
Kartographische Animationen zur Visualisierung von Raum und Zeit

Wolf-Dieter RASE

Dieser Beitrag wurde nach Begutachtung durch das Programmkomitee als „reviewed paper“ angenommen.

Zusammenfassung

Kartographische Animationen sind das adäquate Werkzeug, um Veränderungen auf der Erdoberfläche und auf der Zeitachse simultan zu visualisieren. Für die computergestützte Realisierung von Animationssequenzen sind einige technische Voraussetzungen zu beachten, etwa Komprimierungsverfahren zur Verringerung der Datenmenge, oder die am häufigsten verwendeten Dateiformate für Animationssequenzen. Der typische Ablauf der Erstellung einer Animationssequenz mit Standard-, Freeware- oder Shareware-Programmen wird beschrieben. Die wichtigsten integrierten Programme mit Modellierungs- und Animationskomponenten werden genannt. Die Trends und die Defizite in der Herstellung und Anwendung von kartographischen Animationen sind Gegenstand des letzten Kapitels. Beim Vortrag werden zur Verdeutlichung der Aussagen einige typische Animationssequenzen mit kartographischen Inhalten vorgeführt, die in der gedruckten Fassung nicht enthalten sein können.

1 Anwendungsfelder für kartographische Animationen

1.1 Animierte Karten für Zeitreihen

Eine „normale“ statische Karte – auf Papier oder am Bildschirm – ist nur bedingt geeignet, mehr als drei Dimensionen so wiederzugeben, dass der Inhalt von der Mehrzahl der Leser schnell und nachhaltig erfasst werden kann. Für die Visualisierung von Veränderungen über die Zeit muss man in der Regel mehrere Karten verwenden, je eine für einen Zeitpunkt. Bei zwei Zeitpunkten sind das zwei Karten mit je einem Zustand (wenn nur die Veränderungsrate interessiert, genügt eine Karte). Je größer die Anzahl der Zeitpunkte ist, umso schneller wird die Grenze des Erfassbaren erreicht. Der Sichtwechsel von Karte zu Karte verursacht Unterbrechungen im Erfassungsvorgang, die den Vergleich stören oder unmöglich machen. Bei Veränderungen mit sehr vielen Zeitschnitten ist deshalb eine Kartenreihe nicht das optimale Visualisierungswerkzeug.

Für menschliche Auge-Gehirn-System entsteht der Eindruck der Bewegung, wenn viele Bilder in kurzen Abständen gezeigt werden. Bewegung bedeutet, dass die Veränderungen von Bild zu Bild fließend ineinander übergehen. Die Einzelbilder können entweder Fotografien von der realen Welt oder gezeichnete Bilder (Trickfilm) sein. Computer haben in

den letzten Jahren zunehmend Funktionen der menschlichen Trickfilm-Zeichner übernommen, bis hin zur vollständigen Generierung aller Szenen mit einem Programm. Das neueste Beispiel für diese Technik der Trickfilm-Produktion ist der Film *Toy Story II*.

Animation wird oft in Verbindung mit dem Begriff *Multimedia* gebraucht. Multimedia ist die Kombination mehrerer Medien für eine verbesserte Vermittlung der Information, etwa Graphik und Text als statische oder *zeitunabhängige* Medien und Animation, Video und Audio (Ton, Soundtrack) als dynamische oder *zeitabhängige* Medien.

1.2 Temporale und nichttemporale Animation

Die Einzelbilder für die Animationssequenzen können Karten sein. Die Bilder repräsentieren viele kleine Zeitschnitte, die beim Abspielen den Eindruck der kontinuierlichen Bewegung hervorrufen. Animationen über die Zeitachse werden unter dem Begriff *temporale Animation* zusammengefasst (DRANSCH 1997). Beispiele für temporale Animationen sind Sequenzen zur regionalen Veränderung des Motorisierungsgrades über mehrere Jahre oder die Variation der Verkehrsdichte in einer Stadt in Abhängigkeit von der Tageszeit (BUZIEK 2000).

