

KARTENTHEORETISCHE GRUNDLAGEN BEI DER STRUKTURIERUNG DIGITALER KARTENMODELLE

von Walter Schwenk, Berlin

Verfolgt man das Ziel, den graphischen und begrifflichen Inhalt einer beliebigen Karte - nachfolgend Kartenbild genannt - mit Hilfe informationsverarbeitender Maschinen - im folgenden als Automaten bezeichnet - zu erfassen, zu verarbeiten und zu reproduzieren, so hat man zwei unterschiedliche Aufgaben zu lösen:

Zunächst muß das Kartenbild in einer Form beschrieben werden, die eine Verarbeitung mit Hilfe von Automaten zuläßt. Dabei ist zu fordern, daß der graphische und begriffliche Inhalt vollständig erfaßt und ebenso vollständig durch die Automaten wieder reproduziert werden kann.

Die andere Aufgabe besteht darin, das Kartenbild in digitaler Form, d.h. mit Hilfe diskreter Symbole aufzubauen, fortzuführen und auskunftsfähig zu halten. Da der kartographische Arbeitsprozeß wegen einer Vielzahl von Wertungs-, Beurteilungs- und Entscheidungsvorgängen auf absehbare Zeit nicht vollständig zu automatisieren sein wird, ergibt sich die Notwendigkeit, die einzelnen Arbeitsschritte in einem Dialog von Mensch und Automat zu vollziehen.

Beide Aufgaben wurden im praktischen Bereich bislang vorwiegend aus der Sicht der Automationstechnik gelöst. Dabei galt der Satz, daß der kartographische Arbeitsprozeß an die Automationsbedingungen angepaßt werden müßte.

Erst in jüngster Zeit wurden von Seiten der Theoretischen Kartographie - stellvertretend seien hier KOLÁČNÝ, BERTIN, KOEMAN, SUKHOV, HAKE und FREITAG genannt - Modelle vorgestellt, die geeignet sind, sowohl die Aufgabe der Formalisierung des Kartenbildes zu lösen, als auch den gesamten Automatisierungsprozeß auf eine allgemeine kartentheoretische Grundlage zu stellen. Die Geräte und Methoden der Automation sollen danach nur in dem Umfang in den kartographischen Arbeitsprozeß einbezogen werden, wie sie den theoretischen und arbeitstechnischen Anforderungen der Kartographie entsprechen.

Diese Betrachtungsweise hat zur Folge, daß dem Kartenbearbeiter nicht nur die Aufgabe zufällt, ein Kartenbild automationsfähig zu beschreiben, sondern auch die automationstechnischen Vorgänge in den kartographischen Arbeitsprozeß zu integrieren.

In diesem Aufsatz soll gezeigt werden, wie Modelle und Methoden der Theoretischen Kartographie dazu verwendet werden können, die kartographische Information eines Kartenbildes, d.h. die kartographischen Objekte, deren Eigenschaften und Beziehungen, differenziert zu beschreiben. Eine derartige

Kartenbildbeschreibung eignet sich sowohl als Arbeitsvorlage als auch als Beurteilungsrahmen für jede automationstechnische Verarbeitung eines Kartenbildes.

Im folgenden sollen die einzelnen Schritte von der Kartenbildanalyse zum digitalen Kartenmodell beschrieben und an einem einfachen Beispiel aus dem Situationsbild einer großmaßstäbigen Stadtgrundkarte verdeutlicht werden (Bild 1).

