

# Raummodelle für den Computer und Raummodelle des Menschen. Regelmäßigkeiten kognitiver Verzerrungen.

*Stefan KOLLARITS*

(Univ.-Ass. Mag. Stefan KOLLARITS, Institut für Stadt- und Regionalforschung (E266), TU Wien, Karlsgasse 13, A-1040 Wien;  
email: stefan@s11esrgw1.tuwien.ac.at)

## 7. MOTIVATION

Kognitive-räumliche Information, also die mentale Repräsentation der räumlichen Umwelt, ist bereits seit mehr als drei Jahrzehnten Gegenstand von Untersuchungen. Die einflußreichste Arbeit (LYNCH 1960) stammt aus dem Umkreis der Stadtplanung - dennoch hat sich die Verwendung derartiger Informationen in der Raumplanung und benachbarten Disziplinen kaum durchgesetzt. Im Bereich der (theoretisch orientierten) GIS-Forschung hat sich jedoch in den letzten Jahren eine starke kognitiv orientierte interdisziplinäre Forschungsrichtung entwickelt<sup>3</sup>. Die wichtigsten Argumente für eine verstärkte Berücksichtigung kognitiver Prozesse im Umfeld Geographischer Informationssysteme sind die Entwicklung von intuitiven Benutzeroberflächen und eine bessere Handhabung von unvollständigen und unsicheren räumlichen Informationen (FREKSA 1991).

Der Bedarf geht auf das starke Anwachsen des Informationsvolumens zurück, das den Kreis potentieller Benutzer dieser Technologien erweitert hat. Auch die vielfach rechtlich verankerte Informationspflicht von Behörden gegenüber dem Bürger (z.B. Umweltinformationsgesetz 1993; vgl. HASELBERGER 1994 zum Wiener Umweltinformationssystem) führt zu einem steigenden Bedarf, sowohl an Informationen, als auch an geeigneten Benutzeroberflächen. Seit Anfang der 80er Jahre hat eine Entwicklung der Systemanwender stattgefunden, die vom reinen (Computer-)Spezialisten ausging und über den technisch versierten Anwender zum reinen Nutzer von Informationen führte. Diese zuletzt genannte Gruppe von Anwendern, die bereits heute zahlenmäßig dominiert, ist weder an den Techniken der Informationsverarbeitung noch an der (Speicher-)modellierung von räumlichen Informationen interessiert, sondern ausschließlich an deren Nutzung, möglichst im Zusammenhang auch mit "unräumlichen" Fragestellungen (zum Beispiel rechtlicher Art). Dementsprechend ist ihre Problemsicht auch stark alltagsweltlich geprägt, und damit von ihren kognitiven räumlichen Strukturen abhängig, die den in Geographischen Informationssystemen verwendeten formalen Raummodellen kaum entsprechen.

Dies ist das Problem der Nutzung von räumlichen Informationen durch den Bürger. Umgekehrt besteht in den verschiedensten Bereichen aber auch starker Bedarf von Behörden, Wissenschaftlern und Wirtschaft nach den räumlichen Informationen der Bürger. So kann eine bürgernahe Planung nur stattfinden, wenn die in den Köpfen der Betroffenen existierenden Vorstellungen über ihre räumliche Umwelt mitberücksichtigt werden und nicht einfach die formalen Raummodelle einer Karte oder eines GIS als "objektiv" und damit real angesehen werden. Die Kognitiven Karten (wie die subjektive, mentale Repräsentation der räumlichen Umwelt meist bezeichnet wird) sind genauso real und vielleicht in vielen Fällen sogar planungsrelevanter als die den Planern zur Verfügung stehenden formalen Raummodelle. Divergenzen zwischen diesen unterschiedlichen Perspektiven und mögliche Lösungsansätze sollen hier anhand von zwei Beispielen dargestellt werden. Zunächst kann die Information über Kognitive Prozesse zu einem besseren Verständnis räumlicher Verhaltensweisen führen (beispielsweise Verkehrsverhalten) sowie zur adäquateren Abbildung der unvollständigen und fehlerhaften kognitiven räumlichen Informationen bei Befragungen. Die dabei erkannten alltagsweltlichen Strategien der Informationsverarbeitung können aber auch als Ansatzpunkt für Modellierungsstrategien in formalen Modellen dienen (vgl. z.B. CAR u. FRANK 1994 für eine Anwendung in der Netzwerkanalyse). Als zweites Beispiel kann die (möglichst verständliche und einfache) Kommunikation räumlicher Informationen an den Bürger dienen, die in unserer informationsbestimmten und -abhängigen Gesellschaft von zunehmender Bedeutung ist. Beispielsweise müssen in einem öffentlich zugänglichen Umweltinformationssystem riesige Mengen von Daten unterschiedlicher Qualität und

