

DIE DRITTE DIMENSION IN GEO-INFORMATIONSSYSTEMEN

K. Kraus, Wien

1. HISTORISCHES ZUR ENTWICKLUNG RAUMBEZOGENER INFORMATIONSSYSTEME

Ein raumbezogenes Informationssystem dient der Erfassung, Speicherung, Verarbeitung und Darstellung aller Daten, die einen Teil der Erdoberfläche und die darauf befindlichen technischen und administrativen Einrichtungen sowie ökonomische und ökologische Gegebenheiten beschreiben (Bartelme, 1989). Auf dem Weg zu einem solchen umfassenden raumbezogenen Informationssystem, für das heute der Begriff Geo-Informationssystem (abgekürzt GIS) bevorzugt verwendet wird, gibt es - historisch gesehen - mehrere Vorläufer und - technisch gesehen - mehrere unabhängige Subsysteme. Einige dieser Vorläufer bzw. Subsysteme werden im folgenden angesprochen, wobei ihre Unterschiede und nicht ihre Gemeinsamkeiten betont werden.

1.1 Geographische Informationssysteme

Die geographischen Informationssysteme sind - vereinfacht formuliert - die Fortsetzung der (analogen) thematischen Kartographie mit digitalen Mitteln. Die Daten stammen vorwiegend aus digitalisierten Karten und aus der Fernerkundung. Die Daten, und zwar vor allem Rasterdaten und weniger Vektordaten, werden bevorzugt in mehreren (thematischen) Ebenen vorgehalten. Der Raumbezug geschieht nur mit XY-Koordinaten. Auf die dritte Dimension wird wenig Wert gelegt.

1.2 Landinformationssysteme

Auf der anderen Seite der Maßstabsskala haben sich die Landinformationssysteme etabliert. Darunter kann man die digitale Liegenschaftskarte und die digitale Dokumentation der Versorgungsleitungen (Leitungskataster) subsumieren. Die Daten entstehen vor allem durch Digitalisierung großmaßstäbiger Karten und durch geodätische Vermessungen. Aus den erfaßten Daten wird ein Netzwerk von Strukturen aufgebaut. Auf die dritte Dimension wird wenig Wert gelegt.

1.3 Digitale Geländemodelle

Die digitalen Geländemodelle (abgekürzt DGMe) sind mehr oder weniger ausschließlich auf die dritte Dimension der Geländeoberfläche ausgelegt. Man erfaßt - meist photogrammetrisch - einzelne die Geländeoberfläche beschreibende Punkte und Punkte entlang von Strukturlinien (Geländekanten, Muldenlinien etc.). Aus den diskreten Punkten und Strukturlinien wird mit Interpolations- und Approximationsalgorithmen das Kontinuum der Geländeoberfläche ermittelt. Die Ergebnisse, die aus der Wiedergabe der Geländeoberfläche in Form von Höhenlinien, Neigungslinien, Schummerungen etc. bestehen, werden als Vektorgraphik und in Zukunft immer mehr als Rastergraphik präsentiert. Im Zusammenhang mit umfassenden GISen ist darauf hinzuweisen, daß dreidimensionale Gebäude, Brücken etc. ignoriert werden. Gebiete mit derartigen Kunstbauten bleiben in DGMen, sozusagen als "Terra incognita", meist ausgespart.

1.4 Geo-Informationssysteme

Die umfassende Modellierung der Erdoberfläche und der darauf befindlichen künstlichen Objekte, die in GISen gefordert wird, setzt mindestens eine Verknüpfung der geographischen Informationssysteme und der Landinformationssysteme mit einem DGM voraus. Angestrebt wird sogar eine rigorose dreidimensionale Modellierung der realen Welt. In den folgenden Abschnitten werden verschiedene Möglichkeiten angesprochen, wie die dritte Dimension in GISen Einzug halten kann.

