

Computergestützte Planerstellung – Graphik oder Geometrie?

4

A. Frank*

Es wird vorgeschlagen, interaktive graphische Systeme, die heute in der Vermessungspraxis verwendet werden, um Pläne herzustellen, in drei Generationen zu klassieren. Eine erste Generation solcher Systeme beschränkt sich darauf, gespeicherte Zeichnungen wiederzugeben; diese können graphisch verändert und gezeichnet werden.

Eine zweite Generation solcher Systeme ist gleich aufgeteilt wie die erste, der Benutzer kann aber den graphischen Elementen gewisse Arten von Informationen (z. B. Rohrdurchmesser, Material) beifügen.

Bei der aufkommenden dritten Generation von Systemen werden intern Modelle der Wirklichkeit gespeichert. Zeichnungen und andere Darstellungen verschiedener Art sind jetzt lediglich Mittel, um dem Benutzer dieses interne Modell sichtbar zu machen. Solche Systeme können dafür sorgen, dass bei Nachführungen gewisse (Konsistenz-)Bedingungen, die an das Modell gestellt wurden, aufrechterhalten werden.

Diese Klassifizierung scheint einen sehr generellen Trend bei der Computeranwendung widerzuspiegeln, der in zunehmendem Mass Kenntnisse über die Wirklichkeit in das Modell integrieren will.

Cet exposé propose une classification en trois générations des systèmes interactifs graphiques utilisés actuellement dans les mensurations.

La première génération de ces systèmes se limite à l'enregistrement, la mutation et la restitution de dessins à l'aide d'un éditeur graphique.

La seconde génération offre les possibilités de la première, mais, en plus, permet d'ajouter certaines informations aux éléments graphiques (exemple: diamètre d'un tuyau, matériaux).

La troisième génération naissante permet mémoriser des modèles de la réalité. Dessins et représentations d'autres types ne sont que des moyens permettant de visualiser les modèles internes. De tels systèmes peuvent maintenir automatiquement certaines conditions de consistance du modèle lors de mutations.

Cette classification semble refléter une tendance généralisée vers des systèmes intégrant une plus large connaissance de la réalité.

1. Einführung

In der Vermessung wurden Computer zuerst für komplizierte Berechnungen verwendet. Heute setzen Vermessungsfachleute den Computer auch zunehmend ein, um Pläne zu zeichnen. Der Computer wird nicht mehr ausschliesslich als leistungsfähiger Rechner gebraucht, sondern auch als anpassungsfähige, vielseitige Maschine für alle Arten von Datenverarbeitung, so auch um Daten langfristig zu speichern und Ergebnisse als lesbare, hoffentlich gefällig dargestellte Resultate und Pläne herauszugeben.

Dieser Aufsatz möchte in sehr allgemeiner Art darstellen, wie der Computer verwendet werden kann, um Pläne herzustellen. Er stellt grundlegende Konzepte der graphischen Datenverarbeitung vor und will diese mit der Datenbankverwaltung für geometrische Daten verbinden und eine Beziehung zu

künftigen (Experten-Systemen), den sogenannten (Computern der fünften Generation) (Feigenbaum 1983), herstellen.

Es wird vorgeschlagen, die bekannten Systeme in drei Generationen zu klassieren:

1. Generation: rein graphische Systeme; elektronische Zeichentische
2. Generation: die Graphik kann mit Attributen versehen werden; die Speicherung ist in Schichten organisiert
3. Generation: datenbankorientierte, integrierte Systeme, welche komplexe Modelle der Wirklichkeit bearbeiten und sie auf verschiedene Arten darstellen können.

Es werden praktikable Kriterien gegeben, um verschiedene Softwarepakete, wie sie im letzten Jahrzehnt entwickelt wurden, nach den erwähnten Generationen zu unterscheiden.

2. Ziel dieses Aufsatzes

Es werden nicht die einzelnen Programmpakete, wie sie heute auf dem Markt angeboten werden, besprochen. Da sich solche Produkte rasch ändern, wäre das ein unfruchtbares Bemühen.

Es scheint uns wichtiger, verständlich zu machen, auf welche Konzepte die verschiedenen Programmpakete aufbauen. Damit wird es dann einfach, dem Verkäufer die Prüffragen zu stellen, die erlauben herauszufinden, zu welcher Generation ein System gehört. Daraus leitet sich dann ab, welche Beschränkungen im Einsatz in Kauf genommen werden müssen.

Anhand dieser grundlegenden Information sollte es dem Praktiker möglich sein, solche Systeme im Vergleich mit den von ihm gestellten Anforderungen einzuschätzen und dasjenige herauszufinden, das seinen Bedürfnissen am besten entspricht. Es wird nicht notwendigerweise das am weitesten entwickelte sein, da zusätzliche Funktionen immer zusätzliche Kosten verursachen und unnötige und nicht eingesetzte Wirkungsmöglichkeiten die tägliche Anwendung meist belasten.

Dieser Aufsatz ist deshalb nicht als Anleitung für einen Käufer gemeint, denn er berührt einige sehr wichtige praktische Fragen des am Kauf interessierten Vermessungsfachmannes nicht (z. B. die Preise), sondern konzentriert sich darauf, Konzepte und Funktionen darzustellen. Die typischen Hardware-Erwägungen, welche manche Diskussion unangemessen dominieren, wurden deshalb ausgeschlossen; die Betonung liegt auf den Wirkungsmöglichkeiten der Software.

3. Gliederung

Bevor wir mit der Beschreibung der verschiedenen Generationen von interaktiven graphischen Systemen, die sich für das Zeichnen von Plänen anbieten, beginnen können, müssen wir grundlegend erklären, wie sich Pläne zu den Fakten der realen Welt verhalten. Nachher werden wir auf die Vorstellung der drei Generationen und die entsprechenden Konzepte zurückkommen, um dem Benutzer ihre Wirkungsweise verständlich zu machen.

Ein abschliessendes Kapitel wird zeigen, dass die bei diesen – für den Vermessungsfachmann wichtigen – Computer-Systemen sichtbare Entwicklung einer allgemeinen Tendenz in den Computer-Anwendungen entspricht.

