

Hybride Datenstrukturen in Geo-Informationssystemen

Dieter Fritsch

Lehrstuhl für Photogrammetrie und Fernerkundung
Technische Universität München, Arcisstraße 21
8000 München 2

Zusammenfassung

Die Integration von Geometrie, Topologie und Thematik innerhalb der Datenhaltung von Geo-Informationssystemen bedingt sorgfältige Überlegungen zu den Datenstrukturen. Während heutzutage räumliche Objekte überwiegend mit Randbeschreibungen geometrisch zerlegt werden, deren unterschiedliche thematische Bedeutung dann noch objektweise zu ordnen ist, zeichnen sich mit den Modellierungsstrategien des CAD sowie des objektbezogenen Programmierens Ansätze für neue Datenstrukturen ab. Diese können sowohl auf Vektor- als auch auf Rasterdaten angewendet werden.

In diesem Beitrag wird generell auf Datenstrukturen eingegangen. Es zeigt sich, daß unterschiedliche Datenmodelle des CAD durchaus schon zu hybriden Datenstrukturen führen können, die jedoch überhaupt keine Rasterdaten berücksichtigen. Die Integration von Rasterdaten kann dann mittels flächenhafter Komprimierungsstrategien wie z.B. Quadrees zu einer kombinierten Datenstruktur führen, die nicht nur Daten gleichen Typs sondern die verschiedenen Ausprägungen der Vektor-, Raster- und thematischen Welt gleichermaßen beinhaltet. Einige Beispiele möchten die Leistungsfähigkeit solcher hybrider Datenstrukturen belegen.

1 Einleitung

Geo-Informationssysteme von heute bestehen in erster Linie aus großen raumbezogenen Datenbanken, in denen die Daten hinsichtlich ihrer Position, Nachbarschaftsgeometrie (Topologie) und Thematik geordnet sind (R. Bill/D. Fritsch 1991). Diese Ordnung trägt nicht nur zur Bereitstellung von umfassenden Datenmodellen bei, wie sie in räumlichen Analysen benötigt werden, sondern ist auch für den schnellen Datenzugriff notwendig. Von daher umfaßt der Begriff *Datenstruktur* neben der Zerlegung hinsichtlich topologischer und thematischer Grundprimitive auch die Zugriffsmechanismen auf die entsprechenden Datensätze, die in der Form von sequentiellen Dateien, invertierten Listen und relationalen Tabellen auf der Magnetplatte abgespeichert sind (G. Dröge, 1991).

Das grundlegende Modell zur Bereitstellung von Datenstrukturen ist mit der Abbildung 1 gegeben. Jedes räumliche Objekt – sei es eine Parzelle, ein

Gebäude oder eine Versorgungsleitung – läßt sich in einen geometrischen und thematischen (semantischen) Anteil zerlegen. Während die Geometrie punktscharf meistens durch Vektordaten (z.B. Koordinaten) wiedergegeben ist – eine Ausnahme bilden dabei Sekundärmetriken in Form von Bezirken und anderen regionalen Abgrenzungen – sind Bilddaten in der Form von äquidistanten Rastern flächenhaft diskretisiert. Dadurch ergibt sich automatisch eine Unterscheidung der Geometriedarstellung in *Vektor-* und *Rasterdaten*, die nicht zwangsläufig unterschiedliche Aggregationsebenen enthalten müssen. So kann z.B. eine digitale Orthoprojektion durchaus ebenso punktscharf visualisiert werden wie die dazugehörigen Vektordaten, wenn eine Deutsche Grundkarte 1:5000 (DGK 5) fortzuführen ist.

Die semantische Einordnung des Objekts geschieht heutzutage *objektweise*, d.h. topologischen Grundprimitiven wie *Punkt*, *Linie* und *Fläche* können auf diese Weise unterschiedliche semantische Bedeutungen zugewiesen werden. Eine Linie kann einen Flußlauf darstellen; der Flußlauf ist wiederum Teil einer politischen Grenze usw. Die Zuordnung von unterschiedlicher Semantik eines räumlichen Objekts geschieht mittels Objektschlüsseln (OS), die i.d.R. schon einen zweidimensionalen *Zugriffsmechanismus* darstellen. So bildet die Postleitzahl (PLZ) einen solchen OS, indem die PLZ als Oberbegriff den entsprechenden *Klassenidentifikator* und die einzelnen PLZ der Städte den jeweiligen *Objektidentifikator* repräsentieren. Weitere Beispiele hierzu finden sich in R. Bill/D. Fritsch (1991).