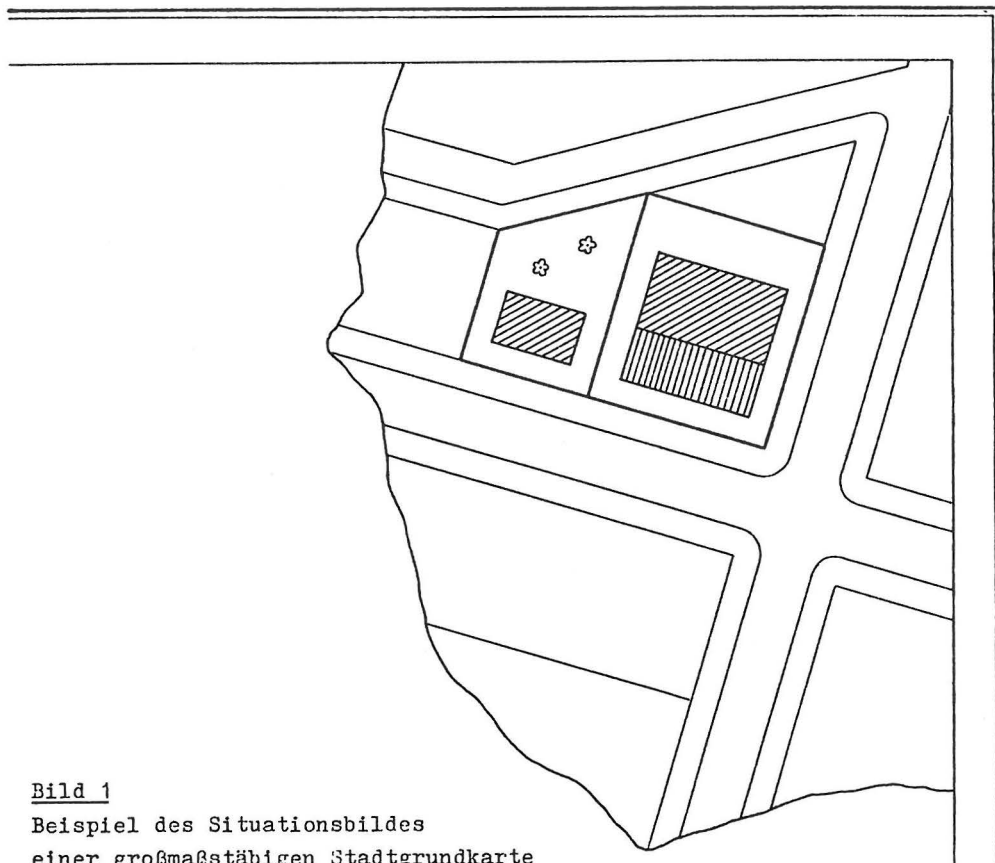


Bild 1
Beispiel des Situationsbildes
einer großmaßstäbigen Stadtgrundkarte

Das digitale Kartenmodell ist der strukturierte graphische und begriffliche Inhalt einer Karte in diskreter symbolhafter Darstellung.

Die Entwicklung eines digitalen Kartenmodells zum Zwecke der Abbildung in einer elektronischen Rechenanlage kann in drei Stufen vollzogen werden:

- Strukturanalyse
- Strukturkonzept
- Implementierungskonzept

Aus dieser Systematik geht hervor, daß der Schwerpunkt der Betrachtungen auf dem Strukturaspekt ruht. Von den graphisch gestalterischen Problemen wird abstrahiert. Sie können - zumindest im großmaßstäbigen Bereich - gesondert behandelt werden.

2. Zur kartographischen Strukturanalyse

In der Strukturanalyse wird ein Kartenbild mit dem Ziel des Aufbaus eines codierungsunabhängigen Funktions- und Strukturmodells untersucht. Als Hilfsmittel bieten sich Kommunikationsmodelle an. Beschreibt man nämlich die Zielsetzung der Kartographie als einen Versuch des Kartenherstellers, den Kartenbenutzer mit Hilfe graphischer Darstellungen über die räumliche Verteilung von Objekten und Sachverhalten zu informieren, so stellt sich die Kartographie als spezieller Teil allgemeiner Kommunikationsprozesse dar.

Da Informationen in Karten vermittels Zeichen dargestellt und übermittelt werden, kann die kartographische Kommunikation in einer "Zeichensituation" beschrieben werden¹⁾ (Bild 2).

