

TOP 3 Graphische Datenverarbeitung

Interaktiv-graphische Fortschreibung des Statistischen Bezugssystems

Berichterstatter: Dr. Maack, CONDAT. Berlin

Ich möchte die Gelegenheit wahrnehmen und den Schwerpunkt auf ein aktuelles Thema im Zusammenhang mit der Fortschreibung der Geometriedaten legen.

Dies geschieht vor dem Hintergrund der immer wieder aufflammenden Diskussion über die Möglichkeiten, ein statistisches Raumbezugssystem, wie es im KOSIS-Verbund gepflegt wird, in andere "generelle Ansätze" wie u. B. Geographische Datenbanken, zu integrieren. Aktueller Anlaß ist hierbei die Diskussion um den MERKIS-Ansatz der Vermessungsbehörden, wie er im April dieses Jahres vom Präsidium des Deutschen Städtetages empfohlen wurde.

Die hierzu aufgezeigten Grundlagen sind nicht neu, aber auch diejenigen, denen die Grundlagen geläufig sind, sollen hiermit eine Auffrischung der Gründe und Argumente gegeben werden, um die Anforderungen aus dem Statistischen Informationssystem heraus an eine irgendwie geartete integrierte Lösung deutlich machen zu können.

Im wesentlichen gliedert sich mein Beitrag in vier Abschnitte:

- Was ist das Netz?
- Wozu brauchen wir es?
- Wie muß es aufgrund der bisherigen Erfahrungen gehandhabt werden?
- Welche Anforderungen ergeben sich daraus an die Software, die zur Haltung und Nutzung dieser Daten benötigt wird?

1. Was ist das Netz?

Das Netz, von dem wir hier sprechen, ist eine computerbezogene Abbildung der räumlichen Stadtstruktur in einem Abstraktionsgrad, wie er für Zwecke der Statistik, Stadt- und Verkehrsplanung, Stadtforschung und viele andere Anwendungen notwendig und sinnvoll ist. Neben diesen Anwendungsgebieten, für die es einmal entwickelt wurde, findet es heute auch Einsatz bei der Lösung von Aufgaben der operierenden Ebene, z. B. zur Unterstützung von Einsatzleitsystemen der Polizei und Feuerwehr.

Welches sind nun die Elemente, die zur Abbildung der Stadtstruktur herangezogen werden und wie werden sie abgebildet?

Die Basis ist das Straßennetz, wobei eine Straße durch ihre Mittelachse mehr oder weniger genau beschrieben wird. Dort wo die Straßen sich kreuzen oder verzweigen, d. h. dort wo die Mittelachsen sich schneiden, entstehen ausgezeichnete Punkte.

Dabei darf man den Begriff Straße hier nicht so eng sehen. Hier sind Fußwege, Bäche, Eisenbahnstrecken u. ä. den sichtbaren Straßen, auf denen sich üblicherweise der Verkehr abspielt, gleichzusetzen.

Die Verbindungslinie zwischen zwei Punkten, also die Straßenachse, wird als Segment bezeichnet. Die ausgezeichneten Punkte werden Knoten genannt. Die durch Segmente begrenzten Flächen sind sogenannte Maschen (s. Abbildung 1).

Segmente, Knoten und Maschen sind also die kleinsten Elemente, aus denen das Raumbezugsnetz besteht. Allein die Beschreibung, welche Segmente welche Knoten verbinden und welche Segmente welche Fläche begrenzen, reicht aus, um das Netz eindeutig zu beschreiben. Wir nennen dies auch eine topologische Netzbeschreibung.

Für topologische Netze gibt es graphentheoretische Beschreibungsmöglichkeiten. Mit Hilfe mathematischer Regeln ist es also möglich, Konsistenzbedingungen zu formulieren, die wiederum in praktische Anwendungsregeln umgesetzt werden können. Wir werden später noch sehen, was dies konkret bedeutet.

Die Abbildung 2 zeigt eine solche topologische Netzbeschreibung. Was dort zu sehen ist, sind Beispiele verschiedener Netze, die aber alle die gleiche topologische Beschreibung haben.

