

GEOINFORMATIONSSYSTEME UND EDV-KARTOGRAPHIE

Fritz **KELNHOFER**, Wien*

mit 7 Abb. im Text

INHALT

1.	Vorbemerkungen	308
2.	Geographische Informationssysteme	309
	2.1 Dateninput in GIS	310
	2.2 Datenmanipulation	312
3.	Kartographische Informationssysteme	312
	3.1 Dateninput in KIS	313
	3.2 KIS und multifunktionale Informationsnutzung	315
	3.3 Finalprodukte kartographischer Informationssysteme	317
4.	Das Teilprojekt "Geoinformationssysteme und EDV-Kartographie" des FWF-Schwerpunktes "Raum und Gesellschaft"	319
	4.1 Kartenwerk "Österreich – Raum und Gesellschaft"	319
	4.2 Interaktives kartographisches Informationssystem Österreich	321
5.	Abschließende Bemerkungen	324
6.	Zusammenfassung	326
7.	Summary	326
8.	Literaturverzeichnis	326

* o.Univ.-Prof. Dr. Fritz Kelnhofner, Institut für Kartographie und Reproduktionstechnik der Technischen Universität Wien, A-1010 Wien, Karlsplatz 11

1. Vorbemerkungen

Geographische Informationssysteme (GIS) erfreuen sich zunehmender Beliebtheit für – zum Teil – sehr unterschiedliche raumbezogene Aufgaben- und Fragestellungen und werden – in Abhängigkeit von der Sicht des jeweiligen Anwenders – auch unterschiedlich definiert.¹⁾ Der Einsatz von "GIS-Technologien" reicht von trivialen Bildschirmvisualisierungen, über Archivierung und Verwaltung raumbezogener Daten bis zu komplexen räumlichen Analyseverfahren, wobei Daten aus verschiedensten Quellen und Erhebungssystemen oft sehr unkritisch miteinander verknüpft werden. Zum Teil werden sogar kartographische Darstellungen als Datenquelle benützt, wobei man sich des Eindruckes nicht erwehren kann, daß durch die Digitalisierung gleichsam ein "Quantensprung" in der "Informationsveredelung" stattfindet, da digitale Daten offensichtlich von "höherer Qualität" als deren analoge Vorläuferprodukte eingestuft werden. Solcherart unterschiedliche Auffassungen über die Einsatzmöglichkeiten eines neuen Instrumentes sind typisch für die Anlaufphase eines Technologieschubes, wobei sich in der nachfolgenden Konsolidierungsphase die tatsächlichen Anwendungsbereiche im allgemeinen wieder stark einzuengen beginnen.

Mit ähnlichen technologischen Konzepten, aber völlig anderen Zielsetzungen werden Kartographische Informationssysteme (KIS) aufgebaut, welche an der Schnittstelle der Maschine/Mensch-Kommunikation die maßstabsbezogene Visualisierung von Geoinformationen realisieren, da lediglich die kartographische Darstellung eines Sachverhaltes räumliche Ausprägungen eines Phänomens erkennen läßt. Daher hat sich auch die digitale Arbeitsweise eines KIS den kartographischen Gesichtspunkten der Informationsbearbeitung unterzuordnen bzw. den perceptiven Grundsätzen zu entsprechen. Auch für digitale Kreationen gilt der Grundsatz, daß die Erkenn- und Lesbarkeit einer Sachverhaltpräsentation oberste Priorität besitzt, und dies im besonderen dann, wenn derzeitige Bildschir-

1) GÖPFERT G. (1991), "Ein GIS ist ein Informationssystem, das alle raumbezogenen Daten der Atmosphäre, der Erdoberfläche und der Lithosphäre enthält und eine systematische Erfassung, Aktualisierung und Umsetzung dieser Daten auf der Grundlage eines einheitlichen Bezugssystems gestattet".

BILL R. & FRITSCH D. (1991), "Ein Geo-Informationssystem ist ein rechnergestütztes System, das aus Hardware, Software, Daten und den Anwendungen besteht. Mit ihm können raumbezogene Daten digital erfaßt und redigiert, gespeichert und reorganisiert, modelliert und analysiert werden." Während in der ersten Definition Geosachverhalte – von zum Teil sehr unterschiedlicher Datennatur – als integrale Bestandteile des Systems aufgefaßt werden und damit das "Geographische" an einem GIS umschrieben wird, nimmt die zweite Definition überhaupt keine inhaltlichen Festlegungen vor, sondern stellt die funktionellen Komponenten in den Vordergrund. Erstaunlich ist jedoch, daß auch die graphische Präsentation in ein GIS einbezogen wird, so daß der Eindruck entsteht, als ob die durch eine kartographische Präsentation notwendigerweise ausgelösten maßstabsabhängigen Generalisierungseffekte in einem GIS keine Rolle mehr spielen.

me eine, um eine Zehnerpotenz, schlechtere Auflösung als Printprodukte aufweisen. Um diesem Visualisierungspunkt Rechnung tragen zu können, müssen in der kartographischen Bearbeitung unter Umständen massive Eingriffe in die Geoinformationen erfolgen, wobei für kleinere Visualisierungsmaßstäbe die Geometriedeformationen beachtliche Größen erreichen können. Somit wird wohl auch unschwer einsichtig, daß solcherart gestaltete Kartengeometrien für Berechnungen und zur Ableitung von Sekundärdaten keine Eignung besitzen können.

Bedauerlicherweise werden in der Euphorie der "neuen Möglichkeiten" die auf der Hand liegenden Unterschiede zwischen GIS und KIS verwischt oder bewußt ausgeklammert, da sonst manche Fragestellung bereits bei der Datenakquisition auf die Sinnhaftigkeit der weiteren Vorgehensweise zu überprüfen wäre. Denn viele "geographische Daten" können lediglich mit zum Teil erheblichen Unschärfen verortet werden, was für kleinmaßstäbliche KIS von untergeordneter Bedeutung ist, jedoch im maßstabslosen GIS fatale Folgen haben kann. Auf diese Problematik soll im folgenden näher eingegangen werden, wobei das Hauptgewicht der Betrachtungen entsprechend dem Titel des Teilprojektes 2 des FWF-Schwerpunkts auf Kartographischen Informationssystemen liegen wird.

2. Geographische Informationssysteme

GIS werden in zunehmendem Maße sowohl für technische wie auch administrative Aufgaben eingesetzt, wobei die Archivierung von Geo-Sachverhaltsdaten derzeit immer noch eine der wichtigsten Funktionen darstellt. In einem stärker funktional geprägten Anwendungsbereich liegen die Einsatzmöglichkeiten etwa im Leitungskataster oder in Navigationssystemen (in Verbindung mit GPS) usw., während der Verwendung von GIS als räumliches Analyseinstrument eigentlich immer noch enge Grenzen gesetzt sind. Die Ursachen liegen einerseits im Mangel an geeigneten Daten, andererseits auch in den Analysewerkzeugen selbst, da diese mit den zum Teil unscharfen Informationen nicht adäquat operieren können. Die Koppelung von GIS mit Expertensystemen (LU 1993) schafft insofern einige Schwierigkeiten, als die in GIS behandelten Probleme oft wesentlich komplexer als in anderen Informationssystemen sind, so daß die Formalisierung des Expertenwissens, durch die nicht unbeträchtlichen Differenzen in den Expertenmeinungen, nicht mit der erforderlichen Schärfe erfolgen kann. Einen interessanten Aspekt stellt die Verbindung von GIS mit neuronalen Netzen dar. Vom Konzept her könnten derartige neuronale Netze auch mit unscharfen Informationen arbeiten und ihre Leistungsfähigkeit sogar durch Lerneffekte steigern (FISCHER 1993, BOILLE 1993). Erfolgreich eingesetzt wurde Neurocomputing bisher eher für technische Steuerungsaufgaben sowie teilweise in Mustererkennungsprozessen. In Verbindung mit GIS stehen natürlich Diskussionen über Datenqualität (PORNON 1993, LARUE & PASTRE 1993, CASPARY 1992), Datenaustausch (CHIARAMONTI 1993), Objektorientierung (BOURSIER & MULLON 1993, BAILEY 1990) sowie Ko-

gnitionsprobleme (TVERSKY 1993). Der kurze und sicher unvollständige Abriß der Forschungs- und Arbeitsbereiche im weiten Umfeld von GIS zeigt, daß GIS keine "trouble shooter" für raumbezogene Fragestellungen darstellen, wenngleich sie eine Reihe nützlicher Werkzeuge wie etwa für Entfernung- und Flächenberechnungen, Polygonüberlagerungs- und Verschneidungsmöglichkeiten, Bufferbildung, Interpolationsalgorithmen usw. anbieten. Allerdings können diese Werkzeuge derzeit nur dann erfolgreich angewendet werden, wenn Daten mit entsprechender Semantik- und Geometriezuverlässigkeit vorliegen, da die meisten dieser GIS-Operationen auf einfachen geometrischen Konzepten basieren.

