

Frank, A. U., and B. Studemann. "Semantische, Topologische Und Räumliche Datenstrukturen in Landinformationssystemen." Paper presented at the 17. Internartionaler Kongress FIG, Sofia, Bulgarien, 19-28. June 1983 1983.

Semantische, Topologische und
Räumliche Datenstrukturen in
Landinformationssystemen

Andre Frank

Benoit Studemann

Report No. 17

Dieses Papier wurde am
XVII. Internationalen Kongress der
Internationalen Vereinigung der Vermessungsingenieure
(FIG) in Sofia (Bulgarien) in der
Kommission 3 Präsentiert

Herr Dipl. ing. Benoit Studemann ist
Mitarbeiter des Institutes für Geodäsie und
Photogrammetrie der Eidgenössisch
Technischen Hochschule Zürich, Schweiz

University of Maine at Orono
103 Boardman Hall
Orono, ME 04469

XVII. INTERNATIONALER KONGRESS FIG
SOFIA, BULGARIEN, 19. - 28. JUNI 1983

SEMANTISCHE, TOPOLOGISCHE UND RAEUMLICHE DATENSTRUKTUREN
IN LANDINFORMATIONSSYSTEMEN - A. FRANK, B. STUEDEMANN

RESUME

Différents modèles de systèmes d'information du territoire ont été présentés à ce jour, les différents points de vue des auteurs menant forcément à des propositions distinctes.

Cet article en relève les points connus et réunit les notions similaires de ces modèles de telle façon à pouvoir les intégrer dans un modèle conceptuel de système d'information du territoire.

Les données d'un système d'information du territoire sont analysés dans la deuxième partie, et une classification des modèles utilisés pour la présentation des données géométriques y est élaborée.

SUMMARY

It is attempted to connect different models for land information systems as they have been presented in literature, to a conceptual framework.

Different points of view have led to different presentations. This paper stresses common points and notions.

The second part analyses data of land information systems and the respective models. A classification of data models for geometrical data is presented.

ZUSAMMENFASSUNG

Zuerst wird versucht, verschiedene bisher präsentierte Modellvorstellungen über Landinformationssysteme zu einem konzeptionellen Modell zu verbinden. Verschiedene Gesichtspunkte haben zu unterschiedlichen Darstellungen geführt; hier sollen nun Gemeinsamkeiten herausgearbeitet werden.

Im zweiten Teil werden die Daten und die zugehörigen Modellvorstellungen analysiert. Ein Ansatz zu einer Klassierung der für geometrische Daten verwendeten Modelle wird präsentiert.

1. EINLEITUNG

Am XVI. Internationalen Kongress der Vermessungsingenieure 1981 in Montreux wurde in einer Resolution die Erarbeitung eines konzeptionellen Modelles für Landinformationssysteme angeregt [FIG81, Resolution R 303]. Die verschiedenen mit der Erstellung, der Einführung und dem Betrieb eines Landinformationssystems verbundenen Probleme können nur in internationaler Zusammenarbeit gelöst werden. Während dem Kongress schien es, dass unterschiedliche Begriffe diese Zusammenarbeit behindern könnten. Das Ziel, die Terminologie zu vereinheitlichen, lässt sich aber nicht erreichen, ohne dass eine minimale Übereinstimmung der den Begriffen zugrundegelegten Konzepte besteht.

Ein erster grober Ansatz ist die 1981 angenommene Definition des Begriffes Landinformationssystem [FIG81, Resolution R 302], indem dort bestimmte Begriffe (Daten, Methoden, einheitliches räumliches Bezugssystem, Verknüpfungen etc.) eingeführt und Beziehungen zwischen Begriffen (ein Landinformationssystem besteht aus Daten und Methoden etc.) klargestellt werden.

Selbstverständlich sind weitergehende Konzepte notwendig, um das angestrebte Ziel zu erfüllen. In diesem Beitrag werden zuerst Zusammenhänge skizziert, wie sie zwischen unterschiedlichen Konzepten für ein Landinformationssystem bestehen. Diese Unterschiede führen zu verschiedenen Teilen eines konzeptionellen Modelles. Im zweiten Teil wird dann eine detaillierte Analyse der Gliederung der Daten eines Landinformationssystems versucht.