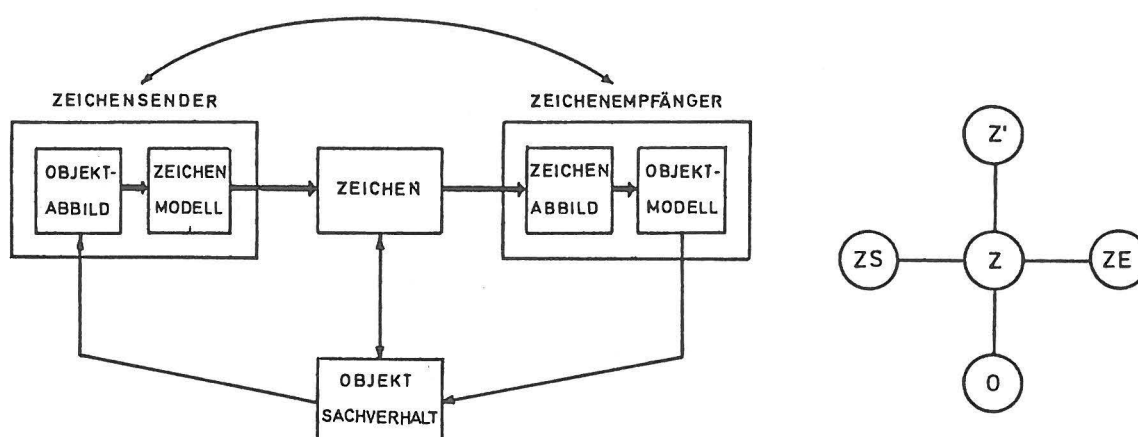


Bild 2 Schema der Zeichensituation

Aus den Beziehungen zwischen den einzelnen Elementen der Zeichensituation gewinnt man ein umfassendes Erklärungsmodell für die graphischen und begrifflichen Zusammenhänge eines Kartenbildes. Ein aus der Zeichensituation entwickeltes Kartenmodell beschreibt die kartographische Information eines Kartenbildes in einer pragmatischen, semantischen und syntaktischen Dimension²⁾.

2.1 Das pragmatische Strukturmodell

Die pragmatische Dimension betrifft die Beziehungen (Z,ZS) und (Z,ZE) zwischen den kartographischen Darstellungsmitteln und -formen und dem jeweils am Arbeitsprozeß beteiligten Kartenhersteller (Zeichensender) und Kartenbenutzer (Zeichenempfänger). Die Untersuchung dieser Beziehungen dient der Optimierung der Kartenfunktionen. Für jeden Kartentyp sollte daher ein Kommunikationsnetz entworfen werden, innerhalb dessen sowohl die Arbeits- und Organisationsbedingungen der Kartenherstellung als auch die die Anwendungsformen der Karte in Bezug auf die graphische Struktur und Gestalt des Kartenbildes untersucht werden können.

Für die Struktur einer Stadtgrundkarte ergeben sich aus den Beziehungen im Kommunikationsnetz z.B. die Erfordernisse des Folienprinzips, der Generalisierbarkeit des digitalen Modells, eine nach Maßstab, Blattschnitt und Zeichenschlüssel frei wählbare Kartengestalt sowie hohe Anforderungen an die Aktualität der Karte (Bild 3).

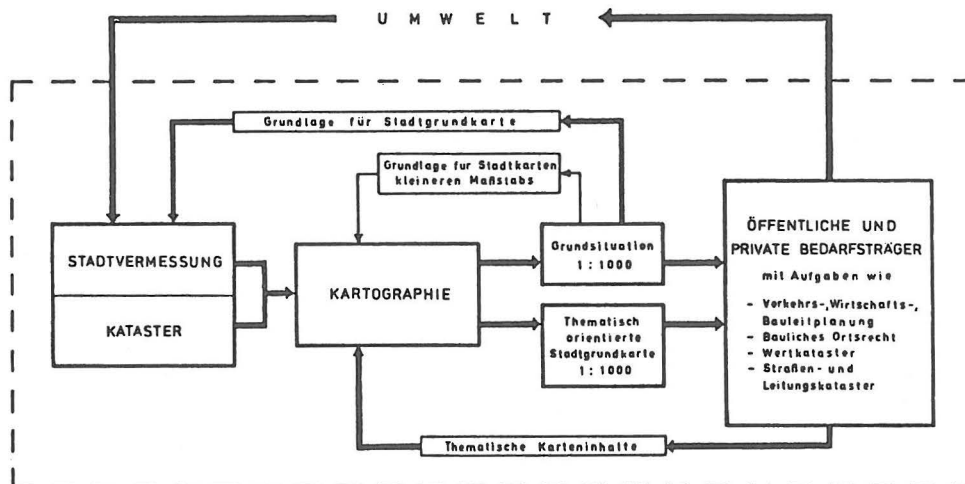


Bild 3 Schema eines Kommunikationsnetzes für eine Stadtgrundkarte

2.2 Das semantische Strukturmodell

Die semantische Dimension stellt die kartographischen Zeichen in ihren Beziehungen zu den kartographischen Objekten und Sachverhalten des thematisch und räumlich begrenzten Umweltausschnitts dar. Die Beziehungen (Z,O) werden durch Lage, Substanz (Art u. Wert) und Entwicklungszustand gekennzeichnet. Die Analyse der begrifflichen Beziehungen mündet in die Aufstellung eines Modells, das der semantischen Struktur des jeweiligen Kartenbildes entsprechen soll (Bild 4).