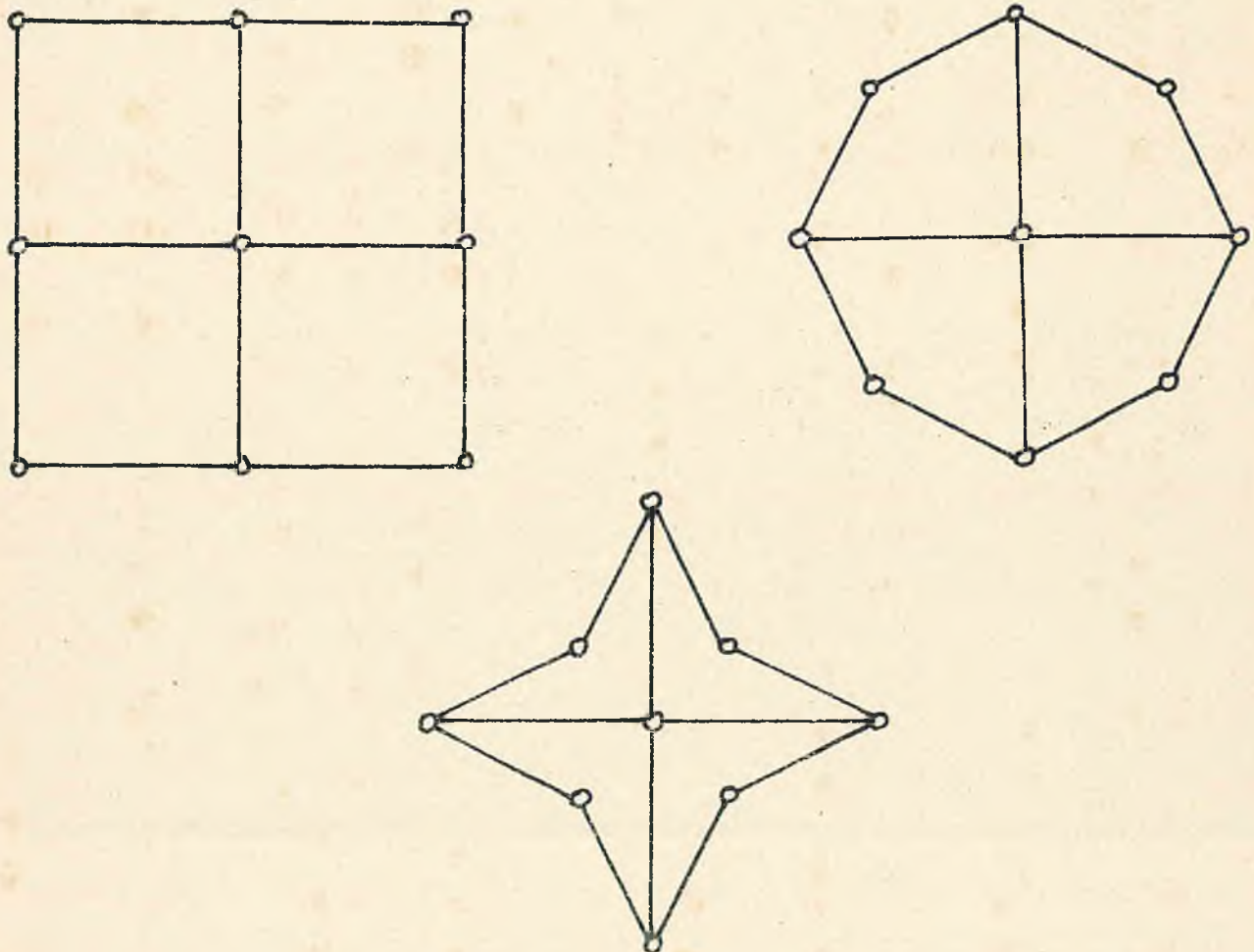


Abbildung 2: Verschiedene Netze gleicher Topologie

Zur Beschreibung der exakten Lage dieser Elemente innerhalb des Stadtgebietes sind den Knoten noch ihre Lagekoordinaten mitzugeben, so daß wir von einem geometrischen Netz sprechen können.