2. TERMINOLOGIE UND KONZEPTIONELLES MODELL

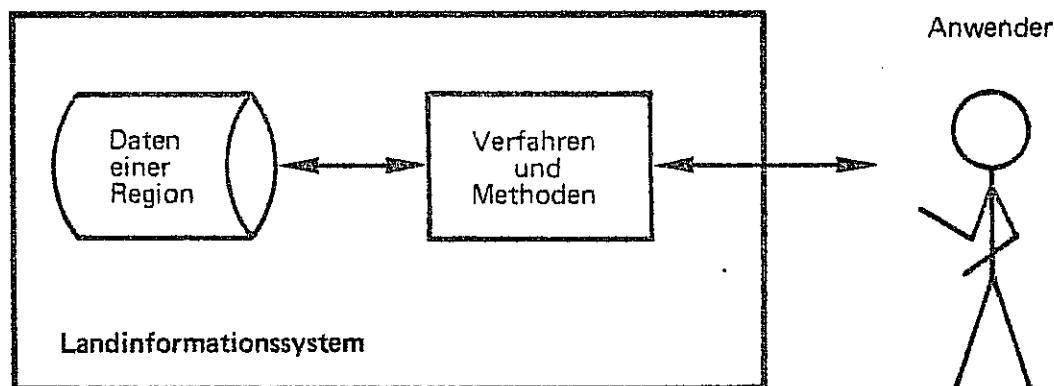
Eine einheitliche Terminologie, um über Probleme von Landinformationssystemen zu diskutieren, lässt sich nur auf einem bestimmten konzeptionellen Modell aufbauen. Ein solches Modell führt Begriffe ein, die auf grundlegende Begriffe aus andern Wissensgebieten, deren Bedeutung als geklärt angenommen werden kann, aufbauen (z.B. 'Koordinatensystem'). Es stellt aber auch Zusammenhänge zwischen diesen Begriffen klar; wichtig, aber nicht ausreichend, ist die Gliederung in Ueber- und Unterbegriffe und deren gegenseitige Abgrenzung.

Es ist nicht zu erwarten, dass ein einzelnes Modell allen Ansprüchen genügen kann, sondern es müssen verschiedene Modelle aufgestellt werden, die je einen Gesichtspunkt eines Landinformationssystems darstellen. Das konzeptionelle Modell entsteht durch die Zusammenfassung dieser verschiedenen Modelle, wobei jeweils die Beziehungen zwischen den Modellen deutlich zu machen sind. Es ist anzugeben, welche Teile des einen Modelles, welchen in anderen Modellen entsprechen. Wünschbar ist, möglichst weitgehend übereinstimmende Begriffe zu wählen und keinesfalls das gleiche Wort in verschiedenen Modellen unterschiedlich zu verwenden.

3. KONZEPTIONELLE MODELLE FUER EIN LANDINFORMATIONSSYSTEM

3.1 FIG-Definition Landinformationssystem

Die 1981 in Montreux formulierte Definition eines Landinformationssystems [FIG81, Resoltuion R 301] gibt ein einfaches konzeptionelles Modell eines Landinformationssystems (Figur 1).