2.1 Dateninput in GIS

Die Dateninputsituation von GIS wird vielfach so dargestellt, wie sie in Abbildung 1 skizziert ist, wobei Daten unterschiedlicher Herkunft zunächst scheinbar problemlos miteinander in Beziehung gesetzt werden können und offensichtlich dennoch konsistente Ergebnisse zu liefern vermögen. Mit Maßnahmen zur Beschreibung der "Datenqualität" (AHONEN 1993) wird zwar versucht, in sogenannten Metadatenbasen qualitative und quantitative Kriterien für räumliche Informationen zusätzlich festzuhalten und auf diese Weise Geodaten nach Herkunft, Erhebungszeitraum, Erhebungsort, Kriterien zur Geometriesicherheit usw. zu kennzeichnen. Der Begriff Datenqualität an sich ist nicht sehr glücklich gewählt, da er die Vorstellung von "besseren" (z.B. Vermessungsdaten des Liegenschaftskatasters) gegenüber "minderen", weil "ungenaueren" Daten (z.B. Waldgrenze in der Kampfwaldzone) stimuliert. Die eigentlichen Probleme liegen jedoch in der Sachverhaltsfestlegung bzw. den dahinterstehenden Konzepten, die sich in den Daten lediglich manifestieren, denn die in einem GIS vorgehaltenen Daten weisen selbst keine "qualitativen" Unterschiede auf. So werden scharf wie unscharf abgrenzbare räumliche Phänomene mit gleicher "Koordinatengenauigkeit" festgehalten.

Betrachtet man in Abbildung 1 die Inputdaten für GIS, so gilt für den Typ der Vermessungsdaten, daß die Objekt- bzw. die Objektklassenfestlegung relativ eindeutig erfolgen kann und somit die Geometriefestlegung maßstabslos und mit hoher Geometrie Genauigkeit möglich ist. Dagegen sind Gelände- bzw. Bildkartierungsdaten zunächst an einen Erfassungsmaßstab und damit notwendigerweise an Generalisierungsmaßnahmen gebunden, wodurch subjektive Momente unvermeidlich in die Resultate einfließen und durch eine fehlertheoretische Betrachtung praktisch nicht objektiviert werden können. Statistische Daten (Zählungs- und Messungsdaten) werden naturgemäß maßstabslos erhoben und besitzen aufgrund ihrer Geokodierung bzw. Georeferenzierung zunächst keine Geometriefestlegungsprobleme. Ihre Verrechnung mit anderen Datentypen in einem GIS stößt aber deshalb auf Schwierigkeiten, weil die statistischen Erhebungs- und Bezugsgrenzen keine Sachverhaltsgrenzen darstellen. Bildinformationen stellen für ein GIS lediglich Rohinformationen dar, welche erst durch Klassifizierungs-

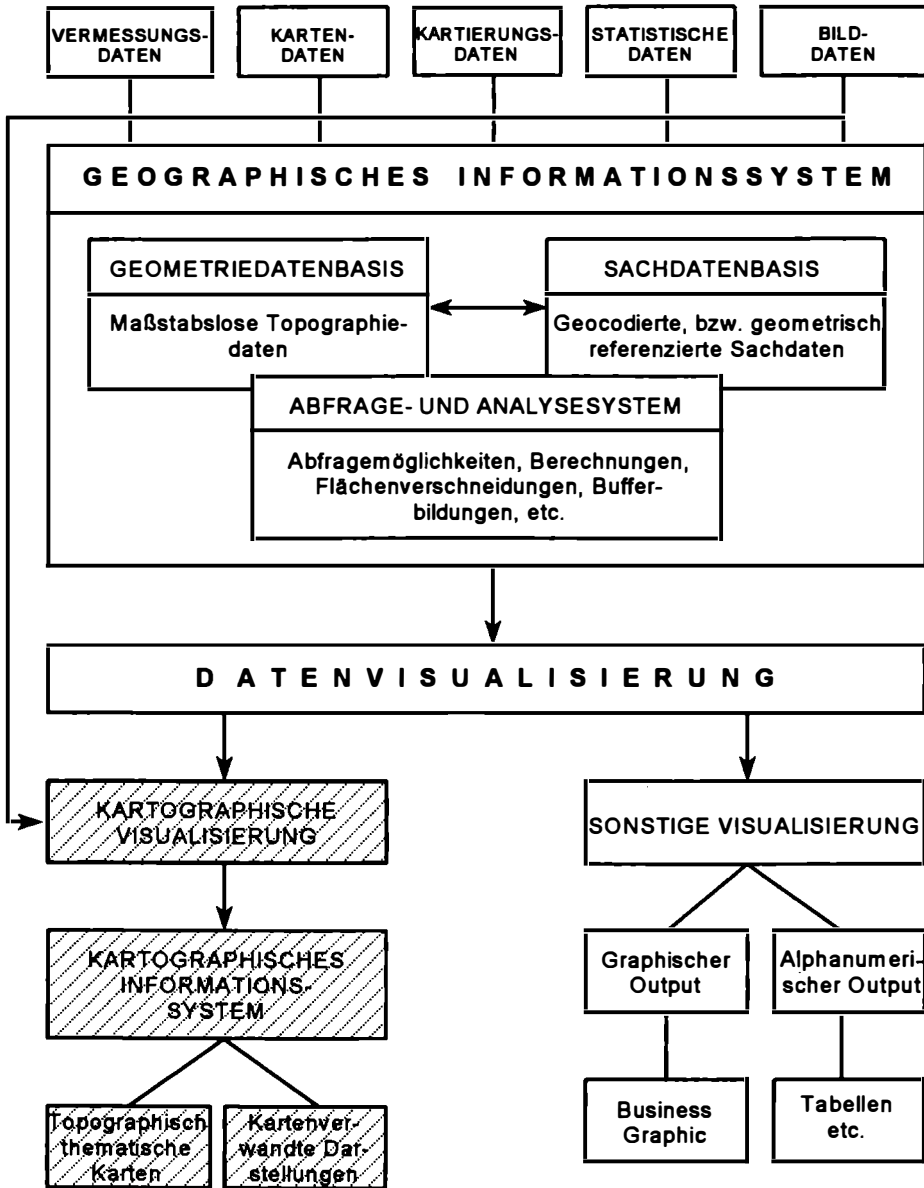


Abb. 1: Geographische Informationsverarbeitung und Datenvisualisierung

prozesse zu verarbeitbaren Geoinformationen werden, wobei sich auch in den Klassifikationsprozessen die bereits skizzierte Grundproblematik der Sachverhaltsabgrenzung widerspiegelt.

Schließlich spielen Kartendaten eine von der Sachfrage zwar nicht adäquate dafür aber von der Praxis nicht unbedeutende Rolle im GIS Dateninput. Karten stellen bereits Modelle dar und enthalten deshalb schon definierte Objektklassen, die auch geometrisch festgelegt sind (BARWINSKY & HARBECK 1990), jedoch für einen bestimmten Maßstab und Zweck bearbeitet wurden. Da die in den jeweiligen Kartenmaßstäben erfolgten Generalisierungsmaßnahmen nicht rückgängig gemacht werden können, wird es schwierig bis unmöglich, Geometriebezüge zu identen Sachverhalten über verschiedene Maßstabsebenen hinweg aufzubauen.