Aufgrund noch weitergehender Anforderungen, nämlich der lückenlosen, eindeutigen Zuordnung aller Elemente zueinander (also der Nachbarschaften), ist noch eine weitere Bedingung einzuführen, die der Planarität. Die Planaritätsbedingung ist dann erfüllt, wenn kein Segment ein anderes schneidet, ohne daß an diesem Schnittpunkt ein Knoten vorhanden ist.

Eine weitere wichtige Komponente eines Statistischen Informationssystems ist die sogenannte Sachdatenbasis. Darunter verstehen wir Daten über statistische Objekte, die um eine sinnvolle Aussage zu gewährleisten, einen Zeit- und einen Raumbezug haben. Da aus den verschiedensten Gründen die Raumbezüge nicht vereinheitlicht werden können, besteht die Notwendigkeit, im Rahmen der Aufbereitung Daten mit unterschiedlichem Raumbezug miteinander zu verknüpfen bzw. auf unterschiedliche Aggregationsebenen zu bringen. Die Aufgabe hat das Netz ebenfalls zu unterstützen.

Um dieses zu erreichen, wird das Netz als Informationsträger ausgenutzt und in Abhängigkeit des Typs der Raumbezugseinheit eine Beziehung zu einem Netzelement hergestellt (s. Tabelle 1). Aus Sicht des Netzes wird die Raumbezugseinheit als Referenz im Sinne eines Verweises gesehen.

Verschiedene Raumbezugseinheiten werden über die Netzelemente verknüpft. Dabei existieren aufgrund der topologischen Eigenschaft des Netzes die in Abbildung 3 gezeigten Verknüpfungsmöglichkeiten.

Nun sind nicht alle Daten, die im Rahmen eines Statistischen Informationssystems zu verarbeiten sind, mit einer Raumbezugseinheit versehen. Es handelt sich dabei meist um Eigenschaften wie z. G. Straßentyp, Straßenbreite, Realnutzung etc., die meist nur in analogen Karten dargestellt und gepflegt werden. Sofern auch diese Daten für Anwendungen/Auswertungen benötigt werden, müssen sie erfaßt und gespeichert werden. Dabei erspart man sich den Umweg über eine eigene Raumbezugseinheit und weist sie den Netzelementen direkt zu. Diese so zugewiesenen Daten nennen wir Attribute.

