

Forschungsprojekte der Abteilung Geoinformation an der TU Wien

Andrew U. Frank, Sabine Timpf

Angaben zur Veröffentlichung / Publication details:

Frank, Andrew U., and Sabine Timpf. 1995. "Forschungsprojekte der Abteilung Geoinformation an der TU Wien." *Nachrichten aus dem Karten- und Vermessungswesen* 1995 (1): 51–63. <http://www.bkg.bund.de/>.

Nutzungsbedingungen / Terms of use:

licgercopyright

Dieses Dokument wird unter folgenden Bedingungen zur Verfügung gestellt: / This document is made available under these conditions:

Deutsches Urheberrecht

Weitere Informationen finden Sie unter: / For more information see:

<https://www.uni-augsburg.de/de/organisation/bibliothek/publizieren-zitieren-archivieren/publiz/>



Forschungsprojekte der Abteilung Geoinformation an der TU Wien

Von Andrew U. Frank und Sabine Timpf, TU Wien

ZUSAMMENFASSUNG: Die folgende Zusammenstellung stellt Forschungsprojekte der Abteilung Geoinformation an der TU Wien vor. Wir beschäftigen uns hauptsächlich mit der Frage, wie Raum und Zeit in Geographischen Informationssystemen (GIS) dargestellt werden können. Dabei stützen wir uns in vielen Fällen auf die Teile der Kognitionswissenschaften, die die Perzeption des Raumes erforschen. Daraus lassen sich räumliche und zeitliche Konzepte ableiten, die wir mit formalen Methoden in Geographische Informationssysteme einbauen. Das Gesamtbestreben in Zusammenarbeit mit anderen Universitäten und Forschungsinstituten gilt der Begründung einer Theorie der räumlichen und zeitlichen Information.

ABSTRACT: This paper introduces the reader to actual research projects at the Department of Geoinformation at the Technical University Vienna. We are primarily concerned about the question how to incorporate space and time into Geographic Information Systems (GIS). The approach is inspired by results from cognitive science describing human perception of space and time. Our method is to formally define spatial and temporal concepts to be included in Geographic Information Systems, and our aim is to build a theory of spatio-temporal information with our research partners.

RÉSUMÉ: Ce papier vous introduit à la recherche actuelle du département géoinformatique de l'université technique de Vienne. Nous voulons incorporer l'espace et le temps dans les systèmes d'information géographiques (SIG). Nous sommes inspirées par la science cognitive, qui décrit la perception de l'espace et du temps. Nous utilisons une méthode algébrique pour définir les conceptions de l'espace et du temps, et pour les inclure dans les systèmes de l'information géographiques. Notre objectif est de construire une théorie de l'information spatio-temporelle avec nos partners de recherche.

1 EINFÜHRUNG

Unsere Arbeit kreist in den meisten Fällen um die Frage, wie Raum und Zeit in einem Geographischen Informationssystem (GIS) dargestellt und formalisiert werden können. Damit führen wir Arbeiten weiter, die im National Center for Geographic Information and Analysis [Abler, 1987][NCGIA, 1989] begonnen wurden. Dort wurde eine Reihe von

Forschungsschwerpunkten zur Modellierung von Zeit und Raum, speziell des 'geographischen Raumes', angelegt [Mark *et al.*, 1989]. In einer ersten Phase mußten wir feststellen, daß schon für den wissenschaftlichen Diskurs das einfache euklidische Raumkonzept nicht ausreicht [Mark, 1988]. Andere Konzepte, die für die wissenschaftliche Diskussion wesentlich sind, sind z.B. Graphen-Modelle. Es wurde deutlich, daß das verwendete Modell vom Zweck der Diskussion, d.h. von der zu lösenden Aufgabe, abhängt [Frank, and Mark, 1991][Mark, and Frank, 1994].

Ursprünglich wurden vor allem die Implementierung diskutiert, später wurden dann auch verschiedene Methoden Raum zu sehen untersucht. Es stellte sich heraus, daß die einfachen Modelle nicht ohne Schwierigkeiten formalisiert und auf endliche Computersysteme abgebildet werden können. Wir unterscheiden folgende Begriffe:

- Ein *Raumkonzept* beschreibt die Vorstellung vom Raum, z.B. ein Wegenetz oder eine Parzellenstruktur.
- Ein *geometrisches Modell* formalisiert dieses Konzept, z.B. ein Graph oder eine topologisches Raummodell.
- Eine (*räumliche*) *Datenstruktur* implementiert ein geometrisches Modell, z.B. Quadtree.

Insbesondere ist das Raummodell stark davon abhängig, wie groß der Raum ist, wie der Mensch diesen Raum wahrnimmt und sich darin bewegt. Wir benutzen deshalb als Arbeitshypothese heute einen Ansatz, der stark von der Kognitionsforschung beeinflusst ist. Dabei folgen wir besonders Methoden, die die menschliche Sprache untersuchen und Rückschlüsse auf das menschliche Denken und die angewandten Konzepte erlauben [Jackendoff, 1983][Talmy, 1983]. Daraus folgen Vorstellungen über die räumlichen Konzepte, die unserem Denken zugrunde liegen [Johnson, 1987; Lakoff, 1987; Lakoff, 1988; Lakoff, and Johnson, 1980]. Diese Ideen sind aber nicht so revolutionär, wie sie sich anhören, sondern finden sich schon bei Kant in der Kritik der reinen Vernunft.