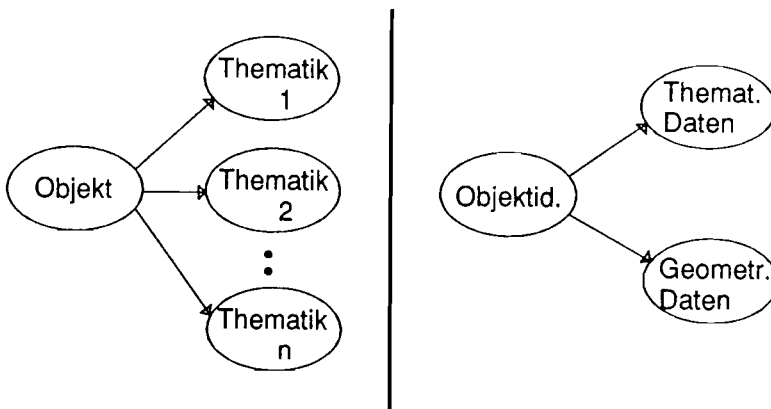


Abb. 1: Objektdefinition in Geo-Informationssystemen

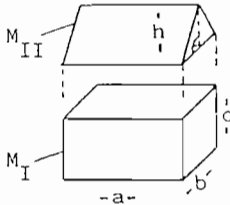
2 Geometrische Betrachtungen

Die Geometrie von räumlichen Objekten ist bisher überwiegend zweidimensional (2D), d.h. es liegen Daten in Form von x,y-Koordinaten bzw. von Rasterelementen m,n vor. Gegenwärtig ist die Integration von Höhe und Zeit Forschungsgegenstand der raumbezogenen Datenhaltung, um Teile der Erdoberfläche bzw. der

-kruste vollkommen dreidimensional (3D) wiederzugeben sowie ihre zeitlichen Zustände zu untersuchen und zu prognostizieren.

Generell ist hinsichtlich der geometrischen Modellierung zu unterscheiden in das *Kanten- oder Drahtmodell*, das *Flächen- oder Blockmodell* und das *Volumen- oder Körpermodell*. Am Beispiel der Modellierung eines Hauses werden mit der Abbildung 2 die *fünf* Darstellungsformen des CAD demonstriert.

1) Parametrische Beschreibung

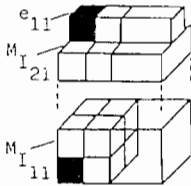


$$M_{II} = \{ a, b, h \}$$

$$M_I = \{ a, b, c \}$$

$$\rightarrow M_0 = M_I \cup M_{II}$$

2) Enumerationsverfahren

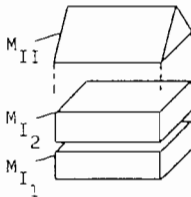


$$M_{I_{21}} = \{ e_{11}, e_{11}, \dots, e_{11} \} = 6 e_{11}$$

$$M_{I_{11}} = \{ e_{11}, e_{11}, \dots, e_{11} \} = 8 e_{11}$$

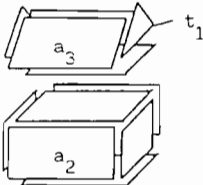
$$M_0 = M_{I_{11}} \cup M_{I_{12}} \cup M_{I_{21}} \cup M_{I_{22}}$$

3) Zellerzerlegung



$$M_0 = M_{I_1} \cup M_{I_2} \cup M_{II}$$

4) Randbeschreibung

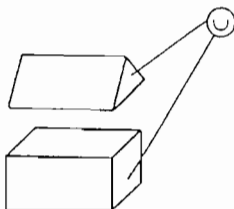


$$M_{II} = \{ a_3, a_3, a_2, t_1, t_1 \}$$

$$M_I = \{ a_1, a_1, a_2, a_2, a_2, a_2 \}$$

$$\rightarrow M_0 = M_I \cup M_{II}$$

5) Modellierung mit Primitivkörpern



$$M_0 = M_I \cup M_{II}$$

Abb. 2: Modelle der Computergraphik

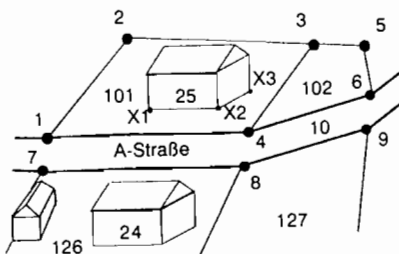
Diese Darstellungsformen sind folgendermaßen zu charakterisieren:

1. Die parametrische Beschreibung quantifiziert das Objekt durch Parameter wie Länge, Breite, Höhe
2. Das in der Rasterdatenverarbeitung häufig eingesetzte Enumerationsverfahren benutzt fest vorgegebene Raumzellen zur Beschreibung bzw. Approximation von komplizierten räumlichen Objekten. Der Zugriff zu den einzelnen Volumenelementen (volume elements, voxels) geschieht über den *Oktagonbaum* (R. Bill/D. Fritsch, 1991).
3. Die Zellenzerlegung beschreibt das Objekt durch Raumzellen von unterschiedlicher Größe
4. Die Randbeschreibung gibt das räumliche Objekt durch seine Randelemente wieder, was z.B. Flächen, Linien und Punkte sein können. Auf dieser basiert die Detailabbildung in den meisten heute verfügbaren GIS, da hier die Topologie besonders einfach integriert werden kann.
5. Bei der Modellierung mit Primitivkörpern können beliebig komplexe Raumkörper Anwendung finden. Wenngleich sie ein sehr leistungsfähiges Instrumentarium zur Verfügung stellt – hierzu kann insbesondere die Boole'sche Algebra eingesetzt werden – wird sie bisher wenig verwendet.

2.1 Vektordaten

Vektordaten sind von Haus aus meistens punktuell – ihre Position kann in einem übergeordneten Koordinatensystem definiert sein, jedoch sind auch lokale Koordinatensysteme denkbar. Im einfachsten Fall werden vektorielle Linienzüge durch lange, dünne Listen (Punktlisten, auch als Spaghettis bezeichnet) alphanumerisch wiedergegeben, deren Orientierung in Linienlisten festgehalten ist. Am Beispiel der Abbildung 3 ist die Kombination einer Randbeschreibung eines Teils der Erdoberfläche mit der parametrischen Darstellung eines Hauses aufgezeigt.

3a) Perspektive Darstellung einer Realszene



3b) Alphanumerische Randdarstellung der Realszene

Punkte				Linien				
Pkt.-Nr.	x	y	z	Linie-Nr.	Anf.	Ende	li. Fl.	re. Fl.
1	x_1	y_1	z_1	A	1	2	100	101
2	x_2	y_2	z_2	B	2	3	111	101
3	x_3	y_3	z_3	C	4	3	101	102
4	x_4	y_4	z_4	D	1	4	101	10
X1	x_{X1}	y_{X1}	z_{X1}	XA	X1	X2	25	101
X2	x_{X2}	y_{X2}	z_{X2}
..

3c) Parametrische Beschreibung der Gebäude

Gebäude	Ang.	in	(m)	
Nr.	a	b	c	h
24	10	6	5.5	3
24-1	5	3	2.5	1.2
25	12	7	5	4

Abb. 3: Randdarstellung und parametrisierte Beschreibung in Kombination

Die Punkt- und Linienliste enthalten die Geometrie der Lage und Nachbarschaft des Flurstücks 101 sowie des Gebäudegrundrisses von Haus Nr. 25 – mit der Gebäudeliste ist die parametrische Beschreibung von Gebäuden angedeutet. Bereits diese Kombination läßt sich als *hybride Struktur* auffassen.

2.2 Rasterdaten

Rasterdaten können vielfältige Phänomene ausdrücken wie z.B. Strahlungsintensitäten, Geländehöhen, demoskopische Beobachtungen u.v.a.m. Sie müssen sich nicht unbedingt auf ein übergeordnetes Koordinatensystem beziehen, sondern können durchaus lokal definiert sein oder haben a priori überhaupt keinen geometrischen Bezug. Im letzteren Fall stellen die Rasterdaten *regelmäßige Sachdaten* dar, was auch als *Sachdaten-Gridding* bezeichnet wird.

Im allgemeinen wird unter Rasterdaten punktuelle oder Zelleninformation verstanden, die ebenso wie Vektordaten über einen Objektidentifikator mit unterschiedlicher Semantik verknüpft sind. Die räumliche Struktur von Rasterdaten ist durch die lokale Anordnung der Rastertopologie vorgegeben, welche durch die Verknüpfung von benachbarten Rasterzellen direkt gegeben ist (vgl. Abbildung 4). Dieser Vorteil der einfachen geometrischen und topologischen Verknüpfung wird vielfach bei der Überlagerung von Rasterdaten genutzt, indem Karten mit verschiedenem thematischen Inhalt einfach durch die Position der Rasterelemente miteinander in Beziehung zu bringen sind.

A	A	A	A	A	B	B	B
A	A	A	A	A	B	B	B
A	A	A	A	A	B	B	B
B	B	B	B	B	C	C	C
B	B	B	B	B	B	B	C
B	B	B	B	B	B	B	B

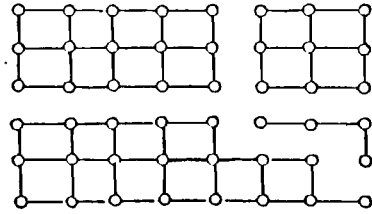


Abb. 4: Rasterdaten und ihre Nachbarschaft

3 Topologische Betrachtungen

Unter dem Begriff *Topologie* wird die Analyse von geometrischen Eigenschaften verstanden, die invariant sind hinsichtlich kontinuierlichen Transformationen. Dabei handelt es sich i.d.R. um das Aufzeigen und Manipulieren von Nachbarschaftsbeziehungen der drei topologischen Grundprimitive: *Punkt*, *Linie* und *Fläche*. In der Abbildung 5 ist die topologische Zerlegung eines regelmäßigen Objekts (planarer Graph) vermittels dieser drei Grundprimitive angedeutet, die jedoch noch um eine *Raumzelle* (3-Zelle) erweitert werden können.