---

<sup>3</sup>vgl. z.B. die Tagungsberichte zur "Spatial Information Theory"; FRANK, CAMPARI u. FORMENTINI (1992), FRANK u. CAMPARI (1993) bzw. FRANK u. KUHN (1995)

räumlicher Auflösung aufbereitet werden für Fragen, die z.T. standardmäßig strukturiert sind (Bauverhandlungen), teils aber auch völlig unstrukturierte individuelle Anfragen darstellen. An zentraler Stelle dieser Anwendungen steht daher die Übereinstimmung von (alltags-)sprachlicher Formulierung räumlichen Relationen und der Benutzerinteraktion bei der Abfrage räumlicher Informationen. Ein Vergleich einer alltagssprachlichen und einer softwaretechnischen Formulierung einer Anfrage an ein derartiges Informationssystem kann die hier noch bestehenden großen Diskrepanzen illustrieren (s. 5.).

EGENHOFER u. MARK (1995) haben die Kognitiven Karten als "naive Geographien" bezeichnet und ihnen eine Basisrolle für zukünftige Entwicklungen im Bereich Geographischer Informationssysteme zugewiesen. Diese intelligenten GIS wären nach ihrer Ansicht intuitiv benutzbar und würden auch einfache (limitierte) Methoden zur Prognose räumlichen Verhaltens beinhalten.

## **8. VERGLEICH VON FORMALEN UND KOGNITIVEN RAUMMODELLEN**

In einer ersten Grobkategorisierung können formale (objektive) Raummodelle als logisch - deduktiv, die subjektiven Raummodelle (Kognitive Karten) hingegen als intuitiv - empirisch bezeichnet werden. Die Struktur dieser Modelle ist sehr stark von den Aufgaben beeinflusst, welche mithilfe des jeweiligen Raummodells durchgeführt werden sollen.

Kognitive Karten dienen der Orientierung im Raum und der Speicherung von handlungsrelevanten räumlichen Informationen. Sie sind daher handlungsorientiert, auf die jeweilige Person zentriert und nach den Interessen und Präferenzen dieser Person gewichtet. Kognitive Karten stellen subjektive mentale Repräsentationen des „objektiven“ Raums dar. Sie umfassen jene räumlichen Elemente, die subjektiv als handlungsrelevant erscheinen. Dies kann anhand der Entwicklung Kognitiver Karten bei Erwachsenen nachvollzogen werden. Die Entstehung der Kognitiven Karten verläuft inkrementell (GLUCK 1991). Als erste Elemente werden herausragende „landmarks“ der Stadt in die Kognitive Karte aufgenommen (Wohn-Arbeitsstandort, in weiterer Folge „Sehenswürdigkeiten“ der Stadt u.ä.). Diese werden später mittels Routen (also häufig verwendeten Wegen) verbunden, mit der Zeit ergeben die Routen ein zusammenhängendes und dichter werdendes Netzwerk, das in einigen Teilbereichen der Stadt zu einer flächenhaften Kognitiven Karte ergänzt wird. Dieser gesamte Prozeß nimmt übereinstimmend etwa ein Jahr in Anspruch (EVANS 1980), signifikante Veränderungen ergaben sich später nur noch durch den Wechsel von Wohn- und/oder Arbeitsstandort. Die Genese von Kognitiven Karten beruht also im wesentlichen auf einer topologischen Verknüpfung (s. LYNCH 1960), Distanzen und Richtungen spielen eine nur untergeordnete Rolle; eine Tatsache die aus der Notwendigkeit ständiger Orientierung im Raum (Verkehrsteilnahme) resultiert. Als weitere Elemente Kognitiver Karten werden von LYNCH (1960) Kanten (= Grenzlinien) und Knoten (= Kreuzungspunkte) angesehen.