Für die Untersuchung räumlicher Konzepte ist die Unterscheidung der verschiedenen Räume [Montello, 1993] entscheidend. Üblicherweise wird zwischen dem "small scale space" und dem "large scale space" unterschieden. Wenn man aber die Perzeptionsmethode genauer betrachtet [Couclelis, and Gale, 1986], so wird deutlich, daß man etwa folgende Räume identifizieren kann:

- *Bild-Raum* (pictorial space): der 2D Raum einer Graphik oder eines Bildes

- *Figuralraum* (figural space): der 3D Raum einer Tischfläche mit kleinen Objekten; die Objekte sind kleiner als der Mensch und werden bewegt, die Szene kann mit einem Blick erfaßt werden.
- *Ausblick*(vista space): der Raum und die Gegenstände darin sind größer als der Mensch, aber können mit einem einzigen Blick erfaßt werden.
- *Umgebung* (environmental space): der Raum und die Gegenstände darin sind größer als der Mensch; der Raum kann nicht von einem einzigen Punkt her erfaßt werden, sondern der Mensch bewegt sich im Raum und verschiedene Eindrücke werden über die Zeit zu einem Gesamtbild zusammengefaßt.
- *Geographischer Raum* (geographical space): ein Raum der viel größer ist als der Mensch und nicht mehr direkt erfahren werden kann, sondern durch die Betrachtung von Karten oder Satellitenbildern erlernt wird.

Diese Perspektive ist durchaus für die Kartographie anwendbar [Head, 1991; Schlichtmann, 1991], aber auch für die Diskussion, wie man sich die mentale Karte am besten vorstellen muß [Tversky, 1993]. Formale Modelle zur Beschreibung des Raumes werden z.B. helfen, daß beschreibbar wird, welche Informationen Menschen aus der Lektüre von Karten gewinnen.

Die Erfahrung in der Umgebung wird separariert von der Erfahrung mit kleinen Räumen und zeigt wie die allgemeinen Untersuchungen zur Formalisierung von räumlichen Beziehungen differenzierter angepackt werden müssen. Arbeiten über topologische Relationen untersuchen nun nicht die allgemeinen Beziehungen [Egenhofer, and Herring, 1990], sondern spezifisch deren Anwendung auf die Umgebung [Mark, and Egenhofer, 1994]. Ähnlich kann der Unterschied zwischen den allgemeinen Arbeiten über qualitatives Schließen mit Distanzen und Richtungen [Freksa, 1992] Cohn in [Burrough, and Frank, 1995] auf den Raum angewandt werden. Hernandez wendet sie auf einen Figuralraum oder Ausblick an, während Frank sie auf den Umgebungs-Raum anwendet [Frank, 1995b].

Allgemeine Forschung über räumliche Konzepte scheint heute nicht besonders aussichtsreich: die bekannten generellen Raumkonzepte, wie z.B. Raster oder Vektormodell, sind ausreichend bekannt und Differenzen zwischen Modellen sind nur noch marginal.. Bekannt ist hingegen, daß sie nicht ausreichen, um alle Anwendungserfordernisse abzudecken.

Kürzlich untersuchten wir die große Gruppe der Objekte im Raum, die nicht genau begrenzt sind oder deren Grenzen nicht genau bekannt sind [Burrough, and Frank, 1995] z.B. Sumpfbereich, Bodentypen, Regionen. Mit heutigen GIS sind solche Objekte sehr

schwer in eine Datensammlung aufzunehmen. Es gibt offensichtlich mehrere verschiedene Typen von solchen Situationen, die zu unterscheiden wären (Couclelis in [Burrough, and Frank, 1995],[Burrough, and Frank, 1994]).

Unser Vorgehen ist denn auch immer von einem speziellen Fall ausgehend, der uns hilft, relevante Fragen in einem speziellen Kontext nachzugehen. Wir erwarten, daß sich die gewonnenen Ergebnisse dann auch verallgemeinern lassen.

Auf den nächsten Seiten werden einige gegenwärtig bearbeitete Fragen vorgestellt. Zuerst geht es um die Modellierung von Raum und Raumbezug, wobei die Modellierung von hierarchischen Strukturen besonders bearbeitet wird. Danach werden die kognitiven Konzepte auf die Modellierung von Datenqualität, Benutzbarkeit von Daten angewandt, wobei sich daraus Hinweise für die Methodik bei der Gestaltung eines GIS für eine Organisation ergeben. Schließlich sind kognitive Methoden, besonders das Konzept der Metapher nützlich für den Entwurf und die Bewertung von Benutzerschnittstellen.

2 MODELLIERUNG VON RAUM UND RAUMBEZUG

2.1 SIMPLIZIALKOMPLEXE AUF EINER DISKRETEN GEOMETRIE AUFGEBAUT

Mitarbeiter: Werner Höbbling und Werner Kuhn

Die Realisierung geometrischer Modelle aufbauend auf euklidischer Geometrie in einem Computer ist schwierig, da euklidische Geometrie eine unendliche Punktmenge erfordert, der Computer aber nur eine endliche Zahl von Punkten unterscheiden kann. Dies ist ein Problem das besonders bei der Berechnung von "Overlay" Operationen große praktische Schwierigkeiten bereitet. Greene und Yao [Greene, and Yao, 1986] haben eine Methode angegeben, wie man die Fehler bei der Berechnung von Geradenschnitten begrenzt. Diese Methode kann für Graphen [Gueting, and Schneider, 1992] oder für Simplicialkomplexe [Frank, and Kuhn, 1986; Höbbling, and Kuhn, 1994] angewandt werden.

