZN/RVS vorliegenden Erfahrungen sind bei der Gestaltung von Videoanimationen spezifische Anforderungen zu berücksichtigen:

- Text ist möglichst groß darzustellen. Auf viel und zu kleinen Text innerhalb der Animation sollte besser völlig verzichtet werden. Statt dessen sollten separate Standbilder mit den notwendigen Erläuterungen produziert werden, zum Beispiel in einem Vorspann.
- Die im Seitenverhältnis 4:3 verfügbare Bildschirmfläche sollte möglichst vollständig ausgenutzt werden.
- Eine Darstellung mit Farbflächen ist besser geeignet als Liniengraphik.
- Linien sollten nicht zu dünn sein. Die Linienstärke sollte mindestens 2 Pixel betragen, farbige Linien möglichst breiter, um sie wegen der limitierten Video-

bandbreiten deutlich sichtbar zu machen und das Interlace-Flimmern zu reduzieren.

- Farben sollten mit reduzierter Sättigung verwendet werden, um den PAL-Standard einzuhalten und Übersteuerung der Farbcodierung zu vermeiden. Also sind zum Beispiel Grundfarben zu vermeiden; ca. 70 % Sättigung sind gut geeignet.
- Screendumps mit Dithering (zum Beispiel auf Displays mit 256 Farben) sind ungeeignet, da der volle verfügbare Farbumfang nicht ausgenutzt wird und deutlich sichtbare Artefakte produziert werden.
- Als Hintergrundfarbe sollte möglichst nicht weiß verwendet werden, sondern Farben (bzw. Graustufen) mit reduzierter Intensität, um die Auswirkung des Großflächenflimmerns (50 Hz) möglichst gering zu halten.

## 4.5 Literatur

- AVS (1992) Animating AVS Data Visualizations. CONVEX Press
- Brodie, KW. et al (Eds.) (1992) Scientific Visualization – Techniques and Applications. Springer, Berlin, New York
- Brown, JR, Earnshaw, R, Jern, M, Vince, J (1995) Visualization – Using Computer Graphics to Explore Data and Present Information. John Wiley & Sons
- Bryson, S, Levit, C (1992) The Virtual Windtunnel. In: IEEE Computer Graphics and Applications, Vol. 12, No. 4
- Campagna, S, Kobbelt, L, Seidel, H (1998) Enhancing digital documents by including 3D models. In: Computers & Graphics, Vol. 22, No. 6, 1998.
- Cruz-Neira, C, Sandin, DJ, DeFanti, T A (1993) Surround-screen projection-based virtual reality: the design and implementation of the CAVE. In: ACM Computer Graphics Proceedings SIGGRAPH
- Earnshaw, RA, Wiseman, N (1992) An introductory guide to scientific visualization. Springer, Berlin, New York
- Effelsberg, W, Steinmetz, R (1998) Video compression techniques. dpunkt-Verlag
- Einhorn, R (1996) Entwicklung einer Online-Preview-Komponente für die Videoproduktion in Breitbandnetzen. Studienarbeit, Lehrgebiet Rechnernetze und Verteilte Systeme, Universität Hannover
- Encarnacao, J, Frühauf, M (1994) Global information visualization: the visualization challenge for the 21st century. In: Rosenblum et al, Scientific Visualization – Advances and challenges, Academic Press
- Engel, K, Gross, R, Ertl, T (1998) Progressive Iso-surfaces on the Web. In: Proceedings of IEEE Visualization 1998.
- Felger, W (1995) Innovative Interaktionstechniken in der Visualisierung. Springer, Berlin, Heidelberg
- Foley, J D, van Dam, A, Feiner, SK (1990) Computer Graphics – Principles and Practice. 2nd edition. Addison-Wesley
- Gumhold, S, Straßer, W (1998) Real time compression of triangle mesh connectivity. In: ACM SIGGRAPH '98 Conference Proceedings, July 19–24, 1998.

- Haase, H (1996) Symbiosis of virtual reality and scientific visualization system. In: Computer Graphics Forum, Vol. 15, No. 3, 1996.
- Handke, J (1997) Multimedia mit Toolbook und Macromedia Director. Oldenbourg, München
- Henning, A (1997) Die andere Wirklichkeit – Virtual Reality – Konzepte, Standards, Lösungen. Addison-Wesley, Bonn
- Hodges, L F (1992) Time-multiplexed stereoscopic computer graphics. In: IEEE Computer Graphics and Applications, Vol. 12, No. 2, 1992.
- Ihrén, J, Frisch, KJ (1999) The fully-immersive CAVE. In: Proceedings of 3rd International Immersive Projection Technology Workshop 1999.
- InterSense Inc. (1999) IS-600 Mark II. User Manual
- ISO/IEC 8632 (1992) Information processing systems – Computer Graphics Metafile for the storage and transfer of picture description information (8632-1: Functional specification, 8632-2: Character encoding, 8632-3: Binary encoding, 8632-4: Clear text encoding)
- ISO/IEC 14772-1 (1997) The Virtual Reality Modeling Language (VRML97) – Part 1: Functional specification and UTF-8 encoding. International Standard
- ITU: Recommendation 601-2 (1991) Encoding Parameters of Digital Television for Studios. ITU Genf, November 1991
- Jung, T (1998) Remote control of virtual environments via low-bandwidth connections. In: Proceedings of High-Performance Computing and Networking Conference 1998, Springer, Berlin, New York
- Kilgard, MJ (1996) GLR, an OpenGL render server facility (<http://www.sgi.com>)
- Klein, R (1997) Multiresolution representations for surface meshes. In: Proceedings of SCCG 1997
- Klein, R, Straßer, W (1998) Handling of very large 3D-surface datasets using mesh simplification and multiresolution modeling. Tutorial, Computer Graphics International, Hannover, Germany, June 22–26, 1998.
- Kobbelt, L, Campagna, S, Seidel, H (1998) A general framework for mesh decimation. In: Graphics Interface Proceedings, Vancouver, Canada, 18–20 June 1998.
- Kobbelt, L, Campagna, S, Vorsatz, J, Seidel, H (1998) Interactive multi-resolution modeling on arbitrary meshes. In: ACM SIGGRAPH '98 Conference Proceedings, July 19–24, 1998.
- Krömker, D (1992) Visualisierungssysteme. Springer, Berlin, Heidelberg
- Kuhlen, T. et al (1999) Ziel erfaßt! Tracking-System-Test. 3D Live, IWT, 2/99
- Lane, DA (1997) Scientific visualization of large-scale unsteady fluid flows. In: Nielson, Hagen Müller, Scientific visualisation. Overviews, methodologies, techniques. IEEE Computer Society 1997
- McCormick, BH, DeFanti, TA, Brown, M (Eds.) (1987) Visualization in Scientific Computing. In: ACM Computer Graphics, Vol. 21, No. 6
- Neidecker-Lutz, BK, Ulichney, R (1993) Software motion pictures. In: Digital Technical Journal, Vol. 5, No. 2, Spring 1993.
- Neider, J, Davis, T, Woo, M (1993) OpenGL programming guide: the official guide to learning OpenGL, release 1. Addison-Wesley
- Nielson, GM, Hagen, H, Müller, H (1997) Scientific Visualization, Overviews, Methodologies, Techniques. IEEE Computer Society

- Olbrich, S, Pralle, H (1997) Verfilmung von Multimediadaten in einem verteilten System. In: it+ti, Oldenbourg, 1/1997.
- Olbrich, S, Pralle, H (1998) High-performance online presentation of complex 3D scenes. In: van As, H R (1998) High Performance Networking – IFIP TC-6 Eighth International Conference on High Performance Networking (HPN '98), Vienna, Austria, September 1998. Kluwer Academic Publishers, Boston
- Olbrich, S, Pralle, H (1999) Virtual reality movies – real-time streaming of 3D objects. TERENA-NORDUnet Networking Conference, Lund, Sweden, 1999.
- Olbrich, S, Reumann, K (1991) Video animation of plot sequences in a computer center environment. In: Proceedings of COMPUGRAPHICS 1991
- OpenGL Architecture Review Board (1992) OpenGL Reference Manual: The official reference document for OpenGL, Release 1. Addison-Wesley
- Polhemus Inc (1993) 3Space Fastrak User's Manual. Revision F, November 1993.
- Raasch, S, Etling, D (1998) Modeling deep ocean convection: large eddy simulation in comparison with laboratory experiments. In: J. Phys. Oceanogr., Vol. 28, 1998.
- Riempp, R, Schlotterbeck, A (1995) Digitales Video in interaktiven Medien. Springer, Berlin, Heidelberg
- Rosenblum et al (1994) Scientific Visualization – Advances and Challenges. Academic Press
- Scherzer, Y (1996) Virtuelle Welten – Navigation in virtuellen Räumen. In: DFN-Mitteilungen, Nr. 41, Juni 1996.
- Schroeder, W, Martin, K, Lorensen, B (1997) The Visualization Toolkit. 2nd Edition. Prentice Hall
- Schroeder, W (1995) Polygon reduction techniques. In: IEEE Visualization 1995
- Schulzrinne, H, Rao, A, Lanphier, R (1998) Real Time Streaming Protocol (RTSP). RFC 2326, 14.04.1998.
- Silicon Graphics, Inc (1996) Onyx2 Reality and Onyx2 Infinite Reality. Technical Report
- Silicon Graphics, Inc (1997a) OpenGL Optimizer. White Paper
- Silicon Graphics, Inc (1997b) Origin Servers. Technical Report
- Steinmetz, R (1995) Multimedia-Technologie. Springer, Berlin, Heidelberg
- Taubin, G, Gueziec, A, Horn, W, Lazarus, F (1998) Progressive forest split compression. In: ACM SIGGRAPH '98 Conference Proceedings, July 19–24, 1998.
- Taubin, G, Rossignac, J (1998) Geometric compression through topologic surgery. In: ACM Transactions on Graphics, Vol. 17, No. 2, April 1998.
- Terrence, L, Papka, M E, Pellegrino, M, Stevens, R (1996) Sharing visualization experiences among remote virtual environments. In: Chen, M., Townsend, P., Vince, J. A. (Eds.): High performance computing for computer graphics and visualization. Springer, Berlin, New York
- Touma, C, Gotsman, C (1998) Triangle mesh compression. In: Graphics Interface Proceedings, Vancouver, Canada, 18–20 June 1998.
- Upton, C et al (1989) The application visualization system: a computational environment for scientific visualization. In: IEEE Computer Graphics and Applications, July 1989.
- Vester, F (1998) Denken, Lernen, Vergessen. 25. Auflage. Deutscher Taschenbuch Verlag
- Vince, J (1995) Virtual reality systems. Addison-Wesley

Web 3D Consortium (1998) The VRML Repository: <http://www.web3d.org/vrml/>.

World Wide Web Consortium (W3C) (1998) Synchronized Multimedia Integration Language (SMIL) 1.0 Specification. W3C Recommendation, 15. Juni 1998

# Objektorientierte kartographische Visualisierung

JÜRGEN DÖLLNER

## 5.1 Einführung

Dieses Kapitel stellt eine Reihe ausgewählter Software- und Visualisierungskonzepte für die Konstruktion von interaktiven und animierten kartographischen Visualisierungen vor. Der Bezug zur kartographischen Animation liegt darin, daß die auf diesen Konzepten basierende interaktive, dynamische Visualisierungsumgebung für die Herstellung von Echtzeit-Animationen verwendet werden kann. Die hier vorgestellten Konzepte verfolgen das Ziel, im Sinne des „map use cube“ (MacEachren 1994) interaktive und perspektivische Karten zu ermöglichen, die für die intern monologische wie auch für die extern dialogische Nutzung geeignet sind, einen wahlweise niedrigen oder hohen Grad an Interaktivität bereitstellen und es erlauben, vorhandene Informationen zu präsentieren und Unbekanntes zu erforschen. Die Implementierung solcher Karten erweist sich als sehr komplex. Ausgefeilte computergraphische Verfahren, die Konzepte für Interaktionen und Animation und das Software-Engineering stellen hohe Anforderungen, die mit Hilfe eines erweiterbaren, objektorientierten Visualisierungssystems bewältigt werden können. Kartographische Daten (zum Beispiel Geländedaten) werden zusammen mit ihren graphischen Repräsentationen als Software-Objekte in das Visualisierungssystem eingebunden.

Eine besondere Herausforderung für ein solches Visualisierungssystem liegt darin, leicht benutzbare und verständliche interaktive Darstellungsmöglichkeiten zu schaffen. Dazu müssen zum einen moderne Verfahren der Computergraphik zum Einsatz kommen, um eine Darstellung großer Datenmengen in Echtzeit zu gewährleisten. Zum anderen sind geeignete Metaphern für die Interaktion und Präsentation zu entwickeln, die von Anwendern einer solchen kartographischen Visualisierungsumgebung möglichst intuitiv verstanden und akzeptiert werden.

Für die Konstruktion einer kartographisch ausgerichteten Visualisierungsumgebung werden in diesem Beitrag folgende Konzepte und Verfahren aus der Computergraphik und dem Software-Engineering vorgestellt:

- Ansteuerung verschiedener Bilderzeugungssysteme (*rendering*);
- Modellierung virtueller 3D-Szenen basierend auf einer Graphendarstellung, die sowohl graphisch-geometrische als auch dynamische Aspekte virtueller 3D-Objekte berücksichtigt;
- Konzept zur Bildung von fachspezifischen Visualisierungskomponenten, den *3D-Widgets*.

Diese Software-Konzepte werden anhand einer Reihe konkreter kartographischer Visualisierungs- und Animationskomponenten vertieft. Das Kapitel schließt mit einer Bewertung der vorgestellten Konzepte, die aus den Erfahrungen bei der Implementierung einer interaktiven Visualisierungsumgebung für kartographische Anwendungen stammen.

## 5.2 Grundlagen der objektorientierten Visualisierung

Die objektorientierte Software-Entwicklung bietet die wesentlichen Voraussetzungen zur Konstruktion komplexer Software-Systeme, da mit ihrer Hilfe die Konzepte in einem Aufgabenbereich logisch in Module, den *Klassen* und *Paketen*, zerlegt und diese miteinander in Beziehung durch Generalisierung und Spezialisierung gebracht werden können. Grundlegendes Konstrukt ist die *Klasse*, die einen Objekttyp durch Spezifikation der *Klassenelemente*, das heißt durch Attribute und Methoden, beschreibt. Jede Klasse besitzt in Form seiner öffentlichen Klassenelemente eine klar definierte *Schnittstelle*, stellt Dienste in Form seiner *Methoden* nach außen bereit und verwaltet seine meist verborgenen *Attribute* im inneren. Eine Klasse kann die Eigenschaften einer anderen Klasse durch *Vererbung* übernehmen bzw. modifizieren. Die Wiederverwendbarkeit und Erweiterbarkeit derart aufgebauter Software ist deutlich höher als die von konventionell (zum Beispiel prozedural) entwickelter Software. Für eine Einführung in die objektorientierte Software-Entwicklung sei auf die kompakte Darstellung von Oestereich (1997) verwiesen. Objektorientierung hat sich im Bereich der Visualisierungs- und Computergraphik-Software fest etabliert und als erfolgreich erwiesen (Cunningham et al 1992).

### 5.2.1 Architektur eines interaktiven Visualisierungssystems

Die Software-Architektur eines interaktiven Visualisierungssystems läßt sich grob in drei Schichten einteilen:

- **3D-Rendering:** Diese Schicht enthält Verfahren und Techniken zur Bildsynthese. Sie unterscheiden sich hinsichtlich des Umfangs der verfügbaren Graphikprimitive und Graphikattribute, der Geschwindigkeit und der Qualität der Bilderzeugung. Zur Implementierung dieser Schicht wird im allgemeinen auf Standard-Software, zum Beispiel *OpenGL* (Woo et al 1997), zurückgegriffen.
- **3D-Modellierung:** Diese Schicht ist für die geometrische und gestalterische Modellierung virtueller Objekte und virtueller Szenen zuständig. Die Schicht ist im allgemeinen auch verantwortlich für die Spezifikation der Dynamik der

Objekte, das heißt ihres interaktiven und zeitlichen Verhaltens. *OpenInventor* (Wernecke 1994) und *Java 3D* (Brown und Petersen 1998, Mohan 1998) sind typische Vertreter von Graphiksystemen, die eine allgemeine Szenenmodellierung unterstützen.

- **3D-Komponenten:** Diese Schicht enthält häufig benötigte oder allgemein nützliche Anwendungsbausteine, die aus den Bestandteilen der Rendering-Schicht und der Modellierungsschicht gebildet werden. Diese Schicht vereinfacht damit die Entwicklung neuer Systeme durch vorgefertigte Komponenten mit meist komplexer Funktionalität.

Visualisierungssysteme setzen diese logische Gliederung nicht immer physikalisch um, das heißt die Schichten sind auf der Software-Ebene nicht wirklich getrennt, sondern ineinander verschränkt. In einem solchen Fall ist es im allgemeinen schwer, das Visualisierungssystem an spezifische Anwendungsbedürfnisse, zum Beispiel die der Kartographie, anzupassen, da jede Schicht gezielt um anwendungsspezifische Konstrukte erweitert werden muß.

Die objektorientierte Graphikbibliothek *VisualizationToolkit vtk* (Schroeder et al 1998) besteht aus einer expliziten Schicht für Modellierung und Komponenten, wohingegen die Rendering-Schicht nicht direkt zugänglich ist. *VRML* (*Virtual Reality Modeling Language*) kann vorwiegend als Modellierungsschicht betrachtet werden, da weder die Rendering-Schicht noch die Komponentenschicht festlegt ist (zu VRML siehe den Beitrag von Zedi). *OpenInventor* (Wernecke 1994) ist eine objektorientierte 3D-Graphikbibliothek, die analog zu VRML auf dem Szenengraphen-Paradigma basiert und Modellierungsfunktionalität bereitstellt. Sie arbeitet mit *OpenGL* als Rendering-Schicht und definiert keine explizite Komponentenschicht.

*Java 3D* (Mohan 1998), eine objektorientierte Graphikbibliothek für Java-Anwendungen und -Applets, bietet eine leistungsfähige Modellierungsschicht, jedoch keinen direkten Zugang zu der auf den einzelnen Hardware-Plattformen unterschiedlich realisierten Rendering-Schicht. Die Bibliothek unterstützt nicht explizit eine Komponentenschicht. Die in diesem Beitrag vorgestellten Konzepte wurden mit dem objektorientierten Visualisierungs- und Animationssystem *MAM/VRS* realisiert, der *Modeling and Animation Machine* und dem *Virtual Rendering System* (Döllner und Hinrichs 1997), dessen Schichten für Rendering, Modellierung und Komponenten logisch und physikalisch explizit modelliert sind.

### 5.2.2 Konzepte für Rendering-Schichten

Systeme für die Bilderzeugung (*rendering*) unterscheiden sich in Hinblick auf die verwendeten Rendering-Techniken und ihrer Schnittstelle zu Anwendungsprogrammen.

## Rendering-Techniken

Bei den Rendering-Techniken repräsentiert das verwendete Beleuchtungsmodell ein entscheidendes Kriterium für die Charakteristik der generierten Bilder. Rendering-Techniken auf der Basis *lokaler Beleuchtungsmodelle* betrachten jedes Graphikobjekt bei der Schattierung isoliert, eine Wechselwirkung der Objekte untereinander wird nicht berücksichtigt. *OpenGL* ist ein typischer Vertreter eines Rendering-Systems für Echtzeit-Anwendungen mit lokalem Beleuchtungsmodell. OpenGL verwendet, wie viele andere Rendering-Systeme, das Beleuchtungsmodell von Phong und das Schattierungsverfahren von Gouraud (Foley et al 1994).

Rendering-Techniken auf der Basis *globaler Beleuchtungsmodelle* erzeugen Bilder, die einen höheren Grad an Realismus besitzen, da sie die Lichtverteilung präziser berechnen, etwa mit Hilfe des Ray-Tracing-Verfahrens oder des Radiosity-Verfahrens. Vertreter dieser Gruppe von Rendering-Systemen sind das Lichtsimulations-System *Radiance* (Ward und Shakespeare 1998) und das Ray-Tracing-System POV-Ray (Enzmann et al. 1994, siehe auch die Beiträge von Buziek, Dransch/Rase und Schiltz in diesem Buch). Eine einführende Darstellung von Rendering-Techniken geben Foley et al (1994).

## Schnittstellen von Rendering-Systemen

Die Schnittstelle, die ein Rendering-System bereitstellt, besteht entweder aus einer Programmierschnittstelle, falls das Rendering-System im Sinne einer Softwarebibliothek in das Anwendungsprogramm eingebunden werden soll, oder ist durch eine Reihe von Formaten zur Datenübergabe mit einer Datei festgelegt. Allgemein besitzen heutige Rendering-Systeme eine Programmierschnittstelle (*application programming interface, API*) mit funktionsbasierter oder deklarativer Natur.

Ein *funktionsbasiertes API* wie zum Beispiel das von *OpenGL* und Microsofts *Direct3D* (Microsoft 1999) stellt die Funktionalität des Rendering-Systems über eine Reihe von Klassen oder Funktionen bereit, die ein Anwendungsprogramm zur Implementierung heranziehen kann. Ein solches API setzt voraus, daß der Anwendungsentwickler die Arbeitsweise und Struktur des Rendering-Systems kennt. Dadurch wird eine direkte und effiziente Nutzung aller Rendering-Fähigkeiten ermöglicht.

Ein *deklaratives API* basiert auf einer (meist dateibasierten) Szenenspezifikation, die vom Anwendungsprogramm explizit generiert und anschließend zur Bilderzeugung vom Rendering-System interpretiert wird, zum Beispiel von den Programmen POV-Ray oder Radiance. Die Rendering-Fähigkeiten solcher Systeme sind stets durch die Möglichkeiten der deklarativen Struktur beschränkt. Eine Erweiterung des Formats ist in der Regel nicht realisierbar. Rendering-Systeme mit diesem API können im allgemeinen nicht in ein Anwendungsprogramm integriert werden, sondern arbeiten autonom.

## Rendering-Komponenten

Unabhängig von der Software-Schnittstelle und der Technik für die Bilderzeugung lassen sich eine Reihe von *Rendering-Komponenten* identifizieren und kategorisieren, über die jedes Rendering-System verfügt. Diese Aufteilung ist die Grundlage für eine generische Rendering-Schnittstelle, die zur Programmierung und Steuerung verschiedener Rendering-Systeme verwendet werden kann.

- **Geometrische Objekte:** Objekte dieser Kategorie spezifizieren die Geometrie von 2D- und 3D-Objekten, zum Beispiel Dreiecksnetze, Freiformflächen oder Linienzüge.
- **Graphische Attribute:** Objekte dieser Kategorie spezifizieren die Erscheinung von geometrischen Objekten, zum Beispiel Texturen, Materialien und Zeichenstile.
- **Geometrische Attribute:** Objekte dieser Kategorie transformieren bzw. manipulieren die Geometrie von Objekten, zum Beispiel Rotation, Translation, Skalierung und Clipping-Ebenen.
- **Rendering-Engines:** Objekte dieser Kategorie verwalten graphische und geometrische Attribute in einem Rendering-Kontext und übernehmen das eigentliche Rendering der Objekte. In der Implementierung einer generischen Rendering-Schnittstelle wird die Verwaltung und Auswertung auf das jeweilig zugrundeliegende konkrete 3D-Rendering-System abgebildet.

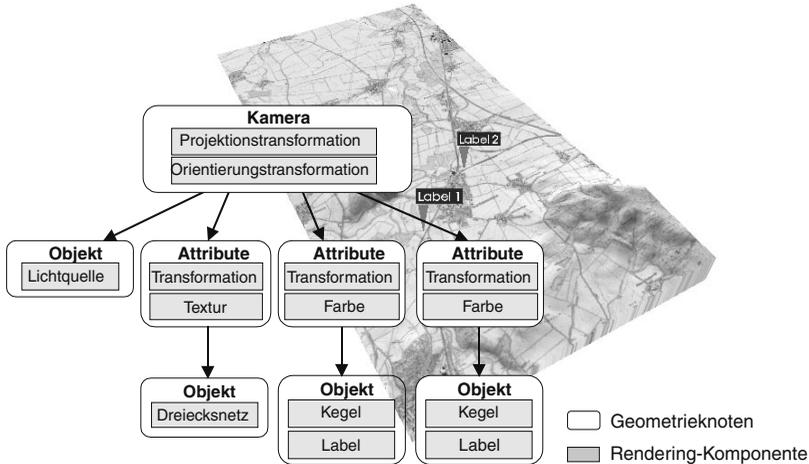
Das *Virtual Rendering System* (VRS) repräsentiert eine generische Rendering-Schnittstelle und erlaubt es einer Visualisierungsanwendung, das zugrundeliegende Rendering-System auszutauschen, ohne daß dafür der Anwendungscode geändert werden müßte (Döllner und Hinrichs 1999). Speziell für die Bedürfnisse der kartographischen Visualisierung ist diese Eigenschaft von Vorteil, weil für Planungs- und Explorationsaufgaben aufgrund der dafür notwendigen Interaktivität Echtzeit-Rendering-Systeme zum Einsatz kommen. Für Präsentationsaufgaben hingegen, zum Beispiel der Herstellung kartographischer Animationen, können photorealistische Bildfolgen ohne Entwicklungsmehraufwand erstellt werden.

### 5.2.3 Konzepte für Modellierungsschichten

Die Modellierungsschicht eines Visualisierungssystems übernimmt die Aufgabe, Szenen und die in ihnen dargestellten 2D- und 3D-Objekte zu spezifizieren. Der hier vorgestellte Ansatz ist eine verallgemeinerte Variante der Ansätze, die in den Software-Umgebungen Java 3D und VRML Eingang gefunden haben.

Eine Szenenspezifikation erfolgt in Form eines gerichteten, azyklischen Graphen, dem sog. *Szenengraphen*. Er beschreibt hierarchisch den geometrischen Aufbau einer Szene und legt die Attribute der einzelnen geometrischen Objekte fest. Die Knoten eines Szenengraphen sind mit geometrischen Objekten, graphischen Attributen und geometrischen Attributen verknüpft. Eine an den geometrischen und graphischen Attributen organisierte Hierarchie erlaubt die kompakte Darstellung gemeinsamer Attribute und insbesondere gemeinsamer lokale Koordinatensy-

steme einer Szene. Ein Beispiel eines einfachen Szenengraphen ist in Abbildung 5-1 illustriert. Er modelliert ein texturiertes, trianguliertes Geländemodell. Der Wurzelknoten enthält die Rendering-Komponenten, die die virtuelle Kamera spezifizieren. Zusätzlich zum Geländemodell sind zwei textuelle Markierungen im Szenengraphen beschrieben.



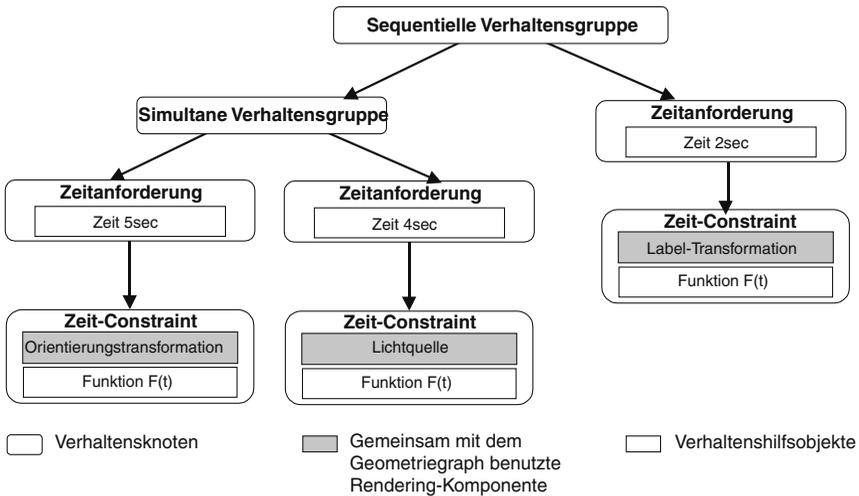
**Abb. 5-1** Szenengraph zur Darstellung eines Geländemodells

Ein Mangel dieses Ansatzes liegt in der fehlenden Unterstützung der Spezifikation dynamischer Aspekte. Zeit- und ereignisabhängiges Verhalten kann nur schwer in eine Hierarchie eingefügt werden, die als Ordnungsprinzip den statischen-geometrischen Aufbau zugrunde liegen hat. Einige Konzepte, zum Beispiel *Java 3D*, *VRML* und *OpenInventor*, behelfen sich dadurch, daß an Knoten des Szenengraphen Sensoren installiert werden können, die Anwendungsfunktionen beim Eintreffen bestimmter Ereignisse aufrufen (*callbacks*). Ein Sensor kann zum Beispiel bei Ablauf eines Zeitintervalls, bei Mausklick oder bei einem Fensterereignis reagieren, in dem er das dem Ereignis zugeordnete Callback auslöst.

Eine alternative Lösung stellt die symmetrische Modellierung von Geometrie und Verhalten dar. Analog zum Szenengraphen wird für eine virtuelle dreidimensionale Welt das Verhalten durch einen dem Szenengraph komplementär beigeordneten Verhaltensgraphen beschrieben. Die Knoten des Verhaltensgraphen spezifizieren das zeitliche oder ereignisabhängige Verhalten von 2D- und 3D-Objekten. Als Ordnungsprinzip wird der zeitliche Ablauf oder der Interaktionsablauf herangezogen.

In Abb. 5-2 ist ein Verhaltensgraph illustriert, der eine Kamerafahrt mit gleichzeitiger Bewegung einer Lichtquelle und eine Animation einer Textaufschrift (Label) beschreibt. Dazu werden einige der Rendering-Komponenten animiert, die im Szenengraphen (Abb. 5-1) ebenfalls verwendet werden. Die *sequentielle* Verhaltens-

gruppe beschreibt nacheinander ablaufende Handlungen; sie berechnet die Gesamtdauer der Animation aus der Summe der Dauer der Teilhandlungen. Die *simultane* Verhaltensgruppe beschreibt gleichzeitig ablaufende Handlungen. Die Gesamtdauer ergibt sich aus der längsten Dauer der Teilhandlungen. Verhaltensgraphen legen durch Zeitanforderungsknoten fest, wieviel „Lebenszeit“ ihre Subgraphen benötigen. Verhaltensgruppen sammeln diese Anforderungen, errechnen daraus die Lebenszeiten ihrer Kindknoten, aktivieren Kindknoten, wenn deren Lebenszeit beginnt und deaktivieren Kindknoten, wenn ihre Lebenszeit endet. Zeit-Constraint-Knoten wenden zeitabhängige Funktionen, die von der Anwendung spezifiziert werden, auf Parameter der Rendering-Komponenten an. Ein Zeit-Constraint-Knoten modifiziert zum Beispiel die Orientierungstransformation der Kamera, um damit die Kameraposition zu animieren. Analog werden die Position der Lichtquelle und die Transformation des Labels mit Hilfe geeigneter zeitabhängiger Funktionen animiert.



**Abb. 5-2** Beispiel eines Verhaltensgraphen. Zeitabhängige Funktionen verändern Parameter assoziierter Rendering-Komponenten.

Szenengraphen und Verhaltensgraphen besitzen aus der Sicht der Rendering-Komponenten folgende Funktionen: der Szenengraph positioniert, orientiert und kombiniert die Rendering-Komponenten, wohingegen der Verhaltensgraph die Rendering-Komponenten manipuliert und animiert. Da die Rendering-Komponenten von Knoten beider Graphentypen assoziiert werden (die Rendering-Komponenten können gemeinsam von Knoten beider Graphentypen genutzt werden), lassen sich kompakt ereignis- und zeitabhängige Vorgänge formulieren und selbst komplexes zeitliches Verhalten objektorientiert mit Hilfe der Verhaltensknoten komponieren. Die hierarchische Anordnung von zeitbezogenen Verhaltensknoten erlaubt es, zeitliche Abläufe im Stil von Drehbüchern zu kodieren. Bei animierten und interaktiven 3D-Anwendungen kann beobachtet werden, daß Verhaltensgraphen und damit die Spezifikation der

Interaktion und der Animation einen weitaus größeren Teil der Programmspezifikation einnehmen als die Szenengraphen.

Die Modellierungsschichten der derzeitigen Visualisierungssysteme unterstützen im allgemeinen die Verhaltensmodellierung nur rudimentär, indem an Knoten des Szenengraphen anwendungsspezifische Funktionen geknüpft werden können, die beim Eintreffen bestimmter Ereignisse aufgerufen werden (Event-Callback-Mechanismus). Eine explizite Modellierung von Zeitflüssen wird in *MAM/VRS* durch eine Bibliothek leistungsfähiger Zeitknoten unterstützt (Döllner und Hinrichs 1997).

### 5.2.4 3D-Widgets als Visualisierungskomponenten

Die Entwicklung interaktiver, animierter Visualisierungen führt mit zunehmender Anwendungsgröße zu einer großen Anzahl von Graphen und Assoziationen zwischen Knotenobjekten und Rendering-Komponenten. In den Geometrie- und Verhaltensgraphen findet sich die gesamte Visualisierungsfunktionalität, die nach geometrischen, graphischen oder verhaltensabhängigen Kriterien hierarchisch angeordnet sind. Dadurch wird die Identifikation zusammengehöriger Geometrie- und Verhaltensknoten erschwert, die aus Anwendungssicht eine bestimmte, abgrenzbare Aufgabe übernehmen. Aus der Sicht einer Anwendung ist von daher eine Gliederung anhand der zusammengehörenden Funktionalität zu bevorzugen, da nur sie die Erweiterbarkeit und Wiederverwendung von komplexer Teilfunktionalität sicherstellen kann.

Zur Abstraktion können Visualisierungskomponenten entwickelt werden, die intern die für ihre Aufgaben notwendigen Rendering-Komponenten, Geometrie-knoten und Verhaltensknoten erzeugen und verwalten. Mit derart konzipierten Visualisierungskomponenten und der damit verbundenen Abstraktion wird es möglich, große Anwendungen aus vorgefertigten Bausteinen effizient zu implementieren. Diese Bausteine können in Analogie zu Schnittstellen-Bibliotheken als *3D-Widgets* bezeichnet werden (Döllner und Hinrichs 1998). Sie ermöglichen es, anwendungsspezifische (zum Beispiel kartographische) Visualisierungstechniken wiederverwendbar und kompakt zu implementieren und in Bibliotheksform bereitzustellen. Sie erleichtern daher grundlegend die komponentenorientierte Entwicklung von Visualisierungsanwendungen.

3D-Widgets lassen sich formal als Muster von korrelierten Rendering-Komponenten, Geometriegraphen und Verhaltensgraphen definieren. Ein 3D-Widget kapselt im Sinne der objektorientierten Software-Entwicklung eine Menge von Rendering-Komponenten, Geometrie-knoten und Verhaltensknoten (Abb. 5-3). Ein 3D-Widget legt durch seine Schnittstelle explizit fest, welche ihrer internen Objekte nach außen exportiert und welche Objekte von außen erwartet (das heißt importiert) werden. Der nachfolgende Abschnitt stellt Visualisierungskomponenten einer für geowissenschaftliche und kartographische Zwecke konzipierten 3D-Widget-Bibliothek vor.

### 5.3 Visualisierungskomponenten für Karten

In diesem Abschnitt wird erläutert, wie die bisher vorgestellten Konzepte eingesetzt werden können, um ein objektorientiertes kartographisches Visualisierungssystem zu konstruieren. Im Zentrum stehen dabei Komponenten zur Visualisierung von digitalen Geländemodellen (DGM), zur Navigation und Orientierung in Geländemodellen und zur Exploration und Analyse kartographischer Daten.

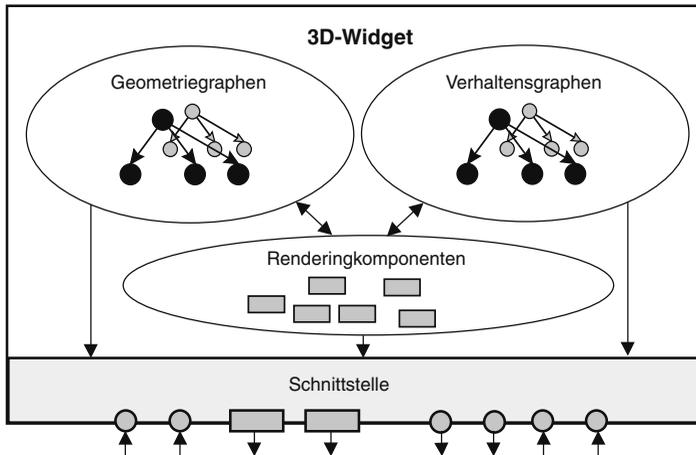


Abb. 5-3 Grundsätzlicher Aufbau eines 3D-Widgets

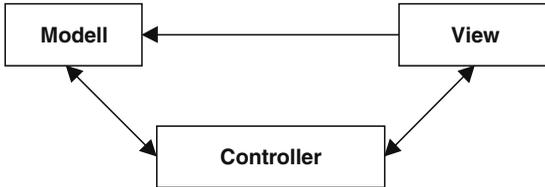
#### 5.3.1 Software-Architektur

Die Architektur eines solchen Visualisierungssystems beruht auf dem Paradigma des *model view controller* (MVC, Abb. 5-4), das die Grundstruktur für alle Typen von graphischen Anwendungen widerspiegelt:

- Das Modell repräsentiert *Fachobjekte*, die im allgemeinen kartographische Daten enthalten. Fachobjekte sind in dem vorgestellten kartographischen Visualisierungssystem zum Beispiel digitale Geländemodelle (DGM), Landnutzungsinformationen und weitere thematische Daten. Die Fachobjekte stellen darüber hinaus Analysefunktionalität (zum Beispiel Abfragemethoden) bereit oder dienen als Mittler zu Geo-Informationssystem oder einer raumbezogenen Datenbank. Die Fachobjekte enthalten keine Visualisierungsfunktionen.
- Die Sichten (*views*) in Form von, zum Beispiel, perspektivischen Darstellungen eines Geländemodells sind zuständig für die Visualisierung des Modells, das heißt, sie übernehmen die Abbildung der Fachobjekte auf Rendering-Komponenten und Geometriegraphen. Dazu müssen insbesondere die in den Fachobjekten enthaltenen Daten effizient an die Rendering-Komponenten übertragen werden.

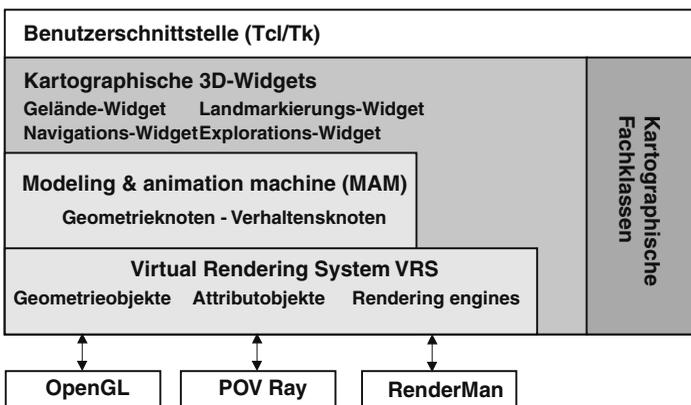
- Die *Controller* sind zuständig für die Manipulation des Modells. Sie kapseln Interaktionsstrategien und Animationsbeschreibungen, die durch Verhaltensgraphen implementiert werden können.

Das MVC-Paradigma bietet eine logische Gliederung für Visualisierungsanwendungen mit komplexen Visualisierungsstrategien. 3D-Widgets eignen sich zur Implementierung dieses Paradigmas, in dem sie die Funktionalität von Sichten und Controllern durch Geometriegraphen und Verhaltensgraphen implementieren.



**Abb. 5-4** Modell-View-Controller-Paradigma

Ein *kartographisches 3D-Widget* konstruiert für eine Visualisierungsanwendung Fachobjekte oder importiert sie von einer Visualisierungsanwendung (zum Beispiel DGM-Objekte), konstruiert Rendering-Komponenten (zum Beispiel Polygonnetze), konstruiert Geometriegraphen (zum Beispiel Geometrieknoten mit graphischen Attributen für Farbe, Material und Textur) und konstruiert Verhaltensknoten, welche die Dynamik der visualisierten Fachobjekte beschreiben (zum Beispiel Blickpunktauswahl in einem DGM durch Benutzerinteraktion). Für eine ausführliche Diskussion des MVC-Paradigms siehe Gamma et al (1996).



**Abb. 5-5** Architektur des objektorientierten kartographischen Visualisierungssystems

Auf der Basis des Visualisierungs- und Animationssystems *MAM/VRS* wurde ein Prototyp eines kartographischen Visualisierungssystems entwickelt und erprobt, das auf den in den folgenden Abschnitten beschriebenen kartographischen 3D-Widgets basiert (Buziek und Döllner 1999). Die Systemarchitektur ist in Abb. 5-5 illustriert. Die kartographischen Fachklassen modellieren die kartographischen Daten. Die kartographischen 3D-Widgets sind sowohl an *MAM/VRS*-Komponenten als auch an kartographische Fachklassen gekoppelt. Die Benutzerschnittstelle bildet die oberste Systemschicht, die für die Konstruktion und Verwaltung der 3D-Widgets und der kartographischen Fachobjekte verantwortlich ist. Sie ist mit Hilfe der Skriptingsprache Tcl/Tk implementiert (Ousterhout 1994). Als Echtzeit-Rendering-System wird *OpenGL* eingesetzt. Zur Herstellung von tendenziell photorealistischen Bildern bzw. Filmen wird auf die Rendering-Systeme *POV-Ray* und *RenderMan* (Upstill 1990) zurückgegriffen.

### 5.3.2 Modellierung der kartographischen Darstellung digitaler Geländemodelle

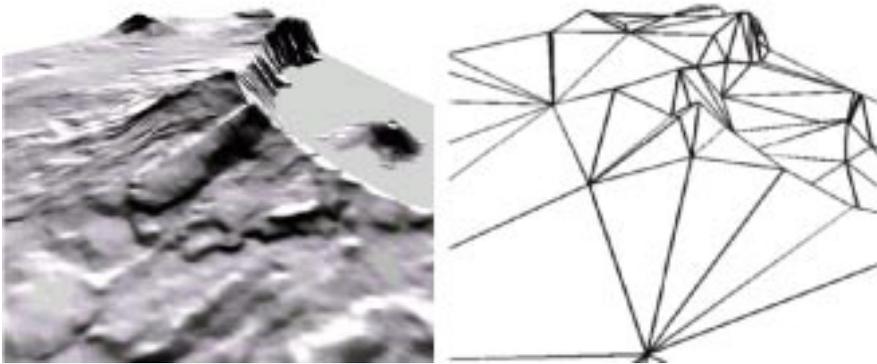
Ein grundlegendes Fachobjekt stellt ein hybrides Geländemodell dar. Ein *Gelände-Widget* hat die Aufgabe, das Geländemodell in für die Visualisierung geeignete Rendering-Komponenten umzusetzen, die Schummerung des Geländes zu berechnen und die Texturierung zu steuern. Einige technische Aspekte dieses Widgets sind im folgenden beschrieben.

#### Generische Datenstruktur für die Echtzeit-Visualisierung

Ein hybrides Geländemodell wird in dem hier beschriebenen Ansatz durch Höhenwerte in einem regulären Gitter repräsentiert, die durch triangulierte Feinstrukturen ergänzt werden können (Buziek und Kruse 1992). Das Geländemodell wird weiter hierarchisch in verschiedenen Auflösungsstufen (*level of detail*, *LOD*) berechnet, die in einem sogenannten *Approximationsbaum* gespeichert werden. Dadurch kann bei der Bildgenerierung die Auflösung jedes Geländeteils je nach seiner Entfernung zur virtuellen Kamera gezielt gewählt werden. Dadurch läßt sich die Anzahl der Dreiecke, die zur Darstellung benötigt werden, reduzieren (*multiresolution modeling*). Die Datenstruktur ist generisch, das heißt, sie kann Geländedaten unterschiedlichen Typs in ein einheitliches *LOD*-Modell integrieren. Technisch erfolgt die Implementierung einerseits durch die in dem *virtual rendering system* gegebenen Rendering-Komponenten (zum Beispiel Dreiecksnetze), andererseits durch speziell für kartographische Anwendungen erstellte Geometrieobjekte. Die Auswahl der einzelnen *LOD*-Teilmodelle erfolgt bei der Bildgenerierung in Abhängigkeit einer Fehler-schranke für den Approximationsfehler. Für eine ausführliche Darstellung dieser Datenstruktur sei auf Baumann et al (1999) verwiesen. Gekoppelt an die geometrische Geländeinformation ist die thematische Information. Sie ist repräsentiert durch die auf das Gelände bezogenen Texturen. Die Texturen sind analog zum Geländemodell in einem hierarchischen *LOD*-Modell, dem *Texturbaum*, angeordnet.

## Topographisches und thematisches Texturieren

Die Schummerung eines Geländemodells entsteht durch die im jeweiligen Rendering-System integrierte Schattierungsfunktionalität, die auf der Basis der geometrischen Darstellung und eines Beleuchtungsmodells Lichtintensitätswerte berechnet. Bei Echtzeit-Rendering-Systemen handelt es sich dabei meist um das Beleuchtungsmodell von Phong und das Schattierungsverfahren von Gouraud (Foley et al 1994). Bei einem LOD-Modell wechselt je nach Auflösungsgrad visuell deutlich wahrnehmbar die Schattierung, da die Farben nur für die Ecken eines Dreiecks berechnet und dann über das Dreieck interpoliert werden.



**Abb. 5-6** Topographisch texturiertes Geländemodell (links), verwendete Triangulierung (rechts)

In dem vorgestellten kartographischen Visualisierungssystem wurde ein anderer Weg gewählt. Die gesamte Schattierung des Geländes wird vorausberechnet und in einer hoch aufgelösten 2D-Textur abgelegt. Diese Textur wird bei der Bilderzeugung dann auf das unbeleuchtete, geometrische Geländemodell projiziert. Dadurch ist die Schattierung unabhängig von der geometrischen Auflösung der einzelnen Geländeteile, da die Textur pixelbasiert ermittelt wird (Abb. 5-6). Sie ist allerdings abhängig von der Qualität der Textur-Projektion (mit bzw. ohne lineare Filterung) und der Texturgröße. Ein konstanter visueller Eindruck bleibt erhalten, wenn die geometrische Auflösung von Geländeteilen sich aufgrund von Kamerabewegungen ändert. Als Erweiterung können außerdem thematische Informationen bei der Herstellung der Geländetextur berücksichtigt werden. Diese Schattierungstechnik ist durch das in OpenGL verfügbare *Offscreen-Rendering* leicht umsetzbar, da die Schattentextur durch eine orthographische Geländeprojektion automatisiert und für den Benutzer unsichtbar im Hintergrund errechnet werden.

Außerdem können andere Schattierungsmodelle als die der gängigen Rendering-Systeme verwendet werden. So kann ein kartographisch bestimmtes Schattierungsmodell Bruchkanten berücksichtigen, die im geometrischen Modell nicht

oder nur bei bestimmten Auflösungsstufen enthalten sein würden. Die Qualität einer Geländemolldarstellung hängt wesentlich von der in der Darstellung wahrnehmbaren Morphologie ab, die mit Hilfe spezialisierter Schummerungsmodelle präzise modelliert werden kann.

### Darstellung farbiger Höhengschichten

Die aus der Kartographie bekannte Darstellung farbiger Höhengschichten durch höhenabhängige Färbung des Geländemodells kann durch das Gelände-Widget unter Ausnutzung eines effizienten Renderingverfahrens unterstützt werden. Dieses Verfahren nutzt eine Höhengkala, die die Höhenfarben enthält, und wendet diese als Textur implementierte Höhengkala auf das Gelände an, indem für jedes gezeichnete Pixel die entsprechende Farbe aus der Textur ausgewählt wird (Abb. 5-7). Die visuelle Darstellung ist damit pixelgenau und wird insbesondere von moderner PC-Graphikhardware effizient unterstützt.

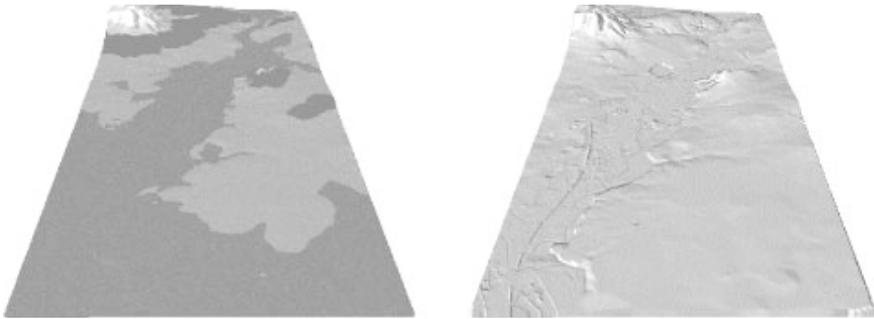


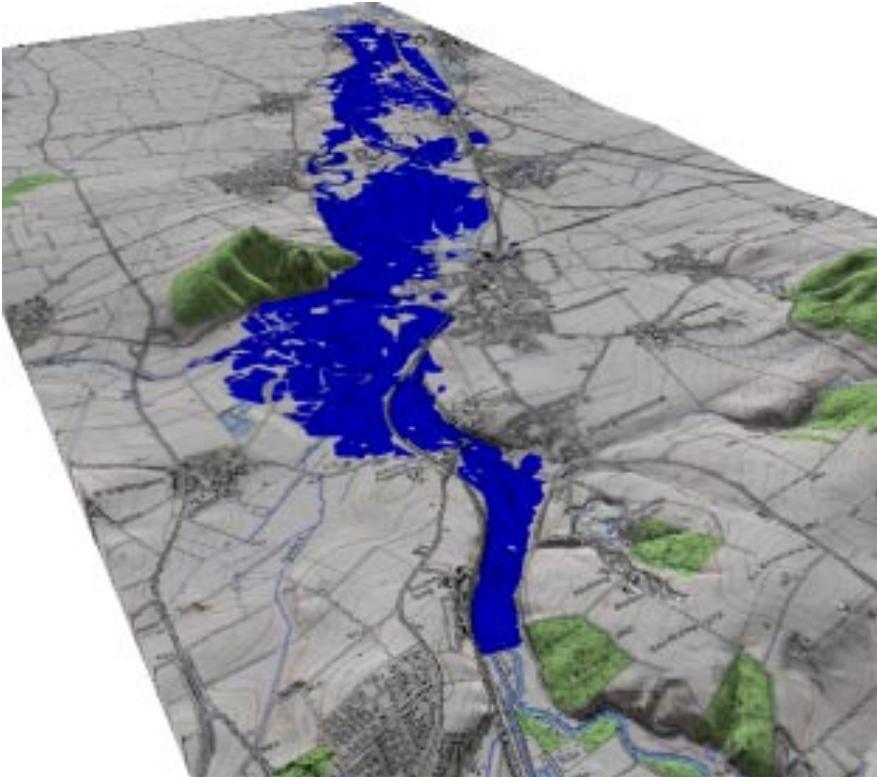
Abb. 5-7 Höhenabhängige Färbung eines Geländemodells

### 5.3.3 Komponenten zur Navigation, Orientierung und Exploration

Dieser Abschnitt stellt kartographische 3D-Widgets zur Navigation, Orientierung und Exploration vor. Diese Komponenten können als Grundbausteine für die Konstruktion von animierten und interaktiven kartographischen Anwendungen herangezogen werden.

Animation ist in den kartographischen 3D-Widgets als integraler Bestandteil der Interaktion des Benutzers mit dem System zu verstehen. Zum Beispiel kann der Benutzer durch direkte Manipulation des Geländemodells die Kameraeinstellung steuern. Der Benutzer markiert dazu eine Stelle im Geländemodell (den Fokuspunkt) durch Mausklick. Die Kamera wird dann auf diesen neuen Fokuspunkt ausgerichtet. Die Richtungsänderung wird animiert, um einen weichen Übergang zwischen den Bildern zu gewährleisten. Das System verfügt darüber hinaus über Möglichkeiten, automatisiert Filmsequenzen in Form von MPEG- und AVI-Dateien aufzunehmen.

Klassische Geländeüberflüge lassen sich mit Hilfe explizit erstellter Flugrouten oder durch direkte Navigation aufzeichnen.



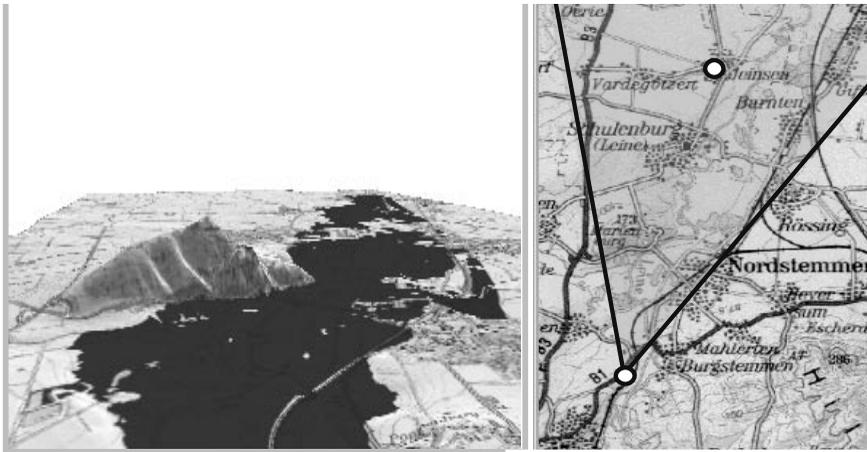
Allen Animationen liegt die Zeitmodellierung durch Verhaltensgraphen zugrunde. Sie kann zum Beispiel dazu verwendet werden, um zeitvariante kartographische Daten zu visualisieren, wie sie zum Beispiel bei einer Überflutungssimulation vorliegen. Abb. 5-8 zeigt einen Ausschnitt einer Karte, in der Überflutungsbereiche visualisiert werden. Die zeitvariante Wasseroberfläche wurde zu einer zeitvarianten Textur umgerechnet. Diese Anwendung wird in Zusammenarbeit des Instituts für Informatik der Universität Münster und des Instituts für Kartographie der Universität Hannover entwickelt.

**Abb. 5-8** Geländemodell mit Überflutungsflächen

### **Modellierung von Navigations- und Orientierungswerkzeugen**

Alle Visualisierungssysteme stellen Funktionen zur interaktiven Kamerabewegung bereit. Ein Problem, das sich bei kartographischen wie auch allgemein bei georefe-

renzierten Daten zeigt, ist, daß der Betrachter speziellen Einschränkungen unterworfen ist, etwa bezüglich der Geländekollision oder der Aufwärtsrichtung der Kamera, die eingeschränkte Freiheitsgrade hat. Die Entwicklung geeigneter Metaphern ist eine wichtige Aufgabe, um dem Benutzer eine präzise und intuitive Navigation zu ermöglichen. Der Vorteil eines objektorientierten Herangehens an die Entwicklung von Navigationswerkzeugen liegt darin, mit vertretbarem Aufwand spezialisierte Komponenten entwickeln zu können, die als 3D-Widget in einer Widget-Bibliothek für kartographische Anwendungen eingegliedert werden können. Einige 3D-Widgets zur Navigation und Orientierung sind im folgenden kurz beschrieben.



**Abb. 5-9** Perspektivische Karte und Metakarte

Das *Metakarten-Widget* besteht aus einer separaten Übersichtskarte, die dem Benutzer den momentanen Standpunkt der virtuellen Kamera anzeigt und zugleich den insgesamt durch die Kamera sichtbaren Teil der Karte kennzeichnet (Abb. 5-9). Für ein Metakarten-Widget kann eine individuelle, auf die Navigationsaufgaben abgestimmte Textur verwendet werden. Im allgemeinen ist diese Textur das Resultat der Berechnung einer orthographischen Projektion des Geländemodells von oben. In der Metakarte werden häufig für das Geländemodell andere graphische Parameter und Auflösungen gewählt, weil die absolute Ausdehnung der Metakarte deutlich kleiner ist als die Ausdehnung in den 3D-Sichten auf das Geländemodell und die Orientierung mit sich verringernder Distanz zwischen Beobachter und Modell verloren geht. Daher ist in Hinblick auf Generalisierungsaspekte eine besondere Gestaltung notwendig. Die direkte graphische Manipulation des Kamerastandpunktes und die Drehung des Sichtvolumens in der Metakarte und die Synchronisation der 3D-Sichten wird von Verhaltensknoten übernommen.

### Landschaftsmarken-Widget

Das *Landschaftsmarken-Widget* verwaltet eine Sammlung von fachlich klassifizierten und georeferenzierten Landschaftsmarken eines Landschaftsmodells. Jede Landschaftsmarke gehört einer Landschaftsmarkenkategorie an. Landschaftsmarken lassen sich unabhängig von ihrer Kategorie hierarchisch anordnen. Eine Landschaftsmarke wird graphisch durch einen Glyphen, das heißt ein 3D-Symbol, im Geländemodell repräsentiert (Abb. 5-10). Technisch verbirgt sich hinter jeder Landschaftsmarke einerseits ein Fachobjekt (zum Beispiel verwaltet in einer Datenbank) und andererseits dessen computergraphische Repräsentation. Das Landschaftsmarken-Widget konstruiert für jede Landschaftsmarke ein Fachobjekt und legt die für die Visualisierung notwendigen Rendering-Komponenten, Geometriegrphen und Verhaltensgraphen an. Die Verhaltensgraphen implementieren zum Beispiel die interaktive Auswahl einer Landschaftsmarke durch den Benutzer und das daraufhin erfolgende automatische Heranfliegen der Kamera an die Landschaftsmarke.



Abb. 5-10 Landschaftsmarken in einem Geländemodell

### Kamerasteuerungs-Widget

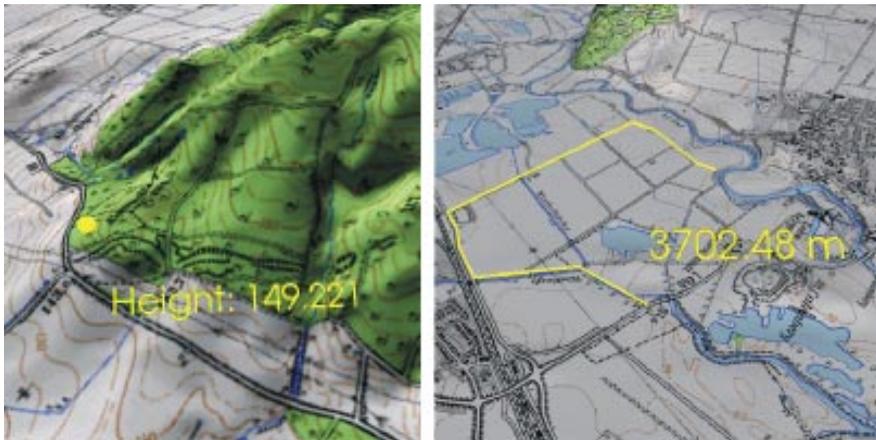
Das *Kamerasteuerungs-Widget* definiert die Interaktion des Benutzers mit der Kamera einer 3D-Sicht. Im allgemeinen stellen Visualisierungssysteme Steuerungsmechanismen für die Navigation in einer virtuellen Szene bereit. Für ein Geländemodell jedoch sind präzisere Mechanismen erforderlich, die berücksichtigen, daß der Betrachter nicht unter das Gelände gelangt, daß die Aufwärtsrichtung der Kamera fest vorgegeben ist und daß der Betrachter sich selbst im Geländemodell, jedoch nicht der Betrachter das Geländemodell bewegt.

Das Widget legt einen Fixpunkt in der Landschaft fest, der visuell dargestellt und interaktiv gewählt wird. Um diesen Fixpunkt kann der Benutzer mit festem Abstand

rotieren oder sich mit variablem Abstand an den Fixpunkt annähern bzw. sich entfernen. Die Wahl eines Fokuspunktes mit restringierter Bewegung erwies sich im bisherigen Arbeiten als intuitiv und effektiv benutzbar. Die momentanen Kameraeinstellungen können als Fachobjekte aufgezeichnet und in einer Projektstruktur abgelegt werden.

### Überfliegungs-Widget

Das *Überfliegungs-Widget* editiert eine Flugroute für ein Geländemodell mit Hilfe einer Raumkurve. Die Kurve wird direkt im Landschaftsmodell editiert, indem die Stützpunkte in Form von Landschaftsmarken manipuliert werden. Die Überfliegung kann automatisch aufgezeichnet werden, wobei sich Einschränkungen hinsichtlich der Flughöhe (zum Beispiel feste Höhe über Grund) festlegen lassen. Technisch besteht dieses Navigationswerkzeug aus einem Widget, das die gesamte Interaktion mit den 3D-Stützpunkten übernimmt. An Rendering-Komponenten werden die Flugkurve und die Stützpunkte erzeugt. Ein Verhaltensgraph animiert die Kameraparameter.



**Abb. 5-11** Höhenmessung und Weglängen-Berechnung mit einem Messungs-Widget

### Modellierung von Explorationswerkzeugen

Die kartographischen 3D-Widgets zur Exploration untersuchen Fachobjekte und visualisieren die Ergebnisse solcher Untersuchungen. Wesentlich für die Genauigkeit einer Exploration ist, daß die Anfragen mit Hilfe der visualisierten Fachobjekte formuliert werden, die Analyse aber auf den eigentlichen Fachobjekten ausgeführt werden. Zum Beispiel werden bei einer Positionsabfrage durch den Benutzer die Geländekoordinaten dadurch ermittelt, das der Schnitt zwischen einem imaginären Strahl vom Blick zum selektierten Punkt und des Geländemodells mit Hilfe

des Raytracings ermittelt wird. Dabei wird auf die ursprünglichen, voll aufgelösten Daten des Geländemodells durchgeführt, um eine möglichst exakte Positionsangabe in 3D zu erhalten, die nicht vom momentanen Level-of-Detail abhängt. Im folgenden sind zwei Analyse-Widgets des vorgestellten kartographischen Visualisierungssystems skizziert.

### Messungs-Widget

Das *Messungs-Widget* kann für Aufgaben der Geländemessung verwendet werden. Gemessen werden können Höhenwerte und Weglängen (Abb. 5-11). Ein Weg besteht aus einer Menge von Referenzpunkten, die durch einen Polygonzug verbunden sind. Die Berechnung der Weglänge erfolgt mit den Fachobjekten des Geländemodells und kann von einer Anwendung algorithmisch festgelegt werden. Die einzelnen Referenzpunkte werden durch interaktive Auswahl von Geländepunkten spezifiziert. Die Schnittpunkte werden durch einen 3D-Strahltest ermittelt. Jeder Weg repräsentiert zugleich ein neues Fachobjekt, das mit dem Geländemodell zusammen abgelegt werden kann. Technisch enthält ein solches Widget Rendering-Komponenten zur Visualisierung des Weges und zur Anzeige der Weglänge, einen Geometriegraphen und einen Verhaltensgraphen, der die interaktive Eingabe und Verschiebung von Stützpunkten übernimmt.

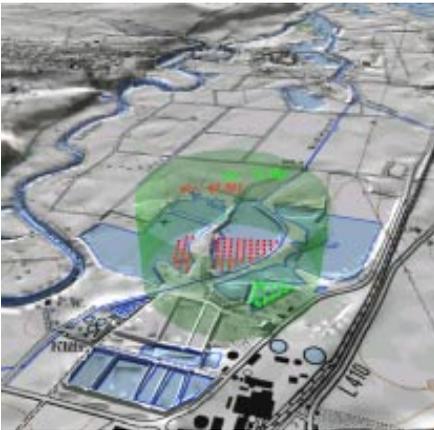


Abb. 5-12 Browser-Widget zur Analyse von Geländemodellen

### Browser-Widget

Ein *Browser-Widget* führt in einem lokalen Bereich des Geländemodells anwendungsspezifische Operationen auf den Geländedaten aus. Die Operationen sind auf einen Teilbereich des Geländes begrenzt, zum Beispiel einem zylindrischen oder rechteckigen Bereich. Die Bereiche können interaktiv im Geländemodell positioniert werden. Innerhalb des Bereichs werden die Geländedaten aus dem hybriden Geländemodell ermittelt und an die Anwendung zur Analyse übergeben. Die Anwendung

kann diese Informationen zum Beispiel mit Hilfe von Datenbankanfragen auswerten. Abb. 5-12 zeigt ein Browser-Widget, das die minimale bzw. maximale Geländehöhe in einem Bereich ermittelt und alle Geländepunkte mit diesen Höhenwerten visuell darstellt. Technisch ist das Browser-Widget durch einen Geometriegraphen implementiert, der den Abfragebereich durch eine halbtransparente Ummantelung darstellt, und durch einen Verhaltensgraphen, der die interaktive Positionierung des Bereichs übernimmt.

## 5.4 Implementierung des kartographischen Visualisierungssystems

Die in diesem Beitrag vorgestellten Konzepte zur objektorientierten kartographischen Visualisierung wurden mit dem objektorientierten Visualisierungs- und Animationssystem *MAM/VRS* prototypisch implementiert. Dazu wurden einige speziell auf die Bedürfnisse der Kartographie und der kartographischen Animation abgestimmte neue Visualisierungskomponenten entwickelt. Abb. 5-13 zeigt die Benutzerschnittstelle des kartographischen Visualisierungssystems. Eine Darstellung der technischen Aspekte des Systems findet sich bei Döllner et al (1999).