2. ÜBERLAGERUNG DES DGMes MIT EINEM ZWEIDIMENSIONALEN GIS

Viele GIS-Daten liegen nur in zweidimensionaler Form vor. Die fehlende dritte Dimension kann dazu ein DGM liefern. Zu diesem Zweck interpoliert man mit Hilfe eines DGMes die Z-Koordinaten für alle XY-Koordinaten der Punkte der zweidimensionalen GIS-Daten. Das Ergebnis ist ein dreidimensionales GIS, für das die Bezeichnung 2D+1D gebräuchlich ist (Bill, Fritsch, 1991). Mit dieser Bezeichnung kommt zum Ausdruck, daß es zwar ein dreidimensionales GIS ist, aber keine enge Verflechtung der Datenbestände vorliegt. In einem GIS der Form 2D+1D bleiben z.B. Geländekanten, die gleichzeitig Straßenbegrenzungslinien sind, zwei getrennte Linien; auch etwaige kleine Widersprüche zwischen diesen beiden Linien werden nicht beseitigt (Verletzung der Konsistenzbedingung in der Datenhaltung). Bei einem GIS der Form 2D+1D bleiben auch die beiden EDV-Programme, daß sind das zweidimensionale GIS-Programm und das DGM-Programm getrennt; der Datenaustausch geschieht nur über Datenfiles.

Trotzdem bietet bereits ein GIS der Form 2D+1D viele interessante Möglichkeiten im Vergleich zu einem zweidimensionalen GIS. Mit dem DGM können z.B. die zweidimensionalen GIS-Daten in dreidimensionaler Form visualisiert werden. Ein sehr allgemeines Konzept für solche Visualisierungen hat Ecker (1991) angegeben. Abb. 1 zeigt ein Visualisierungsbeispiel aus dieser Veröffentlichung: Am Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung (I.P.F.)

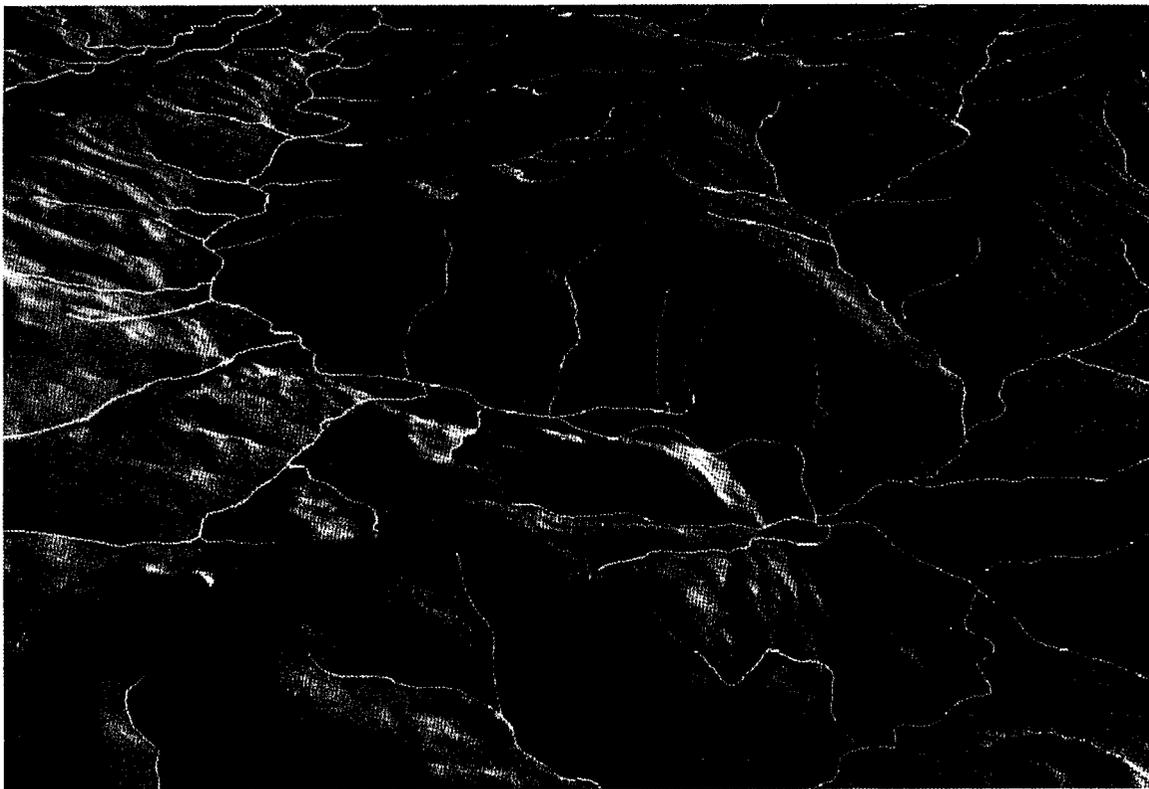


Abb. 1: Geschummertes DGM mit überlagerten Flüssen

der TU Wien existiert ein zweidimensionaler Datensatz aller Flüsse mit ihren Einzugsgebieten für ganz Österreich. In einem Ausschnitt wurden diese Flüsse dem (geschummerten) DGM überlagert und mit einer Zentralprojektion in eine fiktive Bildebene abgebildet.