2.2 Datenmanipulation

Die übliche datentechnische Organisation sieht eine Trennung von Geometriedaten (Vektor und/oder Raster) und Sachdaten inklusive der zu den Geometriedaten gehörenden Attributen vor. Eine solche Trennung ist aus Gründen des Datenzugriffes zweckmäßig und bietet auch die Möglichkeit, einer Basisgeometrie mehrfache Attribute zuzuordnen. Das Abfrage- und Analysesystem kann zum Beispiel über arithmetische und/oder logische Operationen auf die Sachdaten zugreifen und diverse Berechnungen ausführen bzw. Flächenverschnidungen zur weiteren Datengenerierung durchführen, oder über Bufferbildung, d.h. unter Vorgabe bestimmter Geometriekriterien, Sachdatenabfragen realisieren. Die Ergebnisse der Datenmanipulationen können vom Nutzer eines GIS nur dann in ihrem räumlichen Kontext erkannt werden, wenn eine kartographische Visualisierung vorgenommen wird (vgl. Abb. 1). Letztere kann natürlich auch direkt auf der Grundlage unterschiedlicher Geoinformationsquellen – sowohl analog wie auch digital – erfolgen, wobei die kartographische Datenbearbeitung, ausgerichtet auf die teleologischen Aspekte der Sachverhaltsvisualisierung für eine entsprechende Harmonisierung und Generalisierung der Inputdaten zu sorgen hat.

3. Kartographische Informationssysteme

Kartographische Darstellungen haben die Aufgabe, räumliche Informationen in einer überschaubaren Form so darzubieten, daß räumlich unterschiedliche Ausprägungen von Sachverhalten sichtbar werden. Für diese Aufgabenstellung hat sich eine an einem Grundrißkonzept orientierte, maßstabsbezogene Informationsgestaltung als zweckmäßig erwiesen. Die kartographische Darstellung bildet Sachverhalte nicht in einem projektiven Sinne ab, da ein solches Konzept – unter Beachtung perceptiver Bedingungen der visuellen Auffaßbarkeit – schon in relativ großen Maßstäben nicht durchgehalten werden könnte. Diese perceptiven

Grenzwerte sind durch die Physiologie des menschlichen Auges vorgegeben und besitzen daher keinen kausalen Zusammenhang mit den Kartenmaßstäben. Geht man davon aus, daß nur eine nach derartigen perzeptiven Grundsätzen gestaltete Rauminformationsdarstellung den Kommunikationsprozeß sicherstellen kann, dann leitet sich daraus auch zwingend die Bereitschaft ab, entsprechende einschneidende Einschränkungen bei der Sachverhaltsgestaltung in Karten auch zu akzeptieren. So ist es zum Beispiel unumgänglich, die strenge Objektmaßstäblichkeit bei Unterschreiten der Perzeptionsschwellen durch die unmaßstäbliche Symboldarstellung zu ersetzen. Da aber derartige Kartensymbole unverhältnismäßig viel Darstellungsfläche beanspruchen, ergibt sich daraus die Notwendigkeit, Kartensymbole teilweise zu versetzen, da geometrisch richtig plazierte, jedoch übereinanderliegende Kartensymbole die Lesbarkeit nicht gewährleisten würden. Damit wird jedoch die Kartengeometrie nicht allein durch die unmaßstäblichen Zeichen, sondern auch durch deren laterale Versetzungen erheblich gestört. Selbst diese beträchtlichen Eingriffe auf der Sachverhaltsebene reichen zur Lösung der Visualisierungsaufgabe auch in großen Maßstäben noch nicht aus, so daß neben einer rigorosen Objektauswahl auch eine Objektrepräsentanz stattfinden muß, indem semantisch aggregierbare Objekte durch "repräsentative Superzeichen" ersetzt werden müssen, welche ihrerseits keine Entsprechungen in der Realität mehr besitzen. Das Bündel der hier dargelegten Maßnahmen zur kartographischen Informationsgestaltung bildet den Regelfall für die Gestaltung der topographischen Karten und stellt das Regelwerk der kartographischen Generalisierung dar.

Abstrakte Sachverhalte – wie sie bei themakartographischen Datenumsetzungen anfallen – werden grundsätzlich in zwei Informationsebenen gestaltet. Die Topographie als Hintergrundinformation ist dabei auf sachverhaltsadäquate Orientierungsmerkmale beschränkt, während auf der eigentlichen Sachverhaltsebene – vielfach ohne irgendwelche Bezüge zum Topographiemaßstab – die Sachverhaltsumsetzung vorgenommen wird. Selbstverständlich muß auch diese Sachdatenumsetzung perzeptiven Grundsätzen genügen, welche in der vorkartographischen Datenbearbeitung realisiert werden und damit im gewissen Sinne einer "thematisch-kartographischen Generalisierung" entsprechen.

3.1 Dateninput in KIS

Ein KIS muß so ausgelegt sein, daß zunächst alle bisher mit photomechanischen Verfahren generierten kartographischen Produkte auf digitalem Weg erzeugt werden können. In diesem Sinn müssen Bildinformationen (digitale Bilddaten in Form von Binär- oder Grauwert-Rasterbildern), ebenso Karteninformationen (digitale Kartengeometrien in Form von Vektordaten) bzw. Sachinformationen (digitale geocodierte Zählungs- und Messungsdaten) – auf einen bestimmten Maßstab bezogen – verarbeitet werden können (vgl. Abb. 2).

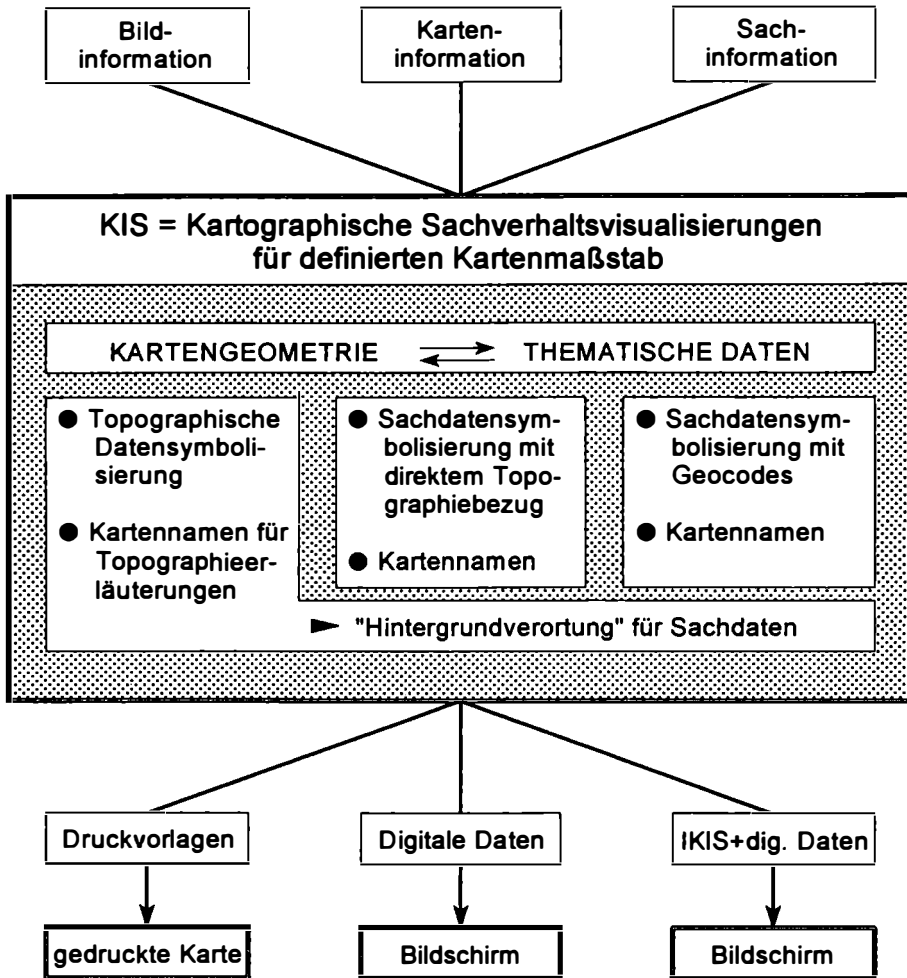


Abb. 2: Dateninput und Datenoutput in einem KIS

Da keine praktisch einsetzbaren, automatisch ablaufenden Komplettlösungen für Informationstransformationen zwischen unterschiedlichen Kartenmaßstäben zur Verfügung stehen, verbleibt immer noch ein Großteil der kreativen Tätigkeit in Redaktion und Entwurf beim Kartographen, wobei diese sowohl durch konventionelle wie auch digitale Arbeitsmethoden erfolgen kann.