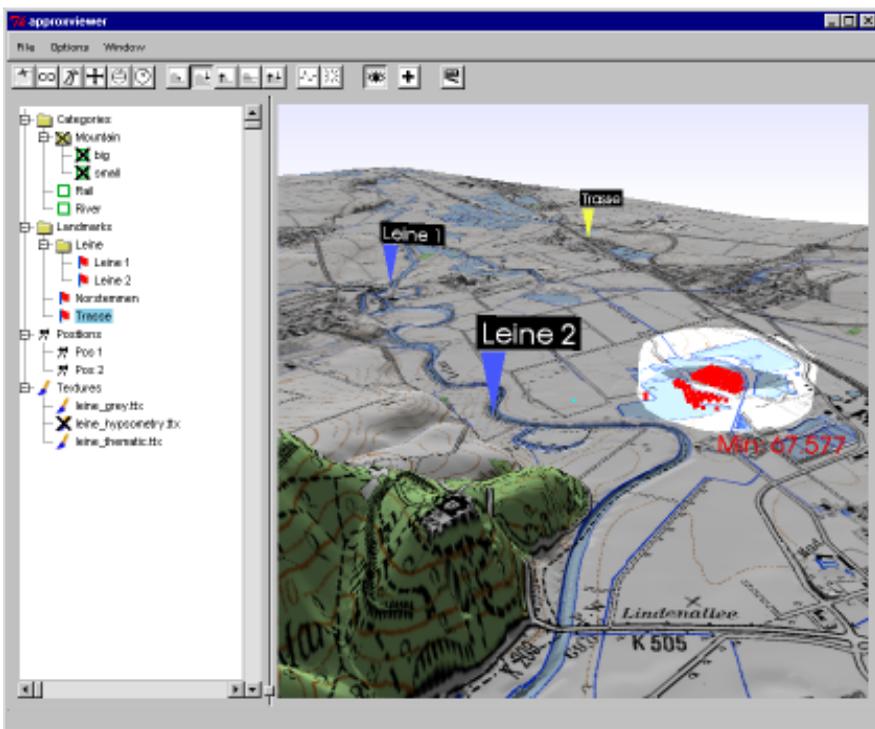


Abb. 5-13 Benutzerschnittstelle der kartographischen Visualisierungsumgebung

Das *Virtual Rendering System* VRS wurde als generische Schnittstelle herangezogen, das auf unterschiedliche 3D-Renderingsysteme, zum Beispiel *OpenGL*, *POV-Ray* und *RenderMan*, über eine einheitliche, leicht benutzbare Schnittstelle zugreift. *MAM/VRS* implementiert alle im ersten Teil beschriebenen Software-Konzepte und unterstützt insbesondere die Komponentenbildung. Zur Echtzeit-Visualisierung wird das Rendering-System *OpenGL* genutzt, da es zum einen vollständig portabel ist und zum anderen technisch innovative computergraphische Fähigkeiten bereitstellt, die zudem teilweise oder ganz von moderner Graphikhardware unterstützt wird. Insbesondere ist bei den kartographischen Widgets die Texturierung von Bedeutung. Gerade diese Funktionalität wird auch auf PC-Graphikhardware durch entsprechende Graphikkarten sehr gut unterstützt.

Die Benutzerschnittstelle wurde mit der interpretativen Skriptingsprache Tcl/Tk (Ousterhout 1994) erstellt, die eine einfache und portable Programmierung von graphischen Benutzeroberflächen ermöglicht. Diese Skriptingsprache zeichnet sich durch die ihre leichte Erlernbarkeit, Flexibilität und Erweiterbarkeit aus. *MAM/VRS* ermöglicht die Kopplung dieser Skriptingsprache mit der in der Programmiersprache C++ geschriebenen Bibliothek. Darüber hinaus können das System *MAM/VRS* und die kartographischen 3D-Widgets vollständig in diese Skriptingsprache aufgenommen werden, so daß die Entwicklung weiterer kartographischer Anwendungen in Tcl/Tk erfolgen kann. Die Wahl zwischen der C++-Schnittstelle und der Tcl/Tk-Schnittstelle bietet die Voraussetzung für den flexiblen Einsatz zur Implementierung von Anwendungen für die kartographische Visualisierung.

## 5.5 Bewertung der vorgestellten Konzepte

Software-Systeme für objektorientierte kartographische Visualisierung und Animation sind durch ihre hohe Komplexität charakterisiert. 3D-Rendering, 3D-Modellierung und die Komponenten-Entwicklung stellen hohe Anforderungen an den Software-Entwickler, die auf Dauer nur durch entsprechende Methoden des Software-Engineerings bewältigt werden können.

Visualisierungssysteme bieten eine Fülle technischer Fähigkeiten, jedoch ist es erforderlich, gezielt auf die Bedürfnisse der Kartographie zugeschnittene Komponenten zu entwickeln. Die Erweiterbarkeit eines Visualisierungssystems stellt insbesondere bei nicht-objektorientierten Systemen (zum Beispiel VRML) ein grundsätzliches Problem dar. Hinzu kommt, daß neue, innovative Rendering-Verfahren einen direkten Zugriff auf zugrundeliegende Rendering-Systeme (zum Beispiel *OpenGL*) erfordern, um qualitativ hochwertige, in Echtzeit rechenbare Resultate zu bekommen.

In dem vorgestellten objektorientierten kartographischen Visualisierungssystem hat sich weiter gezeigt, daß anspruchsvolle, interaktive und animierte Visualisierungen nicht den „high-end“-Workstations vorbehalten sein müssen. Der gezielte Einsatz computergraphischer Mittel, wie zum Beispiel das Texturieren, in Verbindung mit effizienten Datenstrukturen, wie zum Beispiel dem Approximationsbaum,

erlauben es, auf heutiger PC-Hardware interaktiv mit realen kartographischen Datensätzen zu arbeiten.

Es zeigt sich allerdings auch, daß die technischen Möglichkeiten allein nicht automatisch zu einer adäquaten Visualisierung kartographischer Daten führen. Zum Beispiel müssen die Texturen den Regeln der kartographischen Gestaltung entsprechen. Die Entwicklung geeigneter Metaphern in Form einer Bibliothek kartographischer 3D-Widgets schafft hier die Voraussetzung für den Vergleich, den Test und die Weiterentwicklung von allgemein einsetzbaren kartographischen Komponenten für die Visualisierung (Buziek und Döllner 1999).

Das vorgestellte objektorientierte Herangehen an die kartographische Visualisierung und Animation birgt ein großes Potential für die interaktive kartographische 3D-Darstellung. Auf der dem Buch beiliegenden CD finden sich einige Animationssequenzen und die erste Version eines Programmsystems (LandExplorer), die die Arbeitsweise des kartographischen Visualisierungssystems veranschaulichen.

## 5.6 Literatur

- Baumann K, Döllner J, Hinrichs K, Kersting O (1999) A hybrid, hierarchical data structure for real-time terrain visualization. In: Proceedings Computer Graphics International 1999, IEEE Computer Society, 85-92
- Brown K, Petersen D (1999) Ready-to-run Java 3D™. John Wiley & Sons
- Buziek G, Döllner J (1999) Concept and implementation of an interactive, cartographic virtual reality system. In: Proceedings International Cartographic Conference '99, Vol. 1, 637-648
- Buziek G, Kruse I (1992) The DTM-System TASH in an interactive environment. In: EARSeL Advances in Remote Sensing, 1(3):129-134
- Cunningham S, Craighill NK, Fong MW, Brown JR (1992) Computer graphics using object-oriented programming. John Wiley & Sons
- Döllner J, Hinrichs K (1999) A generic application programming interface for 3D graphics. Bericht Nr. 13/99-I, Angewandte Mathematik und Informatik, Universität Münster
- Döllner J, Kersting O, Hinrichs K, Baumann K (1999) Konzepte und 3D-Visualisierung interaktiver, perspektivischer Karten. In: Strobl/Blaschke (Hrsg.), Angewandte Geographische Informationsverarbeitung XI. Beiträge zum AGIT-Symposium Salzburg 1999. Wichmann-Verlag, 128-139
- Döllner J, Hinrichs K (1998) Interactive, animated 3D widgets. In: Proceedings Computer Graphics International 1998, IEEE Computer Society, 278-286
- Döllner J, Hinrichs K (1997) Object-oriented 3D modelling, animation, and interaction. In: The Journal of Visualization and Computer Animation, 8(1):33-64, <http://wwwmath.uni-muenster.de/~mam>
- Enzmann A, Kretzschmar L, Young C (1994) Ray tracing worlds with POV-Ray. Waite Group Press
- Foley J, van Dam A, Feiner S, Hughes J, Phillips R (1994) Introduction to computer graphics. Addison-Wesley
- Gamma E, Helm R, Johnson R, Vlissides J (1996) Design patterns: elements of reusable object-oriented software. Addison-Wesley

- MacEachren AM (1994) Visualization in modern cartography: setting the agenda, In: MacEachren AM, Taylor F (eds) Visualization in Modern Cartography. Pergamon Press, 1-12
- McCarthy M, Carty A (1998) Building 3D worlds in Java and VRML. Prentice Hall
- Microsoft (1999) Direct X Web Site. <http://www.microsoft.com/directx>
- Mohan S (1998) The fourth generation of 3D graphics APIs has arrived. Sun Microsystems, Inc., White Paper
- Oestereich B (1997) Objekt-orientierte Softwareentwicklung mit der Unified Modeling Language UML. 3. Auflage, Oldenbourg, München
- Ousterhout J (1994) Tcl and the Tk Toolkit. Addison-Wesley
- Schroeder W, Martin K, Lorensen B (1998) The visualization toolkit. An object-oriented approach to computer graphics, 2<sup>nd</sup> ed. Prentice-Hall
- Upstill S (1990) The RenderMan Companion. A programmer's guide to realistic computer graphics. Addison-Wesley
- Ward G, Shakespeare R (1998) Rendering with Radiance. The art and science of lighting visualization. Morgan Kaufmann Publishers
- Wernecke J (1994) The Inventor Mentor. Programming object-oriented 3D graphics with Open Inventor, Release 2. Addison-Wesley
- Woo M, Neider J, Davis T (1997) OpenGL Programming Guide, 2<sup>nd</sup> ed. Addison-Wesley

## Interaktive und animierte 3D-Szenen in VRML

ROGER ZEDI

### 6.1 Interaktive Visualisierung von Geodaten

In den 90er Jahren fand und findet ein Paradigmawechsel in der graphischen Darstellung von Information statt: weg vom statischen Papier hin zu dynamischen und interaktiven Szenen am Bildschirm. Während diese neuen Möglichkeiten bis vor wenigen Jahren nur einer kleinen Gruppe von Interessierten zugänglich waren, die sich entsprechend teure Hardware leisten konnten, haben technische Entwicklungen im Bereich der Arbeitsplatzcomputer und neue graphische Standards einem breiten Publikum eine Fülle neuer Wege eröffnet. VRML ist nur eine dieser Optionen, allerdings eine, die es sich lohnt, genauer anzuschauen. VRML bietet Einsteigern eine geeignete Plattform, um sich die grundlegenden Konzepte von 3D-Darstellungen anzueignen und wird gleichzeitig den professionellen Ansprüchen der Wissenschaft und Industrie gerecht. VRML bietet zahlreiche Möglichkeiten zur individuellen Ausgestaltung von Szenen an und ist sehr gut dokumentiert – ein Pluspunkt, den man gar nicht überbetonen kann.

Die Vermittlung von räumlicher Information in interaktiven Szenen birgt allerdings auch nicht zu unterschätzende Schwierigkeiten. Anders als der klassische Kartograph, der dem Endbenutzer ein fertiges Produkt vorlegt, das nach klar definierten Regeln gelesen werden kann, sieht sich der Gestalter/Autor von interaktiven Szenen mit der Tatsache konfrontiert, daß noch kein verbindlicher Regelkanon dafür existiert, wie mit den zu Verfügung stehenden Möglichkeiten der Einflußnahme des Endbenutzers umgegangen werden soll. Indem man ihm ein Modell und ein zugehöriges Visualisierungswerkzeug quasi überläßt, mit denen er sich das Abbild zumindest teilweise selbst erzeugt, bestimmt dieser durch seinen eigenen Einfluss nicht unerheblich, was er wie sieht.

Dies bedeutet für den Gestalter von interaktiven Darstellungen, daß er darüber Rechenschaft ablegen muß, welche Freiheitsgrade im jeweiligen Kontext Sinn machen. Er muß darüber hinaus in Rechnung stellen, daß diese Freiheitsgrade verschieden genutzt werden können (dadurch zeichnen sie sich ja gerade aus) und so von der beabsichtigten Botschaft ablenken können. Allerdings können auch traditionelle Kartenwerke nicht garantieren, daß Fehlinterpretationen ausgeschlossen sind.

Bei der Visualisierung von Geodaten, zum Beispiel bei digitalen Geländemodellen, war der Wunsch nach dynamischen und interaktiven Darstellungen schon lange vorhanden (Weibel und Heller 1990). Oft arbeitet man mit Daten, die sich über die Zeit verändern und deshalb eine dynamische Visualisierung erfordern, zum Beispiel Erosions- oder Abflußmodelle. Visualisierung spielt aber auch im Prozeß der Modellgenerierung eine zentrale Rolle, da man den Ausgangsdaten – etwa einer Liste von 10.000 Höhenwerten – Fehler und Schwächen nur sehr schlecht ansieht, in einer graphischen Darstellung der gleichen Daten (in 2D oder besser 3D) diese aber rasch erkennen kann. Dieser Prozeß verbessert sich spürbar durch interaktive Darstellungen, da diese der alltäglichen menschlichen Wahrnehmung näher kommen als statische Projektionen. Oft mußte in der Vergangenheit aber aus Gründen des Aufwands, der Zeit und nicht zuletzt der Finanzen darauf verzichtet werden. VRML kann hier eine Lücke füllen.

Für VRML sprechen mehrere Gründe. VRML ist plattformunabhängig (sofern ein entsprechender Browser existiert) und eignet sich ebenso für den lokalen Einsatz wie auch für das Internet/World Wide Web. Es ist ein international anerkannter Standard für 3D-Szenen (ISO/IEC 14772, Kloss et al 1997). VRML wird in verschiedenen Disziplinen bereits eingesetzt, darunter Architektur, Maschinenbau und Medizin (WWW-Adressen am Ende dieses Beitrages). Hinzu kommt, daß VRML im Vergleich zu anderen Sprachen zur 3D-Szenenbeschreibung, zum Beispiel das 3D-Metafile-Format, sehr gut dokumentiert ist und über Funktionen zur Animation und Interaktion verfügt.

Der vorliegende Text gibt einen kurzen und daher unvollständigen Einblick in VRML, dessen Funktionalität und über mögliche Anwendungen im Bereich der Visualisierung räumlicher Informationen, wie sie speziell bei raumbezogenen Fragestellungen oft anzutreffen ist.

## 6.2 Der Ursprung von VRML

VRML steht für *Virtual Reality Modeling Language*. Dahinter steckt ein Standard zur Beschreibung der Geometrie und des Verhaltens von 3D-Objekten. In den Anfängen des WWW kam rasch der Wunsch auf, neben statischen Bildern und Texten auch 3D-Grafiken auszutauschen. Die Firma Silicon Graphics entschloß sich daraufhin, ein von ihr bereits entwickeltes Format (Inventor-3D-Metafile, Kloss et al 1997) zur Beschreibung von dreidimensionalen Objekten für die Weiterentwicklung durch ein jedermann zugängliches Konsortium freizugeben. Daraus entstand 1995 in kurzer Zeit VRML 1.0. Schon ein Jahr später wurde die Version VRML 2.0 veröffentlicht. Die neue Version brachte einige Erweiterungen mit sich, durch die sich VRML von anderen Szenenbeschreibungssprachen abhebt, in erster Linie Möglichkeiten zur Animation von Objekten und zur Interaktion mit dem Benutzer, dazu die Erweiterbarkeit um selbstdefinierte Objekttypen (Nodes), die Integration von JavaScript und die Kombination mit Java. Der aktuelle Stand der Spezifikation nennt sich VMRL97 und unterscheidet sich inhaltlich nicht nennenswert von VMRL 2.0.

## 6.3 Interaktive Navigation und dynamische interaktive Objekte

Die VRML-Dateien werden mit Hilfe eines VRML-Browsers (als Plugin für Netscape Navigator oder MS Internet Explorer frei erhältlich) eingelesen und am Bildschirm dargestellt. VRML kann somit auf jeder Plattform betrachtet werden, für die ein Browser und ein VRML-Plugin verfügbar ist, etwa MS-Windows 95/98/NT, MacOS, UNIX usw.

Der Betrachter kann sich mit Hilfe der Maus „durch die Szenen bewegen“. Dieser Eindruck wird dadurch erzeugt, daß eine Bewegung der Maus am Bildschirm vom Browser in eine Bewegung durch den virtuellen Raum übersetzt wird. Verschiebt man die Mausposition zum Beispiel nach oben, wird dies vom Browser derart interpretiert, daß der Standort des Betrachters im virtuellen Raum in Blickrichtung „nach vorne“ verändert werden soll. Also wird die Darstellung der Szene vom neuen Standpunkt aus berechnet und auf den Bildschirm gezeichnet. Dieser Vorgang geschieht im optimalen Fall so rasch, daß der Eindruck einer fließenden Bewegung entsteht; man spricht in diesem Zusammenhang auch von „Echtzeit“. Der Benutzer kann auf diese Art mit der VRML-Szene interagieren, daher auch der Begriff der interaktiven Szene.

VRML-fähige Browser bieten verschiedene Modi an, wie die Mausbewegung interpretiert und umgesetzt werden können, etwa der *Geh-Modus* (wie oben beschrieben) oder der *Flug-Modus* (ähnlich, aber man ist nicht an eine waagrechte Ebene – einen virtuellen Boden – gebunden). Der Browser kann aber auch die ganze Szene rotieren oder verschieben, anstatt den Standort des Betrachters zu verändern (*Rotier-Modus* und *Translations-Modus*) oder nur eine Änderung der Blickrichtung innerhalb der Szene auslösen (*Dreh-Modus*). Den besten und direktesten Eindruck all dieser Modi erhält man durch Ausprobieren. Diese Art der Interaktion werden vom VRML-Browser für alle Szenen zu Verfügung gestellt und können unter dem Begriff *interaktive Navigation* zusammengefaßt werden.

Der Autor einer VRML-Szene kann noch weitere dynamische und interaktive Elemente einbauen. Objekte können sich über die Zeit verändern (zum Beispiel ihre Farbe oder ihre Position wechseln), ohne daß der Betrachter etwas auslösen muß. In diesem Fall spricht man von *dynamischen Objekten*. Interaktive Objekte verhalten sich ähnlich wie die dynamischen, jedoch reagieren diese auf Eingaben des Betrachters, zum Beispiel auf einen Mausklick auf ein Objekt. Dies kann zum Beispiel das dynamische Verhalten eines Objekts auslösen oder – falls wir uns im WWW befinden – den Browser auf eine WWW-Adresse (URL) richten, hinter der ein beliebiges Dokument stecken kann, etwa eine WWW-Seite oder eine weitere VRML-Szene (siehe Beispiel 1 auf der beiliegenden CD-ROM). Eine ausführliche Klassifikation dieser Darstellungstypen und Modi finden sich bei Zedi (1998).

Der Rechenaufwand für die Darstellung und Verarbeitung solcher Szenen wächst natürlich rasch mit der Anzahl und Komplexität der Objekte und mit den Animationen und Maus-Aktionen. Dies ist auch der Grund, wieso interaktive Szenen nie

dieselbe graphische Qualität erzielen wie andere synthetisch erzeugte, fotorealistische Bilder, bei deren Berechnung man viel Zeit aufwenden kann und auf den Anspruch der Echtzeit verzichtet.

## 6.4 Die Bausteine einer VRML-Datei: Nodes und Shapes

### 6.4.1 Die Kopfzeile

Eine VRML-Datei ist eine reine Text-Datei (ASCII-Code) und kann daher mit einem beliebigen Text-Editor erstellt werden. Sie besteht aus mindestens dem *Header* (Kopfzeile) und einem nicht-leeren *Node*. Die Angabe von Kamera-Standort und Lichtquellen ist optional. Falls diese weggelassen werden, benutzt der Browser eine Voreinstellung für die Beleuchtung und den Kamerastandort. Dieser ist meist so gewählt, daß möglichst alle Objekte in der Szene anfangs sichtbar sind.

Der Header besteht aus einer Zeile, in der die Version der VMRL-Spezifikation und der Name des Zeichenvorrats angegeben ist. Im nachfolgenden Beispiel steht der Name `utf8` für den meistens benutzten Zeichenvorrat Western Latin 1, es können aber auch andere Zeichensätze verwendet werden. Beispiel:

```
#VRML V2.0 utf8
```

### 6.4.2 Nodes und Shapes

Nodes (Knoten) sind die Grundbausteine von VRML. Alles ist in Nodes eingebettet, zum Beispiel Farben, Formen, Lichtquellen oder Angaben für Animationen. Ein Node besteht immer aus einer Typen-Angabe und einem Paar geschweifter Klammern, die bestimmte Felder einschließen, in denen wiederum die betreffenden Node-Attribute beschrieben sind.

Hier ein kurzes Beispiel: eine weiße Kugel mit einem Radius von 1.5 Einheiten soll dargestellt werden (Beispiel 2 auf der beiliegenden CD-ROM). Deren Geometrie wird in einem vordefinierten Node beschrieben:

```
Sphere { radius 1.5 }
```

Das reicht aber noch nicht ganz. Jedes geometrische Objekt in VRML besteht aus mindestens zwei Nodes, einem für die Geometrie (*geometry*) und einem für die Erscheinung (*appearance*), die in einem *Shape-Node* zusammengefaßt werden. Das Beispiel muß also ergänzt werden:

```
#VRML V2.0 utf8
Shape {
  appearance Appearance { }
  geometry Sphere { radius 1.5 }
}
```

Für den Erscheinungs-Node sind hier keine weiteren Angaben gemacht. In diesem Fall benutzt der Browser einfach einen Default-Wert, hier Weiß. Diese paar Zeilen reichen bereits aus für eine minimale VRML-Datei!

Objekte können mit einem Namen versehen werden, damit werden sie wiederverwendbar. Dies geschieht mit den Befehlen DEF und USE. Möchte man zum Beispiel die weiße Kugel mit dem Radius 1.5 wiederverwenden (innerhalb der selben VRML-Datei), dann definiert man sie wie folgt (abgekürzt):

```
DEF WeisseKugel Shape { [...] }
```

An anderer Stelle könnte man, wo immer die Syntax einen Shape-Node zuläßt, diesen Node wiederverwenden:

```
USE WeisseKugel
```

Diese Methode vereinfacht und verkleinert VRML-Dateien sehr effizient. Es können alle Nodes (also auch bestimmte Appearance-Nodes) definiert und wiederverwendet werden. Oft vorkommende geometrische Formen sind als vordefinierte Objekte (*predefined shapes*) enthalten, wie Kugeln, Quader, Zylinder und Kegel.

## 6.5 Ausgewählte Nodes für geographische Objekte

### 6.5.1 Oberflächen: Node *ElevationGrid*

Digitale Geländeoberflächen oder statistische Trendoberflächen werden oft als regelmäßige Raster repräsentiert, wobei in x- und y-Richtung feste Maschenweiten bestehen und in z-Richtung die Werte der Variablen zugeordnet sind. Im Fall eines Geländemodells sind dies die Höhenwerte, die man perspektivisch und interaktiv darstellen möchte. VRML bietet dazu einen Node an, der genau diese Art der Darstellung unterstützt: der Node *ElevationGrid* (Raster).

Der Node *ElevationGrid* hat den großen Vorteil, daß man nur die Anzahl der Punkte, die Rasterweite in x- und z-Richtung (Distanz zwischen zwei Punkten im Raster) und einen entsprechenden Satz von Höhenangaben zu definieren braucht. Die Triangulierung der Oberfläche wird vom Browser übernommen. Dies bringt eine höhere Leistung des Browsers mit sich, als wenn man den Node *IndexedFaceSet* verwenden würde (siehe unten). Jener Node hat allerdings andere Vorteile, die ihn für die meisten Darstellungen zur besseren Wahl machen. Ein kleiner Vergleich auf einem Arbeitsplatz-Computer ohne spezielle Grafikhardware: die maximale Anzahl der Punkte, die mit einem Node *ElevationGrid* noch interaktiv dargestellt werden konnte, war ein Raster von 72x76 Punkten, also 5.472 Punkte oder 10.650 Dreiecke. Die gleichen Geländedaten mußten für den Node *IndexedFaceSet* auf 48x51, also 2.448 Punkte und 4.700 Dreiecke reduziert werden. Der Unterschied besteht auch auf leistungsstärkeren Rechnersystemen.

Der Node *ElevationGrid* scheint also auf den ersten Blick wie für geographische Zwecke geschaffen. Tatsächlich kann man ihn oft gut verwenden, zum Beispiel, um Geländemodelle mit Texturen aus Karten, Luft- oder Satellitenbildern zu überziehen. Hier macht es bestimmt Sinn, von diesem Node Gebrauch zu machen.

Der Node *ElevationGrid* erzeugt ein rein statisches Objekt, mit dem sich nur statische Sachverhalte darstellen lassen. Zwar bietet die Spezifikation von VRML

eine Schnittstelle für eine dynamische Änderung der Höhen in diesem Node an, doch praktische Versuche auf diesem Gebiet scheitern trotz korrekter Syntax (es ist ein allgemeines Problem, daß die Browser meistens nur Teile der Spezifikation unterstützen). Somit ist man gezwungen, für Darstellungen, bei denen dynamische Prozesse in Zusammenhang mit Geländemodellen gezeigt werden sollen, auf andere Nodes auszuweichen.

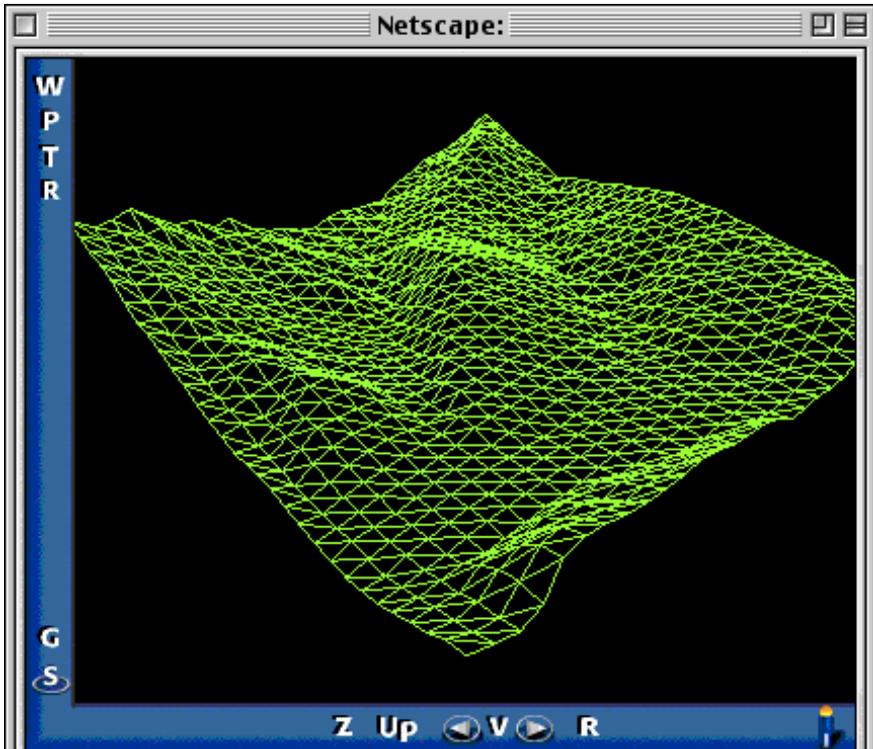


Abb. 6-1 Node *ElevationGrid* (Beispiel 3 auf der CD-ROM)

### 6.5.2 Freie 3D-Objekte: Node *IndexedFaceSet*

Die reale Welt besteht – wie jedermann leicht zu erkennen vermag – nicht aus regelmäßigen Formen. Insbesondere stellt die reale Geländeoberfläche eine höchst unregelmäßige 3D-Form dar. Also gilt es, bei der digitalen Modellierung der Erdoberfläche möglichst adäquate geometrische Objekte zu verwenden. Jede Fläche, ob regelmäßig oder nicht, läßt sich in eine endliche Zahl von Dreiecken unterteilen. Dieser Vorgang nennt sich *Dreiecksvermaschung* oder *Triangulation* (Guibas und Stolfi 1985). Dabei ist das Modell der tatsächlichen Geländeoberfläche besser angepaßt als bei einem regelmäßigen Raster, deshalb spricht man auch von *adaptiver*

*Triangulation.* Regelmäßig triangulierte Geländemodelle (meist als “Grids” bezeichnet) basieren auf einem regelmäßigen Raster. Daneben gibt es auch Geländemodelle, die aus unregelmäßig verteilten Punkten aufgebaut sind, sogenannte TINs (*triangulated irregular network*).

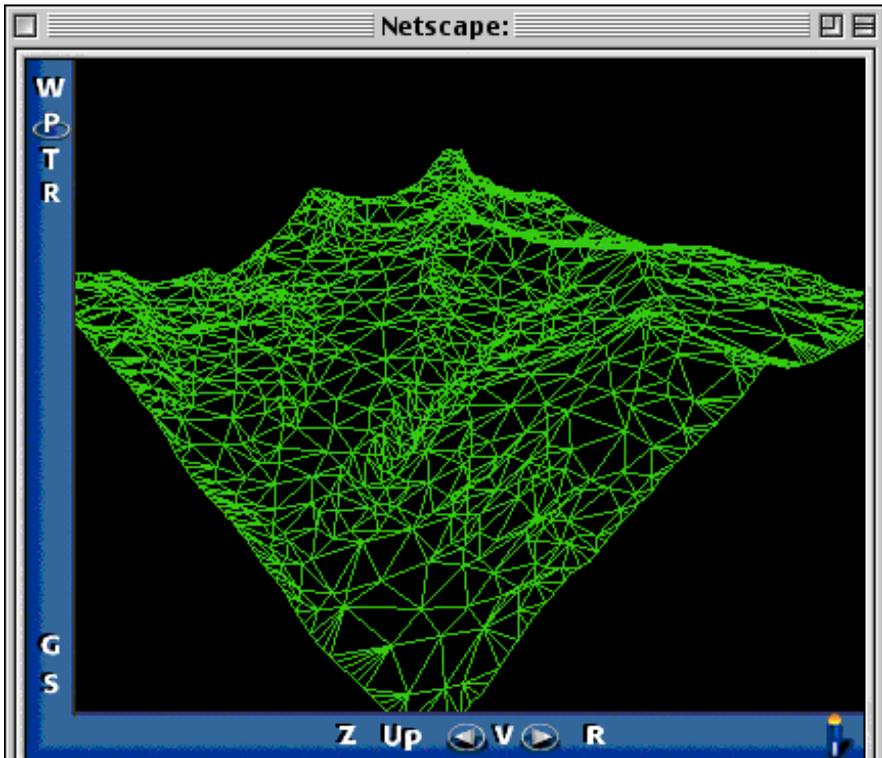


Abb. 6-2 Node *IndexedFaceSet* (Beispiel 4 auf der CD-ROM)

VRML bietet einen Node an, mit dem sich beliebig triangulierte Formen und Objekte aus Polygonen erzeugen lassen, den Node *IndexedFaceSet*. Er bietet die größte Variation und Freiheit in der Darstellung von Objekten, eingeschlossen komplexer dreidimensionaler Gebilde, wie Höhlen oder digitaler Geländemodelle (regelmäßig und unregelmäßig trianguliert).

Ein Node *IndexedFaceSet* kann als Geometry-Node eines Shape-Nodes verwendet werden. Die formale Beschreibung eines Objekts basiert dabei auf den Koordinaten der einzelnen Punkte (*vertices*), aus denen die Polygone gebildet werden. Der erste Teil dieses Nodes besteht immer aus einem Satz von dreidimensionalen Koordinaten, die vom Browser intern als indizierte Liste interpretiert wird. Mit Hilfe dieser Indizes wird dann im zweiten Teil die Topologie der geometrischen Form aufgebaut; konkret wird Polygon für Polygon definiert.

Die Polygone bilden wieder eine Liste, auf die bei der Farbgebung des Nodes *IndexedFaceSet* zugegriffen werden kann. Somit kann jedem Polygon eine eigene Farbe zugewiesen werden. Es besteht auch die Möglichkeit, jedem Punkt eine Farbe zu geben oder Texturen auf das Objekt aufzuziehen. Das folgende kurze Beispiel zeigt einen Node *IndexedFaceSet* mit einer Liste von drei Punkten, aus denen dann ein Dreieck aufgebaut wird.

```
#VRML V2.0 utf8
Shape {
  appearance Appearance { }
  geometry IndexedFaceSet {
    coord Coordinate {
      point [ # die Liste der Stützpunkte, wird intern indiziert
        -2, -1, 2, # Punkt 0
        2, -1, 2, # Punkt 1
        0,-1, -2 # Punkt 2
      ]
    }
    coordIndex [
      0,1,2,-1 # Polygon 0, aus den Stützpunkten mit Indizes
      0,1,2 aufgebaut
    ]
  }
}
```

Die Liste der Punkte ist innerhalb des *IndexedFaceSet* in einem eigenen Node *Coordinate* als Wertefeld eingebettet. Die Werte in diesem Feld können dynamisch verändert werden, während die Szene am Bildschirm angezeigt wird. Wie das vor sich geht, wird im folgenden näher beschrieben. Hier soll lediglich diese Option erwähnt werden, da dies eine Möglichkeit bietet, Verformungen von Objekten darzustellen. Der Node *IndexedFaceSet* kann also dynamische Objekte erzeugen. Auf ein ausführliches Beispiel wird hier verzichtet. Interessierte finden weitere Informationen etwa bei Zedi (1998).

## 6.6 Abgestufte Genauigkeit

Eine weitere Möglichkeit von VRML ist das Arbeiten mit abgestufter Genauigkeit (*level of detail*) oder kurz LOD. Dabei wird ein Objekt in verschiedenen detaillierten Versionen beschrieben. Bei der Darstellung am Bildschirm wird aufgrund der virtuellen Distanz zwischen dem Betrachter und dem betreffenden Objekt bestimmt, welche Version gerade angezeigt wird.

LOD ist ein Konzept, das einiges an Rechenaufwand sparen kann. Objekte, die nur sehr klein und unvollständig im Bild erscheinen, da sie weit vom Betrachter entfernt sind, können durch ein einfacheres Modell repräsentiert werden. Damit sinkt automatisch der Aufwand für die Bilderzeugung. Als Preis dafür muß der Mehraufwand für die Bestimmung der Distanz und der darauf basierenden Wahl der Version in Kauf genommen werden. Doch die Ersparnis ist im allgemeinen größer (siehe auch den Beitrag von Schröder zur Visualisierung meteorologischer Daten).

## 6.7 Animierte Objekte

Vereinfacht dargestellt funktionieren VRML-Animationen immer nach folgendem Prinzip: die Werte eines Attributes eines Nodes werden laufend überschrieben und die Szene wird entsprechend angepaßt. Die passenden neuen Werte werden in der VRML-Datei in speziellen Nodes, den *Interpolator-Nodes*, als Liste abgelegt. Je nach dem, welche Art von Werten animiert werden sollen, stehen bestimmte Nodes zur Verfügung, zum Beispiel für Positions- und Orientierungswerte, Farbwerte, Koordinatenwerte und allgemeine Skalarwerte (zum Beispiel für die Animation von Lichtquellen). Zusammen mit der Liste der passenden Werte wird im gleichen Node eine Liste mit zugehörigen Zeiten angelegt. Diese Zeiten beziehen sich auf die interne, fraktionale Zeit (*fractional time*) und nehmen Werte von 0 bis 1 an, was der Dauer eines Durchlaufs der Animation entspricht. Die Dauer der Animation und ob diese als repetitive Schleife abläuft oder nicht, wird in einem Node *TimeSensor* definiert, der die Animation steuert.

Für eine Animation braucht es also folgende (minimale) Elemente: einen Node, dessen Werte animiert werden sollen, einen Node mit den entsprechenden neuen Werten und den zugehörigen fraktionalen Zeiten und einen Node, der als Uhrwerk der Animation dient. Diese drei Nodes werden in einem weiteren Node, einem *Group*-Node, zu einer Gruppe zusammengefaßt. Anschließend wird mit dem ROUTE-Befehl definiert, wie die einzelnen Elemente miteinander zusammenhängen.

Gewisse Nodes senden sogenannte *Events* aus, die andere Nodes wiederum empfangen können. So sendet zum Beispiel der Node *TimeSensor* Events mit den momentanen fraktionalen Zeitwerten aus (letztlich durch den Browser gesteuert), die dann vom Interpolator-Node empfangen werden. Dieser sendet daraufhin den entsprechenden Wert zur Aktualisierung an den zu animierenden Node aus. Dieser empfängt ihn und ändert sich dementsprechend. Der ROUTE-Befehl legt fest, welche Werte von welchen Nodes an welche Werte in anderen Nodes gesendet werden. Ein Node kann auch an mehrere andere Nodes gleichzeitig Werte senden. So ist es möglich, mehrere animierte Objekte mit der gleichen internen Uhr zu steuern.

Hier ein Beispiel einer VRML-Datei mit einem animierten Objekt: eine Kugel, auf die als Textur eine Weltkarte aufgezogen ist, soll sich um ihre eigene Achse drehen. Dazu wird sie in einem *Transform*-Node eingebettet, der als Werte-Feld die Rotation (Achse und Winkel) enthält. Diesem Node wird mit DEF der Name *Erde* zugeteilt. Nun folgt ein Node *OrientationInterpolator* mit dem Namen *Spin*, der zwei Listen von Werten enthält: die *key*-Liste mit den fraktionalen Zeiten und die *keyValue*-Liste mit den entsprechenden Werten für die Rotation (Achse und Winkel). Diese sind so angelegt, daß sich der Rotationswinkel in einem Ablauf der Animation von 0 bis  $2\pi$  ändert, zur Halbzeit steht er auf  $\pi$ . Der nächste Node ist die interne Uhr für die Animation, ein *TimeSensor*-Node, in diesem Beispiel *Clock* benannt. Hier wird die Animation als Schleife realisiert (loop TRUE). Ein Durchgang soll 12 Sekunden dauern (*cycleInterval 12*). Zuletzt folgen die ROUTE-Anweisungen. *Clock* sendet per Default ständig die Werte seiner fraktionalen Zeit aus. Diese

dienen als Input für *Spin*, der seinerseits die entsprechend interpolierten Werte an *Erde* weiter sendet, wo die Rotation aktualisiert wird.

Das Resultat ist eine Kugel, texturiert mit einer Weltkarte, die sich alle 12 Sekunden einmal um sich selbst dreht. Der vollständige VRML-Code sieht wie folgt aus:

```
#VRML V2.0 utf8
Group {
  children [#alle Mitglieder einer Gruppe sind deren "Kinder"
  DEF Erde Transform {
    rotation 0.0 1.0 0.0 0.0 # Rotationsachse und Rotationswinkel
    children Shape {
      appearance Appearance {
        material Material { }
        texture ImageTexture {url "earthmap.jpeg" } # Textur als jpeg
      }
      geometry Sphere {}
    }
  },
  DEF Spin OrientationInterpolator { # Stützwerte für die
  Rotation
  key [0.0, .5, 1]
  keyValue [
    0.0 1.0 0.0 0.0,
    0.0 1.0 0.0 3.14,
    0.0 1.0 0.0 6.8
  ]
  },
  DEF Clock TimeSensor { # die interne Uhr
  cycleInterval 12
  loop TRUE
  },
  ]
}
ROUTE Clock.fraction_changed TO Spin.set_fraction
ROUTE Spin.value_changed TO Erde.set_rotation
```

Gleichzeitig mit der Animation stehen dem Betrachter sämtliche interaktiven Funktionen des Browsers zu Verfügung. Er kann sich also auf die Erde zu oder von ihr weg bewegen oder sie von allen Seiten betrachten, während sie sich immer weiter dreht (Beispiel 6 auf der CD-ROM).

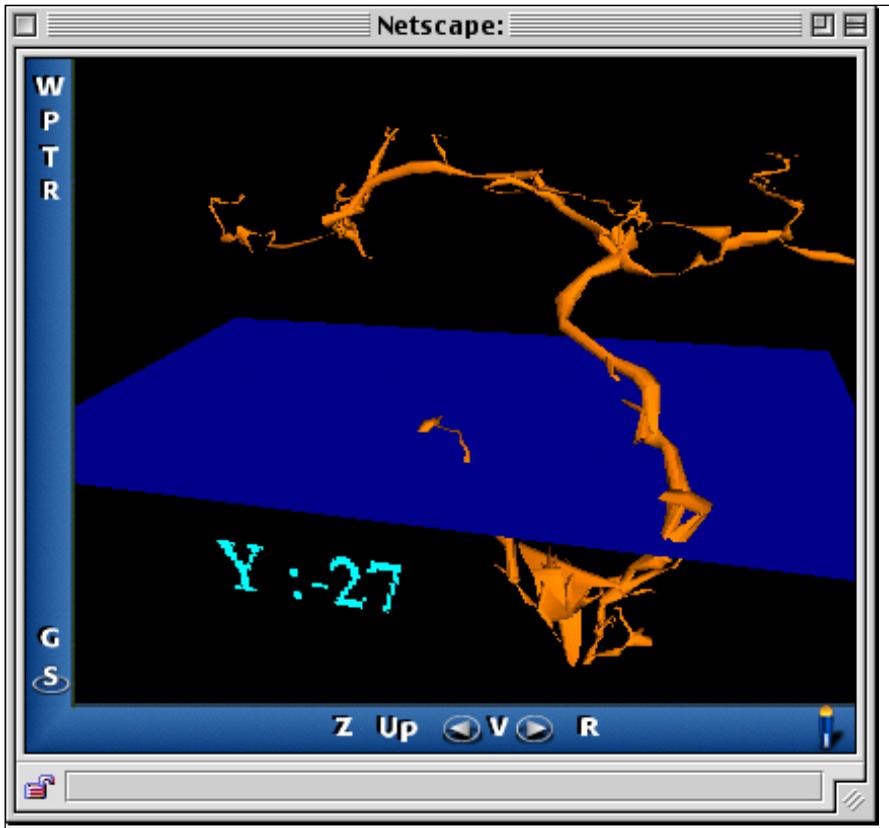
Animationen erhöhen den Rechenaufwand pro Bild stark. Meist legt die begrenzte Rechenleistung der Computer die Limits fest und nicht alleine die Grenzen der Möglichkeiten von VRML.

## 6.8 Interaktion mit dem Benutzer

Objekte in VRML-Szenen können auf Aktionen des Benutzers reagieren, konkret sind dies Maus-Aktionen. Ein Objekt kann mit einem Sensor-Node verbunden sein, der bestimmte Maus-Aktionen erkennt (Maus über dem Objekt, Mausklick oder Maus-Dragging). Als Reaktion darauf kann der Sensor-Node selbst Events aussenden, welche analog den oben beschriebenen Animations-Events mit Hilfe von ROU-

TE-Anweisungen an andere Nodes weitergegeben werden. Sensor-Events können auch zur Steuerung von Animationen (Starten oder Beenden) eingesetzt werden.

Auch Hyperlinks auf weitere VRML-Dateien oder auf beliebige WWW-Dokumente gehören in diese Kategorie. Soll ein Objekt als Link dienen, so wird es in einen *Anchor*-Node eingebettet, der die entsprechende URL (WWW-Adresse) enthält.



**Abb. 6-3** Modell einer Höhle in 3D, im Vordergrund ein mit JavaScript integrierter Höhenanzeiger (Beispiel 8 auf der CD-ROM)

Beispiel 7 auf der beiliegenden CD-ROM zeigt das Modell einer Höhle, die zusätzlich mit einer beweglichen horizontalen Ebene versehen wurde. Die Höhe der Ebene kann mit einer Maus-Aktion verändert werden. Auf diese Weise wurde versucht, die 3D-Struktur der Höhle besser sichtbar zu machen. Dazu wurde ein Node *PlaneSensor* verwendet, der die Möglichkeit bietet, Objekte entlang einer Ebene zu verschieben: die bewegliche Ebene bewegt sich entlang einer vertikalen Ebene

nach oben und unten. Der Node *PlaneSensor* gibt aufgrund der Maus-Aktion *Dragging* die aktuelle Position an einen *Transform*-Node weiter, der die Ebene dann bewegt.

## 6.9 Integration von JavaScript

Wie oben erwähnt, sind die Animationsfunktionen in VRML relativ beschränkt, so stehen einem etwa nur lineare Interpolatoren zu Verfügung. Man hat aber die Möglichkeit, eigene Nodes zu definieren und innerhalb dieser eigene Berechnungen zu machen, etwa in JavaScript. In diesem kurzen Beitrag kann dies nicht detailliert beschrieben werden. Erwähnt sei aber, daß es einen eigenen Script-Node gibt, in welchem direkt in der gleichen Datei der Kode von JavaScript plaziert werden kann. Darin können die Funktionen wie etwa *set\_rotation* oder *value\_changed* usw. neu definiert werden, die in den ROUTE-Anweisungen aufgerufen werden. Dabei ist auf korrekte Attribut-Typen der einzelnen Nodes zu achten.

Das oben erwähnte Beispiel der Ebene in dem Bild der Höhle wurde mit einem JavaScript-Node so ergänzt, daß die momentane Lage (Höhe) der beweglichen Ebene direkt als 3D-Textobjekt angezeigt wird. Der Node *PlaneSensor* gibt nun die Position einerseits an den *Transform*-Node für die Verschiebung der Ebene und andererseits an einen neuen Interpolator, der die Position in einen String verwandelt und diesen an einen Text-Node weitergibt. Dieser neue Interpolator enthält eigens dafür definierte Attribut-Felder (in VRML) und eigene Funktionen (in JavaScript).

## 6.10 Zusammenfassung und Fazit

Der vorliegende Text versucht, in geraffter Form die Grundkonzepte und Möglichkeiten von VRML zu erläutern, insbesondere mit Bezug auf eine Anwendung im Bereich der Visualisierung von Geodaten.

Die Vorzüge von VRML liegen in erster Linie darin, daß es ein internationaler Standard ist, der nicht firmenabhängig, daher offen zugänglich und sehr gut dokumentiert ist. Er bietet neben der reinen Beschreibung der Geometrie von 3D-Objekten auch Konzepte für die Animation und Interaktion von Objekten an, was ihn von den anderen Standards abhebt.

Da Geodaten meist von großem Umfang sind, stößt man auch rasch auf die Grenzen, wobei diese allerdings mehr durch fehlende Rechenleistung der eingesetzten Hardware als durch fehlende Konzepte von VRML gesetzt sind. VRML – oder interaktive 3D-Grafik überhaupt – sollte als eine sinnvolle Ergänzung zu bestehenden Visualisierungsmethoden (Karte, Graphik usw.) gesehen werden. VRML-Anwendungen sollen vor allem dort eingesetzt werden, wo komplexe dreidimensionale Objekte im Zentrum des Interesses stehen, zum Beispiel bei digitalen Geländemodellen oder geomorphologischen Strukturen wie Höhlen. Bei allem Aufsehen, das die Darstellungen (heute noch) auslösen, sollte man nicht vergessen, daß wir noch relativ wenig darüber wissen, wie gut der Informationsgehalt der Darstellungen auch beim Benutzer ankommt.

## 6.11 Weiterführende Quellen und Hinweise

Zum Thema VRML gibt es reichlich Literatur in Deutsch und vor allem in Englisch. Am besten informiert man sich aber in der Wiege von VRML direkt, dem Internet. (WWW-Adressen siehe unten). Hier finden sich alle wichtigen Links auf Browser, Spezifikationen, Tutorials, Beispiele und Bücher.

Unter den zahlreichen Büchern empfehlen sich "VRML97" von Kloss, Rockwell, Szabó und Duchrow (1997) oder "The VRML 2.0 Sourcebook" von Ames, Nadeau und Moreland (1996).

Die in diesem Text erwähnten und beiliegenden Beispiele stammen alle vom Autor. Die Daten dazu wurden mir freundlicherweise vom Geographischen Institut der Universität Zürich und dem GIS *Schweizerischer Nationalpark* zu Verfügung gestellt. Mein besonderer Dank gilt dabei Martin Heller und Dr. Britta Allgöwer. Weiterführende Informationen zu den Beispielen und weiteren Anwendungen (auch anderer Techniken) finden sich im Internet/WWW.

Für Kartographen und andere Geowissenschaftler von besonderem Interesse ist das *CartoProject* der ACM SIGGRAPH, das sich mit der Verwendung neuer Visualisierungstechniken für Geodaten beschäftigt, hauptsächlich mit der Anwendung von VRML (WWW-Adressen s. u.).

## 6.12 Literaturverzeichnis, WWW-Adressen

Ames A, Nadeau D, Moreland L (1996) The VRML 2.0 Source Book. John Wiley & Sons

Guibas L und Stolfi J (1985) Primitives or the manipulation of general subdivision and the computation of voronoi diagrams. In: ACM Transactions on Graphics, Vol 4, No. 2, 74-123

Kloss J, Rockwell R, Szabó K, Duchrow M (1997) VRML97. Addison-Wesley, Bonn

Weibel R, Heller M (1990) A framework for digital terrain modelling. In: Proceedings Fourth International Symposium on Spatial Data Handling, Zürich, Vol. 1, 219-229

Zedi R (1998) Dynamische und interaktive Darstellung geografischer Objekte. Geographisches Institut der Universität Zürich, Zürich

### WWW-Adressen

#### Allgemeine Informationen und Neuigkeiten zu VRML

<http://www.web3d.org>

<http://www.vrml.ch>

#### Geographische Anwendungen und Projekte

<http://www.geo.unizh.ch/~zedi/diplom/index.html>

<http://www.siggraph.org/~rhyne/carto/>

<http://www-winfo.uni-siegen.de/luttermann.html>

<http://visart.ifk.uni-hannover.de/~buziek/COMVIS/COMVIS98/buziek/comvis98.html>

**Gute Startpunkte zu diversen Anwendungen**

<http://www.web3D.org>

<http://www.intervista.com>

**Architektur**

<http://caad.arch.ethz.ch/teaching/vrmlgallery>

**Medizin**

<http://hendrix.ei.dtu.dk/>

<http://reality.sgi.com/sambo/Oobe/CyberAnatomy/intro.html>

## Lingo, eine Skriptsprache für kartographische Animationen und Interaktivität

JEAN-CLAUDE MÜLLER, ULRICH GREBE

### 7.1 Einleitung

Moderne Skriptsprachen wie Lingo erweitern die Programmfunktionalität von Multimedia-Autorensysteme erheblich. Begonnen hat die Entwicklung dieser Programmiersprachen mit *HyperTalk*, dem Urahn aller Skriptsprachen. HyperTalk ist die integrierte Skriptsprache des Programms *HyperCard*, das 1987 für den Rechner Apple Macintosh in den USA von Bill Atkinson entwickelt wurde. HyperCard war nach *Guide* (1985 auf IBM-PC) das erste einem breiten Publikum zugängliche Hypertext-System (Fickert 1992, Schnupp 1992). Seitdem sind weitere Autorensysteme erschienen, die immer mehr Medien benutzten und ebenso wie HyperCard eine eigene integrierte Skriptsprache aufwiesen, zum Beispiel *Lingo* (Macintosh und PC), *SuperTalk* in SuperCard (Macintosh) oder *OpenScript* in ToolBook (PC). Allen Skriptsprachen gemeinsam sind deren ereignis- und objektorientierte Eigenschaften. Erst die Anwendung dieser Skriptsprachen eröffnet dem Entwickler ungeahnte Kontrolle und Steuerung der entsprechenden Programme. Eine Anwendung der integrierten Skriptsprachen sollte deshalb immer dann ein MUSS sein, wenn professionelle Applikationen wie etwa kartographische Animationen zu erstellen sind.

*”Lingo ist eine umfangreiche Sprache mit über 500 Elementen, aber schon mit einer Handvoll können Sie arbeiten.“* (Thompson 1997)

Lingo nimmt eine Schlüsselstellung zum Gelingen von kartographischen Animationen mit dem Autorensystem *Director* ein. Das Verstehen und Begreifen der grundlegenden Konzepte und der sichere Einsatz von Lingo in Verbindung mit drehbuch-orientierten Sequenzen führen letztendlich zu hochwertigen animierten und interaktiven Karten. Lingo ist eine Sprache, mit der Medien und ihre Anwendung in animierten und interaktiven Karten zielorientiert zu steuern sind.

In diesem Artikel werden zahlreiche Begriffe verwendet, die spezifisch sind für das Autorensystem *Director*. Zum besseren Verständnis werden diese Begriffe in einem Glossar am Ende des Kapitels erläutert.

Im ersten Abschnitt werden die Lingo-Grundlagen und das Lingo-Konzept kurz dargelegt. Der zweite Abschnitt zeigt dann Einsatzmöglichkeiten und die Nützlichkeit von Lingo für die Generierung von kartographischen Animationen anhand von praktischen Anwendungsbeispielen.

## 7.2 Notwendige Kompetenzen für die Anwendung von *Director*

Das Autorensystem *Director* ist ein hervorragendes Werkzeug, um „fertige“ statische Karten, die mit anderen Programmen (zum Beispiel *MapInfo*, *FreeHand*, *PhotoShop*) erstellt wurden, interaktiv aufzubereiten und zugleich mit animierten Gestaltungselementen zu versehen. Um animierte und interaktive Karten selbständig mit *Director* zu erstellen, benötigt der Kartendesigner eine Vielfalt an Kompetenzen:

- **Fachliche Kompetenz** zur sachgerechten und kartographischen Aufbereitung raumbezogener Daten.
- **Kompetenz zur digitalen Aufbereitung** der entsprechenden Themen; notwendig ist der sichere Umgang mit verschiedenen Programmen für Graphik, Kartenkonstruktion und Bildbearbeitung, um die entsprechenden Module für die Interaktionen und Animationen zu erstellen.
- **Kompetenz in interaktiver Aufbereitung** von digitalen Karten; dies bedeutet die Beherrschung von Autorenwerkzeugen, etwa *Director*, und Grundkenntnisse in der Programmiersprache *Lingo*.
- **Medienkompetenz**; selbständige Einschätzung, welche Wege zur Verfügung stehen, um interaktive und animierte Karten unter vorgegebenen Rahmenbedingungen zu erstellen. Eignet sich *Director* als Autorensystem für die Umsetzung des Themas? Wie und womit sollen die Medien erstellt werden bzw. woher sind diese zu beziehen? Außerdem sollte der Grundsatz berücksichtigt werden, daß nicht alles, was technisch möglich ist, auch tatsächlich immer sinnvoll in der Anwendung ist. Hier kann nur vor zu großer technischer Begeisterung gewarnt werden.

Auf das Autorensystem *Director* wird nicht weiter eingegangen. Grundlegende Begriffe und die Darstellung der elementaren Arbeitsumgebung sind am Ende des Beitrags beschrieben.

## 7.3 Was ist Lingo?

Lingo (*lin-go*, engl.: (*Fach-*)*Jargon*; *pl -goes*: *Kauderwelsch*) ist die Skriptsprache von *Director*, mit der die Gestaltungsmöglichkeiten und die Programmfunktionalität einer Animationssequenz allgemein und speziell für kartographische Animationen erheblich erweitert werden können. Dabei ist Lingo als Programmiersprache verhältnismäßig einfach zu erlernen, da sich die Syntax zu einem großen Teil an der englischen Umgangssprache orientiert. So können unter anderem Benutzerschnittstellen entwickelt und eine präzise Unterstützung von Animationen vorgenommen wer-

den. "Erst durch den Einsatz von Lingo können Sie die Möglichkeiten von Director voll ausschöpfen. Lingo ist eine moderne Programmiersprache, die professionellen Ansprüchen genügt und trotzdem auch für ‚Gelegenheitsprogrammierer‘ leicht erlernbar ist." (Welsch 1997)

### 7.3.1 Grundlagen von Lingo

Ein wesentliches Kennzeichen von Lingo ist, daß kein einheitlich zusammenhängender Programmtext existiert. Der Programmcode wird zudem an verschiedenen Stellen (Positionen) einer Sequenz verteilt und kann bestimmten Objekten in Form von Skripten zugeordnet werden. Dies hat den Vorteil, daß das Programm wesentlich schneller und flexibler auf Benutzeraktionen reagieren kann.

Der Programmcode wird allgemein als Skript im *Skriptfenster* abgelegt, das nichts anderes ist als ein Textbehälter mit einfachen Editierfunktionen. Der Programmcode kann an verschiedenen Positionen abgelegt werden. Nach der Art der Positionen können fünf verschiedene Skripttypen unterschieden werden:

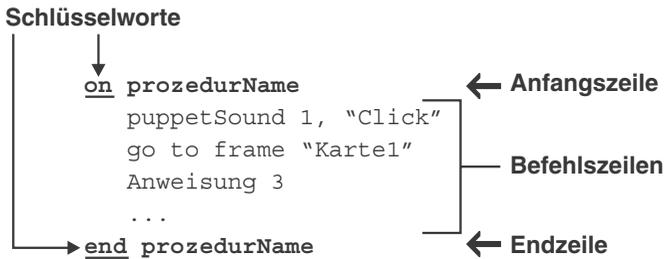
- Spriteskripte und Bildskripte (= Drehbuchskripte)
- Darstellerskripte
- Filmskripte
- Übergeordnete Skripte

### 7.3.2 Der Skriptaufbau

Ein Skript setzt sich zusammen aus einem oder mehreren Abschnitten, sog. (Ereignis-)Prozeduren (Unterprogramme). Prozeduren haben eine zentrale Stellung im Lingo-Konzept, denn sie reagieren auf Ereignisse in der Sequenz. Die *Anfangszeile* jeder Prozedur wird mit dem Schlüsselwort `on` eingeleitet, gefolgt von der Nachricht bzw. dem Prozedurnamen. Danach folgen eine oder mehrere Befehlszeilen. Jede Zeile in einer Prozedur stellt eine abgeschlossene ausführbare und damit gültige Lingo-Anweisung dar, die bis zu 255 Zeichen lang sein kann. Eine Anweisung kann aus einem einzigen Befehl, zum Beispiel `beep` (ein Signalton ertönt), oder einem längeren Ausdruck bestehen, zum Beispiel `set the foreColor of sprite 10 to random(255)` (die Vordergrundfarbe des Sprites 10 wird von Weiß auf Schwarz gesetzt). Die *Endzeile* schließt jede Prozedur mit dem Schlüsselwort `end` ab.

Lingo kennt zwei Arten von Prozeduren:

- *vordefinierte Prozeduren*, die auf Filmereignisse reagieren, wie Mausclick, Bewegung des Abspielkopfes,
- *selbstdefinierte Prozeduren*, deren Namen der Autor selbst bestimmen kann und die demnach aufgerufen werden.



**Abb. 7-1** Prozedur-Aufbau

Die einzelnen Skripte können auf einen Fundus von mehr als 500 Lingo-Elementen zurückgreifen, die je nach Funktion in folgende Kategorien eingeteilt werden können:

- Befehle,
- Schlüsselwörter,
- Funktionen,
- Eigenschaften,
- Operatoren und
- Konstanten.

Wie in jeder Programmiersprache müssen auch in Lingo Grammatik- und Zeichensetzungsregeln (Syntax) befolgt werden. Die meisten Lingo-Elemente haben zudem individuelle Anforderungen in bezug auf die Elemente, mit denen sie kombiniert werden müssen.

*Befehle* sind die grundlegenden Elemente von Lingo-Skripten. Jede Zeile (Anweisung) eines Skripts beginnt mit einem Befehl. Alle Lingo-Elemente zusammen werden benötigt, um *Ausdrücke* zusammensetzen, mit denen die Befehle genauer spezifiziert werden. Ein Ausdruck ist ein Teil einer Anweisung, der für sich eine Einheit bildet.  $2 + 2$  ist zum Beispiel ein Ausdruck, aber keine gültige Anweisung, die allein stehen kann. Die Zeile `go to frame 45` ist eine Anweisung mit `go to` als Befehl und `frame 45` als Wert, den der Befehl zur Ausführung benötigt. Erst mit den verschiedenen Ausdrücken kann ein Lingo-Befehl an verschiedene Bedürfnisse angepaßt werden.

### 7.3.3 Das Lingo-Konzept

Das Lingo-Konzept ist ein wohl durchdachtes System, das den Programmablauf steuert: Es setzt sich zusammen aus: *Ereignissen*, *Nachrichten*, *Prozeduren* und einer strengen Aufruf-Hierarchie.

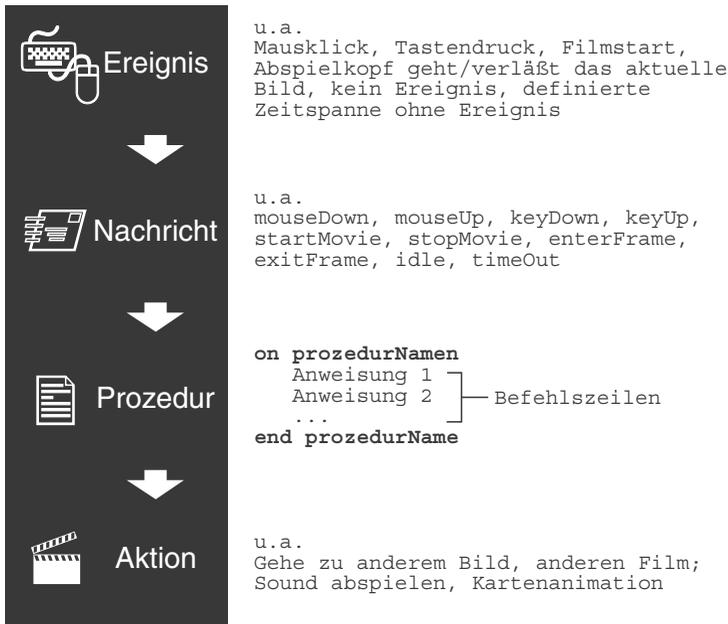


Abb. 7-2 Das Lingo-Konzept

## Ereignisse und Nachrichten

Lingo verwendet Nachrichten und Prozeduren als gut organisierte Methode, um auf die unterschiedlichen Ereignisse zu reagieren, die in einer Animationssequenz auftreten können. Was sind Ereignisse und Nachrichten? Wie funktioniert die Kommunikation innerhalb von Lingo? Wie reagiert Lingo auf Aktionen?

Immer wenn eine Aktion (ausgelöst durch den Benutzer, durch Skripte oder durch einen Film) bzw. ein Ereignis eintritt, wird eine Nachricht gesendet. Diese Nachricht kann durch Prozeduren "aufgefangen" werden. Die Prozeduren werden ausgeführt und reagieren somit auf ein Ereignis. Das ganze läßt sich folgendermaßen darstellen:

### Ereignisse

Während des Ablaufs einer Sequenz können verschiedene Ereignisse auftreten, die eine Reaktion des Programms hervorrufen können. Passiert ein Ereignis in Lingo, wird eine Nachricht an Lingo gesendet, so daß jedes Lingo-Script in der Sequenz, wenn es nötig ist, auf die Nachricht antworten kann, vorausgesetzt, es enthält eine entsprechende Prozedur.

*Typische Ereignisse* in Director sind: das Klicken von Sprites, das Betätigen der Tastatur, das Starten eines Films, das Eintreten in einen Frame, das Verlassen eines Frames oder das Generieren eines bestimmten Ergebnisses von einem Sprite. Eine

vollständige Übersicht und Erklärung über die 27 vordefinierten Ereignisse bietet Roberts (1998).

## Nachrichten

Nachrichten sind das Ergebnis von Aktionen durch den Benutzer (Bewegen der Maus, Drücken einer Taste, Klicken auf ein Sprite), durch Skripte oder durch die Animationssequenz. Nachrichten werden gesendet, nachdem eine Aktion ein Ereignis ausgelöst hat. *Director* verfügt über intergrierte bzw. vordefinierte Nachrichtennamen für die am häufigsten vorkommenden Ereignisse. Des weiteren kann der Autor eigene Nachrichten definieren, die von jeder beliebigen Position aus gesendet werden und von entsprechenden selbstdefinierten Prozeduren aufgefangen werden können.