4. Pläne und Wirklichkeit

Pläne beschreiben meistens einen realen Zustand der Aussenwelt in der Gegenwart, in der Vergangenheit oder wie wir ihn für die Zukunft voraussehen.

*Überarbeitete Übersetzung eines Vortrages an der Jahres-Tagung des Canadian Institute of Surveying in Quebec am 2. Mai 1984 (Übersetzung IGP ETHZ)

Sollten beschreiben Pläne irrealer, eingebildeter Welten wie etwa die Pläne, die zu Tolkiens (The Lord of the Rings) oder Stevensons (Treasure Island) (Post 1979) passen. Dem aufmerksamen Leser wird klar, dass wir annehmen, dass eine Aussenwelt, unabhängig vom beobachtenden Subjekt, tatsächlich existiert; ohne diese Annahme ist eine sinnvolle Diskussion über Pläne nicht möglich.

Pläne sind eine besondere Klasse von Datensammlungen, die die Welt beschreiben; sie beschreiben besondere, nämlich geometrisch-räumliche Aspekte der Welt. In einem ersten Schritt wollen wir jetzt verallgemeinern und generell Datensammlungen, die die Welt beschreiben, analysieren. Die physischen Objekte der Welt werden durch den Beobachter mit seinen Sensoren (Augen, Ohren, um die wichtigsten zu nennen) wahrgenommen. Diese Wahrnehmung der Realität ist nicht objektiv, sondern durch seine subjektive Erfahrung, seine Erwartungen, seine Aufgabe usw. beeinflusst. Das Subjekt formt aus dieser Wahrnehmung nach seinen Modellierungsregeln (Lockemann 1978) im Geist ein gedankliches (conceptual) Modell. Dieses rein geistige, gedankliche Modell ist nicht unmittelbar sichtbar. Um es an andere menschliche Wesen zu übermitteln, muss der Beobachter mit einem beobachtbaren physikalischen Phänomen (Ton, Farbe auf Papier usw.) den (Informations-)Inhalt ausdrücken. Die Regeln der Darstellungskonzepte (Lockemann 1978) sind Konventionen zwischen den Parteien, die festlegen, wie geistige Konzepte in beobachtbare und interpretierbare Muster umgeformt und übermittelt werden können. Der Empfänger muss diese Regeln verstehen, um die an ihn gesandte Mitteilung interpretieren zu können und daraus sein eigenes geistiges, gedankliches Modell zu kreieren. Es ist unvermeidbar, dass dieses gedankliche Modell im Geist des Empfängers von dem des Absenders verschieden ist. Ausbildung hilft, Übereinstimmung zwischen den Fachleuten in den Modellierungs- und Darstellungskonzepten zu erreichen. Auch Standardisierung beim Verschlüsseln (Codes) ist eine wichtige Methode, um solche Differenzen so klein zu halten, damit sie die Lösung der Aufgabe nicht beeinträchtigt (Frank 1983).

Die Übermittlung geistiger Konzepte oder Ideen ist nicht nur zwischen zwei Personen möglich, die sich Auge in Auge gegenüberstehen, sondern die dargestellten Ideen können an zeitlich und/oder räumlich entfernte Empfänger übermittelt werden. Es können verschiedene Maschinen benutzt werden, um verschlüsselte Ideen (dann meist Daten genannt) umzuwandeln; am an-

passungsfähigsten sind Computer; aber auch Drucker, Kopierapparate usw. dienen diesem Zweck. Hingegen können nur menschliche Wesen die Daten interpretieren und ein gedankliches Modell bilden. Computer sind strikte darauf beschränkt, die Daten, mit denen sie gefüttert werden, zu verarbeiten; sie werden nie verstehen (wie Menschen das tun), was die Daten in Begriffen der realen Welt bedeuten. Indessen können die Regeln (die Programme), die Computer anwenden, diese zu sehr hochgezüchteten Operationen mit Daten befähigen; aber immer handelt es sich dabei um Daten und nicht um einbezogene Ideen. Wenn meist etwas (lockere) Formulierungen wie (der Computer weiss) verwendet werden, so ist immer gemeint, dass gewisse Teilaspekte des menschlichen Verständnisses einer Situation in Regeln programmiert sind, die dem Computer erlauben, bei der Behandlung von Daten (beschränkt) vernünftiges Verhalten nachzuahmen.

Pläne sind – von diesem Gesichtspunkt aus betrachtet – nichts anderes als graphische Aufzeichnungen von hauptsächlich räumlichen Konzepten über die reale Welt. Für die folgende Diskussion ist aber wesentlicher, dass die Graphik ein Medium ist, um raumbezogene Ideen zu vermitteln.

5. Die erste Generation: graphischer Editor

Bald nachdem der Computer erfunden war, wurde er auch verwendet, um graphische Darstellungen, Pläne und andere Arten von Diagrammen herzustellen (Sutherland 1963).

Eine erste Art von Programmpaketen erlaubte, Pläne und ähnliche graphische Darstellungen zu speichern, zu verändern und zu zeichnen. Das interne Modell ist in diesem Programmtyp die *Planzeichnung*. Diese Programme behandeln graphische Elemente (Linien, Symbole usw.), wie sie in der endgültigen Ausgabe erscheinen und die der Benutzer manipulieren kann; er kann

Linien ausradieren, Punkte mit Linien verbinden, Figuren von einem Platz auf einen anderen kopieren, Teile der Zeichnungen verdrehen und im Massstab ändern usw. Das ist ziemlich eindrucksvoll und kann die Herstellung von Plänen beschleunigen. Vom System aus gesehen ist diese Zeichnung jedoch eine Ansammlung von graphischen Elementen (Linien, Symbolen, Texten) ohne irgendeine Bedeutung und ohne inneren Zusammenhang.

Das kann zu Ergebnissen führen, die für den Benutzer eher überraschend und ärgerlich sind; sie sind aber leicht verständlich, wenn man sich bewusst ist, welches interne Modell verwendet wird.