Ein KIS ist im Vergleich zu einem CAD-System dadurch gekennzeichnet, daß zwischen der die Symbolisierung bereits berücksichtigenden Kartengeometrie und den Sachdaten Verweise aufgebaut werden, die ein wechselseitiges Erschließen ermöglichen. Natürlich kann eine digitale Kartenproduktion auch auf einem

"CAD-orientierten" Level erfolgen, wobei bei diesem "Desktop-Mapping" gleichsam der Gravurring durch die Maus ersetzt wird. Diese Vorgehensweise kann vor allem bei sogenannten "Gebrauchskartenwerken" (Stadtplänen, Straßenkarten usw.) durchaus zweckmäßig eingesetzt werden, da die digitale Kartenproduktion bei einer vorgegebenen invariablen Symbolisierung auch ohne Datenbank-Konnex erfolgen kann. Hingegen erfordern komplexe themakartographische Umsetzungen die bereits dargelegten Verknüpfungen zu Sachdaten in einer Datenbank, um effiziente Gestaltungsmöglichkeiten (z.B. in der Symbolüberdeckung u.a.) sicherzustellen. Für beide Verfahrenswege gilt, daß die bisher aufwendigen, photomechanischen Reprozesse nun durch digitale abgelöst werden können, wobei als Endergebnis üblicherweise die gedruckte Karte stehen wird.

Ein sehr wichtiges Element in der Visualisierung räumlicher Informationen durch das Medium Karte ist der Einsatz schriftlicher Erläuterungen, welche als Informationsträger einem GIS wesensfremd sind. Aus Konstruktionsgründen muß für jeden Namen ein koordinativer Referenzpunkt vergeben werden, dessen Koordinaten natürlich keinerlei sachliche wie geometrische Bedeutung zukommt. Denn Kartennamen bezeichnen oft Objektkonglomerate bzw. nicht eindeutig abgrenzbare regionale Bereiche, wobei die unscharfe Abgrenzung lediglich vom Benutzer kartographischer Informationen nachvollzogen werden kann, ohne daß das KIS explizit dazu etwas beiträgt. Schließlich sollte man nicht außer Betracht lassen, daß Kartennamen oft viel Darstellungsfläche verbrauchen, so daß ein Mehr an Erläuterungen von Kartenelementen, ein Weniger an erkennbaren Kartenelementen entsprechen muß.

3.2 KIS und multifunktionale Informationsnutzung

Der Kommunikationsvorgang mittels kartographischer Medien kann in Form eines dreistufigen Modellkonzeptes gesehen werden, welches in Abbildung 3 die Transmission der Geoinformationen von der realen Umwelt zum Nutzer kartographischer Informationen veranschaulicht.

Die Kartographie erzeugt nur in Ausnahmefällen (z.B. aus Luft- bzw. Satellitenbildern) Primärinformationen, sonst nützt sie Geoinformationen, welche von anderen Wissenschaften im Rahmen deren Primärmodellbildung kreiert wurden. Insoferne besteht von kartographischer Seite an sich keinerlei Einfluß auf die Primärmodellbildung. Primärmodelle werden von den unterschiedlichen Sachwissenschaften entweder auf der Grundlage eines definierten Verortungssystems aufgebaut, oder sie werden, wie das bei vielen Geokartierungen der Fall ist, in ein üblicherweise großmaßstäbiges kartographisches Visualisierungsprodukt geometrisch eingebunden.

Viele dieser Primärmodelle werden künftig digital vorliegen und, sofern dies möglich ist, in GIS verwaltet werden. Auch in dieser Form werden sie die

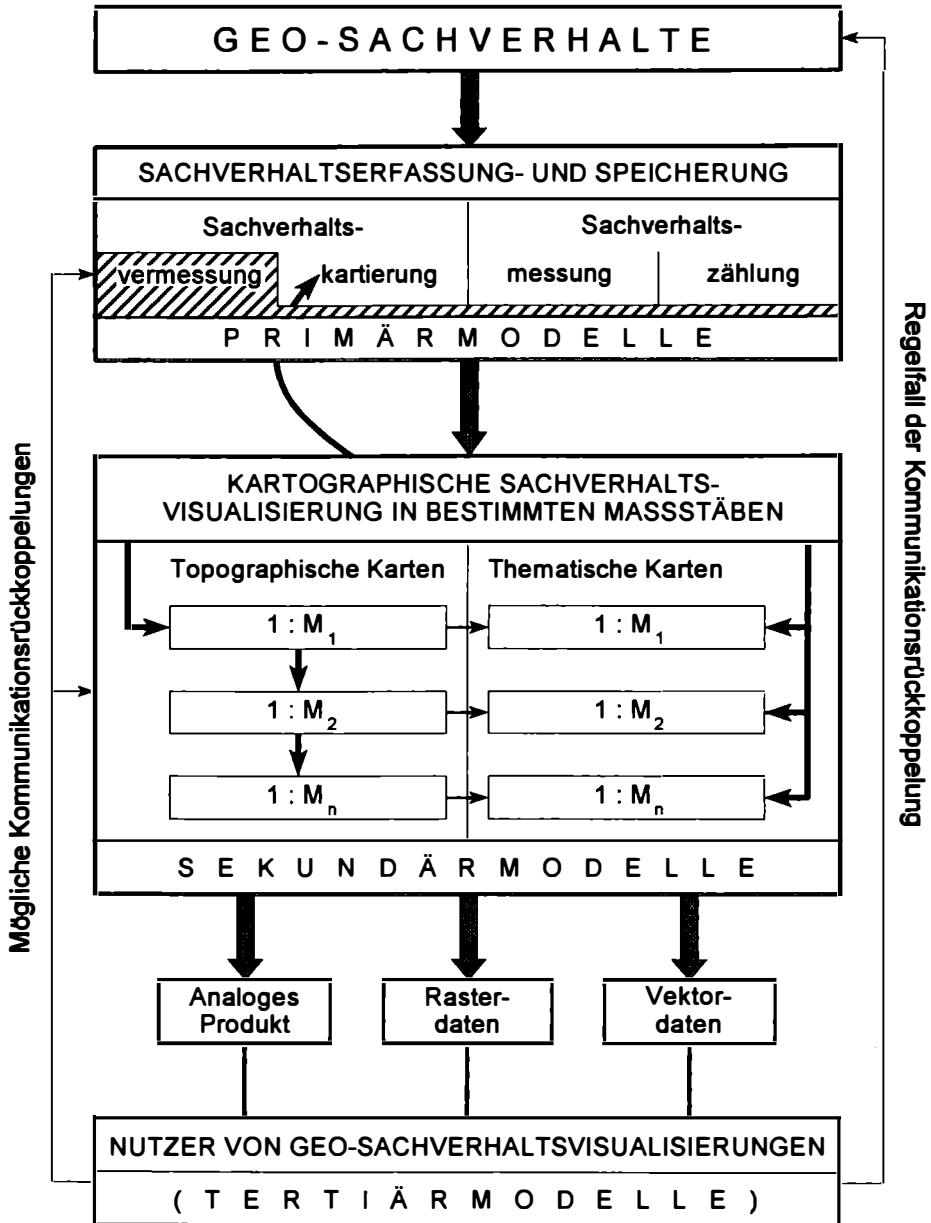


Abb. 3: Kartographische Informationssysteme im Netzwerk kartographischer Kommunikation

Grundlage für die sekundären kartographischen Modelle bilden. Auf den ersten Blick eröffnet sich eine durchgehende digitale Informationskette von der Realitätserfassung bis zum Visualisierungsergebnis in einem bestimmten Kartenmaßstab und damit auch völlig neue Szenarien der Laufendhaltung von Karteninformationen. Je kleiner jedoch der Visualisierungsmaßstab wird, desto weniger Informationen werden von maßstabslosen Primärmodellen in die Sekundärmodelle fließen. Das war schließlich auch der Grund, weshalb in der topographischen Kartographie die kartographische Generalisierung von Maßstabsebene zu Maßstabsebene erfolgte, ohne daß ein Rückgriff zur Realität stattfand (vgl. Abb. 3). Derzeit besteht keine Möglichkeit, die sowohl geometrischen wie auch semantisch-geometrischen Generalisierungsmaßnahmen prozeßgesteuert ablaufen zu lassen. Bei thematischen Karten oder Kartogrammen kann eine Generalisierung im Sinne einer physiognomischen inhaltlichen Bearbeitung in der Maßstabsfolge nicht vorgenommen werden. Für jeden Maßstab ist der Rückgriff in die Primärdaten notwendig, um diese der bereits genannten "thematischen Generalisierung" zuzuführen.