**Tab. 7-1** Vordefinierte Nachrichten (Liste nicht vollständig)

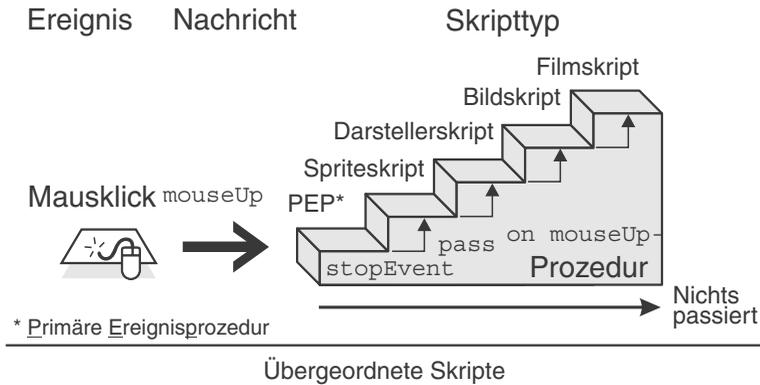
Nachricht	Ereignis-Beschreibung
keyDown	Eine Taste wird gedrückt.
keyUp	Eine Taste wird losgelassen.
mouseDown	Die primäre Maustaste wird gedrückt.
mouseUp	Die primäre Maustaste wird losgelassen.
mouseEnter	Der Mauszeiger betritt den aktiven Bereich eines Sprites.
mouseLeave	Der Mauszeiger verläßt den aktiven Bereich eines Sprites.
mouseWithin	Der Mauszeiger befindet sich innerhalb eines aktiven Bereichs eines Sprites.
openWindow	Ein (Film-)Fenster wird in Director geöffnet.
rightMouseDown	Die rechte Maustaste wird gedrückt.
rightMouseUp	Die rechte Maustaste wird losgelassen.
startMovie	Ein Director-Film wird gestartet.
stopMovie	Ein Director-Film wird beendet.
enterFrame	Der Abspielkopf betritt ein Bild.
exitFrame	Der Abspielkopf verläßt ein Bild.
idle	Film bearbeitet momentan keine Ereignisse („Leerlauf“).
timeOut	Tastatur/Maus wurde während einer eingestellten Zeitspanne nicht mehr betätigt.
prepareFrame	Tritt auf, bevor das aktuelle Bild gezeichnet wird.
prepareMovie	Tritt auf, nachdem der Film die Darsteller geladen hat, aber bevor der Film das erste Bild abspielt.

## Aufruf-Hierarchie

Da Lingo an verschiedenen Positionen abgelegt werden kann, ist es möglich, daß eine Sequenz mehr als eine Prozedur enthält, die sich auf die gleiche Nachricht bezieht (zum Beispiel `mouseUp`). Lingo löst dieses Problem, indem es eine feste Reihenfolge einhält, in der verschiedene Positionen auf eine Nachricht reagieren können. Diese Reihenfolge wird als *Nachrichten- bzw. Aufruf-Hierarchie* bezeichnet. Die allgemeine Reihenfolge ist:

- Primäre Ereignisprozeduren (PEP),
- Spriteskript,

- Darstellerskript, das dem Sprite zugeordnet ist,
- aktuelles Bildskript,
- Filmskript.



**Abb. 7-3** Aufruf-Hierarchie

Wenn die Nachricht auf ein Skript trifft, das eine zur Nachricht passende Prozedur enthält, führt Lingo die Anweisungen in dieser Prozedur aus. Dies zeigt die Abbildung 7-3. Als Beispielergebnis dient ein Mausclick (Loslassen der primären Maustaste) über einem Sprite auf dem Bildschirm. Als Nachricht wird mouseUp gesendet, die in der fest vorgegebenen Reihenfolge nach entsprechenden Prozeduren sucht. Wird in der gesamten Aufrufhierarchie keine passende Prozedur gefunden, dann passiert nichts. Wird eine passende Prozedur im PEP gefunden, dann werden die dort definierten Anweisungen Schritt für Schritt abgearbeitet und die Nachricht anschließend weitergeleitet (mit der Anweisung stopEvent kann dies verhindert werden). Findet die Nachricht jetzt eine passende Prozedur im Sprite-Skript, werden auch hier die Anweisungen abgearbeitet. Jedoch stoppt nun die Nachricht und wird nur dann in der Aufrufhierarchie weitergeleitet, wenn explizit der pass-Befehl angegeben wird. Weitere Besonderheiten und Erläuterungen zur Aufrufhierarchie sind in der Fachliteratur zu finden.

Solange die Sequenz abläuft, werden Nachrichten über alle Ereignisse erzeugt und gesendet. Entsprechende Prozeduren können dann auf diese Nachrichten reagieren bzw. aufgerufen werden und führen die in ihnen definierten Anweisungen Zeile für Zeile der Reihe nach aus. Welche Positionen Nachrichten erhalten können, variiert von Nachricht zu Nachricht, ist aber auch davon abhängig, über welchem Objekt (zum Beispiel Sprite) ein Ereignis stattfindet. Das Verstehen und Wissen über die Eigenarten der Nachrichten- bzw. Aufruf-Hierarchie ist immens wichtig für das richtige Anbringen von Skripten und hat damit Auswirkungen auf den Programmablauf.

### 7.3.4 Zusammenfassung des Lingo-Konzepts

Ereignisse sind das Ergebnis entweder von Aktionen durch den Benutzer (Tastaturklick, Maustaste) oder aber durch Director selbst. Solange der Film läuft, sendet Director Nachrichten an Lingo. Auch wenn nichts passiert, wird die Nachricht `idle` (Leerlauf) gesendet, auf die Lingo über eine vordefinierte Prozedur `on idle` reagieren kann. Bei jedem Ereignis wird eine Nachricht erzeugt, die in einer genau festgelegten Reihenfolge (Aufruf-Hierarchie) zur Weiterverarbeitung weitergeleitet wird. Die Reihenfolge ist abhängig von der Nachricht, beziehungsweise vom Nachrichtentyp und vom gegebenenfalls darunterliegenden Objekt. Für besonders häufig auftretende Ereignisse sind in Lingo bereits Nachrichten vordefiniert. Prozeduren reagieren dann auf Nachrichten, wenn deren Name mit dem Namen der Nachricht genau übereinstimmt. Wurde eine passende Prozedur gefunden, werden die Anweisungen der Prozedur schrittweise abgearbeitet, bis entweder die letzte Anweisung erreicht wird oder eine Anweisung Lingo veranlaßt, an einen anderen Ort zu gehen. Wird keine passende Prozedur gefunden, wird die Nachricht ignoriert. Die Nachricht wird in der Regel nicht weiter übergeben, nachdem sie vom ersten Skript der Serie abgefangen wurde (Ausnahme sind *Primäre Ereignisprozeduren*, die die Nachricht weiterleiten). Eine Weitergabe ist nur mit dem Befehl `pass` explizit möglich.

## 7.4 Fortgeschrittene Lingo-Programmierung

Fortgeschrittene Lingo-Programmierung heißt, daß professionelle Multimedia-Programmierer die vollen Möglichkeiten von Lingo nutzen und erweitern können. Hierzu zählt das Schreiben von eigenen anwendungsbezogenen Verhalten (*behaviors*) und vor allem die Einbindung von Xtra-Routinen, die in den Programmiersprachen C++, Delphi, Visual Basic oder Java geschrieben werden können (siehe den Beitrag von Sieber et al zum Atlas der Schweiz). Für die Erstellung von animierten und interaktiven Karten genügen jedoch die vorhandenen Lingo-Elemente und relativ einfache Programmiermethoden, um hochwertige kartographische Animationen zu erstellen. Dies sollen die nachfolgenden Beispiele verdeutlichen.

### 7.4.1 Einsatzmöglichkeiten von Lingo in der Kartographie

Die Einsatzmöglichkeiten von Lingo in der Kartographie sind vielfältig. Lingo kann dazu eingesetzt werden, um Drehbuch-Sequenzen besser zu kontrollieren und zu steuern sowie eine größere Flexibilität in der Gestaltung zu erhalten, zum Beispiel von Signaturen (Farbe, Größe, Position). Die nachfolgenden Kartenbeispiele zeigen verschiedene Skript-Techniken für die Herstellung von animierten und interaktiven Karten anhand einer vorgegebenen Raumeinheit (östliches Ruhrgebiet). Um die Ausführungen besser nachvollziehen zu können, sollte man sich die entsprechenden Filme zu den einzelnen Abschnitten auf der CD-ROM anschauen. Hier sind ebenso die entsprechenden Skripte mit weiteren Erläuterungen abrufbar.

## 7.4.2 Sensitive Signaturen mit Hyperlink

Sensitive Signaturen sind Signaturen, die bei Berührung mit dem Mauszeiger ihre Eigenschaften verändern (Farbe, Größe, Gestalt, Position, Ton und viele mehr). An einem einfachen Beispiel wird aufgezeigt, wie mit Hilfe von Lingo sehr effektiv eine solche Funktionalität auf Karten implementiert werden kann.

Die Beispielkarte in der Datei Ani7-1.exe steht exemplarisch für die Vielfalt an Karten für diskrete, statische, punkthafte/linienhafte/flächenhafte und qualitative Phänomene und kann auf andere Themenbereiche übertragen werden. Die vorgestellten Techniken sind grundsätzlich immer auf diesen interaktiven Kartentyp anzuwenden. Es handelt sich dabei um arbeitsaufwendige Karten, weil jedes einzelne Objekt (Standort, Signatur) explizit erstellt und mit Interaktivität versehen werden muß. Der Programmieraufwand dagegen ist recht gering. Insgesamt erweitert dieser interaktive Kartentyp das kartographische Darstellungsspektrum und erschließt im Bereich der neuen Medien weitere kartographische Nutzungsmöglichkeiten durch die drei wichtigsten Gestaltungsdimensionen Interaktion, Ton und Animation, die in Zukunft in der neuen Multimedia-Kartographie an Bedeutung gewinnen werden.

Entscheidend ist, daß die bisherigen Gestaltungsformen und die (digitalen) Wege zur Kartenherstellung die Grundlage bilden. Interaktive Karten sind die hypermediale Erweiterung der gewohnten Publikationsform für Karten in Printmedien. In Zukunft wird die Nutzung auf computergestützten Medien wie CD-ROM und Internet/WWW zunehmen. Interaktive Karten müssen deshalb zum einen durch den Kartographen sachgerecht und für den Bildschirm optimal erstellt, zum anderen in einem Autorenprogramm interaktiv aufbereitet werden. Das ist ein neues und interessantes Arbeitsfeld für Geographen und Kartographen.

Typische Anwendungsgebiete sind zum Beispiel Standortkarten (Touristische Stadtkarten, Karten mit Wirtschaftsstandorten und Bodenschätzen, Immobilienstandorte, Karten für Marketing und Wirtschaftsförderung); Arealkarten (Reservate, Bodenschätze oder Altlasten, Liegenschaftskarten); in Ausnahmen Linienkarten. Das hier vorgestellte Beispiel ist folgendermaßen aufgebaut:

**Thema:** Forschungs- und Transferlandschaft für das östliche Ruhrgebiet als Standortkarte.

**Medien** (Was wird benötigt?): Hintergrundkarte mit der darzustellenden Raumeinheit, eine Karte als Rasterdatei. Separate Darsteller (Rasterdatei) für jeden Standorttyp als unterschiedliche farbige, quadratische und geometrische Signaturen.

**Funktionalität** (Was soll erreicht werden?): Bewegt der Benutzer den Mauszeiger auf eine Signatur, dann ertönt beim Eintreten ein Ton und die Position der Signatur wird um zwei Pixel nach unten rechts verschoben (Animation). Klickt der Benutzer auf die gewählte Signatur, dann verzweigt er zu vorbereiteten Seiten (Hypertext-Funktionalität), die weitere Informationen zu dem Standort geben.

**Drehbuch** (Was wird wie angeordnet?): Die Rasterbild-Karte wird in einem vorderen Spritekanal plaziert, die nachfolgenden Kanälen sind reserviert für das Naviga-

tionssystem (Themenbuttons usw.). Die Signaturen für die einzelnen Standorte folgen ab Kanal 20.

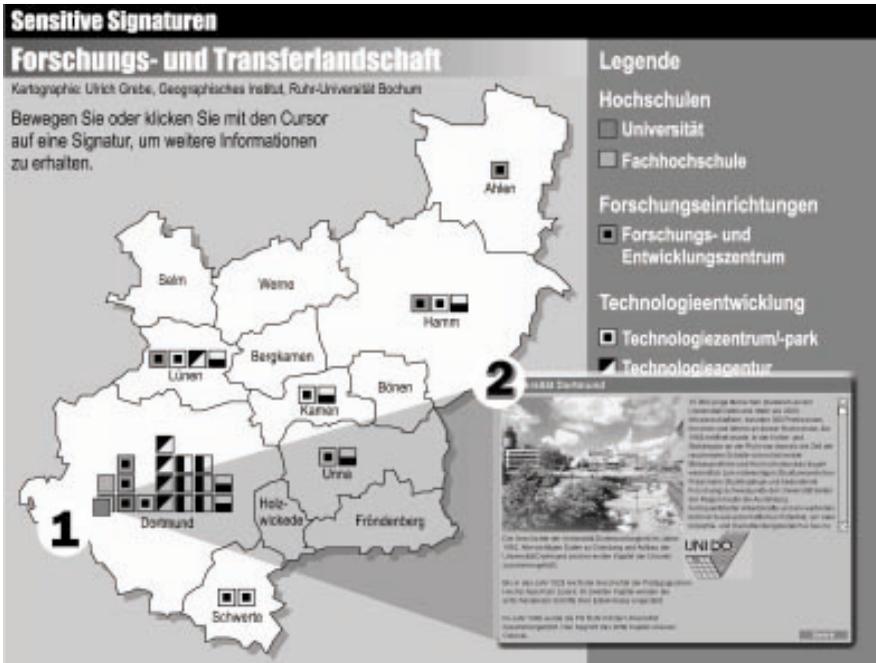


Abb. 7-4 Sensitive Signaturen mit Hyperlink

**Skript-Design:** Der Ton und das Animationsverhalten der Signaturen wird über ein Darstellerskript für die Mausereignisse `mouseenter` und `mouseleave` gesteuert. Tritt eines der beiden Ereignisse ein, dann wird eine selbstdefinierte Prozedur aufgerufen, entweder `on_bewegesignatureEnter` oder `on_bewegesignatureLeave`, die beide im selben Filmskript stehen. Diese Skripttechnik kann als Verallgemeinerung des Skript-Design bezeichnet werden. Der Vorteil liegt auf der Hand:

- **Effizienz:** Werden nachträglich Änderungen am Animationsverhalten der Signaturen vorgenommen, so müssen diese lediglich im Filmskript und nicht in allen Darstellerskripten vorgenommen werden.
- **Übersichtlichkeit:** Soll für jeden Signarentyp ein anderes oder abweichendes Verhalten definiert werden, dann stehen alle entsprechenden Prozeduren sehr übersichtlich in einem einzigen Skript. Nur die selbstdefinierten Prozeduren in den Darstellerskripten müssen angepaßt werden.

Die Hypertext-Funktionalität wird über ein Sprite-Skript für das Mausereignis `mouseup` mit dem `play`-Befehl realisiert. Aber auch hier kann mit selbstdefinierten

Prozeduren und mit Parametern (Thompson 1997) gearbeitet werden (siehe Datei Ani7-1.exe auf der CD-ROM).

### 7.4.3 Animierte und interaktive Balkendiagramme

**Karte 1** (Datei Ani7-2.exe) zeigt ein Kartogramm für das Thema *Einwohner absolut* in Verbindung mit einer Choroplethenkarte für die Einwohnerdichte im östlichen Ruhrgebiet. Auf den ersten Blick erscheint diese Karte als ganz normale statische Karte. Jedoch verbergen sich hinter den einzelnen Balken weitere Informationen. Diese werden durch die Bewegung des Mauszeigers auf einen Balken direkt auf dem Bildschirm angezeigt oder auditiv dargeboten. Zur visuellen Verstärkung können die Balken animiert werden, sobald der Benutzer diese mit der Maus berührt..

**Skript-Design:** Die Effekte werden durch simple Sprite-Skripte (farbige Rasterbilder als Balken) und Lingo-Elemente erzeugt. Jedes einzelne Balkendiagramm reagiert auf die Maus-Ereignisse `mouseEnter` und `mouseLeave`. Mit dem `put`-Befehl werden die Informationen (Name der Raumeinheit, Einwohnerzahl absolut, Stand des Zahlenmaterials; weitere Informationen sind denkbar) in ein vordefiniertes Feld (Darstellertyp in Director, der Text enthalten kann) geschrieben. Der Balkendarsteller wird durch den Befehl `set the memberNum of sprite whichSprite to n` ausgetauscht; auditive Elemente werden über den Befehl `puppetSound` eingebunden. Um die Daten zum Beispiel zentral zu verwalten und um diese schnell modifizieren zu können, bietet sich an, die Daten anstatt in die Spriteskripte in Felddarsteller oder Listen zu schreiben, aus denen sie von Fall zu Fall ausgelesen werden können. Die Möglichkeiten der Umsetzung sind vielfältig und abhängig von der Kreativität des Entwicklers.

**Karte 2** zeigt, wie animierte Effekte für Balkendiagramme mit Lingo zu verwirklichen sind. Hierbei werden zwei Möglichkeiten der Animation geboten:

- Animation der Balken nacheinander,
- gleichzeitige Animation der Balken.

Beide Effekte werden mit Hilfe einer Kontrollstruktur, einer `repeat`-Schleife, verwirklicht. Nachfolgend wird das Skript-Design aufgezeigt. Die Animation wird gestartet, sobald der Benutzer auf den Button klickt. Als notwendige Lingo-Elemente werden lineare Listen, Variablen, `repeat`-Schleifen und ausgewählte Befehle verwendet.

**Funktionsweise des Scripts:** Der erste Teil des Scripts dient zu Anschauungszwecken und läuft bei realen Projekten in modifizierter Form im Hintergrund ab. Die Höhe der einzelnen Balken wird ermittelt, in eine Liste geschrieben und für den Animationsstart auf Null gesetzt. Der zweite Teil animiert die Balken mit Hilfe von zwei Schleifen und soll näher beleuchtet werden. Insgesamt wird diese Schleife 13 mal durchlaufen (mit  $i = 30$  to  $42$ ). Dabei wird die Variable `vPos` und der dahinter stehende Ausdruck `i - 29` verwendet, um die Höhe des Balkenwertes (dessen Höhe) aus der Liste `balkenListe` auszulesen.

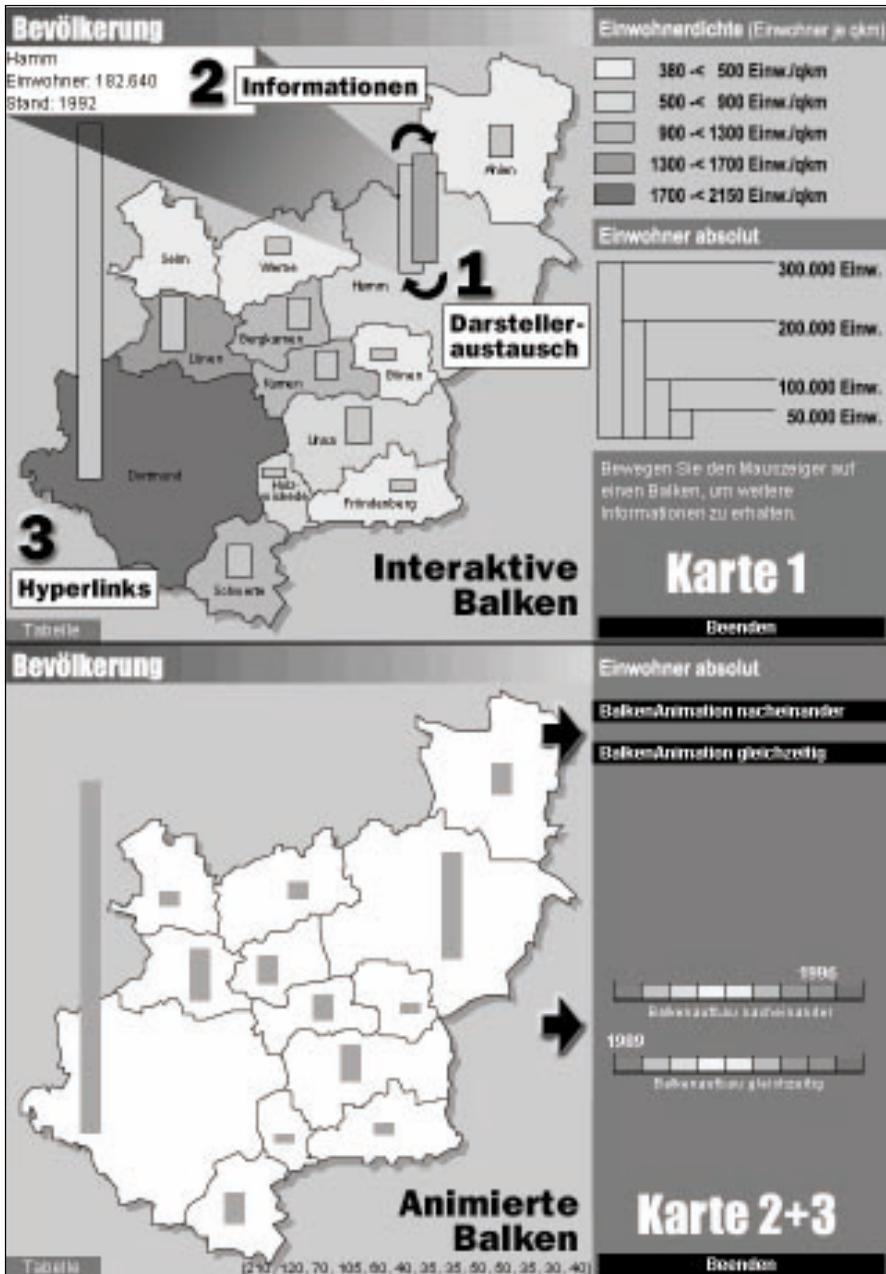


Abb. 7-5 Animierte und interaktive Balkendiagramme

Die Höhe des Balken wird in die Variable `vBalkenhöhe` mit dem Befehl `getAt (BalkenListe, vPos)` geschrieben. Dieser Wert wird der Variablen `vBalkenHöhe` zugewiesen. Nun wird die Startvariable `vStart` für die zweite Schleife definiert. Die Schleife `repeat while vStart <= vBalkenHöhe` wird so lange durchlaufen, bis der Wert von `vStart` gleich dem Wert der ausgelesenen Balkenhöhe entspricht. Die Balkenhöhe wächst dann in dieser Schleife immer um den Wert 1. Diese Struktur bewirkt, daß sich die einzelnen Balken tatsächlich der Reihe nach gleichmäßig von 0 bis zu deren Maximalwert aufbauen. Die gleichzeitige Animation der Balkendiagramme läuft in leicht abgeänderter Form ebenso nach dem vorgestellten Skript-Design ab (siehe Ani7-2.exe auf der CD-ROM).

**Tab. 7-2** Spriteskript „BalkenAnimation nacheinander“

```
on mouseUp
  - TEIL 1 (Kommentar)
  set balkenListe = []
  repeat with i = 30 to 42
    puppetSprite i, TRUE
    set vBalkenHöhe = the height of 0
    sprite i
    add balkenListe vBalkenHöhe
    set the height of sprite i = 0
    put balkenListe into field 0
    „ListenAnzeige“
  updateStage
  end repeat
  - TEIL 2 (Kommentar)
  repeat with i = 30 to 42
    set vPos = i - 29
    set vBalkenhöhe = getAt (balkenListe, 0
      vPos)
    set vStart = 0
    repeat while vStart <= vBalkenhöhe
      set the height of sprite i to vStart
      set vStart = vStart + 1
      updateStage
    end repeat
  end repeat
```

Dieses Skriptbeispiel zeigt sehr deutlich, welche Potentiale Lingo für kartographische Animationen bietet. Die Animation der Balken eröffnet eine neue Dimension in der Wahrnehmung von Sachverhalten. Die Balkengrößen können nicht nur statisch verglichen werden, sondern auch die besondere Struktur der Raumeinheiten hinsichtlich des Themas wird durch den animierten Balkenaufbau betont und hervorgehoben. Die Aufmerksamkeit des Betrachter wird damit für die Eigenarten des entsprechenden Raumes sensibilisiert.

Der Vorteil des Skripts gegenüber einer drehbuch-orientierten Lösung liegt auf der Hand, denn hier müßte jeder Balken in Handarbeit animiert werden. Verändern sich nachträglich die Zahlenwerte, muß jeder einzelne Balken neu erstellt werden. Bei einer Skript-Lösung müssen nur die Balken einmal plaziert und anschließend die Zahlenwerte an der richtigen Stelle verändert werden. Vor dem Hintergrund der Kartenherstellungskosten spielt vor allem der Zeitfaktor eine Rolle. Und dieser

kann bei entsprechender Lingo-Erfahrung erheblich verkürzt werden. Vor allem bei Karten, in denen geographische Phänomene in temporaler Entwicklung veranschaulicht werden sollen, bietet Lingo nützliche Lösungen.

Karte 3 in dieser Sequenz zeigt eine Zeitreihen-Animation für Balkendiagramme. Sie bietet hierzu eine Lösung für den Zeitraum von zehn Jahren (die Werte sind allerdings fiktiv; für Demonstrationszwecke boten sich reale Daten nicht an, da die Unterschiede der Balkenhöhen nicht eindeutig zum Vorschein gekommen wären). Die Umsetzung erfolgt durch eine Leiste mit farblichen Unterteilungen. Bewegt der Benutzer den Mauszeiger auf die Farbleiste, wird in Abhängigkeit zur Position des Mauszeigers im Farbbalken ein separater Felddarsteller mit verändernder Jahreszahl mitbewegt. Erst bei Mausklick werden die einzelnen Balkendiagramme animiert (siehe Datei Ani7-2.exe auf der CD-ROM).

Für die Realisierung dieser animierten Karte gibt es die unterschiedlichsten Möglichkeiten, so daß auf das Skript-Design nicht weiter eingegangen wird. Entscheidend ist aber, daß je nach Intention der Karte mit wenigen Lingo-Befehlszeilen und ohne Programmierkenntnisse in C++, Delphi oder anderen Programmiersprachen solche Karten erstellt werden können.

#### 7.4.4 Bitmap-Überblendung steuern

Dieser Abschnitt zeigt, wie mit Hilfe von Lingo die Überblendung zwischen zwei Rasterkarten über Schieberegler (*slider*) recht einfach und effizient realisiert werden kann. Dabei werden zu Anschauungszwecken verschiedene Formen von Schiebereglern vorgestellt (Datei Ani7-3.exe).

**Thema:** Ein- und Auspendler für eine vorgegebene Raumeinheit als Kartogramm-karte mit Volumenkreissignaturen.

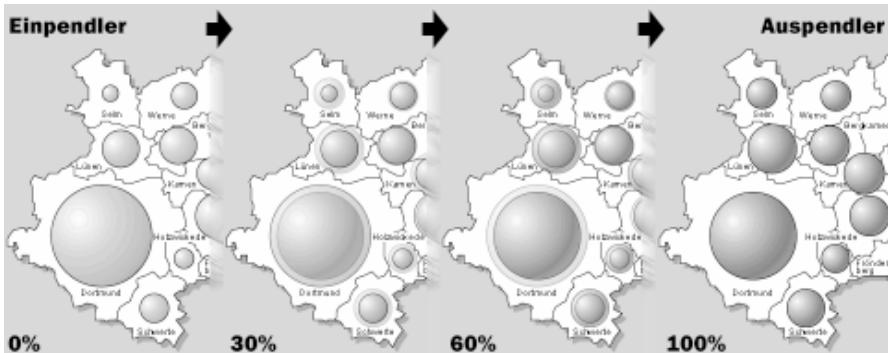
**Medien** (Was wird benötigt?): Thematische Karten *Einpendler* und *Auspender* als Rasterbilder; Schieberegler-Bitmaps.

**Funktionalität** (Was soll erreicht werden?): Der Benutzer kann den Überblendungswert zwischen den beiden Karten interaktiv entweder diskret oder kontinuierlich steuern.

**Drehbuch** (Was wird wie angeordnet?): Die Rasterbilder werden in den vorderen Spritekanälen plaziert; die nachfolgenden Kanäle sind reserviert für das Navigationssystem (Themenbuttons usw.). Der Schieberegler wird in den hinteren Spritekanälen plaziert.

**Lingo-Technik:** Der Schieberegler-Darsteller steuert über `mouseWithin`, `mouseDown`, `mouseLeave` und `mouseUp` das Verhalten des Schiebereglers und den Überblendungswert der Auspendler-Karte. Hierfür wird die Sprite-Eigenschaft `set the blend of sprite` verwendet. Diese Eigenschaft wird interaktiv vom Benutzer für die Auspendler-Karte eingestellt; der Wert kann zwischen 0% (keine Überblendung) und 100% (vollständige Überblendung) liegen. Die Schieberegler-

Eigenschaften werden durch die Befehle `set the constraint of sprite` und `set the moveable of sprite` realisiert.



**Abb. 7-6** Überblendung von zwei Bitmaps (Rasterkarten)

Schieberegler 1 (kontinuierlich): Dieser Typ funktioniert wie folgt: Bewegt der Benutzer den Mauszeiger auf den vertikalen Schieberegler und hält die Maustaste gedrückt, dann kann er den Schieberegler vertikal bewegen. Beim Loslassen der Maustaste wird der angezeigte Überblendungswert für die Auspendler-Karte eingestellt.

Schieberegler 2 (kontinuierlich): Bei diesem Typ stellt der Benutzer den Überblendungswert für die Auspendler-Karte ein, indem er den Mauszeiger im Farbbalken bewegt und bei entsprechendem Überblendungswert die Maustaste drückt. Zur visuellen Unterstützung wird ein vertikales Rechteck eingeblendet, sobald der Benutzer in den Farbbalken eintritt.

Schieberegler 3 (diskret): Bei diesem Typ wird intervallartig der Überblendungswert der Auspendler-Karte eingestellt. Der Benutzer bewegt den Mauszeiger entlang der farbigen Skala und sobald er die Maustaste klickt, wird der Überblendungswert eingestellt.

Schieberegler 4 (kontinuierlich): Funktioniert wie Schieberegler 3, jedoch kann hier jeder Überblendungswert zwischen 0 und 100 eingestellt werden. Das Beispielskript für den Schieberegler 4 zeigt die Einfachheit der Lingo-Elemente, die für den Blendeffekt sowie die Funktionalität des Schiebereglers angewendet werden.

Die interaktive Manipulation des Überblendungswertes eines Rasterbildes ist nur durch Verwendung von Lingo-Befehlszeilen zu verwirklichen. Auf welche Art dem Benutzer diese Eigenschaft ermöglicht wird, entscheidet der Kartenautor. Die oben beschriebenen Schieberegler zeigen dabei eine Auswahl an interessanten Möglichkeiten. Auch die Art des Skript-Designs sowie die Auswahl der Lingo-Elemente sind anwendungsbezogen zu verwenden.

**Tab. 7-3** Skript „Schieberegler 4“

```

on mouseWithin
  set the locV of sprite 25 to 330
  set the locH of sprite 25 to the 0
  mouseH -12
  put the mouseH - 500 into field „Skala2“
end

on mouseDown
  set vBlend = the mouseH - 500
  set the blend of sprite 2 to vBlend
end

on mouseLeave
  set the loc of sprite 25 to point(488,330)
  put „0“ into field „Skala2“
end

```

## 7.5 Lingo versus Drehbuch

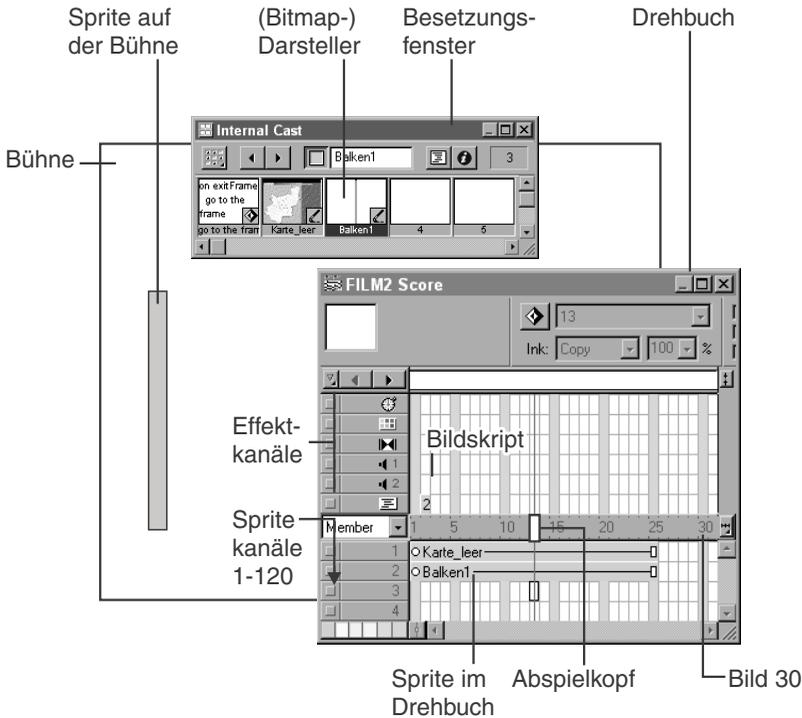
Nicht für jede animierte und interaktive Karte wird zwangsläufig Wissen in Lingo benötigt, sondern oft reicht die Verwendung des Drehbuchs aus. Mit Hilfe der vorhandenen und vordefinierten Verhalten (*behaviors*) in *Director* besteht für den Kartensigner grundsätzlich die Möglichkeit, auf Lingo vollständig zu verzichten. Je nach Art, Zweck und Komplexität der Karte können ohne jegliche Lingo-Kenntnisse zufriedenstellende Ergebnisse erzielt werden.

Lingo wird aber immer dann eingesetzt werden, wenn der Benutzer die Möglichkeit erhalten soll, die Animation zu steuern und zu kontrollieren oder interaktiv zu beeinflussen. Darüber hinaus kann Lingo Animationen erst ermöglichen und unter Umständen die Kosten reduzieren. Grundsätzlich können weder zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch in Zukunft verbindliche Aussagen getroffen werden, wann, zu welchem Zweck und für welchen Kartentyp Lingo oder dem Drehbuch der Vorzug zu geben ist. Dies ist immer von Fall zu Fall zu entscheiden und obliegt der Medienkompetenz des Entwicklers. Wichtig für die Zukunft ist aber das Sammeln von empirischen Erfahrungen aus dem Bereich der Multimedia-Kartographie, um Techniken zu finden, die sich bei bestimmten Fragestellungen bewährt haben. In diesem Buch sind deshalb Erfahrungsberichte aus der Praxis zusammengetragen, die dazu beitragen werden, diesen Zustand zu ändern.

## 7.6 Zukunft

Animierte und interaktive Karten mit *Director* erweitern das Spektrum der kartographischen Darstellungen um viele neue Varianten, die bislang nicht ausgeschöpft sind. Der Weg zur Erstellung solcher Karten ist heute noch das Ergebnis von wenigen Kreativen, die mit oder ohne Lingo zu beachtlichen Ergebnissen kommen. Zumeist werden animierte und interaktive Karten als ein weiteres Medium im Rahmen der unterschiedlichen Kontext- und Anwendungsspektren (zum Beispiel CD-ROMs für Dokumentation und Marketing) in mehr oder weniger guter Qualität eingesetzt. Der Raum, das Thema und der Zweck variieren dabei sehr stark, jedoch

handelt es sich vornehmlich um thematische Karten. Insgesamt ist es schwer, auf konkrete praktische Kartenbeispiele zu verweisen. Allerdings ist diese Kartenform in zahlreichen populären kommerziellen Produkten (zum Beispiel Microsoft Encarta Enzyklopädie oder Weltatlas) anzutreffen. Leider gibt es keine wissenschaftliche Veröffentlichung, die das Auftreten der neuen Karten systematisch untersucht und behandelt. Die Theorie hat sich bis heute nicht parallel zur Praxis entwickeln können und hat noch viel Nachholbedarf.



**Abb. 7-7** Grundlagen der Director-Arbeitsumgebung (Version 6.5)

Die Zukunft wird, unterstützt durch eine immer weitere Durchdringung der Gesellschaft mit digitalen Techniken und Innovationen, für diese neuen Darstellungsvarianten einen beachtlichen Markt darstellen. Aus diesem Grund ist es nur empfehlenswert, wenn viele Kartenersteller, unter anderen auch Geographen und Kartographen, in die neue Welt der animierten und interaktiven Karten einsteigen würden. Aber nicht jeder Kartenauteur wird die angewandte Technik zu seiner Karte preisgeben, denn zuviel Zeit, Raffinesse und existenzsicherndes Potential sind hierin verborgen. Trotzdem bleibt zu hoffen, daß sich ein größerer Markt für animierte und interaktive Karten in den Qualitätsmaßstäben der Printmedien entwickelt. Dieser Be-

reich kann zukünftig ein vielversprechendes Betätigungsfeld für Geographen und Kartographen bilden, zumal der Bedarf an der Visualisierung räumlicher Informationen sicherlich weiter wachsen wird.

## 7.7 Director-spezifische Begriffe

**Abspielkopf** (*playback head*) ist ein Element des Drehbuchs und gehört zum Konzept der „Drehbuch-Metapher“ des Programms Director. Er bewegt sich normalerweise von links nach rechts durch das Drehbuch und zeigt auf der Bühne das aktuelle Bild an, in dem er sich gerade befindet.

**Argumente** sind Platzhalter, mit deren Hilfe Werte an Prozeduren übergeben werden können.

**Ausdruck** ist ein Teil einer Anweisung, der für sich eine Einheit bildet.  $I + I$  ist zum Beispiel ein Ausdruck, aber keine gültige Anweisung, die alleine stehen kann. Die Zeile `go to frame 20` ist eine Anweisung, mit `go to` als Befehl und `frame 20` als Wert (Ausdruck), den der Befehl zur Ausführung der Anweisung benötigt.

**Befehle** (*commands*) sind festgelegte Begriffe, die dem Film befehlen, während des Abspielens etwas auszuführen. Befehle sind die Wörter der Sprache Lingo. Beispiel: `go to Start` (gehe zur Marke Start); `put`; `set`.

**Besetzung** (*cast*) enthält die notwendigen Darsteller für den Film und ist eine Bibliothek (Datenbank) von verschiedenen Medientypen (Rasterbilder, Geräuschbausteine, Farbpaletten, Skripten usw.), die in einem Film verwendet werden können. Eine Besetzung kann maximal 32.000 Darsteller enthalten. Es gibt zwei Typen von Besetzungen, interne und externe. Ein Film kann so viele Besetzungen enthalten, wie benötigt werden, um die angestrebten Zwecke zu erreichen.

**Bilder** (*frames*) sind numerierte vertikale Reihen von Zellen. Ein Bild stellt eine einzelne Aufnahme dar, wie das Einzelbild in einem traditionellen Trickfilm.

**Bildskripte** (*frame scripts*) sind Skripte, die einem Skriptkanal zugeordnet werden. Sie bestimmen was passiert, wenn der Abspielkopf in das Bild eintritt, das Bild verläßt oder sich im Bild befindet.

**Bitmap** (auch Rasterbild, *image*, Grafik) ist ein Darstellertyp in Director, der durch eine Matrix von Bildpunkten (Pixel) aufgebaut wird. Eine Bitmap kann im Format BMP, GIF, TIFF, PICT, JPEG, LRG, PNG, PCX oder einem anderen Rasterformat gespeichert sein.

**Bühne** (*stage*) ist der Bereich, auf dem der Zuschauer den fertiggestellten Film sieht und zugleich der Hintergrund für alle Director-Filme. Während der Herstellung der Sequenz können viele Aktionen direkt auf der Bühne vorgenommen werden.

**Darsteller** (*cast member*): Grundelemente (Medien) eines Films. In Director gibt es verschiedene Darstellertypen (unter anderem Bitmap, Schaltfläche, Text, Feld, Skript, Verhalten, Sound, Video/Film, Palette, Übergang, Xtra). Darsteller werden in Besetzungen organisiert.

**Drehbuch** (*score*) zeigt den zeitlichen Ablauf eines Filmes. Hier wird nach und nach alles aufgezeichnet. Das Drehbuch arrangiert Sprites, Übergänge, Sound, Skripte, Farbpaletten, Tempo und kann als zentrale Steuerungseinheit bezeichnet werden.

**Drehbuchskript** (*score script*) ist ein spezieller Skripttyp in Director. Diese werden auch als *Verhalten* bezeichnet. Es gibt zwei Arten von Drehbuchskripten: Bildskripte und Spriteskripte. Drehbuchskripte sind Darsteller und werden in einem Besetzungsfenster angezeigt.

**Effektkanäle** (*effect channels*) sind spezielle Drehbuchkanäle, die Spezialeffekte ermöglichen. Insgesamt gibt es sechs Kanäle: Tempo, Farbpalette, Übergang, Sound1, Sound2, Skript.

**Eigenschaften** (*properties*) sind Attribute eines Objekts. Beispiele: *size, color, depth, font, ink* von Objekten.

**Ereignisse** (*events*) treten während des Ablaufs eines Films auf. Typische Ereignisse sind Klicken von Sprites, Betätigen der Tastatur, Starten eines Films, Eintreten in ein Bild, Generieren eines bestimmten Ergebnisses von einem Skript. Ereignisse können (a) direkt durch den Benutzer ausgelöst werden, wie Tastendruck, Mausklick, oder (b) den Film selbst betreffen, wie Filmstart, Bildwechsel, Zeitüberschreitung. Director erzeugt bei jedem Ereignis eine Nachricht, die an eine festgelegte Reihe von Skripten zur Verarbeitung weitergeleitet wird. In Lingo sind bereits eine Vielzahl von Ereignissen vordefiniert

**Film** (*movie*) bezeichnet in Director die Datei, in der die einzelnen Szenen und Bilder gespeichert sind, die mit Director erzeugt wurden.

**Filmskript** (*movie script*) ist ein bestimmter Skripttyp in Director, der dem ganzen Film zur Verfügung steht. MovieScripts sind Darsteller, die im Besetzungsfenster angezeigt werden.

**Funktionen** sind Begriffe, die einen bestimmten Wert wiedergeben. Beispiele: *day* gibt das aktuelle Datum an. Die Funktion *key* gibt an, welche Taste zuletzt gedrückt wurde.

**Konstanten** sind Elemente, die sich bei einem Programmablauf nicht ändern. Beispiele: TRUE, FALSE, EMPTY, RETURN.

**Medien** sind die Grundelemente (Darsteller) eines Films. Medien in Director: Rasterbilder (*bitmaps, images, Grafiken*), Geräuschmodule (*sounds*), Video, Text, Farbpaletten.

**Prozedur** (*handler, auch event handler*) ist ein Satz von Lingo-Anweisungen, der mit dem Schlüsselwort *on* beginnt, gefolgt von einer Nachricht, auf die die Prozedur reagieren soll. Danach folgen die jeweiligen ausführbaren Lingo-Anweisungen. Abgeschlossen werden Prozeduren mit dem Schlüsselwort *end*. Prozeduren sind in Skripten organisiert.

**Puppen** (*puppets*) werden Sprite-Kanäle bezeichnet, die von Lingo gesteuert werden. Alle durch Lingo am jeweiligen Sprite-Kanal vorgenommen Änderungen be-

halten ihre Eigenschaften, wenn der Abspielkopf den Sprite verläßt. Wenn der Sprite-Kanal keine Puppe ist, bleiben die Änderungen an einem Sprite, die durch Lingo vorgenommen wurden, nur für die Dauer des aktuellen Sprites (solange sich der Abspielkopf im Sprite befindet) gültig.

**Schlüsselwörter** (*keywords*) sind reservierte Wörter, die eine besondere Bedeutung in Lingo haben. Beispiel: `sprite`, `member`, `global`.

**Skripten** (*scripts*) besteht aus einer Kombination von Wörtern, die einer Sequenz Informationen und Anweisungen übermitteln. In Lingo werden aus Elementen (Befehle, Konstanten, Ausdrücke, Funktionen, Argumente, Variablen) Anweisungen erstellt, die bestimmte Regeln (Syntax) befolgen müssen. Skripte bestehen aus einem einzigen Wort oder mehreren Anweisungen.

**Skriptsprache** in Director ist Lingo. Ein wesentliches Kennzeichen von Lingo als moderne Skriptsprache ist es, daß kein zusammenhängender Programmtext existiert. Der Programmcode wird zudem an verschiedenen Stellen (Positionen) der Sequenz verteilt und kann bestimmten Objekten in Form von Skripten zugeordnet werden. Dies hat den Vorteil, daß das Programm wesentlich schneller und flexibler auf (Benutzer-)Aktionen reagieren kann.

**Sprite** ist die visuelle Repräsentation eines Darstellers auf der Bühne. Sprites sind Objekte, die darstellen, wann, wo und wie Darsteller in einem Film auftreten. Über Sprites kann ein Darsteller an verschiedene Plätzen und zu unterschiedlichen Zeitpunkten in einem Film auftreten.

**Spritekanal** (auch Kanal, Darstellerkanal; *sprite channel*) sind Zeilen im Drehbuch. Director besitzt 126 Kanäle, davon 6 Effektkanäle und 120 Darstellerkanäle. Kanäle enthalten die Aktionen, die durch die Darsteller vorgeführt werden.

**Spriteskript** (*sprite script*) ist ein Skripttyp in Director, der bestimmt was geschieht, wenn ein Ereignis für ein Sprite eintritt. Diese sind im Sprite-Kanal angebracht.

**Übergeordnetes Skript** (*parent script*) ist ein spezieller Skripttyp in Director, der Lingo-Anweisungen zur Erstellung von untergeordneten Objekten enthält und im Besetzungsfenster angezeigt wird.

**Variablen** können jegliche Arten von Informationen enthalten, die man in Director vorfindet (Zahlen, Zeichenketten, das Ergebnis einer TRUE- oder FALSE-Bedingung, Symbole oder Listen). Es gibt lokale und globale Variablen.

## 7.8 Literatur

Callery M (1996) Learning Lingo: The art and science of programming with Macromedia Director. Addison Wesley Longman, Amsterdam

Eberl M, Jacobsen J (1998) Macromedia Director 6 für Insider. Das komplette Wissen für Multimedia-Publisher. Mac/Windows- Cross-Platform-Entwicklung. Markt u. Technik, Haar

Fickert T (1992) Multimediales Lernen: Grundlagen, Konzepte, Technologie. Deutscher Universitäts-Verlag, Wiesbaden

- Grace R (1998) *The Lingo Handbook: The complete guide to Macromedia Director scripting*. Prentice Hall, New York
- Khazaeli CD (1998) *Multimedia mit Director: Projektplanung und Interfacedesign*. Rowohlt TBV, Hamburg
- Macromedia (1997) *Lingo-Lexikon*. Macromedia, San Francisco
- Macromedia (1997) *Macromedia Director 6: Lingo-Einsteigerhandbuch*. Macromedia, San Francisco
- Ochsenkühn A, Szierbeck J (1998) *Praxis Macromedia Director 6*. MITP, Bonn
- Roberts J (1997) *Director 6: Official Guide für Mac OS, Windows und Netzwerke*. Macromedia Press, Berkeley
- Roberts J (1998) *Director 6 Demystified. The ultimate guide to Macromedia Director, Lingo and Shockwave*. Macromedia Press, Berkeley
- Rosenzweig G (1996) *The comprehensive guide to Lingo: Creating interactive applications with Macromedia Director*. Ventana, New York
- Rosenzweig G (1997) *The Director 6 Book : The ultimate handbook for multimedia professionals*. Ventana Press, New York
- Schnupp P (1992) *Hypertext (= Handbuch der Informatik, Bd 10.1)*. Oldenbourg, München Wien
- Thompson J (1997) *Macromedia Director: der Lingo-Workshop für Macintosh und Windows*. Lisardo Verlag, Augsburg
- Welsch N (1997) *Multimedia-Programmierung mit Lingo, 2. Aufl.* Springer, Berlin
- Welsch N (1998) *Director 6 und Lingo Praxiskurs*. Springer, Berlin



## Animationen für das Internet/World Wide Web

REINHOLD SCHLIMM

### 8.1 Animierte Karten im Internet

Der enorme Zuwachs, den das Internet in den letzten fünf Jahren erfahren hat, ist vor allem ein Erfolg des Dienstes World Wide Web (WWW). Neben der reinen Datenübertragung, wie sie die Basisdienste des Internet zulassen (zum Beispiel ftp, telnet, E-Mail), steht beim WWW eine ansprechende Präsentation der Daten mit immer stärker multimedialem Charakter im Vordergrund. Deshalb ist das WWW inzwischen auch ein gebräuchliches Medium zur Übermittlung von Animationssequenzen. In diesem Beitrag sollen vorwiegend solche kartographischen Animationen betrachtet werden, die direkt in Webseiten eingebunden sind und *inline* mit einem WWW-Browser wie *MS Internet Explorer* oder *Netscape Navigator* betrachtet werden können.

Das hohe Datenvolumen von Animationsdateien führt oft zu inakzeptablen Übertragungszeiten. Erst auf irgendeine Weise „kleingerechnet“ Animationen haben daher im WWW eine Erfolgschance. Inzwischen steht eine Vielzahl von technischen Lösungen zur Erstellung und Wiedergabe von internetfähigen Animationen zur Verfügung. Die traditionellen Verfahren arbeiten mit Rasterbildern, neuere Ansätze erlauben vektororientierte Animationen, die auch Rasterbilder enthalten können.

Einige der technischen Lösungen ermöglichen die Wiedergabe von bewegten Bildern direkt mit dem WWW-Browser. Die Mehrzahl der Lösungen sind heute noch auf Hilfsprogramme (*plugins, add-ins, viewers, helpers, players, projectors*) angewiesen. Es ist jedoch abzusehen, daß einige Plugins nicht mehr als Zusatzprogramme installiert werden müssen, sondern gleich mit den Browsern der nächsten Generation ausgeliefert werden. Dadurch erweitert sich allmählich die Anzahl der problemlos im WWW einzusetzenden Datenformate für animierte, interaktive und multimediale Anwendungen.

Die *GIF-Animation* ist die einzige Softwarelösung, die ohne Plugins oder die Anwendung von Internet-Programmiersprachen wie *Java, JavaScript* oder *ActiveX* auskommt. GIF-Dateien sind bisher die Basis der meisten Animationssequenzen im WWW. Bevor die Eignung der für das WWW entwickelten Verfahren für kartogra-

phische Animationen beleuchtet wird, sollen die Charakteristika der wichtigsten Techniken vorgestellt werden.

## 8.2 Animierte GIF-Dateien

Das *Graphic Interchange File Format* (GIF) ist ein ursprünglich vom der Firma CompuServe entwickeltes Dateiformat für Rasterbilder, das gegenüber älteren Formaten wie TIF oder BMP den Vorteil recht hoher Kompressionsraten bot. Deshalb ist GIF als Bildformat im WWW nach wie vor am weitesten verbreitet. In der ersten Version GIF87 können nur statische Rasterbilder abgespeichert werden. Die Version GIF89a erlaubt auch die Speicherung von mehreren Rasterbildern in einer Datei, die wie beim „Daumenkino“ vom Browser hintereinander abgespielt werden. Zur Kompilierung von animierten GIFs aus Einzelbildern gibt es spezielle Grafiksoftware, entweder in Form eigenständiger Programme oder als Optionen in Programmen für die Bearbeitung von Rasterbildern (siehe den Beitrag von Dransch/Rase über Animationssoftware).

Zur Erstellung einer animierten GIF-Datei braucht man mehrere statische Ausgangsbilder als Rasterdateien, vorzugsweise, aber nicht unbedingt notwendig, im GIF-Format. Sie sollten entweder alle die gleichen Dimensionen haben oder aber so entworfen sein, daß das erste Bild am größten ist, um auf diesem Hintergrundbild weitere kleinere Bilder variabel plazieren zu können.

Parameter der GIF-Animation, die der Benutzerkontrolle unterliegen, sind die Schleifenanzahl (*loops*), die Verzögerung zwischen den einzelnen Rasterbildern (*delay*) und die Wahl von Aufsatzpunkten für Änderungsbereiche, die nicht die Ausmaße des Hauptbilds haben. Schließlich ist auch noch der Anzeigemodus wählbar, ob sich zum Beispiel die Rasterbilder stapelartig überdecken oder ob sie einander ersetzen sollen.

Das Aneinanderreihen verschiedener Rasterbilder zu einer Bild-für-Bild-Animation (*frame by frame animation*) nach den GIF-Spezifikationen ergibt sehr große Dateien. Beim ersten Abspielen ist aufgrund der beschränkten Übertragungsgeschwindigkeit im Internet oft ein Ruckeln zu beobachten. Durch die lokale Speicherung der Rasterbilder (*caching*) wird beim zweiten Abspielen meistens eine schnellere und gleichmäßigere Wiedergabe erreicht. Rasterbilder mit größeren Abmessungen können jedoch selbst einen schnellen Rechner bis an die Grenze seiner Leistungsfähigkeit belasten.

Im GIF-Dateiformat sind maximal 255 Farben möglich. Wichtig für die Wiedergabe auf möglichst vielen Rechnerplattformen mit unterschiedlichen Graphiksystemen ist die Nutzung einer einheitlichen und standardisierten Farbpalette in allen Bildern der Animationssequenz.

### 8.3 Rasterbasierte Java-Applets und Java-Scripts

Die nächste Stufe für Animationsanwendungen im Internet ist die Einbindung von kleinen Programmen (*applets*) oder *Scripts*. Java-Applets sind allein nicht lauffähige, aber gut in Webseiten zu integrierende Programme in der Programmiersprache Java. Die Java-Applets werden beim Lesen der HTML-Seiten geladen und ausgeführt, können aber nicht beim Anwender abgespeichert werden. Der Einsatz von Java-Applets und Java-Scripts auf Webseiten sind zwar Erweiterungen des HTML-Mindeststandards, es handelt sich aber noch nicht um Plugin-Lösungen. Denn zum Abspielen von Animationen mit Applets gibt es in den gängigen Web-Browsern wie MS Internet Explorer oder Netscape Navigator die notwendigen Software-Module. Das Nachladen spezieller Zusatz-Software ist nicht notwendig.

Beim Einsatz dieser Programmiersprachen im WWW muß man sich darüber im klaren sein, daß jeder Nutzer die Ausführung von Applets oder Scripts auf seinem Rechner unterbinden kann. Dafür kann es gute Gründe geben, einmal wegen der großen Datenmenge, die zu übertragen ist, zum anderen wegen einiger Sicherheitsprobleme. Insofern entfernt man sich beim Rückgriff auf Java- oder Javascript-Lösungen bereits ein wenig vom Leitgedanken des WWW, nämlich der plattformübergreifenden Kommunikation.

Java-Animationen sind nach rasterorientierten und vektororientierten Animationen zu unterscheiden. Bei der rasterorientierten Java-Animation werden wie bei der GIF-Animation Rasterbilder hintereinander abgespielt. Vektororientierte Java-Applets zeichnen Vektordaten (Linien oder Flächen) auf den Bildschirm. Die vektororientierte Ausgabe ist flexibler, weil auf unterschiedliche Bildschirmauflösungen oder spezielle Graphik-Hardware beim Anwender Rücksicht genommen werden kann. Das Vergrößern von Bildausschnitten und Maßstabsänderungen sind ohne Verlust in der Auflösung von Linien möglich, ein wichtiger Gesichtspunkt für kartographische Anwendungen.

Im Unterschied zur GIF-Animation werden die Einzelbilder einer rasterorientierten Java-Animation nicht in einer einzigen Grafikdatei gespeichert, sondern als separate Rasterdateien für jedes Bild vom Applet abgespielt. Bis sich der Betrachter die Animation anschauen kann, müssen also das Applet selbst und alle der Animation zugeordneten Rasterbilder übertragen sein. In der Regel dauert das Laden eines Animations-Applets einschließlich der Bilder länger als die Übertragung einer vergleichbaren GIF-Datei.

Die im WWW vorhandenen Animations-Applets unterscheiden sich in ihrer Funktionalität geringfügig. Manchmal ist eine interaktive Benutzersteuerung möglich, manchmal steht dem Autor eine rudimentäre Skriptsprache zur Verfügung, um die Parameter der Animation festzulegen, wie etwa die Zeitdauer zwischen den Bildern oder Verzweigungsmöglichkeiten bei Benutzeraktionen, etwa einem Mausklick.

Java-Applets werden vorkompiliert als *Bytecode* übertragen, sie sind also unveränderbare Programme, die nur durch die Übergabe von Parameterwerten individuell anzupassen sind. Java-Scripts sind unkomplizierte Programmanweisungen, die

HTML-Quelltext vom *Tag* <SCRIPT> eingeschlossen werden und dort von jedermann einsehbar sind. Die Lesbarkeit der Java-Skripts und die Wiederverwendbarkeit ihrer Bestandteile begünstigt auch eine Anpassung geeigneter Skripte an spezielle Bedürfnisse. Bei der Wiederverwendung oder Modifikation von Java-Skripts aus dem WWW sind Eigentumsrechte (Copyright) zu beachten.

Java-Skripts werden vorwiegend eingesetzt, um HTML-Seiten dynamischer zu gestalten. Allgemeine Beispiele sind im Rahmen der jüngeren Entwicklungen wie DHTML (*Dynamic Hypertext Markup Language*) oder CSS (*Cascading Style Sheets*) an vielen Stellen im WWW veröffentlicht worden. Im Hinblick auf Animation und Interaktion erlauben Java-Skripts vor allem das Auswechseln von Bildern in einem festen Zeittakt oder die Umsetzung von interaktiven Eingriffen wie Mausclicks oder Überfahren, ohne daß gleich die ganze Webseite neu geladen werden muß.

## 8.4 Vektororientierte und hybride Java-Applets, ActiveX

Für kartographische Anwendungen besonders interessant sind Animationsprogramme, die die Einbindung von Rasterbildern und Vektoren in der gleichen Datei erlauben. Für die Programmierung von Java-Applets stehen eine Reihe von Entwicklungsumgebungen zur Verfügung, die dem Programmierer unterschiedlich hohen Komfort für Animationsanwendungen bieten. Beispiele für speziell kartographische Java-Applets (*mapviewer*) sind im WWW zu finden, etwa von den Firmen Autodesk, Intergraph oder ESRI. Generell werden komplexe Applets im WWW nicht in der gleichen Häufigkeit angeboten wie allgemeine *Plugins* oder *Viewer*. Das liegt zum einen am speziellen Anwendungsgebiet, zum anderen versprechen allgemein verwendbare Werkzeuge einen höheren kommerziellen Nutzen. Ein Plugin oder ein Viewer bietet dem Entwickler zudem den Vorteil, auf bestehende Programme und Datenformate zurückgreifen zu können. Für die Programmierung von Java-Applets ist erheblich mehr Aufwand erforderlich.

Eine Technik, die sich für kartographische WWW-Animation bisher nicht durchsetzen konnte, ist das von Microsoft eingeführte ActiveX. Von Microsoft als die Antwort auf Java geplant, wird es heute eher als Ergänzung zu Java angesehen. Mit ActiveX sollen bestimmte Windows-Anwendungen in Webseiten nutzbar gemacht werden. In HTML-Seiten werden wie bei Java kleine Programme, die sogenannten *ActiveX Controls*, eingebunden. Die Module für ActiveX können in jeder Programmiersprache erstellt werden, die das *Component Object Model* (COM) unterstützt (COM ist eine firmenübergreifende Vereinbarung für die Behandlung von Objekten in Client-Server-Systemen). ActiveX-Module können nur vom Browser *MS Internet Explorer* direkt ausgeführt werden. Für den Browser *Netscape Navigator* gibt es inzwischen einen Zusatz, mit dessen Hilfe ActiveX-Programme ablaufen können. Insgesamt ist diese Technik gefährlicher für den Anwender als Java, weil einige Sicherheitsvorkehrungen in ActiveX fehlen, die in Java vorhanden sind, etwa der Schutz vor unerlaubten und unbemerkten Zugriffen auf die Festplatte des Anwenders.

## 8.5 Plugins und Viewer für Animationen

*Plugins* und *Viewer* sind Programme zum Abspielen von Animationssequenzen. *Plugins* ermöglichen die Inline-Wiedergabe direkt im Web-Browser. Sie sind als eigenes Programm nicht lauffähig. *Viewer* sind eigenständige Programme, die vom Web-Browser gestartet werden und in einem eigenen Fenster auf dem Bildschirm die Animationsdatei abspielen. Mit *Viewern* ist auch das Abspielen unabhängig vom Browser möglich. Die Anzahl der *Plugins* für die gängigen Browser ist inzwischen so groß, daß eine vollständige Sichtung nicht mehr sinnvoll erscheint. Nur beispielhaft können daher einige verbreitete *Plugins* erwähnt werden.

Beim Einsatz von *Plugins* oder *Viewern* kann man anspruchsvolle Animationen auf WWW-Seiten realisieren. Das erkaufte man allerdings mit einer weiteren Entfernung vom der plattformübergreifenden Standardisierung der Kommunikation. Es gibt praktisch kein *Plugin*, das für alle Rechnerplattformen erhältlich ist. Meistens werden zuerst die am häufigsten benutzten Betriebssysteme mit neuen *Plugins* bedient, für nicht so weit verbreitete Systeme lohnt sich dann für den Hersteller eine Anpassung der Zusatzsoftware nicht mehr. Die *Plugins* und *Viewer* werden von den Herstellern meistens kostenlos über das Internet verteilt. Die Animation muß in der Regel mit der lizenzpflichtigen und deshalb nicht mehr kostenfreien Software des gleichen Herstellers erstellt werden. Über *Plugins* und *Viewer* sind oft auch solche 2D- und 3D-Animationen, wie sie in den anderen Kapiteln beschrieben wurden, mehr oder weniger gut ins WWW integrierbar.

Ähnlich wie bei Filmclips auf CD-ROM sind auch im WWW die Ausmaße der Fenster für die Videobetrachtung sehr eng bemessen, um die Einzelbilder kleinhalten zu können. Die niedrige Auflösung bedingt, ganz abgesehen vom Einfluß unterschiedlicher Graphikhardware, eine relativ schlechte Bildwiedergabe mit einer Auflösung, die für kartographische Animationen oft nicht ausreicht.

Im Zusammenhang mit Animations-*Plugins* oft verwendete Begriffe wie *streaming video* und *streaming multimedia* beziehen sich auf das Abspielverhalten der Animationen. Der Start der Animation ist bereits zu einem Zeitpunkt erlaubt, an dem die Daten noch nicht komplett übertragen worden sind. Die sehr langen Übertragungszeiten für Multimedia-Applikationen im WWW werden so unauffällig kaschiert. *Streaming video* einschließlich Soundtrack wird zum Beispiel im verbreiteten Format von *RealPlayer* verwendet.

Ein inzwischen recht verbreitetes Format ist *Shockwave* der Firma Macromedia. Die Dateien werden mit dem *Plugin FlashPlayer* wiedergegeben. Die Objekte einer Animation im Flash-Format sind Vektorobjekte, jedoch mehr als einfache Liniengrafik. Die Füllung der Objekte kann transparent, semitransparent oder changierend sein. Durch die Kombination mit Rasterbildern entstehen komplexe Bewegungsbilder, die sich gut in anspruchsvolles Webdesign integrieren lassen. Für Eigenschaften wie Vektortransparenz oder Form-Morphing ließen sich bestimmt auch mehr gute kartographische Einsatzmöglichkeiten finden, als sie bisher im WWW vorhanden sind.

Die Integrierbarkeit von Ton, animierten Schaltflächen und Menüs in Flash-Animationen zeigt die Richtung über reine Bewegtbilder hinaus auf Multimedia-Anwendungen an. Ebenso verhält es sich mit dem „großen Bruder“ von Flash, dem *Shockwave*-Format mit dem zugehörigen *Shockwave-Player* von Macromedia. Das *Shockwave*-Plugin ermöglicht die Betrachtung von Multimedia-Anwendungen, die in Webseiten integriert sind. Dabei geht es nicht ausschließlich um Animationen, sondern um eine allgemein interaktive und dynamische Visualisierung. Sehr entlastend für den Entwickler einer multimedialen Applikation ist dabei die flexible Anpassung von Schriften und Abständen an die Monitor- oder Fenstergrößen beim jeweiligen Anwender.

Einen ähnlich multimedialen Anspruch hat *Quicktime*. Das von der Firma Apple entwickelte Dateiformat erlaubt inzwischen neben dem nutzergesteuerten Abspielen von Bewegtbildern auch die Integration von Audiosequenzen, Vektorelementen (*sprites*) und Hyperlinks.

*Shockwave* und *Quicktime* sind Beispiele dafür, wie ehemalige externe Plugins inzwischen zu integralen Bestandteilen der neuen Generation von Web-Browsern geworden sind. Beide Formate lassen sich auch unabhängig vom Browser mit geeigneten Viewern abspielen. Ein Problem der meisten Multimediaformate ist die Notwendigkeit zur Benutzung der kommerziellen Software der jeweiligen Firma für die Erstellung der Applikationen.

Eine besondere Stellung nehmen die Formate *QuickTime-VR* und VRML für die Darstellung von dreidimensionalen Szenen ein. Dem Benutzer wird ein dynamisches Navigieren durch zweidimensionale bzw. pseudo-dreidimensionale Welten ermöglicht. Bei einer *QuickTime-VR*-Szene handelt es sich um ein statisches Rasterbild für Panoramaaufnahmen, das aber durch nutzergesteuerte Veränderung der Blickrichtung und des Abbildungsfaktors (*zooming*) eine dynamische Betrachtung zuläßt. Grundbegriffe und Anwendung von VRML werden im Beitrag von Zedi beschrieben.

## 8.6 Welche Technik für welche Art der kartographischen Animation?

Der Überblick über die für das WWW geeignete Techniken sollte trotz seiner Unvollständigkeit deutlich machen, daß es sich um grundverschiedene Ansätze handelt, deren Eigenschaften bereits bei der Konzeption einer kartographischen Animation berücksichtigt werden müssen. Zunächst sollte man sich gut überlegen, welche Gesichtspunkte für den Inhalt und die Gestaltung der geplanten kartographischen Animation wichtig sind, welche Anforderungen sich daraus für die technische Lösung ableiten und welcher Weg am besten für die Umsetzung geeignet ist.