Die resultierenden Kognitiven Karten beinhalten also - handlungsbedingt - nur eine kleine Teilmenge der existierenden räumlichen Objekte. In ihnen sind topologische Relationen zwischen den räumlichen Objekten meist zuverlässig gespeichert (Konnektivität, Nachbarschaft), metrische Relationen (Distanz, Richtung, absolute Lage) jedoch sehr stark fehlerhaft. Die Kognitiven Karten sind stark an Referenzpunkte gebunden, von denen der wichtigste die eigene Person ist (egozentrische Perspektive), aber auch die Wohnung, der Arbeitsstandort und das Stadtzentrum spielen eine Rolle (LLOYD 1987).

Die wichtigste Aufgabe formaler Raummodelle ist, eine konsistente Basis für computergestützte (räumliche) Abfragen oder andere (anwendungsdefinierte) Operationen zu bieten. Sie sollten daher allgemein formuliert (um möglichst viele räumliche Sachverhalte abbilden zu können) und in ihrer Struktur leicht automatisierbar sein. Sie basieren auf dem Prinzip der Objektidentifikation und -klassifikation. Die Abbildung selbst erfolgt durch die Objektzerlegung in geometrische Primitive (Flächen, Linien, Punkte bzw. Zellen). Aus diesen geometrischen Primitiven werden die räumlichen Objekte nach bestimmten Regeln nachgebildet und zur Identifikation mit Klassen und / oder Geocodes versehen. Auch die räumlichen Relationen zwischen diesen Objekten (Distanz, Richtung, Konnektivität, Nachbarschaft) können gespeichert werden, entweder explizit, wie in topologischen Vektormodellen oder implizit, wie in Rastermodellen. Gegenüber Kognitiven Karten zeichnen sie sich darüberhinaus durch absolute Koordinaten aus, was eine „objektiv“ richtige Wiedergabe von Distanzen und anderen räumlichen Relationen erlaubt. Im Prinzip sind diese Raummodelle ungewichtet

(also unabhängig vom einzelnen Benutzer) und auf Vollständigkeit ausgerichtet. Diese Vollständigkeit ist sowohl in inhaltlicher als auch in topologischer Hinsicht möglich.

## 9. REGELMÄSSIGKEITEN VON VERZERRUNGEN

Da die Anzahl an Elementen, die in Kognitiven Karten aufgenommen werden können, im Prinzip unendlich groß ist, müssen Strategien zur Vereinfachung der Informationsflut angewandt werden. Diese unterliegen dem allgemein verwendeten „Faulheitsprinzip“ (principle of minimum effort). Kognitive Karten zeichnen sich daher durch Fehler (Verzerrungen, Unvollständigkeit) gegenüber den objektiven Gegebenheiten aus. Die Ausprägung dieser Fehler ist sehr stark von einzelnen Personen, ihren kognitiven Fähigkeiten und ihrer sozialen Umgebung abhängig. So weisen Oberschichtsangehörige nicht nur deutlich anders strukturierte Kognitive Karten als Unterschichtsangehörige auf, ihre Kognitiven Karten sind auch räumlich ausgedehnter und detaillierter (ORLEANS 1973). Als Ursachen können die größere Mobilität und die bessere Nutzung von Informationspotentialen angesehen werden; im Gegensatz dazu führen sprachliche Barrieren zu einer Verkleinerung der Kognitiven Karten (vgl. KNOX 1987).