Die Überlagerung des DGMes mit zweidimensionalen GIS-Daten bietet auch interessante Möglichkeiten für die Aktualisierung der GIS-Daten. Die zweidimensionalen GIS-Daten entstehen in vielen Fällen durch Digitalisieren (veralteter) Karten. Wenn man die (veralteten) zweidimensionalen GIS-Daten dem DGM überlagert, können die GIS-Daten in analytische Zweibildauswertegeräte, in die vorher aktuelle Luftbilder eingelegt wurden, eingespiegelt werden. Auf dieser Grundlage kann der Operateur am analytischen Auswertegerät den veralteten GIS-Datenbestand aktualisieren. An die Datenhaltung, den Datenaustausch und die Benutzeroberfläche eines solchen komplexen Systemes werden verhältnismäßig hohe Anforderungen gestellt. Darauf soll hier nicht näher eingegangen, sondern nur auf die Literatur (z.B. Burgermeister, 1990, Menke, 1990) verwiesen werden.

3. ZUSÄTZLICHE EBENEN FÜR DIE DRITTE DIMENSION

Geographische Informationssysteme, die die reale Welt in mehrere Informationsebenen zerlegen (Abb. 2 zeigt ein schematisches Beispiel), können verhältnismäßig leicht um die dritte Dimension erweitert werden. Zu diesem Zweck zieht man in solche Systeme zusätzliche (zweidimensionale) Ebenen ein, die die Ergebnisse der DGM-Auswertungen - entweder als Vektor- oder Rasterdaten - beinhalten. Die Ergebnisse der DGMs dürfen deshalb nicht nur als graphische Ergebnisse anfallen, sondern müssen auch zweidimensionale Objekte mit entsprechenden Attributen sein.

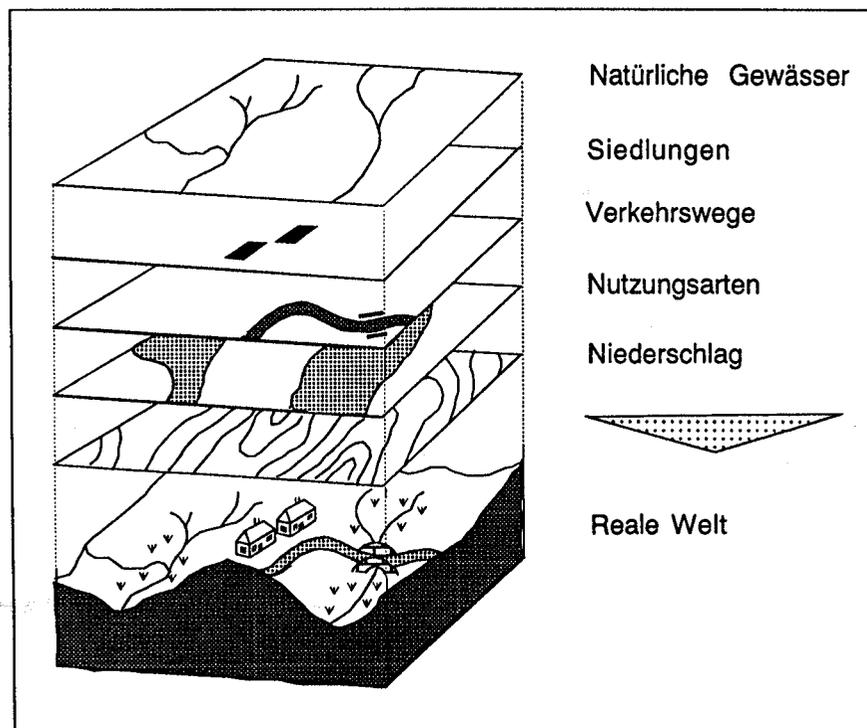


Abb. 2: Geographisches Informationssystem mit fünf thematischen Ebenen (entnommen aus: Bill, Fritsch, 1991)

Solche zusätzliche Ebenen können z.B. sein:

- Höhenlinien, Höhenzonen,
- Neigungslinien, Neigungszonen, Expositionsangaben,
- Bestrahlungswerte des DGMs, die eine künstliche Lichtquelle erzeugen,
- aus dem DGM abgeleitete Sichtbarkeitsverhältnisse,
- aus dem DGM abgeleitete Wasserscheiden und Abflußlinien,
- Differenzenbildung aus zwei DGMen, aber auch andere beliebige funktionale Verknüpfungen mehrerer DGMs.