Das Strukturmodell des vorgegebenen Situationsbildes wird durch inhaltlich und räumlich ausgebildete Objektbeziehungen bestimmt. Die inhaltlichen Beziehungen lassen sich in einem Objektklassensystem (Horizontalstruktur), die räumlichen Beziehungen in einem Stufenmodell (Vertikalstruktur) mit theoretisch n-Stufen erfassen. Da Liniensignaturen das großmaßstäbige Kartenbild bestimmen, bilden sie die Struktureinheiten der Grundstufe. Punktsignaturen werden als Sonderfälle der Liniensignaturen eingeführt.

Jede Struktureinheit kann mit Struktureinheiten unterschiedlicher Objektklassen und Stufen in Beziehung treten.

Beispiel

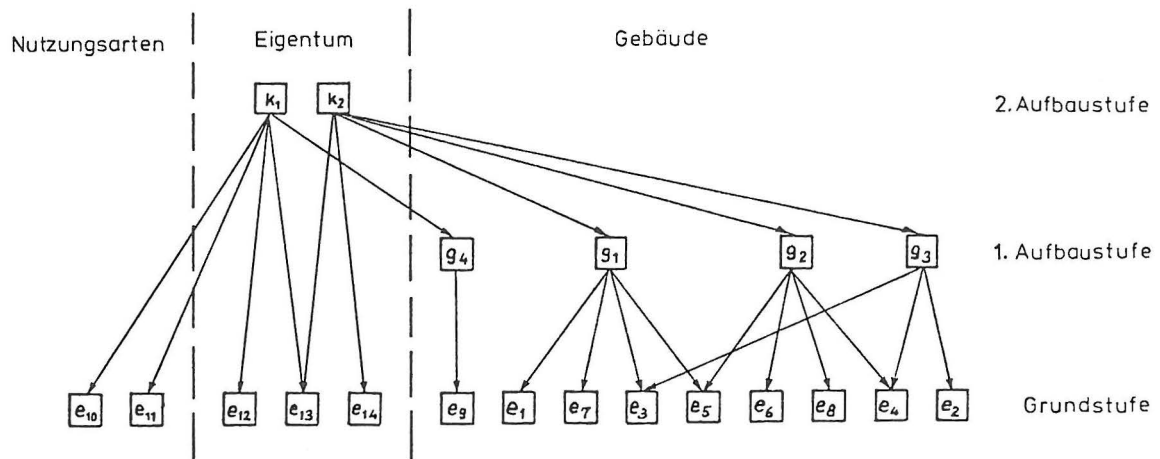
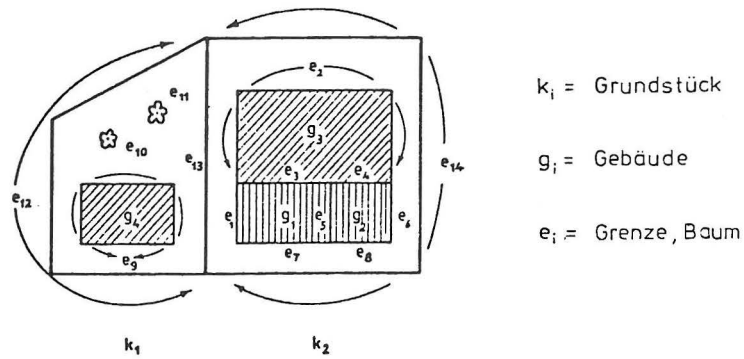


Bild 4 Semantisches Strukturmodell

Zeichen und Begriffe können mehrfach belegt werden. Die Eindeutigkeit der Zeichen-Objektbeziehungen wird nur durch die Lagebeschreibung erreicht. Auf diesen Umstand ist im Rahmen der digitalen Bildverarbeitung besonders zu achten.