Da in jeder Maßstabsebene ein auch graphisch ausgewogenes Kartenbild angestrebt wird, lassen sich derartige kartographische Geometriebasen nur sehr eingeschränkt multifunktional verwenden. Die Selektion einzelner Elemente, die man ohne Zweifel digital wesentlich einfacher bewerkstelligen kann, hilft wenig, da diese aus ihrem ursprünglichen Kontext gerissen nach einer Nachbearbeitung verlangen. Ebenso können nicht einfach aus Primärmodellen Informationen, auch wenn diese in das entsprechende Abbildungssystem umgebildet werden können, in die Sekundärmodelle übernommen werden, da die unterschiedlichen Generalisierungsgrade eine koinzidente Einbindung verhindern. Auch hier müssen erhebliche Nachbearbeitungen in Kauf genommen werden, um adäquate Präsentationsergebnisse zu erzielen.

3.3 Finalprodukte kartographischer Informationssysteme

Der Informationstransfer zum Nutzer erfolgt in einer, kartographischen Darstellung typischen Symbolisierung. Daher muß ein KIS über sehr flexible Möglichkeiten zur Generierung von Kartengraphik verfügen. Sowohl für Hard- wie Softcopies müssen die Karteninformationen bereits in symbolisierter Form vorliegen, wobei für die Informationsverbreitung über Printmedien eine Reihe von Vorkehrungen zu treffen sind, die einen paßsicheren Kartendruck gewährleisten (vgl. Abb. 4).

Wenngleich zur Geometrieregistrierung und zur Informationssymbolisierung vielfach Vektordaten benutzt werden, spielen diese als Finalprodukte praktisch keine Rolle, da sie für die Informationsumsetzung lediglich als Konstruktionsdaten dienen. Die gesamte Kartensymbolik wird digital über Rasterdaten gelöst, wobei für den Bildschirm additive Farben, für den Druck subtraktive Farben in entsprechenden Teilfarbenauszügen eingesetzt werden.

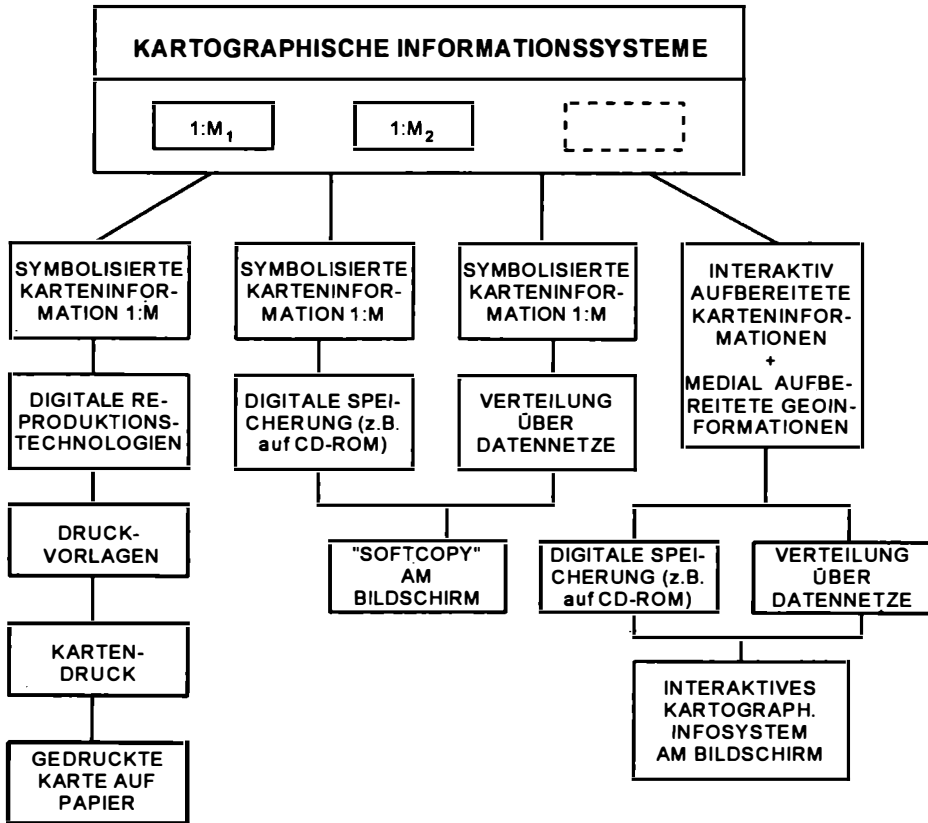


Abb. 4: Finalprodukte kartographischer Informationssysteme

Für die Verteilung der Karteninformationen im Rastermodus können digitale Speichermedien benutzt oder die Informationsverteilung kann über Datennetze bewerkstelligt werden. Hinsichtlich der Evidenthaltung bestehen wesentliche Unterschiede zwischen den beiden genannten Formen, da eine Verteilung über physische Datenträger sich durch nichts vom Printmedium unterscheidet, während hingegen bei der Informationsverteilung über Datennetze ein ständiges Updating möglich ist.

Interaktive kartographische Informationssysteme – auch teilweise als "elektronische" Karten bezeichnet – stellen kartographische Applikationen mit multimedialen Möglichkeiten dar. Der Kartennutzer verfügt selbst über Grundfunktionen eines KIS, um damit wechselseitige Zugriffe zu Geometriebasisdaten und Sachdaten durchzuführen. Damit wird es möglich, ausgehend vom symbolisierten Kartenbild am Bildschirm, auch Primärdaten abzufragen, die sonst hinter der Kartographie verborgen bleiben. So kann sich z.B. der Systembenutzer individuelle Ent-

fernungen zwischen gegebenen Örtlichkeiten entlang von Straßen bestimmen lassen, wobei solche Distanzen nicht aus der Konstruktionsgeometrie, die mit den Geometriedeformationen der Generalisierung behaftet sind, berechnet werden, sondern einer Distanzmatrix entnommen werden. Die Lösung solcher und ähnlicher Aufgaben setzt allerdings voraus, daß Vektor- und Rasterdaten gemeinsam verwendet werden können.

Die flexible Gestaltung von Kartogrammen lassen sich in solchen Systemen relativ gut realisieren, wobei dem Systembenützer auch gewisse Freiheiten in der Wahl der Datengruppierungsmöglichkeiten, der Symbolik und Farbgebung usw. eingeräumt werden können. Die Erweiterung solcher interaktiver Systeme durch Bild- und Textinformationen bzw. Toneinblendungssequenzen gehen in die Richtung von Multimediaanwendungen. Abgesehen von "elektronischen" Straßenkarten bzw. Stadtplänen wird diese Technologie auch in kleinmaßstäbigen Atlasbereichen angewandt, d.h. in Bereichen, die mit einer weniger komplexen Kartengraphik ihr Auslangen finden. Um für die nun ausschließlich für die Bildschirmvisualisierung aufbereitete Kartengraphik dennoch stets ein lesbares Bild sicherzustellen, muß man mit informationsgestaffelten Maßstabsebenen eine entsprechende Nutzerführung anbieten. Werden die Benutzersoftware und die entsprechenden Daten auf digitalen Datenträgern abgegeben, bleiben letztere zeitpunktbezogen und können nur in Form zyklischer Updates evident gehalten werden. Lediglich wenn die Daten über ein Netz geladen werden können, eröffnet sich eine völlig neue Perspektive des Aktualitätsbezuges.