Der Datenaustausch zwischen dem DGM-Programm und dem GIS-Programm erfolgt in der Regel über Datenfiles. Die Programme bleiben verhältnismäßig unabhängig voneinander. Die bereits im 2. Abschnitt angeschnittene Konsistenzproblematik tritt grundsätzlich auch bei dieser Ebenen-Technologie auf. Außerdem soll darauf hingewiesen werden, daß bei manchen Verschneidungen der verschiedenen Ebenen im GIS unbrauchbare Ergebnisse herauskommen können. In (Kraus, 1991) ist ein Beispiel enthalten, das die Gefährlichkeit der Verschneidung von Neigungslinien mit den Katastergrenzen demonstriert.

4. GELÄNDEHÖHEN ALS ATTRIBUTE

In der XY-Ebene entsteht bei dieser Variante ein widerspruchsfreier Datenbestand, der alle Punkte, Linien und Flächen für ein zweidimensionales GIS enthält. Die Attribute definieren die Bedeutung, die den Punkten, Linien und Flächen bei der anschließenden Verarbeitung zukommt. Eine solche Verarbeitung kann eine zweidimensionale oder eine dreidimensionale Aufgabenstellung betreffen.

Um diese Flexibilität zu ermöglichen, müssen zu den XY-Koordinaten der Punkte auch die Z-Koordinaten in den Datenbestand aufgenommen werden. Die Z-Koordinaten haben bei einem solchen GIS aber mehr den Charakter eines Attributes und nicht den gleichen Rang in der Geometrie wie die X- und Y-Koordinaten. Für ein GIS dieser Form hat sich die Bezeichnung 2.5D eingebürgert (Bill, Fritsch, 1991). Die Bezeichnung 2.5D ist auch noch deshalb gerechtfertigt, weil bei diesen GISen zu einem Grundrißpunkt nur eine Höhe zugelassen ist. Mit einem 2.5D-GIS kann man also keine Geländeüberhänge und auch keine künstlichen Objekte, die aus mehreren übereinanderliegenden Teilen bestehen, bearbeiten.

Die Leistungsfähigkeit eines GIS der Form 2.5D hängt vor allem von der Leistungsfähigkeit der im Hintergrund stehenden Datenbank ab. Sie muß sowohl Geometriedaten als auch Sachdaten effizient verwalten können. Mit diesem Problem befaßt man sich zur Zeit an verschiedenen Stellen; auch das I.P.F. der TU Wien (Loitsch, Molnar, 1991) hat in den letzten Jahren unter der Bezeichnung TOP-DB eine einschlägige Datenbank nach dem relationalen Prinzip entwickelt.

Da in einem 2.5D-GIS der gesamte Datenbestand in der Regel von einem Datenbankmanagementsystem, hinter dem eine vielschichtige Datenbank steckt, verwaltet wird und für die jeweilige Anwendung, z.B. einer DGM-Anwendung, auf die relevanten Daten zugegriffen werden muß, soll mit einer solchen Datenbank in einer genormten Datenbanksprache kommuniziert werden können. Dafür bietet sich SQL (Structured Query Language) an, die aber um topologische Elemente zu erweitern ist (z.B. Loitsch, Molnar, 1991).

Bei einem 2.5D-GIS muß es selbstverständlich sein, daß der Anwender nur mit einer Benutzeroberfläche umgehen muß, unabhängig davon, ob er DGM-Probleme, Sachdaten-Probleme, 2D-GIS-Probleme oder gemischte Probleme löst. Im Sinne von Fritsch (1991) geschieht die Integration über Methoden- und Datenbankschnittstellen.

5. UMFASSENDE DREIDIMENSIONALE INTEGRATION

In diesem Abschnitt wird eine Integration diskutiert, der die Bezeichnung 3D vorbehalten ist. Um den Unterschied zur 2D- und 2.5D-Lösung zu erkennen, soll zunächst ein sehr einfaches Beispiel, nämlich die Lagebeziehung von zwei Geraden, in den verschiedenen Dimensionalitäten abgehandelt werden.

5.1 Lagebeziehung von zwei Geraden in den Dimensionalitäten 2D, 2.5D und 3D

Dabei wird auf die Feststellung von Parallelitäten etc. nicht eingegangen, sondern nur - vereinfacht ausgedrückt - der Schnitt von zwei Geraden gelöst. Jede Gerade soll durch zwei Punkte festgelegt sein.