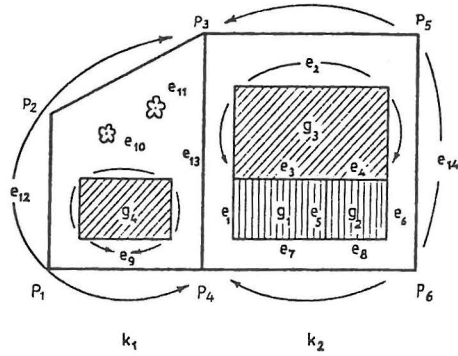
2.3 Das syntaktische Strukturmodell

Die syntaktische Dimension umfaßt den Aufbau und die Ordnung der kartographischen Zeichen sowie ihre Funktions- und Transformationsregeln. Das syntaktische Strukturmodell der Beziehungen (Z,Z) wird seinem Inhalt nach durch den Zeichenschlüssel, in seinem hierarchischen Aufbau durch die räumliche Objektbezogenheit festgelegt. Dabei sind die Randbedingungen der Datengewinnung und Datenverarbeitung, der graphischen Gestaltung und der besonderen kartentechnischen Betriebsorganisationen zu berücksichtigen.

Es können drei Ebenen der Strukturbildung unterschieden werden:

- Darstellung graphischer Grundelemente
- Konstruktion kartographischer Signaturen
- Variation und Kombination der Signaturen

Beispiel



Kartographische Einheiten

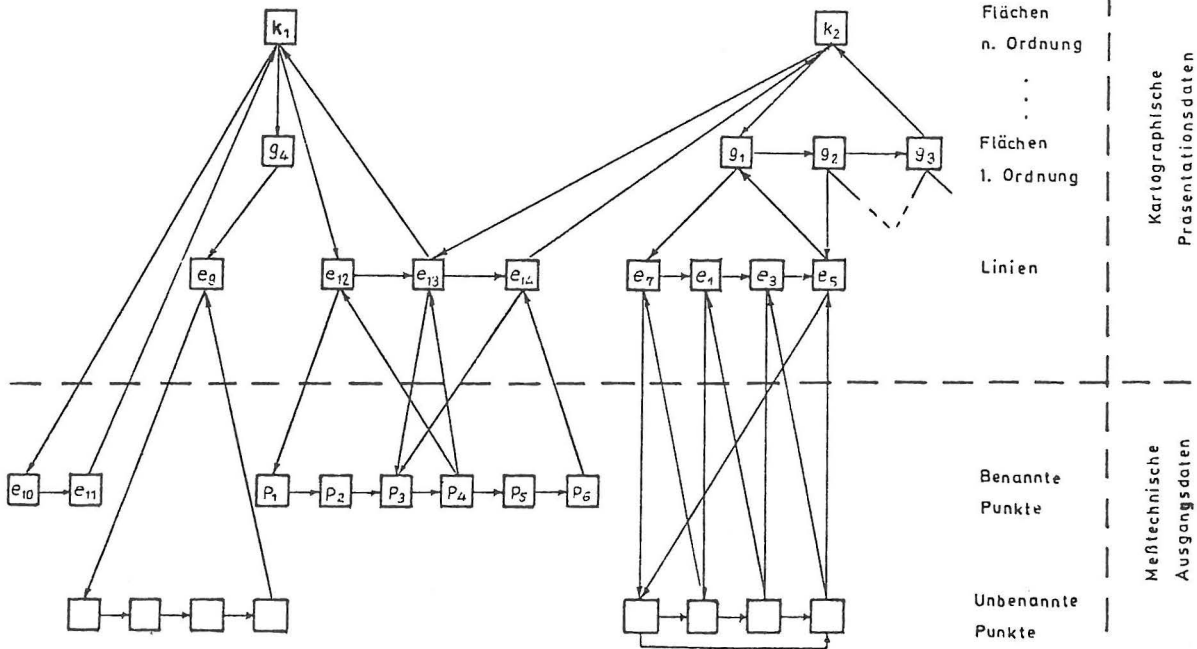


Bild 5 Syntaktisches Strukturmodell

Wenn es gelingt, in der digitalen Bildverarbeitung die drei Ebenen eindeutig zu trennen, so können die zeichentechnischen Belange, die kartographischen Gestaltungs- und Wahrnehmungsfragen und die Probleme der Kartenbildstruktur getrennt behandelt und in ihren unterschiedlichen Ergebnissen miteinander kombiniert werden.