4. Das Teilprojekt "Geoinformationssysteme und EDV-Kartographie" des FWF-Schwerpunktes "Raum und Gesellschaft"

Im Teilprojekt "Geoinformationssysteme und EDV-Kartographie" werden Geoinformationen, welche in anderen Teilprojekten des Schwerpunktes als Primärmodelldaten bearbeitet werden, zu Visualisierungsprodukten in Form von maßstabsbezogenen Sekundärmodelldaten weiterverarbeitet und zu kartographischen Finalprodukten ausgeformt. Die Fülle der Informationen der einzelnen Teilprojekte wird dabei einerseits als Kartenwerk für das Printmedium aufbereitet, bzw. andererseits für ein interaktives kartographisches Informationssystem ("elektronischer Atlas") genutzt werden.

4.1 Kartenwerk "Österreich – Raum und Gesellschaft"

Die Grundlage für das Kartenwerk bilden modular aufgebaute, maßstabsbezogene Datenbasen, welche, flexibel und an der jeweiligen Sachfragenstellung orientiert, in die Sachthemenvisualisierung integriert werden können. Zu diesem Zweck sind – in Verbindung mit den in Aussicht genommenen Atlasformaten – kartographische Basisdatensätze für 1 : 750.000, 1 : 1.000.000, 1 : 1.500.000 und

1 : 2.250.000 vorgesehen. Die kartographischen Grunddaten müssen zunächst unter Einbeziehung aller notwendigen Quellen konventionell, redaktionell und entwurfsmäßig bearbeitet werden, wobei natürlich auf die nachfolgenden digitalen Arbeitsprozesse bereits Bedacht genommen wird. Die einzelnen Inhaltselemente werden bereits in der Weise getrennt bearbeitet, daß eine nachfolgende halbautomatische Digitalisierung und Attributierung erfolgen kann.

Die Abbildung 5 zeigt den Bearbeitungsweg der einzelnen Module sowie deren Informationsebenenstruktur bis zur ersten digitalen Umsetzung in Form binärer Rasterdaten. Dieses binäre Rasterbild wird in der Folge zunächst nochmals auf den Zielnetzentwurf transformiert und anschließend einer Raster/Vektor-Konvertierung unterzogen. Ein nachfolgendes "Cleaning" (Filterprozeß) soll für einen etwas ruhigeren Linienverlauf sorgen bzw. die durch die Raster/Vektor-Konvertierung unnötig große Stützpunktzahl reduzieren. Diese so bereinigten Geome-

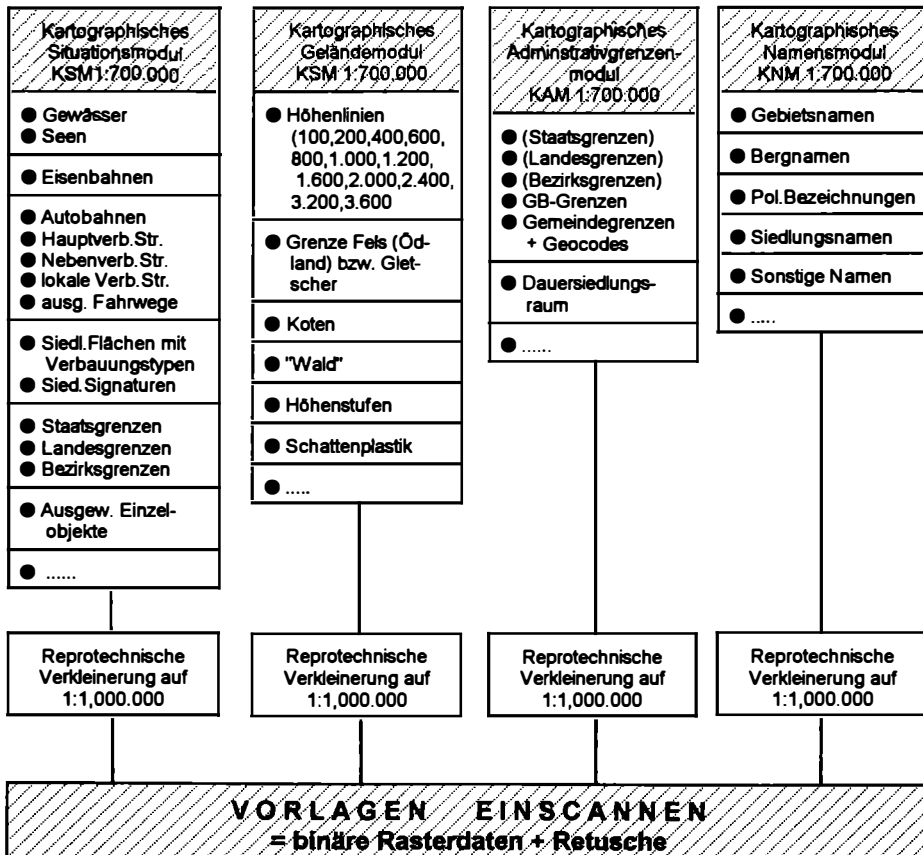


Abb. 5: Vom kartographischen Entwurf zur digitalen Erfassung

trien werden anschließend topologisch aufbereitet und attribuiert. Dessen ungeachtet werden die ursprünglichen Informationsschichten der Entwürfe auch in Layern abgelegt und stehen für die Symbolisierung auch im CAD-System zur Verfügung. Die Symbolisierung kann – so lange es sich nicht um Diagrammfiguren handelt – auch im CAD-System ohne Benützung der Informationen der Datenbank erfolgen, wobei auch alle originalherstellungsmäßigen Prozeduren (Symbolüberlagerungen, Freistellungen, Haloeffekte, Hinterfüllungen, etc.) im Rastermodus ausgeführt werden können. Den letzten Arbeitsschritt stellt die Ausbelichtung auf einem hochauflösenden Rasterplotter dar, wobei die für den Druck notwendigen farbgetrenten Druckvorlagen erzeugt werden.²⁾

Einen Sonderfall in der Vorlagenherstellung bilden die Satellitenbild- und Raumnutzungskarten, welche in enger Kooperation mit dem Teilprojekt 3 "Fernerkundung und Landschaftsverbrauch" (SEGER) erfolgen werden. Zunächst wird am Institut für Kartographie und Reproduktionstechnik die Digitalisierung der Realnutzungskartierungen des TP3 vorgenommen und im Anschluß daran werden diese Rasterdaten über das Netz nach Klagenfurt gespielt. Die vektorisierten Daten des TP3 sollen für eine flächendeckende Darstellung im Maßstab 1 : 200.000 oder 1 : 250.000 dienen, welche im einheitlichen Abbildungssystem des Kartenwerkes (flächentreuer Kegel mit zwei längentreuen Parallelkreisen) kreiert werden wird. Das notwendige Procedere ist in Abbildung 6 in groben Zügen zusammengefaßt.

Für die Satellitenbildkarten werden die jeweiligen Szenen auf einem hochauflösenden Farbscanner eingescannt, wobei über vorher definierte Paßpunkte die Umbildung in ein definiertes Kartenabbildungssystem mit einer für diese Zwecke ausreichenden Genauigkeit vorgenommen werden kann. Diese Bildinformationen werden mit Orientierungsinformationen aus der KIS Datenbank versehen und zu einem Vierfarbenauszug zusammengerechnet. Die Druckvorlagen selbst werden dann wieder auf dem bereits genannten Rasterplotter ausbelichtet.

4.2 Interaktives Kartographisches Informationssystem Österreich

Das im Rahmen des Teilprojektes 2 geplante Interaktive Kartographische Informationssystem (IKIS) wird als Prototyplösung angelegt und nicht als marktfähiges Produkt konzipiert. Es sollen in erster Linie die Möglichkeiten dieses neuen Mediums ausgelotet werden, um so Erfahrungen für diese innovative Entwicklungsschiene sammeln zu können.

2) Für die Druckvorlagenherstellung werden am Institut für Kartographie und Reproduktionstechnik der TU-Wien sowohl die institutseigene Entwicklung DIGMAP wie auch INTERGRAPH eingesetzt.