Für den Benutzer seien in Abb. 1 die West-Ost-Strassen zu kurz; er möchte sie verlängern, indem er die östliche Nord-Süd-Strasse verschiebt. Zu seiner Verwunderung ergibt sich Abb. 2 und er braucht zusätzliche zehn langweilige Operationen, um die Strassen länger zu machen. Was im Computer-Modell fehlt, ist topologische Information, die angibt, welche Beziehung die Linien zueinander haben. Die Speicherung von beziehungslosen Linien ist ungenügend, und die Tatsache, dass Strassenlinien (-ränder) einander zugeordnet sind, sollte im internen Modell berücksichtigt werden.

Ähnlich kann die Verschiebung eines graphischen Elementes zu einem Konflikt von zwei Elementen am selben Platz führen: wieder muss der Benutzer den Fehler erkennen und ihn korrigieren (Abb. 3 und 4).

Ähnliches ergibt sich, wenn ein Objekt ohne seinen erklärenden Text verschoben wird (Abb. 5 und 6).

Diese Beispiele mögen klarmachen, was mit (beziehungslosen) graphischen Elementen gemeint ist.

Die Systeme der ersten Generation behandeln überdies ausschliesslich graphische Elemente ohne Zuordnung einer Bedeutung. Es gibt keinen systeminternen Unterschied zwischen einer Linie, die eine Strassenachse darstellt

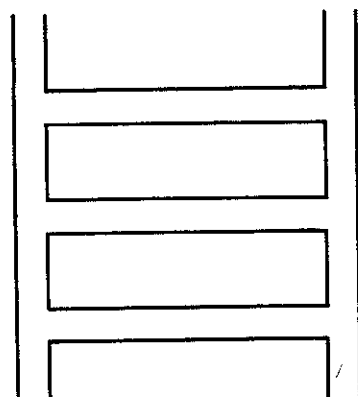


Abb. 1

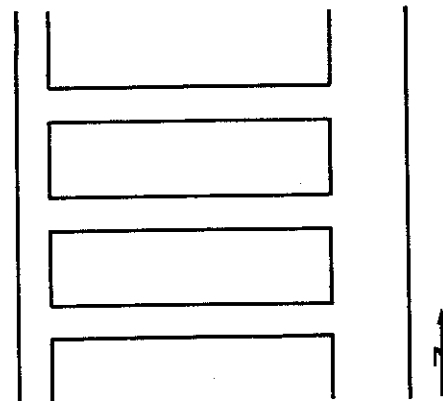


Abb. 2

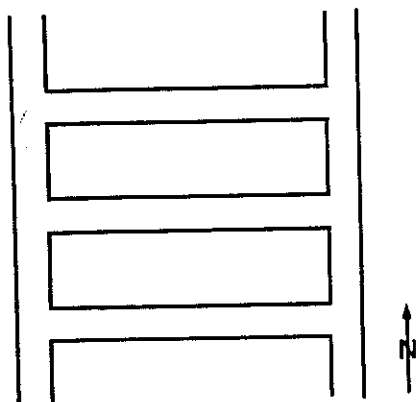


Abb. 3

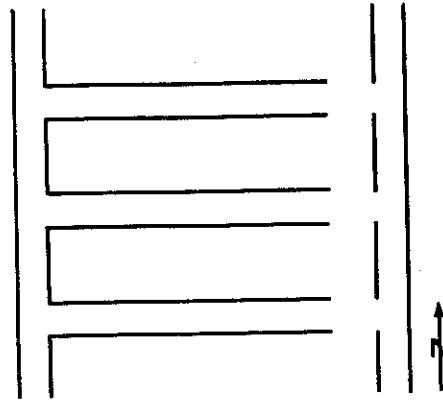


Abb. 4

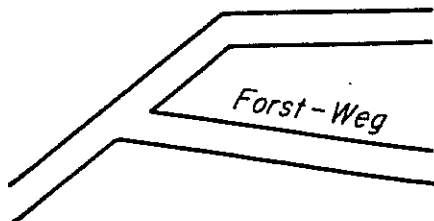


Abb. 5

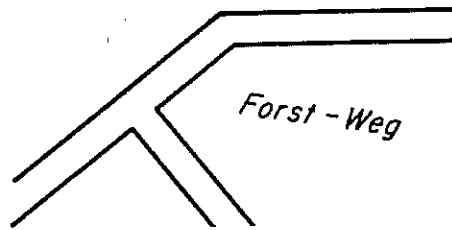


Abb. 6

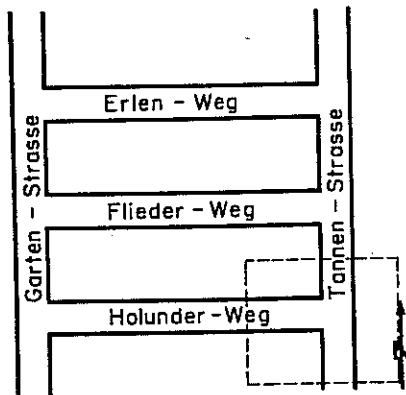


Abb. 7

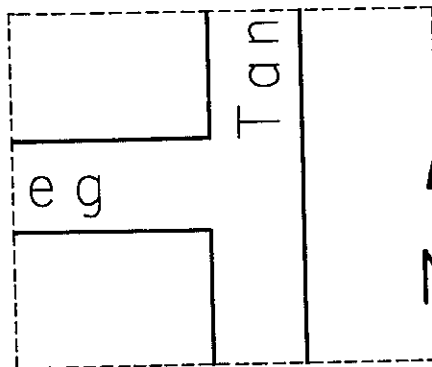


Abb. 8

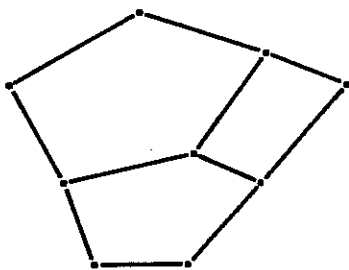


Abb. 9

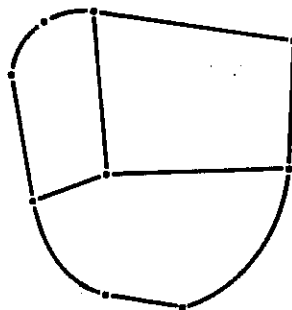


Abb. 10

und den gezeichneten Rändern. Das wird klar, wenn einfache Änderungen in der Darstellung notwendig werden: da das System nicht «weiss», was die Linien bedeuten, kann man z. B. auch nicht alle Gebäude weglassen oder die Linienart für alle Strassenachsen ändern (etwa von «gestrichelt» zu «strichpunktirt»). Der Bearbeiter muss jedes Element einzeln ändern, da er allein die Zeichnung interpretieren und die Rand-