Auf der Ebene der Variation und Kombination der Signaturen ergibt sich im Beispiel (Bild 5) wegen der räumlichen Verteilung der kartographischen Objekte ein dem semantischen Strukturmodell verwandtes syntaktisches Strukturmodell. Entscheidend für die Organisation der digitalen Bildverarbeitung ist die Wahl der Schnittstelle zwischen den meßtechnischen Ausgangsdaten und den kartographischen Präsentationsdaten, die im Beispiel zwischen Vermessungs- und Grenzpunkten (Benannte Punkte) und Liniensignaturen gelegt wurde.

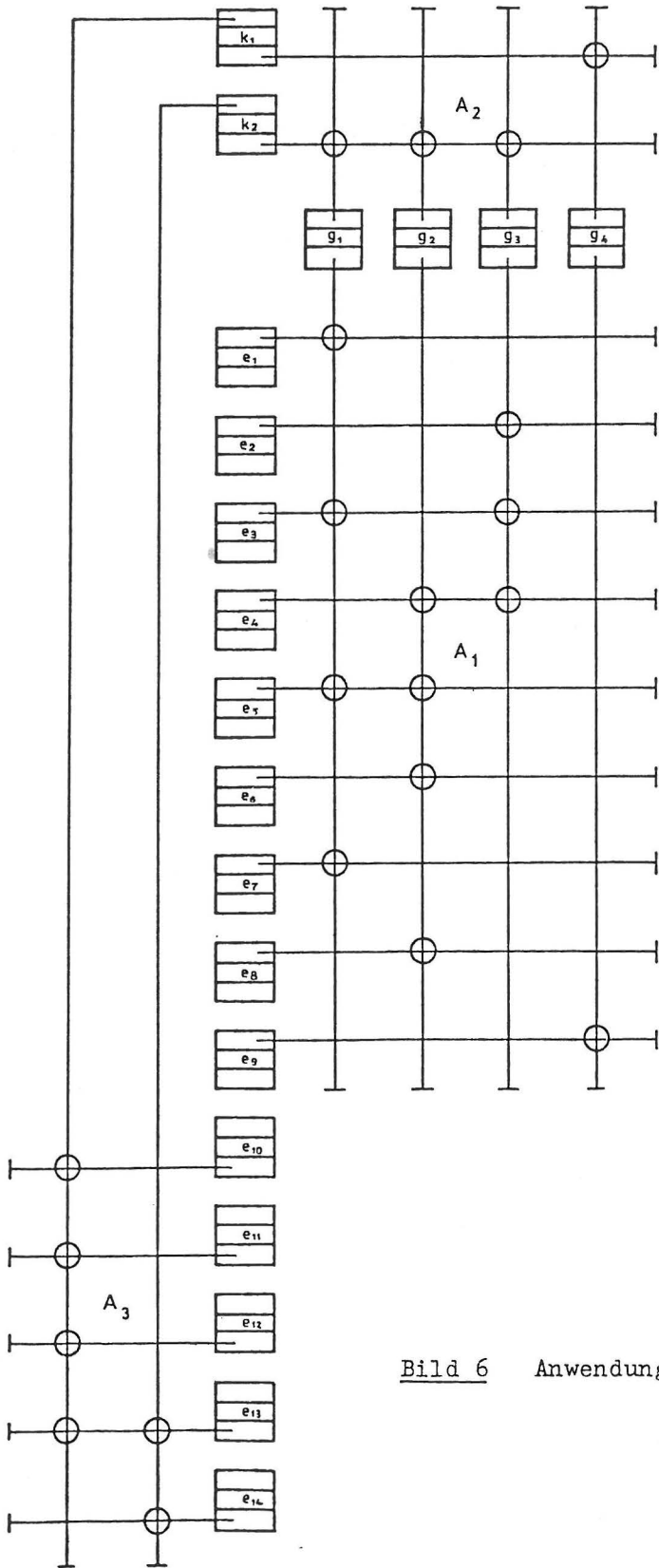
3. Zum Strukturkonzept

Unter Berücksichtigung der für das Kartenbild ermittelten Strukturmodelle kann nun nach einem Strukturkonzept³⁾ gesucht werden, das geeignet ist, den logischen Aufbau des semantischen und syntaktischen Bildinhalts vollständig abzubilden und die digitale Verarbeitung des analogen Kartenbildes vorzubereiten.