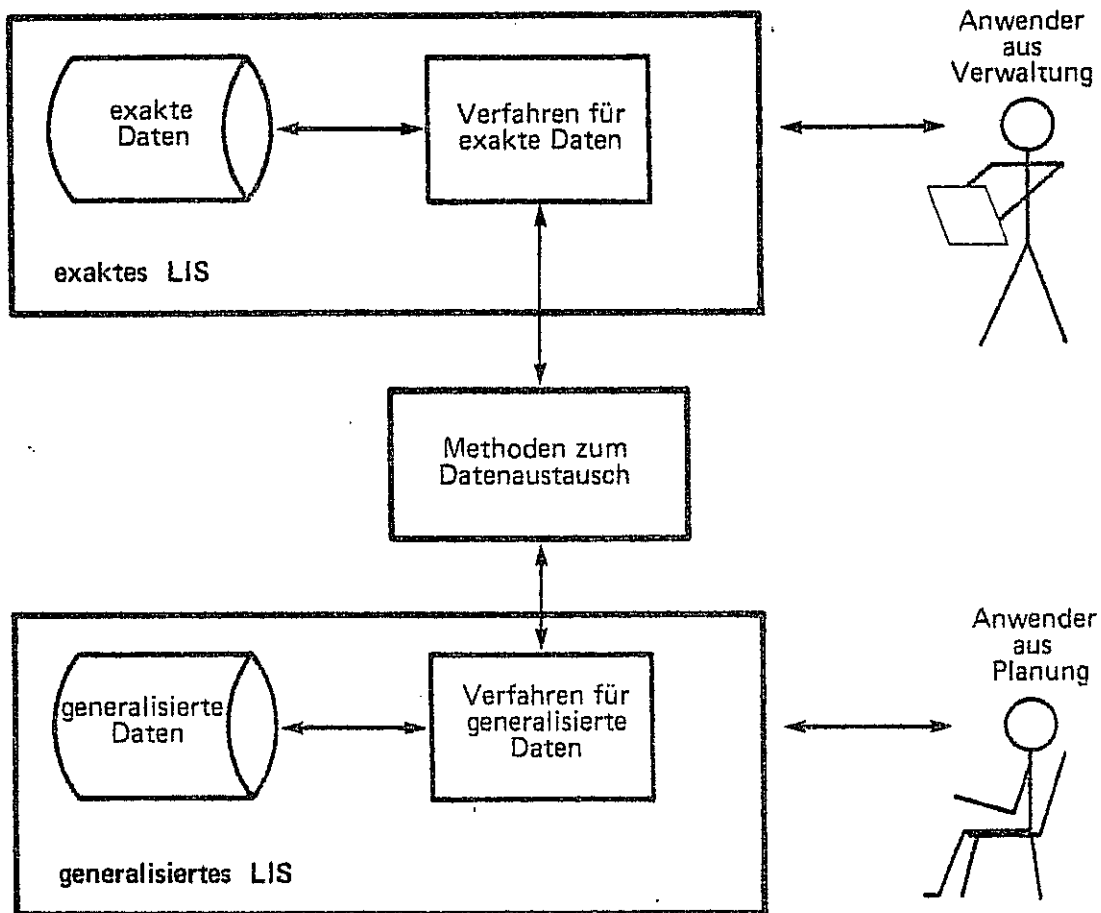


Figur 1

3.2 Exakte und generalisierte Landinformationssysteme

Landinformationssysteme können verschiedenen Zwecken dienen, die hier generell in die zwei Bereiche Verwaltung und Planung geschieden werden. Systeme, die der öffentlichen, aber auch der privaten Verwaltung dienen sollen, müssen genaue, detaillierte Informationen liefern, die mit minimaler Verzögerung nachgeführt werden. Im Gegensatz dazu werden für Planungsaufgaben möglichst generalisierte, nicht zu viele Details enthaltende Daten benötigt, die in Intervallen von wenigen Monaten nachgeführt werden sollten [Frank80].

Wir können demnach zwei verschiedene Landinformationssystem-Typen unterscheiden, die einerseits exakte Daten, andererseits generalisierte Daten enthalten (in [Bogaerts81] werden diese beiden Systeme 'registrative' und 'statistical' genannt). Es ist durchaus sinnvoll, wenn von einer Region sowohl ein exaktes Landinformationssystem für die Verwaltung, als auch ein generalisiertes Landinformationssystem für Planungsaufgaben erstellt wird. Selbstverständlich müssen Methoden bereitstehen, um erfasste Daten aus einem System in das andere überzuführen (Figur 2).



Figur 2

Man kann auch, ohne vorerst die innere Gliederung eines Landinformationssystems zu beachten, nur von den vorhandenen Daten (bzw. der zur Erfassung verfügbaren Mittel) und den unmittelbaren Bedürfnissen der Benutzer ausgehen und eine Gliederung nach wirtschaftlich-technischen Gesichtspunkten der Erstellung und des Betriebes des Systems vornehmen [Jerie78]. Ein solches Modell scheint besonders geeignet, um verschiedene Entwicklungsstadien eines Landinformationssystems im Laufe der Zeit zu beschreiben.