linien im Plan von den Strassenlinien unterscheiden kann. Ebenso entspricht eine Massstabsänderung einer Änderung der Grösse aller Objekte (Abb. 7 und 8). Symbole und Texte eingeschlossen; das Ergebnis ist meistens nicht das, was man erwartet. Alle erwähnten Mängel können durch graphische Überarbeitung behoben werden, aber dies erfordert manuelle, arbeitsintensive Operationen. Der

menschliche Bearbeiter ist fähig, diese Überarbeitung durchzuführen, weil er die Zeichnung *interpretiert*, und er kann die im Modell, das der Computer behandelt, nicht vorhandene Information hinzufügen.

6. Topologische Beziehungen in der Vermessung

Topologie ist, um es ohne Mathematik auszudrücken, das, was von der Geometrie bleibt, wenn wir unsere Zeichnung auf einem Ballon ausführen und diesen aufblasen. Die Graphentheorie, ein spezieller Teil der Topologie, ist ein Zweig der Mathematik, der sich mit zwei Typen von Objekten befasst, nämlich Punkten (Knoten genannt) und Linien (Kanten genannt) und der Beziehung zwischen diesen (Inzidenz genannt).

Topologische Daten können als Komplement zu metrischen Daten betrachtet werden. Um topologische Beziehungen zu analysieren, sind die genaue Lage der Knoten und die Form der Kanten unwesentlich. Nur die Tatsache, dass zwei Punkte miteinander durch eine Linie verbunden sind, ist bedeutsam. Vom topologischen Gesichtspunkt aus sind die Abbildungen 9 und 10 äquivalent.

Die metrischen (im ursprünglichen Sinn von «messbaren») Daten beschreiben messbare Eigenschaften, oder genauer, Abstände zwischen Punkten. Die metrischen Informationen in den Abb. 9 und 10 sind also sehr verschieden.

In einem Plan sind metrische und topologische Daten gemeinsam dargestellt: um die Ausdehnung einer Landparzelle aufzuzeichnen, ist es nicht hinreichend (aber notwendig), die gegenseitige Lage der Grenzpunkte festzuhalten – das sind die metrischen Eigenschaften –, sondern wir haben auch die topologische Information beizufügen, nämlich wie die Grenzpunkte durch Grenzlinien verbunden sind.

Topologie umfasst auch Regeln, um Aussagen über die Nachbarschaft von Parzellen und ähnlichem zu machen. Vermessungsfachleute haben immer schon topologische und metrische Information gemeinsam in ihren Plänen dargestellt und sind gewohnt, beides zusammen zu behandeln.

Anfänglich, als Computer hauptsächlich für die Berechnung von metrischen Daten verwendet wurden, behandelte man topologische Information auf traditionelle graphische Art. Wenn aber heute Computer verwendet werden sollen, um auch diesen Teil der Vermessungsarbeit zu unterstützen, müssen sie fähig sein, auf natürliche Weise metrische und topologische Daten zu behandeln.

Da es möglich ist, eine vollständige Planzeichnung mit ausschliesslich me-

cher Information zu erzeugen, kann in Blick auf das Endprodukt nicht aufzeigen, ob das System Topologie behandelt oder nicht. Bei der Bearbeitung ergeben sich indessen beträchtliche Unterschiede in der Benutzerfreundlichkeit.

Die zweite Generation: Graphik mit Zuordnung von Bedeutungen

Es wurde klar, dass die Benutzer von raumbezogenen Datenverwaltungssystemen von ihren Systemen mehr erwarteten, als dass sie teure und komplizierte Kopiermaschinen seien, die getreulich das einmal mühsam digitalisierte Original reproduzieren und nur wenig mehr bieten, um die Daten nachzuführen).

So verbesserten die Systemingenieure die Methoden, um graphische Elemente zu behandeln und fügten einige topologische Ideen (z. B. Polygone als eine Sequenz von zusammenhängenden Linien) dazu. Sie erlaubten jetzt dem Benutzer auch, den graphischen Elementen im Plan einige zusätzliche Daten zuzuschreiben.

Den graphischen Linien werden jetzt Eigenschaften zugeordnet, welche dem Ding in der Wirklichkeit entsprechen: typisch bei Versorgungsleitungen etwa das Material, der Durchmesser der Rohre, das Alter usw.

Das hat sich als nützlich erwiesen, weil nun diese Daten benützt werden können, einerseits um im Plan differenzierte Darstellungen zu erzeugen, andererseits um Listen über Rohrqualitäten usw. zu erstellen. Wenn das System mit einer benutzerfreundlichen Abfragesprache versehen ist, können wir sogar Antworten erhalten auf Fragen wie (welches ist das älteste Rohr?), (wieviele Rohre haben den Durchmesser x?), (wie lang sind die Rohre aus Material a, die älter als y Jahre alt sind?)

Solche Systeme wurden hauptsächlich gebaut, um Versorgungsunternehmen zu helfen, ihre Leitungen zu erfassen, die Pläne nachzuführen und gleichzeitig ergänzende Daten zu verarbeiten. Sie waren auf diesem Gebiet erfolgreich, weil man bei Versorgungsleitungen ein einfaches graphisches Objekt (den schwarzen Strich einer Linie) hat, welches für ein Objekt der realen Welt steht; zusätzliche Daten können an dieses graphische Objekt angehängt werden.