Die Visualisierung von Veränderungen über die Zeitachse von räumlich differenzierten Verteilungen, abgeleitet aus Zeitintervallen und Zeitreihen, ist die vorherrschende Anwendung von kartographischer Animation. Zwischen den Erhebungszeitpunkten werden oft Zwischenstände interpoliert, um die notwendige Bildfrequenz zu erreichen. Die interpolierten Zeitschnitte müssen einigermaßen logisch erklärbar sein. Deshalb eignen sich zum Beispiel Wahlergebnisse über die Zeitachse nur schlecht für eine Animation. Eine quasi-kontinuierliche Entwicklung der Stimmenanteile zwischen den Wahlterminen ist nicht plausibel, im Gegensatz zu anderen Veränderungsprozessen, etwa der regional differenzierten Bevölkerungsentwicklung oder der Entwicklung der Kraftfahrzeugdichte.

Die Visualisierung von Bewegungen im Raum, etwa Transportvorgänge oder ein virtueller Flug über die Erdoberfläche, sind *nichttemporale Animationen*. Auf den animierten Karten der Wetterberichte werden die Ortsveränderung der Luftmassen (real und prognostiziert) durch ziehende Wolken, sich bewegende Symbole für Hoch und Tief und sich verändernde Isoflächen visualisiert. Die Simulation eines Fluges durch die Atmosphäre mit Darstellung der lokalen Wettererscheinungen gehört heute fast zum täglichen Angebot der Fernsehsender. Die Grenzen zur temporalen Animation sind fließend, denn der Luftmassen-Transport oder der simulierte Überflug benötigen auch Zeit, die aber nicht unbedingt linear proportional zur Realzeit sein muss. In Abbildung 1 ist ein Beispiel für ein weiteres Anwendungsfeld der nichttemporalen Animation dargestellt, die Visualisierung von Parameter-Änderungen bei räumlichen Modellen und Algorithmen (RASE 1997).

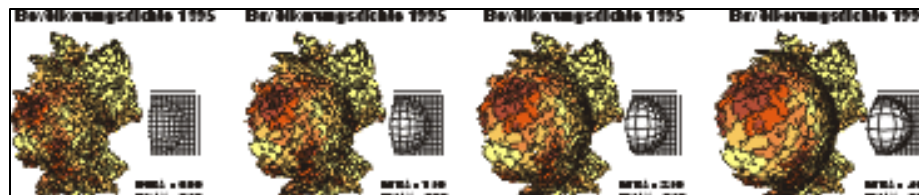


Abb. 1: Bilder aus einer Animationssequenz zur Demonstration von Parameter-Änderungen

1.3 Echtzeit-Animation

Grundsätzlich ist zwischen *Echtzeit-Animation* und *aufgezeichneter Animation* zu unterscheiden. Bei der *Echtzeitanimation* erfolgt die Berechnung der Einzelbilder zeitsynchron mit der Betrachtung der Sequenz. Jedes Einzelbild muss innerhalb von 33 bis 40 Millisekunden erzeugt werden, was einer Bildfrequenz 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.

Bei der *aufgezeichneten Animation* werden die einzelnen Bilder der Animation nach der Berechnung und Bilderzeugung in einer Datei gespeichert. Die Animation kann beliebig oft von der Datei abgespielt und betrachtet werden. 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 in beliebig hoher graphischer Qualität von komplexen Szenen erzeugen und ist nicht auf spezialisierte Graphikgeräte mit sehr hoher Rechenleistung und entsprechend hohen Kosten wie bei der Echtzeit-Animation angewiesen. Interaktionen während der Vorführung sind dann nicht möglich.

2 Technische Randbedingungen

2.1 Datenmenge

Der Eindruck der fließenden Bewegung in einer Animation entsteht ab einer Bildwechselfrequenz von etwa 25 Bildern pro Sekunde. In der Frühzeit der rechnergestützten Animation mussten die Einzelbilder auf Film, später auf analoges Videoband gespeichert werden, weil Speicherkapazität und Durchsatzgeschwindigkeit der damals verfügbaren Rechenanlagen weder für die Speicherung noch für die Wiedergabe ausreichten. Heute ist das Abspielen der digital erzeugten Sequenzen auf einem Arbeitsplatzrechner die Regel geworden. Bei einer Bildfrequenz von 25 Bildern/sec, einer Bildauflösung von 640 mal 480 Bildpunkten und 8 bit Farbtiefe müssen in der Sekunde etwa 7,7 Mbyte Daten umgesetzt werden. Bei einer Farbtiefe von 24 bit, notwendig für fotorealistische Szenen, verdreifacht sich die Datenmenge, bei höherer Auflösung (mehr Pixel, mehr Farben) vergrößert sich die Anzahl der Pixel entsprechend. Einen Datenstrom dieses Umfangs kann kein Arbeitsplatzrechner (Wintel-Plattform) im Dauerbetrieb bewältigen. Eine Verringerung der Datenmenge durch Komprimierung der Bilder und Bildsequenzen ist unbedingt notwendig.