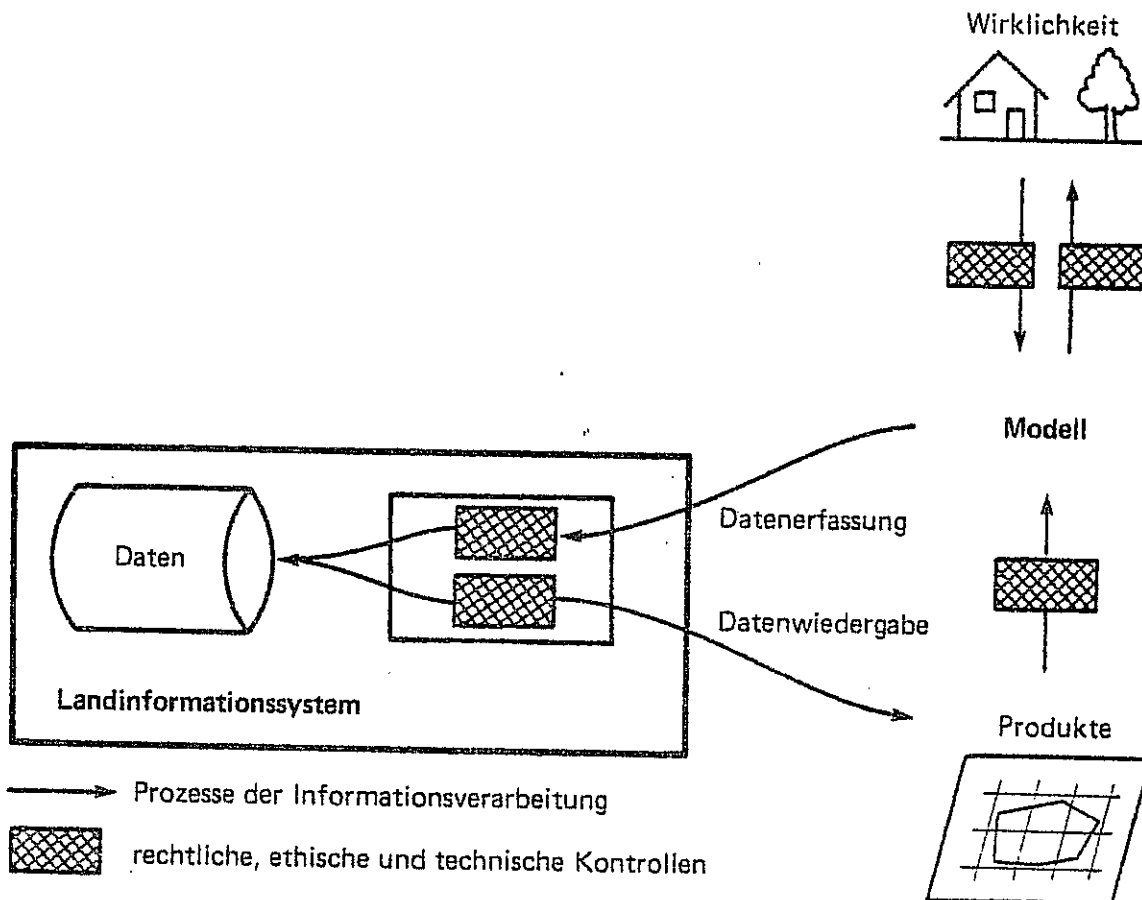
3.3 Untersuchung des Informationssystems LIS

Analysieren wir dagegen die Beziehung zwischen dem Benutzer, einem Informationssystem und der Welt, ohne auf spezifische Anwendung einzugehen, so ergibt sich ein anderes Modell:

Landinformationssysteme, wie Informationssysteme überhaupt, enthalten Daten über Sachverhalte einer (im allgemeinen realen) Welt. Informationssysteme werden benutzt,

weil es in vielen Fällen bequemer ist, eine Information über die reale Welt aus dem Informationssystem zu beziehen, als die gleiche Information durch Inspektion des entsprechenden Sachverhaltes in der realen Welt zu gewinnen. Voraussetzung ist, dass die vom Informationssystem gelieferten Angaben mit der Realität übereinstimmen. Informationssysteme, die falsche oder nicht nachgeführte Daten enthalten, sind unbrauchbar und wertlos [Frank82].

Daraus ergibt sich eine Abgrenzung verschiedener Prozesse und Ergebnisse, wie sie bei der Benützung eines Landinformationssystems auftauchen. Wichtig sind besonders die identifizierten Prozessen zugeordneten Kontrollen rechtlicher und technischer Natur [Chevallier81] (Figur 3).