Dennoch können einige Grundprinzipien der Strukturierung Kognitiver Karten identifiziert werden, die weitgehende Übereinstimmung zeigen. Die Anwendung von Strategien der Informationsgewinnung und -verarbeitung führen zu kollektiven Regelmäßigkeiten der Verzerrungen (auch durch beschränkte Informationsaufnahme und Informationsverarbeitung). Die wichtigsten der bekannten Strategien sind die Hierarchisierung, die Orientierung an Referenzpunkten und die Rotation.

Die Hierarchisierung von räumlichen Informationen ist eine häufig angewandte Heuristik, die räumliche Elemente in eine bestimmte Hierarchie einordnet (Speicherung der Zugehörigkeit zu Elementen, die in der Hierarchie höher stehen). Dadurch muß zum Abrufen räumlicher Relationen nur die Relation auf der übergeordneten Hierarchie verwendet werden. Dies kann natürlich auch zu Fehlschlüssen führen, wenn die Relation auf der übergeordneten Hierarchieebene nicht mit jener auf detaillierterer Ebene übereinstimmt. Beispielsweise wird Reno (Nevada) meist fälschlicherweise östlich von San Diego (Kalifornien) angenommen, da Nevada (als übergeordnete hierarchische Einheit) östlich von Kalifornien liegt. Beim Abruf dieser räumlichen Relation wird also - aus Gründen der vereinfachten Informationsverarbeitung - nur die Relation der hierarchisch übergeordneten Einheiten geprüft. Kaum richtig eingeschätzt wird auch die Lage der Enden des Panamakanals - das atlantische Ende liegt westlich des pazifischen ! (vgl. die Liste an "conter-intuitiv facts" in MARK 1992).

Als Rotation (bzw. alignment; TVERSKY 1981) wird die Strategie bezeichnet, Richtungsangaben durch Anpassung an die Haupthimmelsrichtung zu vereinfachen. So werden Hauptverkehrslinien oder Flüsse meist als entweder Nord-Süd oder Ost-West orientiert angenommen (Beispiel: Kalifornien, Südamerika). Beim Nachvollziehen von Routen (detaillierte Informationen über gefahrene Straßen und Abbiegevorgänge) werden die Abbiegevorgänge dominant als 90 Grad Richtungsänderungen wahrgenommen, auch wenn dies nicht oder nur teilweise zutrifft. Die Stärke der Rotation ist stark von den persönlichen Referenzpunkten abhängig, insbesondere vom Wohnstandort und dem Stadtzentrum (vgl. LLOYD 1987). Untersuchungen in Columbia (LLYOD 1987) zeigen, daß die Kognitiven Karten von Personen, die im Stadtzentrum wohnen, kaum Rotationen aufweisen, jene von Vorstadtbewohnern jedoch sehr starke Rotationen aufweisen. Dem Stadtzentrum scheint die Funktion eines Standardreferenzpunktes zuzukommen. Eine weitere Regelmäßigkeit der Verzerrung war, daß alle Befragten aus dem östlichen Stadtteil ihre Richtungsangaben im Uhrzeigersinn, jene aus dem westlichen Stadtteil jedoch gegen den Uhrzeigersinn verzerrten. Diese Verzerrungen entsprechen einer Verschiebung des eigenen Wohnstandorts auf eine Ost-West Achse zum Stadtzentrum.

Weitere Verzerrungen entstehen einfach durch Fehlleistungen bei der Verarbeitung räumlicher Informationen (Aufnahme, Speicherung oder Wiedergabe). Regelhafte Verzerrungen sind u.a. im Distanzvergleich erkennbar, sowohl im Vergleich von Distanzen zu Objekten unterschiedlichen Typs als auch im Vergleich der (zeitlichen) Distanzwahrnehmung bei Benutzung unterschiedlicher Verkehrsmittel. Kognitive (zeitliche) Distanzen spielen bei der Wahl des Verkehrsmittels eine große Rolle, und sind meist deutlich zugunsten des PKW verzerrt. So werden PKW-Wege meist unterschätzt, mit dem Öffentlichen

Verkehr zurückgelegte Wege jedoch meist überschätzt, insbesondere hinsichtlich der Wartezeiten (Überschätzung der Gesamtreisezeit um 25 %, der Zu- und Abgangszeiten um 60%; vgl. MONHEIM 1995).