2.2. HIERARCHISCHES RÄUMLICHES SCHLIEßEN

Mitarbeiter: Adrijana Car

Menschen verwenden Hierarchien, um konzeptionelle Modelle der Realität zu vereinfachen und damit die gestellten Aufgaben effizienter durchführen zu können. Dabei wird der Raum hierarchisch strukturiert. Dies erleichtert die Durchführung komplexer

Aufgaben mit sehr großen Datenbeständen [Golledge, 1992]. Eine der wichtigsten Forschungsfragen im Bereich des Räumlichen Schließens ist das Verständnis, wie kognitive räumliche Strukturen gestaltet sind und verwendet werden.

Im besonderen wird hier die Wegesuche in großen Straßennetzen als Spezialfall untersucht. Ziel dieser Studie ist es, durch Formalisierung der Hierarchisierung von großen Straßennetzen ein konzeptionelles Modell der Hierarchie für den Raum und dafür einen effizienten Algorithmus zur Wegesuche abzuleiten und Heuristiken für das räumliche Schließen festzulegen [Car, 1993]. Methoden und Resultate ergeben die den Heuristiken zugrunde liegende Theorie. Es ist zu erwarten, daß ihre Anwendung zum Beispiel in Automobilnavigationssystemen eine effektive Wegesuche in großen Straßennetzen ermöglicht.

Im allgemeinen nennen wir jeden Inferenzprozeß über den Raum, welcher die Hierarchie zur Unterteilung der Aufgabe oder des Raumes anwendet, *hierarchisch*. Dazu braucht es:

1. eine hierarchische Struktur des Raumes und die Methode um den 'flachen' Raum (in einer Ebene) in den äquivalenten hierarchischen Raum transformieren zu können,
2. eine Anzahl von Regeln, welche aussagen, wie die Struktur zum Schließen verwendet wird, insbesondere wann und wie zwischen den Ebenen gewechselt wird,
3. einen Vergleich der "Korrektheit" von Resultaten und der Effizienz der hierarchischen Strukturierung mit der nicht-hierarchischen Methode.

Diese Komponenten stellen die Grundprinzipien des hierarchischen räumlichen Schließens dar [Car, and Frank 1994].

2.3. BEDINGUNGEN IN KARTEN

Im Rahmen des ESPRIT Networks CONTESSA untersuchen wir die Anwendung von Constraint Databases für GIS Aufgaben. Insbesondere wollen wir Anwendungsbeispiele für Bedingungen geben, mit denen nachher geprüft werden kann, ob Datenbanken mit Bedingungen für GIS Anwendungen langfristig interessant sind. Zwei Arbeitsbereiche stehen dabei im Vordergrund:

Bedingungen zwischen Kartensymbolen, und
Regeln für die Gestaltung eines Bebauungsplanes.

Ausgehend von einer Arbeit an der University of Maine, die die Bedingungen zwischen Kartensymbolen mit algebraischen Mitteln formalisiert hat [Bicking, 1994]

werden Bedingungen in andere Formalismen Übertragen um diese, und die zugehörigen experimentellen Datenbanksysteme, zu prüfen. Es geht dabei um Regeln wie, daß eine Brücke auf beiden Seiten an eine Straße oder Eisenbahnlinie angeschlossen sein muß und eine andere Linie kreuzen muß.

In der zweiten Anwendung geht es darum, die Regeln die für eine zulässige Nutzung in Baugesetzen oder Bauordnungen festgelegt werden, zu formalisieren. Ist es damit möglich, eingereichte Bauprojekte zu überprüfen oder ist es gar möglich, für einen gegebenen Bauplatz die bestmögliche Bebauung zu finden?

In beiden Fällen interessiert die Mächtigkeit der Sprache, in der die Bedingungen ausgedrückt werden und wie sie sich für die Beschreibung räumlicher Bedingungen eignet. Speziell untersucht die Gruppe, wie sich Bedingungen in Datenbanksysteme effizient einbauen lassen, wobei gerade räumliche Daten und GIS Applikationen besonders schwierige aber auch interessante Anwendungen liefern.

2.4. STRECKEN UND RICHTUNGEN

Die bekanntesten Methoden mit Richtungen und Distanzen logische Schlußfolgerungen anzustellen, beruhen auf kartesischen Koordinaten und Vektoraddition. Menschen geben Angaben über Distanzen und Richtungen in einem qualitativen Format "Berlin ist nördlich von München" oder "Wien ist östlich von München" und nicht als Zahlenwerte. Menschen können auch zwei derartige Ausdrücke kombinieren, und aus den obigen Angaben schließen, "Berlin ist nordwestlich von Wien". Im menschlichen Denken werden sicher nicht trigonometrische Funktionen und analytische Geometrie angewendet.

Ein System für das symbolische Schließen mit einer kleinen Zahl von Distanzwerten (hier, nah, nicht weit, weit, sehr weit) und acht Werten für Richtungen (N, NE, E, etc.). wurde formalisiert. Die Resultate zeigen eine recht gute Übereinstimmung mit der Vektoraddition [Frank, 1992; Frank, 1995b].