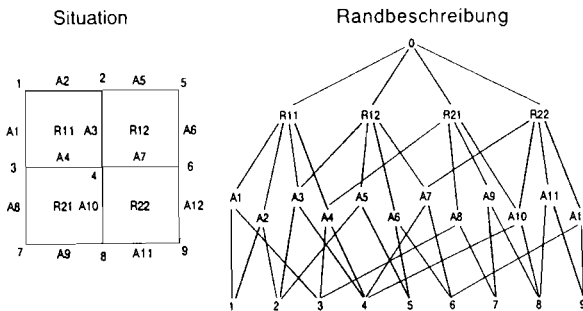


Abb. 5: Topologische Zerlegung eines einfachen Graphen

Bisweilen beschränken sich die topologischen Modellbildungen in Geo-Informationssystemen auf eine planare Wiedergabe, d.h. es werden Hierarchien in der Form von zweidimensionalen Graphen aufgebaut. Von daher bietet die *Graphentheorie* ideale Hilfsmittel, um Konsistenzprüfungen, kürzeste Wege, Verschneidungen u.a.m. durchzuführen. Ein wichtiges Konsistenztheorem in der raumbezogenen Datenhaltung ist der Satz von Euler, in dem der Zusammenhang zwischen der Anzahl der Punkte p , der Linien l und der Flächen f hergestellt wird:

$$C = p - l + f = 2 \tag{1}$$

Man nennt C die *Charakteristik* der Abbildung, in der f stets den Außenraum enthalten muß.

3.1 Vektordaten

Mit den Anfängen der digitalen raumbezogenen Datenhaltung in den sechziger Jahren sind schon *vektorielle Datenstrukturen* entwickelt worden, um die Daten nach den Ordnungsprinzipien der Topologie abzuspeichern. Entsprechend den Regeln der Graphentheorie werden Punkte mit Verzweigungen als *Knoten* und Linien als *Kanten* bezeichnet. In der Abb. 6 sind zwei historische Datenstrukturen für Vektordaten wiedergegeben – die DIME- und die POLYVRT-Datenstruktur (R. Bill/D. Fritsch, 1991). Als Nachteil beider Strukturen hat sich das Fehlen von Objekt- und Flächenhierarchien herausgestellt, auf die später zur Definition eines umfassenden vektoriellen Datenmodells noch näher einzugehen ist.

Bei der DIME-Struktur wird keine strenge Unterscheidung hinsichtlich der Elemente der Graphentheorie durchgeführt – Anfangs- und Endknoten eines Linienelements müssen nicht unbedingt Verzweigungspunkte darstellen, sondern können durchaus Zwischenpunkte eines Kantenpolygons sein. Jedes Liniensegment besitzt vier Zeiger, von denen zwei auf den Anfangs- und Endknoten und zwei auf die benachbarten Flächenelemente verweisen. Der Nachteil der Struktur liegt darin, daß Polygonobjekte nur unter großem Aufwand gebildet werden können, da sehr viele Kantenstücke existieren, deren Verzeigerungen immer wieder durchlaufen werden müssen. Dieser Nachteil wurde bei der POLYVRT-Struktur behoben, indem nun streng graphentheoretisch vorgegangen worden ist. Dabei wurde in Knoten und Punkte unterschieden, wobei alle Zwischenpunkte einer Kante unter einer bestimmten Adresse abzulegen sind.