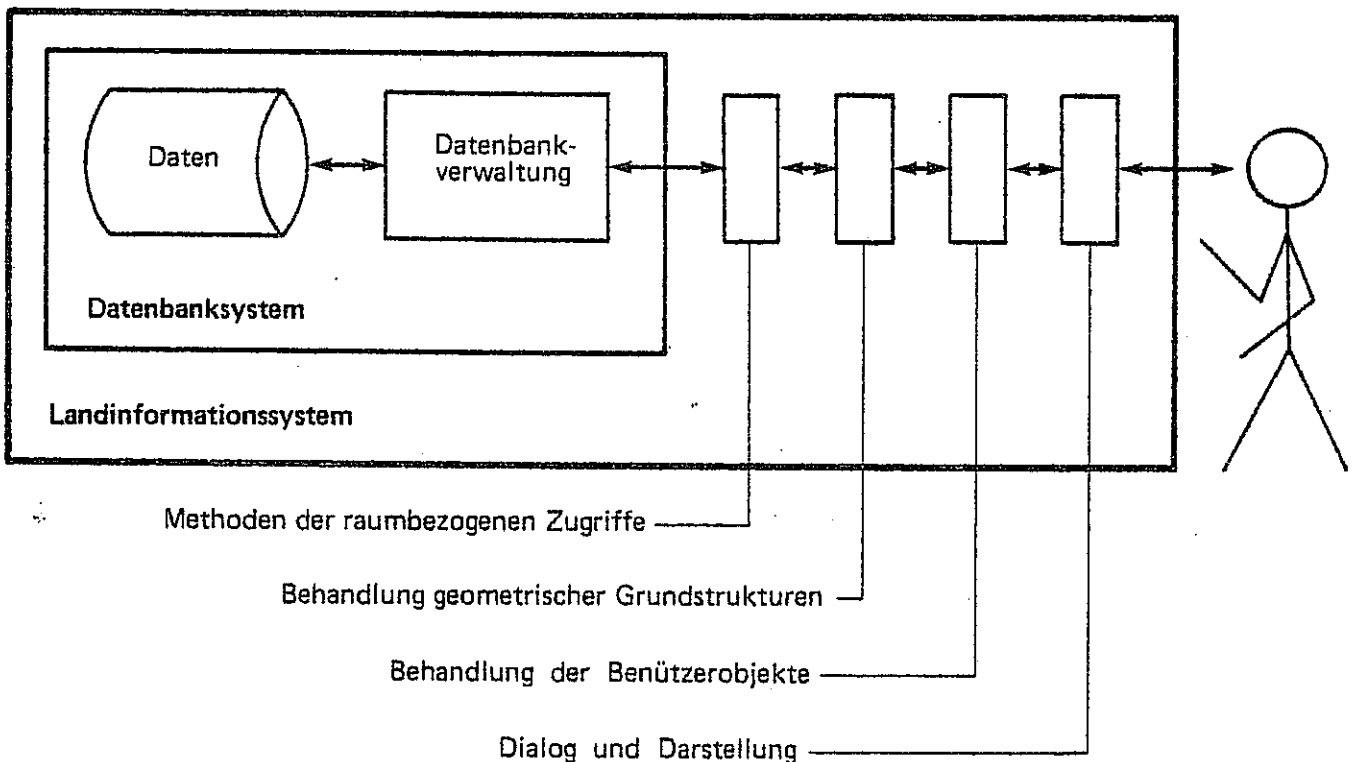
Figur 3

Diese Betrachtungsweise führt zu einer Untersuchung der Beziehungen zwischen Informationssystem und realer Welt, wozu die Methoden der Systemtheorie herangezogen werden können [Chevallier83].

3.4 Funktionsgruppen in einem Landinformationssystem

Soll ein Landinformationssystem erstellt werden, so müssen die in Figur 1 eingetragenen 'Verfahren und Methoden' bereitgestellt werden. Eine Aufteilung dieser Verfahren in funktionale Einheiten ist dabei eine hilfreiche Verfeinerung des Modelles.

Ein erster grober Schritt ist die Trennung der Datenspeicherung von der Aufbereitung bei der Erfassung und der Wiedergabe. Figur 4 zeigt die in einem Landinformationssystem steckende Datenbank. Eine weitere Analyse der Datenbank-Funktion ist nicht Aufgabe der Vermesser, sondern es kann auf die einschlägigen Arbeiten der Informatiker zurückgegriffen werden [Lockemann78][Reuter81][Wedekind82].



Figur 4

Aufschlussreicher ist die Analyse der Funktionen der Anwenderprogramme [Frank81]. Diese werden, wie in Figur 4 dargestellt, in funktionale Schichten gegliedert. Diese Schichten müssen nur je ihren Beitrag zu den in Figur 3 erwähnten Prozessen der Datenerfassung und -wiedergabe leisten und die in jenem Modell erkannten Kontrollen können nun diesen Schichten zugeordnet werden.

3.5 Untersuchung der Daten

Untersuchen wir die in ein LIS aufzunehmenden Daten, so richten wir unser Augenmerk stärker auf die Modellierung der zu erfassenden Sachverhalte der realen Welt und kümmern uns weniger um die Probleme der internen Darstellung der Daten im EDV-System. Einen solchen Ansatz zu einem Modell eines Landinformationssystems bildet der zweite Teil dieses Beitrages.

4. GEOMETRISCHE DATEN IN EINEM LANDINFORMATIONSSYSTEM

4.1 Raumbezug der Daten

Daten in einem Landinformationssystem sind nach der zitierten Definition des Landinformationssystems raumbezogen; dies ist eine kennzeichnende Eigenschaft von Landinformationssystemen.