Im Moment interessiert uns, eine bessere, einfachere Formalisierung zu finden und die Verbindung zwischen den Schlüssen über Distanzen und Richtungen besser zu kombinieren.

2.5. KARTOGRAPHISCHE DATENMODELLE FÜR MAßSTABSREIHEN MIT MULTIPLER REPRÄSENTATION

Mitarbeiter: Sabine Timpf

Geographische Informationssysteme beinhalten räumliche Daten, die auf dem Bildschirm dargestellt werden. Es gibt schon sehr viele Graphikpakete, in denen Daten mit geometrischen Eigenschaften in verschiedenen Auflösungen präsentiert werden. Eine übergangslose Darstellung von verschiedenen Auflösungen stellt uns vor das schwierige Problem der kartographischen Generalisierung, das zwar für bestimmte Aspekte gelöst wurde, für das es aber eine generelle Lösung noch nicht gibt (für einen guten Überblick: [Buttenfield, and McMaster, 1991]). In praktischen Anwendungen werden mehrere Grundkarten abgespeichert und graphisch vergrößert oder verkleinert. Ohne große Verzerrungen zu riskieren, können solche graphischen Vergrößerungen nur bis zum doppelten oder halben Maßstab durchgeführt werden. Wir beschränken uns für die weiteren Betrachtungen auf das Vergrößern von Karteninhalten.

Die Idee dieser Arbeit ist es, einen Baum bzw. einen azyklischen, gerichteten Graphen (DAG) als Datenstruktur zu nutzen und prä-generalisierte, graphische Darstellungen der Objekte abzuspeichern [Frank, and Timpf, 1994], [Timpf, and Frank, 1995]. Diese Datenstruktur ersetzt alle Schritte, die schwierig zu automatisieren sind, durch redundante Speicherung. Die resultierende DAG-Struktur ist komplexer als andere Speicherstrukturen, da sich die Objekte in ihrem Aussehen stark ändern können. Sie ist verwandt mit Quadrees [Samet, 1989] und Strip-trees. Die Objekte werden dann in einer Karte zusammengesetzt. Dabei wird das Prinzip der gleichen Informationsdichte verwendet, das von Töpfer's Wurzelgesetz [Töpfer, and Pillewitzer, 1966] abgeleitet werden kann. Ein Maß der Informationsdichte ist die Schwärze (Anzahl der schwarzen Pixel) pro Karte. Wir gehen davon aus, daß es einen bestimmten Prozentsatz Schwärze für jede Karte gibt und daß dieser empirisch zu bestimmen ist.

2.6. ZEIT IN GIS

Es gibt seit langer Zeit den Wunsch, Funktionalität für temporale Daten in eine GIS einzubauen [Barrera, and Al-Taha, 1990]. Einerseits ist das für die wissenschaftliche Untersuchung von sich ändernden Systemen Voraussetzung [Langran, 1988; Langran, 1989; Langran, and Chrisman, 1988]. Die Verarbeitung zeitbezogener Daten ist aber auch für fast alle administrativen Prozesse notwendig [Al-Taha, 1992; Al-Taha, and Frank, 1991].

In kürzlichen Arbeiten haben wir verschiedene Zeittypen, ähnlich wie die verschiedene Raumtypen, formalisiert [Frank, 1995a; Frank, 1994]. Je nach Anwendung, wird Zeit ganz unterschiedlich gemessen (z.B. wie viele Tage sind es vom Montag bis Freitag: wenn sie Arbeiten sind es fünf, wenn sie von der Bank Zinsen erhalten sind es nur 3). Es gibt Zeitsysteme, die kontinuierlich gedacht werden, und andere, bei denen

Zeitabschnitte Äquivalenz-Klassen bilden (alle Einzahlungen am Montag werden von der Bank gleich behandelt).

Zwei Ereignisse sind oft fast zum gleichen Zeitpunkt, so daß eine Unterscheidung, was zuerst kam, nicht sicher möglich ist. Das Konzept des "tolerance space" [Robert, 1973] scheint hilfreich, um solche Situationen auch im temporalen Bereich zu formalisieren.

2.7. MEßBASIERTE SYSTEME

Mitarbeiter: Peter Haunold

Die Aktuellhaltung eines bestehenden Katasters oder der Aufbau eines neuen Katasters stellen große Probleme in der Katastervermessung dar. Zur Zeit sind Kataster und übergeordnete Triangulierungspunktnetze auf Koordinaten aufgebaut. Neue Messungen mit modernen Technologien führen zu Fehlern in den alten Koordinaten, welche nicht korrigiert werden können. Oft wird daher empfohlen, das Festpunktfeld neu zu vermessen, bevor mit der eigentlichen Katastervermessung begonnen wird. Das führt zur Verzögerung der Einführung eines modernen Katasters von mehreren Jahren.

Die Verwendung von GIS (Datenbanken und Werkzeuge) erleichtert und beschleunigt den Umgang und die Handhabung räumlicher Daten, als welche Messergebnisse anzusehen sind. Meßbasierte GIS benötigen kein bestehendes Festpunktfeld zur Anlegung eines Katasters. Die Katastervermessung kann für einen bestimmten Bereich begonnen werden und man erhält sofort Ergebnisse. Das Ergebnis ist räumliche Information in Form der Messungen, welche in lokale Koordinaten übergeführt werden kann. Das Festpunktfeld kann später vermessen werden und ein landesweites System kann entstehen.