2.2 Bildkomprimierung und Dateiformate

Die bekanntesten Datenformate für Rasterbilder mit Komprimierung sind JPEG, GIF und PNG. JPEG ist je nach Komprimierungsgrad mehr oder weniger verlustbehaftet. Ein Teil der Informationen geht bei der Komprimierung verloren, der Informationsgehalt des ursprünglichen Bildes kann zu einem späteren Zeitpunkt nicht wieder vollständig hergestellt werden. Bei der Speicherung von GIF-Bildern entstehen keine Verluste, es können aber nur

256 Farben verwendet werden. Das ist für die meisten kartographischen Darstellungen ausreichend, aber nicht für fotorealistische Bilder. Das Komprimierungsverfahren für GIF ist außerdem mit Lizenzproblemen behaftet. PNG erzielt gute Komprimierungsraten mit 24 bit Farbtiefe, konnte sich aber noch nicht gegen JPEG und GIF durchsetzen.

Bei Animationssequenzen ergibt sich eine weitere Möglichkeit der Komprimierung. Beim MPEG-Verfahren werden zusätzlich zur Einzelbild-Komprimierung aufeinanderfolgende Bilder verglichen. Nur die Bildteile, die sich verändern, werden für das folgende Bild gespeichert, zum Beispiel die Pixel eines Fahrzeugs, das sich vor einem stillstehenden Hintergrund bewegt. Die Dekomprimierung der Bilder in der Software kann unter Umständen zu einem Verlust im Durchsatz führen, der die Bildfrequenz wieder absinken lässt. Deshalb werden die Dekodierung und Dekompression des MPEG-Formates in neueren Graphikkarten mit spezialisierter Hardware vorgenommen.

Diese Graphikkarten erlauben auch manchmal den umgekehrten Vorgang, die Umsetzung von analogen Videobildern in digitale Dateien mit MPEG-Komprimierung. Die Digitalisierung ist die Voraussetzung für die Mischung von Realaufnahmen und virtuellen Bildern. Damit lassen sich Darstellungen von noch nicht existierenden Gebäuden oder geplanten Landschaften mit Bildern einer realen Umgebung kombinieren. Architekten, Planer und betroffene Bürger können sich ein Bild vom den geplanten Zustand vor der Realisierung machen. Bei entsprechender Ausstattung mit Hardware und Software ist der Flug über eine virtuelle Landschaft oder der Gang durch ein noch nicht existierendes Gebäude möglich, bis zur Illusion des vollständigen Eintauchens in die dritte Dimension (*virtual reality*).

Der letztere Fall stellt sehr hohe Ansprüche an die Leistungsfähigkeit des Computersystems, wenn der Betrachter die Wahlfreiheit für die Bewegung durch den virtuellen Raum zu jedem Zeitpunkt der Animationssequenz hat. Bei der Bilderzeugung in Echtzeit stehen maximal 40 msec für ein Einzelbild zur Verfügung. Dafür sind bei höheren Anforderungen an die Bildqualität noch sehr schnelle Workstations mit leistungsfähigen Graphiksystemen erforderlich, oder man macht Abstriche bei der Bildqualität und der Bildfrequenz.

Weitere häufig benutzte Verfahren und Dateiformate für die Speicherung von Bewegtbildern sind Animated GIF und Motion JPEG als Weiterentwicklung der entsprechenden Komprimierungsverfahren. Windows Video Format (Dateityp AVI) und Quicktime Movie (MOV) sind die bekanntesten Beispiele für firmeneigene Entwicklungen.