Weitere Fehler in den Kognitiven Distanzen resultieren (bei Befragungen) aus der "Auflösung" der Orts- bzw. Zeitangaben. So werden im Vergleich die Distanzen in kürzeren Entfernungsbereichen genauer angegeben als die Wegzeiten. Die Zeitangaben erfolgen fast ausschließlich auf 5 Minuten gerundet (beispielsweise gibt ein Proband an, sowohl 50m als auch 150m jeweils in 5 Minuten zu Fuß zurückgelegt zu haben !), die Rundung erscheint dabei als unabhängig von der Größe der Zeitspanne. Ab 70 Minuten werden ausschließlich auf 5 Minuten gerundete Angaben gemacht, bis zu dieser Zeitdistanz erfolgen auch Minutenangaben (etwa im Verhältnis 1 : 10 zu den 5Minuten Angaben). Distanzen hingegen werden mit zunehmender Entfernung deutlich ungenauer angegeben. Für einzelne Entfernungsbereiche können jeweils eigene Rundungstypisierungen vorgenommen werden.

DISTANZBEREICH	MITTLERE RUNDUNG
<= 0.1 km	10m
> 0.1 km	20-50m
> 0.5 km	100m
> 1.0 km	100m (a.a.: 1 km)
> 20 km	1 km (ab 40km: Rundungen auch auf 10 km)
> 100 km	5 km
> 200 km	10 - 20 km
> 400 km	20 - 100 km

Tab. 1: Rundungsfehler bei Kognitiven Distanzen

Die Tatsache, daß Mittel zur Zeitmessung jedem zugänglich sind, daß jedoch Distanzen meist nur geschätzt werden können, führt zu einer starken Verzerrung, wenn man versucht, diese Informationen aufeinander zu beziehen. Daraus resultieren vielfach falsche Geschwindigkeitsschätzungen. In Bereichen geringerer Distanz (meist zu Fuß oder mit dem Rad) werden Geschwindigkeiten daher meist unterschätzt (da 5 Minuten als Minimalzeiteinheit angegeben werden), in größeren Distanzbereichen kommt es zu Verzerrungen v.a. durch die Rundungen der Distanzen. Darüberhinaus sind die Fehler in der Distanzschätzung von

- dem Ziel (Asymmetrie nach MONTELLO 1992; Entfernungen zum Stadtzentrum bzw. bekannten Orten werden meist unterschätzt, zur Peripherie oder unbekanntem Orten meist überschätzt; LEE 1970),
- von Barrieren (wie Flüssen, Eisenbahnen etc., die zu einer Steigerung der Kognitiven Distanzen führen) und
- der Anzahl der Richtungswechsel und anderen Routencharakteristika (je mehr Richtungswechsel bzw. je mehr "auffällige" Objekte entlang einer Route, desto größer wird die Entfernung geschätzt; GOLLEDGE 1995) abhängig.

## 10. LÖSUNGSANSÄTZE ZUR ABBILDUNG

Ein erster Schritt zur Annäherung zwischen formal-digitalen Raummodellen und kognitiven Raummodellen kann in der Verwendung der kognitiven Strategien bei der Erstellung formaler Raummodelle liegen. So kann in Verkehrsmodellen die Hierarchisierung sowohl in Netzwerken, als auch für Standorte verwendet werden. Hierarchische Strukturen in Netzwerken (vgl. WIESER 1993, CAR 1993 und CAR u. FRANK 1994), als Nachbildung kognitiver Vorgänge, können einerseits zu einer Beschleunigung von Rechenoperationen dienen (Berechnung von Kürzesten Wegen), andererseits aber auch durchschnittliches Verhalten bei der Routenwahl, mit den üblichen Fehlern aufgrund von Orientierungsheuristiken, besser abbilden. Zu diesem Zweck werden mindestens zwei Netzhierarchien gebildet, wobei die lokale (detaillierte) Ebene zunächst dazu dient, auf die nächsthöhere Netzebene zu gelangen (übergeordnetes Netz). Dieses wird bis in die Nähe des Ziels verwendet, wo dann wieder auf die lokale Ebene umgeschaltet wird. Für jene Fälle, in denen diese