Einige dieser Systeme werten auch topologische Eigenschaften aus. Erneut hilft ihnen die einfache topologische Struktur von Versorgungsnetzen (hauptsächlich sog. «Bäume»), wenn die topologische Struktur aus den metrischen Daten abgeleitet wird.

Solche Systeme eignen sich nicht so gut, wenn wir Information über Objekte speichern wollen, die nicht durch einfa-

che graphische Objekte dargestellt werden können, wie dies besonders etwa Flächen sind. Eine Parzelle ist durch ihre Grenzlinien bestimmt; diese sind gleichzeitig Grenzen der anstossenden Parzellen. Es gibt kein (natürliches) graphisches Objekt für die Parzelle. Eine oft benützte Lösung besteht darin, dass man einen Punkt innerhalb der Parzelle festlegt (ein sog. Zentroid) und diesem Punkt alle Parzellendaten zuordnet. Es hat sich als schwierig herausgestellt, diesen Punkt logisch mit den Grenzen zu verbinden. Nicht alle solchen Systeme erlauben, genau eine Parzelle mit allen ihren Grenzlinien herauszufiltern oder eine Liste der Koordinaten der Grenzpunkte einer Parzelle herauszugeben. Auch können manche Systeme nicht erkennen, ob sich zwei Parzellen überlappen.

Systeme dieser Art enthalten oft zusätzlich traditionelle Techniken des Planzeichnens in computerisierter Form:

- *Deckpausen*: Wenn Planersteller das Problem zu lösen haben, für verschiedene Benutzer verschiedene Planinhalte mit Hilfe des gleichen «Basisplans» darzustellen, aber nicht alle Informationen nebeneinander Platz haben, so benützt man häufig Deckpausen. Jede Sorte von Benutzerdaten wird auf ein Transparent gezeichnet, damit beliebige Kombinationen zwischen dem Basisplan und den Deckpausen hergestellt werden können.

Ein Computer kann eine sehr viel grössere Zahl von «Deckpausen» handhaben als ein Zeichner es sich erlauben könnte (60 oder mehr sind derzeitige obere Grenzen). Es ist indessen nicht klar, wieweit eine noch grössere Anzahl Schichten diese primitive Strukturierung anpassungsfähiger machen könnte, und es dürfte für einen Benutzer nicht leicht sein, diese grosse Zahl von Schichten zu organisieren, ohne den Überblick zu verlieren.

- *Anpassungsfähige Symbol-Auswahl*: Anstelle der Speicherung von Symbolen als Linien werden sie als Referenzen in einer Symboltabelle gespeichert. Dies erlaubt mehr Flexibilität in der Planherstellung für verschiedenartige Benutzer, weil die Symbole jetzt unmittelbar vor dem Ausdrucken ausgewählt werden können, so dass sie direkt für den jeweiligen Benutzer angepasst werden können.

- *Zusammensetzen von Planblättern*: Auch wenn die grundlegende Organisation der gespeicherten Daten in Planblättern beibehalten bleibt, wird meist eine computerunterstützte Methode angeboten, um zwei (oder mehr) benachbarte Planblätter zu vereinigen.

8. Datenstrukturen und Konsistenzbedingungen

Es hat sich als schwierig und zeitaufwendig erwiesen, grosse Datensammlungen zu verwalten, besonders wenn sie raumbezogene Informationen enthalten (Cranford 1978). Eine Vielzahl von kleinen Fehlern und Widersprüchen schleichen sich während den Nachführungsoperationen unbemerkt ein und verursachen später bei der Verarbeitung der Daten Fehler, die herausgefunden und korrigiert werden müssen. (Das kann man als Analogon zum zweiten Satz der Thermodynamik, angewandt auf Datensammlungen, interpretieren.)

Für jeden Vermessungsfachmann ist klar, dass eine Parzelleneinteilung wie etwa Abb.11 aussehen muss. Aus verschiedenen Gründen kann die Beschreibung nach Abb.12 nicht funktionieren.

Diese Erkenntnis muss irgendwo im Programm festgehalten werden, damit es unmöglich wird, Daten einzugeben, die im Widerspruch zu dieser Regel stehen. Es ist viel leichter und billiger, solche Fehler im voraus zu verhindern, als später arbeitsintensive Korrekturen vorzunehmen.

Analoge Probleme sind bei der Verwaltung von grossen Datenmengen überall zu finden. Es ist in der Datenverarbeitung allgemein Praxis, sogenannte Plausibilitätstests einzufügen, um bei der Dateneingabe so viele Fehler wie möglich zu erwischen. Gleiche Methoden müssen für Datensammlungen raumbezogener Daten angewendet werden.

Eine umfassende Analyse dieses Problems in der Informatik hat gezeigt, dass Eigenschaften von Eingabedaten den Datenverarbeitungsprogrammen helfen können. Wenn gewisse Eigenschaften fehlen (z. B. in Abb.12 sind nicht alle Parzellen geschlossen), ist die korrekte Verarbeitung der Daten nicht möglich, und es entstehen Verarbeitungsfehler und fehlerhafter Output. Es ist deshalb notwendig, eine Reihe von Regeln zu formulieren, welche von den Daten eingehalten werden müssen; diese Regeln heissen *Konsistenzbedingungen* (oder Integritäts-Regeln) der Daten.

Solche Regeln müssen nicht zwingend alle Restriktionen erfassen, welche den Daten aus der realen Welt auferlegt werden, sondern eher einen minimalen Rahmen, der für die entsprechende Verarbeitung erforderlich ist. Generell können Programme erstellt werden, um Daten zu verarbeiten, deren reale Bedeutungen weniger scharf umschrieben sind (erste Generation von Graphik-Editoren, welche nur Linien behandeln) und demnach weniger Integritätsbedingungen benötigen. Konsequenterweise können solche Programme auch man-

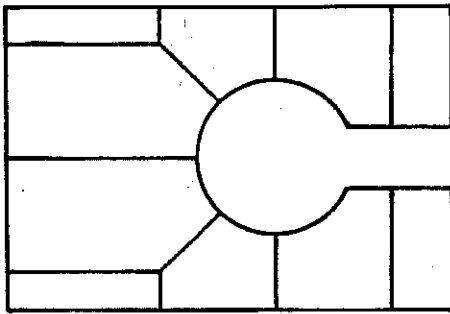


Abb. 11

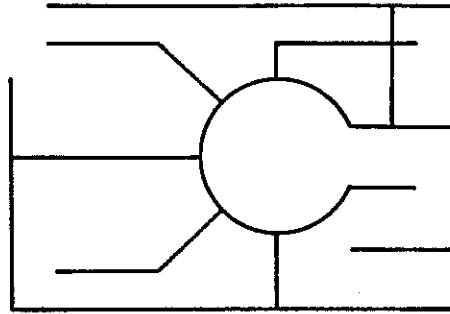


Abb. 12

che groben Fehler nicht aufdecken (siehe Abb. 12).