2D-Lösung: Die Parameterdarstellung der beiden Geraden g und h mit den Variablen u und v lautet:

$$g: \begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \end{pmatrix} + u \begin{pmatrix} X_2 - X_1 \\ Y_2 - Y_1 \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$h: \begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_3 \\ Y_3 \end{pmatrix} + v \begin{pmatrix} X_4 - X_3 \\ Y_4 - Y_3 \end{pmatrix} \quad (2)$$

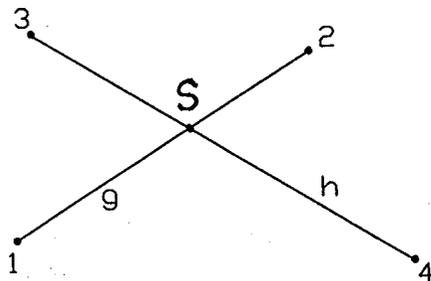


Abb. 3: 2D - Geradenschnitt

Durch Gleichsetzen dieser Beziehungen erhält man zwei Gleichungen für die den Schnittpunkt S fixierenden Unbekannten u_S und v_S . Die gesamte Berechnung bis zu den Koordinaten X_S und Y_S erfordert 11 Additionen/Subtraktionen und 9 Multiplikationen/Divisionen.

2.5D-Lösung: Der 2.5D-Geradenschnitt entspricht in den XY-Koordinaten dem 2D-Geradenschnitt, der ausgehend von den

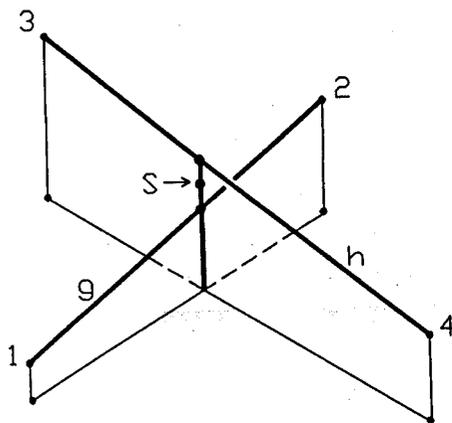


Abb. 4: 2.5D-Geradenschnitt

Gleichungen (1) und (2) ermittelt wird. Mit den daraus erhaltenen Größen u_S und v_S wird auch noch die Z-Koordinate für den "Schnittpunkt" S berechnet, der als Mittel zwischen $Z_{S,g}$ und $Z_{S,h}$ angenommen wird:

$$Z_{S,g} = Z_1 + u_S(Z_2 - Z_1) \quad (3)$$

$$Z_{S,h} = Z_3 + v_S(Z_4 - Z_3) \quad (4)$$

$$Z_S = (Z_{S,g} + Z_{S,h})/2 \quad (5)$$

Der Aufwand für den 2.5D-Geradenschnitt beträgt insgesamt 16 Additionen/Subtraktionen und 12 Multiplikationen/Divisionen.

3D-Lösung: Gegeben sind die Punkte 1,2,3 und 4 mit denselben Koordinaten wie beim 2.5D-Fall. Der "Schnittpunkt"

S in einem 3D-Fall wird aber nicht auf der Z-Koordinatenlinie als Mittel entsprechend der Gleichung (5) angenommen, sondern in der Mitte des Abstandes der beiden windschiefen Geraden g und h. Man bekommt seine Koordinaten auf folgende Weise:

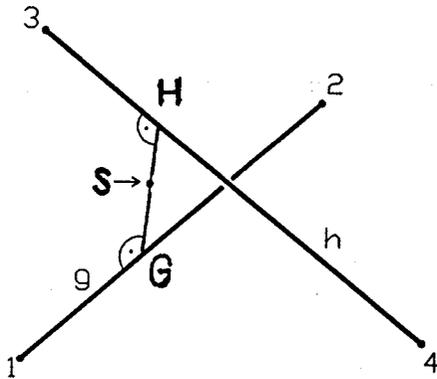


Abb. 5: 3D-Geradenschnitt

Die Parameterdarstellung der beiden Geraden g und h lautet:

$$g: \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_1 \\ Y_1 \\ Z_1 \end{pmatrix} + u \begin{pmatrix} X_2 - X_1 \\ Y_2 - Y_1 \\ Z_2 - Z_1 \end{pmatrix} \quad \text{bzw.} \quad x = x_1 + ua \quad (6)$$

$$h: \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X_3 \\ Y_3 \\ Z_3 \end{pmatrix} + v \begin{pmatrix} X_4 - X_3 \\ Y_4 - Y_3 \\ Z_4 - Z_3 \end{pmatrix} \quad \text{bzw.} \quad x = x_3 + vb \quad (7)$$