Meßbasierte GIS bieten zusätzlich Möglichkeiten für:

- Inkrementelle Implementierung,
- Aktualisierung der Daten,
- Verbesserung der Genauigkeit,
- Korrektes Einbinden verschiedenster Daten,
- Erhalt der primären Information (Messungen)

3 DATENQUALITÄT, INFORMATIONSPRODUKTE UND GIS PROJEKTIERUNG

Mitarbeiter: Heinz Stanek

Die Beschreibung von Datenqualität ist heute ein extrem wichtiges Thema. Der Aufbau von räumlichen Datensammlungen schreitet rapid voran. Die gesammelten Daten sind vielfältig anwendbar, aber in jedem Fall muß der Benutzer entscheiden, ob sich Daten für die von ihm anvisierte Anwendung geeignet sind ('fitness for use'[Chrisman, 1991]). Die Beschreibung von Datenqualität kann nur aufgrund bestimmter Modelle erfolgen. Für die Präzision von Punktdaten wird zum Beispiel meist ein Modell einer zufälligen (normalverteilten) Streuung des Punktes um den wahren Ort angewendet. Im Rahmen einer Arbeitsgruppe von CEN sollen nun solche Modelle festgelegt werden, damit dann Datenqualität gemessen und beschreibbar wird. Für die Präzision der Punktlage wird meist die Verteilung mit der Standardabweichung charakterisiert. Diese Idee soll nun auch auf die anderen Parameter ausgedehnt werden (siehe [Burrough, 1986; Cassettari, 1993; Fischer, 1991; Goodchild, 1991; Stanek, and Frank, 1993]).

3.1. MACHBARKEITSTUDIE: TRASSENPARAMETERBESTIMMUNG

Mitarbeiter: Volker Struppek

Vom Bundesministerium für wirtschaftliche Angelegenheiten wurden wir eingeladen, zu prüfen, ob aus den bestehenden Datenbeständen der digitalen topographischen Karte des Bundesamtes für Eich und Vermessungswesen (BEV) eine bundesweite Datenbank über die Autobahnen und Bundesstraßen in Österreich aufgebaut werden kann. Eine solche Datenbank könnte für verschiedene Aufgaben der obersten Aufsichtsbehörde für die Bundesstraßen dienen, z.B. um gefährliche Stellen im Straßennetz zu finden, indem man nach Strecken sucht, in denen der Lenker nach einem geraden Anstieg nach der Kuppe durch eine scharfe Kurve überrascht wird.

Voraussetzung für solche Auswertungen ist eine bundesweite, nach einheitlichen Gesichtspunkten aufgebaute Datenbank über die Autobahnen und Bundesstraßen. Diese soll die Lage der Straße aber auch die Parameter der Trasse enthalten, so daß Ausgaben in Tabellenform aber auch in graphische Form möglich ist.

Im Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BEV) wurde ein topographisches Modell für die ÖK 50 aus Stereophotogrammetrie und Orthophotos bestimmt. Können diese Daten umgeformt werden und ist das Resultat für die gewünschte Anwendung gut genug?

Die Nutzung von Daten, die durch andere gesammelt werden, ist nur möglich, wenn die Daten in einer Qualität vorliegen, die für die beabsichtigte Nutzung ausreicht. Es gilt also aus der Datenqualität der Ausgangsdaten die Qualität der umgeformten Daten zu bestimmen und mit den Anforderungen zu vergleichen [Struppek, and Frank, 1994].

3.2 INFORMATIONSPRODUKT ZENTRIERTE PROJEKTIERUNG VON GIS

Die Projektierung eines GIS, wie eines Informationssystemes überhaupt, hat noch wenig Tradition. In vielen Fällen wird auch heute noch die Hardware in das Zentrum gesetzt, was angesichts des raschen Wechsels von Hardware offensichtlich falsch ist.

Wir setzen die Aufgabe der Organisation, die sich ein GIS aufbauen will, in das Zentrum und beginnen mit der Aufzählung der Informations-Anforderungen, die für die Erfüllung dieser Aufgaben notwendig sind. Daraus folgt, welche Informations-Produkte das System liefern soll. Die Skizzen der Informationsprodukte bilden das Kernstück des Pflichtenheftes: diese Produkte muß das System liefern.

Daraus folgt dann logisch,

- welche Daten im System vorhanden sein müssen.
- welche Umformungen notwendig sind
- welche Abfrage und Ausgabemethoden bereitzustellen sind.

Es muß dann ein Mengengerüst für die Daten, Abfragehandlungen und Produkte angegeben werden. Es muß aber auch die Datenqualität der Ausgangsdaten und die erwartete Qualität der Produkte geschätzt und mit den Erfordernissen verglichen werden.

Die Betrachtungsweise, die Informationsprodukte und deren Qualität in das Zentrum stellt, scheint zu einem besonders einfachen, logischen Struktur für Machbarkeitsstudien, Ausschreibungen und anderen Dokumenten für die Projektierung von GIS zu führen.