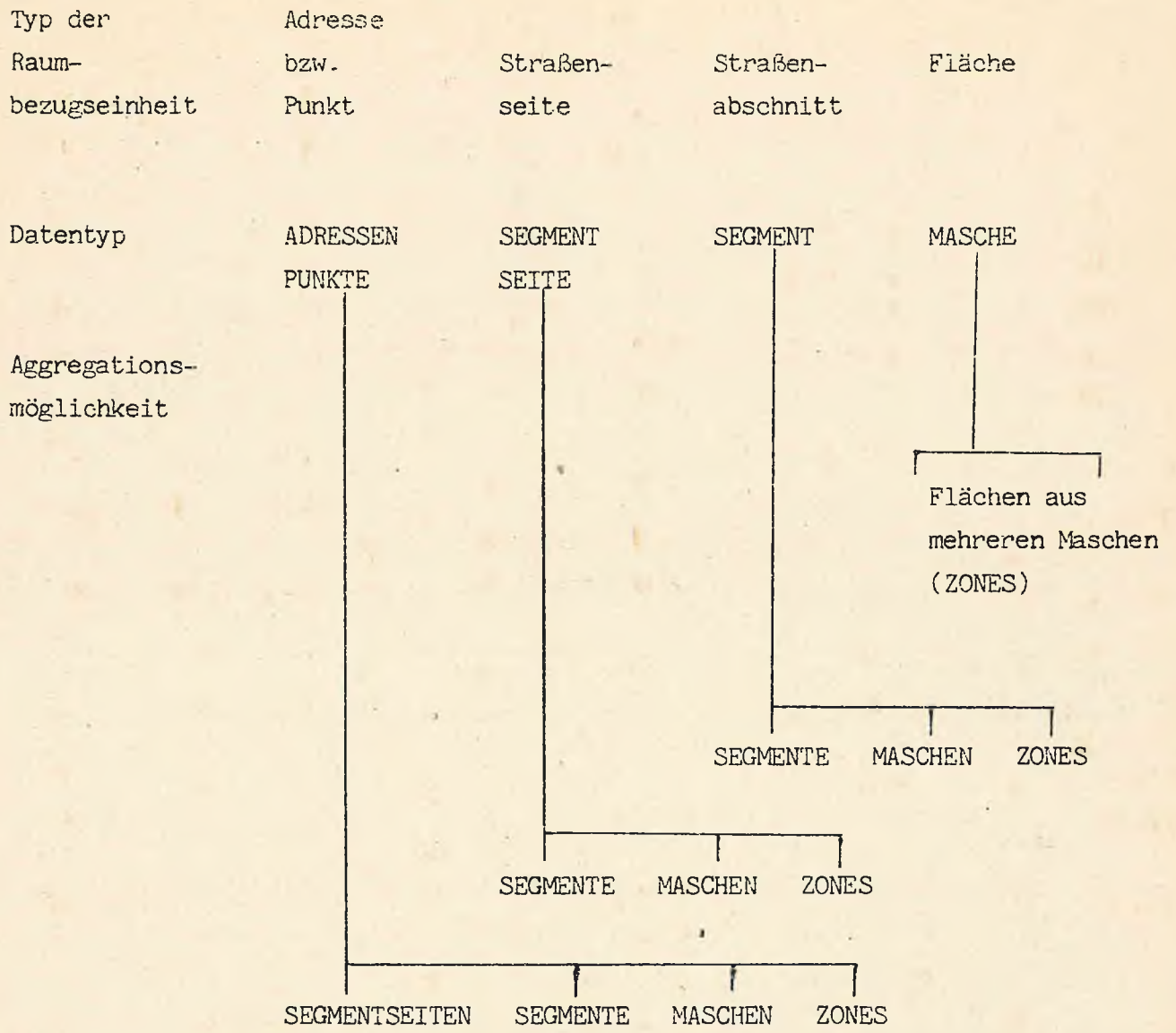


Abbildung 3: Aggregationsschema

Welche Informationen sind dem Netz zuzuordnen?

Beispiele für Netzreferenzen sind in der Tabelle 1, Beispiele für Attribute in der Tabelle 2 aufgezeigt.

Raumbezugseinheit	Typ der Raumbezugseinheit	dazugehöriger Netzelementtyp
Nummer des Knotens in der Straßendatenbank	Punkt	Knoten
Adresse	Punkt	Segmentseite
Blockseite	Straßenseite	Segmentseite
Schuleinzugsbereich	Straßenseite	Segmentseite
Ausrückebereich	Straßenseite	Segmentseite
Reinigungsabschnitt	Straßenseite	Segmentseite
Straßenschlüssel/Straßenname	Straßenabschnitt	Segmentseite
Wohnblock	Fläche	Masche
Stat. Gebiet	Fläche	Masche
Ortsteil	Fläche	Masche
Gemeinde	Fläche	Masche
Schuleinzugsbereich	Fläche	Masche
Wahlkreis	Fläche	Masche

Tabelle 1: Beispiele für Raumbezugseinheiten und ihre Zuordnung zum Netz

Attribut	dazugehöriger Netzelementtyp
Verkehrsregelung (vorfahrt- geregelt/mit Apeln)	Knoten
Straßenbreite	Segment
Straßentyp	Segment
Reale geplante Nutzung	Masche
Wasserschutzgebiet	Masche

Tabelle 2: Beispiel für Attribute an Netzelementen

Die Liste der Referenzen und Attribute ist völlig offen und abhängig von den Bedürfnissen des Betreibers, seiner Anwendungen und seiner Auswertungswünsche. Sie kann jederzeit verändert werden, ohne daß eine Reorganisation der Datenbasis notwendig ist.