2.3 Rasterbilder und Vektorbilder

Alle bisher genannten Verfahren nutzen Rasterbilder. Die Rasterbilder können direkt ohne Zwischenschritte für die Rastererzeugung an die Graphik-Hardware weitergegeben werden. Aufgrund der gleichbleibenden Datenmenge pro Zeiteinheit unabhängig von der Anzahl der Linien und Flächen im Bild sind die Zeitparameter für die Vorführung einfacher kalkulierbar. Vektorgraphiken sind ebenfalls möglich, aber bisher noch erheblich seltener (GOLA und REHFELD 1997). Bei spezialisierten Anwendungen, etwa bei Kartenservern im WWW, kann es sinnvoll sein, Vektorgraphik für die Animation zu nutzen, um zum Beispiel die Datenmenge für die Übertragung zu verringern (SCHLIMM 2000).

3 Praktische Hinweise für die Erstellung von Animationen

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 angewendet. Die Einzelbilder, in der Regel Rasterbilder, werden mit verschiedenen Programmen, oft *Freeware* oder *Shareware*, 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.

3.1 Animation mit Standard-Software

Die Einzelbilder lassen sich mit anwendungsspezifischer Software erzeugen, in unserem Fall mit Programmen für kartographische Anwendungen. Die Änderungen müssen für je des 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 Realisierung von Animationssequenzen:

1. Erzeugung einer Datei mit den Einzelbildern (Vektorgraphik) mit einem Kartographie-Programm; oder die Bilderzeugung mit einem Visualisierungsprogramm (*rendering*), das Einzelbilder im Rasterformat erzeugt;
2. Umwandlung der Vektorgraphiken in Rasterbilder, wenn notwendig;
3. Erstellung der Animationssequenz durch Reihung der Einzelbilder in einem gängigem Dateiformat für Animationen; eventuell Zusammenstellung der Sequenzen zu einem längeren Film mit Einbindung von akustischen Informationen (Soundtrack);
4. Abspielen der Animationsdatei mit einem Betrachtungsprogramm (*Viewer*);

Für alle Schritte können viele unterschiedliche Programme benutzt werden, die entweder an einem graphikorientierten Arbeitsplatz sowieso vorhanden oder die kostenfrei (*Freeware*) oder gegen eine geringe Lizenzgebühr verfügbar sind (*Shareware*). In den folgenden Ausführungen werden einige dieser Programme genannt, ohne Anspruch auf Vollständigkeit.

3.1.1 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 eine Metadatei ausgibt. Es würde hier zu weit führen, alle auf dem Markt verfügbaren Kartographie-Programme aufzulisten. Es wird deshalb auf die einschlägige Literatur zu Kartographie und GIS verwiesen, zum Beispiel die Handbücher von DICKMANN und ZEHNER (1999), oder OLBRICH, QUICK und SCHWEIKART (1996). Die kartographischen Module in den meisten GIS-Paketen lassen sich ebenfalls für diesen Zweck nutzen. Eine Voraussetzung ist ein Ausgabeformat, das vom nachfolgenden Programm in der Verarbeitungskette akzeptiert wird.

In zunehmendem Umfang enthalten GIS-Pakete komfortable Optionen zur Herstellung von Animationen, zum Teil mit Einschluss der im folgenden beschriebenen Arbeitsschritte, im günstigsten Fall bis zur vorführfertigen MPEG-Datei (zum Beispiel ArcView 3D Analyst mit FlyBy Animation Builder).

Für die Erzeugung fotorealistischer Bilder von beliebigen 3D-Szenen wird häufig das Programm *POV-Ray* benutzt. *POV-Ray* ist kostenlos für viele Rechnertypen und Betriebssysteme verfügbar. Man kann zum Beispiel in einem Kartographieprogramm die Objekte der 3D-Szenen als Script im *POV-Ray*-Format erzeugen. Die Script-Datei wird für die fotorealistische Darstellung (*rendering*) an *POV-Ray* übergeben (RASE 1998). *POV-Ray* erzeugt Rasterdateien im Format TGA, man erspart sich also den Konvertierungsschritt 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*. Auf der WWW-Seite von *POV-Ray* findet man Hinweise auf diese und weitere Zusatzprogramme und die verfügbaren Versionen von *POV-Ray*. Von dieser Adresse kann man auch die benötigte Version des Programms herunterladen.