Die erste Frage vor dem Entwurf einer kartographischen Animation wird immer sein: „Warum ist für diesen Sachverhalt eine dynamische Darstellung besser als eine statische Karte?“. Der nächste Gesichtspunkt ist die Komplexität der Darstellung. Prinzipiell sind zwar Bewegtbilder faszinierender als Standbilder. Aber ob die Über-

tragung wirklich abgewartet wird und die bewegten Bilder dann auch einen Informationsgewinn bringen, ist nicht eindeutig zu beantworten. Eine maximale graphische Klarheit der Animation ist bei der kurzen Präsentationszeit der Einzelbilder besonders wichtig. Sie wird auch durch die Ausmaße der Abspielflächen gefordert, die aus Gründen der Datenreduktion keine Monitor- bzw. Browserfenster-Ausmaße annehmen dürfen. Zudem gelten die gleichen graphischen Vorsichtsmaßnahmen, wie sie auch für statische Web-Graphiken anzuwenden sind. Dazu gehören etwa „browser-sichere“ Farben, die in der Farbdefinition so weit auseinander liegen, daß sie nicht unter ungünstigen Hardware-Bedingungen als gleich dargestellt werden.

Die Mehrzahl der Animationssequenzen im WWW besteht aus Rasterbildern, weil die Werkzeuge zur Erstellung der Animationen weit verbreitet und verhältnismäßig preiswert sind. Für kartographische Animationen ist in vielen Fällen eine vektororientierte Präsentationslösung besser geeignet, da sie die bereits vorliegende Modellierung in kartographische Objekte beibehält und nicht ein datenlogisch unstrukturiertes Rasterbild an ihre Stelle setzt. Die Realisierungsmöglichkeiten für animierte Vektorgraphik sind im Augenblick noch wenig verbreitet oder kostspielig, oder beides. Von den Herstellern großer Software-Paket für GIS werden im Augenblick große Anstrengungen gemacht, diesen Zustand zu ändern. In nicht allzu ferner Zukunft wird es möglich sein, direkt aus der GIS-Datenbasis kartographische Animationen zu erzeugen, die nicht aus Rasterbildern bestehen.

Auch die Art der Veränderung, wie zum Beispiel die Bewegung von Objekten in der Szene, ist ein Gesichtspunkt für die Auswahl der Animationstechnik. Günstiger als das Rasterformat ist für Pfadanimationen (Animationen mit wandernden Objekten) auf jeden Fall ein Vektorformat. Der Vorteil liegt in der generellen Vorgehensweise der Vektoranimationen, da die Animation erst zur Präsentationszeit aus einem mitgegebenen Anweisungsskript gerechnet wird. Das ermöglicht eine Kompaktierung der Daten, die durch die Aneinanderreihung und Übertragung fertiger Rasterbilder nicht zu erzielen ist. Der Nachteil besteht jedoch darin, daß die Rastergraphik im WWW immer noch vorherrschend ist. Vektororientierte Animationen sind deshalb noch problematisch, da sie nicht auf jeder Systemplattform wiedergegeben werden können.

In anderen Fällen läßt sich eine dynamische Karte nicht als Pfadanimation realisieren, sondern erfordert eine Auswechslung bzw. Aneinanderreihung ganzer Bilder. Ein Beispiel dafür ist der Übergang von einer Ausgangsfigur in eine Endfigur (*morphing*), wie sie zum Beispiel bei der Darstellung der Veränderung des Siedlungsgebietes einer Stadt erforderlich ist. Ein anderes Beispiel sind meteorologische Animationen, deren Oberflächentexturen in einer Vektorgraphik nur sehr aufwendig zu realisieren sind (siehe den Beitrag von Schröder).

In besonderen Fällen kann es auch sinnvoll sein, aus Vektordaten Animationen mit Rasterbildern zu erstellen. Beispielsweise kann die Schrumpfung, Ausdehnung oder Zergliederung eines flächenhaften Objekts so kompliziert sein, daß sie mit der Manipulation einzelner Animationsobjekte nicht mehr in den Griff zu bekommen ist. Auch in diesem Fall würde man sich unter Umständen für die Aneinanderreihung

vorgefertigter Einzelkarten entscheiden und eine Animation aus Rasterbildern erzeugen.

Ein anderes Beispiel sind die Darstellungen rotierender Globen im WWW. Sie werden meist mit 3D-Software aus texturierten Drahtmodellen erzeugt und als animierte GIF-Bilder abgespeichert. GIF-Animation ist im Prinzip die einfachste Lösung, sie hat ihre Grenzen jedoch in der sehr schnell anschwellenden Datenmenge. Deshalb sind die wenigen Einzelbilder meistens klein und mit nur wenigen Farben versehen.

Bei Animationen mit Änderung von Form, Ausdehnung und Lage flächenhafter Objekte stellt sich außerdem die Frage, ob es interpolierte Zustände zwischen den Einzelbildern (*keyframes*) geben muß, um die Änderungen weicher anzuzeigen. Echte Interpolationen der Form lassen sich nur mit vektororientierten Verfahren erreichen. Überblendungen oder Morphing von Rasterbildern ist nur ein Ersatz, der aber meist mit geringeren Kosten zu realisieren ist.

Schließlich ist auch noch der erforderliche Umfang an Interaktivität zu berücksichtigen. In den Beiträgen von Müller/Grebe und Sieber/Oberholzer/Terribilini wird auf interaktive und animierte Karten näher eingegangen. Bei Animationen, die direkt in eine HTML-Seite eingebettet sind, ist eine Einflußnahme des Nutzers oft nicht vorgesehen.

Bei der Animation von 3D-Szenen mit Bewegung der Kamera ist es eine grundsätzliche Frage, ob der Benutzer nur vordefinierte Kamerafahrten erlebt oder ob ein freies Navigieren durch den Modellraum möglich ist. Freies Navigieren erfordert Echtzeit-Animation, mit erheblich höheren Ansprüchen an das Datenmodell und die Leistungsfähigkeit des Rechners (siehe die Beiträge von Sieber et al und Döllner).

## 8.7 Zusammenfassung und Ausblick

In der Tabelle sind die vorgestellten Techniken zur kartographischen Animation zusammengefaßt. Die am besten geeigneten Lösungen werden zuerst genannt. Beim Versuch, Techniken der WWW-Animation auf ihre Eignung für kartographische Anwendungen zu untersuchen, kann es sich nur um eine Momentaufnahme handeln, weil sich die Techniken sehr schnell verändern und fast täglich neue Lösungen hinzukommen. Ein absehbarer Trend ist die Unterstützung von mehr Datenformaten für animierte Bilder direkt in den Browsern und Betriebssystemen. Entwicklungsbedarf gibt es bei den vektororientierten Techniken für kartographische Animationen. In diesem Bereich sind die GIS-Hersteller sehr aktiv, um direkte Brücken von der GIS-Datenbasis zu animierten Darstellungen zu bauen.

Die Netzverbindungen und Rechner werden schneller werden, was bei den bisherigen Flaschenhälsen im Bezug auf WWW-Animationen dringend notwendig ist. Zu einer weiteren Beschleunigung werden auch die in der Entwicklung befindlichen, noch besser komprimierten Grafik-, Video- und Multimediaformate beitragen.

**Tab. 8-1** Die Eignung der verschiedenen Techniken für die kartographische Animation im Internet/World Wide Web

	<b>Pfadanimation</b>	<b>Animation aus Einzelbildern</b>
<b>Rastergraphik</b>	Rasterorientierte Java-Applets GIF-Animation Shockwave	GIF-Animation, rasterorientierte Java-Applets, JavaScripts zur Bildauswechslung; MPEG, AVI, RealVideo Shockwave, ActiveX
<b>Vektorgraphik (evtl. mit Rasterbildern kombiniert)</b>	ShockwaveFlash Shockwave QuickTime4 VRML	Shockwave Flash, QuickTime4 Java-Applets für Graphen Java-Kartenbetrachter (Plugins, Viewer)

Der große Durchbruch für Videos, Multimedia und speziell kartographische Animationen im Internet ist wahrscheinlich noch gar nicht gekommen. Für eine Vereinfachung der Herstellung kartographischer Animationen für den „Normalverbraucher“, zum Beispiel den Wissenschaftler oder Lehrer, besteht erheblicher Bedarf. Allein das Optimieren und Angleichen der Dimensionen der Rasterbilder und der Farbpalette ist bisher mit einfacher Software eine zeitraubende Angelegenheit.

Nicht so schnell wie die Technik werden sich die Sehgewohnheiten der Nutzer ändern. Kennzeichnend für die Rezeption von Webseiten durch typische „Surfer“ ist die kurze Verweildauer auf der jeweiligen Seite und die Betrachtung mit oft mehr technischem als inhaltlichem Interesse. Letzteres ist bisher das Schicksal vieler kartographischer Animationen, erkennbar an den Links, die öfter von technisch orientierten WWW-Seiten aus zu kartographischen Animationen führen als von inhaltlich verwandten Seiten.

Für funktionierende kartographische Kommunikation muß die Aufnahmebereitschaft beim „Surfer“ vorhanden sein. Man sollte daher dafür sorgen, daß klar wird, welche Inhalte oder welcher Erkenntnisgewinn einen Nutzer in den Animationen erwarten, bevor der sich beispielsweise der Mühe unterziehen muß, ein neues Plugin herunterzuladen.

Die Animation darf in ihren Aussagen nicht zu kompliziert oder vielschichtig sein, da die Nutzergemeinde im WWW noch viel heterogener ist als viele der herkömmlichen Zielgruppen für Karten. Die bewegten Bilder sollten zwar auch den Spaß am Medium erhalten, vor allem aber dem Nutzer ein raumbezogenes Thema auf eine Weise vermitteln, wie es statische Karten nicht vermögen.

## 8.8 Literatur

Cartwright, W, Peterson, M, Gartner G (eds.) (1999), *Multimedia Cartography*. Springer Heidelberg, New York

Dickmann, F (1999) Internet Map Server. Zur Funktionalität und Anwendung eines neuen kartographischen Mediums. In: *Erdkunde*, 53. Jahrgang, 65-75

- Friebe, T (1997) GIS im Internet. Arbeitspapiere der GMD Nr. 1108. Sankt Augustin
- Hermisdöfer D (1998) Raumbezogene Services im Intranet/Internet. In. ESRI - ArcAktuell, 2/1998
- Schlimm, R (1998) Aufbau eines Kartographischen Informationssystem im World Wide Web. In: Kartographische Nachrichten, 48. Jahrgang, 1-8
- Schröder, K (1998) Thematische Karten im Internet. Berliner Manuskripte zur Kartographie., Freie Universität Berlin, Fachbereich Geowissenschaften

# Software für die Erstellung von kartographischen Animationen

DORIS DRANSCH, WOLF-DIETER RASE

## 9.1 Kategorien der Software

Für die Produktion von kartographischen Animationen können verschiedene Wege eingeschlagen werden. Zwei Hauptrichtungen lassen sich unterscheiden, mit fließenden Übergängen:

- Zur Erstellung der Einzelbilder werden allgemein verwendbare Programme für Kartographie und Computergraphik verwendet. Die Einzelbilder, in der Regel Rasterbilder, werden mit verschiedenen Programmen, meistens *Freeware* (kostenlos) oder *Shareware* (geringer Kostenbeitrag), zu Animationssequenzen zusammengesetzt.
- Die Animationssequenzen werden mit integrierten Programmen erstellt, die speziell für diesen Zweck geschaffen wurden. Für ihre Nutzung sind in der Regel Lizenzkosten zu entrichten.

Deshalb wurden für die folgenden Ausführungen zwei große Kategorien von Software gebildet, einmal Programme, die entweder am Arbeitsplatz vorhanden sind oder preiswert beschafft werden können, zum anderen spezialisierte Programme für Animationen. Wie meistens sind nicht alle Kandidaten eindeutig zuzuordnen. Das Programm *Blender* zum Beispiel ist ein integriertes Programm für Animationen, kann aber kostenfrei von einer WWW-Adresse heruntergeladen und benutzt werden.

## 9.2 Kriterien für die Auswahl der Programme

Die Auswahl der Software für die Erstellung kartographischer Animationen hängt von verschiedenen Kriterien ab: der Art der Animation, dem technischen Wissen und der Erfahrung der Anwender und wirtschaftlichen Abwägungen. Die Art der Animation bestimmt, über welche Funktionen die Software verfügen muß, zum Beispiel Editoren für die zweidimensionale oder dreidimensionale Modellierung, die Veränderung der Kameraposition in virtuellen dreidimensionalen Welten oder

die Metamorphose einer Ausgangsfigur in eine Endfigur (*morphing*). Auch das Wissen und die Erfahrung des Anwenders entscheidet darüber, ob eine Komplettlösung in Form eines integrierten Software-Paketes eingesetzt oder ob die verschiedenen Einzelprogramme kombiniert werden. Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen und das verfügbare Budget sind weitere Kriterien für die Wahl der Software in den einzelnen Leistungskategorien.

### 9.3 Allgemein verwendbare Programme

Animationssequenzen bestehen, wie bereits mehrfach erwähnt, aus einer Folge von Einzelbildern (Szenen oder *frames*), die sich geringfügig voneinander unterscheiden. Bei einer Präsentation von mindestens 24 Bildern pro Sekunde wird der Eindruck des bewegten Bildes hervorgerufen. Die Einzelbilder lassen sich mit anwendungsspezifischer Software erzeugen, in unserem Fall mit Programmen für kartographische Anwendungen. Die Änderungen müssen für jedes Bild einzeln bestimmt werden, entweder durch Setzen von Programmparametern per Hand oder durch einen Algorithmus, der als Programm in der Skriptsprache der Software oder in einer höheren Programmiersprache formuliert wird. Die folgende Abfolge von Schritten ist typisch für diese Art der Erzeugung von Animationen:

1. Erzeugung einer Datei mit Vektorgraphik-Befehlen aus einem Kartographie-Programm für jedes Einzelbild; oder Ausführung von Visualisierungsprogrammen, die aus Befehlen des Kartographie-Programms Einzelbilder im Rasterformat erzeugen;
2. Umwandlung der Vektorgraphiken in Rasterbilder;
3. Erstellung der Animationssequenz durch Reihung der Einzelbilder in einem gängigem Dateiformat für Animationen; eventuell Zusammenstellung der Sequenzen zu einer längeren Animation mit Einbindung von akustischen Informationen (Soundtrack);
4. Abspielen der Animationsdatei mit einem Betrachtungsprogramm (*Viewer*);
5. Eventuell Überspielen der Datei auf ein Videoband.

In den folgenden Abschnitten werden einige Programme für diese Arbeitsschritte genannt. Die aufgeführten Programme sind nur eine kleine Auswahl aus dem breiten Spektrum des Angebotes, ohne Anspruch auf Vollständigkeit. Eine Suchanfrage in einer Suchmaschine des *World Wide Web* wird noch eine Reihe weiterer Programme ergeben, die entweder frei verfügbar oder mit mehr oder weniger hohen Lizenzkosten verbunden sind (etwa bei <http://www.altavista.com>).

#### 9.3.1 Programme für Kartographie und Bilderzeugung

Für die Erzeugung der Einzelbilder ist jedes Programm für die Kartenkonstruktion verwendbar, das die Graphik als Vektor- oder Rasterbild in einer Datei speichert. Es würde hier zu weit führen, alle auf dem Markt verfügbaren Kartographie-Programme zu nennen. Es wird deshalb auf die einschlägige Literatur zu Kartographie und GIS

verwiesen, zum Beispiel Dickmann und Zehner (1999) oder Olbrich, Quick und Schweikart (1996).

Das gängigste Format für Graphikdateien mit Vektor-Informationen ist PostScript (PS) oder das davon abgeleitete Format EPS (Encapsulated Postscript). Eine PostScript-Datei läßt sich sehr einfach durch Umlenkung der Druckausgabe für einen PostScript-Drucker in eine Datei erzeugen. Bei den Windows-Betriebssystemen ist ein PostScript-Drucker nicht unbedingt notwendig, nur die Treiber müssen installiert sein. Der Inhalt der Dateien läßt sich mit einem PostScript-Betrachter überprüfen, etwa *GhostScript* bzw. *GhostView*. Einige Programme exportieren auch Graphikdateien nach dem ISO-Standard CGM (Computer Graphics Metafile), der von vielen Konvertern unterstützt wird. Andere produktspezifische Dateiformate können benutzt werden, sofern das nachfolgende Programm in der Verarbeitungskette das Format akzeptiert.

Für die Erzeugung fotorealistischer Bilder von beliebigen 3D-Szenen wird häufig das Programm *POV-Ray* angewendet (siehe auch die Beiträge von Buziek und Döllner in diesem Buch). *POV-Ray* wurde gemeinsam von vielen Programmierern entwickelt und ist kostenlos für viele Rechner und Betriebssysteme verfügbar. Man kann zum Beispiel in einem Kartographieprogramm die Objektdefinitionen und die Parameter für Beleuchtung und Kamerastandort als Anweisungen für *POV-Ray* speichern. Das Programm liest die Anweisungen ein und erzeugt die fotorealistische Darstellung. *POV-Ray* erzeugt Rasterdateien im Format TGA, man erspart sich also die Konvertierung von Vektorzeichnungen zu Rasterbildern.

Das Programm *POV-Ray* enthält auch eine Animationskomponente in Form einer Taktvariable. In der Skriptsprache von *POV-Ray* kann diese Taktvariable zur parametrischen Veränderung der Objekte und ihrer Eigenschaften, der Veränderung der Kameraposition oder der Beleuchtung in Abhängigkeit von der Zeit benutzt werden. Alle Veränderungen müssen algorithmisch in der Skriptsprache von *POV-Ray* formuliert werden, was gegenüber interaktiven Lösungen relativ umständlich ist. Deshalb sind Zusatzprogramme verfügbar, mit denen interaktiv Objekte und Animationsparameter für *POV-Ray* definiert werden können. Die Programme übergeben die Parameter an *POV-Ray* zur Erzeugung der Bilder. Die bekanntesten Zusatzprogramme für diesen Zweck sind *Moray*, *DigiArt* und *Breeze Designer*. Auf der WWW-Seite von *POV-Ray* findet man Hinweise auf diese und weitere Zusatzprogramme und die verfügbaren Versionen von *POV-Ray*. Die WWW-Adressen der Hersteller oder Bezugsquellen sind in Tabelle 9-1 aufgeführt.

*Rayshade* ist ein anderes Freeware-Programm für die fotorealistische Visualisierung von Szenen mit Ausgabe in Rasterdateien, das auch in der Kartographie Verwendung gefunden hat (Kriz 1995). Weitere Programme zur Bilderzeugung (Freeware, Shareware, Lizenz-Software) kann man über Suchanfragen im World Wide Web ausfindig machen.

### 9.3.2 Umwandlung in Rasterbilder, Formatkonvertierung

Liegt die Zeichnung als Vektorgraphik vor, muß sie ein Rasterbild im geeigneten Dateiformat umgewandelt werden. Die Dimensionen des Rasterbildes sollten den Dimensionen der Animationssequenz entsprechen. Die einfachste Form der Rasterkonvertierung ist ein *Screenshot*. Die Vektorgraphik wird auf dem Bildschirm in ein Fenster mit den gewünschten Abmessungen gezeichnet, anschließend werden die Bildschirm-Pixel des Fensters in einer Datei abgespeichert.

Einfacher ist die Anwendung von Konvertierungsoptionen, die in Standard-Graphikprogrammen wie *CorelDraw* als Exportoption oder -filter bereitgestellt werden. Viele Programme sind als Freeware oder Shareware verfügbar. Zwei bekannte Beispiele für Shareware sind *Graphic Workshop* oder *Paint Shop Pro*. In manchen Fällen müssen auch die Rasterdateien, etwa aus dem Programm *POV-Ray*, mit den vorgenannten Möglichkeiten in ein Format konvertiert werden, das die Programme für die Erstellung der eigentlichen Animationssequenz akzeptieren.

Einige Computerzeitschriften legen ihren Ausgaben von Zeit zu Zeit kostenlose CD-ROMs bei, auf denen auch Freeware- oder Shareware-Programme für die Konvertierung von Rasterbildern oder zumindest die WWW-Adressen der Hersteller dieser Programme gespeichert sind, zum Beispiel die Zeitschrift *c't* ([www.heise.de/ct/](http://www.heise.de/ct/)). In den meisten Fällen kann man die Shareware-Programme für einen bestimmten Zeitraum kostenfrei benutzen und in dieser Zeit die Eignung für den beabsichtigten Zweck prüfen. Ein weiteres Werkzeug für die Darstellung, Bearbeitung und Konvertierung von Rasterdateien ist das Programmpaket *IMAGEMAGICK*, das für viele Rechner und Betriebssysteme verfügbar ist, für die meisten UNIX-Varianten wie auch für MS Windows 95/98/NT.

Das Graphikprogramm *CorelDraw* bzw. das Modul *Corel Photopaint* enthält in den neueren Versionen einige einfache Funktionen zur Erzeugung von kleineren Animationen durch Reihung von vielen Rasterbildern. *CorelDraw* ist zwar keine Freeware, aber an vielen Arbeitsplätzen als allgemein verwendbare Graphiksoftware vorhanden. Andere Graphikpakete enthalten ebenfalls Funktionen für Animationen ähnlich derer von *CorelDraw*, etwa *Freehand* von Macromedia, *Illustrator* von Adobe oder *Canvas* von Deneba. Wenn die Animationen relativ kurz, die Szenen nicht zu kompliziert sind und sich auf zwei Dimensionen beschränken, erspart man sich die Beschaffung eines speziellen Softwarepaketes und die Kosten für die Einarbeitung.

### 9.3.3 Erstellung der Animationssequenz

Der nächste Schritt ist die Umwandlung der Einzelbilder im Rasterformat in eine Animationssequenz, einschließlich der Komprimierung zur Verringerung des Datenumfanges. Die am häufigsten benutzten Dateiformate für Animationssequenzen sind *Animated GIF* und *MPEG* (siehe die Beiträge von Olbrich/Pralle zu den technischen Grundlagen und Schlimm über Animation im Internet/WWW).

Der klassische Weg für die Erstellung einer Sequenz aus Einzelbildern ist die Benutzung eines *MPEG-Encoders*. Beim *MPEG*-Verfahren werden benachbarte

Einzelbilder darauf hin geprüft, welche Teile des Bildes unverändert bleiben und welche sich verändern. Nur die veränderten Teile werden in der Datei gespeichert. Zusammen mit der Bildkomprimierung kann man dadurch den Datenumfang erheblich verringern. Neben kommerziellen Encodern stehen auch einige Freeware-Encoder zu Verfügung (Informationen bei [www.mpeg.org](http://www.mpeg.org)).

Das Shareware-Programm *MainActor* enthält Module für verschiedene Dateiformate, darunter einen MPEG-Encoder, der aus Rasterbildern MPEG-Dateien erzeugt. Das Programm interpoliert auch Zwischenbilder, wenn die Anzahl der Einzelbilder für eine Vorführung mit 25 Bildern/sec nicht ausreicht. Mit einem Modul für den Schnitt können mehrere Sequenzen mit Überblendungen zusammengestellt und auch akustische Informationen (Soundtrack) hinzugefügt werden. In *MainActor* ist auch die Nutzung von Hardware-Komponenten für die Komprimierung und Dekomprimierung nach dem MPEG-Standard vorgesehen. Mit dem zugehörigen Viewer (*MainView*) lassen sich die erzeugten Dateien überprüfen.

Einige Firmen haben weitere Dateiformate und Komprimierungstechniken für Animationssequenzen entwickelt (siehe den Beitrag von Schlimm zu Animationen für Internet/WWW). Die Konvertierung zwischen den häufigsten Formaten ist möglich, etwa mit dem Programm *MainActor*. Man muß allerdings beachten, daß manche Komprimierungsverfahren, etwa MPEG, nicht vollständig reversibel sind und deshalb Qualitätsverluste bei der Umwandlung in ein anderes Format auftreten können.

### 9.3.4 Betrachter (Viewer)

Die Animationssequenz in einer Datei kann nach der Fertigstellung mit einem geeigneten Programm, einem *Viewer*, auf jedem Rechner mit ausreichender Leistung betrachtet werden. Das Abspielen von MPEG-Dateien ist allerdings nicht immer problemlos. Jeder Standard hat ein gewisses Maß an Interpretationsspielraum. So erhält man beim Abspielen von MPEG-Dateien mit den Multimedia-Programmen von MS-Windows 95/98/NT gelegentlich irreführende Fehlermeldungen, falsche Farben oder chaotische Muster. Die Erfahrung zeigt, daß man manchmal für mehrere MPEG-Dateien aus verschiedenen Quellen mehrere Viewer-Programme benutzen muß. Das gilt auch für die MPEG-Dateien auf der beiliegenden CD-ROM.

Neben den Multimedia-Programmen von Microsoft, die mit den Betriebssystemen Windows 95/98/NT mitgeliefert werden, findet man weitere Viewer im Internet/WWW und in Software-Sammlungen. Ein häufig benutzter Shareware-Viewer ist NETTOOB, der sich auch als Zusatz (*plugin*) für die WWW-Browser MS *Internet Explorer* und Netscape *Navigator* konfigurieren läßt (auf der beiliegenden CD-ROM enthalten). Das Programm VMPEG ist ebenfalls in vielen Programmsammlungen zu finden. Allerdings vertragen sich VMPEG und NETTOOB nicht auf dem gleichen Rechner. Bei der Installation von NETTOOB wird eine vorhandene VMPEG-Installation gelöscht.

**Tab. 9-1** Allgemein verwendbare Software, Freeware und Shareware für Animationen

<b>Kategorie</b>	<b>Programm</b>	<b>WWW-Adresse</b>
Allgemeine Graphik, Rasterbilder, Konvertierung Rasterbilder,	Canvas CorelDraw, Photopaint Freehand Illustrator Graphic Workshop Pro	<a href="http://www.deneba.com">http://www.deneba.com</a> <a href="http://www.corel.com">http://www.corel.com</a> <a href="http://www.macromedia.com">http://www.macromedia.com</a> <a href="http://www.adobe.de">http://www.adobe.de</a> <a href="http://www.mindworkshop.com/alchemy/gwspro.html">http://www.mindworkshop.com/alchemy/gwspro.html</a>
Konvertierung	ImageMagick Paint Shop Pro	<a href="http://www.wizards.dupont.com">http://www.wizards.dupont.com</a> <a href="http://www.jasc.com">http://www.jasc.com</a>
Animationssequenzen, Schnitt, Multimedia	MainActor	<a href="http://www.mainconcept.com">http://www.mainconcept.com</a>
Szenen-Design, Rendering	Blender Breeze Designer	<a href="http://www.blender.nl">http://www.blender.nl</a> <a href="http://www.imagos.fl.net.au">http://www.imagos.fl.net.au</a>
Szenen-Design für POV-Ray, Animationsoptionen	Digi_Art 3D Moray	<a href="http://www.digi-art.de">http://www.digi-art.de</a> <a href="http://www.povray.org">http://www.povray.org</a>
Bildgenerierung (Rendering)	POV-Ray Rayshade	<a href="http://www.povray.org">http://www.povray.org</a> <a href="http://www.graphics.stanford.edu/~cek/rayshade/rayshade.html">http://www.graphics.stanford.edu/~cek/rayshade/rayshade.html</a>
MPEG-Encoder		<a href="http://www.mpeg.org.germany.mpeg1.de/mpega.html">http://www.mpeg.org.germany.mpeg1.de/mpega.html</a>
MPEG-Betrachter	XingMPEG Player NeTTOOB VMPEG Windows Media Player	<a href="http://www.xingtech.com">http://www.xingtech.com</a> <a href="http://www.bitcasting.com">http://www.bitcasting.com</a> <a href="http://www.mpeg.org">http://www.mpeg.org</a> <a href="http://www.microsoft.de">http://www.microsoft.de</a>
Betrachter für PostScript- und PDF-Dateien	Acrobat Reader GhostScript, GhostView	<a href="http://www.adobe.de">http://www.adobe.de</a> <a href="http://www.aladin.com">http://www.aladin.com</a>

Manchmal treten auch bei der Benutzung von NETTOOB oder VMPEG unerklärliche Fehler mit verwirrenden Fehlermeldungen auf. Zum Beispiel gelingt es nicht immer, Animationssequenzen direkt von einer CD-ROM abzuspielen. NETTOOB und andere Programme zeigen manchmal ein Verhalten beim Abspielen von MPEG-Dateien, für das es auf den ersten Blick keine Erklärung gibt. Über die Ursachen kann man nur Vermutungen anstellen. Um das Abspielen zu beschleunigen, nehmen die Programme möglicherweise technische Abkürzungen und kommen dabei mit Systemprogrammen oder den Bibliotheken und Treibern für die Graphikkarte in Konflikt. Zusätzliche Komplikationen können hochwertige und teure Graphikkarten verursachen, die mit Hardware-Decodern für MPEG ausgerüstet sind. Die Viewer und die Graphiktreiber müssen miteinander kompatibel sein, was vor dem Kauf nicht immer feststellbar ist. Die geringsten Probleme ergaben sich mit dem Viewer XingMPEG Player.

Weitere Ausführungen zu Dateiformaten und Viewern findet man im Beitrag von Schlimm zu den Animationen im Internet/WWW. Einige Hersteller von Animationssoftware und Autorensystemen wie *Director* gehen den Problemen mit den Viewern aus dem Weg, indem sie ihre Animationssequenzen in ein ausführbares Programm einpacken, den sogenannten *Projektor*. Beispiele für Animationssequenzen dieses Typs findet man auf der CD-ROM bei den Animationsdateien von Müller/Grebe in diesem Buch.

### 9.3.5 Konvertierung auf analoges Videoband

Für das Abspielen mit einem Videorecorder, etwa auf Ausstellungen oder für die Ausstrahlung im Fernsehen, ist es manchmal notwendig, die Animationssequenz auf ein analoges Videoband zu überspielen. In den Beiträgen von Olbrich/Pralle, Loibl/Mayer und Schröder wird ausführlich auf diesen Schritt eingegangen.

## 9.4 Integrierte Animationssoftware

Integrierte Animationssoftware enthält alle Komponenten, die für die Erzeugung von Computer-Animationen erforderlich sind. Sie bieten eine *Modellierkomponente* mit Funktionalitäten für die Modellierung der Animationsobjekte. Sie verfügen über eine *Animationskomponente* mit Funktionen für die Erstellung der eigentlichen Animation. Sie sind in der Regel nicht kostenlos oder preiswert erhältlich, mit Ausnahmen, wie etwa das Programm *Blender*.

Eine Marktsichtung der kommerziellen Animationssoftware ergab eine Vielzahl von verschiedenen Softwarepaketen. In der Tabelle 9-2 sind die gängigsten Produkte mit den WWW-Adressen der Hersteller aufgelistet (Stand Oktober 1999). Diese Softwarepakete lassen sich entsprechend ihrer Anwendung und Leistungsfähigkeit verschiedenen Kategorien zuordnen:

- 3D- und 2D-Highend-Animationssoftware
- 2D-Animationssoftware der mittleren und unteren Leistungskategorie,
- 3D-Animationssoftware der mittleren und unteren Leistungskategorie,
- Animationssoftware für das Internet,
- Animationssoftware für die Erstellung von virtuellen Landschaften und Geländeüberflügen.

### 9.4.1 3D- und 2D-Highend-Animationsoftware

3D- und 2D-Highend-Animationsoftware wird im Bereich der Spielfilmanimation eingesetzt, etwa in Filmen wie *Jurassic Park* oder *Titanic*. Sie wird höchsten professionellen Anforderungen gerecht und erfordert sehr leistungsfähige Hardware. Systeme dieser Kategorie sind für die Herstellung kartographischer Animationen in der Regel nicht wirtschaftlich und auch nicht notwendig. Es wird deshalb hier nicht

näher darauf eingegangen. Ein Beispiel für Software dieser Kategorie ist im Beitrag von Schröder über die Animation meteorologischer Daten beschrieben.

### 9.4.2 3D-Software der mittleren und unteren Leistungskategorie

3D-Animationssoftware der mittleren und unteren Leistungskategorie ist für semi-professionelle und einfachere 3D-Animationen geeignet. Dieser Kategorie sind die meisten kommerziellen Animationssoftwarepakete zuzuordnen. Sie ermöglichen die Modellierung der Graphikobjekte, der Kamera(s) und der Lichtquellen. Die Modellierung wird bei der 3D-Animationssoftware mit Hilfe von Polygonen, Bezierkurven, Splines, Körpern und Booleschen Operatoren durchgeführt. Darüber hinaus bieten die 3D-Animationspakete verschiedene Verfahren, um spezielle Effekte wie Explosionen oder Wasserfälle zu modellieren. Die Modellierung von Kamera und Lichtquelle erfolgt über Parameter, welche die Eigenschaften und Veränderungen festlegen. Die Anzahl der möglichen Kameras und Lichtquellen ist abhängig vom Leistungsumfang der einzelnen Animationsprogramme.

Generell läßt sich für die Modellierkomponente der Animationssoftware feststellen, daß sie hauptsächlich für den Einsatz in der Werbung, Unterhaltungsindustrie und dem Produktdesign ausgerichtet ist, bei dem relativ frei, also unabhängig von zugrundeliegenden gemessenen Daten, modelliert werden kann. In einer kartographischen Animation dagegen müssen konkrete räumliche Daten dargestellt werden. Aus diesem Grunde sind viele Funktionen der Modellierkomponente für den Einsatz in der Kartographie überflüssig, zum Beispiel die meisten Spezialeffekte. Andererseits fehlen Funktionen, die eine datenabhängige Modellierung erlauben. Für kartographische Animationen werden daher oft die kartographischen Darstellungen in externen Programmen erzeugt und für die Berechnung der Animation in das Animationsprogramm importiert. Für diesen Datenaustausch ist bei den Animationssoftware-Paketen auf geeignete Dateiformate für den Import zu achten.

Für die Animation werden in den Programmen vor allem die Keyframe-Animation, aber auch die algorithmische Animationstechnik der inversen Kinematik und hierarchischen Animation angeboten. Die Technik der inversen Kinematik und hierarchischen Animation sind auf Animationen ausgerichtet, in denen Teile eines definierten Systems in Abhängigkeit von festgelegten Größen zu animieren sind. Ein Beispiel ist die Figurenanimation, bei der die Gliedmaßen einer Figur in Abhängigkeit zu einander zu bewegen sind. Für die Kartographie sind diese Techniken von sehr untergeordneter Bedeutung. Dagegen ist die Keyframe-Animation für kartographische Animationen sehr gut einsetzbar, da bei dieser Technik die gesamte Animation aus definierten Schlüsselbildern (Keyframes) berechnet wird (siehe dazu auch Kapitel von Dransch zu Begriffen und Grundprinzipien der kartographischen Animation).

In der Kartographie ist Software dieser Kategorie einzusetzen, wenn dreidimensionale kartographische Animationen zu erstellen sind. Diese sind erforderlich, wenn räumliche Prozesse gezeigt werden sollen, die nicht nur in der Ebene, sondern auch

in der dritten Dimension wirksam sind, zum Beispiel die dreidimensionale Ausbreitung von Lärm oder Schadstoffen. Dreidimensionale Animationen sind außerdem gut geeignet, wenn sehr anschauliche und realitätsnahe Darstellungen für Nutzer ohne großes Vorwissen zu erzeugen sind, etwas für Demonstrations- oder Schulungszwecke (siehe den Beitrag von Buziek in diesem Buch). Animationprogramme dieser Kategorie sind auch anzuwenden, wenn *fly-throughs* oder *walk-throughs* erstellt werden sollen, wenn also dreidimensionale Modelle eines Raumausschnitts durch Veränderung des Betrachtungsstandpunktes durchwandert oder durchflogen werden. In der Kartographie eignet sich diese Anwendung für die Erstellung von virtuellen Geländeüberflügen, die Visualisierung von Raum- und Stadtplanungsszenarien oder für die Darstellung antiker Städte. Auch die Visualisierung und Animation immaterieller Oberflächen, als dreidimensionale Darstellung kontinuierlich verteilter statistischer Daten, zählt zu den Anwendungsgebieten (Rase 1998).

### 9.4.3 2D-Software der mittleren und unteren Leistungskategorie

2D-Animationssoftware der mittleren und unteren Leistungskategorie ist für semi-professionelle und einfachere 2D-Animationen geeignet. Sie stellen für die Modellierung der 2D-Graphikobjekte Bezierkurven, Splines und die gängigen Zeichenwerkzeuge zur Verfügung. Die Modellierwerkzeuge der kommerziellen Animationssoftware sind – wie bereits für die Software im 3D-Bereich angeführt – in erster Linie für den Einsatz in der Werbung und Unterhaltungsindustrie ausgerichtet und entsprechen nicht den Anforderungen der kartographischen Modellierung, bei der konkrete räumliche Daten umzusetzen sind. Aus diesem Grund sind häufig weitere Programme, wie zum Beispiel Kartographie-, Graphik- oder Modellierprogramme, zu verwenden, welche die für die Animation erforderlichen kartographischen Darstellungen erzeugen. Die extern generierten kartographischen Darstellungen sind über geeignete Schnittstellen in das Animationsprogramm zu importieren.

Bei 2D-Software wird hauptsächlich die Keyframe-Technik eingesetzt, die eine Animation über die Interpolation definierter Schlüsselszenen erzeugt. Diese Technik eignet sich sehr gut für die Animation räumlicher Veränderungen in der Zeit, da diese aus Daten verschiedener Zeitpunkte und deren Interpolation abzuleiten ist.

In der Kartographie ist Software dieser Kategorie anzuwenden, wenn zweidimensionale Animationen erstellt werden sollen. Die Software eignet sich für die Animation von Karten, Bildern und Graphiken, bei denen Graphikobjekte in der Ebene bewegt werden oder ihre Ausdehnung und Form verändern. Beispiele für diese Anwendungen sind Pendelströme oder der Transport von Gütern, die Ausbreitung bestimmter Phänomene, wie Krankheiten, Innovationen und Dialekte, oder die Veränderung von Anbauflächen bestimmter Nutzpflanzen. Auch für die Änderung der Größe, Farbe, Helligkeitswerte oder Füllmuster von Graphikobjekten lassen sich diese Programme einsetzen. Beispiele hierfür sind die Veränderung der Diagrammgröße bei Zu- und Abnahme der Bevölkerung, oder die Veränderung der politischen Zugehörigkeit von Regionen in Geschichtskarten durch Farbveränderung.

#### 9.4.4 Animationssoftware für das Internet

Animationssoftware für das Internet ist weniger von der Anwendung und Funktionalität als vielmehr von der Technik her eine eigene Softwarekategorie. Software dieser Art nutzt Entwicklungen für das Internet wie Java, ActiveX oder bestimmte Programmzusätze (*plugins*), um internetfähige Animationen erstellen zu können. Für detaillierte Informationen wird auf das Kapitel von Schlimm zu Animationen für das Internet/World Wide Web verwiesen.

#### 9.4.5 Virtuelle Landschaften und Geländeüberflüge

Animationssoftware für die Erstellung von virtuellen Landschaften und Geländeüberflügen ist für die dreidimensionale Darstellung geographischer Geländedaten und die Generierung von virtuellen Flügen ausgerichtet, den *Fly-throughs* durch diese Landschaften. Software dieser Kategorie verarbeitet digitale Geländemodelle, die aus anderen Programmen übernommen werden. Die Programme verfügen daher über keine eigene Modellierkomponente. Die digitalen Geländemodelle können mit Oberflächen-Texturen belegt werden, zum Beispiel mit Satellitenbildern, Luftbildern oder topographischen Karten, um dem Geländemodell ein realistisches Aussehen zu geben. Auch ist es möglich, dem Landschaftsmodell Licht- und Nebel effekte hinzuzufügen, um atmosphärische Eindrücke zu erzeugen (siehe die Beiträge von Buziek, Döllner und Schröder in diesem Buch). Die Flugbewegung wird über die Animation der Kamera erzeugt, die entlang eines festzulegenden Pfades bewegt wird. Dieser Pfad kann in Abhängigkeit von der jeweiligen Software in unterschiedlicher Weise definiert werden, entweder über die Eingabe von Koordinaten, mit Hilfe eines Zeigers (Maus) oder durch den Import eines vordefinierten Flugpfades. Die Animationssoftware dieser Kategorie ist am besten für kartographische Anwendungen ausgerichtet, da sie georeferenzierte Daten verarbeitet. Allerdings ist ihr Einsatz ausschließlich auf die Visualisierung von Landschaften und virtuelle Überflüge beschränkt.

#### 9.4.6 Übersicht

In der Tabelle 9-2 (S.140) sind einige der gängigen Animationssoftware-Pakete nach den oben aufgeführten Kategorien aufgelistet. Das Leistungsspektrum der Programme der einzelnen Kategorien orientiert sich am Preis der Software, an den Programmoptionen für die Modellierung, an den Animationsverfahren und an den Möglichkeiten des Kamera- und Lichteinsatzes. Die Tabelle enthält keine technischen Spezifikationen, da diese Angaben spätestens bei der nächsten Version des Programms überholt sind. Die aktuellen Daten der einzelnen Software-Pakete können über die angegebenen Internet-Adressen von den Softwareherstellern abgerufen werden.

### 9.5 Literatur

Dickmann, F, Zehner, K (1999), Computerkartographie und GIS. Westermann, Braunschweig

- Gola J, Rehfeld G (1997) Vektoranimation im Web. In: Screen Multimedia 12/1997, 52-56.
- Kriz, K (1995) DGM Animation. Eine kartographische Annäherung von 2D bis 4D. In: Dollinger, F, Strobl, J (Hrsg.), Angewandte Geographische Informationsverarbeitung VII, Salzburger Geographische Materialien, Heft 22, 118-124
- Loviscach J (1998) Visionen in 3D. Software für Animation und Rendering. In: c't 2/1998, 120-132.
- Olbrich, G, Quick, M, Schweikart, J (1996) Computerkartographie. Eine Einführung in das Desktop Mapping am PC. 2., überarb. u. erw. Aufl. Springer, Heidelberg
- Rase, WD (1998) Modellierung und Darstellung immaterieller Oberflächen. Forschungen aus dem BBR, Band 89, Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, Bonn
- Ripota P (1999) Videobasteln in 3-D. In: PM 8/1999, 88-91

**Tab. 9-2** Integrierte Programme für die Erzeugung von Animationen

<b>Kategorie</b>	<b>Software</b>	<b>WWW-Adresse</b>
3D Highend	Maya	<a href="http://www.aw.sgi.com">http://www.aw.sgi.com</a>
	Animo	<a href="http://www.animo.com">http://www.animo.com</a>
	Softimage 3D	<a href="http://www.softimage.com">http://www.softimage.com</a>
2D Highend 3D	Softimage Toonz	<a href="http://www.softimage.com">http://www.softimage.com</a>
	3D Studio MAX	<a href="http://www.autodesk.de">http://www.autodesk.de</a>
	Cinema 4D	<a href="http://www.maxon.de">http://www.maxon.de</a>
	RayDream Studio	<a href="http://www.metacreations.com">http://www.metacreations.com</a>
	RealiMation	<a href="http://www.realimation.com">http://www.realimation.com</a>
	Infini D4	<a href="http://www.metacreations.com">http://www.metacreations.com</a>
	Light Wave 3D	<a href="http://www.newtek.com">http://www.newtek.com</a>
	Imagine	<a href="http://www.coolfun.com">http://www.coolfun.com</a>
	Real 3D Soft	<a href="http://www.realsoft.fi">http://www.realsoft.fi</a>
	Extreme 3D	<a href="http://www.macromedia.com">http://www.macromedia.com</a>
	Truespace	<a href="http://www.caligari.com">http://www.caligari.com</a>
	monzoom (Reflections)	<a href="http://www.oberland.com">http://www.oberland.com</a>
	Soft F/X Pro	<a href="http://bytebybyte.com">http://bytebybyte.com</a>
	Ray Dream 3D	<a href="http://www.metacreations.com">http://www.metacreations.com</a>
	2D	Animation Master
Director		<a href="http://www.macromedia.com">http://www.macromedia.com</a>
After Effects		<a href="http://www.adobe.com">http://www.adobe.com</a>
Internet	Flash	<a href="http://www.macromedia.com">http://www.macromedia.com</a>
	Jamba	<a href="http://www.jamba.com">http://www.jamba.com</a>
Virtuelle Landschaften	Headline Studio	<a href="http://www.metacreations.com">http://www.metacreations.com</a>
	LandFormGold,	<a href="http://www.landform.com">http://www.landform.com</a>
	LandForm CR	
	TruFlite	<a href="http://www.truflite.com">http://www.truflite.com</a>
	Bryce 3D	<a href="http://www.metacreations.com">http://www.metacreations.com</a>

## Animationen im interaktiven Atlas der Schweiz

RENÉ SIEBER, CLEMENS OBERHOLZER, ANDREA TERRIBILINI

### 10.1 Motivation, Verwendung und Zielgruppe

Neue Medien wie Computer, Video, Multimedia und Internet haben einen Innovationsschub in der Kartographie ausgelöst. Auch im Bereich der Atlanten finden digitale Bearbeitungstechniken, GIS-Funktionalität und spezielle Visualisierungen vermehrt Anwendung. Ein riesiges Angebot an neu verfügbaren Sachdaten (Inventare, Zählungen usw.) wird laufend von verschiedenen Stellen erhoben und angeboten. Stark veränderte Ansprüche und Sehgewohnheiten der Benutzer stellen Atlanten in Konkurrenz zu den neuen Medien. Die Benutzer ihrerseits lassen sich leicht ablenken und sind an kurze Aufmerksamkeitszeiten gewöhnt. Zugleich werden sie aber oft überfordert durch die fehlende objektive Gewichtung der Informationen. Dies alles führt dazu, dass Informationen im richtigen Kontext erklärt werden müssen, um sie für einen breiten Benutzerkreis optimal zugänglich zu machen. Dazu eignen sich idealerweise übersichtliche visuelle Darstellungsmöglichkeiten in Form attraktiver und informativer Karten, erweitert durch dreidimensionale Darstellungen, und insbesondere auch temporale und non-temporale Animationen. Der Einsatz von Animationen bedeutet dabei nicht nur eine Attraktivitätssteigerung für kartographische Produkte, sondern auch die Möglichkeit, visuell exploratorische Analysen zu betreiben.

Der Atlas der Schweiz basiert in seiner Neuedition auf einem dualen Konzept, nach dem thematische Informationen durch mehrere Medien – also multi-medial – vermittelt werden sollen (Sieber und Bär 1996). Er ist formal in einen Print-Teil und in einen digitalen Multimedia-Teil gegliedert, die sich beide funktional zu einem Gesamtwerk ergänzen. So können die Themen optimal auf die verwendeten Medien umgesetzt und einem breiten Publikum präsentiert werden. Als thematischer Nationalatlas müssen dabei unterschiedliche Interessen, Bedürfnisse und Anspruchsniveaus abgedeckt werden, denn das Zielpublikum reicht vom Laien über Schüler bis zum Wissenschaftler.

Der Multimedia-Teil setzt zur Erfüllung dieser differenzierten Ansprüche vor allem auf Interaktivität. Die Medien Karten, Skizzen, Graphiken, Bilder, Videose-

quenzen, Animationen, Ton usw. werden multimedial-interaktiv eingesetzt. Damit kann der Lebensraum Schweiz aktiv erforscht und erfahren werden.

Bei der graphischen Gesamtgestaltung wird in Zusammenarbeit mit einem Multimedia-Graphiker Wert auf ein ästhetisches und durchdachtes Layout gelegt; sie dient letztlich ebenfalls der optimalen Präsentation und Wissensvermittlung. Der konsequent digitale Aufbau des Atlas und am Institut für Kartographie eigens entwickelte Programm-Module gestatten es ohne Zwischenschritte, direkt aus einer integrierten Datenbank, kartographische Darstellungen zu erzeugen und zu visualisieren. Dadurch erweitern sich die zukünftigen Möglichkeiten der Interaktivität und Funktionalität des Atlas der Schweiz deutlich. Diese direkte Herleitung der kartographischen Darstellungen aus Daten ermöglicht neben einer Vielzahl zweidimensionaler, interaktiv veränderbarer Karten auch dreidimensionale Darstellungen und Animationen im zwei- und dreidimensionalen Raum. Animationen werden dort eingesetzt, wo räumliche und zeitliche Vergleiche, das Aufzeigen von Veränderungen und Prozessen oder die Verknüpfung der Themen zur explorativen Analyse erforderlich sind.

Damit ergeben sich im interaktiv-analytischen Informationssystem *Atlas der Schweiz* grundsätzlich zwei Anwendungsbereiche von Animationen. Einerseits werden Animationen zur Visualisierung eingesetzt, um sich zu informieren und sich „ein Bild zu machen“. Andererseits werden Animationen zur Analyse verwendet, um aus vorhandenen Daten zu weiterführenden Erkenntnissen und Lösungen zu gelangen. Im folgenden werden Ansätze von zwei- und dreidimensionalen, temporalen und non-temporalen Animationen nach diesen beiden Gesichtspunkten vorgestellt und diskutiert.

## 10.2 Konzeption und Gestaltung

Durch die Vielfalt der Themen und kartographischen Präsentationsarten im Atlas der Schweiz richtet sich auch der Einsatz von Animationen in erster Linie nach dem Grundsatz einer adäquaten Umsetzung. Dies bedeutet, daß die Animationstechniken aufgaben- und benutzergerecht, also situativ, eingesetzt werden sollen und nicht eine bestimmte Technik bevorzugt behandelt wird.

Konzeptionell ist vorgesehen, daß zur Visualisierung mehrheitlich sequentiell-passive Animationen eingesetzt werden. Bei sequentiell-passiven Animationsformen läßt sich nur geringfügig Einfluß auf den Ablauf der Animation nehmen. Meist kann dabei die Abspielgeschwindigkeit reguliert werden, teils ist auch ein Vorwärts- und Rückwärtsspulen der Animation möglich. Auf den Inhalt der Animation – und das ist das Entscheidende – hat der Benutzer keinen Einfluß.

Analytische Aufgaben sollten demgegenüber vornehmlich mit interaktiven Animationen wahrgenommen werden. So fordern verschiedene Autoren, daß auch Animationen nach Vorgaben der Benutzer abspielbar sein müssen (Peterson 1996, Dransch 1997). Kraak geht sogar soweit, daß er als ideale explorative Umgebung für Animationen einen Zugang zu den Originaldaten vorsieht: „Animation should be created by

a query of the database resulting in a set of images that can be easily converted into animation.” (Kraak 1998). Für den Einsatz in einem Atlas, den auch Nicht-Experten bedienen und dessen Inhalte mehrheitlich allgemeinverständlich sein sollen, ist diese Anforderung ungeeignet. Im Atlas der Schweiz wird die Entwicklung so ausgerichtet sein, daß Interaktionen mit vorbereiteten Karten während der Animation ermöglicht werden: „...it is important to have tools available which allow for interaction while viewing the animation.” (Kraak et al 1997). Dabei sollen die Interaktionen nicht auf sogenannte „Recording-Funktionen“ beschränkt bleiben, sondern grundsätzlich auch graphische, inhaltliche und räumliche Veränderungen zulassen. Um dies zu ermöglichen, wird der Ansatz des *intelligent map concept* (IMC) verwendet, der im Visualisierungsprozeß die Erzeugung von Karten direkt aus Originaldaten enthält (Sieber und Bär 1997).

Eine Erweiterung dieses IMC-Ansatzes für perspektivische Darstellungen ist ebenfalls in Entwicklung (Terribilini 1998). Animationen im 3D-Raum erlauben es zunächst, sich auf einem vorgegebenen Pfad über ein visualisiertes Geländemodell zu bewegen (*tracking*). Die interaktive 3D-Animation geht nun einen Schritt weiter, indem die Benutzer selbständig Höhe, Richtung und Geschwindigkeit der Fortbewegung steuern können (siehe den Beitrag von Döllner in diesem Buch). Zusammen mit der Veränderung von Geländeparametern wie etwa Hangneigung oder Exposition wird somit ein exploratives Umfeld geschaffen, um räumlich-zeitliche Daten interaktiv zu analysieren.

Die Ausgangsdaten für die Animationen stammen – wie auch die übrigen im Atlas der Schweiz verwendeten Daten – meist von administrativen Stellen auf Bundes- und Kantonebene oder von offiziellen Institutionen in der Schweiz. Durch die Verwendung von sequentiell-passiven Animationen und interaktiven Animationen ergibt sich eine Vielzahl von geeigneten Daten aus der amtlichen Statistik, aber auch von tabellarischen oder graphischen Informationen zu so unterschiedlichen Themen wie Naturgefahren, Meteorologie, Wald, Landwirtschaft, Energie, Verkehr usw. Neben diesen thematischen und statistischen Daten kommen topographische Daten aus dem Digitalen Höhenmodell der Schweiz (DHM25) des Bundesamtes für Landestopographie zum Einsatz.

Für die Modellierung und animierte Wiedergabe lassen sich diese Erhebungen grundsätzlich durch Unterschiede bezüglich Geschwindigkeit, Dauer, Periodizität (stetig, unstetig, wiederkehrend), Wechselrate, Abfolge (chronologisch, attributbezogen), Gebiet (Perimeter, Form) und Informationsart (punkt-, linien- oder flächenhaft) charakterisieren. (Kraak 1998, DiBiase et al 1992). Es liegt also keine einheitliche Datenstruktur vor, weshalb auch differenzierte Modellierungs-, Visualisierungs- und Animationstechniken verwendet werden.

Exemplarisch sind nachfolgend drei Anwendungsbereiche von Animationen aus dem Entwicklungsumfeld des Atlas der Schweiz aufgeführt:

- Im Rahmen einer Diplomarbeit über die Visualisierung von Naturgefahren wurden Studien zu Hangrutschungen durchgeführt, die sich im Bereich der sequentiell-passiven Animationen abspielen (Oberholzer und Python 1996).

- Als Beispiel für interaktive 2D-Animationen dient das Thema *Bevölkerungsentwicklung der Schweiz 1850-1990*, das im Statistikteil des Atlas der Schweiz implementiert wurde (Bär und Sieber 1997).
- Interaktive 3D-Animationen – insbesondere die Modellierung und Visualisierung der Topographie – werden in einer Dissertation behandelt und als dritter Anwendungsbereich anhand einer Flugsimulation demonstriert (Terribilini 1998). Der Nutzen von Flugsimulationen liegt vor allem in der Erfassung des Geländes in Echtzeit und in der Möglichkeit, für jede Aufgabe einen optimalen Standort im Gelände einzunehmen. Zudem erleichtern interaktive 3D-Darstellungen grundsätzlich den Zugang zu topographisch verknüpften Themen.

### 10.2.1 Sequentiell-passive Animationen: Hangrutschung

Von zwei Gebieten mit aktiven Hangrutschungen wurden Animationen zur Visualisierung erstellt, vom Heinzenberg im Kanton Graubünden und von Falli-Höllli im Kanton Freiburg. Die zwei Gebiete unterscheiden sich stark bezüglich Intensität und Ausdehnung der Rutschung. Während die aktive Zone am Heinzenberg rund 100 Quadratkilometer mißt und sich von 1927 bis 1995 zwischen wenigen Zentimetern und fünf Metern bewegt hat, umfaßt sie in Falli-Höllli lediglich 1,5 Quadratkilometer. Die großen Verschiebungen fanden hier zwischen Ende April 1994 und Ende Oktober desselben Jahres statt und betragen bis zu 80 cm pro Tag. Entsprechend unterschiedlich sind die geodätischen Grundlagendaten. Während am Heinzenberg von den 40 Fixpunkten nur aus den Jahren 1927, 1976, 1985 und 1995 Koordinaten vorliegen, wurde die Rutschung in Falli-Höllli täglich überwacht. Neben diesen geodätisch erhobenen Daten gelangten auch Luftbilder, terrestrische Fotografien, Videosequenzen und umfassendes Kartenmaterial zur Visualisierung der zwei Hangrutschungen zum Einsatz.

Um aus den geodätischen Daten die Animationen der Hangrutschungen zu erstellen, waren mehrere vorbereitende Arbeitsschritte nötig. Diese bestanden aus je einer Komponente für die räumlich-zeitliche Modellierung und für die graphische Bearbeitung.

#### Modellierung und Bearbeitung von Punktdaten

Die Daten der Meßpunkte am Heinzenberg mußten bereinigt und in ein Format gebracht werden, das sich in die kommerzielle Interpolationssoftware *Surfer* importieren läßt. Ausgehend von den vier Koordinatensätzen von 1927, 1976, 1985 und 1995 war für jeden Meßpunkt pro Jahr die neue Position durch lineare Interpolation zu berechnen. Anschließend konnten im Programm *Surfer* Flächen gleich starker Rutschung interpoliert werden. Jedes einzelne der so berechneten 68 Bilder mußte mit dem Graphikprogramm *Freehand* nachbearbeitet werden, da die graphischen Möglichkeiten von *Surfer* stark limitiert sind. Ebenfalls mit *Freehand* entstanden die Richtungspfeile, die in der Animation die Positionen der geodätischen Punkte wiedergeben. In der Bildbearbeitungssoftware *Photoshop* wurden anschliessend die Linien geglättet (*anti-aliasing*) und die Bilder im hybriden Vektor/Rasterformat

PICT2 abgelegt. Somit standen die Bilder für einen Einsatz in der Autorensoftware *Director* bereit.

Die Animation der Punktverschiebungen in Falli-Höllli wurde auf der Landeskarte 1:25 000 als Basis erstellt. Für jede Meß-Session wurde eine Tabelle mit den gemessenen Koordinaten erstellt; lediglich bei großen Verschiebungen wurden zwischen zwei Messungen zusätzliche Koordinaten linear interpoliert, um Sprünge in der Animation zu vermeiden. Das (geo-)referenzierte Plazieren der Punkte wurde mit *Surfer* durchgeführt. Anschließend wurde jede der 23 Sequenzen in *Freehand* graphisch bearbeitet.

### **Bearbeitung von Objekten**

Die Animation der Rutschung von Gebäuden in Falli-Höllli basiert auf je einem Luftbild des Gebietes vor und nach dem Ereignis. Beim visuellen Vergleich der beiden Luftbilder ist die Verschiebung der mitten im Rutschgebiet liegenden Ferienhaussiedlung deutlich erkennbar. Um diese Verschiebung in einer Animation darzustellen, wurde die Situation, das heißt die Gebäude und das Straßennetz, vom ersten Luftbild in *Freehand* digitalisiert und dem zweiten Luftbild überlagert. Auch hier wurden die Dateien zum Glätten der Linien in *Photoshop* importiert und für die Übernahme in *Director* bereitgestellt.

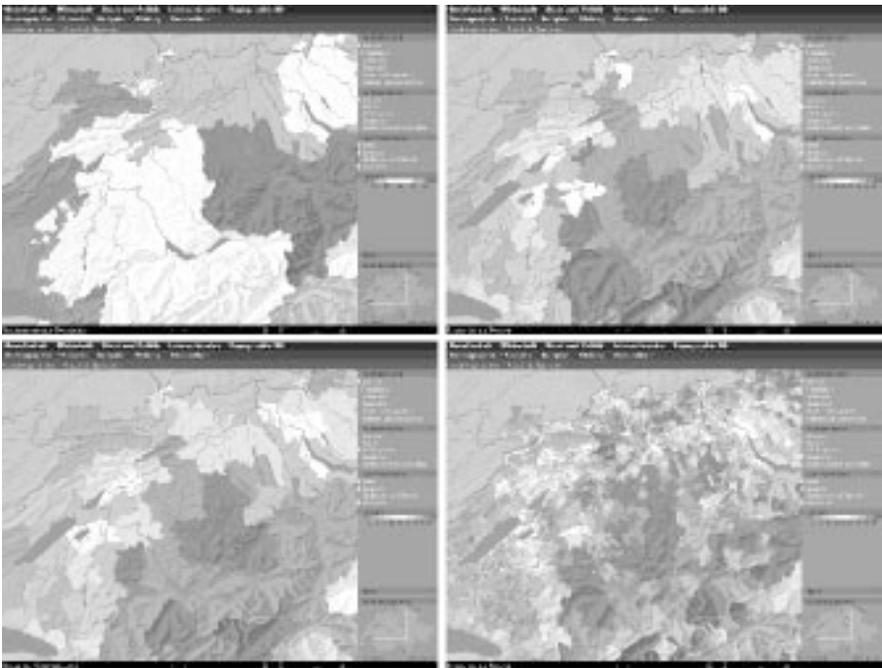
## **10.2.2 Interaktive 2D-Animationen: Bevölkerungsstand und Bevölkerungsveränderung**

Seit 1850 wird in der Schweiz alle zehn Jahre eine Volkszählung durchgeführt, die viele demographische Angaben enthält. Die Daten werden vom Bundesamt für Statistik (BFS) erhoben, verwaltet, ausgewertet und vertrieben. Die Zählung ermöglicht ein nahezu lückenloses Monitoring auf allen administrativen Ebenen, vom Kanton über den Bezirk bis zur Gemeinde. Mit den Daten lassen sich sowohl Längs- als auch Querschnittsvergleiche von demographischen Variablen visualisieren.

Als administrative Basiseinheit für die Volkszählungsdaten dient die Ortsgemeinde, während für viele andere Erhebungen (zum Beispiel Betriebszählung) die Muzipalgemeinde, ein gemeindeübergreifender Zweckverband, maßgebend ist. Die Daten liegen jeweils pro kommunale Einheit als ganzzahlige Originalwerte in Tabellenform vor und können über eine Identifikationsnummer mit einer Grenzgeometrie-Datei der entsprechenden administrativen Ebene verknüpft werden. Die Verwendung von Originaldaten ermöglicht es einerseits, Berechnungen, zum Beispiel Prozentwerte, nach Bedarf durchzuführen, gestattet andererseits aber auch direkt interaktive Abfragen in der Karte. Die Datenaufbereitung und -lieferung wurde für den Atlas der Schweiz in Zusammenarbeit mit dem BFS standardisiert, um den reibungslosen Einsatz zu gewährleisten.

Die Daten werden nach dem Grundsatz aufbereitet, sie auf allen administrativen Ebenen möglichst schnell visualisieren zu können. Da die Karten unmittelbar aus den Geometrie- und Statistikdaten neu aufgebaut werden, wird vorgängig eine Aggregation und Harmonisierung für jede Raumeinheit und jedes Thema vorgenommen.

Für das Thema Bevölkerungstand und -entwicklung mußten die von 1850 bis 1980 erhobenen Bevölkerungszahlen auf den neusten Stand von 1990 angepaßt werden. Probleme ergaben sich vor allem auf der kommunalen Ebene, wo im Verlauf der Jahrzehnte zahlreiche Fusionen und Aufteilungen stattgefunden hatten, deren Neubildungen zudem oft auch neue offizielle BFS-Codenummern erhielten. Die Harmonisierung und Aggregation für Gemeinden, Bezirke, sog. MS-Regionen (Regionen nach sozio-ökonomischen Kriterien) und Kantone wurde unter der Leitung des BFS durchgeführt. Schließlich standen für die Animation vereinheitlichte Datensätze für vier Raumeinheiten und 14 Zeitstände zur Verfügung.



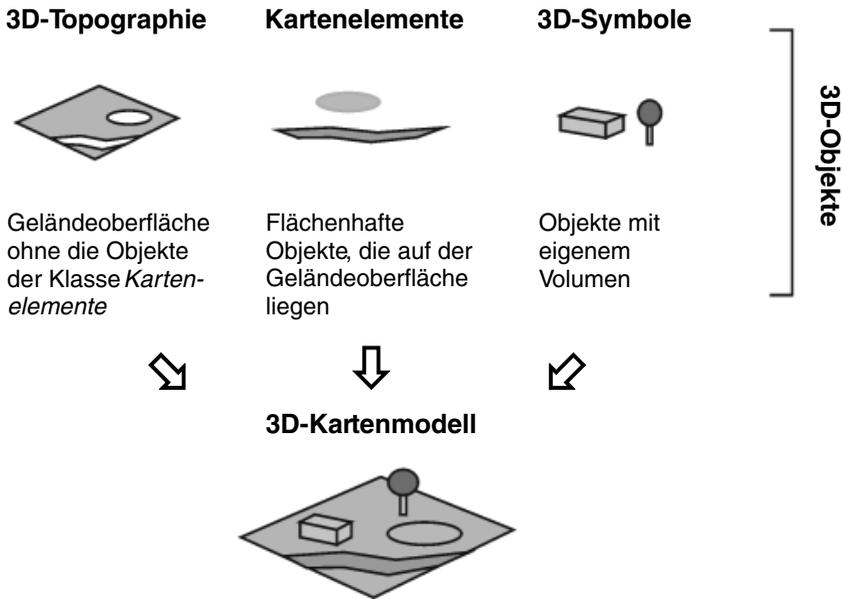
**Abb. 10-1** Einzelbilder einer Animation für die vier Raumeinheiten Kanton (oben links), Bezirk (oben rechts), MS-Region (unten links) und Gemeinde (unten rechts)

Eine weitergehende zeitliche Modellierung wurde nicht vorgenommen, hingegen erfolgt im Rahmen des animierten Visualisierungsprozesses eine graphische Modellierung. Dabei werden Relativwerte direkt in Choroplethenkarten, also flächenhafte Darstellungen mit Farbsymbolisierung, umgesetzt. Absolutwerte werden durch Kreisdiagramme repräsentiert, deren Skalierung adaptiv an den Maßstab angepaßt erfolgt und somit eine Entflechtung der Diagramme beim Einzoomen gewährleistet.