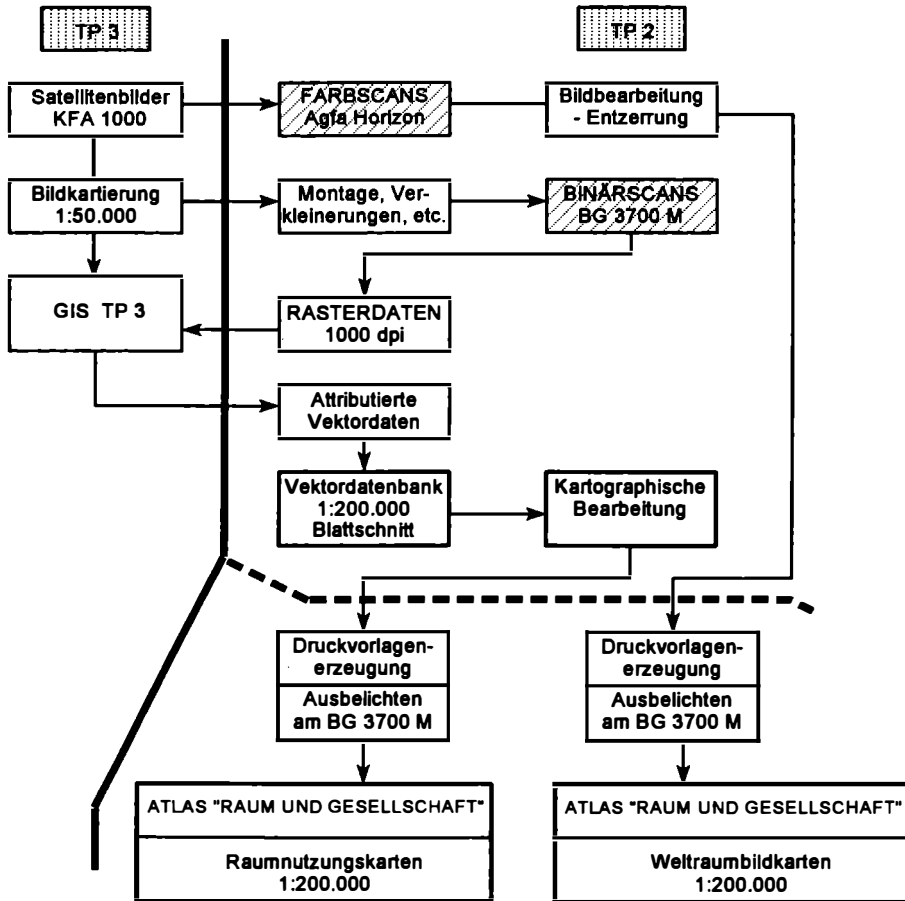


Abb. 6: Zur Ableitung der Satellitenbild- und Raumnutzungskarten

In der geplanten multimedialen Konzeption soll sowohl über die kartographische Darstellung ein "geo-räumlicher" Einstieg, als auch über die Sachdaten selbst ein "sachverhaltsbezogener" Zugang ermöglicht werden (vgl. Abb. 7).

Mit der systemgeleiteten Benutzerführung können weiters Statistiken, Texte sowie Bildinformationen über sogenannte Icons "geometrisch" erschlossen werden bzw. "sachlich" über Informationsketten aufgebaut werden. Das Interaktive Kartographische Informationssystem setzt auf die Geometriedatenbasen des Kartenwerkes "Raum und Gesellschaft" auf, wobei bei der Bearbeitung derselben auf diesen Einsatz bereits Bedacht genommen wurde. Obgleich die Datenbasen auf dem gleichen Netzentwurf basieren, weisen sie naturgemäß unterschiedliche Generalisierungsgrade auf, was zur Folge hat, daß sie untereinander geometrisch

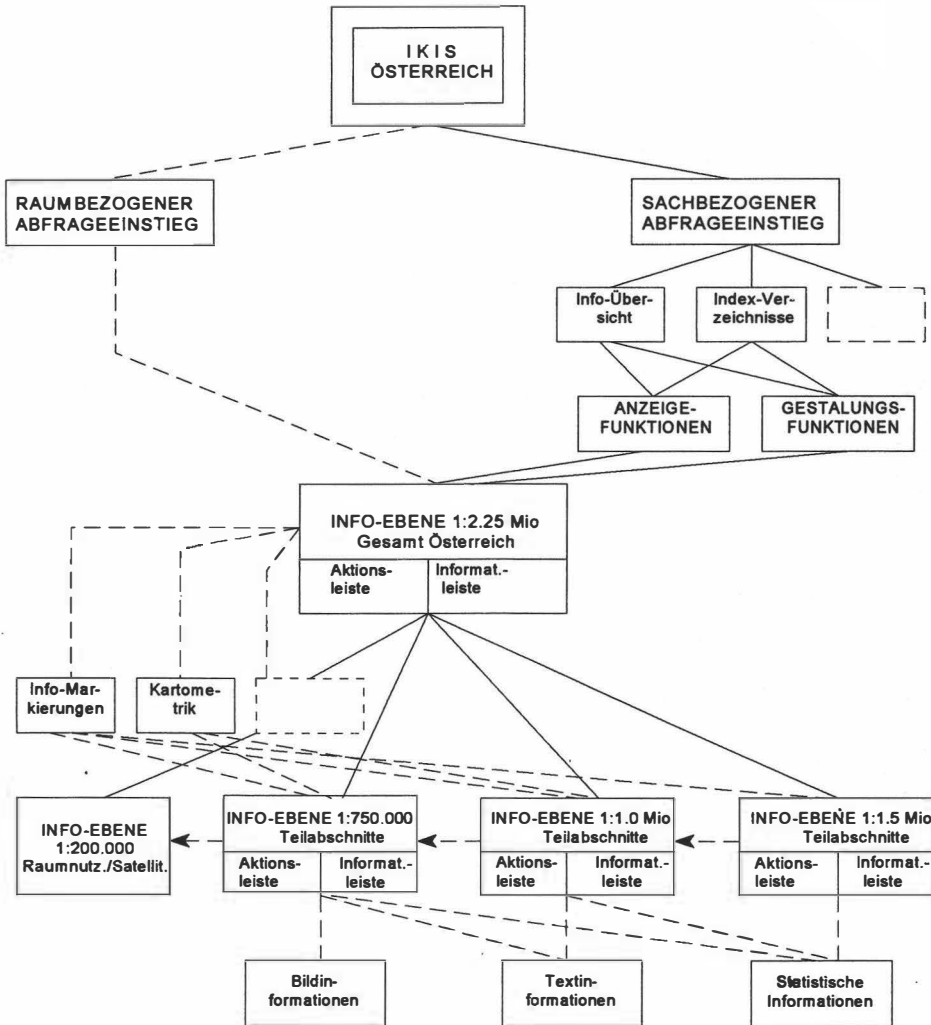


Abb. 7: Aufbau und Funktionalität von IKIS Österreich

nicht verbunden werden können. Die gemeinsamen topologischen Bezüge hängen vom jeweils kleinsten der betrachteten Maßstäbe ab, wobei eine solche topologische Verknüpfung bei linearen Kartenelementen unter Umständen noch Sinn machen kann, während sie bei flächenhaften Kartenelementen deshalb sehr bald an Grenzen stößt, weil keine eindeutige Zuordnung der Flächen unterschiedlicher Maßstäbe möglich ist. Eine "idente" Verknüpfung ist bei analogen kartographischen Darstellungen unterschiedlichen Maßstabes infolge der Symbolisierung nicht möglich und kann auch bei einer digitalen Geometrievorhaltung nicht vor-

genommen werden. Bei Einsatz eines vorgegebenen Bildschirmformates mit konstanter Auflösung bleibt lediglich der Ausweg, über benutzerspezifisch definierte Fenster in den jeweils optimal angepaßten Maßstab zu führen, um so ein visuell sicher zu erfassendes Kartenbild zu garantieren.