Strategie nicht zum optimalen Ergebnis führt, müssen zusätzliche Heuristiken eingebaut werden (vgl. WIESER 1993). In einer Weiterführung dieser Idee können diese Hierarchien in Verhaltensmodellen berücksichtigt werden (wie den Interaktionsmodellen; vgl. FOTHERINGHAM 1992), oder als Vorbild zum Aufbau von Datenstrukturen dienen, die diese Strategien direkt berücksichtigen (HIRTLE 1995).

In einem zweiten Schritt können Fehlertoleranzen bei der Abbildung eingeführt werden. Wenn die o.g. Hypothesen zutreffen, sind ja kognitive räumliche Informationen umso genauer und besser strukturiert, je bekannter ein Standort oder eine Route ist. Mit der Häufigkeit des Aufsuches eines Standorts kann daher eine Fehlertoleranz für die jeweilige Ortsangabe verbunden werden. So ist die Angabe der Wohnadresse oder des Arbeitsstandorts meist sehr genau (mit genauer Adresse), die Angaben von Einkaufsstandorten bereits weit ungenauer (oft nur der Straßename); viele Freizeitstandorte werden dann nur noch mit einer Regionsbezeichnung oder einem Stadtteil angegeben. Diese Angaben besitzen eine jeweils sehr unterschiedliche räumliche Genauigkeit, ihnen kann ein Toleranzwert zugewiesen werden, der zwischen wenigen Metern und mehreren Kilometern liegt. Mit der Verwendung von diesen Genauigkeitsbereichen ist es möglich, Modellfehler und Datenfehler, wie am Beispiel der Geschwindigkeitsberechnung gezeigt, deutlich zu reduzieren.

## 11. ANSÄTZE ZUR BENUTZERINTERAKTION

Die Kommunikation räumlicher Informationen an Benutzer für unterschiedlichste Zwecke gewinnt in jüngster Zeit zunehmend an Bedeutung. Als besonders von der Wirtschaft gefördertes Anwendungsgebiet kann die Fahrzeugnavigation genannt werden, die „on-board“ eine laufende Orientierung und Entscheidungshilfe bei der Fahrt ermöglichen soll. Die zentrale Problemstellung ist hier die Entwicklung von Benutzerschnittstellen und speziellen, leicht erlernbaren und dennoch mächtigen Abfragesprachen. Als Basis dafür können neue Datenbankmodelle und Dateneingaberoutinen dienen.

Auch im Bereich geographischer Informationssysteme ist in jüngster Zeit ein Entwicklungsschwerpunkt im Bereich der Benutzerinteraktion gesetzt worden. Als Beispiel kann ARCVIEW dienen, das eine benutzerorientierte, "intuitive" Oberfläche für generische (also im wesentlichen anwendungsunabhängige) Befehle bietet. Weiterentwicklungen werden jedoch eher eine Aufgaben- anstelle einer Befehlsorientierung besitzen (z.B. UGIX; RAPER u. BUNDOCK 1991). In weiterer Folge können damit zwei wichtige Entwicklungsrichtungen identifiziert werden. Für Spezialisten erscheint als Ziel eine Formularoberfläche, die den logischen Ablauf einer Anfrage nachbilden kann (z.B.: komplexe Abfrage oder Erosionsmodell), und aus generischen Sprachelementen (Datenschichten - Operationen - Verknüpfungen) besteht. Für den Anwender ist das Ziel jedoch eine Formularoberfläche, die nicht mehr mit Operationen und Datenschichten, sondern mit natürlich-sprachlichen Elementen arbeitet. Von besonderer Bedeutung ist hier die Übereinstimmung von den verwendeten (formalen) Raummodellen und sprachlichen Begriffen.