### 10.2.3 Interaktive 3D-Animationen: Flugsimulationen

Flugsimulationen durch 3D-Kartenmodelle gehören zu den algorithmischen Animationen, bei denen die Animation in Echtzeit über rechenintensive Programme erzeugt wird. Solche Animationen erfordern wegen des großen Rechenaufwandes eine Vorverarbeitung der Daten. Die logische Modellierung und die Generalisierung der Daten spielen in dieser Vorverarbeitungsphase eine wichtige Rolle.

Für die logische Modellierung des 3D-Kartenmodells wird ein objektorientierter Ansatz gewählt, indem das 3D-Kartenmodell aus 3D-Objekten zusammengesetzt wird (Abb. 10-2). Es werden drei Klassen von Objekten verwendet: Topographie mit drei Dimensionen, Kartenelemente und 3D-Symbole. Für die Flugsimulation spielt aber nur die Klasse *3D-Topographie* eine wichtige Rolle.

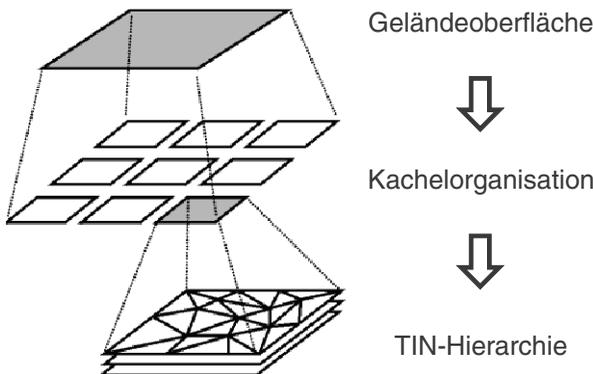


**Abb. 10-2** Aufbau des 3D-Kartenmodells

Als Ausgangsdaten für die logische Modellierung und Generalisierung der 3D-Topographie wurde das digitale Geländemodell der Schweiz *DHM25* verwendet. In diesem Modell liegen die Höhenpunkte in einem regelmäßigen quadratischen Gitter (regular square grid, RSG) mit 25 m Maschenweite vor. Das *DHM25* in seiner ursprünglichen RSG-Struktur hat sich als ungeeignet für interaktive 3D-Animationen erwiesen, aufgrund der großen Datenmenge und der unstrukturierten Datenorganisation. In der Vorverarbeitungsphase wurde es daher unter Berücksichtigung folgender zwei Prinzipien in eine rein vektorielle 3D-Struktur transformiert:

- Es muß nur visualisiert werden, was vom menschlichen Wahrnehmungssystem auch tatsächlich wahrgenommen werden kann. Die Generalisierung der Geländeoberfläche erfolgt dabei durch die Angabe eines maximal zulässigen Höhenfehlers (zum Beispiel 5 m, 10 m, 30 m).
- Wegen der kontinuierlichen Maßstabsänderung in perspektivischen Abbildungen müssen verschiedene tiefenabhängige Detaillierungsstufen (*levels of detail*, LOD) eingesetzt werden. Die Kombination von adäquat eingesetzten generalisierten Modellen ermöglicht eine korrekte und reibungslose Wahrnehmung der Information.

Die Abb. 10-3 zeigt schematisch die neue Organisation des DHM25. Die Höhendaten werden in unabhängige Kacheln unterteilt. Jede Kachel wird automatisch in verschiedenen Stufen generalisiert und als Delaunay-TIN-Hierarchie (triangulated irregular network), das heißt in einer hierarchisch strukturierten Dreiecksvermaschung, gespeichert. Dazu wird sichergestellt, daß zwischen benachbarten Kacheln ein kontinuierlicher Übergang auch bei unterschiedlichen Detaillierungsstufen erhalten bleibt.



**Abb. 10-3** Transformation der regelmäßigen Gitterstruktur in eine vektorielle Struktur

Diese neue Organisation hat im Vergleich mit der RSG-Struktur mehrere Vorteile. Die Kachelstruktur verbessert die Zugriffszeit auf die Daten und beschleunigt den Visualisierungsprozeß durch ein einfacheres Clipping. Dank der TIN-Hierarchie wird eine kachelweise tiefenabhängige Anpassung des Generalisierungsgrades ohne Kontinuitätsprobleme am Kachelrand ermöglicht. Die Delaunay-Triangulation reduziert das Aliasing-Problem während der Visualisierung, da möglichst gleichseitige Dreiecke gebildet werden.

## 10.3 Technische Realisierung

Die Visualisierung im Atlas der Schweiz erfolgt konsequent über ein dreistufiges Vorgehen: Mit der Autorensoftware *Director* und deren multimedialen Möglichkeiten werden die Basisfunktionen abgedeckt, auf der zweiten Stufe wird ergänzend die Director-Scriptsprache *Lingo* eingesetzt, und auf der dritten Stufe werden spezielle externe Programm-Module – sogenannte Xtras – verwendet (zu Director und Lingo siehe den Beitrag von Müller und Grebe). Mit diesen Xtras, die am Institut entwickelt wurden, werden die meisten kartographischen Darstellungs- und Analysefunktionen ausgeführt.

Für die Animationstechniken werden Verfahren auf der zweiten und dritten Stufe benötigt; sie werden also mittels Scripts oder über Xtras gesteuert. Die Flugsimulation wurde in einer externen Umgebung entwickelt, soll aber mittelfristig ebenfalls in die Atlasumgebung integriert werden.

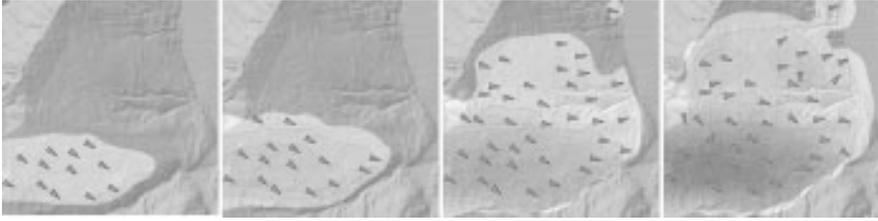
Die Animationen, die im Zusammenhang mit dem interaktiven *Atlas der Schweiz* erstellt wurden, basieren auf verschiedenen Techniken. Sowohl bei den sequentiell-passiven Animationen als auch bei den interaktiven 2D-Animationen gelangten vorwiegend Bild-für-Bild- und Schlüsselbild-Techniken zum Einsatz. Der wesentliche Unterschied zwischen den beiden Animationstypen liegt in der Erzeugung der Einzelbilder. Für die interaktive 3D-Animation wird eine algorithmische Technik mit Echtzeitberechnung der Situation verwendet.

### 10.3.1 Sequentiell-passive Animationen: Hangrutschung

#### Bild-für-Bild-Technik

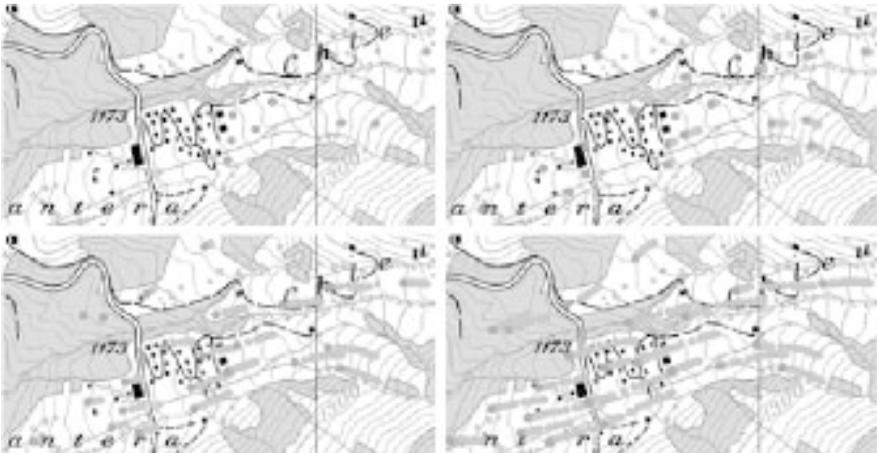
Zur Visualisierung der zwei Hangrutschungen am Heinzenberg und in Falli-Höllli wurde teilweise die Bild-für-Bild-Technik eingesetzt. Dem Benutzer stehen mit dieser Animationstechnik nur sehr beschränkte Interaktionsmöglichkeiten zur Verfügung. Diese bestehen allenfalls darin, die Geschwindigkeit zu regeln oder den Ablauf der Animation zu unterbrechen oder zu stoppen. Die Bilder des Filmes müssen einzeln erstellt und abgelegt werden, was zeitintensiv ist und viel Speicherplatz beansprucht.

Bei der Animation, welche die Verschiebungen der Meßpunkte am Heinzenberg zeigt, sind die mit *Surfer* erstellten und mit *Freehand* bearbeiteten Bilder mit Flächen gleich starker Rutschung mit dem Programm *Director* dem aus dem DHM25 berechneten Relief überlagert. An den Stellen der Fixpunkte sind Pfeile plaziert, die die Richtung der Rutschung andeuten und sich teilweise bewegen. Damit besteht die Animation aus 68 einzelnen Bildern, von denen jedes in drei Ebenen aufgeteilt ist. Auf der untersten Ebene liegt das Relief, darüber die Isoflächen gleich starker Rutschung, und zuoberst die Richtungspfeile. Dank einer Preload-Funktion sind die Übergänge zwischen den einzelnen Bildern der Animation einigermaßen fließend, die Schritte jedoch trotzdem noch gut erkennbar.



**Abb. 10-4** Bild-für-Bild-Animation, die die Verschiebungsrichtung und die Rutschungsbeträge am Heizenberg zeigt (von links nach rechts: Verschiebungen 1927-32, 1927-38, 1927-58 und 1927-95).

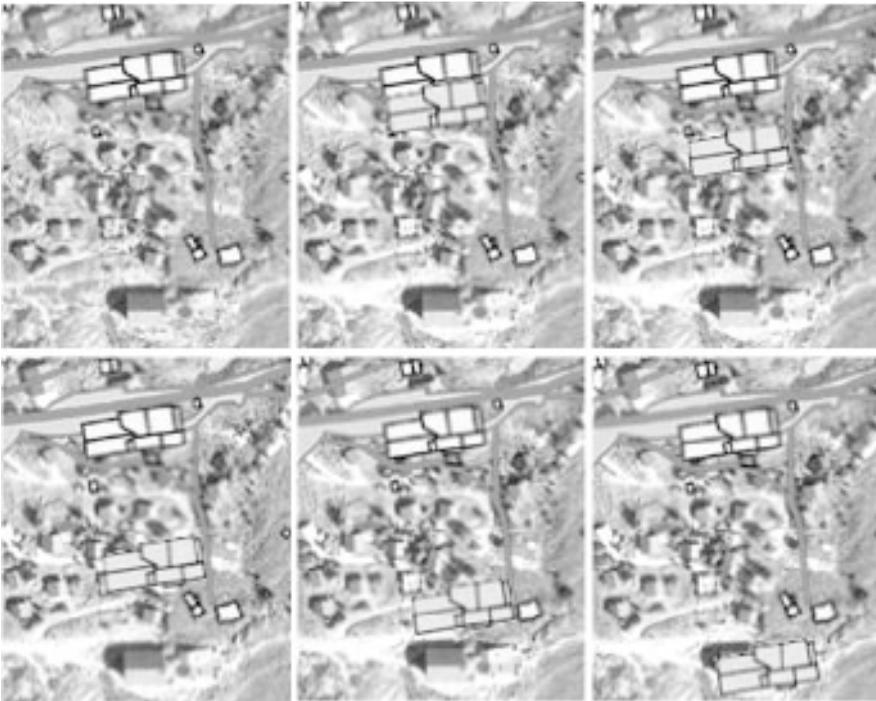
Für die Animation, welche die Verschiebungen der Meßpunkte in Falli-Höllli zeigt, wurden die 23 Bilder mit den eingefärbten Meßpunkten aus *Freehand* in *Director* importiert, ebenso der Ausschnitt der Landeskarte 1:25 000 aus *Photoshop*. Als Ausgangsbild werden die Koordinaten ausgewählter Meßpunkte der ersten Kampagne in Punktform dargestellt und mit dem Vollton Magenta eingefärbt. Das zweite Bild enthält nun die Messung der ersten Session in einem helleren Farbton und die Punkte der zweiten Messung in Vollton. Durch die Verschiebung des Volltons auf die neu hinzukommenden Punkte und die gleichzeitige Verblässung der bisher dargestellten Punkte erhält der Betrachter den Eindruck, daß sie sich bewegen und eine Spur hinterlassen.



**Abb. 10-5** Vier Einzelbilder aus der Animation, die die Verschiebungen der Meßpunkte in Falli-Höllli veranschaulicht (von oben links nach unten rechts).

### Schlüsselbild-Technik

Für den Ersteller einer mit der Schlüsselbild-Technik erstellten Animation bietet sich im Vergleich zur Bild-für-Bild-Technik eine entscheidende Erleichterung, muß er doch nicht mehr jedes Bild der Animation einzeln erstellen, sondern er benötigt lediglich Anfangs- und Schlußbild sowie allfällige Stützbilder als sogenannte *Schlüsselbilder*. Die dazwischen liegenden Bilder, die sogenannten *inbetweens*, werden automatisch mit einem Programm, im vorliegenden Fall mit *Director*, berechnet. Dies kann mittels einfacher linearer Interpolation oder durch Verfolgen eines komplexen Pfades geschehen. Dabei lassen sich die Ablaufgeschwindigkeit, Form oder Farbe des bewegten Objektes regeln. Der zeitliche Ablauf der Animation kann linear oder dynamisch gestaltet werden, indem die Bewegung der Objekte verlangsamt oder beschleunigt wird. Abgelegt werden bei Schlüsselbild-Animationen die Schlüsselbilder sowie alle berechneten Einzelbilder, womit der Speicherbedarf etwa jenem einer Bild-für-Bild-Animation entspricht.



**Abb. 10-6** Schlüsselbild-Animation (von oben links nach unten rechts), mit der die Verschiebungen der Gebäude in Falli-Höllli gezeigt werden.

Von der Rutschung in Falli-Höllli wurde eine Animation nach der Schlüsselbild-Technik erstellt, welche die Verschiebung der Gebäude zeigt. Das nach der Rutschung aufgenommene Luftbild mit den überlagerten, vektoriell vorliegenden Gebäuden

und Straßen stellt die Ausgangssituation dieser Animation dar. In *Director* wurde auf der Ebene hinter dem Luftbild unter jedes Gebäude eine Maske desselben gelegt, welche die folgende Animation auslöst. Durch Anklicken eines Gebäudes ändert sich zuerst dessen Symbolfarbe, anschließend bewegt es sich auf einem vorgegebenen Pfad bis zur entsprechenden Endposition auf dem Luftbild. Diese Schlüsselbild-Animation mit insgesamt 24 Bildern wurde mit *Director* erstellt. Durch Angabe der Anfangs- und Endposition eines Bildes interpoliert das Programm die Zwischenschritte unter der Bedingung, daß sich der Inhalt des bewegten Bildes nicht verändert. Die gleiche Animation ist auch für alle Gebäude gemeinsam möglich, aber aufgrund des hohen Bedarfs an Rechenleistung wird der Ablauf der animierten Sequenz verlangsamt.

### 10.3.2 Interaktive 2D-Animationen: Bevölkerungsstand und Bevölkerungsveränderung

Das Kartenthema und die Charakteristik der Daten beeinflussen auch bei den interaktiven Animationen maßgeblich die geeignete Visualisierungs- und Animationstechnik. Bei statistischen Daten wie der Wohnbevölkerung, die im vorbestimmten Rhythmus eines Dezenniums erhoben werden, ist es angezeigt, die Bild-für-Bild-Technik einzusetzen. Damit wird nicht nur der Charakter der Daten (Stichtag, Vergleichbarkeit) betont, sondern auch die Intention der Autoren zur Darstellung längerfristiger Entwicklungstrends verstärkt.

Im Unterschied zur oben präsentierten Variante der Bild-für-Bild-Animation erfolgt die Erzeugung der Einzelbilder hier direkt aus den Originaldaten. Die Zusammenstellung der Einzelbilder zu einer Animationssequenz wird durch den Autor der Animation vorgenommen.

Den Benutzern bietet die datenbasierte Visualisierung vielfältige Interaktionsmöglichkeiten:

- Freie Wahl des Kartenausschnitts und des Maßstabs,
- Bestimmung des räumlichen Aggregationsniveaus, das heißt der administrativen Raumeinheit,
- Interaktive Veränderung der Klassierung (Klassengrenzen, -größe, -anzahl, Klassierungsmethode),
- Interaktive Veränderung der Farbsymbolisierung (Einzelfarben, Verläufe).

Durch diese interaktiven Eingriffe lassen sich aus einem einzigen Datensatz eine Vielzahl unterschiedlicher raumwirksamer Strukturen und Entwicklungen bedürfnisgerecht visualisieren und analysieren. Ein Nachteil gegenüber vorgefertigten Animationssequenzen besteht darin, daß noch keine Steuerung der Abspielgeschwindigkeit, kein Anhalten der Sequenz usw. für die Benutzer implementiert wurde. Auch sind Interaktionen während der Animation selbst nicht möglich.

Im technischen Ablauf entstehen die Einzelbilder durch ein Zusammenspiel von optimal aufeinander abgestimmten Programmteilen. Den Kern bilden die am In-

stitut für Kartographie entwickelten kartenspezifischen Module MAPS, SYMBOLS und ANALYZER. Diese Module werden als Xtras in die Autorensoftware *Director* eingebunden. Das Modul MAPS steuert das Atlas-Layout, die Navigationswerkzeuge und auch die Visualisierung der Basiskarte, die aus Vektor- und Rastergraphik aufgebaut wird. Durch den Einsatz des zweiten Moduls SYMBOLS werden die statistischen Werte aus einer Excel-Datei gelesen und maßstabsabhängig dargestellt. Parameter wie Kartentyp, Farbgebung, Strichstärken, Klassengrenzen usw. lassen sich über Anweisungen in der Scriptsprache *Lingo* festlegen. Damit steht die erste Karte der Animation bereit. Die weiteren Interaktionen, wie Klassierung und Farbgebung, mit denen diese Ausgangskarte individuell verändert werden kann, werden vom Modul ANALYZER ausgeführt. Diese individuellen Einstellungen werden temporär von jeder einzelnen Karte der Animation übernommen. Die Gesamtsteuerung der Bild-für-Bild-Animation, das heißt die Aneinanderreihung der Einzelkarten und die Gestaltung der Übergänge, erfolgt wiederum durch ein Lingo-Script in *Director*.

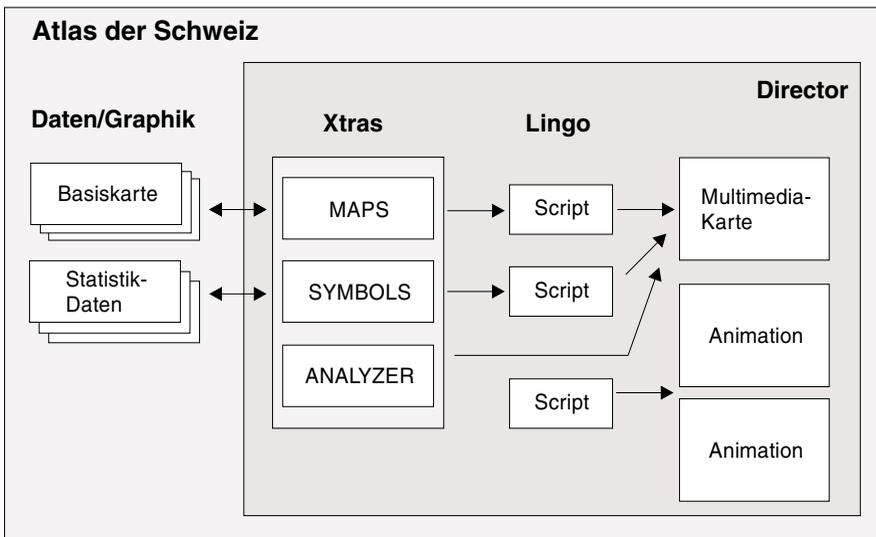
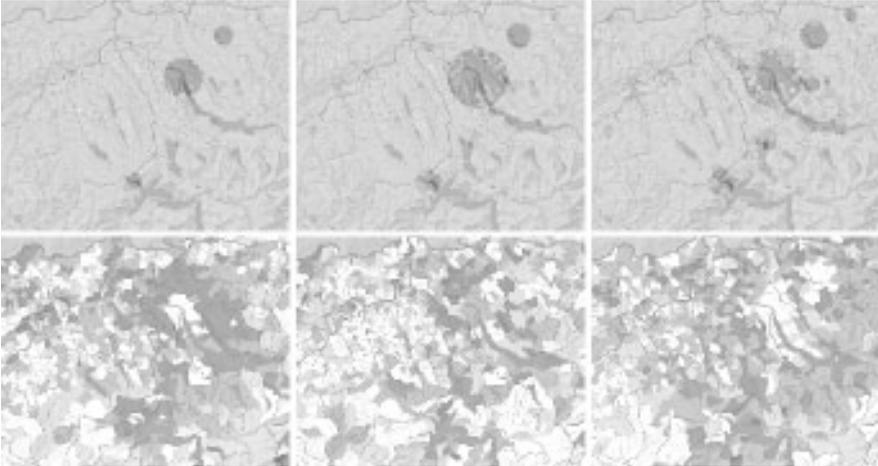


Abb. 10-7 Schematisierter Ablauf einer Kartenvisualisierung und -animation

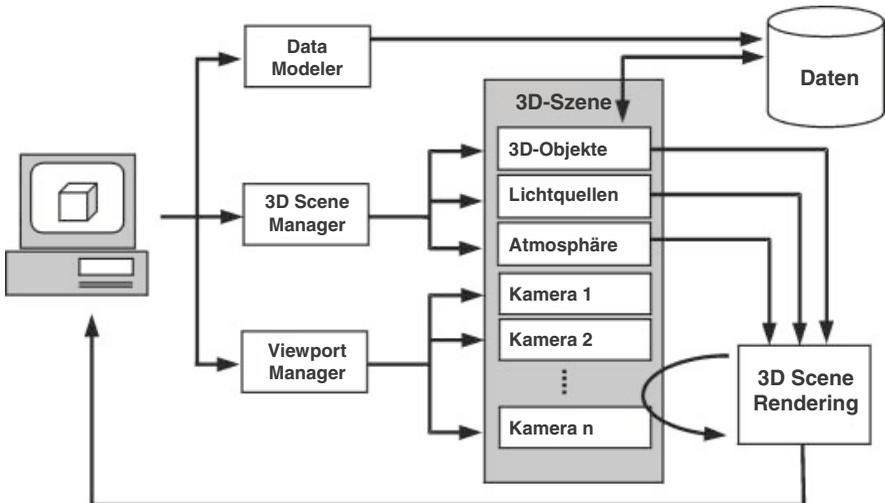
### 10.3.3 Interaktive 3D-Animationen: Flugsimulationen

Für die Flugsimulation durch die 3D-Szene wurden vier spezielle Module in der Programmiersprache C entwickelt, von denen jedes eine bestimmte Aufgabe hat. Die Struktur des ganzen Systems ist in der Abb. 10-9 dargestellt. Dem Benutzer stehen zwei Module (*3D Scene Manager* und *Viewport Manager*) für die direkte Kommunikation mit dem System zur Verfügung. Anhand dieser Module kann er die 3D-Szene über Cursor-Bewegungen und Tastatureingaben in Echtzeit steuern und somit eine Flugsimulation erzeugen.



**Abb. 10-8** Sequenz aus der Animation Bevölkerungsstand (oben) und Bevölkerungsveränderung (unten) aus dem Atlas der Schweiz

Das Modul *Data-Modeler* arbeitet off-line und ist zuständig für die logische Modellierung des 3D-Kartenmodells (Abb. 10-9). Die Ausgangsdaten werden dabei in eine für die Flugsimulation geeignete Form gebracht.



**Abb. 10-9** Struktur des interaktiven 3D-Animationssystems

Das Modul *3D-Scene-Manager* erlaubt es, die 3D-Szene zu definieren. Damit kann man einerseits die Atmosphäre und die Lichtquelle variieren, andererseits das 3D-Kartenmodell mit Kartenelementen, 3D-Symbolen und 3D-Topographie füllen. Die Verwendung mehrerer Detaillierungsstufen wird ebenfalls von diesem Modul gesteuert. Die 3D-Szene wird in Zonen unterschiedlichen Detaillierungsgrades unterteilt, wobei alle Objekte den Detaillierungsgrad der Zone, zu der sie gehören, übernehmen. Visualisiert werden sie dann mit dem entsprechenden Generalisierungsgrad.

Das Modul *Viewport-Manager* ermöglicht die Verwaltung mehrerer Kameras, welche die gleiche 3D-Szene gleichzeitig beobachten. Es steuert die Positionierung, Orientierung und Modellierung (Format) jeder einzelnen Kamera. Für die Bilderzeugung (*rendering*) wurde das Modul *3D-Scene Rendering* entwickelt. Dieses arbeitet unabhängig von den anderen Modulen und hat die Aufgabe, die 3D-Szene für die verschiedenen Kameras mit der größtmöglichen Taktfrequenz graphisch wiederzugeben.

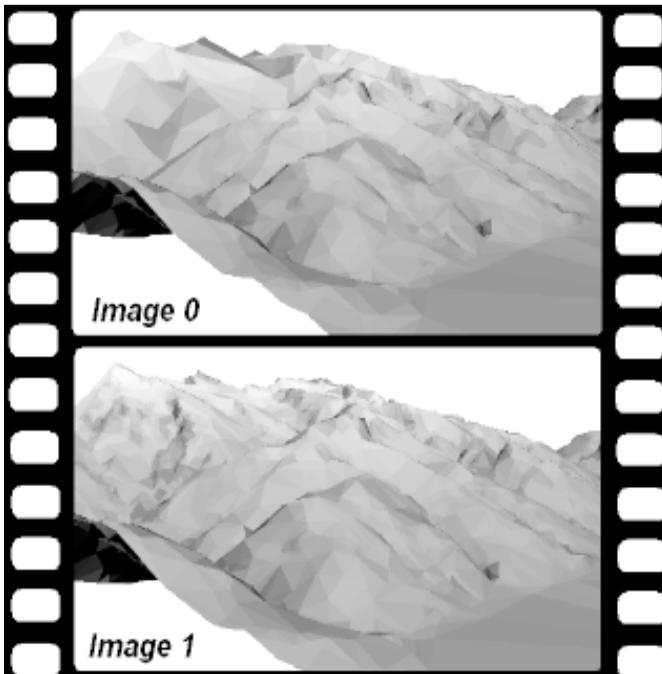
## 10.4 Kritische Bewertung und Ausblick

Im Umfeld des Atlas der Schweiz werden verschiedene Animationstechniken auf zwei- und dreidimensionale Daten angewendet. Die Wahl der Technik ist dabei hauptsächlich abhängig vom gewünschten Grad der Interaktivität und vom Einsatzgebiet der Animation, aber auch von der Charakteristik der Daten und Bilder.

Die Animationstechniken selbst bieten bei der Erstellung und im praktischen Einsatz wenig Probleme. Die Autorensoftware *Director* hat sich zur Erstellung kleinerer Animationen bewährt. Technische Probleme treten eher in der Vorverarbeitungsstufe auf, wie oben geschildert wurde. Viel entscheidender sind in einer Atlasumgebung Verständnis- oder Erfassungsprobleme seitens der Nutzer, die durch Zeitsprünge, hohes Tempo oder auch zu große Informationsmengen entstehen. Deshalb ist ein konstantes räumliches Bezugssystem, etwa ein Gewässernetz, Fixpunkte (selbstgesetzte Pins oder markante Punkte im Gelände) oder abgegrenzte Gebiete (administrative Grenzen usw.) sehr wichtig.

Die vielfältigen Eingriffsmöglichkeiten der Benutzer bilden den großen Vorteil der interaktiven 2D-Animationen, die direkt aus den zur Verfügung stehenden Statistikdaten erstellt werden. Sie können eine individuelle Gebietsauswahl treffen, die Daten aggregieren und frei klassieren und somit eine große Zahl von Ausgangskarten erzeugen. Da immer direkt mit dem Grunddatensatz gearbeitet wird und Kenngrößen wie zum Beispiel Prozentwerte berechnet werden, entsteht wenig zusätzlicher Speicherbedarf. Momentane Nachteile bestehen darin, daß die Geschwindigkeit der Animation von der Computerleistung abhängig ist und nicht variiert werden kann. Zudem ist bei diesen animierten Statistikdaten der räumliche Bezug nicht immer ideal. Während für Wirtschaftsthemen geeignete Bezugsregionen vorhanden sind, fehlen für Themen wie Demographie, Bildung usw. entsprechende Einheiten. Dies führt dazu, daß die Benutzer selbst wesentliche Veränderungen und Strukturen erkennen müssen.

Die interaktiven 3D-Animationen weisen als Stärke eine hohe Anschaulichkeit, Attraktivität und dadurch einen hohen Anreiz auf, sich mit dem dargestellten Thema zu befassen. Die Benutzer können sich in der Flugsimulation intuitiv im Raum bewegen. Durch die spezielle Modellierung und geschickte Handhabung des Grunddatensatzes wird eine hohe Animationsgeschwindigkeit in Echtzeit ermöglicht. Als Schwäche besteht die Gefahr des *lost in space*, da die Geländeoberfläche verlassen werden kann und Orientierungshilfen weitgehend fehlen. Diese Hilfen im Gelände werden in einer nächsten Arbeitsphase als 2D- und 3D-Symbole eingebaut. Da es sich noch um einen Prototyp handelt, ist vorerst noch eine große Anzahl von Voreinstellungen vorzunehmen.



**Abb. 10-10** Zwei Szenen aus der interaktiven 3D-Animation (Flug durch das Tessin)

Der *Atlas der Schweiz* ist auf ein gemischtes Publikum ausgerichtet. Er soll sowohl in der Schule als auch in der Forschung eingesetzt werden, weshalb ein enger Kontakt mit dem Publikum besonders wichtig ist. In vielen Vorträgen, Demonstrationen und nationalen Ausstellungen mit bisher rund 50 000 Personen wurden die Robustheit und gute Akzeptanz der Animationen bestätigt. Neben diesen allgemeinen Reaktionen werden spezifische Rückmeldungen via Internet erfolgen. Der *Atlas der Schweiz* wird mittelfristig eine Internet-Anbindung erhalten, mit der auch Umfragen und Tests zu Animationen abgewickelt werden können.

Die im *Atlas der Schweiz* eingesetzten Animationen beschränken sich vorerst auf Karten aus statistischen Daten. Mit der zukünftigen Erweiterung des Atlas mit Themen aus dem Bereich Natur und Umwelt werden auch weitere Animationstechniken eingesetzt. Diese Erweiterung wird sowohl anschauliche, sequentielle Animationen wie auch thematisch und technisch anspruchsvolle Simulationen enthalten.

Längerfristig läßt sich für Atlanten eine Verschiebung des Einsatzbereiches in den multi-dimensionalen Bereich erkennen: weg von der statischen Behandlung von Karten, hin zur dynamischen Darstellung von dreidimensional vorliegenden Rauminformationen, die in Echtzeit verfügbar sind. Diese Entwicklungen werden dazu beitragen, daß der Einsatz von Animationen in der Kartographie nicht bloß als Spielerei aufgefaßt wird, sondern vermehrt einen echten, attraktiven Informationsgewinn bietet.

## 10.5 Literatur

- Bär, HR, Sieber R (1997) Atlas of Switzerland – Multimedia Version: concepts, functionality and interactive techniques. In: Proceedings 18th International Conference of the ICA, Stockholm, 2, 1141-1149.
- DiBiase, D, MacEachren, AM, Krygier JB, Reeves C (1992) Animation and the role of map design in scientific visualization. In: Cartography and Geographic Information Systems, 19, 4, 201-214.
- Dransch, D (1997) Computer-Animation in der Kartographie – Theorie und Praxis. Springer, Berlin, Heidelberg
- Kraak, MJ, Edsall R, MacEachren AM (1997) Cartographic animation and legends for temporal maps: exploration and or interaction. In: Proceedings 18th International Conference of the ICA, Stockholm, 1, 253-260.
- Kraak, MJ (1998) Cartographic animation – a challenge. In: Geoinformatics, April/Mai, 18-21.
- Oberholzer, C, Python G (1996) Visualisierungstechniken dynamischer Prozesse am Beispiel von Bodenrutschungen – Ein Beitrag für den Interaktiven Multimedia Atlas der Schweiz. Diplomarbeit, Institut für Kartographie, ETH Zürich.
- Peterson, MP (1996) Interactive and animated cartography. Prentice Hall, Englewood Cliffs NJ
- Sieber, R, Bär HR (1996) Das Projekt Interaktiver Multimedia Atlas der Schweiz. In: SGK (Hrsg.): Kartographie im Umbruch – neue Herausforderungen, neue Technologien., Beiträge zum Internationalen Kartographiekongress Interlaken, 211-226.
- Sieber, R, Bär HR (1997) Atlas der Schweiz – Multimedia-Version: Adaptierte GIS-Techniken und qualitative Bildschirmgraphik. In: Kartographische Schriften, Deutsche Gesellschaft für Kartographie (Hrsg.) GIS und Kartographie im multimedialen Umfeld – Grundlagen, Entwicklungen, Trends. Kirschbaum, Bonn, 67-77
- Terribilini, A (1998) Maps in transition: development of interactive vector-based topographic 3D-maps. Pflichtenheft zum Doktorat, Institut für Kartographie, ETH Zürich.



# Animation meteorologischer Daten für Massenmedien

FLORIAN SCHRÖDER

## 11.1 Das Programmsystem TriVis

Dieses Kapitel behandelt die Visualisierung von Wetterdaten einschließlich meteorologischer Animationen mit dem Programmsystem *TriVis*. Es werden die Hintergründe der Entwicklung von *TriVis* und die Realisierung seiner Module zur perspektivischen Darstellung vorgestellt. *TriVis* wurde vom Fraunhofer-Institut für Graphische Datenverarbeitung und der Firma ask – Innovative Visualisierungslösungen GmbH im Auftrag des Deutschen Wetterdienstes für die professionelle und fernsehgerechte Wettervisualisierung entwickelt und ist seit 1993 täglich im Einsatz. Abschließend wird der Routineeinsatz beschrieben und eine Bewertung vorgenommen.

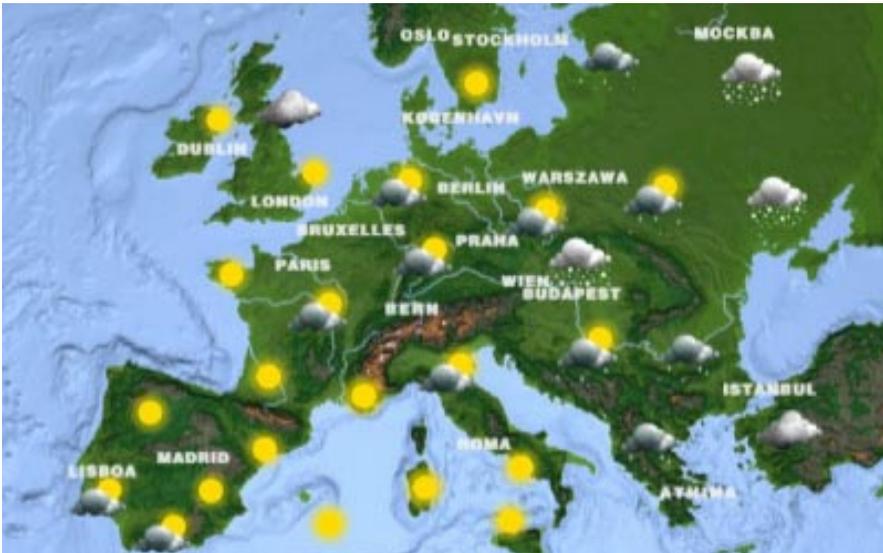
## 11.2 Motivation für die Entwicklung von TriVis

Jeder Mensch erlebt das Wetter täglich unmittelbar und in Abhängigkeit von Raum und Zeit. Das Wetter wird dabei auf sehr vielfältige Weise wahrgenommen, wobei die Verarbeitung visueller Eindrücke über das Wetter eine wichtige Rolle einnimmt. Die Bedeutung visueller Eindrücke läßt sich verstehen, wenn man berücksichtigt, welche Informationen über das Wetter ein Mensch in einem klimatisierten Hochhaus lediglich durch den Blick aus dem Fenster gewinnen kann. Außer direkt sichtbaren meteorologischen Effekten wie Wolken oder Niederschlägen lassen sich auch beispielsweise die Auswirkungen von Wind auf Bäume oder treibendes Laub und die durch Lichteffekte erzeugte „Wetterstimmung“ mit dem Auge wahrnehmen.

Bei der Produktion von regionalen meteorologischen Animationen für Wettervorhersagen für ein Publikum, das wenig meteorologische Fachkenntnisse besitzt, muß man also die „normale“ Wettererfahrung dieser Zielgruppe berücksichtigen. Spezielle computergraphische Verfahren sind dafür genauso erforderlich wie eine einfach nachvollziehbare Integration des geographischen und zeitlichen Kontextes

der meteorologischen Daten. Das Ziel ist eine möglichst intuitiv verständliche Visualisierung der Wettervorhersage.

Die Auswahl der Visualisierungstechniken und die gesamte Gestaltung der meteorologischen Animation hängen aber auch von dem spezifischen graphischen Erscheinungsbild der ausstrahlenden Fernsehstation ab, dem *corporate design*, und weiterhin von der konkreten Anwendung in bezug auf Vorhersageregion, Datenqualität oder dem Zeitrahmen. Vor allem der Abbildungsmaßstab hat signifikante Auswirkungen auf die einzusetzenden Verfahren. Neben der Auswahl von Schriften, Piktogrammen und den Farben für den Untergrund und die Visualisierung muß also auch berücksichtigt werden, ob für die Präsentation eines bestimmten Ausschnitts der Erdoberfläche perspektivische Darstellungen wirksamer sind als herkömmliche Wetterkarten.



**Abb. 11-1** Europaweite Symbolkarte von arte (Daten: Deutscher Wetterdienst)

Ziel der Entwicklungen war es also, mit TriVis eine Software zu schaffen, die in der Lage ist, sowohl nüchterne zweidimensionale Wetterkarten als auch interessante Animationen von Wetterflügen unterhalb der Wolken durch Niederschlagsgebiete zu berechnen. Dabei sind den Anforderungen der guten graphischen Gestaltung ebenso wie des *Edutainments* Rechnung zu tragen.

### 11.3 Konzeption

Um dieses Ziel zu erreichen, wurde TriVis als flexibles und modulares Visualisierungssystem konzipiert, das die sich ständig verändernden meteorologischen Ein-

gangsdaten und die relativ stabilen topographische Daten in attraktive und leicht verständliche Graphiken umwandelt. Dieser Visualisierungsprozeß wird dabei vor allem durch die Designbeschreibung des aktuellen Produkts (Wettervorhersage-Sendung oder kartographische Animation ohne Wetterdatenbezug), aber auch durch interaktiv festgelegte Konfigurationsdateien im Batchmodus gesteuert. Interaktive Anfragen aus dem Internet sind möglich, die zum Beispiel durch CGI-Scripte definiert sind. Das Ergebnis kann abschließend wahlweise als analoges Video, als Sequenz einzelner Bilddateien oder als digitales Video, etwa in den Formaten MPEG, Motion-JPEG oder QuickTime für das Internet oder zur elektronischen Weiterverarbeitung exportiert werden.

Im System werden die meteorologischen Daten (zum Beispiel aus den in der Meteorologie weit verbreiteten GRIB-Datenbanken), die Erdoberfläche (als rechteckiges Gitter mit Höhenwerten) und die Geländeeinfärbung (Textur als Rasterbild) in eigenen Datenstrukturen verwaltet und in eine einheitliche Projektion umgerechnet. Analog zur Zielkartenprojektion gibt eine Zielzeit bei der Generierung der Wettervorhersage-Animationen buchstäblich den Takt an. Vergleichbar zu dem vom Sender bestimmten Kartenausschnitt wird so der Zeitraum und die zeitliche Schrittweite (Takt) in den Wettervorhersagedaten definiert. Die Zielzeit bestimmt also, welche Zeitschritte der Simulationsdaten auszuwählen sind und auch, ob in der Zeit interpoliert werden muß.

Die Designbeschreibung enthält unter anderem sämtliche Schriften, Farbtabeln und die Mikroanimationen für eine analoge Uhr oder einen Zeitbalken, weiterhin dreidimensionale Städteobjekte, statische oder animierte Piktogramme in Vektorform oder als Bilder für Wetterzustände und Parametersätze für die einzelnen Visualisierungsverfahren. Sie bestimmt auch, auf welche Weise die verschiedenen graphischen Elemente, die jeweils Ergebnisse eigener Visualisierungen sind, in das Gesamtbild integriert werden. So werden Isoflächen-Darstellungen der Lufttemperatur, Wolken, automatisch erzeugte oder aus anderen Systemen importierte Niederschlagsobjekte, Piktogramme, Texte und Schneehöhen auf der Oberfläche zusammen über der Hintergrundkarte kombiniert.

## 11.4 Realisierung

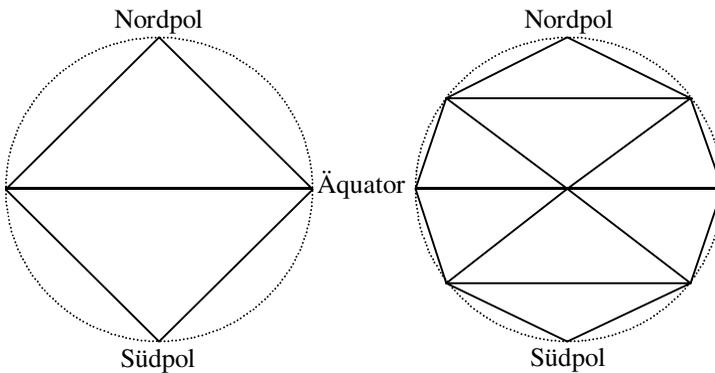
Die vorgestellten Konzepte wurden am Fraunhofer-Institut für graphische Datenverarbeitung in Darmstadt in der Abteilung *Visualisierung und Virtuelle Realität* umgesetzt. Dort wird seit Anfang 1992 im Auftrag des Deutschen Wetterdienstes das System TriVis für die professionelle und fernsehgerechte Visualisierung von meteorologischen Daten entwickelt (<http://www.trivis.de>). Im Jahr 1999 ging die Entwicklung an die Firma ask – Innovative Visualisierungslösungen GmbH in Messel bei Darmstadt über (<http://www.askvisual.de>).

TriVis besteht aus verschiedenen und eigens für diese Aufgabe entwickelten Softwaremodulen. Außer einem Datenverwaltungsmodul und einem Animationsmodul sind dort Module für die Visualisierung von Wetterdaten integriert, die für Zielgruppen ohne meteorologische Spezialkenntnisse gedacht sind. Die Module leisten eine

effektive graphische Umsetzung von Satelliten- oder Radarbildern, von Stationsmessungen oder Prognosen in Form von Texten oder beliebigen animierten Piktogrammen und schließlich auch von skalaren oder wolkenpezifischen Modelldaten der numerischen Wettersimulation. Das System, das senderspezifische Erscheinungsbilder berücksichtigt, kann die Visualisierungen sowohl in zweidimensionale Karten wie auch in vollständig dreidimensionale Szenen integrieren. Dies ist dabei sowohl interaktiv als auch im Batchmodus ausführbar. Da die technische Lösung für dreidimensional dargestellte Wettervorhersagen wesentlich interessanter und für meteorologische Animationen ein besonders wirksames Verfahren ist, wird darauf im folgenden näher eingegangen.

### 11.4.1 Die Geländedatenbank

Grundlage aller Darstellungen von geophysikalischen Daten ist eine Orientierung auf der Erdkugel, so daß eine möglichst direkte Zuordnung der visualisierten Daten zu den entsprechenden Regionen auf der Erdoberfläche stattfinden kann. Im Bereich der fernsehgerechten Wettervorhersagen sollen zudem die Geländedarstellungen von hoher Qualität sein. Gleichzeitig zwingen die kurzen Produktionszeiten – der Wetterbericht muß aktuell sein – zu rechenzeiteffizienten Visualisierungsverfahren. Die Geländedaten ändern sich eher selten, nämlich nur bei der Verfügbarkeit neuer und besserer Daten. Daher ist ein hoher Aufwand zur Erzeugung einer optimalen Geländedatenbank sinnvoll, wenn damit später täglich Rechenzeit gespart werden kann.



**Abb. 11-2** Rekursionstiefe 0 (links) und 1 (rechts) zur Generierung einer Geländedatenbank

Die Weltkugel wird dazu zunächst in feste Facetten unterteilt. Diese Facetten entstehen aus der rekursiven Unterteilung der Dreiecke zweier sich an ihrer Basis berührender Pyramiden, bei denen eine Spitze den Nordpol und die andere Spitze den Südpol bildet. Je nach gewählter Rekursionstiefe kann die mittlere Kantenlänge der

Facetten bestimmt werden. Eine Tiefe von 9 erzielt beispielsweise eine Länge von etwa 40 km.

Jede dieser Facetten wird nun mit Dreiecksstreifen versehen, die das in der Facette liegende Gelände abbilden. Dabei werden je nach zu erzeugendem Detailgrad für mehrere Stufen der Genauigkeit (*level of detail*, LOD) verschiedene Auflösungen eingesetzt. Die Datenbank hält also zu allen Facetten jeweils pro Genauigkeitsstufe eine Geometriedefinition. Diese Geometriendaten sind im Binärformat für das Bildgenerierungsverfahren „mundgerecht“ im Dateisystem abgelegt, so daß TriVis bei der Berechnung von Animationen je nach Betrachterposition, Blickrichtung und Kamerawinkel stets die gerade benötigten Geländegeometrien ohne große Zeitverzögerung und ohne erneuten Berechnungsaufwand laden kann. Pro Facette werden auch aus topographischen Karten und anderen Quellen erzeugte Texturen (siehe nächster Abschnitt) in verschiedenen Auflösungen bereitgehalten, um die Oberfläche einzufärben.

### 11.4.2 Geländedaten und Oberflächentexturen

Um diese im Format einheitlichen Geländedatenbanken zu erzeugen, müssen zunächst Oberflächendaten und -texturen aus den unterschiedlichen Quellen und Formaten importiert werden. Diese Texturen definieren die Einfärbung der Oberfläche und können beispielsweise aus topographischen Karten, Satellitenbildern oder Landnutzungsdaten gewonnen werden. Dafür werden in TriVis sowohl Daten und Bilder in geographischen Koordinaten und mit verschiedenen Kartenprojektionen unterstützt.

Für dreidimensionale Wettervorhersagen im globalen Bereich, also für eine Erdhalbkugel oder für einzelne Kontinente, können die kostenlosen GTOPO30-Daten der NASA mit einer Auflösung von 1 km verwendet werden. Die Texturen gleicher Auflösung der kanadischen Firma WorldSat International Inc. basieren auf Satellitenbildern der National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). Für den europäischen Bereich stellt das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) entsprechende Daten bereit. Bei regionalen Animationen innerhalb Deutschlands kann auf Daten verschiedener anderer Anbieter, zum Beispiel der Firma Geospace, zurückgegriffen werden, die teilweise einen Detailgrad von 10 m in der Textur und 40 m in den Höhendaten oder sogar noch höhere Auflösungen bieten. Für Interessenten an diesen Datensätzen hier die WWW-Adressen der genannten Datenlieferanten:

NASA: <http://edcwww.cr.usgs.gov>

WorldSat International: <http://www.worldsat.ca>

NOAA: <http://www.noaa.gov>

DLR: <http://www.dlr.de>

Geospace: <http://www.geospace.de>

### 11.4.3 LOD-Techniken für Geländegeometrien

Im Gegensatz zu den üblichen Verfahren der abgestuften Genauigkeit (LOD) im Anwendungsbereich der Virtuellen Realität, bei denen stets sämtliche Geometrien aller verfügbaren Detailstufen im Hauptspeicher der Workstation gehalten werden, verbietet die sehr große Datenmenge einen vergleichbaren Ansatz für die sogenannten *Wetterflüge*. Vielmehr müssen aus der Geländedatenbank stets die benötigten Geländegeometrien und die Oberflächentexturen geladen werden. Wenn Platzbedarf besteht, werden die augenblicklich nicht mehr gebrauchten Geometrien aus dem Hauptspeicher entfernt, ähnlich wie bei Flugsimulatoren.

In einer anwendungsspezifischen Tabelle ist definiert, in welcher Entfernung einer Facette zum Betrachter welcher LOD verwendet werden soll. Je nach verfügbarem Hauptspeicher, ausgewähltem Kamerawinkel und mittlerer Facettengröße muß diese Tabelle angepaßt werden. Dabei ist der Wechsel eines *level of detail* innerhalb einer Facette während der Animation eines Geländeüberfluges ein sehr kritischer Vorgang. Damit dieser Wechsel für den Betrachter unbemerkt bleibt, muß er einerseits in ausreichender Entfernung stattfinden. Zum anderen soll der Wechsel möglichst mit Detailstufen durchgeführt werden, die sich in ihrer Auflösung in genau einer Zweierpotenz unterscheiden. Im Falle einer linear gestaffelten Auflösung für die verschiedenen LOD werden nämlich stets andere Punkte der Oberflächendaten für die Berechnung der Geometriepunkte zugrundegelegt. Das resultiert in einem sichtbaren horizontalen „Springen“ von Bergen oder Tälern. Bei Zweierpotenzen kommen jedoch lediglich neue zusätzliche Geometriepunkte unter Beibehaltung der alten hinzu, was eine Verfeinerung ohne horizontales Springen ermöglicht und daher zu bevorzugen ist.

Ein weiteres Problem stellen die „Löcher“ zwischen benachbarten Facetten mit verschiedenem LOD dar. Diese durchlässigen Stellen in der geometrisch modellierten Erdoberfläche treten durch die unterschiedliche Auflösung auf, wenn beispielsweise die Facette mit höherem LOD ein Tal modelliert, das in der dahinterliegenden Facette von einer höherliegenden Geländeebene approximiert wird. Diese Löcher kann man entweder durch speziell dafür generierte Geometrien füllen (*stitching*) oder mit Hilfe von „Schürzen“ um die Facetten herum unsichtbar machen.

### 11.4.4 LOD-Techniken für Oberflächentexturen

Während die Höhenwerte beim LOD-Wechsel ohne weitere Änderung direkt an den bilderzeugenden Prozeß (*rendering*) weitergereicht werden können, müssen den Oberflächentexturen eventuell noch Wolkenschatten, Schneedecken oder andere aktuelle Wettererscheinungen hinzugefügt werden. Hier kann also der beim LOD-Wechsel notwendige Rechenaufwand höher liegen und einen weniger häufigen Wechsel nahelegen. Daher ist eine eigene LOD-Tabelle für Oberflächentexturen nötig.

Gleichzeitig muß man auf die vorhandene Hardwareunterstützung für die Erzeugung von Texturen Rücksicht nehmen. So sind maximale Texturgrößen und das

Volumen eines dedizierten Texturspeichers zu berücksichtigen. Auch muß die Einbuße an Rechengeschwindigkeit betrachtet werden, die durch den Transport von Texturen zwischen Hauptspeicher und Texturspeicher verursacht wird. Schließlich muß ein sog. *mip mapping* von Texturen durch die Graphikhardware eingesetzt werden, das automatisch im Graphiksubsystem die LOD-Verwaltung der Texturen übernimmt, um störendes Flimmern in der Animation zu vermeiden.

#### 11.4.5 Die meteorologischen Daten

Im Gegensatz zu den Geländedaten ändern sich die meteorologischen Daten ständig und können daher nicht vorher in stabile und effiziente Datenstrukturen analog zu den Geländedatenbanken überführt werden. Vielmehr müssen die meteorologische Daten in den Standardformaten direkt verarbeitet werden.

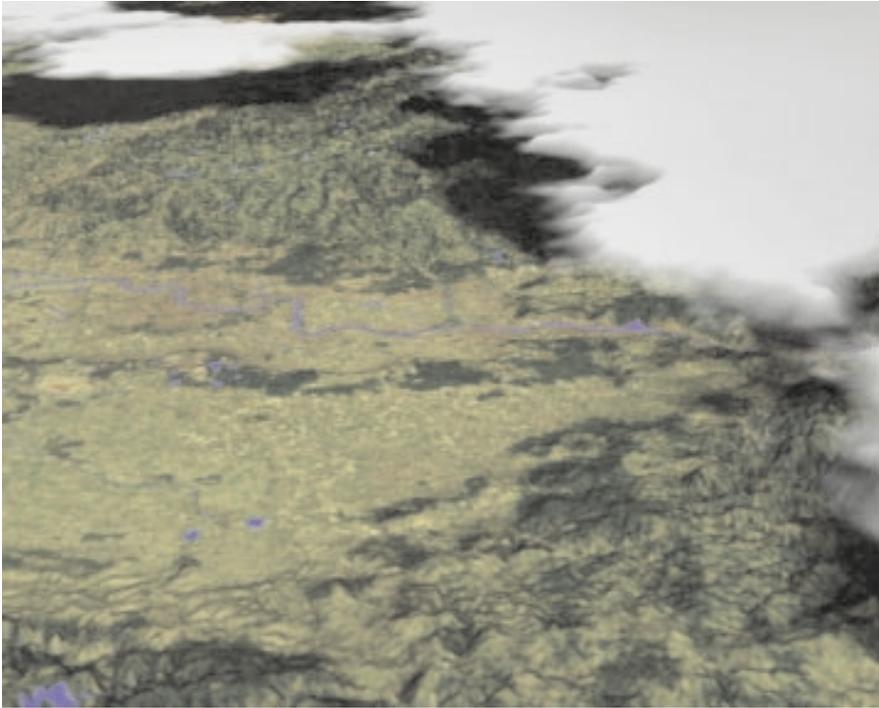
TriVis importiert Satelliten- und Radarbilder und Stationstabellen mit Wetterzuständen für einzelne Wetterstationen und verschiedenen Referenzzeiten in Vergangenheit und Zukunft. Die Daten von numerischen Prognosemodellen kommen aus GRIB-Datenbanken. Der Deutsche Wetterdienst liefert die Modelldaten auf verschiedenen Ebenen (global, Europa, Deutschland, lokal). Die HIRLAM-Daten (*high resolution limited area model*) werden vor allem in den nordeuropäischen Ländern verwendet (<http://www.knmi.nl/hirlam/allstaff.html>). Andere Modelle werden geliefert vom *European Centre for Medium-Range Weather Forecasts*, der europäischen Zentrale (<http://www.ecmwf.int>). Auch das Importieren von ASCII-Dateien ist möglich, so daß von anderen Programmen abgeleitete Datensätze lesbar sind. Im globalen Maßstab verarbeitet TriVis üblicherweise Gitter mit 50 km Auflösung. Im regionalen Maßstab werden routinemäßig auch Gitter mit 1 km Auflösung eingesetzt.

#### 11.4.6 Wolken

Satellitendaten und wolkenpezifische Informationen müssen in dreidimensionale Wolkengeometrien umgesetzt werden, um einen realistischeren Eindruck zu vermitteln. Bei der zweidimensionalen wie auch bei der perspektivischen Darstellung ist es das Ziel, Wolkenbilder automatisch aus dem Modelldaten der meteorologischen numerischen Simulation zu generieren. Dabei werden eigens dafür entwickelte schnelle zweidimensionale Fraktale eingesetzt, die in Abhängigkeit von verschiedenen meteorologischen Parametern realistisch aussehende Wolken erzeugen. Im Fall einer perspektivischen Darstellung werden aus ihnen dreidimensionale Wolken generiert, die sich mit Standard-Graphikhardware ohne großen Zeitaufwand darstellen lassen.

Nachdem die wolkenpezifischen Daten auf feineren Gittern wirksam geglättet wurden, werden sie mit dem generierten zweidimensionalen Fraktal verbunden. In diesem Prozeß wird das Rescale-and-Add-Fraktal von den meteorologischen Daten eingeblendet und geformt. Das Resultat wird in Geometriedefinitionen für die obere und untere Schale des Wolkengebildes sowie in Texturen für diese Geometrien umgewandelt. Beide Schalen werden abschließend entsprechend der vertikalen Aus-

dehnung auseinandergezogen und der ebenfalls prognostizierten Basishöhe entsprechend in der Vertikalen verschoben. Schließlich werden beide Schalen miteinander zu einer dreidimensionalen Wolke verbunden. Besondere Aufmerksamkeit muß dabei den Rändern der Wolken geschenkt werden. Die obere und untere Schalenhälfte müssen genau aneinanderliegen, ohne Spalten, Durchdringungen oder Überlappungen.



**Abb. 11-3** Geländemodell mit Oberflächentexturen und Wolken (Daten: DWD)

Um also aus den simulierten Wolkendaten über der Vorhersageregion polygonale geometrische Wolkenobjekte zu erzeugen, die sich gut für die Erzeugung eines perspektivischen Bildes eignen, wird der oben beschriebene Prozeß in den folgenden Schritten durchgeführt (Schröder 1997):

1. Alle Wolkendaten werden mit eigens dafür entwickelten Interpolationsverfahren geglättet.
2. Diese Daten werden zur Modellierung eines Rohfraktals verwendet, das eine realistisch wirkende Wolke ohne Datenbezug beschreibt.
3. Getrennt für obere und untere Wolkenschale werden mit weiteren geglätteten Wolkendaten polygonale geometrische Schalen generiert.

- Schließlich werden beide Wolkenschalen zu einer Wolkenhülle miteinander verbunden und es wird der Schattenwurf dieses Objektes auf den Boden bestimmt.

### 11.4.7 Niederschläge und Gewitter

Die Darstellung von Niederschlägen und Gewittern ist in perspektivischen Darstellungen von TV-Wettervorhersagen sehr wichtig. Hier liegt schließlich auch eine der Stärken der rechnergestützten Visualisierung, denn sie erleichtert das Hervorheben lokaler meteorologischer Effekte für das Laienpublikum.

Graphische Objekte, die für den Betrachter Gewitter und Niederschläge verdeutlichen sollen, müssen korrekt in der Szene zwischen der entsprechenden Wolke und dem Boden plziert werden. Sie müssen darüber hinaus die Perspektive (Größe nimmt mit zunehmender Entfernung vom Betrachter ab) und die Verdeckungen im Raum berücksichtigen, um die räumliche Zuordnung überhaupt zu ermöglichen. TriVis läßt die vom Sender bereitgestellten Niederschlagsobjekte, zum Beispiel Wasertropfen oder Schneeflocken, aus den Wolken auf den Boden fallen.

Bei Gewittern wird mit einer frei definierbaren Häufigkeit in der Szene ein ebenfalls als Objekt bereitgestellter Blitz an den entsprechenden Stellen für ein Einzelbild der Animation plziert. Gleichzeitig wird in der Szene für dieses einzelne Bild mit Blitz an den Stellen mit Gewitter eine lokale helle Lichtquelle definiert, welche die Szene von dort aus illuminiert.

### 11.4.8 Winddaten

In TriVis wird zur dreidimensionalen Visualisierung von Windrichtung und Windstärke der Windsack als animiertes Symbol verwendet. Die meisten Menschen sind gewohnt, diese Informationen einem wirklichen oder simulierten Windsack in kürzester Zeit zu entnehmen. Es können prinzipiell beliebig viele Windsäcke im Vorhersagegebiet plziert werden, deren Verhalten über die statistisch korrigierten Prognosedaten des numerischen Wettervorhersagemodells für die jeweilige Station bestimmt wird.

### 11.4.9 Reduktion der Polygonkomplexität

Innerhalb einer Facette der Geländedatenbank werden nicht überall gleich hohe Auflösungen der Oberflächengeometrie benötigt. Zur Beschleunigung der Bildgenerierung müssen in Regionen ohne starke Reliefenergie überflüssige Details entfernt werden. Das für diese Anwendung implementierte Verfahren zur Reduktion der Komplexität in der Oberflächendefinition berücksichtigt dabei die einzelnen Höhenwerte (Knoten der Geometrie) und ihre Wichtigkeit oder Bedeutung für die Qualität des Modells. So werden unwichtige Punkte aus der jeweiligen Geländegeometrie entfernt. Knoten, die einen unverzichtbaren Beitrag zum Modell leisten, bleiben erhalten.

## 11.5 Routinemäßiger Einsatz

TriVis ist täglich bei Wetterdiensten und Fernsehanstalten im Einsatz. Dort werden routinemäßig Wettervorhersagefilme, Zeitungswetterkarten und On-line-Produkte für verschiedene Kunden hergestellt. Dies geschieht teilweise vollautomatisch im Batchmodus, semi-automatisch mit manueller Nachbereitung im System oder interaktiv für täglich anders gestaltete Produkte. Stets ist dabei jedoch das Design der Objekte, unter anderem der Schriften, der Piktogramme, der Hintergrundkarten und der Farbkodierung, individuell dem einzelnen Kunden angepaßt.

### 11.5.1 Produktionsszenarien

TriVis unterstützt verschiedene Produktionsszenarien für den täglichen Einsatz bei den Sendern.

#### Vollversion vor Ort

Ein Wetterdienst wie der DWD, der SMHI in Schweden, das australische BOM oder Fernsehanstalten (zum Beispiel SVT in Schweden oder der Hessische Rundfunk für die ARD) sind in Besitz einer Vollversion des Programms und beziehen täglich alle in Frage kommenden Daten für die Produktion von Wettervorhersageprodukten vor Ort. Diese Bilder und Videos werden dann digital (ISDN, ATM) oder analog (VBN) zu den Sendeanstalten zur Ausstrahlung übertragen. Die meteorologische Expertise und das Bedienungspersonal für TriVis sind vor Ort vorhanden.

#### Ferngesteuerte Version vor Ort

Bei sehr langen Wettervorhersagefilmen ist es aus Übertragungstechnischen Gründen sinnvoller, die Daten digital von einem Wetterdienst an eine Fernsehstation zu übertragen, auch wenn dort kein Bedienungspersonal für TriVis zur Verfügung steht. Über eigens dafür realisierte Mechanismen kann der Wetterdienst diese Version bei seinem Kunden fernsteuern und so über Telekommunikation auch täglich angepaßte Produkte herstellen, die dann direkt beim Kunden zur Ausstrahlung bereitstehen (Beispiele: arte bis 1998, TV3 und Deutsche Welle seit 1999).

#### TriPlay vor Ort

Bei weniger komplexen Produkten, vor allem bei kleineren Sendeanstalten, werden TriVis-Produkte als digitale komprimierte Filme (beispielsweise im Format Motion-JPEG oder QuickTime) übertragen und mit einer speziell zu diesem Zweck entwickelten Software *TriPlay* von einer Workstation SGI O2 zur Ausstrahlung abgespielt. TriPlay erlaubt dabei das interaktive Wiederholen oder Anhalten von Sequenzen mit Hilfe einer Drucktaste an einem Kabel durch den Moderator während der Sendung.

## 11.5.2 Produktionsaspekte

### Redundanz und Sicherheit

Besonderer Wert muß bei der Produktion von Wettervorhersagefilmen auf die Ausfallsicherheit gelegt werden. Könnte aus technischen Gründen einmal keine Wettervorhersage produziert werden, hätte dies sicherlich schwerwiegende Konsequenzen für den Sender. Um eine hohe Sicherheit zu erreichen, muß mit größter Sorgfalt bei der Einführung neuer Programmversionen von TriVis, bei der Umstellung auf neue Hardware-Plattformen oder bei der Installation neuer Betriebssystemversionen gearbeitet werden. Zudem können die kritischen Systemkomponenten wie die Produktions-Workstation, das Netzwerk oder die digitale Videotechnik doppelt gehalten werden, um durch die Redundanz in Ausnahmesituationen produktionsfähig zu bleiben. Dafür sind beispielsweise beim Deutschen Wetterdienst oder bei der ARD ausgefeilte Havariekonzepte ausgearbeitet worden, mit jederzeit anwendbaren Fall-back-Lösungen.