Zu beachten ist in diesem Zusammenhang, daß die Referenzen und Attribute von den Netzelementen "getragen" werden. Im Falle der Manipulation der Basiselemente sind auch die Veränderungen auf der Referenz- bzw. Attributebene immer mit zu betrachten.

2. Wozu brauchen wir nun diese Daten?

Zunächst ist festzustellen, daß es die primäre Aufgabe des Raumbezugssystems ist, die notwendigen räumlichen Daten für Analyseprogramme zur Verfügung zu stellen.

Nur sehr wenige Analysen können mit dem RBS-Instrumentarium direkt durchgeführt werden, z. B. durch Ausnutzung der Kartiermöglichkeiten insbesondere der Attribute.

Einige wichtige Ansätze hierbei sind:

1. Die Ausnutzung der topologischen Zusammenhänge des Netzes zur Unterstützung der räumlichen Datenaggregation. Das kann sowohl die Bereitstellung von ganzen Netzabzügen für spezielle Programme (z. B. SALADIN), als auch die Bereitstellung von Referenztabelle für herkömmliche Aggregationsprogramme (z. B. DABANK) sein. Die Referenztabelle können dabei unter voller Ausnutzung der topologischen Verknüpfung und den damit definierten Nachbarschaftsbeziehungen (z. B. die Segmentseiten- oder Maschenseitentabelle) erstellt werden.
2. Die Bereitstellung von geometrischen Daten zur Ermittlung von statistischen Kenngrößen (z. B. Dichtewerte) oder zur Lagebestimmung (z. B. Schwerpunktkoordinaten).

3. Die Bereitstellung von Netzdaten für den Einsatz von speziellen auf der Graphentheorie basierenden Algorithmen zur Berechnung von Wegen, Entfernungen und Flüssen (z. B. PUSTA, STREAK, TRANPLAN).
4. Bereitstellung von geometrischen Informationen für spezielle Kartierprogramme in Form von punkt-, linien- und flächenhaften geometrischen Modellfiguren der unterschiedlichen Raumbezüge (z. B. für SIKART, INKAS-P, EASY-MAP).

In der Praxis haben fast nur Mischformen der o. g. Ansätze eine Bedeutung.

Auf eine detailliertere Darstellung der Anwendungen muß hier aus Zeitgründen verzichtet werden. Es sei auf die verschiedensten Publikationen hierzu verwiesen.

Es sei mir aber noch eine Anmerkung erlaubt. Aus dem Vorgenannten wird deutlich, daß das Regionale Bezugssystem die konsequente Weiterentwicklung der häufig im kommunalen statistischen Bereich anzutreffenden Regionaltabellen bzw. Blockseitendateien darstellt.

Das Raumbezugssystem bietet hierbei drei wesentliche Vorteile:

1. die Minimierung redundanter Informationen.
2. eine Maximierung der Kontrollmöglichkeiten und
3. die Integration von geometrischen Lageinformationen.

Die wesentlichen Teile der Regionaltabellen bzw. Blockseitendateien können daher aus dem Netz abgeleitet werden. Eine "doppelte Buchführung" ist daher nicht notwendig.

Zur Besichtigung einiger Ergebnisse aus einer Vielzahl von Anwendungen, wie sie in der Stadt Köln durchgeführt werden, möchte ich Sie alle herzlich in die Ausstellung einladen.

3. Wie muß die Datenbasis aufgrund der bisherigen Erfahrungen gehandhabt werden?

Zur programmtechnischen Unterstützung des Raumbezugssystems innerhalb des Statistischen Informationssystems ist heute das Programmsystem SINETZ am weitesten verbreitet. Dieses im KOSIS-Verbund gewartete System ist nun seit rund zehn Jahren im Einsatz. Dabei wird die Struktur von ca. 60 Städten und Gemeinden unterschiedlichster Größe in dieser Form vorgehalten.