Rayshade ist ein weiteres Freeware-Programm für die fotorealistische Visualisierung von Szenen mit Ausgabe in Rasterdateien, das auch in der Kartographie Verwendung gefunden hat (KRIZ 1995).

3.1.2 Umwandlung in Rasterbilder, Formatkonvertierung

Liegt die Zeichnung als Vektorgraphik vor, muss sie in ein Rasterbild im geeigneten Dateiformat umgewandelt werden. 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 sind Konvertierungsprogramme, die in Standard-Graphikprogrammen wie *CorelDraw* als Export-Option bereitgestellt werden. Viele Programme sind als Freeware oder Shareware verfügbar, die man auf die notwendigen Import- und Exportformate prüfen muss. Zwei bekannte Beispiele für Shareware sind *Graphic Workshop* und *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 verarbeiten können.

Das Programm *CorelDraw* bzw. das Modul *CorelPaint* enthält in den neueren Versionen 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 Funktionen für Animationen ähnlich derer von *CorelDraw*, etwa *Adobe Illustrator* oder *Macromedia*

Freehand. 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.

3.1.3 Erstellung der Animationssequenz

Der nächste Schritt ist die Umwandlung der Einzelbilder in eine Animationssequenz einschließlich der Komprimierung zur Verringerung des Datenumfangs. Der klassische Weg für die Erstellung einer Sequenz aus Einzelbildern ist die Benutzung eines *MPEG-Encoders*. Neben den kommerziellen Encodern (zum Beispiel Xing MPEG Encoder) stehen einige Freeware-Encoder zu Verfügung (Übersicht bei www.mpeg.org). Allerdings sind die Freeware-Versionen oft nicht auf dem neuesten technischen Stand und benötigen manchmal ungewöhnliche Dateiformate wie YUV als Eingabe.

Das Shareware-Programm *MainActor* enthält einen MPEG-Encoder, der aus Rasterbildern verschiedener Formate MPEG-Dateien erzeugt (*MainActor* wird bei den leistungsfähigeren Graphikkarten des Herstellers Elsa kostenlos mitgeliefert). Das Programm interpoliert 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 einem mitgelieferten Viewer (*Mainview*) lassen sich die erzeugten Dateien überprüfen.

Einige Firmen haben weitere Dateiformate und Komprimierungstechniken für Animationssequenzen entwickelt. Die Konvertierung zwischen den häufigsten Formaten ist möglich, etwa mit dem Programm *MainActor*. Man muss allerdings beachten, dass manche Komprimierungsmethoden, etwa MPEG, nicht vollständig reversibel sind und deshalb Qualitätsverluste bei der Umwandlung in ein anderes Format auftreten können.

3.1.4 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 dem Programm *Windows Media Player* von Microsoft gelegentlich irreführende Fehlermeldungen. Die Erfahrung zeigt, dass man für MPEG-Dateien aus verschiedenen Quellen unter Umständen mehrere Viewer benutzen muss.

Weitere Viewer findet man im Internet/WWW und in Software-Sammlungen. Das preiswerte Programm *Xing MPEG Viewer* kommt am besten mit allen MPEG-Varianten zurecht. Ein häufig benutzter Shareware-Viewer ist NETTOOB, der sich auch als Zusatz (*plugin*) für die Browser MS Internet Explorer und Netscape Navigator konfigurieren lässt. Manchmal treten bei der Benutzung von NETTOOB und noch anderen Viewern unerklärliche Fehler mit verwirrenden Fehlermeldungen auf. Die Ursache liegt wohl darin, dass die Programme technische Abkürzungen nehmen, um das Abspielen zu beschleunigen, und dabei mit Systemkonventionen, Programmbibliotheken oder Graphiktreibern in Konflikt kommen. Zusätzliche Komplikationen verursachen hochwertige Graphikkarten mit Hardware-

Decodern für die MPEG-Kompression. Die Viewer und die Graphiktreiber müssen miteinander kompatibel sein, was vor dem Kauf nicht immer feststellbar ist.