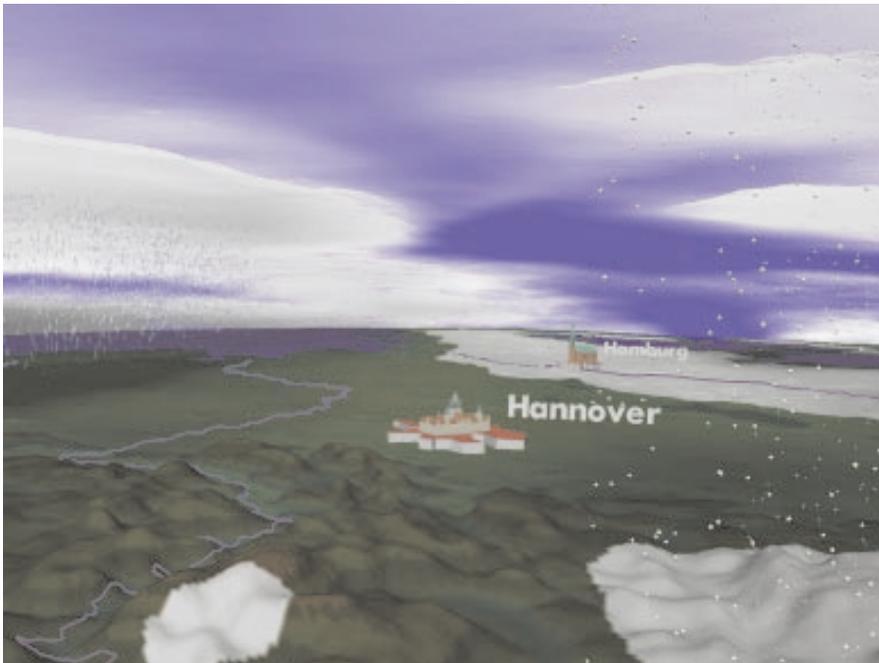


Abb. 11-4 ARD-„Wetterflug“, produziert vom Hessischen Rundfunk mit TriVis

### Produktionszeiten

Von großer Bedeutung sind bei der routinemäßigen Produktion auch möglichst kurze Filmgenerierungszeiten. Zum einen verursachen nämlich Rechenzeiten auf

Graphik-Workstations nennenswerte Kosten. Zum anderen möchte man stets auf die aktuellsten Wetterdaten zugreifen. So ist es wichtig, für die Abendnachrichten schon die Daten des 12-Uhr-Laufs der Simulation zu verwenden, weil dort beispielsweise der gefrierende Regen im Gegensatz zu den älteren Prognosen korrekt vorhergesagt wird.

### **Vollständig integrierte Funktionalität**

TriVis ist derart konzipiert, daß alle Funktionen vollständig integriert für den Anwender verfügbar sind. Es lassen sich also frei definierbare Flüge über dem Vorhersagegebiet mit zeitlich ablaufenden Daten mit unterschiedlichem Inhalt visualisieren. So ist es in TriVis möglich, durch diesen Integrationsgrad und den optimalen Zugriff auf die gesamten Simulationsdaten in einer durchgehenden Animation aus ziehenden Wolken Schnee fallen zu lassen, der am Boden auf der Karte liegenbleibt und später wieder wegtaut.

### **11.5.3 Skalierbarkeit**

Für die Systementwicklung im Bereich der kartographischen Animation für Wettervorhersagen ist die Skalierbarkeit der implementierten Lösungen ein sehr wichtiger Aspekt. Die bei den verschiedenen Wetterdiensten und Fernsehanstalten anzutreffenden Hardwareumgebungen sind sehr heterogen. TriVis benutzt lediglich die Standards X11/OSF Motif und OpenGL als Software-Schnittstelle für die graphische Ausgabe. Üblicherweise läuft das Programm auf den Workstations des Herstellers Silicon Graphics von den Modellen O2 bis Onyx2.

### **11.5.4 Produktions- und Einsatzbereiche**

Das System TriVis wird vom Schwedischen und Deutschen Wetterdienst und von der Firma ask – Innovative Visualisierungslösungen GmbH international vermarktet. TriVis steht im direkten Wettbewerb zu vergleichbaren Systemen wie Triton i7 von Kavouras, Metacast Ultra von Metaphor Systems oder dem WEATHERProducer von WSI. Auch die Firmen EarthWatch und AccuWeather bieten ähnliche Systeme an. Die Stärken von TriVis gegenüber den Konkurrenzprodukten liegen vor allem in der Möglichkeit, zuverlässig, schnell und vollautomatisch zu produzieren, in der Verfügbarkeit spezieller Visualisierungstechniken wie der fraktalen Wolken und in der attraktiven perspektivischen Visualisierung meteorologischer Effekte.

### **Fernseh-Wetterberichte**

TriVis ist zur Zeit beim Deutschen Wetterdienst, beim Schwedischen Wetterdienst, bei der ARD und bei SVT installiert und in Betrieb. Zeitweise war die Software auch beim finnischen Wetterdienst und beim deutsch-französischen Fernsehsender *arte* im Einsatz. Seit Januar 1993 sind TriVis-Produkte täglich ohne Ausnahme auf Sendung. International senden SVT (Schweden), TV4 Regional (Schweden) und TV3 (Dänemark, Estland, Litauen, Schweden) Wettervorhersagen von TriVis. In Deutschland sind es die ARD, der WDR, MDR, ORB, HR und SWR. Die Deutsche Welle

strahlt weltweit täglich TriVis-Vorhersagen aus. Zeitweise haben auch PRO7 und SAT1 zu den TriVis-Kunden gehört. Das australische Bureau of Meteorology (BOM) wird TriVis für die Olympischen Sommerspiele 2000 einsetzen. Für verschiedene Tageszeitungen (unter anderem *Die Welt*) werden ebenfalls TriVis-Bilder gerechnet.

### Internet-Produkte

Gerade durch die Möglichkeit des vollautomatischen Betriebs eignet sich TriVis zur Herstellung von On-line-Wetterprodukten. So wird für AOL das Europawetter täglich in Form von animierten Karten von TriVis erstellt. Eine eigens entwickelte Erweiterung erlaubt sogar das Reagieren von TriVis auf online-Nachfragen über das Internet, so daß sich die Interessenten individuell ihre Wetterprognosen rechnen lassen können. Dieser Dienst wird vom Deutschen Wetterdienst unter der WWW-Adresse <http://www.dwd.de/forecasts/> im Internet angeboten.

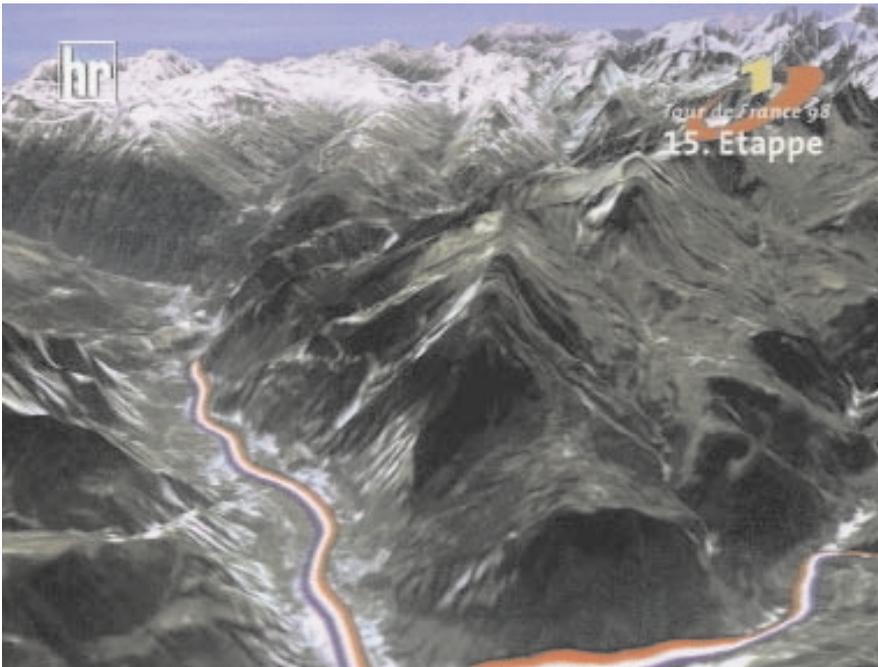


Abb. 11-5 Animation einer Etappe der Tour de France (Quelle: Hessischer Rundfunk)

### Virtuelles Studio

TriVis ist in der Lage, automatisch aus Wettervorhersagedaten dreidimensionale Geometrien zu erzeugen, die das Gelände des Vorhersagegebiets, die Wolken und die Niederschlagsobjekte repräsentieren und sich sehr schnell von Graphikhardware in Bilder umwandeln lassen. Daher eignet es sich ideal für die Integration solcher

Wetterszenen in Produktionen mit Techniken des Virtuellen Studios. Die ARD sendete von der IFA 97 solche Wettervorhersagen aus dem dort aufgebauten Virtuellen Studio in ihrem Mittagsmagazin.

### **Info-Animationen**

Natürlich lassen sich auch andere regionale Animationen, zum Beispiel zu Informationszwecken, mit TriVis generieren. So wurde für die Tour de France 1998 und 1999 jeder Streckenabschnitt von der ARD in einer dreidimensionalen mit TriVis erstellten Computeranimation „abgeflogen“ und vor dem Bericht über die entsprechende Etappe ausgestrahlt (Abb. 11-5). Einige Etappenfilme befinden sich als Beispiele auf der CD-ROM zu diesem Buch.

## **11.6 Bewertung und Ausblick**

Die Beispielfilme auf der beiliegenden CD-ROM, vom Hessischen Rundfunk mit TriVis produziert, zeigen die Leistungsfähigkeit des Systems. Durch seinen hohen Automatisierungsgrad erlaubt TriVis eine kostengünstige Produktion sendefertiger Wettervorhersagefilme auf Graphikworkstations ohne hochspezialisierte Hardware. Gleichzeitig unterstützt das System mit seiner einfach zu handhabenden Benutzerschnittstelle das interaktive Zusammenstellen eines für den jeweiligen Sender individuellen Designs. TriVis ist also zum einen effizient und flexibel und zum anderen mit wichtigen innovativen Techniken, etwa bei der Geländedarstellung oder der Wolkengenerierung, als Alleinstellungsmerkmale ausgestattet.

Die wesentlichen Probleme regionaler meteorologischer Animationen liegen noch bei der räumlichen und zeitlichen Zuordnung der dargestellten Wettergraphiken. So fällt es vielen Zuschauern derzeit noch schwer zu verstehen, daß während des „Wolkenfluges“ in der ARD die Vorhersagezeit angehalten wird, damit die räumliche Verteilung des Wetters ohne seine Dynamik gezeigt werden kann. Auch gibt es wie bei jeder Art der perspektivischen Darstellung dreidimensionaler Objekte auf zweidimensionalen Fernsehgeräten Probleme der Einschätzung ihrer Lage zueinander. In TriVis werden daher zur Zeit die Schatten der Wolken unabhängig von der Tageszeit vertikal auf die Erdoberfläche projiziert, um eine Zuordnung von Wolken zu Erdregionen zu erleichtern.

Technisch gibt es weiter Bedarf an leistungsfähigerer Graphikhardware, vor allem mit größeren Texturspeichern zu niedrigeren Kosten. Neue Verfahren zur Erfassung und Verarbeitung von Satellitenbildern der Erdoberfläche werden höher aufgelöste Oberflächentexturen ermöglichen. Fortgeschrittene Wettervorhersagemodelle liefern gerade im lokalen Bereich immer größere Datenmengen, die der Zuschauer als attraktive Wettervorhersage präsentiert haben möchte. Dafür sind verbesserte Verfahren der Computergraphik notwendig, um die graphische Qualität zu verbessern, die Produktion zu beschleunigen und die Wirtschaftlichkeit zu erhöhen.

## 11.7 Literatur

- Auerbach S, Schaeben H (1990) Surface representation reproducing given digitized contour lines. In: *Mathematical Geology*, Vol. 22, No. 6
- Cianciolo M (1993) Cumulus cloud sense simulation modeling using fractals and physics. In: *Proceedings 9th Conference of the American Meteorological Society*
- Damrath U, Majewski D, Steppeler J (1992) Atmosphäre im Computer - Möglichkeiten und Grenzen der numerischen Wettervorhersage. In: *Zeitschrift c't*, Heft 12
- Fowler RJ, Little J J (1979) Automatic extraction of irregular network digital terrain models. In: *Proceedings of SIGGRAPH79, Computer Graphics* 12 (3)
- Grinstein G, Levkowitz H (1995) *Perceptual issues in visualization*. Springer, Berlin, New York
- Hibbard W, Santek D (1989) *Visualizing large data sets in the earth sciences*. IEEE Computer
- Kaneda K, Kato F, Nakamae E, Nishita T, Tanaka H, Noguchi T (1989) Three dimensional terrain modeling and display for environmental assessment. In: *ACM Computer Graphics*, Vol. 23, No. 3
- Koh EK, Hearn DD (1992) Fast generation and surface structuring methods for terrain and other natural phenomena. In: *EUROGRAPHICS 92 Proceedings*, Vol. 11, No. 3
- Koppert HJ (1990) Interactive revision of an automated significant weather chart. 6th International Conference on Interactive Information and Processing Systems for Meteorology, Oceanography and Hydrology, Anaheim, American Meteorological Society
- Koppert HJ, Schröder F, Sakas G (1993) Visualizing DWD's numerical output for the public. In: *Proceedings of the American Meteorological Society Conference 93*
- Koppert HJ, Schröder F, Hergenröther E, Lux M, Trembilski A (1997) 3D visualisation in daily operation at the DWD. In: *Proceedings of the Sixth Workshop on Meteorological Operational Systems at the ECMWF*
- Lindstrom P, Koller D, Hodges LF, Ribarsky W, Faust J, Turner G (1996) Level-of detail management for real-time rendering of phototextured terrain. Georgia Institute of Technology, College of Computing
- Mandelbrot BB (1983) *The fractal geometry of nature*; Freeman, New York
- Miller GSP (1986) The definition and fendering of terrain maps. In: *ACM SIGGRAPH'86, Computer Graphics*, Vol. 20, No. 4
- Opitz C (1996) Der Flug durch die Wolken - 3D-Wetterkartenproduktion im Hessischen Rundfunk. In: *Journal Fernseh- und Kinotechnik*
- Papathomas TV, Schiavone JA, Julesz B (1988) Applications of Computer Graphics to the Visualization of Meteorological Data. In: *ACM Computer Graphics*, Vol. 22, 4
- Sakas G, Schröder F, Koppert HJ (1993) Pseudo-Satellitenfilm – Using fractal clouds to enhance animated weather forecasting. In: *EUROGRAPHICS'93 Proceedings, Computer Graphics Forum*, NCC Blackwell Publishers
- Schröder F (1993) Visualizing meteorological data for a lay audience. In: *IEEE Computer Graphics and Applications*
- Schröder F (1995) Audience dependence of meteorological data visualization. IFIP WG 5.10 Computer Graphics, Workshop on Perceptual Issues in Visualization, San Jose, CA 1993. In: Grinstein G, Levkowitz H (1995) *Perceptual issues in visualization*. Springer, Berlin, New York

Schröder F, Roßbach P (1994) Managing the complexity of digital terrain models. In: Computers & Graphics, Special Issue on Modelling and Visualisation of Spatial Data in Geographic Information Systems, Pergamon Press

Schröder F (1997) Visualisierung meteorologischer Daten. Springer, Berlin, Heidelberg

Treinish L (1998) Task-specific visualization design: a case study in operational weather forecasting. In: Proceedings of the IEEE VISUALIZATION'98 Conference

Voss R (1985) Random fractal forgeries. ACM Computer Graphics, SIGGRAPH'85 Tutorial Notes

## Animationen zur Ozonbelastung in Österreich und zum Pannonischen Ozonprojekt

WOLFGANG LOIBL, HARALD MAYER

### 12.1 Motivation und Zielgruppe

Eine Gruppe von Wissenschaftlern der Austrian Research Centers, Österreichs größte außeruniversitäre Forschungseinrichtungen mit etwa 500 Wissenschaftlern, befaßte sich in den 80er Jahren mit den Auswirkungen der Belastung des bodennahen Ozons auf die Umwelt. In den 90er Jahren wurde zuerst die räumliche Verteilung der Emission von Ozonvorläuferstoffen und schließlich Bildung und Abbau von Ozon selbst Gegenstand der Forschung.

Ozon wurde in den 80er Jahren von einer breiteren Öffentlichkeit als Problem erkannt. Das stratosphärische Ozon, das als Schutzschild gegen die UV-Strahlung der Sonne in den äußeren Schichten der Atmosphäre in etwa 35km Höhe wirkt, nimmt kontinuierlich ab. Die Konzentration des troposphärischen (bodennahen) Ozons nimmt aufgrund der Schadstoffbelastung der Luft tendenziell zu. Wir beschäftigen uns hier mit dem bodennahen Ozon.

Einer der Autoren, Wolfgang Loibl, war mit der Modellentwicklung der raumzeitlichen Variationen der Luftbelastung mit Ozon und Ozonvorläuferstoffen beauftragt. Aus der Sicht eines Geographen war neben dem *warum* und dem *wieviel* an Ozon vor allem das *wo* und *wann* des Auf- und Abbaus von besonderem Interesse. Das Ergebnis der immer wieder verbesserten Modelle waren Zeitreihen von stündlichen Ozonverteilungskarten für mehrere Jahre, die einige Antworten auf die Fragen zur Ozonverteilung und zu den Verursachern brachten. (Loibl et al 1994, Loibl 1994, Loibl 1997).

Darauf folgte ein weiteres mehrjähriges Projekt, das *Pannonische Ozonprojekt* (POP). Ziel dieses Projektes war, in einem Gebiet mit traditionell hohen sommerlichen Ozonwerten – eben dem Pannonischen Raum zwischen Wien und Bratislava – den Verursachern der Ozonbelastung auf die Spur zu kommen und Auswirkung von Maßnahmen zur Ozonminderung zu simulieren. Kern dieses Projekts war das *POP-Modell*, in dem mehrere Modellmodule für den europäischen Raum integriert wurden: ein Emissionsmodell, ein meteorologisches Modell und ein photochemisches

Simulationsmodell. Das letztere liefert die Ozonkonzentrationen in Luftpaketen entlang von *Trajektorien*, Zugbahnen von Luftpaketen, die den Pannonischen Raum passieren (Baumann et al 1997, Winiwarter et al 1998).

Nach Abschluß dieser Projekte blieb die Frage, wie politischen Entscheidungsträgern, interessierten Laien und auch der Fachwelt

- die Ozonproblematik generell,
- Grundlagen, Methodik und Annahmen der entwickelten Modelle,
- die raumzeitliche Dynamik der Ozon-Vorläufersubstanzen und der Ozonbelastung selbst,
- mögliche Auswirkungen von Reduktionsmaßnahmen auf die Ozonbelastung anschaulich demonstriert werden sollten.

Ziel einer solchen Präsentation sollte schließlich sein, durch ein besseres Verstehen der Ozonbildungsmechanismen eine bessere Akzeptanz von Maßnahmen zur Ozonminderung in der Öffentlichkeit zu erzielen. Nicht zuletzt sollten die politischen Entscheidungsträger von der Notwendigkeit der Maßnahmen überzeugt werden.

Damals, Anfang der 90er Jahre und noch vor dem Multimedia-Boom, wurde als adäquates Medium zur Präsentation von raumzeitlichen Veränderungen der Ozonbelastung die Video-Animation gewählt. Wir fanden im Forschungszentrum Joanneum Research in Graz mit dem Institut für Informationssysteme einen sachkundigen Partner, der sich in einem eigenen Forschungsschwerpunkt mit der Simulation und Visualisierung von technisch-wissenschaftlichen Fragestellungen beschäftigt.

## **12.2 Konzeption und Umsetzung**

### **12.2.1 Allgemeines zur Videoumsetzung**

Bevor wir uns an die Realisierung des ersten Videos wagten, stellten wir eigene Überlegungen zu Gestaltungsprinzipien an. Damals waren uns keine Anwendungen im Bereich der kartographischen Animation bekannt. Wir konnten nur auf die Erfahrungen im Bereich der Animation technischer Inhalte von Joanneum Research aufbauen. Die verschiedenen Möglichkeiten der Animation im Sinne einer computer-generierten bewegten Darstellung sind in anderen Beiträgen dieses Buches beschrieben. Auf einige für uns wesentlichen Punkte soll hier aber doch kurz eingegangen werden.

### **12.2.2 Grundsätzliches**

Animation wird häufig eingesetzt, um zu unterhalten, um Aufmerksamkeit zu erregen oder Interesse zu wecken. Die eigentliche Bestimmung von Animationen ist die möglichst reale und anschauliche Vermittlung von Bewegungsabläufen oder Veränderungen innerhalb eines Raumes. Der Zweck von Animationen ist demnach

die Nutzung von bewegten Darstellungen zur Verdeutlichung von Problemstellungen oder deren Lösungen.

So kann die Visualisierung, etwa von Strömungsprozessen innerhalb eines Motors, von Temperaturverteilungen in einer Brennkammer oder von Schadstoffverteilungen im Raum, dem Betrachter die Möglichkeit geben, Zustände und Beziehungen und deren Veränderung im Zeitablauf zu erfassen, Einsichten zu gewinnen und Lösungen abzuleiten.

### 12.2.3 Zur kartographischen Animation

Die Autoren sind der Auffassung, daß der Einsatz von Animation in der Kartographie deshalb auf jene Fragestellungen beschränkt werden soll, bei denen Animation Sinn macht: für die Darstellung von raumzeitlichen Veränderungsprozessen oder Bewegungen im Raum, zum Beispiel Wanderungsströme oder Luftdruck-Veränderungen. Neben der Förderung des besseren Verständnisses für den jeweiligen raumzeitlich variierenden Sachverhalt ist das Wecken des Interesses für die Fragestellung durch eine spektakuläre, weil bewegte Präsentation natürlich ein angenehmer Nebeneffekt. Dem Vorteil der Animation, die kurzweilige Präsentation von Information, stehen aber auch einige Nachteile gegenüber. Bewegte Bilder beschreiben zeitliche Abläufe; die dargestellten Zustände verändern sich dabei ständig. Dadurch wird die Aufmerksamkeit auf die Betrachtung der Veränderung gelenkt und damit weg vom eigentlichen Inhalt. Daraus folgt, daß die bewegte Darstellung dieser Abläufe wesentlich einfacher und übersichtlicher sein muß, als man es von traditionellen kartographischen Produkten erwartet.

Gute Produkte aus dem Bereich der traditionellen thematischen Kartographie zeichnen sich dadurch aus, daß darin komplexe Sachverhalte und ihre räumlichen Zusammenhänge im richtigen Maßstab schlüssig dargestellt werden, zum Beispiel durch geeignete Farbgebung und Symbolik. Die topographische Hintergrundinformation mit einem auf Maßstab und thematischen Inhalt der Karte abgestimmten Generalisierungsgrad wird dabei zur Orientierung des Betrachters in die Darstellung integriert. Derartige gute Produkte werden zum längeren Verweilen bei dem Kartenblatt einladen, um alle in der Karte versteckten Informationen zu suchen und zu verstehen. Die Kartenlegende kann bei komplexen Inhalten durch Erläuterungstexte ergänzt werden.

Ganz anders ist die Situation bei animierten kartographischen Darstellungen. Hier sind neben den thematischen Inhalten die betrachtungspsychologischen Aspekte und technische Randbedingungen stärker zu beachten.

Der Betrachter hat vier Dinge zeitgleich zu bewältigen:

- Erfassen des dargestellten Inhalts,
- Verstehen von Ausmaß und Lage der räumlichen Veränderung des Inhalts,
- Orientierung in der Zeit, das Herstellen des Bezugs zwischen thematischem Inhalt und zeitlicher Veränderung,

- Erinnerung an die bereits vergangene Bildsequenz.

Die wesentliche technische Randbedingung, der vielleicht zu selten Aufmerksamkeit geschenkt wird, ist die geometrische Auflösung der präsentierten Inhalte. Auf dem herkömmlichen Ausgabemedium Papier sind mit Druckern Auflösungen von 1200 dpi (Punkte pro Zoll) und mehr möglich. Bei Ausgabemedien wie Computerbildschirmen, Fernsehgeräten sind dem Multimedia-Produzenten wie dem Betrachter erhebliche visuelle Beschränkungen auferlegt. So beträgt die Auflösung von Bildschirmen umgerechnet auf Druckerauflösung nur 70 bis 100 dpi, bei Fernsehgeräten und VHS-Recordern liegt sie noch darunter.

Auch daraus läßt sich ableiten, daß kartographische Animationen so einfach wie möglich inszeniert werden sollen. Die folgend angeführten Erfahrungsregeln zeigen, daß der Kartograph bei der Erstellung der Einzelbilder für eine Animationssequenz andere Gestaltungskriterien anwenden muß. Weniger detaillierte, von der Farbgebung her stärker akzentuierte Bilder werden verlangt. Die Verwandtschaft zu Comics wird deutlich, denn wir erinnern uns: Computeranimationen sind computergenerierte Zeichentrickfilm-Sequenzen.

#### 12.2.4 Darstellungsprinzipien

Die Darstellungsprinzipien sind nach Auffassung und Erfahrungen der Autoren in beiden Fällen etwa die gleichen.

**Hintergrundinformation** darf bei animierten kartographischen Darstellungen nur aus einfachen Elementen bestehen, wie Grenzlinien, Siedlungen, im größeren Maßstabsbereich auch großen Flüssen und Hauptverkehrswegen, und blasser Geländeschummerung. Der Hintergrund soll sparsam angelegt sein, so daß er gerade noch zur Orientierung des Betrachters ausreicht. Die Linienelemente müssen im Vergleich zur gedruckten Karte aufgrund der geringeren Auflösung wesentlich stärker generalisiert werden.

Die Verwendung von **feinen Linien und Strukturen** ist zu vermeiden. Haarlinien (1 Pixel breit) dürfen nicht verwendet werden, da diese hohen Frequenzen im Videosignal bei Videoaufzeichnungen für den Hausgebrauch, etwa VHS, aufgrund der geringen Signalbandbreite nicht mehr richtig wiedergegeben werden. Eine Lösung dieses Problems kann der Einsatz von Anti-Aliasing sein. Dabei werden harte Übergänge zwischen Objekten im Vordergrund und dem Hintergrund geglättet. Im wesentlichen simuliert man damit einen Vorgang, der bei der Aufnahme von Realszenen mit einer Kamera automatisch erfolgt. Die Pixel in der unmittelbaren Umgebung von Objekten werden mit einer Mischfarbe zwischen Hintergrund und Vordergrund kodiert. Dadurch verringert sich die Frequenz des Videosignals in diesem Bereich, der Übertragungsverlust durch Bandbreiten-Begrenzungen wird wesentlich kleiner und das Flimmern derartiger Bildelemente geringer. Aus diesem Grund sollten serifenlose Schriften im fetten Schriftschnitt mit einer Höhe von mindestens zwölf, besser zwanzig Pixeln verwendet werden.

**Kartensymbole** sollten einfach und mindestens 5 x 5 Pixel groß sein. Weiter sollten keine größenproportionalen Symbole eingesetzt werden, da deren Größenunterschied im bewegten Bild schwierig zur Erkennen ist und nur bei längeren Einstellungen erfaßt werden kann. Nach Meinung der Autoren sollten in Animationen deshalb für Punktinformationen als Unterscheidungskriterium Farben anstatt Größenklassen verwendet werden.

Die **Farbgebung** muß den Ausgabemedien angepaßt sein. Die Farbräume der Medien sind sehr unterschiedlich. Nicht alle Farben, die auf Papier gut wirken, sind auf einem Computerbildschirm darstellbar (Hagen et al 1993, Webers 1993). Das Fernsehbild bzw. das Videosignal (speziell VHS) schränken diese Möglichkeiten nochmals ein. Es können nicht alle Farben aus der Computergraphik über Video dargestellt werden. So dürfen für Videoanimationen keine sehr hellen Farben verwendet werden. Vor allem ist bei VHS die Verwendung von starkem Rot problematisch, da es zum „Ausfransen“ des Bildes kommen kann. Bei der Farbgebung von Linien und Symbolen ist auf die Umgebungsfarben zu achten.

**Kontraste** zwischen Linien/Symbolen und Hintergrund und zwischen Farbklassen müssen stärker als bei Printmedien sein, damit eine einwandfreie Unterscheidung möglich ist. Dies ist gerade bei Video-Wiedergabe aufgrund der schlechteren geometrischen Auflösung von noch größerer Bedeutung als bei Wiedergabe auf Computermonitoren.

Bei Darstellung von **kontinuierlichen Inhalten**, zum Beispiel Lufttemperatur oder Seehöhe, sollte ein kontinuierlicher Farbkeil mit breitem Farbspektrum, etwa die Folge Blau, Grün, Gelb, Orange, Rot, Violett, anstatt von Farbklassen verwendet werden. Dies widerspricht an sich den etablierten Regeln für die kartographische Gestaltung. In einer Videosequenz jedoch hat der Betrachter bei der Darstellung von Quantitätsänderungen durch Helligkeitsänderungen keine ausreichende Unterscheidungsmöglichkeit zwischen den dargestellten Werten, weshalb von diesem Gestaltungsprinzip Abstand genommen wurde.

Eine **Diskretisierung** von kontinuierlichen Inhalten in Klassen bei der Animation sollte vermieden werden. Sie führt zu unangenehmen Blinkeffekten und suggeriert sprunghafte anstatt kontinuierliche Veränderungen. Nachteilig wirkt sich aus, daß eine konkrete Wertzuordnung zu den Farben nicht mehr stattfinden kann. Doch solche Zuordnungen sind bei Animationen ohnehin nur schwer möglich. Sie werden durch assoziative Farbgebungen kompensiert, zum Beispiel durch Farben, die der Betrachter mit den Eigenschaften *gut*, *problematisch* oder *gefährlich* verbindet.

**Legenden** müssen ebenfalls einfach gehalten werden. Sie sollten im Idealfall als Farbband mit kontinuierlichem Farbverlauf dargestellt werden. Der Betrachter kann daran seine Farbassoziationen überprüfen und anhand von Wertzuordnung zu Farbbereichen konkretisieren. Auf Symbollegenden sollte verzichtet werden.

Bei der Darstellung von **Zeitverläufen** ist das Einblenden dieses Verlaufs wichtig für die Betrachter, um eine Beziehung zwischen räumlicher Veränderung/Bewegung und zeitlichem Ablauf herstellen zu können. Hier hat sich ein Zeitbalken

mit wanderndem Zeiger bewährt. Die Wanderung des Zeigers wird am Rande des Betrachtungsfeldes registriert, ohne unnötig vom eigentlichen Inhalt der Animation abzulenken. Digitale oder analoge Uhren hingegen lenken die Blicke immer wieder auf die umspringenden Ziffern oder rotierenden Zeiger.

Die Einfügung von zusätzlichen **Erläuterungen** ist oft schwierig. Erläuterungen werden im Idealfall durch einen Sprechtext vermittelt, der in Länge und Betonung der Animationssequenz anzupassen ist. Mehr als ein bis drei Sätze sind je Sequenz kaum unterzubringen, vor allem, wenn der Grundsatz befolgt wird, keine zu langen Einstellungen zu zeigen. Mit zunehmender Länge der gleichen Einstellung nimmt die Aufmerksamkeit der Betrachter kontinuierlich ab. Gewöhnlich wird bei der Festlegung des Sprechtextes um Worte und Satzstellungen gerungen, um die gewünschte Information in den zur Verfügung stehenden Sekunden unterzubringen. Wenn kein Sprechtext möglich oder sinnvoll ist, sollten die notwendigen Erläuterungen jeweils vor der animierten Sequenz gezeigt werden.

## 12.3 Drehbuchkonzeption

Wir präsentieren hier unsere Erfahrungen bei der Computeranimation und Video-Umsetzung der Sequenzen für die Präsentation von Ozon-bezogenen Projekten der letzten Jahre in zwei Videofilmen.

### 12.3.1 Ozonbelastung in Österreich

Das erste Video wurde in den Jahren 1992 geplant und 1993/1994 hergestellt. Es enthält:

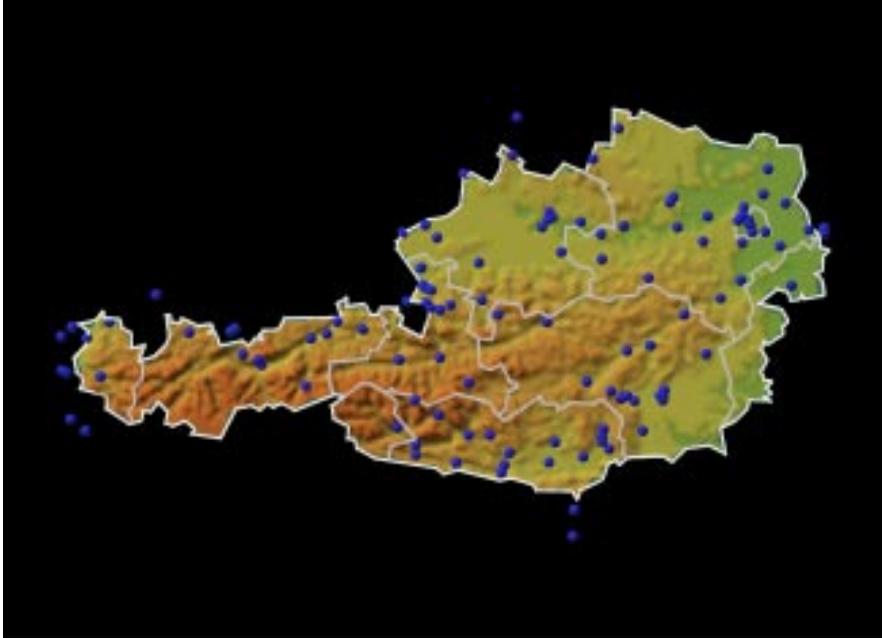
- eine allgemeine Einführung in die Ozonproblematik,
- Darstellung der Modellmechanismen,
- als Modellergebnis die beispielhafte Darstellung der raumzeitlichen Modellierung jener viertägigen Ozon-Episode des Sommers 1992, während der die bislang höchsten Ozonwerte im Wiener Raum festgestellt wurden.

#### Hauptsequenz 1: Ozonproblematik

Die Einführung in das Thema wurde durch einen Sprechtext vorgenommen und visuell durch vorbeigleitende Zeitungsschlagzeilen zu Thema Ozonbelastung verdeutlicht. Hintergedanke war, dem Betrachter einen Realitätsbezug zum Sprechtext zu liefern.

Die Darstellung der räumlichen Verteilung der Ozon-Meßstationen in Österreich als Basis für die Modellierung wurde nicht als Standbild visualisiert, sondern die Meßstationen wurden als Kugeln vorbei am Betrachter zu ihren Positionen auf einer Österreichkarte „geflogen“. Der Leser sollte während des längeren Sprechtextes nicht durch ein statisches Bild gelangweilt werden. Die Österreich-Karte wurde als farbkodierte Höhendarstellung mit Schummerung präsentiert. Die Farbkodierung entspricht der Höhendarstellung in Schulatlanten, mit den Farbstufen Grün, Gelb,

Braun, Rot, Grau und Weiß, mit verstärkten Farbkontrasten. Grundlage der Höhenstufen und der Schummerung war ein digitales Höhenmodell mit einer Maschenweite von 1 km. Die Schummerung wurde mittels Gouraud-Shading realisiert (Foley et al 1990). Dabei wurde der für Karten üblichen Beleuchtungswinkel aus nordwestlicher Richtung bei 45° Neigung der Beleuchtungsquelle benutzt. Die technische Umsetzung ist im Abschnitt 12.4 beschrieben (Abb. 12-1, Animationsdatei Ani12-1.mpg).



**Abb. 12-1** Ozon-Meßpunkte, auf die Österreichkarte hinfliegend

### **Hauptsequenz 2: Modellbeschreibung**

Daran anschließend wurde das Prinzip einer Modellierung der kleinräumigen raumzeitlichen Variation der Ozonbelastung durch einen Sprechtext erläutert, die erste Schlüsselpassage des Videos. Die unterschiedlichen Tagesgänge in Tal- und Höhenlagen wurden in einem Liniendiagramm dargestellt. Auf der x-Achse wurde die Uhrzeit in Stunden und auf der y-Achse die mittlere Ozonkonzentration der jeweiligen Tageszeit in ppb (parts per billion) für zwei konträre Höhenstufen aufgetragen. Der Anstieg und der Rückgang der Ozonkonzentration während des Tages wurde durch entlang der Zeitachse wachsenden Linien visualisiert. Die Bewegung der Linien entlang der Zeitachse verdeutlicht den Betrachtern die Geschwindigkeit der Zu- und Abnahme der Ozonkonzentration über eine kurze Zeitspanne.

Das hinter der raumzeitlichen Variation der Ozonkonzentration stehende Ursachen-Wirkungsgefüge wird hier vereinfacht wiedergegeben: In Tallage steigt die Ozonkonzentration im Sommer während des Tages bei hoher Sonneneinstrahlung und Schadstoffbelastung ( $\text{NO}_2$ , HC-Verbindungen) steil an und wird in den Abend- und Nachtstunden, bedingt durch stetige Schadstoffemission, wieder abgebaut. In Berggebieten ist die Ozonkonzentration ständig auf höherem Niveau, aus den Tälern wird tagsüber durch konvektive Luftströmungen für Nachschub an Ozon und Ozonvorläuferstoffen gesorgt und auch Ozon gebildet. In den Nachtstunden wird in der reineren Bergluft weniger Ozon abgebaut. Die raumzeitliche Variation wurde anhand der halbstündlichen Meßdaten mehrerer Jahre an etwa 100 Meßstationen in eine empirische Funktion mit Uhrzeit und Höhe über Talboden als Prediktorvariablen übersetzt.

Die Übersetzung dieser Tagesgänge in ein empirisches Modell – eine sogenannte Response-Funktion – gelang durch Einbezug der Geländehöhe der Meßstationen über Talboden und der Tageszeit. Diese Übersetzung wurde verdeutlicht durch eine 3D-Verwandlung der Tagesgangkurven in eine Tagesgangfläche mit der Tageszeit entlang der x-Achse, der Geländehöhe entlang der y-Achse und der Höhe der Ozonkonzentration entlang der z-Achse.

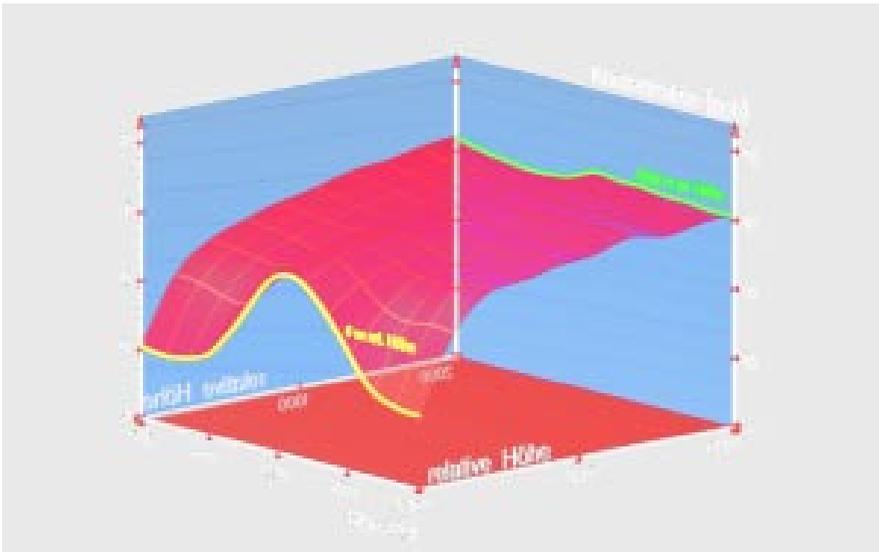


Abb. 12-2 Ozonkonzentration in Abhängigkeit von Tageszeit und Geländehöhe

Die Abb. 12-2 zeigt die 3D-Fläche der Ozonkonzentration als Funktion aus Tageszeit und Geländehöhe. Die Linien entlang der Zeitachse zeigen die Tagesgänge der durchschnittlichen Ozonkonzentration für unterschiedliche Geländehöhen. Die unterste und die oberste Linie, bzw. die vordere und hintere Grenze der 3D-Fläche,

ist jeweils eingefärbt. Es sind jene Linien aus dem oben erwähnten Diagramm, die entlang der Zeitachse gewachsen sind (Animationsdatei Ani12-2.mpg). Die weitere Erläuterung des Modells erfolgte durch den Sprechtext. Die graphische Untermauerung der Erläuterungen erfolgte durch das waagrechte Vorbeiführen der Response-Funktion, die dem Modell zugrunde liegt.

Die Ergebnisse dieses Modells, eine Zeitreihe von stündlichen Ozonkarten, wurde durch „Umblättern“ von Einzelkarten animiert dargestellt. Die Darstellung der Ozonkonzentration erfolgte durch einen kontinuierlichen Farbkeil mit breitem Farbspektrum von Blaugrün nach Violett. Die Karten bestanden nur aus Farbflächen und einem Umriß von Österreich auf weißem Grund. Eine Legende wurde hier noch nicht dargestellt, weil auf die Modellergebnisse nur qualitativ hingewiesen wurde.

### Hauptsequenz 3: Modellergebnisse

Bis hierher wurde eine computergenerierte rhythmische Hintergrundmusik eingeblendet, wenn kein Text gesprochen wurde. Die Überleitung zur konkreten Animation von raumzeitlichen Ozonbelastungen erfolgte als Sprechtext durch Erläuterung des Beitrags von Joanneum Research. Die grafische Gestaltung dieser Sequenz war der Überflug eines farbkodierten und schattierten Höhenmodells von Österreich von Westen nach Osten. Als akustisches Signal für diesen neuen Abschnitt im Film wurde die Musik geändert. Der Charakter der Musik wurde dramatisch, um den Ernst des nun Gezeigten, nämlich die hohe Ozonbelastung, zu betonen (Animationsdatei Ani12-3.mpg).

Darauf folgt die zweite Schlüsselpassage, die Darstellung der Variation der raumzeitlichen Ozonbelastung während einer Ozon-Episode von fünf Tagen mit der gleichen Farbgebung wie bei den statischen Einzelkarten (Datei Ani12-4.mpg). Hier ergänzt der erklärende Sprechtext die animierten Bildern ideal. Die während der Nachtstunden geringen Ozonwerte in den Tälern und moderaten Werte in den Berggebieten wurden in Blau-Grün und Ocker dargestellt. Der Ozonanstieg am Vormittag wurde durch immer wärmere Farbtöne – Orange und Rot – visualisiert. Die Ozonmaxima der frühen Nachmittage wurden durch „giftige“ Farben, in diesem Fall grelle Pinktöne, dargestellt. Als Übersichtskarte wurde links oben eine kleine Österreich-Karte mit einer Rot-Grünskala eingeblendet. Sie sollte die Überschreitung des für Menschen problematischen Grenzwertes von 60 ppb signalisieren und die Dramatik der regionalen Belastung verstärkt darstellen.

Um die Künstlichkeit der Darstellung zu mildern und den Bezug des Gezeigten zur Realität für den Betrachter leichter zu vermitteln, wurden die animierten Karten mit einer Schummerung versehen. Der Bildhintergrund wurde dunkel gewählt, damit die Farbverläufe, vor allem in der Videopräsentation, entsprechend zur Geltung kommen. Die Schummerung hat jedoch, wie sich später immer wieder zeigte, noch einen weiteren wichtigen Effekt. Sie läßt auch den Betrachter, der mit der österreichischen Topographie nicht vertraut ist, die Aussage im Video verifizieren, daß die Ozonkonzentration in Berggebieten einen gänzlich anderen Verlauf nimmt als in den Tal- und Beckenlagen. Die Legende, beschränkt auf die Zuordnung von Ozon-

konzentrationen zu Farben, wurde als Farbbalken am unteren Rand des Bildes eingeblendet. Die zeitliche Orientierung des Ablauf der Ozonbelastung wurde durch eine ins Bild eingeblendete laufende Digitaluhr ermöglicht.

Trotz der begleitenden Sprechtexte und der dramatischen Musik läßt die Aufmerksamkeit der Zuseher bereits bei der Darstellung des Ozonverlaufs am dritten von vier Tagen nach. Der Höhepunkt der Ozonepisode am dritten Tag wird zumindest beim wiederholten Betrachten des Videos nur mehr randlich wahrgenommen. Im Nachhinein gesehen hätte die Darstellung der Episode auf drei Tage verkürzt ausgereicht.

### Überleitung zwischen den Videosequenzen

Die Überleitung zur jeweils nächsten Sequenz erfolgte durch Zwischentexte, die auf den kommenden Inhalt hinweisen. Die Zwischentexte zu den einzelnen Abschnitten wurden durch an ihren Platz tanzende Buchstaben animiert präsentiert. Inzwischen erscheint uns diese Art der Animation etwas deplaziert. Heute würden wir für eine seriösere Darstellung der Texte plädieren. Vor und Abspann wurden durch „fliegende“ Logos der am den Projekten beteiligten Institutionen im Hintergrund aufgelockert, was allerdings wiederum das Lesen des Vor- und Abspanns erschwerte.

### Sprechtexte

Die Sprechtexte wurden bei diesem Video nach der Fertigstellung der Video-Sequenzen dazugesprochen, wobei eine deutsche und eine englische Version erstellt wurde. Die Texte waren kurz konzipiert, so daß kaum Schwierigkeiten beim Tonschnitt auftraten.

### 12.3.2 Pannonisches Ozonprojekt (POP)

Das erste Video hatte durchweg eine positive Resonanz. Bei den öffentlichen Präsentationen wurde das Video generell gelobt. Schließlich wurden die wesentlichen Sequenzen unter anderem in der ORF-Wissenschaftssendung *Modern Times* österreichweit ausgestrahlt. Deshalb lag es nahe, auch die Ergebnisse des *Pannonischen Ozon-Projektes* (POP) der Öffentlichkeit durch ein Video verständlich näherzubringen. Das zweite Video wurde in den Jahren 1996 bis 1998 hergestellt.

Auch dieses enthält nach einer kurze Einführung in die Ozonproblematik

- die Darstellung des Auf- und -abbaus der Ozonkonzentration über Österreich für einen Tag des Jahres 1992,
- die Beschreibung der Modell-Module,
- die Darstellung von Meßergebnissen,
- die Darstellung von Modellergebnissen,
- Schlußfolgerungen aus Szenarioläufen mit alternativen Maßnahmen zur Ozonminderung (Loibl und Cabela 1998, Baumann et al 1997).

### Hauptsequenz 1: Einführung in die Ozonproblematik

Nach den Erfahrungen aus dem ersten Video wurde die animierte Umsetzung der Inhalte etwas modifiziert. So wurden in das zweite Video gleich zu Filmbeginn Real-Szenen integriert. Zeitraffer-Aufnahmen von Ozon-Begasungsversuchen, Aufnahmen von Waldschäden, von rauchenden Schornsteinen, Fabriksschloten und Autos begleiten den in die Problematik einführenden Sprechtext. Damit wurde für den Zuseher gleich zu Beginn der Bezug zur Realität viel leichter hergestellt. Auch sind die Zeitraffer-Aufnahmen des Fortschreitens von Blattschäden viel glaubhaftere Beweise für Ozonschäden als Schlagzeilen aus den Printmedien. Allerdings war der Aufwand für die wenige Sekunden dauernde Einstellung erheblich. Für die Zeitraffer-Aufnahmen war eine automatische Kamera über zwei Monate im Einsatz.

### Hauptsequenz 2: Verweis auf die bisherigen Arbeiten zum Thema Ozonbelastung

Nun folgt ein Sprechtext über die laufende Ozonüberwachung und ein Verweis auf die vergangenen Projekte zur Modellierung der raumzeitlichen Variation der Ozonbelastung über Österreich. Dazu wurde aus dem ersten Video die Animation der Ozonkonzentration über Österreich während eines Tages übernommen. Allerdings wurde dabei auf die kleine Nebenkarte verzichtet, der Hintergrund weiß belassen und die Digitaluhr durch einen Zeitbalken mit wanderndem Zeiger ersetzt. Die laufenden Ziffern der Digitaluhr im ersten Video machten das Bild unruhig und ließen den Blick der Betrachter immer wieder von der Karte hin zur Digitaluhr am unteren Bildrand abschweifen (Animationsdatei Ani12-5.mpg).

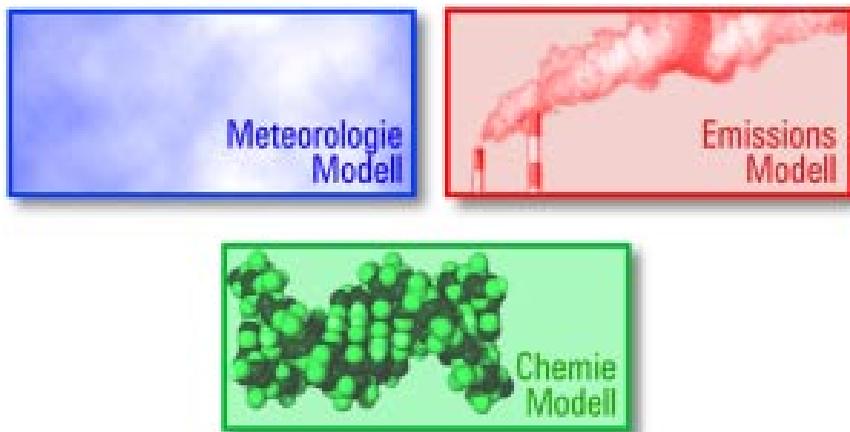


Abb. 12-3 Schema der POP-Module

### Hauptsequenz 3: Darstellung der POP-Projektziele

Als nächste Einstellung folgte ein Interview mit dem für das Projekt zuständigen Referenten aus dem Umweltministerium über die Problematik der Ozonbelastung in

Ostösterreich und über Projektziele und Erwartungen. Die Aufnahme im Arbeitszimmer des Beamten verleiht dem Text noch mehr Authentizität.

#### Hauptsequenz 4: Erläuterung des Modellablaufs

Während im ersten Video bei der Erklärung des Modells Kurvendiagramme und 3D-Flächen vom gesprochenen Inhalt ablenkten, wurden nun textsynchrone graphische Inhalte präsentiert. Eingebildet wurde ein einfaches Diagramm zur Verdeutlichung des Zusammenspiels der drei Modellmodule. Durch kurzzeitige Farbunterlegung jeweils eines Diagrammkästchens wurde der Betrachter durch das Modell navigiert und der Bezug zum jeweils präsentierten Sprechtext hergestellt (Abb. 12-3). In den später folgenden Zwischentiteln wurde das Diagrammkästchen des entsprechenden Moduls durch Farbunterlegung gegenüber den grau gehaltenen anderen Modulen hervorgehoben.

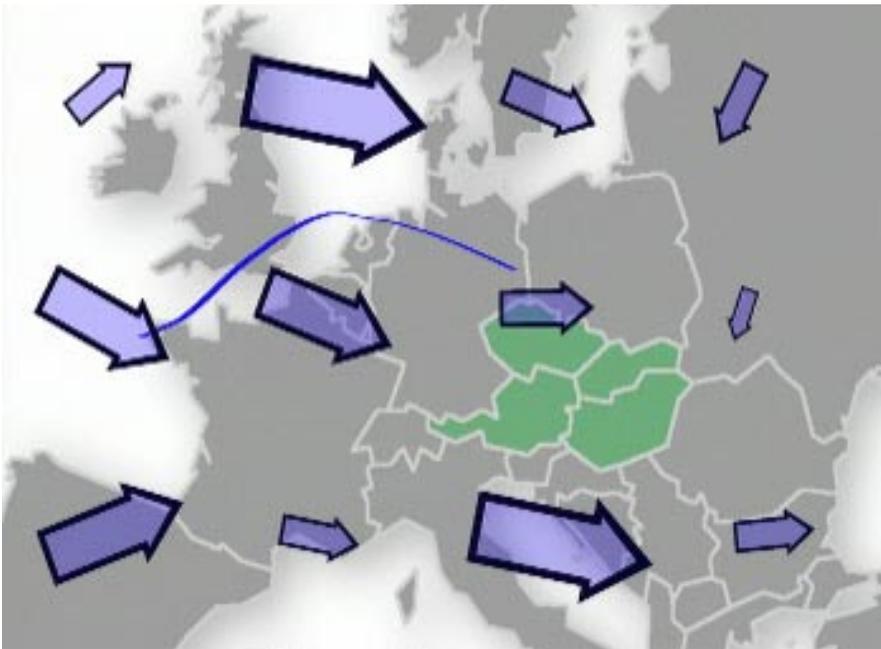


Abb. 12-4 Trajektorien über Europa

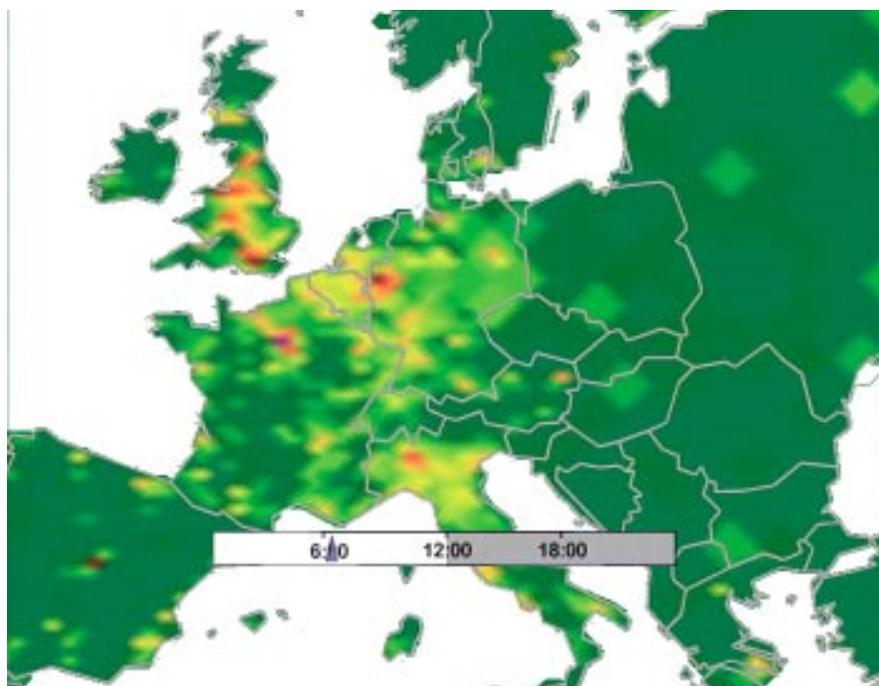
#### Hauptsequenz 5: Meteorologie-Modul

Parallel zu dem das Meteorologiemodul erläuternden Sprechtext wurden Zugbahnen von Luftpaketen auf einer in grau gehaltenen einfachen Europakarte mit weißen Ländergrenzen dargestellt. Der pannonische Raum (Ostösterreich und der angrenzende Osten) wurde durch grüne Einfärbung der einzelnen Länder hervorgehoben. Die Zugbahn eines Luftpaketes wurde als dicke dunkle Linie eingezeichnet, die mit der Wanderung des Luftpaketes weiterwächst. Die wechselnden Windrichtungen

wurden durch unterschiedlich gerichtete, sich drehende Pfeile über Europa dargestellt (Abb. 12-4, Animationsdatei Ani12-6.mpg).

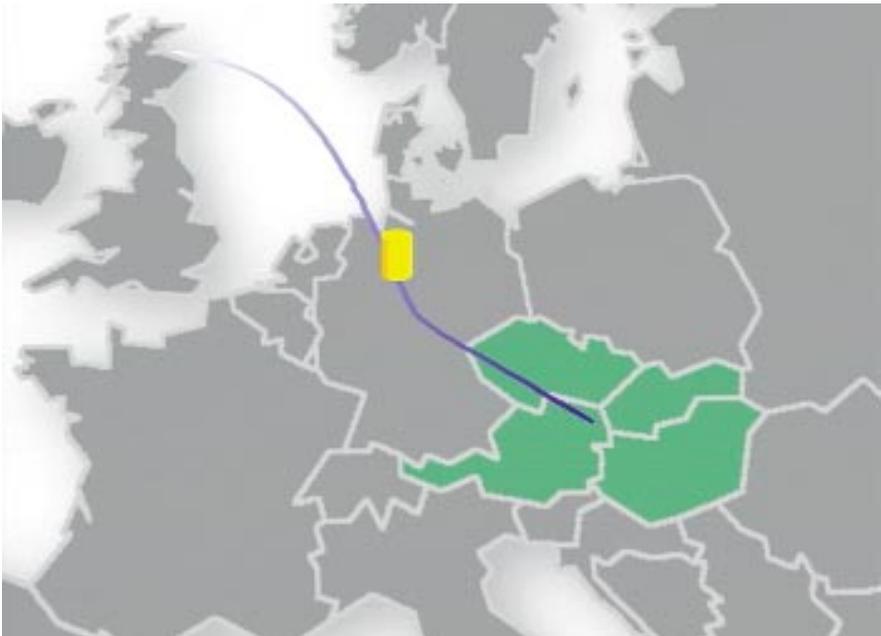
### Hauptsequenz 6: Emissions-Modul

Die Präsentation des Emissionsmoduls wurde durch die raumzeitliche Variation von Schadstoff-Emissionen über Europa begleitet. Sie erfolgte hier ähnlich wie jene der Tagesgänge in der Ozonkonzentration durch Farbverläufe. Als Grundfarbe wurde ein sattes, saubere Luft signalisierendes Dunkelgrün gewählt. Hohe Emissionsbelastungen wurden durch einen Farbverlauf von Gelb über Rot nach Violett deutlich gemacht. Zuerst wurde die Belastung Europas mit flüchtigen organischen Verbindungen in einem Standbild mit dem Bezugsgitter (50 km Maschenweite) eingeblendet. Daran anschließend wurde als Detail Österreich und die östlich angrenzenden Länder Slowakei, Tschechien und Ungarn mit Emissionsdaten in feinerer geometrischer Auflösung (5 km) gezeigt. Dann wurde auf das engere POP-Untersuchungsgebiet gezoomt und ein Tagesgang der Emissionsbelastung mit flüchtigen Kohlenwasserstoff-Verbindungen in diesem Raum visualisiert. Wie beim ersten Video wurde die Legende der Schadstoffkonzentrationen durch einen Farbbalken mit kontinuierlichem Farbverlauf dargestellt, hier allerdings senkrecht am rechten Rand, um Platz für den Zeitbalken zu schaffen. Der Zeitbalken am unteren Bildrand zeigt den tageszeitlichen Verlauf der Emissionsbelastung (Details bei Loibl und Züger 1997)



**Abb. 12-5** Animation raumzeitlicher Emissionsmuster über Europa.

Nun folgt die erste Schlüsselpassage, die dem Betrachter die gesamteuropäischen Einflüsse auf die lokale Ozonbelastungen deutlich machen soll. Für Gesamt-Europa wurde der Tagesgang der  $\text{NO}_x$ -Emissionen in der bereits bekannten Farbverlaufsdarstellung präsentiert, allerdings nur mit Zeitbalken und ohne die schon bekannte Legendeninformation (Abb. 12-5). Diese wenige Sekunden dauernde Sequenz zeigt durch orange-rotes Aufglühen einzelner Regionen vom Vormittag bis in die späte Nacht eindrucksvoll die gesamteuropäischen Belastungszentren, am deutlichsten Mittelengland, das Ruhrgebiet, die Rheinmündung, Südpolen und Norditalien (Animationsdatei Ani12-7.mpg).



**Abb. 12-6** Visualisierung der photochemischen Prozesse

### Hauptsequenz 7: Chemie-Modul

Die Präsentation des Chemiemoduls wird durch ein statisches Flußdiagramm eingeleitet, das durch den Sprechtext erläutert wird. Die zweite Schlüsselpassage ist die Darstellung der chemischen Reaktionen im Luftpaket während der Wanderung über Europa. Der POP-Untersuchungsraum und die angrenzenden östlichen Länder sind grün unterlegt. Das Luftpaket wurde als gelber 3D-Zylinder visualisiert. Bei der Erklärung der photochemischen Vorgänge im Luftpaket erfolgt ein Zoom auf den Zylinder, in dem bunte Punkte zu tanzen beginnen, als Symbole für die beteiligten chemischen Reaktionen. Der Einfluß der Sonnenstrahlung wurde als durch den Zylinder zuckende blaßgelbe Zickzack-Linien dargestellt. Dann wurde wieder auf

den Pannonischen Raum herausgezoomt und der weitere Weg des Luftpakets hin in den Wiener Raum durch eine Linie angedeutet (Abb. 12-6, Animationssequenz Ani12-8.mpg).

### Hauptsequenz 8: Modellvalidierung

Die Sequenz beginnt mit einem Standbild des Meßflugzeugs. Dann folgen reale Flugaufnahmen vom Neusiedler See, jenem großen Steppensee 50 km südlich von Wien, der während der Flugmessungen gelegentlich überflogen wurde. Auch mit dieser Realszene wird die Authentizität der vermittelten Inhalte betont. Der Charakter der Musik ändert sich signifikant bei den Flugaufnahmen. Diese Änderung dient als Signal für den Zuseher, daß nun eine andere entscheidende Projektphase präsentiert wird, die der Modellvalidierung und der Ergebnisdarstellung. Daran schließt eine Animation der Ergebnisse eines Meßfluges. Die gemessenen Ozonkonzentrationen und ihre Veränderung wurden durch Farbkodierung der breit gezeichneten Flugbahnen dargestellt. Es wurde der gleiche Farbkeil wie bei der Animation des Tagesgangs der Ozonkonzentration über Österreich verwendet. Als Hintergrund sind nur die Ländergrenzen, die Stadtgrenzen von Wien und Bratislava und die Donau auf grauem Grund dargestellt. Die Hauptwindrichtung während des Meßfluges wird durch einen Pfeil verdeutlicht (Abb. 12-7, Animationsdatei Ani12-9.mpg).

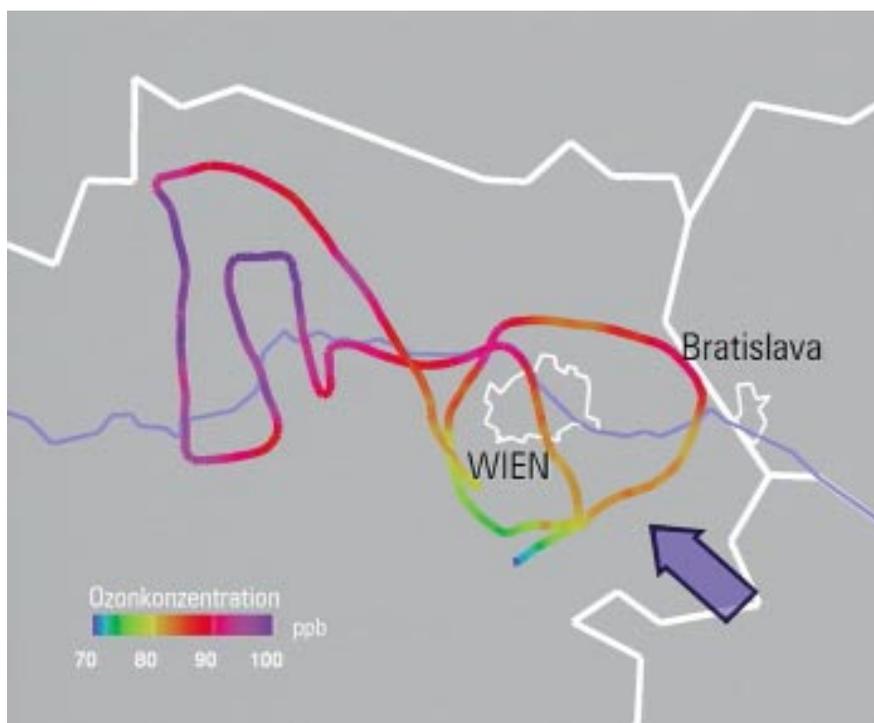
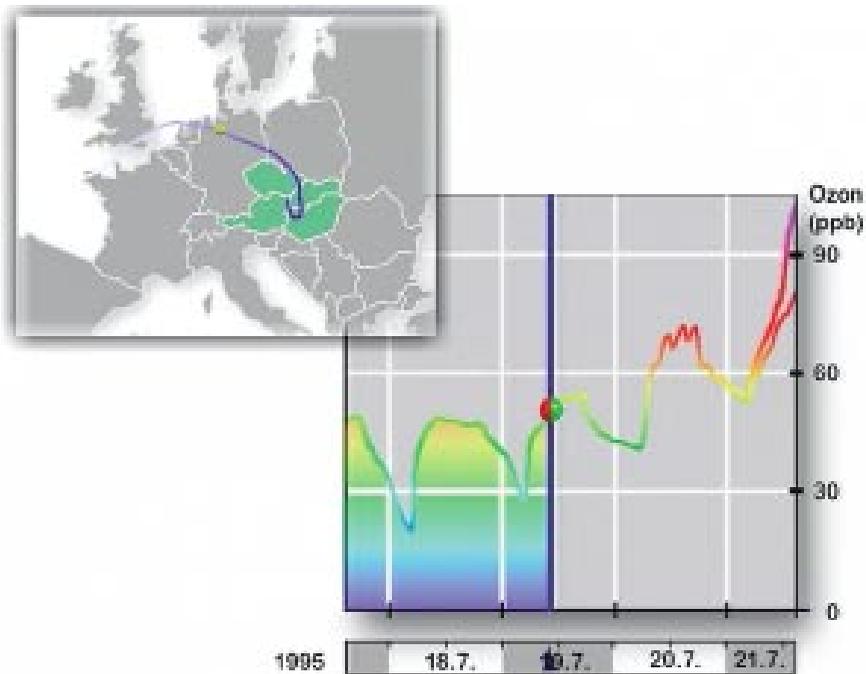


Abb. 12-7 Flugmessungen der Ozonbelastung

### Hauptsequenz 9: Modellergebnisse

Nun folgt der letzte Teil der Projektpräsentation, die Darstellung von Modellergebnissen und Szenarioläufen. Der Auf- und Abbau der Ozonkonzentration in zwei Luftpaketen, die in einem Zeitabstand von 3 Stunden über Europa ziehen, wurde durch die bereits bekannte Europakarte mit der Trajektorie dargestellt, ergänzt durch ein großes Liniendiagramm mit der Zeit auf der x-Achse und der Ozonkonzentration auf der z-Achse. Die zeitliche Position des Luftpaketes im Diagramm wurde durch eine wandernde Kugel auf der bereits vorgezeichneten Konzentrationslinie repräsentiert. Die Ozonkonzentration wird zusätzlich noch farbkodiert visualisiert, um den stetigen Anstieg noch mehr zu verdeutlichen (Abb. 12-8, Animationsdatei Ani12-10.mpg).