Aufgrund der dabei gemachten Erfahrungen und unter Berücksichtigung der technologischen Entwicklungen haben sich in den letzten Jahren Anforderungen an die Pflege und Wartung herausgebildet, die zur Gewährleistung einer konsistenten Datenbasis erforderlich sind.

So waren die ersten Ansätze der Korrektur und Fortschreibung an den Elementen des Netzes orientiert. Man konnte jedes Netzelement (S,K,M) einzeln hinzufügen, ändern und wenn es sinnvoll war auch wieder löschen (HNEL.ANEL.LNEL). Zur Herstellung bzw. Überprüfung der topologischen Verknüpfungen wurden spezielle Funktionen angeboten (GEMA.ORMA) und über eine Sitzung hinweg erhielt der Bediener auch noch Hinweise über mögliche topologische Inkonsistenzen (KRIMA). Die Referenzen wurden im Prinzip an jedes einzelne Element vergeben und auch wieder einzeln geändert. Verstöße gegen die Planaritätsbedingung waren nur durch optische Prüfung von Kontroll- bzw. Dokumentationsplots zu erkennen.

Die Verantwortung über die Netzkonsistenz lag voll in der Verantwortung des Bearbeiters, der für einen Fortschreibungsfall alle notwendigen Kommandofolgen und deren Konsequenzen im Kopf haben mußte. Die Unterbrechung der Arbeit war zwar zu jeder Zeit möglich aber nur an definierten Stellen sinnvoll.

In einem ersten Schritt zur Verbesserung der Benutzerfreundlichkeit wurde im Statistischen Landesamt Hamburg eine neue Generation von Fortschreibungskommandos entwickelt. Dabei wurden zwei Hauptziele verfolgt. Erstens sollten für immer wiederkehrende Kommandosequenzen erweiterte Kommandos geschaffen werden, die eine redundante Eingabe von Werten überflüssig macht und zweitens sollte nach jeder Fortschreibungsoperation ein konsistentes Netz, hinsichtlich der Netztopologie und der Planarität bestehen.

Um diese Anforderungen zu erfüllen, mußte man die topologischen und geometrischen Eigenschaften des Netzes mit in die Kommandos integrieren bzw. bei deren Definition mit berücksichtigen.

Zwei Beispiele seien hierfür aufgezeigt:

Eine der topologischen Eigenschaften liegt darin, daß kein Knoten alleine existieren darf, was dazu führte, daß die Behandlung von Knoten nur in Verbindung mit Segmenten erlaubt ist. Ein Segment darf nur hinzugefügt werden, wenn dabei ein neuer Knoten entsteht oder gelöscht wird bzw. wenn dabei ein Knoten wegfällt. Andere Gründe für das Hinzufügen oder Löschen eines Knotens sind nur noch das Teilen eines Segmentes oder das Vereinigen von zwei Segmenten an ihrem gemeinsamen Knoten.

Eine weitere wesentliche topologische Eigenschaft wurde im Falle des Hinzufügens oder Löschens eines Segmentes unter Beibehaltung der beteiligten Knoten ausgenutzt; dies ist dann gleichzeitig die Teilung einer oder die Vereinigung zweier Maschen.

Für den Einstieg in diese Problematik wurden zunächst drei neue Kommandos geschaffen, die inzwischen ihre Wirksamkeit im praktischen Einsatz erfolgreich bewiesen haben.

HSEG für das Hinzufügen von Segmenten, TSEG für das Teilen von Segmenten und TMAS für das Teilen von Maschen wurden vorrangig implementiert. Gleichzeitig wurden in diese Operation geometrische Prüfungen und die Überprüfung bzw. Generierung der topologischen Verknüpfungen integriert.

Zur Zeit kann noch nicht ganz auf die sog. Basiskommandos verzichtet werden, da z. B. die Kommandos zum Löschen von Netzelementen noch nicht zur Verfügung stehen.

Die bisher beschriebene Fortschreibung ist an einem alphanumerischen Terminal orientiert. Die immer weiter entwickelte Technik bei der graphischen Datenverarbeitung führt natürlich auch bei der hier zu lösenden Aufgabe zu neuen Anforderungen.