Einige Hersteller von Animationssoftware und Autorensystemen wie *Macromedia Director* gehen den Problemen mit den Viewern aus dem Weg, indem sie ihre Animationssequenzen in ein ausführbares Programm einpacken, den sogenannten *Projektor*.

Standard-Software, Freeware und Shareware zur Erzeugung von Animationen

Kategorie	Programm	WWW-Adresse
Allgemeine Graphik,	CorelDraw	http://www.corel.com
Rasterbilder,	Freehand	http://www.macromedia.com
Konvertierung	Illustrator	http://www.adobe.de
Rasterbilder,	Graphic Workshop Pro	http://www.mindworkshop.com/alchemy
Konvertierung	Paint Shop Pro	http://www.jasc.com
Animationssequenzen	MainActor, MainView	http://www.mainconcept.com
Szenen-Design,	Blender	http://www.blender.nl
Rendering	POV-Ray	http://www.povray.org
	Rayshade	http://www.graphics.stanford.edu/~cek/rayshade
Szenen-Design für	Breeze	http://www.imagos.fl.net.au
POV-Ray, Animations-	Digi_Art 3D	http://www.digi-art.de
optionen	Moray	http://www.povray.org
MPEG -Encoder	Xing MPEG Encoder	http://www.xingtech.com
		http://www.mpeg.org
		http://germany.mpeg1.de
MPEG -Betrachter	Xing MPEG Player	http://www.xingtech.com
	Windows Media Player	http://www.microsoft.de
	NeTTOOB	http://www.bitcasting.com

3.2 Integrierte Animationssoftware

Integrierte Animationssoftware enthält alle Komponenten, die für die Erzeugung von computergenerierten Animationen erforderlich sind. Sie bieten eine *Modellierkomponente* mit Funktionen für die Modellierung der Animationsobjekte, und sie verfügen über eine *Animationskomponente* für die Erstellung der eigentlichen Animation. Sie sind in der Regel nicht kostenlos oder preiswert erhältlich, mit Ausnahmen, wie etwa das Programm *Blender*. Diese Softwarepakete lassen sich entsprechend ihrer Anwendung und Leistungsfähigkeit verschiedenen Kategorien zuordnen, zum Beispiel 3D- und 2D-Highend-Animationssoftware, Animationssoftware verschiedener Leistungskategorien für 2D und 3D, spezielle Programme für Internet-Animationen oder Software für die Erstellung von virtuellen Landschaften und Geländeüberflügen. In Tabelle 2 sind einige Programme aufgelistet (Stand Oktober 1999).

Die integrierten Software-Pakete sind für alle möglichen Animationsanwendungen geeignet, nicht nur speziell für die kartographische Animation. Die Programme erfordern gleichermaßen Kenntnisse in der Modellierung von Szenen und in der Animationstechnik,

zum Beispiel für Beleuchtung, Kameraführung oder Spezialeffekte. Die Bedienoberfläche mit den vielen Optionen ist oft unübersichtlich und in der Regel nicht intuitiv begreifbar. Die Einarbeitungszeit ist deshalb entsprechend lang. Die Nutzung dieser Programme ist nur für relativ lange Sequenzen mit hohen Qualitätsanspruch wirtschaftlich sinnvoll. Für kartographische Anwendungen sind in der Regel Konverter notwendig, um die Modelle und Szenen aus dem GIS oder Kartierprogramm in das Dateiformat des Animationsprogramms umzusetzen.

Integrierte Programme für die Erzeugung von Animationen

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

4 Trends und Defizite

Hardware: Der Trend in der Geschwindigkeitszunahme der Hardware wird sich in absehbarer Zeit noch mit der gleichen Intensität fortsetzen wie in den vergangenen Jahren. Prozessoren, Speicher, Graphikkarten und Kommunikationsgeräte profitieren im gleichen Maße von der Geschwindigkeitserhöhung, Verkleinerung und Verringerung der elektronischen

Komponenten. Es sind Graphikkarten für Arbeitsplatzrechner auf dem Markt, die pro Sekunde 15 Millionen 3D-Dreiecke einschließlich Textur und Beleuchtung darstellen können. Damit sind theoretisch Echtzeit-Animationen mit 25 Bildern/sec von Szenen mit 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 in der kurzen Zeit bereitzustellen.