**Abb. 12-8** Trajektorienverlauf und Anstieg der Ozonkonzentration

In der dritten Schlüsselpassage erfolgt zuerst ein Zoom auf den Untersuchungsraum. Die zwei Luftpakete ziehen von Norden kommend östlich an Österreich vorbei und drehen etwa 100 km südlich von Wien wieder nach Norden. An der Staatsgrenze im Süden beginnen sich die Wege der beiden Luftpakete zu trennen. Ein Luftpaket zieht über Wien, das andere zieht an Wien vorbei. Bei dieser Einstellung wird an den Wiener Raum herangezoomt. Die Luftpakete werden nun durch eine rote und grüne Kugel an der Spitze der die Trajektorien darstellenden Linien animiert. Die Kugeln werden im eingblendeten Diagramm, dessen Linie sich ebenfalls teilt, im Anschluss

an die Zoom-Sequenz gezeigt. Es wird deutlich, daß das über Wien ziehende Luftpaket, die rote Kugel, einen deutlich höheren Anstieg der Ozonkonzentration erfährt, während das andere an Wien vorbeiziehende Luftpaket (grüne Kugel) eine geringerer Ozonkonzentration aufweist (Datei Ani12-11.mpg).

### Hauptsequenz 10: Szenariorechnungen

An die Modellrechnung dieser realen Zugbahnen von Luftpaketen und den daraus resultierenden Ozonkonzentrationen knüpfen Ergebnisse von Szenarien an. Diese wurden durch eine animierte fiktive Reduktion der Schadstoffemission über Europa eingeleitet. In weiterer Folge wurden die eigentlichen Ergebnisse der Szenarien durch wachsende Säulen der mittleren und maximalen Ozonkonzentration und des sich ergebenden Ozonreduktionspotentials visualisiert und durch einen Sprechtext interpretiert (Abb.12-9, Animationsdatei Ani12-12.mpg). Abschließend folgt eine weitere Real-Aufnahme mit dem Vertreter des Umweltministeriums, der die Ergebnisse des Projektes und die Schlußfolgerungen daraus zusammenfaßt.

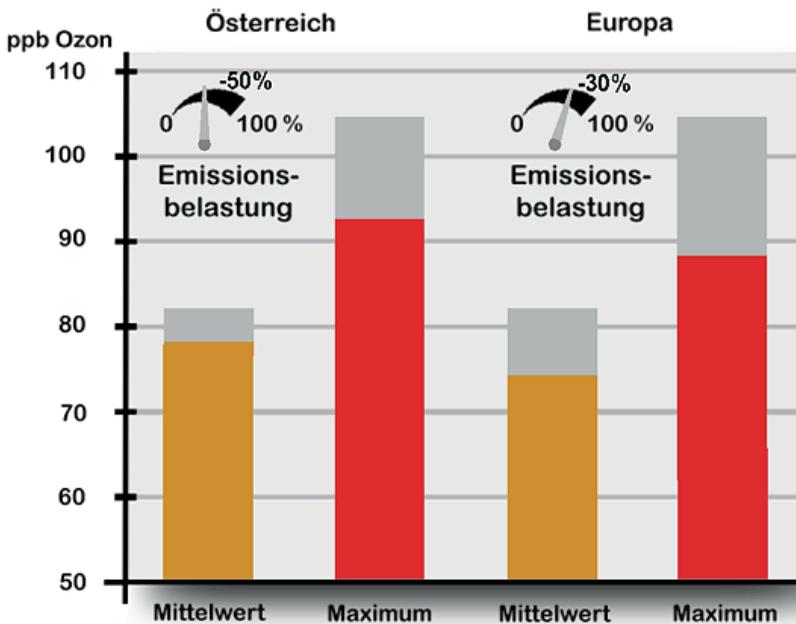


Abb. 12-9 Szenario-Ergebnisse unterschiedlicher Ozonminderungsmaßnahmen

### Übergang zwischen den Sequenzen, Dubbing

Die Zwischentexte sind in diesem zweiten Video immer statisch und wurden im Gegensatz zum ersten Video durch Überblendung bewegt dargestellt. Der Sprech-

text wird wie beim ersten Video in einer englischen und einer deutschen Fassung eingebunden. Der interviewte Beamte wurde für die englische Fassung vom Sprecher synchronisiert. Die Originalstimme wurde leise mit eingeblendet, um auch in der englischen Version Authentizität zu vermitteln und das Fehlen eines lippen-synchronen Sprechtextes zu kaschieren. Der deutsche Text wurde zuerst gesprochen. Der Schnitt erfolgte auf den Sprechtext hin, so daß übermäßig auf die Länge der Einstellungen Rücksicht genommen werden mußte. Vor- und Abspann wurde nach der Präsentation der Logos betont ruhig mit weißen Buchstaben auf schwarzem Hintergrund in das Video eingebunden.

## 12.4 Technische Umsetzung der beiden Videoprojekte

Der Abschnitt gibt einen Überblick über die Techniken und Werkzeuge, die zur Produktion der genannten Videos verwendet wurden. Wir beschränken uns dabei hier auf jene Kategorie von Animationen, die in ein Video überführt werden. Nachdem für die beiden Videoprojekte die VHS-Kassette als wichtigstes Ausgabemedium festgelegt wurde, standen auch die wesentlichen Parameter für die Erstellung der Einzelbilder fest. Alle Bilder werden in einer Größe von 720x576 Pixel mit einer Farbtiefe von 24 bit berechnet. Diese Größen leiten sich aus der im professionellen Videobereich (Fernseh- und Studiobetrieb) verwendeten Norm ITU-R BT 601 für digitale Videosignale ab. Dieses Format bietet ein sichtbares Bild in der Größe von 720x576 Pixel bei 25 Vollbildern in der Sekunde. Unkomprimiert bedeutet dies einen Speicheraufwand von ca. 1,2 MByte (720x576x3 Bytes) pro Videobild, also rund 30 MByte pro Sekunde Videofilm.

### 12.4.1 Produktionsumgebung

#### Einsatz von Visualisierungssoftware

Jeder technischen Visualisierung liegen in der Regel Ergebnisse bzw. Daten in Form von Dateien zugrunde, die je nach Dateninhalt (zweidimensional, dreidimensional, regelmäßige Gitter, unregelmäßige Gitter, skalare oder vektorielle Daten) in verschiedener Form gespeichert und kodiert sind. Für jede dieser Kategorien können bestimmte Darstellungsmethoden angewandt werden (Brodlie et al 1992).

Die Visualisierungsprogramme bieten dem Anwender eine Vielzahl von Darstellungsmethoden, die praktisch unabhängig vom jeweiligen fachlichen Einsatzgebiet sind. Die hier präsentierten Daten wurden dem Geographischen Informationssystem der Autoren übernommen, mit dem die Modellierung der raumzeitlichen Veränderung der Ozonbelastung und die Visualisierung der raumbezogenen Projektergebnisse des POP-Modelles erfolgte. Als GIS-Software wurde das Paket ARC/INFO eingesetzt (ESRI, <http://www.esri.com>).

Für die Animation räumlicher Veränderungen im Zeitablauf wurde in beiden Animationsprojekten die Visualisierungssoftware AVS (Advanced Visualization System, <http://www.avs.com>) auf Unix-Workstations verwendet. Im Fall der raumzeitlichen Modellierung der Ozonkonzentration sind dies die Simulationsergebnisse der halb-

stündlichen flächenhaften Ozonbelastung über Österreich in einem Gitter von 1 km Maschenweite. Für die Modellierung der Emissionen im POP-Modell über Europa wurde ein Gitter mit 50 km Maschenweite, im Umkreis des POP-Modellgebietes eines mit 5 km verwendet.

Zur Erstellung einer zeitlichen Animation müssen Einzelbilder erzeugt werden, wofür eine Interpolation entlang der Zeitachse zwischen den vorliegenden Datenfeldern notwendig ist. Nur so kann eine für den Betrachter ruckfreie Animation mit 25 Bildern pro Sekunde erzeugt werden. Die Ausgangsinformationen muß in entsprechend hoher zeitlicher Auflösung zur Verfügung stehen, damit durch die Interpolation keine falschen Ergebnisse entstehen können. Die Modellergebnisse wurden deshalb für die Animation in Intervallen von 10 Minuten berechnet und dann die ARC/INFO-Dateien in das Format *fields* von AVS konvertiert.

Mit Hilfe der Visualisierungssoftware wurden die Datenfelder in entsprechende geometrische Objekte umgewandelt. Die einzelnen Punkte des jeweiligen Objekts wurden entsprechend ihrer Werte anhand einer Farbtabelle eingefärbt. Ausgehend von den Gittern je Modell-Zeitschritt wurden Flächen interpoliert. Die Höheninformation je Gitterpunkt über Österreich wurde verwendet, um die Punkte, ausgehend von einem Drahtgittermodell, als 3D-Fläche mit einer simulierten Beleuchtung des Geländes zu präsentieren. Ausgehend von diesen Flächen im 10-Minuten-Zeitschritt wurden Zwischenbilder interpoliert. Die Interpolation bezieht sich hierbei sowohl auf eine Ortsveränderung, etwa bei einer Rotation des Objektes oder Änderung des Blickwinkels, als auch auf eine Veränderung der Ausprägung der das jeweilige Objekt definierenden Einzelpunkte ohne Ortsveränderung, wie hier bei der Animation der virtuellen Ozon- und Emissionsflächen.

Visualisierungssysteme wie AVS sind in erster Linie für die interaktive Arbeit eines Ingenieurs mit seinen Daten am Computer konzipiert, etwa für die allseitige Betrachtung von dreidimensionalen Objekten mit Rotation in Echtzeit. Als Möglichkeit der automatisierten Animation von Objekten stehen innerhalb von AVS Module zur Interpolation von Zwischenbildern und zur Speicherung von Einzelbildern zur Verfügung. Andere Optionen steuern Bildplattenrecorder zur Aufzeichnung von Einzelbildern. Videorecorder können damit im Prinzip auch gesteuert werden. Allerdings ist dies bei Einzelaufzeichnung nicht zu empfehlen, da die meisten Bandmaschinen für eine derartige Belastung nicht geeignet sind.

### **Einsatz von Animationssoftware**

Neben der präzisen Abbildung von Datenmaterial in geometrische Objekte sind oft auch erklärende und schematische Darstellungen erforderlich. Dieser Anwendungsbereich wird von den zuvor erwähnten Visualisierungssystemen nicht abgedeckt und muß daher mit anderen, auf Animation spezialisierter Software erstellt werden.

In unserem Fall wurde das Programm *Softimage* (<http://www.softimage.com>) eingesetzt, um alle animierten Grafiken zu erstellen. Dieses und ähnliche spezialisierte Animationssysteme sind durch Kinofilme wie *Titanic*, *Jurassic Park* oder *Terminator* bekannt geworden. Sie erlauben die Definition von beliebigen dreidimensionalen

Objekten und Bewegungen dieser Objekte. Allerdings sind diese Systeme nicht dafür ausgelegt, technisches Datenmaterial zu übernehmen und darzustellen. Vielmehr ist ein erfahrener Graphiker notwendig, der alle diese Objekte per Hand modelliert.

Deshalb wurde für diese erklärenden Bild-Sequenzen ein zweistufiges Verfahren eingesetzt. Zuerst wurden die Daten mit dem Visualisierungssystem in geometrische Objekte umgewandelt. Danach wurden mit der Animations-Software die weiteren künstlichen Objekte hinzugefügt.

### **12.4.2 Vom Einzelbild zum Video**

Die mit den vorher genannten Softwaresystemen erstellten Einzelbilder werden nun in einem weiteren Schritt zu einer Animation zusammengefaßt. Hierfür wurde ein Videodisk-Recorder (Abekas A66) verwendet, der genau 1615 Einzelbilder (ca. 1 Minute) aufnehmen und danach als Videosignal abspielen kann. Die einzelnen Bilder werden dabei über ein lokales Netzwerk (LAN) auf dieses Gerät übertragen. Durch diesen rein digitalen Vorgang entstehen keinerlei Qualitätsverluste. Die so erstellte Animation wurden am Videobildschirm kontrolliert und danach auf Magnetband im Betacam-Format überspielt. Wesentlich an diesem Schritt ist die Qualität der Magnetbandaufzeichnung, da ansonsten die weiteren Bearbeitungsschritte stark eingeschränkt würden.

Mit diesen Bändern wurde dann an einem Videoschnittplatz aus vielen Einzelsequenzen das fertige Video geschnitten. Titel und Überblendeffekte zwischen verschiedenen Szenen wurden direkt am Schnittplatz mit einem Titelgenerator und einem Videoeffektgerät umgesetzt. Von dem Betacam-Masterband wurden dann die VHS- bzw. S-VHS-Kopien gezogen.

Grundlage für den Schnitt ist das Drehbuch, das Abfolge und Länge der einzelnen Sequenzen vorschreibt. Vor der Durchführung des eigentlichen Schnitts muß die geeignete Hintergrundmusik ausgewählt werden, da der Schnitt genau auf den Takt der Musik abzustimmen ist. Dies verlangt wiederum eine gewisse Flexibilität bei der Erstellung der Animationen. So muß wie bei den Produktion von Realszenen etwas Spielraum am Anfang und Ende der Szene berücksichtigt werden, um einen optimalen Schnitt zu ermöglichen.

Die Vertonung mit einem Sprecher sollte unbedingt erst nach Vorliegen des fertig geschnittenen Videos erfolgen. Nur so kann der Sprecher sein Sprechtempo und Betonungen direkt auf das gesehene Bild abstimmen. Bei der Erstellung von mehreren Versionen in verschiedenen Sprachen kommt noch hinzu, daß die verschiedenen Übersetzungen nicht in der exakt gleichen Länge vorliegen. Auch dieser Umstand muß bereits auf beim Schnitt beachtet werden. Musik und Sprecher werden auf verschiedenen Tonspuren abgelegt. Die Abmischung zwischen diesen Tonspuren erfolgt als letzter Schritt.

## 12.5 Resumee

Als Resumee möchten wir aus unserer Erfahrung im Bereich kartographischer Animation einige Fragen beantworten, die sich die Leser nach der Lektüre des Beitrags vielleicht stellen.

### **Wann ist Animation die bessere Lösung gegenüber statischen kartographischen Darstellungen?**

Animation sollte für kartographische Darstellungen dann eingesetzt werden, wenn raumzeitliche Veränderungen oder Prozesse darzustellen sind. Animierte Karten sind dann sicher die bessere Lösung gegenüber statischen Karten, die unterschiedliche Zustände nur in Zeitintervallen präsentieren können. Animierte Karten zur Darstellung von Ortsveränderungen und Interaktionen, wie zum Beispiel Wanderungsströme, Pendlerverhalten oder Gütertransporte, sind die ideale Lösung für eine möglichst gute Präsentation und können in statischen Karten nicht annähernd anschaulich präsentiert werden.

### **Wie betrachten wir den Einsatz von Video im Vergleich zu anderen Wiedergabemedien für Animationen im Lichte unserer bisherigen Erfahrungen?**

Manche der Leser werden sich fragen, ob die Autoren dieses Beitrages heute das gleiche Medium ausgewählt hätten wie vor drei oder sechs Jahren, als die Medienvahl anstand. Wir können heute mit gutem Gewissen bestätigen: Auch in der jetzt beginnenden Reifephase der digitalen Multimedia-Technik und der inzwischen breiten Akzeptanz in der Öffentlichkeit erscheint uns die Entscheidung richtig, mit dem inzwischen schon traditionellen Medium Videofilm an die Öffentlichkeit zu gehen. Der Multiplikator-Effekt von Videoaufführungen ist besser, solange PC-Videoprojektor-Kombinationen oder Multimedia-PCs noch nicht den Verbreitungsgrad und das Preis-Leistungs-Verhältnis der Videorecorder erreicht haben.

Allerdings bieten sich CD-ROMs für Präsentationen mit Integration von Hintergrund-Information als ein Video-begleitendes Medium an. WWW-Präsentationen hingegen können zumindest oberflächlich das Interesse an dem Thema wecken. Die Präsentation muß dann, den audiovisuellen Trends der Zeit entsprechend, nach anderen Kriterien konzipiert werden und die aktuelle Videoclip-Ästhetik aufgreifen, etwa mit schnellen Cuts, schrägen Einstellungen, Fisheye-Perspektiven und spektakulären Überblend-Effekten.

### **Was ist die richtige Länge eines Beitrages?**

Beide Video-Beiträge wurden ähnlich strukturiert. Der Einführung folgt die Modellbeschreibung und dann die Ergebnispräsentation, beim zweiten Video gefolgt von Schlußfolgerungen.

Das erste Video dauert etwa sieben Minuten und läßt im Vergleich zum zweiten Video im Nachhinein gesehen gegen Ende Langeweile aufkommen. Immerhin wird in den letzten drei Minuten eine fünftägige Ozonepisode mit gleicher Einstellung

präsentiert. Trotz der erheblichen Ausdehnung der Filmlänge beim zweiten Video (12:20 Minuten) fesselt der Inhalt mehr, wie uns Medienfachleute bestätigten. Ein Grund ist die Ergänzung der kurzweilig präsentierte, leicht faßlichen Information durch Real-Szenen.

Eine allgemeingültige Aussage, wie lange ein Beitrag sein soll, kann es nicht geben. Wir plädieren dafür, bei dieser Art Lehrfilm unter 20 Minuten Filmlänge zu bleiben. In dem Zusammenhang mag noch eine Schlußfolgerung für den Leser wichtig sein: Computergenerierte Animationen wirken oft abstrakt und modellhaft, wenn sie reale Sachverhalte und keine künstliche Realität darstellen sollen. Sie schaffen es oft nicht, dem Zuseher glaubhaft Realitätsbezug zu vermitteln. Diesen Eindruck haben die Autoren jetzt mit einigen Jahren Abstand auch vom ersten Video. Der Betrachter ist zwar fasziniert vom Gesehenen, interpretiert die Inhalte jedoch nicht immer als ausreichend realitätskonform.

Die Real-Szenen im zweiten Video lockern nicht nur die präsentierten Inhalte auf, sondern tragen auch wesentlich dazu bei, die computergenerierten Inhalte authentisch wirken zu lassen. Auch zeigte die Erfahrung, daß kurze Erläuterungen durch einen realen sichtbaren Sprecher vom Betrachter mit mehr Aufmerksamkeit verfolgt wird als eine Sprechstimme im Hintergrund. Der Sprecher fesselt Auge und Ohr des Zusehers, während vom Bild semantisch getrennte Texte die parallele Erfassung beider Inhalte erschweren.

### **Wie wurde auf das Informationsbedürfnis unterschiedlicher Zielgruppen eingegangen?**

Das Problem für uns als Drehbuchautoren war bei beiden Projekten, Filme zu konzipieren, die sowohl Wissenschaftler als auch interessierte Laien ohne spezifische Vorbildung ansprechen sollen. Die Reaktionen des Fachpublikums auf die Präsentationen waren natürlich kritischer, da diese Gruppe den Wunsch nach mehr Präzision in den Aussagen hatte. Doch fanden nahezu alle dafür Verständnis, daß eine Präsentation für interessierte Laien nicht zu sehr ins Detail gehen kann.

Beide Videos wurden von den Autoren und ihren Forschungsinstituten inzwischen für Bildungs- und Öffentlichkeitsarbeit auf Pressekonferenzen, Messen, Konferenzen, in Schulen und Universitäten und von Umwelt-Lobbyisten eingesetzt. Das erste Video wurde in mehreren Beiträgen des Österreichischen Rundfunks (ORF) im ganzen und in Teilen gesendet. Joanneum Research gestaltete mit dem Material des ersten Videos Mitte der 90er Jahre einen Internetbeitrag mit animierten Bildern. Über eine Ausstrahlung des zweiten Videos wurde bei der Abfassung des Manuskripts mit dem ORF verhandelt.

Von beiden Videos wurden bisher knapp 1000 offizielle Kopien gezogen. Abgesehen von den Fernsehbeiträgen – bei Wissenschaftssendungen wird mit einigen 100.000 Zuschauern gerechnet – werden die offiziell kopierten Videos bisher weitere 100.000 Zuschauer erreicht haben.

## Danksagung

Beide Projekte (Ozonanimation und Pannonisches Ozonprojekt) wurden durch die Bereitstellung von Daten des Umweltbundesamtes Wien ermöglicht. Die Finanzierung erfolgte aus Mitteln des Bundesministeriums für Wissenschaft und Verkehr und für das POP durch die Bundesländer Wien, Niederösterreich und Burgenland und die Ministerien für Umwelt und für Landwirtschaft. Das Pannonische Ozonprojekt und seine Animation war eine Gemeinschaftsarbeit der Austrian Research Centers, des Instituts für Meteorologie und Geophysik der Universität für Bodenkultur, Wien, und des Umweltbundesamtes, Wien. Den Auftraggebern sei für die Projektförderung, dem Projektteam (Ruth Baumann, Edgar Cabela, Helga Kromp-Kolb, Jürgen Schneider, Wolfgang Spangl, Wilfried Winiwarter und Gerhard Wotawa) für die inhaltliche Beratung bei der POP-Animation gedankt.

## 12.6 Literatur

### Visualisierung und Animation

- Brodie K et al, eds. (1992) *Scientific Visualization - Techniques and Applications*. Springer, Berlin, New York
- Foley JD, van Dam A, Feiner SK, Hughes JF (1990) *Computer graphics: principles and practice*. Addison-Wesley, New York.
- Hagen H, Müller H, Nielson GM eds. (1993) *Focus on Scientific Visualization*. Springer, Berlin New York
- Loibl W, Züger J (1997) Visualisierung der raum-zeitlichen Variation von Emissionen durch Animation disaggregierter Emissionsinventuren; In: Denzer R et al., *Visualisierung von Umweltdaten*. *Umweltinformatik aktuell*, Bd. 13. Metropolis Verlag, Marburg
- Loibl W, Cabela E, (1998) Videodokumentation „Das Pannonische Ozonprojekt“. Seibersdorf Report. OEFZS-A-4404. Seibersdorf
- Webers J (1993) *Handbuch der Film- und Videotechnik*. Franziis, München.

### Inhaltliche Fragestellungen

- Baumann R, Cabela E, Kromp-Kolb H, Musalek G, Schneider J, Spangl W, Stohl A, Winiwarter W, Wotawa W (1997) Pannonisches Ozon-Projekt. OeFZS-A-4136, Seibersdorf.
- Loibl W, Winiwarter W, Kopcsa A, Züger J, Baumann R (1994) Estimating the spatial distribution of ozone concentrations in complex terrain using a function of elevation and day time and Kriging techniques. In: *Journal of Atmospheric Environment*; Vol 28, No.16, 2557-2566.
- Loibl W (1994) Flächeninterpolation von Meßdaten höhen- und tageszeitabhängiger Schadstoffbelastung und deren Animation am Beispiel der Ozonkonzentration. In: Dollinger F, Strobl J (eds) (1994). *Angewandte Geographische Informationsverarbeitung VI, Salzburger Geographische Materialien*, Heft 21.

Loibl W (1997) Modelling tropospheric ozone distribution considering the spatio-temporal dependencies within complex terrain. In: Kraak, MJ, Molenaar, M (eds.), *Advances in GIS Research II*. Taylor & Francis Ltd. London, 667 - 678.

Winiwarter W, Musalek G, Züger J, Loibl W, (1998) Validation of a photochemical model for Eastern Austria. In: *Systems Analysis Modelling and Simulation 32*, 135-147

## Animation von Satellitendaten

ROBERT MEISNER

### 13.1 Einführung

Die Beobachtung unseres Planeten mit Hilfe von Satelliten ist mittlerweile eine anerkannte Methode, um Veränderungen auf unserem Planeten regelmäßig, unabhängig und flächendeckend zu dokumentieren. Um diese Methode auch langfristig zu etablieren, werden am Deutschen Fernerkundungsdatenzentrum (DFD) des DLR in Oberpfaffenhofen regelmäßig Satellitendaten empfangen, ausgewertet und archiviert. Hierzu betreibt das DFD in Oberpfaffenhofen und Neustrelitz, aber auch in der Antarktis, in Afrika und Zentralasien einige, zum Teil mobile Empfangsstationen für Satellitendaten. Diese Daten liefern Informationen zum Beispiel über die Temperaturen der Meeresoberfläche, die Landnutzung, die Vegetation und globale aktuelle Karten der Ozonkonzentration in täglichem Abstand.

All diesen Datensätzen ist die Regelmäßigkeit sowie die Kontinuität und Konsistenz ihrer Erzeugung gemeinsam. Die Daten bilden damit eine wichtige Grundlage zur Analyse der dynamischen Veränderungen auf der Land- und Wasseroberfläche der Erde. Die Informationen lassen Aussagen über den aktuellen Zustand verschiedener Parameter der untersuchten Ökosysteme zu und sind hochdynamisch.

Die Darstellung der Inhalte und der Dynamik dieser Datensätze ist mit konventionellen zweidimensionalen und statischen Visualisierungsformen nur eingeschränkt möglich. Insbesondere die Darstellung n-dimensionaler Informationsinhalte mit Veränderungen in Raum und Zeit, in Kombination mit dynamischen Vorgängen innerhalb der Meßdaten, zeigt besonders deutlich die Einschränkungen konventioneller Darstellungstechniken. Häufig wird bei der Präsentation von Zeitreihendaten die Kombination verschiedener Informationsebenen wie zum Beispiel von Meßdaten, Höheninformation, Information über die Landnutzung usw. in einer Darstellung notwendig, um ein Phänomen synoptisch zu zeigen. Seit 1994 werden deshalb am DFD Verfahren zur Darstellung der Inhalte von Satellitenbildern entwickelt und regelmäßig hochwertige Computeranimationen zu verschiedenen Themen erstellt. Dabei kommen sowohl Softwaresysteme, die explizit für diesen Zweck entwickelt wurden, als auch Standardsoftware zur Computeranimation zum Einsatz, wie sie auch in der Filmindustrie Verwendung findet, wie zum Beispiel *MAYA* von Alias

Wavefront, *Lightwave* von Newtek oder *3-D Studio Max* von Kinetix. In Abhängigkeit von Fragestellung und gewünschter Art der Darstellung muß individuell der optimale Lösungsweg für eine zielgruppenorientierte Kommunikation der Dateninhalte ausgewählt werden. Ziel ist die weitgehend automatische Erstellung von Computer-Animationen als regelmäßiges Produkt am Ende der Verarbeitungskette.

Als wesentliche Anwendungsfelder der Computeranimation in Kombination mit Satellitenmessungen wurden folgende Bereiche identifiziert (Meisner et al, 1998):

- Analyse dynamischer Daten,
- Qualitätskontrolle von Daten
- Datenselektion in langen Zeit-/Raumreihen,
- Anwendungen für das World Wide Web,
- Präsentation wissenschaftlicher Projekte und Ergebnisse,
- Lehre an Schulen und Universitäten,
- Bereitstellung der Information für Print- und TV-Medien,
- Multimedia-Projekte.

Die korrekte Darstellung wissenschaftlicher Inhalte für die oben genannten Zwecke steht im Vordergrund. Durch die Plazierung der Animationserstellung am Ende der Verarbeitungskette, sozusagen als veredeltes Endprodukt aus Satellitendaten, kann die korrekte Darstellung garantiert werden, es kommt nicht zu unerwünschten Veränderungen der Datensätze. Nur durch diese in-House- Lösung kann garantiert werden, daß die erstellten Animationen in ihrer Aussage korrekt und nicht zugunsten gestalterischer Aspekte verfälscht sind. Dies ist insbesondere bei der Qualitätskontrolle, aber auch bei der Herausgabe von Animationen zu sensiblen Themen, wie zum Beispiel bei Animationssequenzen über die aktuelle Entwicklung des Ozonlochs, von großer Bedeutung.

In den letzten Jahren zeigt sich dabei ein Trend weg von einer rein wissenschaftlichen Nutzung der Computeranimationen, etwa zur Datenanalyse oder für wissenschaftlichen Präsentationen, hin zu einer Bereitstellung auch graphisch anspruchsvoller Computeranimationen für die Massenmedien. Vor dem Hintergrund einer wachsenden Anzahl von Wissenschaftsmagazinen gehört die Print-, TV- und Multimediaindustrie zu den wichtigsten Kommunikatoren wissenschaftlicher Inhalte und Forschungsergebnisse. So hatte beispielsweise die Sendung *Abenteuer Forschung* des ZDF 1998 durchschnittlich ca. 3 Millionen Zuschauer pro Ausstrahlung, was ungefähr einem Marktanteil von 10 % entspricht. Durch diese Entwicklung wird der Computeranimation im Bereich der Medienunterstützung in Zukunft eine wichtige Rolle zukommen. Computeranimationen tragen wesentlich dazu bei, die Ergebnisse von Forschungsprojekten einem breiten Publikum vorzustellen.

## 13.2 Erstellung einer Animation aus Satellitendaten

Die Vorgehensweise bei der Animation von Satellitendaten läßt sich in vier wesentliche Schritte einteilen. Bei dieser stark vereinfachten Darstellung werden Aspekte nicht berücksichtigt, die bei der klassischen Computeranimation eine große Rolle spielen und den Produktionsprozeß wesentlich komplexer gestalten, wie zum Beispiel das Einfügen von Objekten in eine bestehende Handlung oder die Interaktion zwischen Animation und Regie. Die wesentlichen Schritte bei der Erstellung einer Animation auf Basis von Satellitendaten sind:

- Animationsdesign/-konzeption,
- Datenvorverarbeitung und Modellierung,
- Animation,
- Rendering.

Bei der Festlegung des Animationsdesigns bzw. der Konzeption steht zunächst die Definition der Zielgruppe und damit die Festlegung der darzustellenden Information im Vordergrund. Hieraus leiten sich wichtige Aspekte der Gestaltung, wie zum Beispiel Lauflänge, Farbgebung, Perspektive, Datengrundlage und dramaturgischer Ablauf ab. So muß ein Beitrag für eine Dokumentationssendung im Fernsehen einfacher den Zugang zu dem zu vermittelnden Wissen ermöglichen als eine Animation, die zur Präsentation von Forschungsergebnissen auf einer Tagung von Fachleuten gedacht ist.

Nach Berücksichtigung dieser Designaspekte werden auf Basis des hieraus resultierenden Drehbuchs die für die Animation notwendigen Schritte der Datenbeschaffung und Datenvorverarbeitung eingeleitet. Gerade bei der Animation von Satellitendaten spielt die Vorverarbeitung der Daten, zum Beispiel die Einpassung in ein geographisches Referenzsystem (Geokodierung) eine große Rolle. Häufig ist bei langen Zeitserien, in denen Hunderte von Bildern vorliegen, die Vorverarbeitung der Datensätze aufwendiger als die Herstellung der Computeranimation selbst.

Bei der Animation von Satellitendaten ist ein wesentlicher Aspekt die Darstellung temporaler Veränderungen. So zeigen Animationen der Wolkendynamik oder der globalen Ozonkonzentration deutlich die Dynamik dieser Vorgänge, sind aber problematisch bei der Vorverarbeitung der Datensätze. Um eine Vergleichbarkeit der Datensätze zu erreichen, ist eine pixelgenaue Überlagerung der täglich verfügbaren Datensätze mit maximaler Lagegenauigkeit durchzuführen. Dies setzt eine hochgenaue Vorverarbeitung und Entzerrung der zu verwendenden Daten voraus, welche bereits vor der Integration der Daten in das Animationssystem erfolgen muß.

Bei der vergleichenden Darstellung verschiedener Zeiträume desselben Phänomens (wie zum Beispiel bei der Animation des antarktischen Ozonlochs für die Jahre 1979 und 1996) ist es wichtig, die verwendeten Datensätze zu harmonisieren, das heißt die Datensätze auf eine identische Meßwertskala abzustimmen, um aus Daten verschiedener Meßsysteme vergleichbare Animationen herzustellen. Diese Vorverarbeitung der Satellitendaten erfolgt meistens mit für die Verarbeitung von

Satellitendaten geeigneten Softwarepaketen und soll hier nicht näher erläutert werden. Weitere Informationen zur operationellen Verarbeitung von Satellitendaten finden sich zum Beispiel bei Dech (1997).

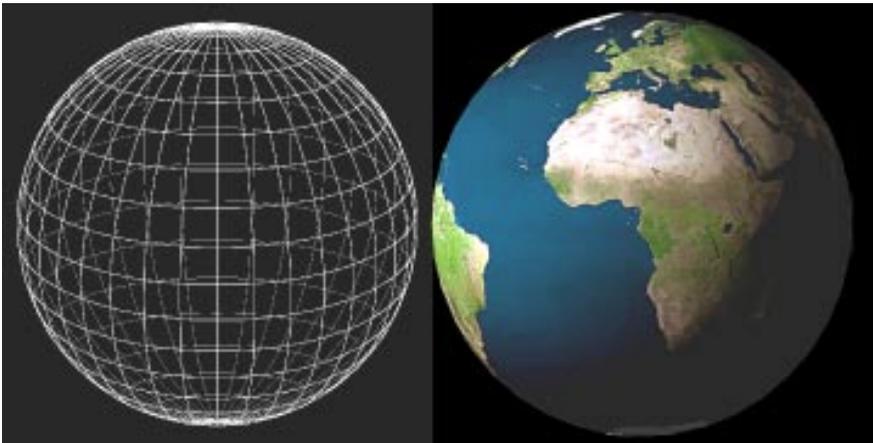
Ein weiterer wichtiger Aspekt bei der Darstellung von Zeitreihendaten ist die Schließung der bei der Datenerfassung auftretenden Datenlücken. Diese sind zum Beispiel durch Wolkenbedeckung verursacht, etwa bei der Erfassung der Meeresoberflächen-Temperaturen. Bei der globalen Überwachung der Ozonschicht treten Datenlücken aufgrund des Meßverfahrens auf, da nur alle drei Tage eine globale Abdeckung durch den messenden Sensor möglich ist. Durch verschiedene, der jeweiligen Fragestellung angepaßte Interpolationsroutinen ist es möglich, die fehlenden Daten zu ergänzen. Bei der Animation von Meeresoberflächen-Temperaturen ist eine kombinierte lineare zeitliche und räumliche Interpolation aufgrund der relativ geringen Gradienten ausreichend. Bei hochdynamischen Veränderungen, wie zum Beispiel der Ozonkonzentration, kommen Verfahren wie die harmonische Analyse oder Kalmann-Filter zur Anwendung, die das Verhalten der Atmosphäre in die Interpolationsroutinen integrieren (Bittner et al 1997, Meisner et al 1998). Durch die Herstellung dieser lückenlosen Datenbasis wird es möglich, eine harmonisch und weich ablaufende Animation zu erzeugen, die mit ausreichender Genauigkeit die Realität wiedergibt.

Bei der Modellierung werden die dreidimensionalen Animationsobjekte in ihrer geometrischen und graphischen Erscheinungsform festgelegt und in einem für das Animationssystem lesbaren Format zur Verfügung gestellt. Dies geschieht auf verschiedenen Wegen. Zum einen können vorhandene Datensätze, die ein 3D-Objekt beschreiben, wie zum Beispiel die Erdoberfläche, in ein für das Animationssystem lesbares Format konvertiert werden. Dieser Methode wird in der Wissenschaft meist der Vorzug gegeben.

Die hieraus resultierenden dreidimensionalen Körper, die als Vektordatensätze eine relativ genaue Beschreibung des darzustellenden Objektes liefern, bilden die Basis für die spätere Animation. Bei der Animation von Satellitendaten handelt es sich zum Beispiel um eine perspektivische Darstellung der Erdoberfläche, die aus einem digitalen Höhenmodell abgeleitet wird. Bei der Animation globaler Datensätze wird eine Kugel als ausreichend genaues Abbild der Erde verwendet. Die Detailgenauigkeit wird durch die verwendete Auflösung des Modells später das Erscheinungsbild entscheidend beeinflussen. Eine hohe Auflösung mit vielen Gitterpunkten ist jedoch mit einer wesentlich größeren Datenmenge verbunden und erfordert bei der späteren Animationsberechnung erheblich längere Rechenzeiten. Auf diese Objekte werden Satellitendaten, welche die eigentliche Informationsbasis bilden, als Texturen (Oberflächenstruktur) aufgebracht. In der Regel liegen solche Texturen als digitale Bilddateien oder als eine Sequenz von Bilddateien vor. Bei der Definition der Textur werden bereits einige wesentliche Aspekte des späteren Erscheinungsbildes der Animation festgelegt. So können durch die Definition der Textur die Farbgebung, Oberflächenstruktur, Transparenz und Form des Körpers beeinflußt werden. Auch hier ist die Auflösung der Textur sowie die Anzahl der dargestellten Zwischenschritte und damit die Anzahl der zu berechnenden Bilder

für die Rechenzeit der späteren Animation entscheidend. Abb. 13-1 zeigt eine Kugel als Animationsmodell und die Überlagerung der Satellitendaten auf das Modell.

Im nächsten Arbeitsschritt, der eigentlichen Animation, werden die Animationsparameter bestimmt. Dabei werden die im vorherigen Schritt erzeugten Objekte in eine Szene eingefügt. Zusätzlich werden Art, Farbe und Intensität der Beleuchtung, Schattenwurf, Kontrast usw. festgelegt und die Betrachtungsperspektive definiert. Auch wird in diesem Schritt die Geschwindigkeit und Art der Bewegung der Zeitreihendaten festgelegt, wie sie zum Beispiel die Beobachtung von Wolken über 24 Stunden ergibt. Beispielsweise wird die Erdkugel in der Mitte der Szene plaziert, von der Seite beleuchtet, um eine realistische 3D-Darstellung einschließlich Schattenwurf zu erreichen, und um die Achse rotiert (Abb. 13-1). Außerdem wird die Bewegung der Kamera definiert. Bereits in dieser Phase werden einzelne Bilder der späteren Animation berechnet, um die festgelegten Parameter zu testen und die Wirkung der Animation zu überprüfen. Häufig wird ein großer Teil der Animation in stark reduzierter Auflösung berechnet, um die Inhalte, die zeitliche Abfolge und die Art der Bewegung der Objekte zu überprüfen.



**Abb. 13-1** Kugelmodell mit überlagerter wolkenfreier Satellitenkarte

Nach Abschluß der vorbereitenden Arbeiten wird die definierte Animationssequenz an das Computersystem zur Berechnung der Einzelbilder (*rendering*) übergeben. Dabei ist bei einer sorgfältigen Planung des Arbeitsschrittes eine interaktive Kontrolle nicht notwendig. Es muß lediglich beachtet werden, daß alle verwendeten Datensätze verfügbar sind und ausreichend Speicherplatz für die Animationsdatei vorhanden ist (ca. 30 MB für eine Sekunde Animation). Die Zeiten für die Bildberechnung schwanken je nach einfließender Datenmenge und der Leistungsfähigkeit des Rechners zwischen 1 Minute bis zu 90 Minuten für ein Einzelbild. Für eine Animation von ca. 60 Sekunden Länge ist die Berechnung von 1500 Einzelbildern notwendig,

mit einer Datenmenge von ca. 2 Gigabyte. Die Gesamtzeit zur Berechnung einer solchen Animation kann durchaus im Bereich von mehreren Tagen bis Wochen liegen, wenn nicht mehrere Rechner am gleichen Problem arbeiten.

### 13.3 Beispiele für Animationen

Zur Verdeutlichung der genannten Punkte wird an zwei konkreten Beispielen die Vorgehensweisen bei der Animation von Satellitendaten erläutert. Beide Beispiele wurden für eine Multimedia-Installation im Rahmen der Ausstellung *Arktis/Antarktis* (19. 12. 1997 bis 19. 4. 1998) in der Kunst- und Ausstellungshalle der Bundesrepublik Deutschland hergestellt. Die Ausstellung sollte unter dem Motto *Art meets Science* historische, wissenschaftliche und künstlerische Aspekte der Polarregionen einem breiten Publikum allgemeinverständlich zugänglich machen. Hierzu wurden historische Karten, Ausrüstungsgegenstände von Polarforschern, Flora, Fauna, Alltagsgegenstände und Kunst und Kunsthandwerk aus den Polarregionen gezeigt.

Neben diesen Ausstellungsstücken wurde in einem *Interaktiven Polartheater* den Besuchern die Möglichkeit einer interaktiven Erforschung ausgewählter Themengebiete gegeben. In einem separaten Raum wurden auf drei großen Video-Leinwänden mit einer Gesamtbreite von ca. 8 Metern durch drei synchron laufende digitale Videorecorder je etwa fünf Minuten lange Videobeiträge aus Realbildern und Computeranimationen gezeigt, mit den Themengebieten Wanderung von Tieren, Geographie der Pole, Antarktisches Eisschelf, Polarlichter, Kontinentaldrift, Entstehung der Antarktis, Eiszeiten, polare Jahreszeiten und polare Ozonschicht. An einem im Zuschauerraum aufgestellten Touch-Screen-Monitor konnten die gewünschten Beiträge vom Publikum individuell gewählt werden. Die in diesem Beitrag vorgestellten Animationen wurden für die Erläuterungen zu den Themen *Polare Jahreszeiten* und *Polare Ozonschicht* generiert (Dyring et al 1998).

#### 13.3.1 Animation der Wolkendynamik zur polaren Jahreszeit

Im Deutschen Fernerkundungsdatenzentrum (DFD) werden seit 1994 mit einer TeraScan-PDUS-Station (Empfangsantenne mit verarbeitendem Computer für Daten von Wettersatelliten) die Daten geostationärer Wettersatelliten empfangen, vorverarbeitet und seit Oktober 1997 langfristig archiviert. Insbesondere die alle 30 Minuten vorliegenden Thermalinfrarotdaten des *Visible and Infrared Spin Scan Radiometer* (VISSR) bilden eine hervorragende Datenbasis für die Generierung von Zeitsequenzen zur Wolkendynamik. Sie kamen bei der Animationserstellung für die Arktis/Antarktis zur Verwendung.

Für die Animationen der Wolkendynamik wurde am DFD bereits in den Jahren 1994 und 1995 ein System entwickelt, das für die Herstellung von Animationen der Wolkendynamik jeder Region im Sichtbarkeitskreis geostationärer Wettersatelliten vom Typ Meteosat optimiert wurde. Es kann Animationen in unterschiedlichen Maßstäben, über einen beliebigen Zeitraum und unter Verwendung beliebiger Hintergrundkarten erzeugen. Dieses Animationssystem erlaubt die Generierung einer

Meteosat-Sequenz über den Zeitraum einer Woche (Zeitraum vom 14. bis 20. September 1997) in einer Dimension, wie sie normalerweise bei Breitwand-Kinofilmen zum Einsatz kommt (Breite: 2300 Pixel). In Zusammenhang mit der Rolle der Polargebiete bezüglich des globalen Klima- und Wettergeschehens wurde mit Hilfe dieser Sequenz die Dynamik der Atmosphäre illustriert und der Energieaustausch zwischen äquatorialen und polaren Gebieten verdeutlicht.

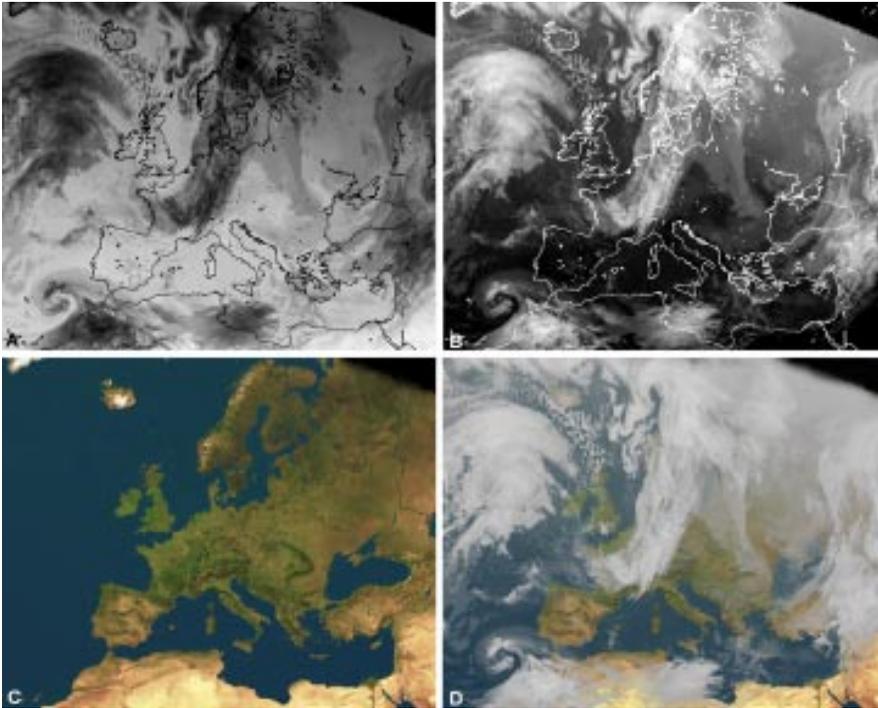
Abb. 13-2 zeigt ein Einzelbild der 27 Sekunden (675 Einzelbilder) langen Sequenz. Die 2304 Pixel breiten Bilder wurden für die Projektion auf drei Videorecordern in drei jeweils 768 Pixel breite Einzelbilder zerlegt. Die Projektion war vom Zuschauer interaktiv steuerbar, so daß jeder Betrachter die für ihn interessantesten Phänomene im Detail betrachten konnte. Durch die Kombination von drei Projektionsgeräten entstand so eine ca. 8 Meter breite Projektionsfläche, die auch die Erkennung kleiner Details der Animation erlaubt. Durch die Darstellung des gesamten Gebietes zwischen ca. 40° West und 60° Ost konnte das Wettergeschehen von der Bildung der Tiefdruckwirbel im Atlantik, über die Entwicklung und die Dynamik über Europa bis hin zur häufigen Auflösung der Wolkensysteme über Osteuropa und dem Nahen Osten beobachtet werden.



**Abb. 13-2** Einzelbild aus der Wolkenanimation für das interaktive Polartheater

Voraussetzung für die Realisierung von Langzeitanimationen geostationärer Satellitendaten ist ein kontinuierlich verfügbarer Datenstrom vom Satelliten. Neben der technischen Zuverlässigkeit der Anlagen erfordert dies, insbesondere bei Meteosat, einen kontinuierlichen, über 24 Stunden verfügbaren Spektralkanal. Bei Meteosat-Daten, die in den Dunkelphasen aufgenommen sind, fehlt jedoch die spektrale Information des sichtbaren Lichtes und damit ein wesentliches Kriterium zur Detektion von Wolken. Es zeigte sich jedoch, daß eine Extrahierung der Wolken aus den kalibrierten, alle 30 Minuten vorliegenden Thermalinfrarotdaten des VISSR auf der Basis eines empirisch gefundenen, jahreszeitlich dynamisch anpaßbaren Temperaturschwellwertes gute Ergebnisse lieferte. Durch die vereinfachte Annahme, daß höhere Temperaturen in Wolkenformationen am Rand auftreten, konnte eine lineare Transparenz der wärmeren Regionen der Wolken und damit ein weicher Übergang zwischen Wolken und wolkenfreien Gebieten realisiert werden. Für die Animation von Wolkendaten ist diese Annahme zulässig und liefert sehr ansprechende und realisti-

sche Ergebnisse. Stichproben haben ergeben, daß in erster Näherung die Annahme einer Zunahme der Temperaturen zum Wolkenrand hin zulässig ist. Durch die Verwendung einer Transparenz erscheinen damit die Wolkenränder durch die durchscheinende Information des Hintergrundbildes weicher und damit die Übergänge weniger hart. Harte Kanten werden bei der späteren Darstellung der Animation in fließender Bewegung vom Betrachter als störend empfunden.



**Abb. 13-3** Prinzip der Animation von Meteosat-Daten in Kombination mit einer wolkenfreien Satellitenbildkarte; Meteosat-Daten vom 7. Februar 1998, 12:00 UTC  
 A) Originales Thermal-Infrarotbild von Meteosat VISSR  
 B) Invertiertes und durch Look-Up-Tabelle gestrecktes Infrarotbild  
 C) Wolkenfreie Satellitenbildkarte (RGB) als Hintergrund  
 D) Kombiniertes Einzelbild der endgültigen Animationssequenz

Probleme treten bei diesem Verfahren lediglich bei kleinräumig hohen Temperaturgradienten auf (Meisner et al 1995). In Abhängigkeit von der Temperatur der Wolke wird dabei jedem einzelnen Wolkenpixel ein Transparenzwert zur Bestimmung der Durchsichtigkeit zugewiesen. Bei einer Temperatur von 290 Kelvin bleiben zum Beispiel 90 Prozent des Hintergrundes sichtbar, nur 10 Prozent sind Wolkeninformation. In linearer Abstufung werden Wolken erst bei Wolkentemperaturen von 270 Kelvin opak (0 Prozent Transparenz). Diese Transparenzwerte sind im

Animationssystem konfigurierbar und damit optimal auf die jeweilige Situation anzupassen. Die aus den vorher beschriebenen Schritten abgeleitete Wolkenmaske wird über eine Umkehrung der Farbwerte (kalte Regionen werden hell, relativ warme Wolken werden dunkel) und durch die Streckung über eine Farbtabelle farblich optimiert. Bestimmten Temperaturwerten der Wolken werden Farben in einem Farbkeil von Schwarz nach Weiß zugewiesen, um eine relativ realistische Darstellung der Wolken zu erreichen. Diese Wolkenbilder werden digital in Echtfarben (RGB, 24 bit) mit dem ausgewählten wolkenfreien Hintergrundbild verschnitten. Abb. 13-3 zeigt die Entstehung vom kalibrierten Thermalinfrarot-Datenstrom von Meteosat bis zum fertigen Einzelbild einer Animation.

Um eine harmonische Wolkenbewegung zu erreichen und eine Kontrolle der Geschwindigkeit der Animation zu erlauben, wurde die Möglichkeit zur Berechnung einer beliebigen Anzahl von Zwischenbildern in die Animationserstellung integriert. Bei den meist alle 30 Minuten vorliegenden Meteosat-Daten hat sich die Erstellung von zwei bis drei Zwischenbildern optisch und bezüglich der Rechenzeit als gute Lösung herausgestellt. Datenlücken werden vom System erkannt und durch Interpolation überbrückt, um eine konstante Geschwindigkeit der Wolkenbewegung auch beim Ausfall einzelner Datensätze zu erreichen. Bei hohem Wolkenbedeckungsgrad, bei dem die Erdoberfläche in der Animation nicht sichtbar ist, ist die Überlagerung von Zusatzinformation wie zum Beispiel von Küstenlinien oder Staatsgrenzen als Orientierungshilfe möglich. Basierend auf den über eine Woche empfangenen ca. 330 Datensätzen (ca. 500 MByte Rohdaten) wurde eine Meteosat-Sequenz mit einer Länge von ca. 30 Sekunden errechnet, welche die Dynamik von Wolken auf der Nordhalbkugel von Nordafrika bis in die Polargebiete eindrucksvoll dokumentiert.

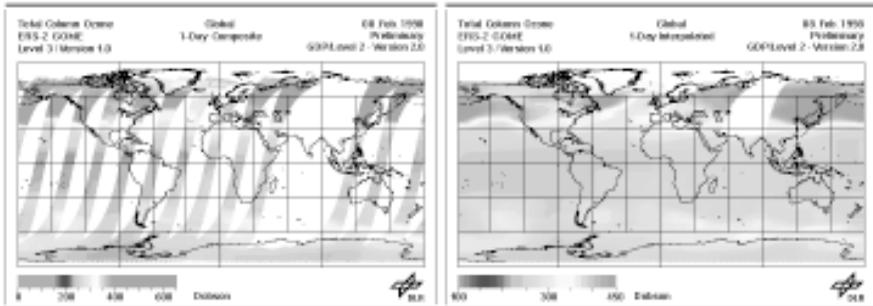
### 13.3.2 Animation der Ozondynamik über der Antarktis

Seit Beginn der 80er Jahre ist die Ozonabnahme über der Antarktis im Frühjahr der Südhalbkugel ein Ereignis von großem öffentlichen Interesse. Im Jahre 1998 erreichte das „Ozonloch“ über der Antarktis die größte, jemals gemessene Ausdehnung (mündliche Mitteilung von M. Bittner 1998).

Im Rahmen des *Interaktiven Polartheaters* wurde der Ozonproblematik ein eigener Abschnitt gewidmet, in dem durch eine Kombination von Realbildern und Computeranimation die historische Entwicklung und die potentiellen Folgen des Ozonabbaus in der Stratosphäre für das Ökosystem erläutert wurden. Zu diesem Zweck wurde auf Basis von Daten des *Total Ozon Mapping Sensor (TOMS)* und des *Global Ozone Monitoring Experiments (GOME)* Animationen der Entwicklung in den Jahren 1978, 1986 und 1996 erstellt. Die kontinuierliche, flächendeckende und neutrale Beobachtung der Veränderungen der Ozonschicht durch Satelliten ist die einzige Möglichkeit, zukünftig die Wirkung der getroffenen Maßnahmen zum Schutz der Ozonschicht zu überprüfen (Bittner et al 1998).

Aufgrund der Sensorcharakteristik von GOME ist aber nur alle drei Tage eine vollständige Überdeckung der Erde gewährleistet. In den Messungen für Einzeltage

treten daher erhebliche Lücken auf, wie Abb. 13-4 (links) zeigt. Für die Überwachung der Ozonschicht und nicht zuletzt auch für die Animation von Zeitsequenzen aus globalen Ozonmessungen ist jedoch eine verlässliche, flächendeckende Verfügbarkeit von Meßdaten notwendig. Durch das Verfahren der harmonischen Analyse (siehe nächsten Absatz) wird das dynamische Verhalten der Atmosphäre bei diesem raumzeitlichen Interpolationsverfahren berücksichtigt. Es wird dadurch möglich, sehr genaue globale Ozonkarten zur Verfügung zu stellen. Abb. 13-4 verdeutlicht den Unterschied zwischen der tatsächlichen globalen Abdeckung durch GOME-Messungen und den durch die harmonische Analyse aufbereiteten Daten.

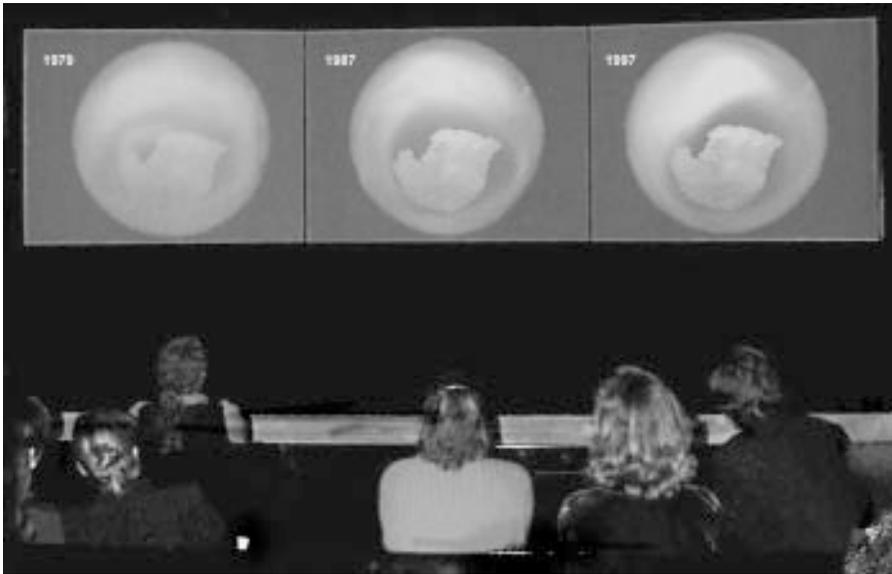


**Abb. 13-4** GOME-Daten vor und nach Anwendung der harmonischen Analyse

Die 3D-Animation zeigt eine 1,5-jährige Zeitserie der Ozonkonzentration. Die durch Harmonische Analyse (Bittner et al 1999) aufbereiteten globalen Ozonkarten wurden auf ein 3-dimensionales Modell der Erde (Kugel) abgebildet. Zur Schließung von Datenlücken und Glättung der Ozon-Eingabetexturen wurde zusätzlich durch Anwendung eines Tiefpaßfilters eine räumliche Mittelwertberechnung durchgeführt. Zwischen den Einzelbildern wurden 6 linear interpolierte Zwischenbilder berechnet, um eine zur Betrachtung ausreichende Länge der Animation zu erreichen. Auf die Kugel wurde zunächst eine statische Hintergrundtextur aufgebracht. In diesem Fall handelt es sich um ein wolkenfreies globales Satellitenbildmosaik aus Daten von NOAA-AVHRR. Die Ozonmessungen wurden als georeferenziertes Grauwertbild in eine Skalartextur konvertiert und auf ein zweites, etwas größeres Kugelobjekt gelegt. Die Ozonmessungen wurden dabei mit einer linear zunehmenden Transparenz bei sinkenden Ozonwerten versehen. Hierdurch entsteht beim Betrachter der Eindruck einer stärkeren Durchlässigkeit der Ozonschicht, die bei Werten unter 150 Dobson-Einheiten eine vollständige Transparenz erreicht.

Als Ergebnis liegen Animationen zu den Jahren 1978, 1987 und 1996 vor, die deutlich die dramatischen Veränderungen der Ozonschicht der letzten zwanzig Jahre dokumentieren. Auch bei dieser Installation bestand für die Besucher die Möglichkeit der Interaktion innerhalb der Animation und damit einer individuellen

Betrachtung der Dynamik der Ozonschicht und ihrer starken Veränderungen in der Dichte während der letzten zwanzig Jahre.



**Abb. 13-5** Präsentation der vergleichenden Animation der Ozonschicht über der Antarktis im *Interaktiven Polartheater*

### 13.4 Zusammenfassung

Satellitendaten sind die einzige Möglichkeit global, flächendeckend, regelmäßig und reproduzierbar Informationen zu bestimmten Parametern des Ökosystems Erde zu gewinnen. Durch die Animation solcher Daten können die Informationen in ihrer Dynamik sichtbar gemacht und analysiert und komplexe Sachverhalte verständlich dargestellt werden. Diese Darstellungen finden daher nicht nur in der wissenschaftlichen Analyse der Daten, sondern zunehmend auch in der Darstellung in populärwissenschaftlichen Medien und in der Lehre Verwendung. Die Erstellung solcher Animationen erfordert den Einsatz flexibler und leistungsfähiger Methoden und Software-Werkzeuge, insbesondere im Hinblick auf die umfangreichen Datensätze, die sowohl bei den Eingangsdaten als auch bei den Animationssequenzen auftreten. Die Ressourcen für die Verarbeitung der großen Datenmengen können momentan meist nur von großen Forschungseinrichtungen, Universitätsrechenzentren und großen Unternehmen bereitgestellt werden. Am Deutschen Fernerkundungsdatenzentrum des Deutschen Zentrums für Luft- und Raumfahrt in Oberpfaffenhofen werden solche Animationen regelmäßig hergestellt und bei Bedarf den entsprechenden Organisationen zur Verfügung gestellt.

## 13.5 Literatur

- Bittner, M, Dech, SW, Meisner R (1997) Monitoring of polar ozone depletion using ERS-2 GOME data. In: Earth Observation Quarterly, European Space Agency
- Dech, SW (1997) Anwendung der Satellitenfernerkundung. Von der geowissenschaftlichen Forschung zum operationellen Einsatz. Habilitationsschrift an der Julius-Maximilian-Universität Würzburg. DLR Forschungsbericht 97-52
- Dyring, A, Meisner, R; Eales, P (1998) Visualisierte Polarforschung. In: Spektrum der Wissenschaft, Januar 1998, 120-124
- Meisner, R, Dech, S (1995) An advanced technique for Meteosat cloud animation. In: Computer Animation '95, IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, California, USA, 190-197
- Meisner, R, Bittner, M, Dech, S (1998) Advanced interpolation techniques for the computer animation of satellite derived time series data. In: Proceedings of Visual Reality 1998, Kunst- und Ausstellungshalle der Bundesrepublik Deutschland, Bonn, 16. - 18. März 1998
- Roncarelli, R (1998) Feeding a Hungry Market. In: Computer Graphics World, Market Outlook, October 1998, 13-14

## Animationen zur Visualisierung raumbezogener Algorithmen

WOLF-DIETER RASE

### 14.1 Wissenschaftliche Visualisierung

Mit den technischen und wirtschaftlichen Fortschritten von Hardware und Software in den letzten zehn Jahren ist es möglich geworden, mit relativ geringem Aufwand mathematische Funktionen und konzeptionelle Modelle als Graphiken darzustellen. Zum Beispiel beruht der Erfolg des Programmsystems *Mathematica* zu einem beträchtlichen Teil auf der Möglichkeit zur schnellen Umsetzung von algebraischen Funktionen in eine Zeichnung, ohne daß das Programm verlassen werden muß (<http://www.wolfram.com>). Die Graphik ist nicht nur das Endprodukt zur Dokumentation des Ergebnisses, sondern ein Explorationswerkzeug, mit dem während der Arbeit an mathematischen und algorithmischen Problemen Zusammenhänge erkannt und neue Einsichten gewonnen werden. In Laufe der Weiterentwicklung von *Mathematica* sind neue Optionen zur Visualisierung hinzugekommen, unter anderem auch die Möglichkeit zur Erzeugung von Animationen. Die Wirkung von vielen, relativ kleinen Änderungen der Parameterwerte in algebraischen Formeln wird über die Zeitachse sichtbar gemacht, um daraus Schlüsse für das Verhalten und die Wirkung der Funktionen zu ziehen.

Inzwischen sind an vielen Stellen Entwicklungen im Gange, um mathematische, naturwissenschaftliche, medizinische und soziale Phänomene und Prozesse durch graphische Darstellungen besser nachvollziehbar und damit begreifbar zu machen (*scientific visualization*). Der Anteil der Animationen wächst mit der Verfügbarkeit ausreichend schneller Hardware und benutzerfreundlicher Software zur Herstellung und Vorführung von Bildsequenzen (siehe auch den Beitrag von Olbrich und Pralle in diesem Buch).

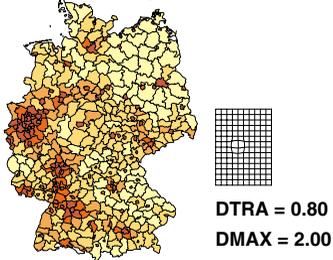
Analog zur Visualisierung von algebraischen Formeln lassen sich Animationen auch nutzen, um raumbezogene Rechenverfahren zu erklären, die verwendeten Algorithmen zu evaluieren und die Wirkung von Parameter-Änderungen zu studieren. Im folgenden werden Beispiele von Animationssequenzen präsentiert, die für Vorträge zu Themen aus Kartographie und GIS angefertigt wurden. Die relativ kurzen

Sequenzen sollen den Zuhörern das Verfahren oder die Wirkung von Parameterwerten demonstrieren. Die Vorführung der Animationen wurde durch verbale Erklärungen begleitet, deshalb war nicht notwendig, ausführliche Titel, Erklärungen oder Soundtrack in die Animationen einzubauen. Die Sequenz kann beliebig oft wiederholt werden, auch mit der Möglichkeit, die Vorführgeschwindigkeit zu variieren, bis hin zum Standbild.

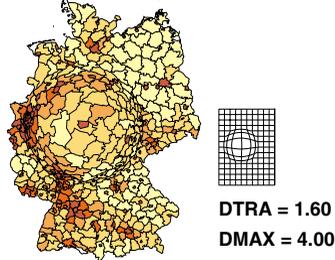
## 14.2 Kartographische Lupen

Bei der Ausgabe von Karten auf einem Graphikgerät besteht manchmal die Notwendigkeit, bestimmte Teile des Bildes größer darzustellen als andere. Anders als bei der Nachbildung einer „echten“ Lupe oder einem vergrößerten Ausschnitt soll der visuelle Zusammenhang mit der Umgebung ohne Unterbrechung erhalten bleiben. Man erreicht dies durch die Anwendung nichtlinearer Abbildungsfunktionen. Dabei wird der Teil der Karte um einen Fokuspunkt größer dargestellt als im Grundmaßstab der Karte. Der Maßstab wird mit der Entfernung vom Fokuspunkt kleiner als der Grundmaßstab, um den verdrängten Raum wieder auszugleichen. Die nicht-lineare Abbildung reicht bis zum Rand der Lupe. Dann ist der Grundmaßstab wieder gültig (Abb. 14-1).