4 INTERAKTION VON BENUTZERN UND GIS

Mitarbeiter: Dr. Werner Kuhn

Das übergeordnete Ziel ist die Steigerung der *Nutzbarkeit* von Geoinformationssystemen (GIS). Darunter verstehen wir sowohl die Verbesserung bestehender Systeme als auch die Konzeption neuer technischer und organisatorischer Lösungen, um den Einsatz dieser Systeme für neue Aufgaben zu ermöglichen. Einige Ansätze, die wir auf dem Weg zu diesem Ziel verfolgen, sind:

4.1 METAPHERN FÜR GIS

Eine Metapher strukturiert ein System in Analogie zu einer dem Benutzer vertrauten Umgebung (z.B. ein Betriebssystem als Schreibtisch, oder ein geographisches Analysesystem als Leuchttisch). Die Arbeiten zielen auf eine Methode zur systematischen

Gestaltung und Analyse von Metaphern für Benutzerschnittstellen ab [Kuhn, and Frank, 1991; Kuhn, 1993]. Der bestehende Ansatz soll nun mittels Fallstudien in bestimmten Anwendungsbereichen (z.B. Umweltinformation, Fahrzeugnavigation) überprüft, angepaßt und erweitert werden.

4.2 ERWEITERUNG DES GIS BENUTZERKREISES

GIS haben einen großen wirtschaftlichen und sozialen Wert für Entscheidungsträger, etwa in den Bereichen Planung und Umwelt. Dies erfordert jedoch völlig andere Benutzerschnittstellen als bei Systemen, die von speziell ausgebildeten Fachkräften eingesetzt werden. Der Aufbau auf geeigneten Metaphern erscheint heute als der geeignetste Ansatz dafür. Solche ergeben sich aus einer genauen Analyse der Arbeitsprozesse [Kuhn, 1992].

4.3 ANWENDUNG NEUER INTERAKTIONSTECHNOLOGIEN FÜR GIS

Virtuelle Welten (Virtual Reality) und computergestütztes kooperatives Arbeiten (Computer Supported Cooperative Work, CSCW) sind zwei Technologiebereiche mit faszinierenden Anwendungsmöglichkeiten für Geoinformationssysteme, z.B. im Bereich der Planung oder der Leitungsdokumentation. Heute ist es möglich geworden, Prototypen zu relativ bescheidenen Kosten zu entwickeln und damit das Potential dieser Technologien im konkreten praktischen Einsatz abzuschätzen.

4.4. OPTIMIERUNG VON BENUTZERSCHNITTSTELLE - CASE STUDY: MANUELLES DIGITALISIEREN

Mitarbeiter: Peter Haunold

Die Theorie der Mensch-Computer Interaktion bietet qualitative und quantitative Modelle an, mit denen die Benützung von Geoinformationssystemen in bestimmten Aufgabensituationen analysiert werden kann (z.B. keystroke level model [Card, Moran, and Newell, 1980], usability evaluation, verbal protocol analysis). Solche Analysen stellen eine gute Ausgangsbasis für wirtschaftlich wertvolle Optimierungen dar.

Manuelles Digitalisieren als meistgenutzte Form zur Umwandlung analoger graphischer Daten (Pläne und Karten) in digitale Form ist zeitaufwendig und teuer. An Untersuchungen der zur Zeit verwendeten Digitalisierungsmethoden und ihrer Optimierung herrscht großes Interesse. Das Keystroke-Level Modell wurde daher hinsichtlich seiner Anwendbarkeit zur Modellierung und Optimierung von manuellem Digitalisieren untersucht [Haunold, 1993; Haunold, and Kuhn, 1994].

Die Anwendbarkeit des Modells auf manuelles Digitalisieren wurde im Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen am Beispiel der Katastermappenblätter nachgewiesen. Dazu war es notwendig standardisierte Arbeitsabläufe (Einheitsaufgaben) zu definieren und ihren Zeitbedarf zu bestimmen. Ein Experiment zur Zeitmessung der Arbeitsschritte unter Produktionsbedingungen wurde entwickelt. Dadurch konnten zwei neue Keystroke-Level Operatoren für manuelles Digitalisieren bestimmt werden. Die Anwendbarkeit des Modells wurde durch den Vergleich prädizierter und gemessener Zeiten für Einheitsaufgaben gezeigt. Die Ergebnisse zeigen die Anwendbarkeit und wirtschaftliche Wichtigkeit von Untersuchungen von "real world tasks" mit dem Keystroke-Level Modell.

BIBLIOGRAPHIE

- Abler, Ron "The National Science Foundation National Center for Geographic Information and Analysis." *IJGIS* 1 (4 1987): 303-326.
- Al-Taha, Khaled. "Temporal Reasoning in Cadastral Systems." Ph.D., University of Maine, 1992.
- Al-Taha, Khaled , and Frank, Andrew. "Temporal GIS Keeps Data Current." *1991-1992 International GIS Sourcebook*, Oct. 1991 1991, 384-388.
- Barrera, Renato, and Al-Taha, Khaled K. *Models in Temporal Knowledge Representation and Temporal DBMS*. University of Maine, 1990.
- Bicking, Barbara. "A Formal Approach to Automate Thematic Accuracy Checking for Cartographic Data Sets." M.Sc., U Maine, 1994.
- Burrough, Peter, and Frank, Andrew U. "Concepts and paradigms in spatial information: Are current geographic information systems truly generic?" *IJGIS* in press (1994):
- Burrough, Peter A. "Data Quality, Errors and Natural Variation." In *Principles of GIS for Land Resources Assessment*, 103 - 135. Oxford, UK: Clarendon Press, 1986.
- Burrough, Peter A., and Frank, A. U. *Geographic Objects with Indetermined Boundaries*. London: Taylor & Francis, 1995.
- Butenfield, Barbara, and McMaster, Robert, ed. *Rule based cartographic generalization*. London: Longman, 1991.
- Car, Adrijana, and Frank, Andrew U. "Hierarchical Street Networks as a Conceptual Model for Efficient Way Finding." In *EGIS'93 in Genova, Italy*, 1993.
- Car, Adrijana, and Frank, Andrew U. "General Principles of Hierarchical Spatial Reasoning - The Case of Wayfinding." In *6th International Symposium on Spatial Data Handling in Edinburgh, UK*, IGU, 1994.