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.

Software: Im vorigen Abschnitt sind eine Reihe von Programmen aufgeführt, mit denen die digitale Version des „Daumenkinos“ komfortabel auf dem Arbeitsplatzrechner erstellt werden kann. Solche Zusammenstellungen von Software und die WWW-Adressen 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. In den Software-Paketen für Geo-Informationssysteme wird zunehmend mehr Unterstützung für die Herstellung von kartographischen Animationen bereitgestellt, auch für die Verbreitung über das Internet/WWW.

Personalressourcen: Ein größerer Engpass als Hardware und Software sind die personellen Ressourcen für die Herstellung von kartographischen Animationen. Schnellere Hardware und bessere Software erleichtern die Produktion, können aber die Menschen nicht ersetzen. 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 Nachfrage nach bedarfsnah ausgebildeten Spezialisten wird 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.

Kartographische Theorie: An verschiedenen Stellen in der Literatur werden Aspekte der Gestaltung, der Legende und der Verwendung der visuellen Variablen in kartographischen Animationen behandelt und über Wahrnehmungsuntersuchungen zur Wirkungsweise von Animationen berichtet (BUZIEK 2000, DIBIASE et al 1991, DRANSCH 1997, MACEACHREN und DIBIASE 1991). Doch existiert noch kein umfassendes Regelwerk zur Erstellung und Gestaltung von kartographischen Animationen. Man darf bei aller Begeisterung für die Technik nicht aus dem Auge verlieren, dass der primäre Zweck der Visualisierung von räumlichen Phänomenen und ihre Veränderung über die Zeit die Verbesserung der Informationsübermittlung ist.

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. 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, ob und wie das Theoriegebäude der Graphischen Semiologie um multimediale, animierte und interaktive Karten erweitert werden kann. Die Erweiterung der Theorie ist notwendig, 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. Es gibt einige Ansätze dazu, etwa bei BUZIEK (2000), die der Weiterführung bedürfen.

5 Literatur

- Bertin, J (1967) *Sémiologie Graphique*. Mouton, Paris
- Bertin, J (1974) *Graphische Semiologie. Diagramme, Netze, Karten*. de Gruyter, Berlin
- Buziek, G (2000) *Theoretische Grundlagen der Gestaltung von Animationen und praktische Beispiele*. In: Buziek G, Dransch D, Rase WD (Hrsg) *Dynamische Visualisierung. Grundlagen mit Anwendungsbeispielen aus der Kartographie*. Springer, Heidelberg
- Buziek G, Dransch D, Rase WD (Hrsg) (2000) *Dynamische Visualisierung. Grundlagen mit Anwendungsbeispielen aus der Kartographie*. Springer, Heidelberg
- 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.
- Dickmann F, Zehner K (1999), *Computerkartographie und GIS*. Westermann, Braunschweig
- Dransch D (1997) *Computer-Animation in der Kartographie. Theorie und Praxis*. Springer, Heidelberg
- Dransch D, Rase WD (2000) *Software für die Erstellung von kartographischen Animationen*. In: Buziek G, Dransch D, Rase WD (Hrsg) *Dynamische Visualisierung. Grundlagen mit Anwendungsbeispielen aus der Kartographie*. Springer, Heidelberg
- Gibbs SJ, Dionysios CT (1995) *Multimedia programming. Objects, environments and frameworks*. Addison-Wesley, Workingham
- 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.
- MacEachren, AM, DiBiase, D (1991) *Animated maps of aggregate data: conceptual and practical problems*. In: *Cartography and GIS*, Vol. 18, No. 4, 221-229

- 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 (1997) Fischauge-Projektionen als kartographische Lupen. In: Dollinger F, Strobl J (Hrsg) Angewandte geographische Informationsverarbeitung. Salzburger Geographische Materialien, Heft 25, 115-122
- 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
- Schlimm R (2000) Animationen für das Internet/World Wide Web. In: Buziek G, Dransch D, Rase WD (Hrsg) Dynamische Visualisierung. Grundlagen mit Anwendungsbeispielen aus der Kartographie. Springer, Heidelberg