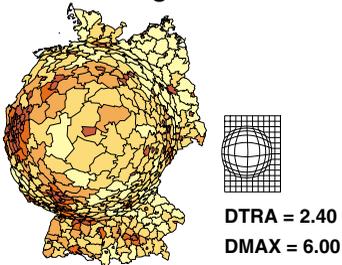
**Bevölkerungsdichte 1995**



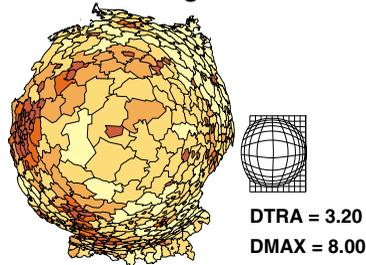
**Bevölkerungsdichte 1995**



**Bevölkerungsdichte 1995**



**Bevölkerungsdichte 1995**

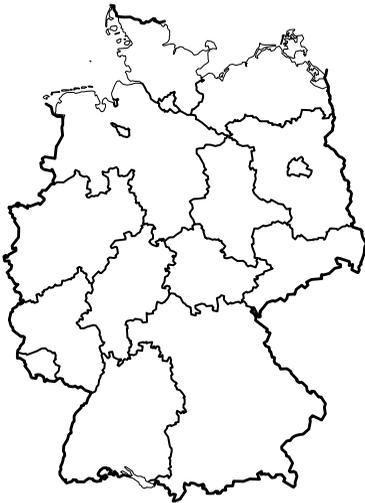


**Abb. 14-1** Wirkung von Radius und Maßstab

Für die Konstruktion der nichtlinearen kreisförmigen Lupe sind neben dem Ort des Fokuspunktes zwei Parameter variierbar, der Durchmesser und der maximale Abbildungsfaktor der Lupe. Für kartographische Anwendungen ist die Definition mehrerer Lupen mit unterschiedlichen Fokuspunkten und Parametern möglich. Die Vektorwerte der Transformationsfunktionen werden an jedem Punkt der Karte addiert und ergeben eine multifokale Transformation (Rase 1997).

In der ersten Animationssequenz (Datei Ani14-1.mpg) wird der Radius der Lupe verändert, in der Datei Ani14-2.mpg der Abbildungsfaktor. In dritten Sequenz (Ani14-3.mpg) werden zwei Fokalpunkte, Bonn und Berlin, mit gegenläufigem Abbildungsfaktor verwendet. In der vierten Sequenz (Ani14-4.mpg) wandert der Fokalpunkt bei konstantem Radius und Abbildungsfaktor durch die Bundesrepublik. Thematischer Hintergrund sind Klassen der Bevölkerungsdichte in den Kreisen der Bundesrepublik Deutschland.

### Ländergrenzen



### Wirtschaftskraft 1993

Die Flächen der Länder sind proportional zum Bruttoinlandsprodukt verzerrt  
Restfehler 1,85 %

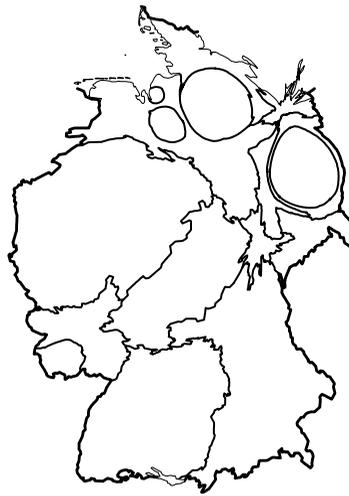


Abb. 14-2 Kartographische Anamorphose (Wirtschaftskraft)

## 14.3 Kartographische Anamorphosen

Kartographische Anamorphosen sind nichtlineare Abbildungen, bei denen die Flächen von Bezugseinheiten in Abhängigkeit von Datenwerten proportional vergrößert oder verkleinert werden. Die topologischen Beziehungen der Regionen und des Grenznetzwerks bleiben erhalten.

In Abb. 14-2 sind die Länder der Bundesrepublik proportional zum jeweiligen Bruttoinlandsprodukt (BIP) vergrößert oder verkleinert. Durch den Unterschied zur linearen Darstellung (links) wird die unterschiedliche Wirtschaftskraft der Länder verdeutlicht.

Der Algorithmus zur Erzeugung der Anamorphose ist ein iteratives Verfahren, das in mehreren Schritten von der ursprünglichen Grenzgeometrie zur verzerrten Konfiguration der Anamorphose führt (Dougenik et al 1985, Rase 1992). In der Animation (Datei Ani14-5.mpg) sind die Iterationsschritte mit Überblendungen aneinandergereiht. Man sieht, wie sich die Polygone der Länder wie aneinandergeliebte Luftballons im Gang der Iteration aufblähen oder zusammenfallen.

# Wohnbevölkerung 1993

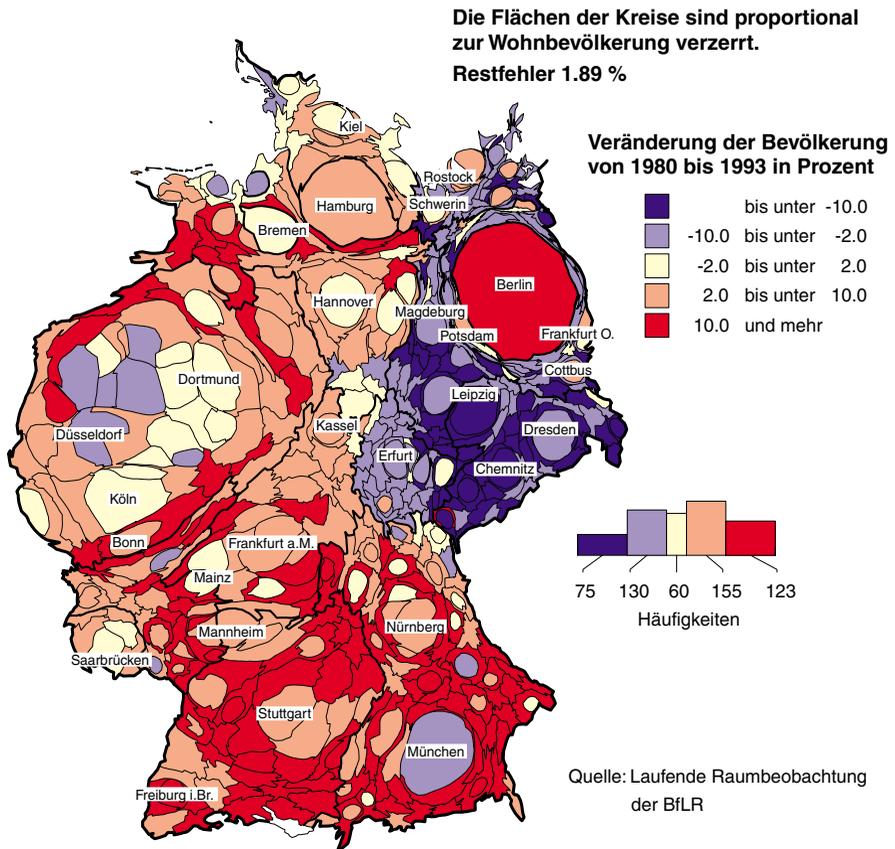


Abb. 14-3 Anamorphose mit Einwohnern in den Kreisen der Bundesrepublik

In der Animationssequenz Ani14-6.mpg wurde das gleiche Verfahren auf die Kreise der Bundesrepublik angewandt. Die Flächen der Kreise werden proportional zur Anzahl der Einwohner vergrößert oder verkleinert, mit einem kleinen Restfehler (Abb. 14-3). Die Dimensionen des Kartenblatts werden als graphische Variablen verwendet. Als zusätzliche Variable werden Klassen der Veränderung der Einwohner in den Kreisen von 1989 bis 1993 durch die Flächenfüllung dargestellt.

## 14.4 Pyknophylaktische Interpolation

Mit dem Verfahren der pyknophylaktischen Interpolation wird aus polygonbezogenen Daten, etwa Ergebnisse von Großzählungen, eine kontinuierliche Oberfläche konstruiert (Tobler 1979). Das Verfahren sichert die Erhaltung des Volumens über jedem Polygon. Zum Beispiel darf Teil der Einwohner in einer Bezugseinheit nicht bei der Interpolation benachbarten Einheiten zugeordnet werden („Erosion“), wie das bei punktbezogenen Interpolationsverfahren passieren kann (Rase 1998).

Das Verfahren besteht aus drei Schritten. Im ersten Schritt werden die Prismen über den Polygonen in kleinere Einheiten unterteilt, im einfachsten Fall in Säulen mit quadratischer Grundfläche (Abb. 14-4). Im zweiten Schritt werden die Höhen der Säulen individuell so verändert, daß eine kontinuierliche Oberfläche entsteht. Im dritten Schritt werden die Differenzen im Volumen einer Einheit (Summe des Volumens aller Säulen einer Einheit) gleichmäßig auf alle Säulen einer Einheit verteilt. Der zweite und der dritte Schritt werden solange wiederholt, bis ein Abbruchkriterium erreicht ist, etwa ein Schwellenwert für den Restfehler oder eine voreingestellte Anzahl von Iterationszyklen (Rase 1999).

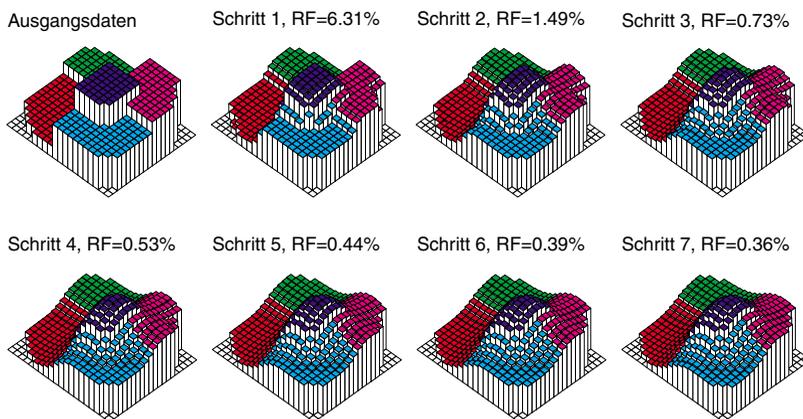


Abb 14-4 Pyknophylaktische Interpolation mit einem Testdatensatz

In den Animationssequenzen Ani14-7.mpg und Ani14-8.mpg wird das Verfahren mit einem Test-Datensatz demonstriert. Das Verfahren konvergiert sehr schnell, nach

dem vierten Zyklus sind kaum noch Änderungen zu sehen. Die Animationssequenz Ani14-9.mpg zeigt die Konstruktion der stetigen Oberfläche aus den Einwohnerzahlen der Raumordnungsregionen in der Bundesrepublik. Aus einer perspektivisch dargestellten Choroplethenkarte entsteht eine kontinuierliche Oberfläche, bei der das Volumen über den Polygonen der Raumordnungsregionen gleich dem Inhalt der Prismen in der Choroplethenkarte ist.

## 14.5 Technische Realisierung

Die Produktion der Animationssequenzen erfolgte mit Einzelprogrammen und Skripts (VMS-DCL) zur Steuerung des Ablaufs. Mit dem Kartographie-Programm *CHOROS* wurden die Zeichnungsdateien der Choroplethenkarten erzeugt (Vektorgraphik mit PostScript). Die Vektorgraphiken wurden in Rasterbilder umgewandelt, in diesem Fall noch über Screenshots (Programm *IMAGEMAGICK*). Die Sequenzen für die pyknophylaktische Interpolation entstanden mit dem Programm *KONKAR*, das Eingabedateien für das Programm *POV-Ray* erzeugt (Rase 1998). Mit dem Programm *POV-Ray* wurden Rasterbilder mit der perspektivischen Darstellung der Oberflächen hergestellt. Nach Konvertierung der Rasterbilder vom TGA- in das YUV-Format (siehe den Beitrag von Olbrich und Pralle) setzte ein MPEG-Encoder die Einzelbilder zu Animationssequenzen im MPEG-Format zusammen (näheres zu MPEG-Encodern unter <http://www.mpeg.org>).

Als die Sequenzen angefertigt wurden, stand noch kein Intel/Windows-Rechner mit ausreichender Leistungsfähigkeit und adäquater Software zur Verfügung. Heute erfolgt die Konvertierung der PostScript-Dateien in Rasterbilder mit CorelDraw, der Rasterbilder in MPEG-Dateien mit den Programmen *MainActor*, *Illustrator* oder *Corel Photopaint* (siehe den Beitrag von Dransch und Rase zur Software).

## 14.6 Literatur

- Dougenik, JA, Chrisman, NR, Niemeyer, DM (1985) An algorithm to construct continuous area cartograms. In: *Professional Geographer*, 37 (1), 25-81
- Rase, WD (1992) Kartographische Anamorphosen. In: *Kartographische Nachrichten* 42. Jahrgang, 3/92, 99-105
- Rase, WD (1997) Nichtlineare Abbildungen und kartographische Anamorphosen. In: *GIS und Kartographie im multimedialen Umfeld*. Kartographische Schriften, Band 2. Kirschbaum, Bonn
- Rase, WD (1998) Modellierung und Darstellung immaterieller Oberflächen. *Forschungen des BBR*, Heft 89, Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung, Bonn
- Rase, WD (1999) Volumenerhaltende Interpolation von Kontinua aus polygonbezogenen Daten. In: Schmidt, B, Uhlenkükten C (Hrsg.) *Visualisierung raumbezogener Daten: Methoden und Anwendungen*. IfGIprints 6, Institut für Geoinformatik, Universität Münster, 73-88
- Tobler, WR (1979), Smooth pycnophylactic interpolation for geographical regions. In: *Journal of the American Statistical Association*, Vol. 74, No. 357, 519-535

## Animationen für dialektgeographische Untersuchungen

GUILLAUME SCHILTZ

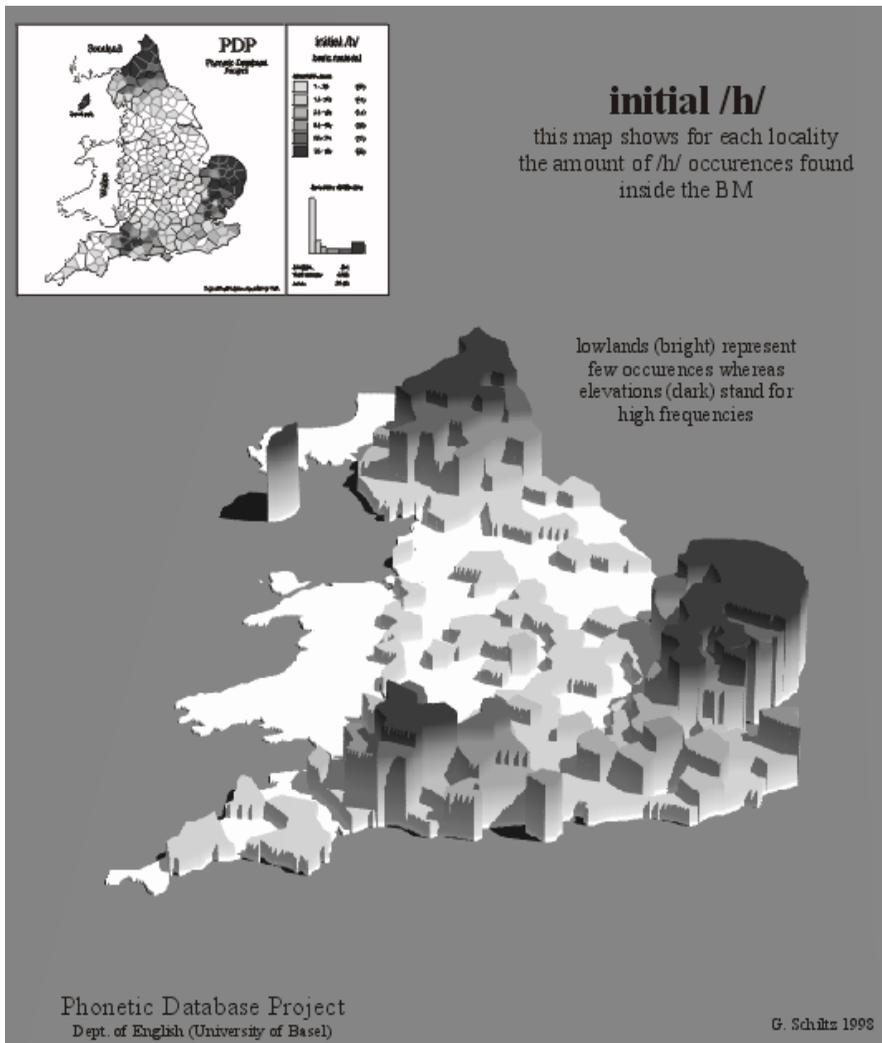
### 15.1 Dialektgeographie und Dialektometrie

Dialekte oder Mundarten bilden einen Hauptbestandteil an sprachlichen Variationsformen. Sie begegnen uns tagtäglich, sei es im Kontakt zu unseren Mitmenschen oder etwa in der Literatur und in der Werbung. Wann immer die regionale oder lokale Herkunft eines Sprechers in Betracht gezogen wird, verlassen wir uns auf sprachspezifische Merkmale. Wir erkennen einen Schwaben oder Pfälzer an seiner Aussprache, nicht an seiner Kleidung oder an seiner Körpergröße. Umgekehrt identifiziert ein Schwabe seine Landsleute wiederum anhand sprachlicher Merkmale. Unsere Spracherfahrung und unser Sprachbewußtsein ermöglichen es uns also, einerseits unser Gegenüber geographisch zuzuordnen, andererseits aber auch uns selbst mit einer gewissen geographischen Identität zu versehen.

Ein Hauptanliegen der Dialektologie ist es nun, diese Sprachunterschiede zu beschreiben und ihre regionale Varianz zu kartieren. Die Gewinnung der Sprachdaten ist dabei ein äußerst komplexes und langwieriges Unternehmen, das hier nicht weiter ausgeführt werden soll. Besch et al (1982) liefern zu diesem Themenkomplex einen umfassenden Überblick. Nur soviel sei zu den Daten gesagt, daß sie bei nahezu allen dialektgeographischen Untersuchungen von älteren Mundartsprechern stammen, die meist aus dem landwirtschaftlichen Umfeld kommen und sich durch geringe Mobilität auszeichnen. Diese Einschränkungen sind nötig, um eine einigermaßen sichere geographische Zuordnung von Mundart zu gewährleisten.

Alle hier beschriebenen Animationsbeispiele basieren auf der *Survey of English Dialects* (SED), einer großangelegten Untersuchung, die in den Jahren 1948 bis 1961 durchgeführt wurde (Orton 1962). Ziel war es, die sprachliche Vielfalt der ländlichen Bevölkerung Englands aufzuzeichnen und zu dokumentieren. Aus insgesamt 313 Ortschaften liegen phonetisch transkribierte Daten zu einem Fragebuch von 1.300 Fragen vor. Auszugsweise wurde dieser enorme Datenbestand in der Nachfolge in mehreren Atlanten kartiert. Dabei beschränken sich diese Karten jedoch auf die Dokumentation qualitativer Merkmale und zeigen etwa, daß der Ausdruck für

*spielen* im Norden *to lake* heißt und im Süden *to play*. Daneben ist es jedoch auch von Interesse, diese Daten quantitativ auszuwerten. Unser erstes Beispiel beschäftigt sich dabei immer noch mit der Frage *Wo spricht man was?*, dokumentiert aber das Ergebnis nicht mehr durch einen einzelnen Ausdruck, sondern anhand aller Vorkommen im gesamten Datenbestand.



**Abb. 15-1** Perspektivische Karte

Ganz anders lautet die Fragestellung im zweiten Beispiel. Hier wird jede lokale Mundart als eigenständiges, historisch gewachsenes Kommunikationssystem ver-

standen, das über eine fest definierte Ähnlichkeitsrelation mit allen anderen lokalen Mundarten verknüpft ist. Dabei weisen Ähnlichkeitsprofile zu unterschiedlichen lokalen Mundarten sehr individuelle Raummuster auf. Das Auffinden dieser Muster und die Suche nach Erklärungen ist eines der Hauptziele der *Dialektometrie*, einer quantitativ und klassifikatorisch operierenden Teildisziplin der Dialektologie. Goebel (1984, 1993) und Schiltz (1996) liefern einen Überblick zu dialektometrischen Methoden. Speziell zur Dialektvielfalt Englands sei Trudgill (1990) und Upton und Widdowson (1996) als einführende Lektüre empfohlen.

## 15.2 Kartenflug

### 15.2.1 Thema, Konzeption

Die Animation *Kartenflug* (Datei Ani15-1.avi) wurde als Ergänzung zu einer Flächendichtekarte und der daraus abgeleiteten Reliefdarstellung (perspektivische Choroplethenkarte) erstellt. Ausführung, Thema und Inhalt sind für alle drei Darstellungen identisch und zeigen den Erhalt von anlautendem 'h' in Ausdrücken wie *house*, *home*, *her* u.s.w. Die Flächensignaturen geben das Absolutvorkommen der h-Formen wieder und sind farblich nach sechs Stufen skaliert. Werte unterhalb des Mittelwerts weisen Blautöne in zunehmender Farbintensität auf, solche über dem Mittelwert werden mit verstärkter Rotintensität dargestellt. Die Motivation der dreifachen Ausführung dieses Themas lag darin, die Aufmerksamkeit der Betrachter in verschiedenen Präsentationsumgebungen zu gewinnen. Während die einfache Flächenkarte den mündlichen Vortrag ergänzte, war die Darstellung der Oberfläche aus Abb. 15-1 Teil eines Posters. Die Animation schließlich rundete eine Computerdemonstration ab.

### 15.2.2 Technische Realisierung

Die technische Realisierung dieser Animation war relativ einfach. Ausgangsprodukt war die Choroplethenkarte (ohne Legende und Grenzlinien und mit grauskalierten Signaturen), die mit einem eigenen Programm als PostScript-Datei erstellt wurde. Dieses Programm liefert, zusätzlich zur dialektometrischen Analyse, eine kartographische Umsetzung der Ergebnisse. Auswahl und Gestaltung dieser Karten ist dabei weitestgehend flexibel gehalten, basiert jedoch immer auf den in der Dialektometrie üblichen Choroplethenkarten, wie sie in Goebel (1984) und Schiltz (1996) zu finden sind. Die hierbei erzeugte PostScript-Datei wurde anschließend mit dem Programm *CorelDraw* in eine Rasterdatei im TGA-Format konvertiert.

Eine perspektivische Umsetzung dieser Datei erfolgte nun dem Graphikprogramm *POV-Ray*. Die Oberfläche wurde als Objekt vom Typ *heightfield* definiert, also ein rechteckiges Gitter mit Höhenwerten. Als Textur wurden, abhängig von der Erhöhung, die gleichen Farben gewählt, wie sie auf der zweidimensionalen Choroplethenkarte angegeben sind.

Zur Generierung der Animation war es innerhalb von POV-Ray möglich, eine Flugbahn durch kontinuierliche Verschiebung der Kameraposition und ihres Blickwinkels zu definieren und zu bestimmten Werten einzelne Rasterbilder zu erzeugen. Die 554 Rasterbilder wurden anschließend mit dem Programm *Paint Shop Pro* in das GIF-Format konvertiert. Zusammen mit dem in GIF-Bildern erstellten Titel und dem Abspann wurden schließlich alle Einzelbilder mit dem Programm *MainActor* zu einer Bildfolge im AVI-Format vereint.

Als problematisch erwies sich lediglich die Definition der Flugbahn innerhalb von *POV-Ray*. Mittlerweile gibt es jedoch einige Zusatzprogramme, welche diese Arbeit weitaus einfacher machen (siehe den Beitrag von Dransch und Rase zur Animationssoftware). Zur besseren Orientierung des Betrachters hat sich zudem der Einsatz eines künstlichen Horizonts mit einem Wolkenhimmel als sehr hilfreich erwiesen.

Bei der Erstellung der Animation, wie auch bei der Reliefdarstellung, wurde bewußt auf eine Glättung der Oberfläche verzichtet. In Anlehnung an die Flächenkarte sollte die in der Dialektometrie übliche Voronoi-Parzellierung (Okabe et al 1992) beibehalten werden. Damit wird vom Betrachter eine geringe Abstraktionsleistung beim Vergleich der drei Darstellungsformen verlangt und zusätzlich wird auch bei der Animation eine gewisse Lokalisierung der Signaturen ermöglicht.

### 15.2.3 Bewertung

Alle Darstellungen sind anläßlich eines Kongresses vorgeführt worden. Aus anschließenden Diskussionen wurde deutlich, daß die Animation erwartungsgemäß das größte Interesse bei den Teilnehmern weckte. Hierbei stand jedoch nicht mehr der thematische Inhalt im Mittelpunkt, sondern mehrheitlich die Darstellungsform, die als Novum innerhalb der Dialektkartographie gewertet werden kann.

Im Vergleich kann man festhalten, daß jede der drei Darstellungsformen ihren Zweck erfüllte. Die Flächenkarte mit ihrer detaillierten Information und der Möglichkeit zur ortsgenauen Lokalisierung eignet sich hervorragend für den Vortrag. Dort erwarten die Zuhörer Ausführungen zum angekündigten Thema, wobei Karten lediglich zur Illustration herangezogen werden. Bei einer Posterpräsentation hingegen wird das Interesse des Publikums durch visuelle Anreize gesteigert. Da Poster meist nur einmal mündlich vorgestellt werden, aber während der gesamten Tagung besichtigt werden können, sollten auch hier die Details nicht vernachlässigt werden. Aus diesem Grund wurde für das Poster die Reliefdarstellung um die Flächenkarte ergänzt. Ganz anders verhält es sich bei einer Vorführung von Animationssequenzen. Die reine Darstellung wird in einem mündlichen Kommentar eingebettet. Somit ist es möglich, den durch Fokussierung auf die Animation bedingten Inhaltsverlust verbal zu ergänzen.

## 15.3 Dynamische Bildtypologie

### 15.3.1 Thema, Konzeption

Abb. 15-2 zeigt ein typisches Ähnlichkeitsprofil, wobei hier die Mundart der Lokalität Gooderstone (Nf8) in Norfolk als Referenz dient. Die Position von Nf8 ist auf der Karte mit einem schwarzen Kreis ausgezeichnet. Die Skala der sprachlichen Ähnlichkeit zu den restlichen Lokalitäten variiert von hohen Werten mit dunkler Signatur bis hin zu niedrigen Werten mit heller Signatur. Bei der originalen Farbkarte sind die Signaturen für die sechs unterschiedlichen Farbtöne in Anlehnung an den Farbkreis definiert. Hierdurch gewinnt die Karte an Plastizität und ermöglicht eine intuitive Zuordnung von hohen Werten zu „warmen“ Farben und von niedrigen Werten zu „kalten“ Farben.

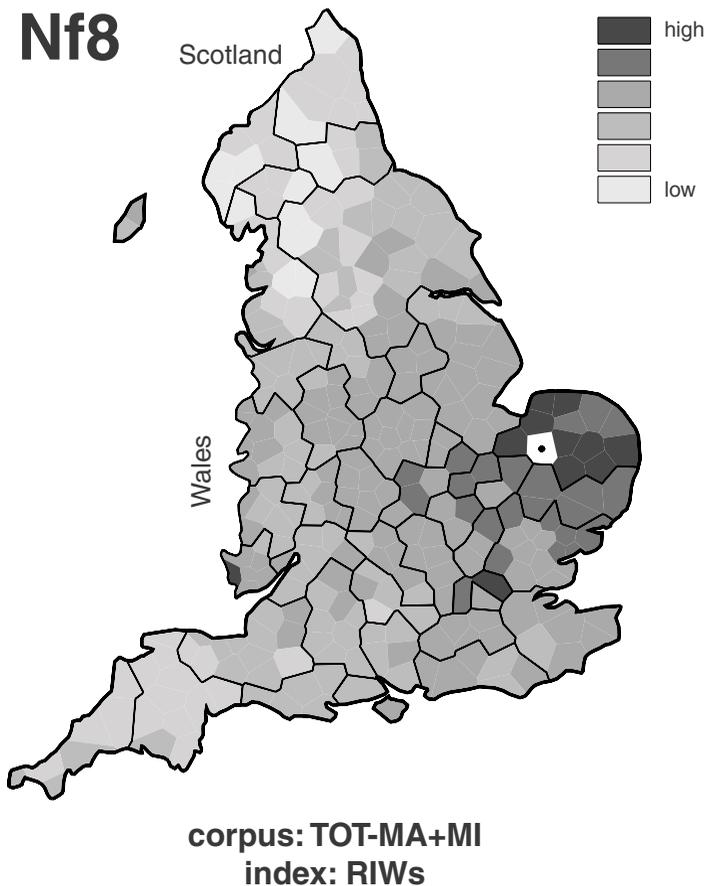
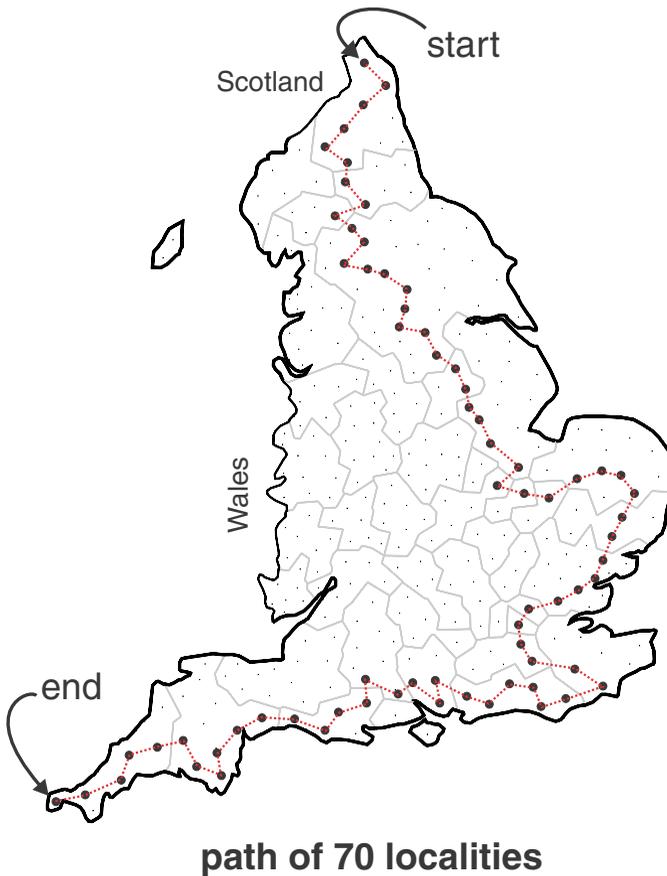


Abb. 15-2 Dialektometrisches Ähnlichkeitsprofil

Bei kurzer Betrachtung läßt sich auf der Karte aus Abb. 15-2 folgendes Muster erkennen: hohe sprachliche Ähnlichkeiten in East Anglia (Norfolk, Suffolk), geringe Werte im Norden und im Südwesten und ein ausgedehnter Bereich an mittlerer Ähnlichkeit im Zentrum und im Süden. Für Ähnlichkeitsprofile zu anderen Referenzlokalitäten aus East Anglia wird überwiegend das gleiche Muster sprachlicher Ähnlichkeit gezeigt. Lediglich bei den Referenzpunkten im Südwesten ist eine leichte Alternation festzustellen. Wir haben es demnach mit einem sehr bestimmten Bildtypus – einer grobräumlichen Verteilung von hoher und geringer sprachlicher Ähnlichkeit – zu tun, der nur in East Anglia auftritt.



**Abb. 15-3** Pfaddefinition

Sobald Ähnlichkeitsprofile zu den nordwestlich bzw. südlich angrenzenden Lokalitäten vorliegen, treten ganz anders gestaltete Bildtypen auf. Interessant wird es nun, wenn man eine gewisse Anzahl an Referenzlokalitäten entlang eines Pfades

aufreht (Abb. 15-3) und die entsprechenden Ähnlichkeitsprofile Revue passieren läßt. Immer dann, wenn sich der Bildtypus sichtbar ändert, hat man es mit einem sprachlichen Übergang zu tun. Während abrupte Änderungen auf das Überschreiten einer ausgeprägten Sprachgrenze hinweisen, stellen kontinuierliche Differenzen einen fließenden Wechsel zu einer neuen Sprachregion dar.

Über den heuristischen Effekt derartiger Pfade bei der Erkennung von Sprachräumen hat Goebel bereits berichtet. Er hat, in Anlehnung an die typologische Forschung, den Begriff *dynamische Bildtypologie* geprägt (Goebel 1984). Während Goebel die Abfolge der einzelnen Profile mit Hilfe von Diaprojektoren darstellte, bot es sich an, dieses Verfahren anhand einer Animation mit *keyframes* (Dransch 1997) zu verwirklichen. Dabei wird jedes Ähnlichkeitsprofil als *keyframe* definiert, dessen Abfolge durch den vorher festgelegten Pfad bestimmt ist. Beim Wechsel der Keyframes ändern sich lediglich die Signaturfarben, womit dieser Übergang am besten durch einfache Überblendung erfolgt.

Beispiel 2 (Animationsdatei Ani15-2.avi) zeigt eine dynamische Bildtypologie mit dem Pfad von Abb. 15-3, der aus insgesamt 70 Referenzlokalitäten besteht. Dieser Pfad durchquert England von Norden nach Südosten und anschließend entlang der Südküste bis zum äußersten Westen. Beim Abspielen der Animation kann man feststellen, daß sich im Verlauf der Nord-Süd Durchquerung zahlreiche kleinräumige Bildtypen einstellen, die jedoch immer fließend ineinander übergehen. Im südlichen Teilpfad hingegen tritt mit dem Übertritt von West Sussex nach Hampshire ein markanter Wechsel auf (Lokalitäten Sx2, Ha4 und Ha5). Ab dem Ähnlichkeitsprofil zu Ha5 bleibt der Bildtypus dann aber für acht weitere Einzelbilder bis nach Devonshire (Referenzlokalität D5) nahezu konstant. Damit zeigt die Animation, daß einerseits eine klare Nord-Süd Aufteilung innerhalb der englischen Dialekte nicht nachzuweisen ist, andererseits der Südwesten Englands als eine kohärente, großräumige Dialektlandschaft erscheint, die sich besonders im südlichen Hampshire stark nach Osten abgrenzt. Solche Ergebnisse sind in der Dialektologie von großer Relevanz, denn mit der hier vorgestellten dynamischen Bildtypologie wird eine Möglichkeit geschaffen, Dialektgebiete anhand ihrer Ähnlichkeitsmuster zu erfassen und zusätzlich ihre Abgrenzungen zu bewerten.

### 15.3.2 Technische Realisierung

Wie auch im vorherigen Beispiel war der technische Aufwand zur Realisierung dieser Animation relativ einfach. Alle 70 Einzelbilder wurden von der oben angesprochenen dialektometrischen Analysesoftware als PostScript-Vektorgraphiken entsprechend Abb. 15-2 generiert und mit dem Programm *CorelDraw* zu GIF-Dateien konvertiert. Die Überblendung erfolgte dann mit dem Programm *WWW Gif Animator*. Anschließend wurden alle Einzelbilder, einschließlich des Vorspanns, mit dem Programm *MainActor* zu einer AVI-Sequenz vereint. Bei *MainActor* wurde, in Anlehnung an die Pfaddefinition, die Darstellungsdauer der Einzelbilder im Verhältnis zu den *inbetweens* um den Faktor 4 erhöht. Damit sollten die datenbasierten Einzel-

bilder gegenüber der berechneten Überblendungen hervorgehoben werden und identifizierbar bleiben.

### 15.3.3 Bewertung

Auch diese Animation war als Vorführung anlässlich einer Tagung geplant, weshalb sie mit einem kurzen Vorspann (einleitender Text, Pfaddefinition) ausgestattet ist. Zu rein explorativen Zwecken konnten mittlerweile eine ganze Sammlung ähnlicher Animationen mit unterschiedlichen Sprachdaten erstellt werden. Die dynamische Bildtypologie mit computeranimierten Daten hat sich bei der Analyse von dialektometrischen Ähnlichkeitsprofilen als äußerst hilfreich erwiesen. Damit lassen sich Wechsel zwischen einzelnen Dialekräumen und deren Beschaffenheit sehr prägnant sichtbar machen und geben Anlaß zu vielfältigen Hypothesen. Wünschenswert wäre es natürlich, wenn die Pfadauswahl interaktiv erfolgen könnte. Dies wäre aber nur möglich, wenn sich die einzelnen Programme besser integrieren ließen und nicht wie bisher auf verschiedenen Programmpaketen mit unterschiedlichen Grafikformaten basieren würden.

## 15.4 Rahmenbedingungen, Erfahrungen

Beim anfänglichen Experimentieren mit Computeranimationen mußten einige Vorentscheidungen bezüglich der Ausführung gefällt werden. Zuerst war klar, daß für den beabsichtigten Zweck auf den Einsatz von Ton verzichtet werden kann. Animationen, die lediglich zur Demonstration eingesetzt werden, müssen zwar verbal kommentiert werden, doch ist dieser Kommentar sehr abhängig vom anzusprechenden Publikum und kann daher kaum einheitlich verfaßt werden. Für eigenständige Publikation, etwa auf CD-ROM, wäre es jedoch sinnvoll, einen vorgefertigten Kommentar in die Animation einzubauen. Im Bereich der Exploration kann vom nötigen Vorwissen der Nutzer ausgegangen werden, so daß ein integrierter Kommentar eher als störend einzustufen wäre.

Ein rein technisches Problem stellte sich bei der Auswahl des Datenformats für die Animationen. Durch die hohe Verbreitung der Betriebssysteme MS-Windows 95/98/NT bot sich das hierbei unterstützte AVI-Format an. Beim Abspielen unter MS-Windows ist kein zusätzliches Betrachtungsprogramm notwendig, allerdings können die Sequenzen nur nach Konvertierung auf Rechnern mit anderen Betriebssystemen dargestellt werden. Ein weiterer Nachteil ist die eingeschränkte Möglichkeit der Interaktion unter MS-Windows. So erlaubt es die Standard-Medienwiedergabe nicht, die Abspielgeschwindigkeit zu modifizieren, was häufig sehr wünschenswert wäre.

In Anbetracht der hohen Anschaffungskosten für Animationssoftware wurden fast ausschließlich Programme aus dem Shareware- und Freeware-Bereich benutzt. Mit zunehmendem Bedarf an multimedialen Anwendungen bieten diese Programme heute eine Vielzahl von Funktionen, die mit geringem Aufwand auch für die Computeranimation nutzbar gemacht werden können. Nur CorelDraw stand als Grafik-

programm zur Verfügung, wurde aber lediglich zur Konvertierung der verschiedenen Grafikformate und zur Erstellung der einleitenden Einzelbilder des Vorspanns eingesetzt. Im Beitrag von Dransch und Rase zu Animationssoftware sind die Programme mit WWW-Adressen aufgeführt.

### Danksagung

Wie bereits eingangs erwähnt, basieren die sprachlichen Rohdaten auf der *Survey of English Dialects (SED)*. Für die vorliegenden Beispiele konnte jedoch auf die computerlesbaren Daten aus den nachfolgenden Projekten zurückgegriffen werden. Den beteiligten Projektleitern möchte ich an dieser Stelle meinen Dank für ihre Kooperation aussprechen. Daneben soll aber auch Herr Prof. Dr. Hans Goebel (Institut für Romanistik, Universität Salzburg) nicht unerwähnt bleiben. Im Bereich der Dialektometrie und der dynamischen Bildtypologie konnte er unschätzbare Vorarbeit leisten. Er gab auch den Anstoß für die Herstellung der hier vorgestellten Animationen.

Beispiel 1: The Phonetic Database Project (PDP). Projektleiter: Prof. Dr. Willy Elmer, Englisch Seminar, Universität Basel.

Beispiel 2: The Computer Developed Linguistic Atlas of England (CLAE). Projektleiter: Prof. Dr. Dr. h.c. Wolfgang Viereck, Lehrstuhl für Englische Sprachwissenschaft und Mediävistik, Universität Bamberg.

## 15.5 Literatur

- Besch W, Knoop U, Putschke W, Wiegand HE (1982) Dialektologie. Ein Handbuch zur deutschen und allgemeinen Dialektforschung. Bd 1.1. Walter de Gruyter, Berlin, New York
- Dransch D (1997) Computer-Animation in der Kartographie. Theorie und Praxis. Springer, Berlin, Heidelberg
- Elmer W, Rudin E (1997) The 'Survey of English Dialects' as an electronic database for research in areal and variationist linguistics. In: Thomas AR (ed.) Issues and Methods in Dialectology. University of Wales Bangor, Bangor, 234-246
- Goebel H (1984) Dialektometrische Studien anhand italo-romanischer, rätoromanischer und galloromanischer Sprachmaterialien aus AIS und ALF. Bd 1. Niemeyer, Tübingen
- Goebel H (1993) Dialectometry. A short overview of the principles and practice of quantitative classification of linguistic atlas data. In: Köhler R, Rieger BB (ed.) Contributions to Quantitative Linguistics. Kluwer, Dordrecht, Boston, London, 277-315
- Okabe A, Boots B, Sugihara K (1992) Spatial tessellations: concepts and applications of Voronoi diagrams. Wiley, Chichester
- Orton H (1962) Survey of English Dialects. Introduction. Arnold, Leeds
- Orton H et al (1962-71) Survey of English Dialects. The Basic Material. Arnold, Leeds
- Schiltz G (1996) Der dialektometrische Atlas von Südwest-Baden (DASB). Konzepte eines dialektometrischen Informationssystems. Elwert, Marburg
- Trudgill P (1990) The dialects of England. Blackwell, Oxford
- Upton C, Widdowson JDA (1996) An Atlas of English Dialects. OUP, Oxford

Viereck W. (1991) *The Computer Developed Linguistic Atlas of England 1 (CLAE1)*. Niemeyer, Tübingen

Viereck W, Ramisch H (1997) *The Computer Developed Linguistic Atlas of England 2 (CLAE2)*. Niemeyer, Tübingen

## Perspektiven für die kartographische Animation

WOLF-DIETER RASE

Die Beiträge in diesem Band spiegeln den aktuellen Stand der kartographischen Animation für viele Anwendungsbereiche, mit unterschiedlichen Zielsetzungen und Zielgruppen und einem weiten Spektrum der technischen Realisierung wieder. Doch wie sind die Perspektiven für die Zukunft der kartographische Animation? In den folgenden Abschnitten wird versucht, einige Trends zu beschreiben, mit der notwendigen Vorsicht, die bei allen Prognosen angebracht ist.

### 16.1 Hardware

Denken wir zurück, welche Rechner wir vor fünf oder zehn Jahren an unserem Arbeitsplatz zur Verfügung hatten. 1990 war das ruckfreie Abspielen von Animationssequenzen aus einer Datei nur über eine Hochleistungs-Workstation mit schnellem Graphik-Subsystem möglich. Die mit Rechnerunterstützung erzeugten Animationen wurden meistens auf Videoband gespeichert, weil die Durchsatzgeschwindigkeit und die Speicherkapazität der arbeitsplatznahen Rechner nicht zur Vorführung der Animationen ausreichten. Die Berechnung der Einzelbilder, selbst für kleinere Sequenzen, dauerte noch Tage oder sogar Wochen, wenn nicht ein Hochleistungsrechner in einem Rechenzentrum in Anspruch genommen werden konnte.

Fünf Jahre später genügte dann schon ein schneller Intel-Rechner mit guter Graphikkarte zur Vorführung der Animation. Die Bildberechnungen wurden erheblich schneller ausgeführt, auch auf dem Arbeitsplatzrechner. Auf der anderen Seite waren auch die Ansprüche gestiegen, etwa an die realitätsnahe Darstellung von dreidimensionalen Szenen, mit entsprechender Auswirkung auf die Rechenzeit für die Erzeugung der Bilder. Heute die Arbeitsplatz- und Notebook-Rechner so leistungsfähig, daß nicht nur die Animationssequenzen direkt abgespielt, sondern auch in akzeptabler Zeit erzeugt werden können. Natürlich können die Ansprüche nicht so hoch sein wie bei kommerziellen Produktionen, etwa *Toy Story* oder *Titanic*, die erheblich höhere Bildauflösung und nahezu fotorealistische Darstellung der Szenen erfordern.

Der Trend in der Geschwindigkeitszunahme der Hardware wird sich in der nächsten Dekade noch mit der gleichen Intensität fortsetzen wie in den vergangenen

Jahren. Im Jahr 2000 sind Rechner der x86-Familie von Intel und anderen Firmen mit Taktfrequenzen von 1 GHz und mehr auf dem Markt. Die Grenzen für die Geschwindigkeit der jetzt verwendeten Halbleitertechnik werden nach Ansicht der Experten etwa in den Jahren 2012 bis 2015 erreicht sein, wenn die Breite der Leiterbahnen und die Fläche der Transistoren aus physikalischen Gründen nicht mehr verkleinert werden können.

Der Durchsatz der Prozessoren wird weiter gesteigert durch spezialisierte Befehle für Graphik und Multimedia, wie sie in den x86-Prozessoren in mehreren Versionen (MMX, MMX II, 3Dnow!) bereits realisiert ist. Ein weitere Möglichkeit ist die zunehmende Überlappung und Parallelisierung der internen Verarbeitung im Prozessor, gekennzeichnet durch Begriffe wie *pipelining*, *superscaling*, *multistaging*, *multiple issue*, *VLIW*, *out-of-order execution*, *branch prediction* oder *speculative execution* (Liste fast beliebig erweiterbar). Prozessoren mit 64-bit-Architektur sind schon einige Jahre in Workstations verfügbar, etwa die Alpha-Familie von Compaq/Digital oder die 64-bit-CPU's der Firmen Hewlett-Packard und MIPS. Die 64-bit-Familie von Intel (IA64) wird im Jahr 2000 den Markt erreichen und einen weiteren Leistungszuwachs am oberen Ende der Arbeitsplatzrechner bringen.

Neue Rechnerarchitekturen sind in der Entwicklung, etwa der RAW-Mikroprozessor des Massachusetts Institute of Technology (MIT). Durch viele Recheneinheiten auf einem Chip und Änderung der Kommunikationspfade zwischen den Recheneinheiten unter Programmkontrolle erhofft man sich die weitere Zunahme der Rechenleistung, wenn in einem Jahrzehnt die physikalischen Grenzen der heute verwendeten Halbleitertechnik erreicht werden (Agarwal 1999).

Die Peripheriegeräte, unter anderem Graphikkarten, Graphik-Subsysteme, Speicher- und Kommunikationsgeräte, profitieren gleichermaßen von der Geschwindigkeitserhöhung, Verkleinerung und Verbilligung der elektronischen Komponenten. Im Jahre 2000 stehen Graphikkarten für Arbeitsplatzrechner zur Verfügung, die pro Sekunde 15 Millionen 3D-Dreiecke einschließlich Textur und Beleuchtung darstellen können. Damit sind theoretisch Echtzeit-Animationen mit 25 Bildern/sec von Szenen aus etwa 500 000 Dreiecken realisierbar. Diese Zahl wird in der praktischen Anwendung so gut wie nie erreicht, weil die anderen Systemkomponenten nicht in der Lage sind, diese Menge von Dreiecken anzuliefern.

Der Primär- und Sekundärspeicher wird schneller und billiger. Neue Aufzeichnungstechniken wurden entwickelt, etwa DVD mit der Möglichkeit der Speicherung eines mehrstündigen Spielfilms oder anderer Informationen ohne Medienwechsel. Die Geschwindigkeit auf den Kommunikationspfaden wird ebenfalls weiter zunehmen, zum Beispiel aufgrund größerer Bandbreiten bei den Übertragungsverfahren, neuen Kommunikationsprotokollen und schnelleren Internet-Servern. Davon werden vor allem die Anwender profitieren, die größere Datenmengen über Internet/WWW übertragen, etwa Dateien mit Animationssequenzen.

Mit der Zunahme der Geschwindigkeit und der Speicherkapazität und der Verbilligung der Komponenten werden weitere technische und wirtschaftliche Hindernisse für den Einsatz von multimedialen, animierten und interaktiven Karten fallen.

Die Leistungszunahme wird allerdings zum Teil durch höhere Ansprüche an die Qualität des Bildes (Fotorealismus), die Nachfrage nach längeren Sequenzen mit höherer Auflösung und die Integration von akustischen Informationen (Soundtrack) wieder aufgezehrt. Nach wie vor gilt das Wortspiel, daß die Software schneller langsamer wird als die Hardware schneller.

## 16.2 Software

Animationssequenzen lassen sich relativ einfach durch Reihung von Einzelbildern mit allgemeinen Programmen für Graphik und Kartographie zusammenstellen. In dem Kapitel von Dransch und Rase über Animationssoftware sind eine Reihe von Programmen aufgeführt, mit denen die Modelle der Szenen, die Reihenfolge und der Abstand der Bilder entlang der Zeitachse und die Integration des Audiokanals komfortabel auf dem Arbeitsplatzrechner erzeugt werden können. Solche Zusammenstellungen von Software sind relativ kurzlebig, deshalb ist es durchaus möglich, daß das eine oder andere Programm nicht mehr auf dem Markt ist, wenn ein Interessent diesen Text liest. Manchmal müssen die technischen Inhalte, die Funktionen und selbst die Existenz von Programmen hinter dem Produktmarketing oder der Firmenpolitik zurückstehen, was Prognosen nicht gerade erleichtert. Allgemeine Graphikprogramme und integrierte Programme für Animationen wird es in neuen Versionen mit erweiterten Fähigkeiten weiter geben. Die am Markt erfolgreichen Produkte zur Erzeugung von Animationen werden ausreichend Erträge erwirtschaften, um die Software weiter auszubauen und sie mit erweiterten Funktionen für die Erstellung von Animationssequenzen zu versehen.

Ein bisher noch unvollkommen abgedeckter Bereich der kartographischen Visualisierung ist die Erzeugung von Animationen mit den Werkzeugen in den Software-Paketen für Geo-Informationssysteme. Schlimm hat in seinem Beitrag zum Internet/WWW auf die Bemühungen der Software-Hersteller hingewiesen, mit zusätzlichen Funktionen die Karten in einem Geo-Informationssystem mit Hilfe des World Wide Web (WWW) beim Anwender sichtbar zu machen, etwa durch Karten-Server, Java-Applets, Viewer oder Browser-Zusätze. Wenn die technischen Probleme für die statischen Karten im WWW gelöst sind, werden auch Animationsfunktionen realisiert werden. Je nach Bedarf und Leistungsfähigkeit der Server, der Kommunikationswege und der Rechner beim Anwender werden unterschiedliche Komfortstufen zur Verfügung stehen, etwa mit Interaktionsmöglichkeiten, Soundtrack und Echtzeit-Visualisierung.

## 16.3 Personelle Ressourcen

Ein größerer Engpaß als die Hardware und Software sind die personellen Ressourcen für die Herstellung von kartographischen Animationen. Die Hardware wird immer preiswerter, die anteiligen Kosten der Software verringern sich durch die größere Verbreitung aufgrund der billigeren Hardware. Schnellere Hardware und bessere Software sind manchmal eine partielle Substitution, aber kein vollständiger Ersatz

für Humankapital, für Menschen, die mit der Hardware und Software kartographische Produkte erzeugen sollen. Die Herstellung von kartographischen Animationen erfordert gleichermaßen Kompetenz in Geographie und Regionalwissenschaften, in Kartographie und Visualisierung, in Mediennutzung und Informationstechnik, eine noch seltene und deshalb auf dem Markt sehr begehrte Kombination.

Die Einrichtung beziehungsweise der Ausbau des Studienganges Geo-Informatik an mehreren deutschen Hochschulen sollen unter anderem die personellen Ressourcen für diese Anwendungsgebiete schaffen bzw. verstärken. Die Nachfrage nach bedarfsmäßig ausgebildeten Spezialisten wird dennoch auf absehbare Zeit größer sein als das Angebot, daraus folgend die graphische und kartographische Gestaltung wahrscheinlich schlechter als die technischen Möglichkeiten, oder beides. Auf jeden Fall sind fortgeschrittene Methoden und Techniken der kartographischen Visualisierung einschließlich der Animation ein zukunftsträchtiges Arbeitsfeld für Geographen, Kartographen und andere Geowissenschaftler, wie auch Müller und Grebe in ihrem Beitrag über Lingo anmerken.

In diesem Zusammenhang muß auf die unterschiedliche Dauer der Innovationszyklen von Hardware, Software und Personal hingewiesen werden. Im Bereich der Hardware rechnet man mit einem Zeitraum zwischen zwei und fünf Jahren, je nachdem, was als Innovation definiert wird. Für die Innovation der Software sind fünf bis zehn Jahre anzusetzen. Es nimmt mehr Zeit in Anspruch, bis die neuen Möglichkeiten der Hardware in die Software umgesetzt sind oder sich die Aufwendungen für die Einführung neuer Betriebssysteme und Anwendungsprogramme beim Endbenutzer amortisiert haben, einschließlich der Kosten für die Weiterqualifikation der Mitarbeiter. Beim Personal muß man mit zehn bis zwanzig Jahren Innovationszeit rechnen, unter anderem, weil das Ausbildungssystem auf allen Ebenen nur mit mehrjähriger Verzögerung auf die Veränderungen des Marktes reagieren kann.

## 16.4 Theoriebedarf für Multimedia-Kartographie

In den Beiträgen dieses Buches werden an einigen Stellen Empfehlungen für die visuelle Gestaltung von Animationen gegeben, am ausführlichsten bei Loibl und Mayer. Diese Empfehlungen resultieren in erster Linie aus den persönlichen Eindrücken und Erfahrungen der Autoren mit den Nutzern von kartographischen Animationen, weniger auf der systematischen Bearbeitung der Gesetzmäßigkeiten der Kommunikation über multimediale, animierte und interaktive Karten. An verschiedenen Stellen in der Literatur werden Aspekte der Animationsmethoden, der Anwendungsbereiche, der Gestaltung, der Legende und der dynamischen Variablen behandelt und über Wahrnehmungsuntersuchungen zur Wirkungsweise von Animationen berichtet (Buziek 1998, DiBiase et al 1991, Dorling 1992, Dransch 1997, MacEachren und DiBiase 1991, Kraak und Klomp 1995). Doch gibt es noch kein umfassendes Regelwerk zur Erstellung und Gestaltung von kartographischen Animationen.

Buziek berichtet in seinem Beitrag über neuere Forschungsergebnisse der Kommunikationswissenschaften, die auf die Erfassung von Graphiken und Karten angewendet werden. Darauf aufbauend definiert er Prinzipien für die Gestaltung von

Karten der „neuen Art“. Diese Erkenntnisse bilden auch die Grundlage für die Erstellung und Nutzung von kartographischen Animationen. Diese Ansätze müssen weitergeführt, in der praktischen Anwendung überprüft und die Ergebnisse an Beispielen demonstriert werden, wie das Buziek in seinem Beitrag versucht hat.

Die neuen Verfahren und Techniken der Visualisierung durch bewegte Bilder müssen ihren primären Zweck erfüllen, nämlich die Verbesserung der Informationsübermittlung und der kartographischen Kommunikation. Bisher hat man manchmal den Eindruck, daß viele Animationen Spielzeuge für „Technikfreaks“ sind. Auf diese Gefahr der falschen und inadäquaten Anwendung der Technik wird in mehreren Beiträgen hingewiesen.

Bertin (1967, 1974) hat mit seiner *Graphischen Semiologie* ein konsistentes und leicht merkbares Theoriegebäude für die Nutzung der visuellen Variablen in Graphiken und Karten geschaffen. Als Bertin die Regeln der Graphischen Semiologie formulierte, waren animierte Karten wegen des hohen Produktionsaufwandes sehr selten und interaktive Karten nur in Anwendungen möglich, bei denen die Kosten nur eine untergeordnete Rolle spielten, etwa für die Flugsicherung oder die Landesverteidigung. Im Prinzip gelten die gleichen Grundsätze für die Anwendung der visuellen Variablen für gedruckte Karten wie für die Einzelkarten in kartographischen Animationen. Die Präsentation am Bildschirm, die schnelle Abfolge der Einzelbilder auf der Zeitachse, die raumzeitlichen Veränderungen, die Ergänzung der Graphik durch zeitsynchrone akustische Informationen (Soundtrack) und die Möglichkeit der interaktiven Steuerung der Vorführung haben die technischen Voraussetzungen und die wirtschaftlichen Randbedingungen für die kartographische Kommunikation verändert.

Es besteht Forschungsbedarf zur Frage, wie die neuen technischen Möglichkeiten in das Theoriegebäude eingebracht und die Graphische Semiologie um multimediale, animierte und interaktive Karten erweitert werden kann. Die Theorie muß weiterentwickelt werden, damit in der visuellen Gestaltung und damit in der kartographischen Kommunikation der gleiche Fortschritt erreicht wird wie in der technischen Unterstützung und in der Wirtschaftlichkeit der Herstellung von kartographischen Animationen.

## 16.5 Literatur

- Agarwal, A (1999) RAW computation. In: Scientific American, August 1999, 44-47
- Bertin, J (1967) *Sémiologie Graphique*. Mouton, Paris
- Bertin, J (1974) *Graphische Semiologie*. Diagramme, Netze, Karten. de Gruyter, Berlin
- Buziek, G (1997) The design of a cartographic animation – experiences and results. In: Proceedings of International Cartographic Conference, Stockholm
- Buziek, G (1998) Wahrnehmungstheoretische Grundlagen, Gestaltungsprinzipien und Beispiele für die animierte kartographische Visualisierung eines Überflutungsprozesses. In: Workshop-Dokumentation Hypermedia im Umweltschutz, FAW, Metropolis-Verlag

- DiBiase, D, MacEachren, AM, Krygier, J, Reeves, C, Brenner, A (1991) Animated cartographic visualization in earth system science. In: Proceedings of the 15th International Cartographic Conference, Bournemouth, Vol. 1, 223-232.
- Dorling, D (1992) Stretching space and splicing time: from cartographic animation to interactive visualization. In: Cartography and Geographic Information Systems, Vol. 19, No. 4, 215-227
- Dransch, D (1997) Medienpsychologische Aspekte beim Einsatz von Multimedia in GIS. In: Kartographische Schriften, Band 2, Kirschbaum Verlag, Bonn
- Kraak, MJ, Klomp, A (1995) A classification of cartographic animations: Towards a tool for the design of dynamic maps in a GIS environment. In: International Cartographic Association (Ed.), Proceedings of the seminar on teaching animated cartography, 29-36
- MacEachren, AM, DiBiase, D (1991) Animated maps of aggregate data: conceptual and practical problems. In: Cartography and Geographic Information Systems, Vol. 18, No. 4, 221-229

## Anschriften der Autoren

**Buziek, Gerd**, Dr.-Ing.; SICAD Geomatics, Otto-Hahn-Ring 6, 81739 München  
buziek@t-online.de

**Döllner, Jürgen**, Dr. rer. nat., Diplom-Mathematiker; Institut für Informatik,  
Einsteinstraße 62, Universität Münster, D-48149 Münster  
dollner@uni-muenster.de

**Dransch, Doris**, Dr. rer. nat., Diplom-Geograph; Geographisches Institut, FU  
Berlin; (priv) Steindlerpfad 15, D-13505 Berlin. carcom.gis@berlin.snafu.de

**Grebe, Ulrich**, Diplom-Geograph; Geographisches Institut, Ruhr-Universität  
Bochum, Universitätsstr. 150, D-44801 Bochum  
ulrich.grebe@ruhr-uni-bochum.de, ulrich.grebe@t-online.de

**Hurni, Lorenz**, Prof. Dr., Diplom-Ing.; Institut für Kartographie, ETH Zürich,  
CH-8093 Zürich. lhurni@geod.ethz.ch

**Loibl, Wolfgang**, Dr. phil., Mag. rer. nat.; Austrian Research Centers, For-  
schungszentrum Seibersdorf, A-2444 Seibersdorf. wolfgang.loibl@arcs.ac.at

**Mayer, Harald**, Dipl.-Ing., Joanneum Research, Steyrergasse 17, A-8010  
Graz. harald.mayer@joanneum.ac.at

**Meisner, Robert**, Diplom-Geograph; Deutsches Zentrum für Luft- und  
Raumfahrt, DFD-AN, D-82234 Oberpfaffenhofen. robert.meisner@dlr.de

**Müller, Jean-Claude**, Prof. Dr.; Geographisches Institut, Ruhr-Universität  
Bochum, Universitätsstr. 150, D-44801 Bochum.  
jean-claude.mueller@ruhr-uni-bochum.de

**Oberholzer, Clemens**, Dipl.-Ing. ETH; Institut für Kartographie, ETH Zürich,  
CH-8093 Zürich, Schweiz. oberholzer@karto.baug.ethz.ch

**Olbrich, Stephan**, Dipl.-Ing.; Regionales Rechenzentrum für Niedersachsen,  
Universität Hannover, Schloßwender Straße 5, 30159 Hannover.  
olbrich@rrzn.uni-hannover.de

**Pralle, Helmut**, Prof. Dr.-Ing., Regionales Rechenzentrum für Niedersachsen,  
Universität Hannover, Schloßwender Straße 5, D-30159 Hannover  
pralle@rrzn.uni-hannover.de

**Rase, Wolf-Dieter**, Dr. rer. nat., Diplom-Geograph; Bundesamt für Bauwesen  
und Raumordnung, Am Michaelshof 8, D-53177 Bonn. rase@bbr.bund.de

**Schiltz, Guillaume**, Dr. phil.; Englisches Seminar, Uni Basel, Nadelberg 6,  
CH-4051 Basel. Guillaume.Schiltz@unibas.ch

**Schlimm, Reinhold**, Diplom-Geograph; Westermann Schulbuchverlag, Redaktion  
Kartographie, Georg-Westermann-Allee 66, D-38104 Braunschweig.  
karto@westermann.de

**Schröder, Florian**, Dr.-Ing., Diplom-Informatiker; ask – Innovative Visualisierungslösungen GmbH, Georgenhäuser Straße 9, D-64409 Messel  
schroeder@askvisual.de

**Sieber, René**, Dr. phil. II, Geograph; Institut für Kartographie, ETH Zürich, CH-8093 Zürich. sieber@karto.baug.ethz.ch

**Teribilini, Andrea**, Dipl.-Ing. ETH; Institut für Kartographie, ETH Zürich, CH-8093 Zürich. teribilini@karto.baug.ethz.ch

**Zedi, Roger**, Diplom-Geograph; Wydenstraße 4, CH-8004 Zürich.  
roger@zedi.ch

Das Buch will zu einem leichten Einstieg in die Thematik der kartographischen Animation verhelfen und praktische Hilfe geben. Dafür werden technische und methodische Grundlagen vermittelt, der gegenwärtige Stand der Animationstechnik aufgezeigt und Erfahrungen von Fachleuten anhand einer Reihe von Beispielen aus unterschiedlichen Anwendungsbereichen weitergegeben. Darüber hinaus werden Gestaltungsprinzipien kartographischer Animationen aus konzeptioneller und anwendungsbezogener Sicht vorgestellt. In technischer Hinsicht wird auf Herstellungsverfahren, Hard- und Softwareanforderungen und -leistungen sowie Internetanwendungen eingegangen. Das Buch ist in einen allgemein einführenden und einen anwendungs- und beispielbezogenen Teil gegliedert. Die diskutierten Beispiele sind auf CD-ROM dem Buch beigelegt.



Dr.-Ing. Gerd Buziek ist als wissenschaftlicher Assistent am Institut für Kartographie der Universität Hannover mit dem Ziel der Habilitation tätig. Nach dem Studium des Vermessungswesens an den Universitäten Braunschweig und Hannover befaßte er sich mit der digitalen Erfassung, Optimierung und Modellierung bathymetrischer Geo-Daten. Danach widmete er sein wissenschaftliches Interesse der kartographischen Visualisierung im Umfeld von Geo-Informationssystemen, unter besonderer Berücksichtigung von Einflüssen der menschlichen Wahrnehmung und der modernen Informations- und Kommunikationstechnologie. Er ist Mitglied in der Kommission Visualization and Virtual Environments der Internationalen Kartographischen Vereinigung (IKV) und in Facharbeitsgruppen des Deutschen Vereins für Vermessungswesen und der Deutschen Gesellschaft für Kartographie.

Dr. Doris Dransch ist Habilitandin an der Freien Universität Berlin. Sie studierte Geographie und Kartographie und wurde von der Freien Universität Berlin zum Thema Kartographische Computeranimation promoviert. Ihr Arbeitsgebiet umfaßt interaktive, dynamische Visualisierung und die Anwendung von Multimedia in Kartographie und GIS. Sie hat dazu an der University of Nebraska at Omaha, an der Freien Universität Berlin und an der Universität Rostock gearbeitet und gelehrt. Sie ist Leiterin der Kommission Kartographie und GIS der Deutschen Gesellschaft für Kartographie und Autorin des Buches Computer-Animation in der Kartographie: Theorie und Praxis.

Dr. Wolf-Dieter Rase arbeitet als wissenschaftlicher Mitarbeiter und Referatsleiter im Bundesamt für Bauwesen und Raumordnung in Bonn. Dem Studienabschluß als Diplom-Geograph an der Universität des Saarlandes folgte ein zweijähriges Aufbaustudium an der Simon Fraser University in Vancouver, Kanada, später die Promotion im Fachbereich Geowissenschaften der Freien Universität Berlin mit einer Dissertation über immaterielle Oberflächen. Arbeitsgebiete sind die Modellierung und Darstellung von Oberflächen, nichtlineare Abbildungen, Geo-Informationssysteme, Multimedia-Anwendungen und Computergraphik. Er ist Mitglied in der Kommission Kartographie und GIS der Deutschen Gesellschaft für Kartographie.

ISBN 3-540-66327-4



<http://www.springer.de>