Wenn wir während der Dateneingabe so viele Fehler als möglich erfassen und zweckmässige (fehlerfreie) Datensätze erzeugen wollen, so müssen die Beziehungen zwischen verschiedenen Teilen der Daten analysiert und Bedingungen formuliert werden.

Das Datenbankkonzept brachte den Begriff des *konzeptionellen Schemas*, welches die verschiedenen Daten und die entsprechenden Beziehungen und Bedingungen, denen die Datensätze genügen sollen, exakt beschreibt, und dies völlig unabhängig von den Anwenderprogrammen. Diese unabhängige Formulierung ist der erste Schritt zur Gewähr, dass alle Programme, welche Daten ändern, an die gleichen Bedingungen gebunden sind.

Leider ist die Formulierung von Integritätsbedingungen für geometrische Daten ziemlich umständlich, und es ist auf diesem Gebiet noch nicht viel Forschung getrieben worden (Burton 1979) (Cox 1980) (Meier 1982) (Frank 1983). In beschränktem Rahmen wurden Lösungen bereits in die Praxis eingeführt, und Erfahrungen im Bureau of Census (Corbett 1973) haben gezeigt, dass dies der einzige Weg ist, um brauchbare, (fehlerlose) grosse geometrische Datenbestände ohne unannehmbar hohe Kosten für Fehlerkorrekturen langfristig zu verwalten.

9. Dritte Generation: Datenverwaltungssysteme

Die grundlegende Idee bei Datenverwaltungssystemen ist die Trennung der Datenspeicherung von der Auswertung der gespeicherten Datensätze und von den Programmen, die Daten speichern, abrufen und nachführen. Die Datenspeicherungs-Programme sind zentralisiert und von den Anwendungen getrennt. Anwenderprogramme benützen dann standardisierte Methoden, um gespeicherte Daten abzufragen und nachzuführen (keinem Anwenderprogramm ist dann erlaubt, direkt auf die gespeicherten Daten zuzugreifen).

Das zentrale Datenverwaltungsprogramm enthält eine Beschreibung der

Daten auf dem konzeptionellen Niveau und prüft alle Nachführungen darauf, ob sie die eingeführten Integritätsbedingungen einhalten. Da ein einziges Programmpaket alle Routinen enthält, die auf den physischen Datenspeicher (meist Festplattenspeicher) zugreifen, wird der Unterhalt billiger und einfacher. Für kommerzielle Anwendungen wurden verallgemeinerte Datenverwaltungssysteme entwickelt; solche Programmsysteme können leicht angepasst werden, um Daten für beliebige Anwendungsgebiete zu verwalten (leider sind solche Systeme meistens bei weitem nicht schnell genug, um geometrische Daten zu behandeln). Datenbankorientierte Systeme konzentrieren die Beschreibung der Daten an einer Stelle. Folglich sind Änderungen in der Datenbeschreibung, die später durch veränderte Anforderungen hervorgerufen werden, einfach durchzuführen.

Der Hauptvorteil in datenbankorientierten Systemen liegt in den verbesserten Möglichkeiten, Daten zu strukturieren. Die Datenstrukturierung kann so modelliert werden, dass sie die reale Welt situation so umfassend, als dies zweckmässig ist, umschreibt. Nicht-geometri-

sche Daten können nicht nur an die graphischen Daten angehängt werden, sondern sie können eigenständig vorhanden sein und so besser der Anwendung entsprechend strukturiert werden. Wirkungsvolle Datenstrukturierungswerkzeuge erlauben auch, die geometrische Situation besser zu modellieren und topologische Information mit der metrischen zu vereinigen.

Das bessere Modell der Situation der realen Welt und die Möglichkeit, mehr Daten einzubringen, eröffnen ein zusätzliches Potential von neuen Anwendungen. Der Datenbestand in der Datenbank kann nicht nur für die Herstellung von Plänen in veränderlichen Massstäben und Symbolen für verschiedene Benutzer eingesetzt werden, sondern die Daten können auch verwendet werden, um Simulationsprogramme zu steuern. Die einleuchtendsten Beispiele sind Netzberechnungen für elektrische Stromversorgungen, für Abflussberechnungen in Kanalisationsleitungen bei Gewittern usw. Dies ist nur möglich, wenn ein entsprechend sinnvolles Modell der Wirklichkeit – also nicht nur Graphik – gespeichert ist.

Dieses Verständnis der Dinge ist verhältnismässig neu; es begann mit der Datenbanktheorie, und es dauerte lange, bis es auf graphische und geometrische Probleme angewendet wurde. Hauptsächlich weil den hohen Anforderungen bei raschen Antworten mit grossen Datenmengen in diesen Gebieten schwer zu begegnen war, findet man bei den Herstellern von computerunterstützten Entwurfssystemen (CAD) einigen Widerstand, wenn es darum geht, diese Konzepte anzuwenden. Das ist meiner Meinung nach ein beschränkter Standpunkt; er sollte durch allgemeinere Betrachtungen ersetzt werden. Dazu folgendes:

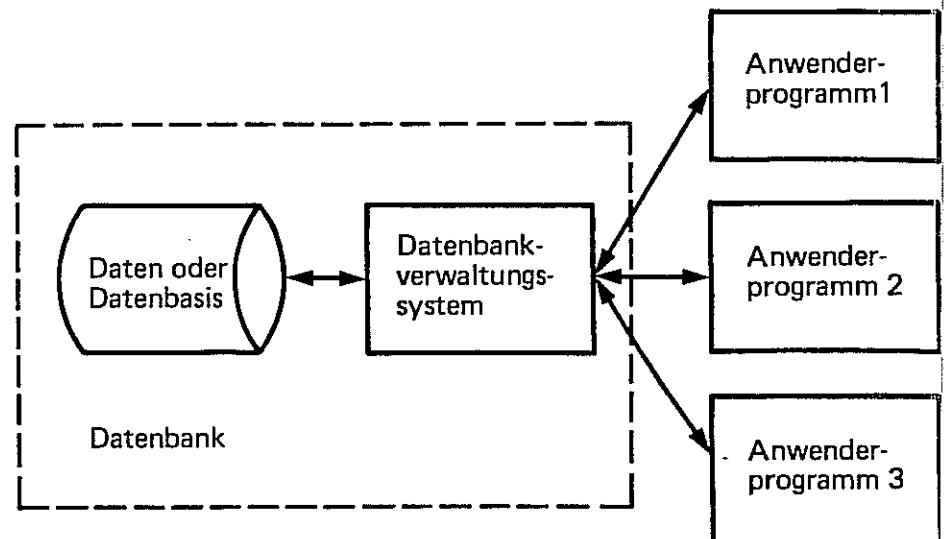


Abb. 13

Wirtschaftlichkeit:

Geometrische Daten zu sammeln, welche Parzellen, Personen, Versorgungsleitungen usw. beschreiben, ist sehr teuer; solche Datensammlungen à jour zu halten, verlangt eine dauernde Anstrengung. Entsprechende Ausgaben können nur gerechtfertigt werden, wenn verschiedenste Benutzer ohne neue Datenerfassung Zugang zu solchen Sammlungen haben. Wenn ein wirklicher Mehrzweckkataster (EDV-gestütztes Landinformationssystem [RAV-Grobkonzept, Bericht Mehrzweckkataster]) geschaffen wird, welcher viele Bedürfnisse befriedigt, sind die Kosten für den Unterhalt des Datenbestandes leicht zu decken. Aber diese Mehrbenützerlösung ist nur möglich, wenn die Datensammlung genügend anpassungsfähig ist, um verschiedenen Bedürfnissen zu dienen. Dies ist mit einem konventionellen graphischen Plansystem (auch mit Deckpausen) kaum möglich, und auch Computersysteme erster oder zweiter Generation dienen nicht viel besser, weil diese die konventionellen Methoden imitieren.

Benutzerfreundlichkeit:

Wenn die vom System bearbeiteten Objekte (graphische Linien) nicht den Kategorien entsprechen, an denen die Bearbeiter interessiert sind, muss der Benutzer lernen, die Anforderungen in Objektbegriffe umzusetzen, die vom System bearbeitet werden können. Dies macht es den Sachbearbeitern schwer, vorzusehen, welche Aufgaben vom System bewältigt werden können und welche nicht. Nach dem Modell des Benützers scheinbar sehr ähnliche Aufgaben können vom Modell des Systems her gesehen sehr verschieden sein. Solches – vom Standpunkt des Sachbearbeiters – unvorhersehbares Verhalten enttäuscht und schränkt die Anwendung des Systems ein. Sogar Aufgaben, die bewältigt werden könnten, werden mangels Verständnis nicht durchgeführt. Ähnlich verhält es sich bei zu grossen Unterschieden zwischen dem Modell des Benützers (Objekte der realen Welt) und den Objekten des Systems (gezeichnete Linien): dann wird der Operateur andauernd gezwungen, seine Zielsetzungen in den Bereich der Systemmöglichkeiten zu übersetzen. Das macht seine Arbeit mühsam, fehleranfällig und zeitaufwendig: Es ist deshalb mehr Training notwendig.

10. Längerfristige Entwicklungstendenz

Die Entwicklung, wie wir sie bei diesen Systemen erkennen, ist ganz typisch für die allgemeine Entwicklung der Computeranwendungen. Diese Tendenz kann uns helfen, die Entwicklung besser zu verstehen und die unmittelbare Zukunft

vorzusehen. Es ergibt sich folgendes:

- Der Computer wird zunehmend zu anderen Zwecken als für Berechnungen eingesetzt. Computer können auch vorteilhaft verwendet werden, um langfristig Daten zu speichern und um Daten abzufragen; sie erlauben, Daten nach verschiedenen Gesichtspunkten zu strukturieren und sie in verschiedene Zusammenhänge zu bringen.
- Es besteht die Tendenz, interaktive direkte Kommunikation zwischen Benutzer und Computer einzuführen und die Stapelverarbeitung (batch) auf besondere Fälle zu beschränken. Graphische Ausgabe kann die Mensch-Maschinen-Kommunikation beträchtlich verbessern.
- Es ist eine Tendenz sichtbar, von der Behandlung kleiner Teilbereiche (Zeichnungen) eines komplexen Anwendungsgebietes abzusehen und zur integralen Bearbeitung (Landinformationssystem) überzugehen. Der Zwischenschritt, ein Computersystem einzusetzen, um traditionelle technische Lösungen (z.B. Zeichnung und Deckpause) nachzuahmen, ist zwar sehr gebräuchlich und hilft dem Benutzer, die Systemoperationen besser zu verstehen. Dieser Zwischenschritt scheint aber in zeichnerischen Anwendungen weniger erfolgreich, weil die durch die Maschine behandelte Graphik und die Interpretation durch den menschlichen Bearbeiter zwar von der Bedeutung der Zeichen her gut übereinstimmen, jedoch sehr verschieden modelliert sein können. Der Wunsch, mehr Information beizufügen, zerstört die einfache Analogie mit der Zeichnung und macht die Anwendung des Systems umständlich.
- Am wichtigsten ist die Tendenz, im Computer realistische Modelle zu verwenden. Immer mehr Wissen über die reale Welt wird in die Computerprogramme einbezogen, und die Programme können eine zunehmende Zahl von Aspekten und Regeln berücksichtigen. An der heute äussersten Grenze sind Systeme, welche beliebige Fakten und Regeln für logische Schlüsse speichern und dann fähig sind, selbständig (vernünftige) Entscheide zu fällen; solche Systeme zeigen ein (fast) intelligentes Verhalten; dieses Forschungsgebiet wird deshalb (künstliche Intelligenz) genannt. Auf diesem Gebiet ist in letzter Zeit viel Forschungsarbeit geleistet worden; wir ernten aber in der Praxis nur langsam die Früchte dieser Anstrengungen (Feigenbaum 1983).