- Card, S.K., Moran, T.P., and Newell, A. "The Keystroke-Level Model for User Performance Time with Interactive Systems." *ACM Communications* 23 (7 1980): 396-410.
- Cassettari, Seppe. "Standards for Spatial Information." In *Introduction to integrated geoinformation management*, 121 - 137. 1993.
- Chrisman, Nick R. "The Error Component in Spatial Data." In *Geographic Information Systems: Principles and Applications*, ed. Maguire, D., Rhind, D., and Goodchild, M. 165-174. 1. Longman Publishing Co., 1991.
- Couclelis, H., and Gale, N. "Space and Spaces." *Geografiske Annaler* 68B (1986): 1-12.
- Egenhofer, Max, and Herring, John R. "A Mathematical Framework for the Definition of Topological Relationships." In *4th International Symposium on Spatial Data Handling in Zurich, Switzerland*, edited by Brassel, Kurt, IGU, 803-813, 1990.
- Fischer, Pete .F. "Spatial Data Sources and Data problems." In *Geographic Information Systems: Principles and Applications*, ed. Maguire, D.J., Goodchild, M.F., and Rhind, D.W. 175 - 189. 1. 1991.
- Frank, Andrew. "Qualitative Spatial Reasoning about Distances and Directions in Geographic Space." *Journal of Visual Languages and Computing* 3 (1992): 343-371.
- Frank, Andrew. "Different types of 'times' in GIS." In *Spatial and Temporal Reasoning in Geographic Information Systems*, ed. Egenhofer, Max J., and Golledge, Reginald G. Oxford: Oxford University Press, 1995a.
- Frank, Andrew. "Qualitative Spatial Reasoning: Cardinal Directions as an Example ." *International Journal for Geographic Information Systems* (1995b):
- Frank, Andrew U. "Qualitative temporal reasoning in GIS - Ordered time scales." In *Sixth International Symposium on Spatial Data Handling in Edinburgh, Scotland*, edited by Waugh, T., and Healey, R., Association for Geographic Information, 410 - 430, 1994.
- Frank, Andrew U., and Kuhn, Werner. "Cell Graphs: A Provable Correct Method for the Storage of Geometry." In *Second International Symposium on Spatial Data Handling in Seattle, WA, July 5-10*, 411 - 436, 1986.
- Frank, Andrew U., and Mark, David M. "Language Issues for Geographical Information Systems." In *Geographic Information Systems: Principles and Applications*, ed. Maguire, D., Rhind, David, and Goodchild, Michael. London: Longman Co., 1991.
- Frank, Andrew U., and Timpf, Sabine. "Multiple representations for cartographic objects in a multi-scale tree- An intelligent graphical zoom." *Computers and Graphics*

Special issue: Modelling and Visualisation of Spatial Data in Geographical Information Systems 18 (6 1994):

- Freksa, C. "Using Orientation Information for Qualitative Spatial Reasoning." In *Theories and Methods of Spatio-Temporal Reasoning in Geographic Space*, ed. Frank, A.U., Campari, I., and Formentini, U. 162-178. 639. Heidelberg-Berlin: Springer Verlag, 1992.
- Golledge, R.G. "Do People Understand Spatial Concepts: The Case of First-Order Primitives." In *Theories and Methods of Spatio-Temporal Reasoning in Geographic Space*, ed. Frank, A.U., Campari, I., and Formentini, U. 1-21. 639. Heidelberg-Berlin: Springer Verlag, 1992.
- Goodchild, M.F. "Issues of quality and uncertainty." In *Advances in cartography*, ed. Muller, J.C. 113 - 139. London and New York: Elsevier Applied Science, 1991.
- Greene, D., and Yao, F. "Finite-Resolution Computational Geometry." In *27th IEEE Symp. on Foundations of Computer Science in IEEE*, 143-152, 1986.
- Gueting, R.H., and Schneider, M. *Realms: A Foundation for Spatial Data Types in Database Systems*. FernUniversitaet Hagen, 1992. Informatik-Report 134.
- Haunold, Peter. "Analyse manueller Digitalisierabläufe mit dem Keystroke-Level Modell." In *AGIT'93 in Salzburg*, edited by Dollinger, F., and Strobl, J., Salzburger Geographische Materialien, 117-128, 1993.
- Haunold, Peter, and Kuhn, Werner. "A Keystroke Level Analysis of a Graphics Application: Manual Map Digitizing." In *CHI'94 Conference on Human Factors in Computing Systems in Boston, MA; April 24-28, 1994*, edited by Adelson, Beth, Dumais, Susan, and Olson, Judith, ACM, 337-343, 1994.
- Head, C. Grant. "Mapping as language or semiotic system: review and comment." In *Cognitive and Linguistic aspects of space*, ed. Mark, D.M. and Frank, A.U. 237-262. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1991.
- Höbling, Werner, and Kuhn, Werner: "Finite representation of simplicial complexes ". Internal Report Technical University of Vienna, 1994.
- Jackendoff, Ray. *Semantics and Cognition*. Cambridge, Mass.: MIT Press, 1983.
- Johnson, Mark. *The Body in the Mind: The Bodily Basis of Meaning, Imagination, and Reason*. Chicago: University of Chicago Press, 1987.
- Kuhn, W., and Frank, A.U. "A Formalization of Metaphors and Image-Schemas in User Interfaces." In *Cognitive and Linguistic Aspects of Geographic Space*, ed. Mark, D.M., and Frank, A.U. 419-434. Dordrecht, The Netherlands: Kluwer Academic Publishers, 1991.