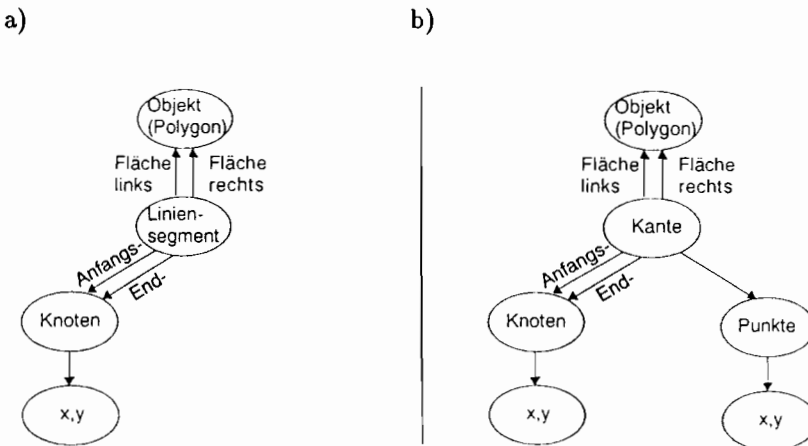


Abb. 6: Vektorielle Datenstrukturen, a) DIME b) POLYVRT

3.2 Rasterdaten

Rasterdaten besitzen eine sehr einfache Topologie, die durch die Position des Rasterelements (Pixel) m,n (m Spaltenindex, n Zeilenindex) gegeben ist. Von daher ist mit *Rastertopologie* zumeist die unmittelbare Nachbarschaft des einzelnen Pixel angesprochen, aus der sich der sich der *Kettencode* entwickelt hat. Weitere Organisationsformen für Rasterdaten sind die *Runlength-Kodierung* und die *Quadtree-Zerlegung*, auf die ebenso einzugehen ist.

3.2.1 Kettencode

Der Kettencode enthält i.d.R. die *Acht-Umgebung* des einzelnen Pixels – eine andere Bezeichnung ist mit *Freeman-chain* gegeben. Dabei bedient man sich der Abspeicherung der *acht* möglichen Verzweigungsrichtungen, wie sie mit der Abbildung 3 an einem kleinen Beispiel angedeutet sind. Der Kettencode ist als eine *Linienstruktur* aufzufassen, deren Orientierung immer wieder neu durch die Verzweigungsrichtung – auch Freeman-Zahl genannt – definiert wird. Betrachtet man die Freeman-Zahlen bzw. den Spalten- und Zeilenindex als *Koordinaten*, so ergeben sich lange, dünne Linienlisten (Spaghettis).

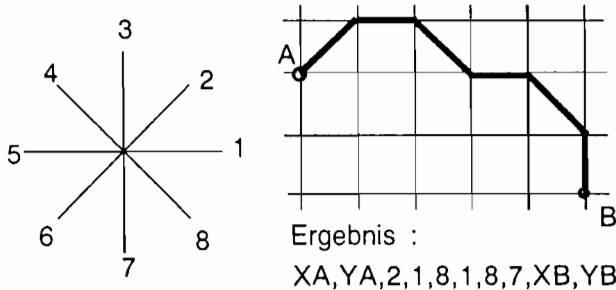


Abbildung 3: Rastertopologie in Form des Kettencodes

3.2.2 Runlength-Kodierung

Die Berücksichtigung von topologischen Grundprimitiven in der Form von Punkt (Knoten, K_n), Linie (Kante, K_a) und Fläche (F_l) kann sehr leicht innerhalb der *Runlength-Kodierung* berücksichtigt werden. Während in R. Bill/D. Fritsch (1991) die Runlength-Kodierung an binären punktuellen Daten demonstriert ist, wird mit der Abbildung 7 die Erhaltung der topologischen Grundprimitivie aufgezeigt, die insbesondere bei Vektor-Rasterkonvertierungen gewährleistet werden muß.


```

x x x x x x x x x x x x o o o   (14,3,Fl)
x x x o x x x x o x x x o o o o   (4,1,Kn) (9,1,Ka) (13,4,Fl)
x x x x x x x x o x x o o o o o   (9,1,Ka) (12,5,Fl)
x x x x x x x o x x o o o o o o   (8,1,Ka) (11,6,Fl)

```

Abb. 7: Topologisch orientierte Runlength-Kodierung

3.2.3 Quadtree-Zerlegung

Das Quadtree-Prinzip eignet sich besonders als flächenhafte Datenstruktur, zur Verschneidung von thematischen Rasterdaten sowie als Zugriffsmechanismus in der hierarchischen Datenspeicherung. Die Definition des Quadrates ist sehr einfach: Ein Quadratsegment wird durch sukzessive Viertelung unterteilt, wobei die Auflösung – die kleinste Einheit des Quadrates – durch den Anwender vorgegeben werden kann (vgl. Abbildung 8).

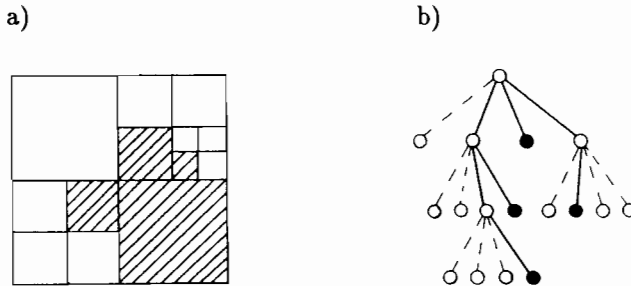


Abb. 8: Quadtree-Zerlegung, a) Ebene b) Hierarchie

Durch die sukzessive Viertelung werden einem Vater vier Söhne zugewiesen – jeder Sohn kann wiederum vier Kinder haben. Auf der untersten Stufe des hierarchischen Organisationsprinzips befinden sich die kleinsten Quadtree-Zellen; diese enthalten die Randinformation des flächenhaften Objekts und tragen daher zu einer *Quasivektorisierung* der homogenen Rasterdaten bei.