Die beiden Fußpunkte G (auf der Geraden g) und H (auf der Geraden h) des senkrechten Abstandes sind mit den Größen u_G und v_H festgelegt (Abb. 5). Man erhält sie aus den folgenden beiden linearen Gleichungen (Baule, 1947):

$$(x_1 - x_3 + u_G a - v_H b) \cdot a = 0 \quad (8)$$

$$(x_1 - x_3 + u_G a - v_H b) \cdot b = 0 \quad (9)$$

Mit den Größen u_G und v_H bekommt man mit den Gleichungen (6) und (7) die Koordinaten x_G und x_H der beiden Fußpunkte G und H. Die Mittelung ergibt schließlich die Koordinaten x_S des "Schnittpunktes" S. Der Aufwand für die 3D-Lösung beträgt: 29 Additionen/Subtraktionen und 27 Multiplikationen/Divisionen.

Die 3D-Lösung ist - im Gegensatz zur 2.5D-Lösung - invariant bezüglich der Lagerung des Koordinatensystemes. Der Aufwand für die 2.5D-Lösung ist nur etwa um 50% höher als für die 2D-Lösung. Dagegen beträgt der Aufwand für die 3D-Lösung gegenüber dem für die 2D-Lösung das Dreifache. Die Lagebeziehung von zwei Geraden braucht man in einem GIS für die Datenbereinigung.

5.2 Anmerkungen zu weiteren 3D-Algorithmen

Eine andere wichtige Funktion ist das Linieneinfangen (snap to line), das man z.B. bei der Datenerfassung benötigt. Bei der 3D-Lösung ist der kürzeste Abstand von einem mit drei Koordinaten festgelegten Punkt zu einer Raumgeraden zu ermitteln; bei der 2.5D-Lösung bestimmt man im allgemeinen nur den kürzesten Abstand eines mit zwei Koordinaten festgelegten Punktes zu einer Geraden in der Ebene.

Solche Überlegungen zu den einzelnen Algorithmen lassen sich beliebig fortsetzen. In diesem Zusammenhang wären auch die Interpolations- und Approximationsalgorithmen für Kurven und Flächen zu betrachten. Eine solche Betrachtung würde aber den Rahmen dieses Beitrages sprengen. Eine Fundgrube für diese Problemstellungen sind die zahlreichen Publikationen im CAD-Bereich. Viele CAD-Problemstellungen können nämlich nur mit 3D-Algorithmen gelöst werden. Infolge der geringen Datenmenge im CAD-Bereich können diese Algorithmen aber nicht ohne weiteres auf den GIS-Bereich mit seinen großen Datenmengen übertragen werden.

5.3 Datenmodellierung und Datenbanken

Eine ähnliche Feststellung trifft auch für die Datenmodellierung und das Vorhalten der Daten in Datenbanken zu. Die rigorose 3D-Lösung für ein allgemeines GIS ist erst in Ansätzen erkennbar (z.B. Bill, Fritsch, 1991, Fritsch, 1991). Für Spezialfälle sind bereits Lösungen vorhanden. Kager und Loidolt (1989) haben zum Beispiel eine leistungsfähige Datenstruktur für dreidimensionale Objekte einer großen Stadtlandschaft entwickelt unter der Voraussetzung, daß die Objekte mit Polygonzügen und ebenen Flächenelementen beschrieben werden können.

5.4 3D-Betrachtungseinrichtung

Ein GIS der Form 3D erfordert eine dreidimensionale Betrachtungseinrichtung. Die analytischen Zweibildauswertegeräte mit Einspiegelung erfüllen die 3D-Anforderungen. Sie dienen vor allem der Datenerfassung und Datenaktualisierung. Bei der anschließenden Datenverarbeitung werden an die Stelle der analytischen Auswertegeräte immer häufiger hochauflösende Bildschirme mit einer dreidimensionalen Betrachtungseinrichtung treten. Die im Computer gespeicherten dreidimensionalen Objekte können auf zweierlei Weise in die beiden Bilder für die Stereobetrachtung umgewandelt werden:

- Ermittlung von zwei zentralperspektivischen Bildern in Analogie zum Normalfall der Stereophotogrammetrie,
- Ermittlung einer Orthogonalprojektion und einer schrägen Parallelprojektion in Analogie zur Stereoorthophotographie.