So wurde im Arbeitskreis RBS des KOSIS-Verbundes aufbauend auf Vorarbeiten in der Stadtverwaltung Wuppertal ein Konzept für einen Interaktiven Graphischen Arbeitsplatz zur Fortschreibung des statistischen Raumbezugsnetzes erarbeitet.

Hierbei wird versucht

1. die aufwendige Ermittlung einzelner Koordinatenwerte für Fortschreibungsoperationen zu vermeiden und
2. eine sofortige visuelle Kontrolle der Veränderung zu ermöglichen.

Diese Interaktiv Graphische Netzfortschreibung (IGN) steht heute für SIEMENS-Anwender basierend auf einem SICAD-Arbeitsplatz als graphische Workstation zur Verfügung. Für IBM-Anwender wurde ein Gegenstück, basierend auf einem IBM-AT oder kompatibelem Rechner mit entsprechender Erweiterung um Graphische Hardware, entwickelt. Die umgestellte und ergänzte Software ist in der letzten Testphase.

Ein solcher Arbeitsplatz wurde vom KGRZ-Starkenburg, einem Mitglied des KOSIS-Verbundes, zur Verfügung gestellt und kann in der Ausstellung besichtigt werden.

Als nächster Schritt in der Entwicklung interaktiv graphischer Fortschreibung wird die Fortschreibung der Attribute und Referenzen angegangen.

Auch hier kann heute schon gesagt werden, daß aufgrund der Eigenschaften eines Attributes bzw. einer Referenz ganz unterschiedliche Anforderungen an die Fortführungsoperationen vorliegen und diese Anforderungen Basis für das zu erarbeitende Konzept sein werden.

Hier werden zur Zeit die Vorstellungen der Verbundmitglieder gesammelt. Ich hoffe, Ihnen darüber bald berichten zu können.

Zusammenfassung:

Lassen Sie mich zum Anschluß noch einmal die wichtigsten Gründe und Anforderungen zusammenstellen:

Der Einsatz bzw. die Nutzung der Netzdaten setzt ein topologisch verknüpftes Netz voraus. Ein rein geometrisch orientiertes Netz reicht nicht aus, da in diesem Fall, wie die Erfahrungen mit großen Netzen zeigen, die Wahrung der Konsistenz nicht gegeben ist.

Es ist notwendig, die Konsistenz nach Abschluß jeder Fortschreibung zu gewährleisten, d. h. die Datenstruktur muß optimal auf die Funktionen abgestimmt sein, um eine akzeptable Antwortzeit zu gewährleisten.

Zum Erreichen des vorgenannten Zieles und einer akzeptablen Benutzeroberfläche (Benutzerschnittstelle) sind Fortschreibungsfunktionen notwendig, die die speziellen Eigenschaften der Netzelemente, der Attribute und Referenzen ausnutzen.

Bitte denken Sie daran, daß das Raumbezugsnetz vordringlich zur Unterstützung der Lösung raumbezogener Fragestellungen und nicht zur Lösung von kartographischen Problemen dient. Ein an den kartographischen Anforderungen orientierter Lösungsansatz hat ein anderes Ziel im Auge und ist daher nicht als Lösung für die RBS Problematik geeignet.

Dieses haben auch die Hersteller kommerzieller Geographischer Datenbanken erkannt. Es wird daher in nächster Zeit eine neue Generation Geographischer Datenbanken auf den Markt kommen, die auf dem topologischen Ansatz beruhen.

So beruht das System 9 der Firma Wild/Heerbrugg und das System TIGRIS der Firma Intergraph auf diesen Grundlagen. !

Sofern Sie also in ihrer Kommune zur Zustimmung zu einer integrierten Lösung eines geographischen Informationssystems aufgefordert werden, erinnern Sie sich an diesen Anforderungskatalog. Prüfen Sie im Detail, was Ihnen angeboten wird. Für weitergehende Fragen stehen Ihnen bestimmt die Mitglieder der Wartungsgemeinschaft RBS gerne zur Verfügung.