Unter den Randbedingungen eines einfachen und nachvollziehbaren Aufbaus, der Ausbaufähigkeit der Datenstruktur und eines geringen Speicherbedarfs wurde in Weiterentwicklung der ASP-Struktur von LANG und GRAY eine einfache assoziative Bilddatenstruktur für Kartendaten - ADAK - entworfen³⁾ (Bild 6).

In ADAK werden die Beziehungen zwischen den Struktureinheiten durch Verknüpfungselemente (Assoziatoren) auf sog. Bildringen hergestellt. Der Raumhierarchie des Kartenbildes wird mit der Definition von Strukturebenen (Element-, Gruppen- und Komplexebene) entsprochen. Die ADAK-Struktur unterstützt eine dynamische Strukturverwaltung, d.h. die beliebige Erweiterung und Zerlegung von Strukturen. Doppelbelegungen von Struktureinheiten werden durch die Verknüpfungselemente verhindert⁴⁾.

Aus dem Beispiel wird ersichtlich, daß sich das Strukturbild aus Teilstrukturen zusammensetzt. Alle Linien- und Flächeneinheiten werden als selbständige Struktureinheiten behandelt. Sie können aber müssen nicht mit anderen Struktureinheiten verknüpft werden. Die Struktureinheiten einer Ebene können verschiedenen Objektklassen angehören und mit Struktureinheiten beliebiger Objektklassen und verschiedenen Ebenen (Stufen) verknüpft werden. Im Beispiel werden wie im syntaktischen Strukturmodell Koordinatenpunkte den meßtechnischen Ausgangsdaten zugerechnet und nicht in die Bilddatenstruktur einbezogen. Indem die Bedeutungen in einem numerischen Schlüssel untergebracht werden, ist es möglich, im digitalen Strukturmodell des Situationsbildes die Geometrie- und Bedeutungsaussagen einer Struktureinheit in einem Datensatz zusammenzufassen (Bild 7). Dabei sind die syntaktischen Kartendaten



Beispiel 1

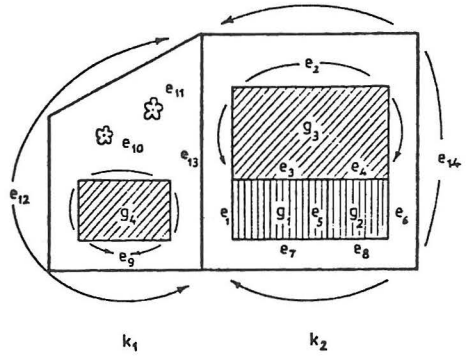


Bild- und Struktureinheiten

- e = Element
- g = Gruppe
- k = Komplex
- A_i = Assoziationsfeld

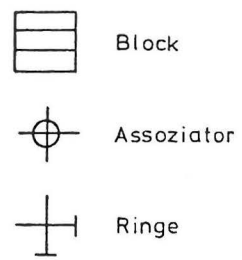
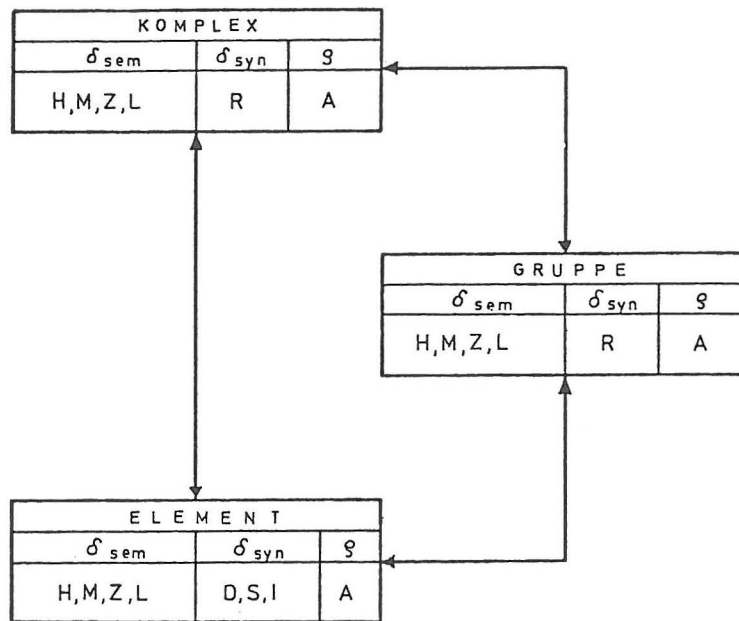