6. KOMBINATION EINER 2.D- MIT EINER 3D-LÖSUNG

Aus den Betrachtungen des 5. Abschnittes geht hervor, daß eine vollständige Integration der DGM-Aufgaben innerhalb eines dreidimensionalen GIS der Form 3D zwar wünschenswert wäre, aber hinsichtlich des Aufwandes, der Handhabung etc. (noch) nicht zu bewältigen ist. Es erhebt sich daher die Frage, inwieweit ein tragbarer Kompromiß gefunden werden kann. Er ergibt sich in der Weise, daß man die Dimensionalität in den einzelnen Bereichen der jeweiligen Aufgabe anpaßt.

Insbesondere in den mittleren Maßstäben, aber auch in den großen Maßstäben, ist ein landesweites dreidimensionales GIS der Form 2.5D völlig ausreichend. Lediglich bei den Geländeüberhängen - eine äußerst seltene Konstellation - ist auf eine 3D-Datenstruktur und 3D-Verarbeitung überzugehen. Zu diesem Zweck sind die Bereich mit den Überhängen

im 2.5D-Modell als Sonderflächen auszugrenzen. Innerhalb dieser Sonderflächen werden vollständige 3D-Strukturen aufgebaut und die Verarbeitung nach den 3D-Algorithmen vorgenommen. An den Nahtstellen der 2.5D- und der 3D-Bereiche sind Anschlußbedingungen einzuführen, die aus überlappenden Informationen gewonnen werden können.

In gleicher Weise verfährt man in locker bebauten Gebieten und mit anderen künstlichen Objekten wie Brücken. Diese Bereiche sind im neuen Konzept nicht mehr **auszusparen**, sondern speziell zu behandeln. In Städten wird es in Zukunft ausschließlich 3D-Modelle geben, deren Verfeinerung (Dachvorsprünge, Erker etc.) in Abhängigkeit der finanziellen Möglichkeiten sukzessive weitergetrieben wird.

Diese Aufteilung in 2.5D- und 3D-Bereiche wird durch die objektorientierte Betrachtungsweise in Zukunft erleichtert werden. Diese moderne Betrachtungsweise unterscheidet nicht mehr zwischen Daten und Methoden, sondern für jede Objektklasse - eventuell sogar für jedes individuelle Objekt - werden die Methoden und die Daten vollständig integriert (z.B. Kemppainen, Sarjakoski, 1990). Eventuell wird es sogar innerhalb einer Objektklasse eigene Prozessoren geben. Erste Erfahrungen mit solchen Prozessoren wurden I.P.F. der TU Wien bereits gesammelt (Wintner, 1991).

7. SCHLUSSFOLGERUNGEN UND ZUSAMMENFASSUNG

Viele GISe haben bisher die dritte Dimension ignoriert. Man kann sagen, daß sie **einäugig** waren. Die dem Menschen selbstverständliche **zweiäugige** Erfassung der realen Welt impliziert dreidimensionale GISe.

Eine Überlagerung des DGMes mit einem zweidimensionalen GIS ist zwar eine verhältnismäßig lose Verbindung, erlaubt aber bereits viele interessante Anwendungen. Verschiedenenorts wird zur Zeit an solchen Anbindungen der DGM-Programme an GISe der Form 2D + 1D gearbeitet.

In den kleinmaßstäbigen Bereichen haben sich die GISe nach dem Ebenenprinzip durchgesetzt. Die unkomplizierte Ergänzung um Ebenen, die Informationen über die dritte Dimension enthalten, wird dazu beitragen, daß in diesem Maßstabbereich GISe noch sehr lange nach diesem Prinzip arbeiten werden.

Die 2.5D-Lösung auf der Basis relationaler Datenbanken, wobei keine deutliche Trennung mehr zwischen den DGM-relevanten Daten und den Daten für andere GIS-Anwendungen vorgenommen wird, ist die Herausforderung der Zeit. Eine sehr zukunftsorientierte Erweiterung besteht darin, innerhalb der 2.5D-Lösung auch eine vollständige 3D-Lösung für gewisse Bereiche vorzusehen.

LITERATURVERZEICHNIS

BARTELME, N.: gis-Technologie. 280 Seiten, Springer Verlag, 1989.