- Kuhn, Werner. "Die Benutzerschnittstelle als Schlüssel für die Verwendbarkeit von Geographischen Informationssystemen." In *Umweltanwendungen geographischer Informationssysteme*, ed. Günther, O., Schulz, K.-P., and Seggelke, J. 217-221. Wichmann, 1992.
- Kuhn, Werner. "Metaphors Create Theories for Users." In *COSIT'93: Spatial Information Theory*, ed. Frank, Andrew U., and Campari, Irene. 366-376. 716. Springer-Verlag, 1993.
- Lakoff, George. *Women, Fire, and Dangerous Things: What Categories Reveal About the Mind*. Chicago, IL: University of Chicago Press, 1987.
- Lakoff, George. "Cognitive Semantics." In *Meaning and Mental Representations*, ed. Eco, U., Santambrogio, M., and Violi, P. 119-154. Bloomington: Indiana University Press, 1988.
- Lakoff, George, and Johnson, Mark. *Metaphors We Live By*. Chicago, IL: University of Chicago Press, 1980.
- Langran, Gail. "Temporal GIS Design Tradeoffs." In *GIS/LIS'88, Third Annual International Conference in San Antonio, Texas*, ACSM, ASPRS, AAG, URISA, 890-899, 1988.
- Langran, Gail. "Accessing spatiotemporal data in a temporal GIS." In *Auto-Carto 9 in Baltimore, MA*, edited by Anderson, E., ASPRS & ACSM, 191-198, 1989.
- Langran, Gail, and Chrisman, Nicholas. "A Framework for Temporal geographic Information." *Cartographica* 25 (3 1988): 1-14.
- Mark, David, and Frank, Andrew U. "Experiential and Formal Models of Geographic Space." *Environment and Planning B* in press (1994):
- Mark, David M. *Cognitive and Linguistic Aspects of Geographic Space: Report on a Workshop*. NCGIA, 1988. Report
- Mark, David M., and Egenhofer, Max J. "Calibrating the meanings of spatial predicates from natural language: line-region relations." In *Sixth International Symposium on Spatial Data Handling in Edinburgh, September 5-9, 1994*, edited by Waugh, Thomas C., and Healey, Richard G., IGU, 538-553, 1994.
- Mark, David M. *et al.* . *Languages of Spatial Relations: Initiative Two Specialist Meeting Report*. National Center for Geographic Information and Analysis, 1989. Technical Report 89-2.
- Montello, D an R. "Scale and Multiple Psychologies of Space." In *Spatial Information Theory: Theoretical Basis for GIS*, ed. Frank, A.U., and Campari, I. 312-321. 716. Heidelberg-Berlin: Springer Verlag, 1993.

- NCGIA. "The Research Plan of the National Center for Geographic Information and Analysis." *IJGIS* 3 (2 1989): 117 - 136.
- Robert, Fred S. "Tolerance Geometry." *NDJFAM* 14 (1 1973): 68-76.
- Samet, Hanan. *The Design and Analysis of Spatial Data Structures*. Reading, MA: Addison-Wesley Publishing Company, 1989.
- Schlichtmann, Hansgeorg. "Plan information and its retrieval in map interpretation: the view from semiotics." In *Cognitive and Linguistic aspects of space*, ed. Mark, D.M. and Frank, A.U. 237-262. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1991.
- Stanek, Heinz, and Frank, Andrew U. "GIS based decision making must consider data quality." In *EGIS in Genova / Italy*, 685 - 691, 1993.
- Talmy, Leonard. "How Language Structures Space." In *Spatial Orientation: Theory, Research, and Application*, ed. H.Pick, and Acredolo, L. New York, NY: Plenum Press, 1983.
- Timpf, Sabine, and Frank, Andrew U.: "A multi-scale DAG for cartographic objects". In *Proceedings of the Autocarto 12*. Charlotte, NC, 1995.
- Töpfer, F., and Pillewitzer, W. "The principles of selection." *Cartographic Journal* 1966 (3 1966): 10-16.
- Tversky, Barbara. "Cognitive Maps, Cognitive Collages, and Spatial Mental Model." In *Spatial Information Theory: Theoretical Basis for GIS*, ed. Frank, A.U., and Campari, I. 14-24. 716. Heidelberg-Berlin: Springer Verlag, 1993.