Als Beispiel kann die Anfrage eines Bürgers bei einer Informationsveranstaltung der HL-AG (denkbar aber auch mit jeder anderen Einrichtung, deren Nähe als störend empfunden wird, wie Kraftwerk, Autobahn etc.) dienen:

„Wie stark bin ich von der neuen Bahnlinie betroffen, also hinsichtlich Lärm oder Erschütterungen; besonders wenn der Wind aus Westen kommt?“

In generischen (kommandosprachlichen) Funktionen ausgedrückt würde die Umsetzung u.a. Befehle zur Adreßverortung, zur Selektion der relevanten Bahnlinie, zur Bufferung und zur Verschneidung der Adresse (Punkt) mit dem Bahnlinienbuffer (unter der Voraussetzung, daß Lärmausbreitungsmodelle u.ä. bereits berechnet sind) umfassen.

Es ist relativ leicht einsichtig, daß diese Formulierungen nur von Spezialisten vorgenommen werden können, und daß selbst diese wahrscheinlich zunächst Fehler machen würden. Selbst die Strukturierung in den logischen Ablauf, wie oben als Spezialistenoberfläche skizziert, könnte dem Anfrager kaum weiterhelfen. Dessen Benutzeroberfläche müßte daher einfach strukturiert sein und v.a. ihm bereits bekannte Begriffe und Bilder umfassen, die in Analogien eine Aufgabe oder GIS-Konzeption verständlich machen soll (Metapher; KUHN 1993).

Ein möglicher Lösungsansatz soll hier nur für das Problem der Richtungsdefinition genannt werden. Das einfache ARRAY-Konzept erlaubt diese Richtungsdefinition, indem nur schematisch, jeweils über ein einfaches Raster, die Richtungen von unterschiedlichen Bezugsobjekten zueinander vom Benutzer festgelegt werden (GLASGOW 1995). Dieses Konzept kann auch zur Handhabung von Hierarchien dienen und mit Hilfe einfacher Funktionen bedient werden.

Die genannten Beispiele zeigen, daß die Umsetzung kognitiver Informationen in formalen Raummodellen noch im Anfangsstadium steht. Die Beispiele zeigen jedoch auch mögliche Zukunftsperspektiven der Entwicklung auf, die auf längere Sicht nicht nur zu an den Benutzerbedürfnissen, sondern auch an speziellen Benutzerkonzepten orientierten räumlichen Informationssystemen führen könnten.