BAULE, B.: Die Mathematik des Naturforschers und Ingenieurs. Band III. S. Hirzel Verlag, Wien, 1947.

BILL, R., FRITSCH, D.: Grundlagen der Geoinformationssysteme. Band 1. Herbert Wichmann Verlag, Karlsruhe, 1991.

BURGERMEISTER, W.: Photogrammetrisches Ergänzen und Laufendhalten von GIS-Grunddaten im SYSTEM 9. GIS 3, 14-20, 1990.

- ECKER, R.: Rastergraphische Visualisierung mittels digitaler Geländemodelle. Geow.Mitt. der Studienrichtung Vermessungswesen der TU Wien, Heft 38, 1991.
- FRITSCH, D.: Raumbezogene Informationssysteme und Digitale Geländemodelle. DGK, Reihe C, Nr. 369, München, 1991.
- KAGER, H., LOIDOLT, P.: Photomontagen im Hochbau. Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik, Heft 3, 169-173, 1989.
- KEMPPAINEN, H., SARJAKOSKI, T.: Object-oriented GIS - a review and a case study. The photogrammetric journal of Finland, Vol. 12, No. 1, 93-107, 1990.
- KRAUS, K.: Welche Umweltparameter können mit der Photogrammetrie und Fernerkundung erfaßt werden? ZfV 116, 1991 (im Druck).
- LOITSCH, J., MOLNAR, L.: A Relational Database Management System with Topological Elements and Topological Operators. Akzeptierter Beitrag bei SPATIAL DATA 2000, Oxford University, England, 17.-20.9.1991.
- MENKE, K.: PHOCUS - Concept and Perspectives. GIS 3, 9-13, 1990.
- WINTNER, J.: Anwendung eines Arrayprozessors in der Geländemodelltechnologie. Diplomarbeit am I.P.F. der TU Wien, 1991.

ZUSAMMENFASSUNG

Viele Geo-Informationssysteme (GISe) haben bisher die dritte Dimension ignoriert. In diesem Beitrag werden die verschiedenen Möglichkeiten der Verbindung eines digitalen Geländemodells (DGM) mit einem GIS diskutiert. Eine Überlagerung des DGMes mit einem zweidimensionalen GIS ist eine verhältnismäßig lose Verbindung, erlaubt aber bereits viele interessante Anwendungen. In den kleinmaßstäbigen Bereichen haben sich die GISe nach dem Ebenenprinzip durchgesetzt. Die unkomplizierte Ergänzung mit Ebenen, die Informationen über die dritte Dimension enthalten, wird dazu beitragen, daß in diesem Maßstabsbereich GISe noch sehr lange nach diesem Prinzip arbeiten werden. Die 2.5D-Lösung auf der Basis relationaler Datenbanken, wobei keine deutliche Trennung mehr zwischen den DGM-relevanten Daten und den Daten für andere GIS-Anwendungen vorgenommen wird, ist die gegenwärtige Herausforderung. Eine sehr zukunftsorientierte Entwicklung besteht darin, in die 2.5D-Lösung auch eine vollständige 3D-Lösung für gewisse Bereiche (Geländeüberhänge, Gebäude etc.) vorzusehen.

THE THIRD DIMENSION IN GEO-INFORMATIONSYSTEMS

ABSTRACT

Until today many geo-information systems (GISs) have ignored the third dimension. This paper discusses the various possibilities of combining a digital terrain model (DTM) with a GIS. The superposition of the DTM with a two dimensional GIS is a relatively loose combination, though it allows many interesting applications. The majority of GISs for small scale applications are using the layer approach. The simplicity of adding layers containing 2-D information derived from DTMs will contribute to the continuance of this method for a long time. The 2.5-D approach based on relational databases, without a clear separation of DTM relevant data and data for other GIS applications, is the today's

challenge. A perspective towards the future is the inclusion of a complete 3-D solution for certain areas (terrain overhangs, buildings) into the 2.5-D model.

DANK: Dieser Beitrag ist das "Abfallprodukt" intensiver Diskussionen am I.P.F. der TU Wien. Insbesondere bedanke ich mich - in alphabetischer Reihenfolge - Dr. Ecker, Dr. Hochstöger, Dr. Kager, Ing. Loitsch, Dr. Molnar und Dipl.-Ing. Rieger.

Prof. Dr. K. Kraus
Institut für Photogrammetrie und Fernerkundung
Technische Universität Wien
Gußhausstraße 27-29
A-1040 Wien