Bild 6 Anwendungsbeispiel der ADAK-Struktur



Semantische Kartendaten δ_{sem}

- Substanz; Zustandsbeschreibungen (Header H)
- Kennzeichen bei Mehrfachbedeutungen (M)
- Zusätzliche Angaben (L)

Syntaktische Kartendaten δ_{syn}

- Durchmesser der Punktsignaturen (D)
- Strichstärke der Liniensignaturen (S)
- Interpolationsform der Linien (I)
- Rasterweite und -richtung (R)

Semantische und syntaktische Relationen g

- Adreßzeiger für Datenverkettung (A)

Bild 7 Prinzip des digitalen Strukturmodells

jedoch nur als Rahmengrößen für die Konstruktion der kartographischen Signaturen aufzufassen. Durch Einführung von Wertzahlen bei den Verknüpfungselementen kann in der ADAK-Struktur die Bedeutung der Verknüpfungen numerisch festgehalten und ein qualitativer Auswahlprozeß bei Maßstabsübergängen strukturell unterstützt werden.

4. Zum Implementierungskonzept

Bei der Implementierung eines Strukturkonzeptes werden die in der Kartenbildanalyse entwickelten Strukturmodelle automations-technisch umgesetzt. Das Implementierungskonzept für ein digitales Kartenmodell umfaßt auf der Strukturseite den Entwurf einer virtuellen Bilddatei und einer interaktionsfähigen Bildverwaltung.

Die virtuelle Bilddatei enthält in digitaler Form die Informationen über die kartographischen Objekte, deren Eigenschaften und Beziehungen. Die virtuelle Bilddatei ist Kern eines graphischen Automationssystems, dessen Aufgaben durch die Einordnung in das kartographische Kommunikationsnetz des jeweiligen Kartentyps bestimmt werden. Die Forderungen an die virtuelle Bilddatei ergeben sich aus den Ergebnissen der Strukturanalyse. Die gefundenen semantischen und syntaktischen Strukturen sollen vollständig, eindeutig, veränderbar und auskunftsfähig abgebildet werden. Dies wird i.d.R. dann der Fall sein, wenn eine Bilddatenstruktur, die aus der Strukturanalyse heraus entwickelt wurde, in der jeweiligen Rechenanlage vollständig abgebildet werden kann. Im Rahmen der Entwicklung eines interaktiven graphischen Systems für großmaßstäbige Kartendaten - INTAK - an der Rechenanlage S 4004/45 des Fachbereichs 7 der TU-Berlin wurde gezeigt, daß sich die vorgestellte Bilddatenstruktur ADAK in einer zyklisch-geketteten Speicherung bei geringem Speicherplatzbedarf und vertretbaren Zugriffszeiten zu den Struktureinheiten automations-technisch verwirklichen läßt⁵⁾. Die drei Ebenen des syntaktischen Strukturanteils wurden in INTAK durch Definition der Systemteile: Grundfunktionen, Projektbezogene Verarbeitung und Bildverwaltung inhaltlich und organisatorisch voneinander getrennt realisiert, woraus sich die genannten Bearbeitungsvorteile ergeben.

Wie die virtuelle Bilddatei ist auch die Bildverwaltung danach zu beurteilen, in welchem Umfang und in welcher Zeit ein Kartenbild in seiner horizontalen und vertikalen Struktur aufgebaut und verändert werden kann. Der Zugriff zu jeder Struktureinheit und ihrem Inhalt muß gewährleistet sein. Aufrufstruktur und Verwaltungsprogramme sind dabei so zu gestalten, daß neben der Ausgabe der sog. "realen" Bilder am Bildschirm oder auf der Zeichenmaschine die Veränderungen im digitalen Kartenmodell im Dialogverkehr vom Bildschirm aus gesteuert werden können.

LITERATUR

- (1) BENTELE, G. Semiotik
BYSTRINA, I.: Berlin 1978
- (2) FREITAG, U.: Semiotik und Kartographie
Kartographische Nachrichten Heft 5/1971
- (3) GRAY, J.C. ASP - a ring implemented associative
LANG, C.A.: structure package CACM, Vol.11 No.8 1968
- (4) SCHWENK, W.: Kartentheorie und Automationstechnik als
gemeinsame Grundlage digitaler Kartenmodelle
Dissertation an der TU-Berlin 1980
- (5) SCHWENK, W.: Handbuch zum System INTAK
Berlin 1980