## 12. LITERATURVERZEICHNIS

- CAR, A. (1993): Hierarchisches Straßennetz - Konzept für effiziente Wegesuche. in: BARTLEME, N. (Hrsg.): Grazer Geoinformatiktage 1993. - Graz, 31-38.
- CAR, A. u. A. FRANK (1994): Hierarchisches räumliches Schließen - Allgemeine Prinzipien. in: DOLLINGER, F. u. J. STROBL (Hrsg.): Angewandte Geographische Informationsverarbeitung VI. - Salzburg, 151 - 162.
- EGENHOFER, M. u. D. MARK (1995): Naive Geography. in: FRANK, A. u. W. KUHN (1995): Spatial Information Theory. A theoretical basis for GIS. Proceedings COSIT 95, Semmering. - Berlin et al., 1 - 16.
- EVANS, G. (1980): Environmental cognition. in: Psychological bulletin, 88, 259 - 287.
- FOTHERINGHAM, A. u. A. CURTIS (1992). Encoding spatial information: the evidence for hierarchical processing. in: FRANK, A., I. CAMPARI u. U. FORMENTINI (Hrsg., 1992): Theories and Methods of Spatio-Temporal Reasoning in Geographic Space. Proceedings International Conference GIS, Pisa. - Berlin et al., 269 - 287.
- FRANK, A., I. CAMPARI u. U. FORMENTINI (Hrsg., 1992): Theories and Methods of Spatio-Temporal Reasoning in Geographic Space. Proceedings International Conference GIS, Pisa. - Berlin et al.
- FRANK, A. u. I. CAMPARI (1993): Spatial Information Theory. A theoretical basis for GIS. Proceedings COSIT 93, Elba. - Berlin et al.
- FRANK, A. u. W. KUHN (1995): Spatial Information Theory. A theoretical basis for GIS. Proceedings COSIT 95, Semmering. - Berlin et al.
- FREKSA, C. (1991): Qualitative spatial reasoning. in: D. MARK u. A. FRANK (Hrsg.): Cognitive and linguistic aspects of geographic space. - Dordrecht, 361 - 372.
- GLASGOW, J. (1995): A formalism for model-based spatial planning. in: FRANK, A. u. W. KUHN (1995): Spatial Information Theory. A theoretical basis for GIS. Proceedings COSIT 95, Semmering. - Berlin et al., 501 - 518.
- GLUCK, M. (1991): Making sense of human wayfinding: review of cognitive and linguistic knowledge for personal navigation with a new research direction. in: D. MARK u. A. FRANK (Hrsg.): Cognitive and linguistic aspects of geographic space. - Dordrecht, 117 - 136.
- GOLLEDGE, R. (1995): Path selection and route preference in human navigation: a progress report. in: FRANK, A. u. W. KUHN (1995): Spatial Information Theory. A theoretical basis for GIS. Proceedings COSIT 95, Semmering. - Berlin et al., 207 - 222.
- HASELBERGER, R. (1994): Das Projekt Wiener Umweltinformationssystem (WUIS). in: DOLLINGER, F. u. J. STROBL (Hrsg.): Angewandte Geographische Informationsverarbeitung VI. - Salzburg, 237 - 246.
- HIRTLE, S. (1995): Representational structures for cognitive space: trees, ordered trees and semi-lattices. in: FRANK, A. u. W. KUHN (1995): Spatial Information Theory. A theoretical basis for GIS. Proceedings COSIT 95, Semmering. - Berlin et al., 327 - 340.
- KNOX, P. (1987<sup>2</sup>): Urban social Geography: an introduction. - New York.
- KUHN, W. (1993): Metaphors create theories for users. in: FRANK, A. u. I. CAMPARI (1993): Spatial Information Theory. A theoretical basis for GIS. Proceedings COSIT 93, Elba. - Berlin et al., 366 - 376.
- LEE, T. (1970): Perceived distance as a function of direction in the city. in: Environment and behaviour, 20, 40 - 51.
- LLOYD, R. u. C. HEIVLY (1987): Systematic distortions in urban cognitive maps. in: Annals of the association of american geographers, 191 - 207.
- LYNCH, K. (1960): The image of the city. - Cambridge, Mass.
- MARK, D. (1992): Counter-intuitive "facts": clues for spatial reasoning at geographic scales. in: FRANK, A., I. CAMPARI u. U. FORMENTINI (Hrsg., 1992): Theories and Methods of Spatio-Temporal Reasoning in Geographic Space. Proceedings International Conference GIS, Pisa. - Berlin et al., 305 - 317.
- MONHEIM, H. (1995): Konzeptionelle Grundlagen für Go & Ride, Bike & Ride sowie Ride & Ride - Definitionen, Potentiale, Ziele, Erfordernisse. in: Kooperation im Umweltverbund (= ILS Schriften, 93).
- MONTELLO, D. (1992): The geometry of environmental knowledge. in: FRANK, A., I. CAMPARI u. U. FORMENTINI (Hrsg., 1992): Theories and Methods of Spatio-Temporal Reasoning in Geographic Space. Proceedings International Conference GIS, Pisa. - Berlin et al., 136 - 152.
- ORLEANS, P. (1973): Differential cognition of urban residents: effects of social scale on mapping. in: DOWNS, R. u. D. STEA (Hrsg.): Image and environment. - Chicago, 115 - 130.
- RAPER, J. u. M. BUNDOCK (1991): UGIX: a layer based model for a GIS user interface. in: D. MARK u. A. FRANK (Hrsg.): Cognitive and linguistic aspects of geographic space. - Dordrecht, 449 - 476.
- TVERSKY, B. (1981): Distortions in memory for maps. in: Cognitive Psychology, 13, 407 - 433.
- WIESER, M. u. A. STÜCKLBERGER (1993): in: BARTLEME, N. (Hrsg.): Grazer Geoinformatiktage 1993. - Graz, 49-56.