4 Thematische Betrachtungen

Das thematische Modellieren stellt in der Hierarchie des Datenmodells die schwierigste Aufgabe und sogleich die oberste Ebene dar. Wie bereits in der Einleitung erwähnt, erfolgt die Zuweisung von unterschiedlicher Thematik eines raumbezogenen Objekts über einen Objektidentifikator, der gleichermaßen für Vektor- und Rasterdaten gilt. Innerhalb des thematischen Modellierens unterscheidet man in zwei grundsätzlich verschiedene Strategien: Das *Ebenenprinzip* und das *Objektklassenprinzip*. Die älteste Methode ist das Ebenenprinzip, das auch als *layer principle* bekannt ist, wohingegen das Objektklassenprinzip neuesten Forschungsansätzen nicht nur in der raumbezogenen Datenhaltung sondern auch der Informatik zugrunde liegt.

4.1 Ebenenprinzip

Das Ebenenprinzip separiert Geometriedaten von verschiedener thematischer Bedeutung streng durch die Abspeicherung in verschiedenen Ebenen, wobei der Raumbezug direkt durch die Position der abgespeicherten Elemente in einem einheitlichen Koordinatensystem für *alle* Ebenen gegeben ist. Auf diese Weise können vielfältige thematische Inhalte durch einfache *Superimposition* miteinander vereinigt bzw. verschnitten werden.

Bezeichnet $E_i \forall i=1,2,\dots,n$ die jeweilige Ebene, so läßt sich das Ebenenprinzip darstellen als Vereinigungsmenge aller verfügbaren oder als Teilmenge selektiv gewünschter Ebenen, also

$$E = E_1 \cup E_2 \cup \dots \cup E_n \quad (2)$$

In der Abbildung 9 ist das Ebenenprinzip am Beispiel der Datenhaltung im Vermessungswesen dargestellt: Die Kombination der Ebenen 1 (Flurgrenzen), 2 (Grenzpunkte), 3 (Bodenschätzungsergebnisse) und 8 (Flurstücke) ergibt eine Darstellung, die in der Flurbereinigung zur Neuzuteilung von Blöcken benötigt wird.

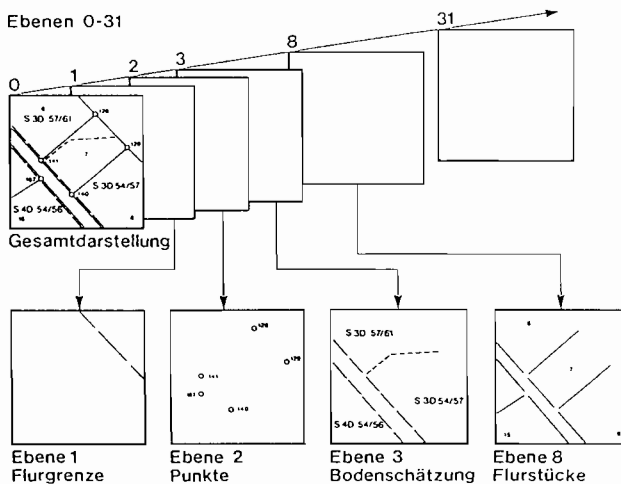


Abb. 9: Ebenenprinzip (Quelle: F. Christoffers et al., 1985)

4.2 Objektklassenprinzip

Beim Objektklassenprinzip wird von einer hierarchischen Anordnung von einundderselben Thematik ausgegangen. Wie in R. Bill/D. Fritsch (1991) gezeigt ist, braucht jedoch diese strenge Vorgabe nicht aufrecht erhalten zu werden, so daß sich auch ein thematisches Netzwerk als objektweises Datenordnungsprinzip

ergeben kann. Bei einer strengen hierarchischen Vorgehensweise des Objektklassenprinzips werden $1:m$ Beziehungen zwischen den einzelnen thematischen Mengen zugelassen, d.h. eine Objektklasse verzweigt sich in m Individualobjekte, wobei jedes Individualobjekt wiederum m Objektteile haben darf. Unterhalb der Objektteilebene befindet sich das topologische Subsystem, in dem im wesentlichen Kanten- und Knotenlisten vorliegen. Mit der Abbildung 10 ist das Objektklassenprinzip angedeutet, wobei eine strenge Hierarchie eingehalten wird. Diese hierarchische Vorgehensweise bildet die Grundlage des *Objektschlüsselkatalogs (OSKA)*, der von den Vermessungsverwaltungen für die *Automatisierte Liegenschaftskarte (ALK)* sowie für das *Amtliche Topographisch-Kartographische Informationssystem (ATKIS)* entwickelt wurde.