Raumbezug der Daten bedeutet, dass die gespeicherten Daten Eigenschaften von konkreten oder abstrakten Objekten beschreiben, deren Lage und Ausdehnung im Raum bekannt sind, und die sich weder selber bewegen, noch durch andere an andere Stellen des Raumes bewegt werden können [Dekker81]. Daraus folgt, dass die Angabe des Bezuges zu einem Ort im Raum das allen Daten in einem Landinformationssystem gemeinsame Element darstellt [Bogaerts81].

Der Bezug zwischen einer erfassten Eigenschaft und einem Ort im Raum kann direkt sein, indem ein Ort beispielsweise durch die Angabe von Koordinatenwerten bezeichnet wird, oder der Raumbezug kann indirekt sein, indem von der festgestellten Eigenschaft auf ein Objekt verwiesen wird, dessen Raumbezug seinerseits im System erfasst ist. Weil alle Daten mit einem direkten oder indirekten Bezug zum Raum gespeichert sind, können beliebige Daten, die über den Bezug zu einem gemeinsamen Ort im Raum verbunden sind, miteinander verknüpft werden.

Diesen Aussagen liegt eigentlich die Vorstellung einer rasterförmigen Informationsspeicherung zugrunde, bei der für jedes Rasterfeld alle dort gültigen Eigenschaften festgehalten sind. Auswertungen von beliebigen Kombinationen von Daten können einfach vorgenommen werden, indem die Daten für jedes Rasterfeld untersucht werden.

Dieses Modell gibt eine zutreffende grobe Vorstellung der Ausnützung eines Landinformationssystems zur Verknüpfung und kombinierten Auswertung verschiedener raumbezogener Daten. Dagegen kann dieses Modell in den wenigsten Fällen direkt realisiert werden:

Die unendlich vielen Orte im Raum müssen auf eine endliche Zahl von Rasterfeldern mit einer bestimmten Ausdehnung vergrößert werden. Für Landinformationssysteme, die exakte Daten speichern sollen, entsteht ein Konflikt zwischen den Anforderungen an die Genauigkeit der Wiedergabe (d.h. möglichst kleine Rasterfelder) und dem Wunsch nach kleiner Datenmenge (möglichst wenige, grosse Rasterfelder).

Für gewisse Daten mag die Erfassung und Speicherung entsprechend diesem Modell durchaus angebracht sein und die graphische Darstellung geschieht in vielen Geräten nach solchen Techniken.

4.2 Metrische Daten

Ein Landinformationssystem enthält Punkte, die selbständige Objekte mit eigenen darauf bezogenen Daten sind oder die zur geometrischen Fixierung anderer Objekte dienen.

Die Lage von Punkten kann am einfachsten durch Koordinaten festgelegt werden. Vom entsprechenden Koordinatensystem wird nur verlangt, dass sich darin die Grundaufgaben der analytischen Geometrie, wie etwa die Berechnung der Distanz zwischen zwei Punkten u.ä. lösen lassen.

Viele heute bestehende geodätische Datenbanken, die Koordinaten von Punkten zusammen mit zusätzlicher Information, wie Schwerewerte, Nivellementshöhen oder ähnliches enthalten, entsprechen diesem Modell.

4.3 Linien-Daten

In einem Landinformationssystem müssen aber auch Flächen, Leitungsnetze und ähnliche geometrische Sachverhalte gespeichert werden. Diese werden üblicherweise durch Linien dargestellt. Es liegt nahe, in einem Landinformationssystem diese Linien als graphische Elemente zu speichern.

4.3.1 Reines Linienmodell

Die Speicherung der Linien kann unabhängig von den Punktdaten erfolgen, indem für Linien gesondert eine Koordinatenfolge und Angaben über die Art der Verbindung (Geradenstück, Kreisbogen o.ä.) gespeichert werden.

Gewisse Systeme, die für die Nachführung von Leitungskarten erstellt wurden, basieren allein auf diesem Modell zur Speicherung von geometrischer Information.

4.3.2 Punkte und Kanten

Linien können aber auch als Kanten, die Punkte verbinden, gespeichert werden. Zu jeder Linie gehört in diesem Fall eine Angabe über ihre Form und einen Verweis auf Anfangs- und Endpunkt.

Ein solches System enthält bereits topologische Information, nämlich die Inzidenz von Punkten mit Kanten. Die Topologie ist die Wissenschaft derjenigen Eigenschaften geometrischer Figuren, die gegenüber stetigen Abbildungen invariant sind; volkstümlich etwa als 'was von Geometrie auf einem Luftballon übrig bleibt' charakterisiert.