In kommerziellen Anwendungen erscheinen auf dem Markt Sprachen der (vierten Generation), welche einiges Wissen über das entsprechende Anwendungsgebiet enthalten und erlauben, Computern beizubringen, wie sie die gewünschten Ergebnisse fast ohne Programmierung und mit sehr wenig Ausbildung liefern können (eine vermessungstechnische Anwendung: [Frank 1982, Egenhofer 1983]).

(Expertensysteme) (auch (Systeme zur Entscheidungshilfe) oder (Wissensbanken) genannt) werden machbar; solche Systeme enthalten nicht nur Beschreibungen der Situationen der realen Welt, sondern auch Regeln, die Fachexperten brauchen, um damit umzugehen. Solche Systeme unterstützen menschliche Experten dadurch, dass sie ihnen den Rat anderer Experten zugänglich machen, indem sie ihnen helfen, komplizierten administrativen oder technischen Abläufen zu folgen, indem sie in komplexen Situationen vorspüren und erlauben, sogenannte (Was-wenn)-Fragen zu untersuchen. Es scheint offensichtlich, dass solche Ideen vorteilhaft auf dem Gebiet von Zonenplanung, Umweltschutz und Ressourcenbewirtschaftung angewendet werden könnten.

11. Schlussfolgerungen

Es wurden verschiedene Stufen in der Entwicklung von raumbezogenen Datenverwaltungssystemen, wie sie in Landinformationssystemen benötigt werden, festgestellt und die Probleme, die mit jeder Stufe verbunden sind, erklärt. Es wird sichtbar, dass sich Systeme entlang einer Linie entwickeln, vorerst immer grössere Mengen von Daten über die Welt umfassen und dann Regeln einbeziehen, wie mit diesen Daten umzugehen ist. Solche Systeme scheinen sich (intelligenter) zu verhalten als die früheren; sie sind leichter einzusetzen und liefern zweckmässiger Resultate. Datenbankorientierte Systeme, so wie sie jetzt gebaut werden, sind ein weiterer Schritt zu besseren (intelligenteren) Systemen. Sie erlauben, die komplexe Realität adäquater zu erfassen und die gespeicherten Daten flexibler zu verwenden. Die nächste Generation von Systemen wird aber wahrscheinlich Expertenwissen über das Vermessungswesen einbeziehen. Diese Systeme werden leichter an veränderte Anforderungen anzupassen sein, und sie werden einfach und mit wenig Ausbildung eingesetzt werden können.

Trotz dieser Entwicklung muss sich der Vermessungsfachmann von heute entscheiden, ob er Systeme von heute einsetzen will. Es wird immer – (unmittelbar bevorstehend) – noch bessere

Systeme geben. Entscheide sollten sich aber immer auf ein klares Verständnis des Anwendungsbereiches der in Frage stehenden Systeme und ihren Beschränkungen abstützen. Nur wenn die Anforderungen an das System und die Leistungen des Systems gut übereinstimmen, kann ein vorteilhafter Einsatz erwartet werden.

Literatur

Corbett, T. and G. Fransworth: Theoretical Bases of Dual Independent Map Encoding (DIME). International DIME Colloquium Conference Proceedings; Census Bureau, Washington, D. C. 1983.

Cox, N.J., et al.: A relational data base system and a proposal for a geographical data type. *Geo-processing* 1 (1980) p. 217.

Cranford, G.F.: Editing and Updating Geographic Base Files - A Discussion of Practical Processing Alternatives. First Internatio-

nal Advanced Study Symposium on Topological Data Structures for Geographic Information Systems. Harvard University, Cambridge (Mass.) 1978.

Egenhofer, Max: Abfragesprache für Landinformationssysteme, Inst. für Geodäsie und Photogrammetrie ETH Zürich, Bericht Nr. 79, 1984.

Feigenbaum, E., and P. McCorduck: The Fifth Generation: Artificial Intelligence and Japan's Computer Challenge to the World. Addison-Wesley Publishing Company. 1983.

Frank, André: MAPQUERY: Data Base Query Language for Retrieval of Geometric Data and their Graphical Representation. SIGGRAPH '82 Conference Proceedings, Computer Graphics. Vol. 16, No. 3. July 1982.

Frank, André: Datenstrukturen für Landinformationssysteme - semantische, topologische und räumliche Beziehungen in Daten der Geo-Wissenschaften. Dissertation. Eidgenössische Technische Hochschule Zürich, Schweiz. 1983.

Lockemann, P.C., Mayr, H.R.: Rechnergestützte Informationssysteme. Springer Verlag Berlin. 1978.

Meier, Andreas: Semantisches Datenmodell für flächenbezogene Daten. Diss. ETH Zürich, ADAG Administration u. Druck AG, Zürich. 1982.

Mehrweckkataster (SVVK-Kommission): Von der Grundbuchvermessung zum Landinformationssystem. Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik, 1979 S. 258.

National Research Council: Need for a Multipurpose Cadastre. National Academy Press. Washington, D. C. 1980.

Post, J.B.: An Atlas of Fantasy. Ballantine Book 27399. New York. 1977.

RAV. Reform Amtliche Vermessung, Grobkonzept. Eidg. Vermessungsdirektion Bern. 1981.

Sutherland, I.E. Sketchpad: A man-machine graphical communication System, SJCC (Spartan Books, Baltimore M.D) 1963.

Adresse des Verfassers:

Dr. André U. Frank
University of Maine at Orono
Department of Civil Engineering
103 Boardman Hall
Orono ME 04469, USA