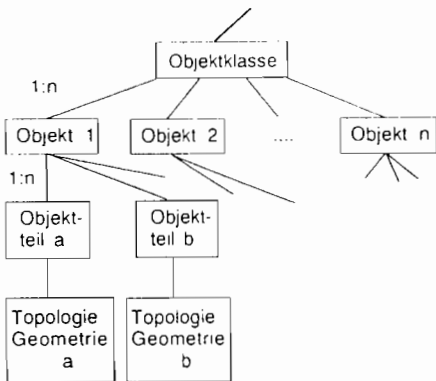


Abb. 10: Objektklassenprinzip in strenger hierarchischer Anordnung

4.3 Sachdaten

Beschreibende Daten oder auch *Sachdaten (Attribute)* stellen den Informationsträger der verschiedenen thematischen Inhalte dar. Diese Daten fallen meistens in der Form von Tabellen an, d.h. die Strukturierung besteht hier in der richtigen thematischen Zuordnung einzelner Sachverhalte. Am Beispiel des Vermessungswesen wird mit der Abbildung 11 die Zuordnung verschiedener Sachdatensätze demonstriert. Das zugrundeliegende Datenmodell besteht aus insgesamt 7 Satztypen. Für jeden Datentyp werden diejenigen Attribute als Objektidentifikator ausgewählt, die eine logische Einheit eindeutig identifizieren.

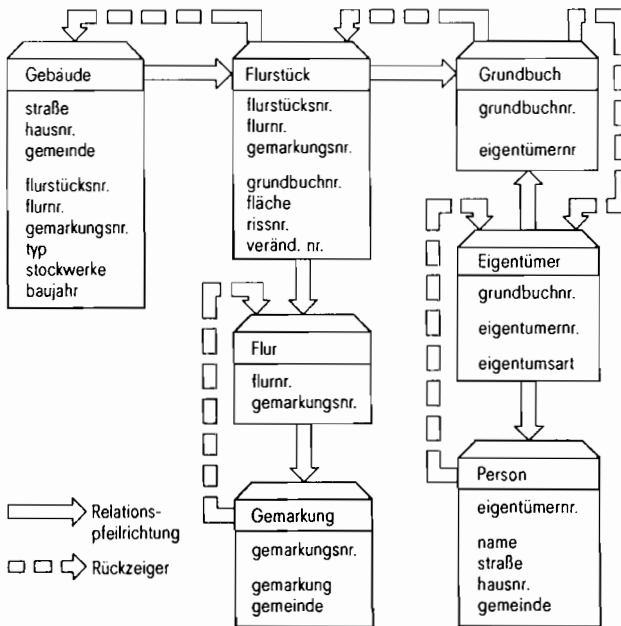


Abb. 11: Strukturierung von Sachdaten, Quelle: M. Baumann (1985)

GEBAEUDE : Strasse, Hausnr., Gemeinde
FLURSTUECK : Flurst.Nr., Flurnr., Gemarkungsnr.
FLUR : Flurnr., Gemarkungsnr.
GEMARKUNG : Gemarkungsnr.
GRUNDBUCH : Grundbuchnr.
EIGENTUEMER: Eigentuemernr., Grundbuchnr.
PERSON : Eigentuemernr.

Jedem Satztyp werden nun Fremdschlüssel entsprechend den Verzeigerungen zugeordnet wie z. B.

GEBAEUDE - FLURSTUECK : Flurstuecksnr., Flurnr., Gemark. Nr.
FLURSTUECK - GRUNDBUCH: Grundbuchnr.

Die vollständigen Fremdschlüssel können der Abbildung 11 entnommen werden. Somit ist gewährleistet, daß umfangreiche Fragestellungen zu den Sachdatensätzen beantwortet werden können, ganz gleich, von welchem Sachsatz aus man die Abfrage startet. Ausführliche Betrachtungen zu diesem Beispiel finden sich in M. Baumann (1985).

5 Kombination von Vektor-, Raster- und Sachdaten

Die Kombination der drei unterschiedlichen Datentypen in Geo-Informationssystemen ist derzeit Forschungsgegenstand in der raumbezogenen Datenhaltung.

Während die Kombination von Vektordaten mit Sachdaten mittels Objektidentifikatoren gelöst ist, fehlt es noch an umfangreichen Untersuchungen über die Zuordnung von Sachdaten zu Rasterdaten.