[Lamsweerde81]

Durch die Verweise von den Kanten auf die Punkte lassen sich in einem solchen System Fragen, wie: 'welche Linien münden im Punkt X' im Gegensatz zum reinen Linienmodell, leicht und ohne Vergleich von Koordinatenwerten entscheiden.

Koordinaten von Punkten, die an mehreren Linien beteiligt sind, werden nur einmal gespeichert, was die bei der Nachführung gefürchtete Redundanz vermeidet.

4.4 Flächenmodell

Geschlossene Linien (oder Folgen von Kanten) begrenzen Flächen, die in vielen Anwendungen von Landinformationssystemen selbständige Bedeutung besitzen (z.B. Hoheitsgebiete, Parzellen, Nutzungszonen der Raumplanung). In einem Linienmodell können solche Flächen nicht direkt, sondern nur durch ihre Grenzen dargestellt werden und es fällt dementsprechend schwer, mit Flächen weitere Angaben zu verbinden (z.B. Name des Eigentümers, Art der Nutzung).

4.4.1 Einfaches Flächenmodell

Bietet ein Landinformationssystem eine Methode an, um geschlossene Linienzüge als Flächen aufzufassen und diesen flächenbezogenen Daten zuzuordnen, so enthält es ein einfaches Flächenmodell. Wir erwarten dabei, dass das System als Konsistenzbedingung zumindest die Geschlossenheit der Linienzüge sicherstellt.

Schwierigkeiten bereitet in solchen Systemen oft die Behandlung von 'Inseln' (Aussparungen in der Fläche, Enklaven).

4.4.2 Topologisches Flächenmodell

Linien grenzen immer gleichzeitig zwei benachbarte Flächen voneinander ab.

Um Redundanz zu vermeiden, sollte die Grenzlinie nur einmal gespeichert sein und auf die angrenzenden Flächen verweisen. Mit diesen zusätzlichen topologischen Beziehungen lassen sich Fragen nach den an eine gegebene Fläche angrenzenden Flächen beantworten, und die für bestimmte Typen von Flächen wichtige Konsistenzbedingung, dass sie sich nicht überlappen dürfen, leichter überprüfen.

Dieses Modell liegt dem weitverbreiteten DIME (dual independent map encoding) Verfahren zugrunde und wurde von uns zur Verarbeitung allgemeiner Verhältnisse erweitert [Frank83].

5. SEMANTISCHE BEZIEHUNGEN

Oeber Objekte der realen Welt sind in einem Landinformationssystem nicht nur geometrische, sondern auch zusätzliche, beschreibende Angaben und nicht-geometrische Beziehungen zwischen ihnen, zu speichern. Solche Beziehungen können beispielsweise benutzt werden, um einen indirekten Raumbezug anzugeben, wie z.b. zwischen der gespeicherten Geometrie eines Hauses und der Postadresse.

Auch zur Behandlung solcher Daten benötigen wir ein Datenmodell. Hier treten aber keine Probleme auf, die für Landinformationssysteme spezifisch wären; solche Datenbeziehungen erscheinen auch im kommerziell-administrativen Bereich. Es können somit die von der Informatik entwickelten Datenmodelle übernommen werden.

Das Datenmodell muss zumindest erlauben, zusammengehörige Daten über Gegenstände der realen Welt zu Entitäten und diese wie der um zu Einheiten höherer Ordnung zusammenzufassen (Aggregation).

Beispiel:

Die Entität Haus besteht aus den Attributen (Datenfeldern)

- Strassenname,
- Hausnummer,
- Nutzung,
- Baujahr.

Das Datenmodell muss auch erlauben, Beziehungen zwischen beliebigen Entitäten zu erfassen und durch den Assoziationstyp (1 : 1, 1 : m, c : m, 1 : mc, 1 : c) [Zehnder81] zu beschreiben (Klassierung).

Beispiel:

Die Häuser eines städtischen Häuserblocks stehen zu diesem in einer 1 : m Beziehung, weil jedes Haus zu genau einem Block gehört, ein Block aber aus einem oder mehreren Häusern bestehen kann.

Schliesslich sollte ein Datenmodell auch die Generalisierung ähnlicher Entitätstypen zu einem abstrakteren erlauben.

Beispiel:

Die Entitäten Wohnhaus, Geschäftshaus und Werkstattgebäude werden zu einem Typ 'Haus' abstrahiert.

Die Informatiker kennen Methoden, wie aus einer Datenbeschreibung in einem solchen Datenmodell die Eingaben für ein Datenbanksystem erstellt werden können.