In der Abbildung 12 ist eine objektweise Ordnung von topologisch orientierten Vektordaten nachgewiesen. Dabei ist bereits der dritten Dimension Rechnung getragen, indem Volumenobjekte zugelassen worden sind. Mit dieser Datenstruktur sind vielfältige Modellierungen in der *Vektorwelt* möglich. Sie stellt eine Erweiterung der DIME und POLYVRT-Struktur dar, und wurde in jüngster Zeit insbesondere durch M. Molenaar (1989) umfangreich untersucht.

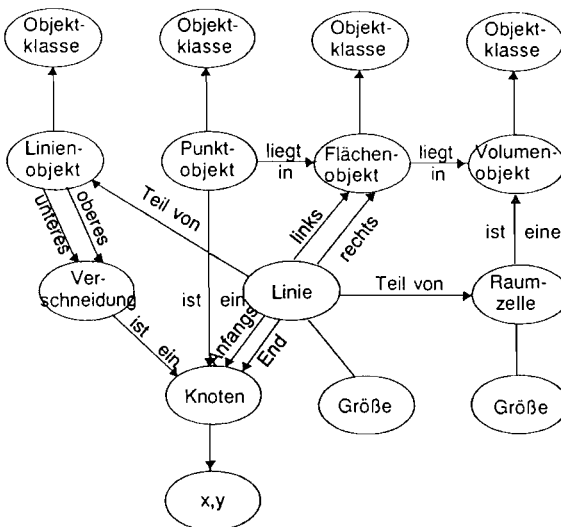


Abb. 12: Allgemeine Datenstruktur für Vektordaten

6 Schluß und Ausblick

Im vorliegenden Beitrag wurde ein Überblick zur Strukturierung von raumbezogenen Daten gegeben. Vektor- und Rasterdaten konnten dabei gleichermaßen behandelt werden – insbesondere zeichnet sich hierfür eine zusehende Integration ab, die auf beiden Seiten topologische Grundprimitiven berücksichtigt. Zugriffsmethoden für beide Datentypen in der Form von *hierarchischen* und *dynamischen* Methoden konnten aus Gründen der Einschränkung nicht weiter behandelt werden. Hierzu sei auf die Ausführungen in R. Bill/D. Fritsch (1991) verwiesen.

Innerhalb der thematischen Modellierung hat sich das objektweise Vorgehen durchgesetzt. Wenn auch noch viele derzeit verfügbare Geo-Informationssysteme mit dem Ebenenprinzip arbeiten, so ist die objektweise Ordnung nicht nur von Thematik sondern auch entsprechender topologischer Grundprimitive sehr flexibel. Der objektweise Ansatz gilt ebenso für beide geometrische Repräsentationsformen. Erste Untersuchungen für Rasterdaten (H. Yang, 1991) sind vielversprechend – ebenso kann das Vokabular einer entsprechenden geometrischen Abfragesprache (Geo-SQL, vgl. D. Findeisen, 1990) unabhängig vom Datentyp eingesetzt werden.

7 Literatur

- Baumann, M. (1985) Aufbau und Einsatzmöglichkeiten eines raumbezogenen Informationssystems mit SICAD. In: CAD-Kartographie, Hrsg. M. Schilcher, S. 279-299, Wichmann, Karlsruhe.
- Bill, R., Fritsch, D. (1991) Grundlagen der Geo-Informationssysteme, Band 1. Wichmann, Karlsruhe.
- Christoffers, F., Grams, P., Rossol, G., Winter, R., Zeddies, W. (1985) Interaktive graphische Datenverarbeitung in der Niedersächsischen Vermessungs- und Katasterverwaltung. In: CAD-Kartographie, Hrsg. M. Schilcher, S. 7-47, Wichmann, Karlsruhe.
- Dröge, G. (1991) Datenstrukturen für räumliche Daten. Beitrag Int. Sem. Photogrammetrie und Geographische Informationssysteme, ETH Zürich, April 1991.
- Findeisen, D. (1990) Datenstruktur und Abfragesprachen für raumbezogene Informationen. Kirschbaum, Bonn.
- Fritsch, D. (1991) Algorithmen zur Manipulation von Raster- und Hybriden Daten. Beitrag Int. Sem. Photogrammetrie und Geographische Informationssysteme, ETH Zürich, April 1991.
- Molenaar, M. (1989) Single valued vector maps – A concept in geographic information systems. Geo-Informationssysteme (GIS), 2, pp. 18-26.
- Molenaar, M., Fritsch, D. (1991) Combined data structures for vector and raster representations in geographic information systems. Geo-Informationssysteme (GIS), 4.
- Shaffer, C.A., Samet, H. (1987) Optimal quadtree construction algorithms. Comp. Vision, Graphics, Image Process., 37, pp. 402-419.
- Yang, H. (1991) Zur Integration von Vektor- und Rasterdaten in Geo-Informationssystemen. Deutsche Geod. Kommission, Reihe C, München.