6. FOLGERUNGEN

Ein konzeptionelles Modell für Landinformationssysteme besteht aus mehreren Modellen, die je einen bestimmten Gesichtspunkt darstellen. Die Beziehungen zwischen diesen Modellen sind klarzustellen und es ist anzugeben, welche Teile eines Modells welchen Teilen eines anderen Modells entsprechen. Gleiche Teile sind gleich zu benennen, wogegen die gleiche Bezeichnung nicht für ungleiches in zwei verschiedenen Modellen verwendet werden darf.

Neben die funktionalen Modelle, die zeigen, welche Aufgaben von einem Landinformationssystem in welcher Weise erfüllt werden, treten gleichberechtigt die Datenmodelle. In diesem Beitrag wurde eine grobe Klassierung der Datenmodelle für Landinformationssysteme angegeben. Sie legen fest, welche Art von Verarbeitung mit den gespeicherten Daten möglich ist.

Das Datenmodell muss ausreichende Möglichkeiten anbieten, die erkannten Beziehungen zwischen den Daten in einem Landinformationssystem darzustellen. Insbesondere müssen nebeneinander die metrischen Daten, die die Lage von Punkten angeben, und die topologischen Informationen, die Verbindungen zwischen den Punkten erfassen, verarbeitet werden können. In den meisten Fällen ist die Behandlung von Flächen (Parzellen o.ä.) erforderlich; so dass auch die topologischen Beziehungen zwischen Grenzpunkt, Grenzlinie und begrenzter Fläche dargestellt werden müssen.

Systeme, die nur Teile dieser Anforderungen erfüllen können, mögen zur Lösung bestimmter Aufgaben (z.B. Führung eines Leitungskatasters mit einem System nach dem reinen Linienmodell) geeignet sein, erlauben aber nicht die von einem Landinformationssystem geforderte Flexibilität in der Verarbeitung verschiedenster geometrischer Daten.

LITERATURVERZEICHNIS

- Bogaerts, M.J.M. Theoretical Developments with
Land Information Systems
Paper 301.3 in [FIG81]
- Chevallier, J.J. Systèmes d'information du
territoire (SIT) - une approche
globale et systématique
Paper 301.2 in [FIG81]
- Chevallier, J.J. Etude systémique des systèmes
d'information de territoire et
de leur intégrité
EPFL Lausanne 1983
- Dekker, H.A.L. Het Kadaster: nu en stracks
Nederlands Geodetisch Tijdschrift
Geodesia
Vol. 23 No. 11, Nov. 1981
- FIG81 Fédération Internationale des
Géomètres
XVIIe Congrès International des
Géomètres
Proceedings, Montreux 1981
- Frank, A. 80 Landinformationssysteme -
Ein Versuch zu einer Abgrenzung.
Nachrichten aus dem Karten- und
Vermessungswesen, Reihe I: 81
Institut für angewandte Geodäsie
Frankfurt a.M. 1980
- Frank, A. 81 Landinformationssysteme -
Theoretische und praktische
Probleme
Paper 305.1 in [FIG81]
- Frank, A. 82 Conceptual framework for Land
Information Systems
A first approach
Paper presented at the meeting
of FIG Comm. 3, march 18/19, 1982
- Frank, A. 83 Datenstrukturen in Landinforma-
tionssystemen
Dissertation ETH Zürich 1983
- Jerie, H.G. Integrated Collection and
Recording of Regional Planning Data
in: Interregional Workshop
Cadastral Survey and Land Information,
Hannover 1978

- Lamsweerde,
A.A.Ph.J.M. van Spatial Datastructures for Land
Information Systems
Paper 301.5 in [FIG81]
- Lockemann, P.C.
Mayr, H.R. Rechnergestützte Informations-
systeme
Springer Verlag Berlin 1978
- Reuter, A. Fehlerbehandlung in Datenbank-
systemen (Datenbank-Recovery)
Hauser Verlag, München 1981
- Wedekind, H. Datenbanksystem I
Mannheim, Bibliographisches
Institut 1981 (Reihe Informatik 16)
- Zehnder, C.A. Informationssysteme und Datenbanken
Verlag der Fachvereine, Zürich 1981

Adressen der Autoren:

André Frank
University of Maine at Orono
Dept. of Civil Engineering
103 Boardman Hall
Orono ME 04469 USA

Benoît Studemann
Eidg. Technische Hochschule Zürich
Institut für Geodäsie und Photogrammetrie
CH-8093 Zürich Schweiz