In Abbildung 7 wird auch angedeutet, wie diese Benutzerführung angelegt sein wird. Jede kartographische Darstellung wird mit einer Aktions- und Informationsleiste ausgestattet, welche die jeweils möglichen Interaktionen innerhalb einer maßstabsbezogenen Informationsebene anzeigt. So können zum Beispiel über die Informationsleiste zu bestimmten Kartenmarkierungen Zuschaltmöglichkeiten von weiteren Informationsquellen angeboten werden, welche dann in Form textlicher Erläuterungen, Statistiken, Business-Graphik, Bildinformationen usw. aufgerufen werden können. Es können aber ebenso Wegstrecken zwischen vorgegebenen Punkten oder Höheninformationen u.ä.m. eruiert werden, die auf der Kartendarstellung selbst nicht ausgewiesen sind. Im Rahmen des sachbezogenen Abfragezuganges muß sich der Benutzer aus einem Verzeichnis von Themen für einen bestimmten Sachverhaltsbereich entscheiden, oder er kann seinen Zugang auch über einen Index wählen. An der einfachen Fragestellung, welche Stadt die kleinste Einwohnerzahl habe, läßt sich die Arbeitsweise des Systems einfach illustrieren. Sobald diese Stadt über eine Datenbankabfrage gefunden ist, wird sie am Bildschirm mit der entsprechenden Topographieumgebung dargeboten. Gleichzeitig wird auf der Infoleiste angegeben, welche weiteren Informationen zu dieser Stadt verfügbar sind. So können Baualterpläne, historische Stadtansichten, Luftbilder oder Angaben zur Stadtgeschichte u.ä. zusätzlich eingesehen werden. Vor allem statistische Daten sollen vom interaktiven Systemnutzer auch unter Einbeziehung einfacher Gestaltungsparameter flexibel visualisiert werden können. So könnte etwa eine Abfragegestaltung so angelegt werden, daß die Arbeitslosenrate in den einzelnen Gemeinden Österreichs zunächst in zwei Gruppen, nämlich solche über bzw. unter dem Österreichdurchschnitt am Bildschirm visualisiert werden sollen, um dann über diese Darstellung alle jene Gemeinden mit einer speziellen Farbgebung zu kennzeichnen, deren Arbeitslosenrate 3% über bzw. 2% unter dem Österreichmittel liegen. Weiters kann sich der Systembenutzer für jede Gemeinde den Absolutwert der Arbeitslosen als alphanumerische Angaben ebenfalls anzeigen lassen.

5. Abschließende Bemerkungen

Die stärker technologisch ausgerichteten Bereiche der Kartographie, nämlich die Kartenoriginalherstellung und die Druckvorstufe, werden derzeit durch digitale Arbeitsverfahren vollständig umstrukturiert. Diese Entwicklungstendenzen sind im industriellen Reproduktionsbereich seit wesentlich längerer Zeit verfolgbare,

wobei diese zu einer grundlegenden Umgestaltung der Berufsfelder geführt haben. Die Kartographie befindet sich im Hinblick auf ihre technologischen Belange gleichsam in einer Nischenfunktion der graphischen Industrie und wurde von dieser allgemeinen Entwicklung daher entsprechend zeitverzögert erfaßt. Dies läßt sich einigermaßen plausibel aus dem Umstand erklären, daß der Kartographiesektor im Vergleich mit anderen Printbereichen einen marktmäßig schmalen Sektor darstellt, für den sich spezielle Entwicklungen von Hard- und Software einfach nicht lohnen. Erst als entsprechende Entwicklungen im Bereich CAD, GIS, EBV u.a. auch die Verarbeitung kartographischer Daten wirtschaftlich möglich machten, begannen diese Technologien auch für kartographische Anwendungen interessant zu werden. Allerdings zeigte sich bald, daß die besondere Form der kartographischen Informationsbearbeitung und -präsentation sich für eine so weitgehende Automatisierung, wie sie etwa bei digitalen Farbauszugsverfahren u.ä. erfolgte, weniger eignet, da viele schlecht algorithmierfähige Komponenten in der kartographischen Umsetzung von Geoinformationen enthalten sind. So haben zum Beispiel die wachsende Divergenz zwischen Objekt- und definiertem Kartenmaßstab in der Maßstabsfolge sowie die daraus resultierenden zum Teil lokal stark variierenden Geometriedeformationen, oder eine mit einem nur relativ allgemein gehaltenen Regelwerk ausgestattete Objektrepräsentanz u.ä.m., die automatische Folgekartenableitung auf "Knopfdruck" bislang verhindert. Insofern läßt sich der derzeitige Stand der Umgestaltung in der Kartographie so charakterisieren, daß die digitalen Arbeitsverfahren ein neues Werkzeug darstellen, mit dem eine im methodischen Ansatz bekannte Informationsaufgabe technologisch anders gelöst wird. Die zunächst erhofften, vielleicht auch teilweise befürchteten Rückkoppelungen digitaler Technologie auf die methodischen Basiskonzepte der Kartographie sind nicht eingetreten, da diese offensichtlich über ausreichende Gestaltungsfreiräume verfügen.

Allerdings kann der Einsatz neuer Telekommunikationstechnologien auch der Kartographie neue Perspektiven in der kartographischen Informationsverteilung eröffnen, indem gegebenenfalls Papier als Träger kartographischer Informationen zumindest teilweise entbehrlich werden könnte. Dabei werden zunächst symbolisierte Geoinformationen – wie sie für das Printmedium aufbereitet werden – über Kommunikationsnetze übermittelt und erfüllen an sich die gleiche Informationsaufgabe wie gedruckte Karten, eben nur via Bildschirm. Die wohl entscheidendste Veränderung im kartographischen Informationsangebot werden die Interaktiven Kartographischen Informationssysteme auslösen, da durch die Erweiterung der Informationsmöglichkeiten im multimedialen Bereich, neue Formen des Erschließens von Geoinformationen möglich werden. Gleichzeitig wird der Systembenutzer vom passiven Rezipienten zum Gestalter individueller Informationsabfragen bzw. zum Mitbeeinflusser der Informationspräsentation.

6. Zusammenfassung

Den Ausgangspunkt der Betrachtung bildet ein Vergleich zwischen geographischen und kartographischen Informationssystemen, sowohl hinsichtlich der Dateninputsituation als auch der Zielsetzungen der Datenaufbereitung. Vor diesem theoretisch-konzeptionellen Hintergrund wird dann das Forschungsprojekt "Geoinformationssysteme und EDV-Kartographie" des FWF-Schwerpunktes "Österreich. Raum und Gesellschaft" dargelegt, wobei auch auf neue Möglichkeiten des künftigen kartographischen Informationstransfers näher eingegangen wird.

7. Summary

Fritz Kelnhofer: Geo-Information-Systems and Digital Cartography

In this article first of all a comparison of Geographical and Cartographical Information Systems with varying data input, goals, and data handling are being discussed. Against this theoretical-conceptual background, the research project "Geoinformation Systems and Digital Cartography" is presented. New ways of cartographic information transfer in future are also described in detail.

8. Literaturverzeichnis

- AHONEN P. (1993), Developing dataset descriptions for marketing geographic data. In: EUROCATO XI, Kiruna.
- BAILEY T.C. (1990), GIS and simple systems for visual, interactive, spatial analysis. In: The Cartographic Journ., 27, 2.
- BARWINSKI K., HARBECK R. (1990), Die topographische Information als Basis raumbezogener Informationssysteme. In: Geo-Informationssysteme, 3, 4.
- BILL R., FRITSCH D. (1991), Grundlagen der Geoinformationssysteme.
- BOUILLE F. (1993), Comparing processes, rules and neurons for dynamical phenomenon modelling in GIS. In: EUROCATO XI, Proc., Kiruna.
- BOURSIER P., MULLON Ch. (1993), GIS Evolution: object-operations, multimedia and other trends stemming from research in computer sciences. In: UDM's Proc.
- CAMPBELL N. (1991), The political economy of GIS: The spreadsheet as a low cost GIS. In: Cartographica, Monograph 43.
- CASPARY W. (1992), Qualitätsmerkmale von Geo-Daten. In: Zeitschr. f. Vermessungswesen, 7.
- CHIARAMONTI C. (1993), Electronic data interchange (EDI) for automation in both urban data management and exchange. In: UDM's, Proc.
- GARTNER G. (1993), New technologies in map production - traditional map elements like lettering and symbols to be altered? In: EUROCATO XI, Proc., Kiruna.
- GÖPFERT W. (1991), Geographische Informationssysteme.

- GÖPFERT W. (1991), Ein raumbezogenes Informationssystem für Raumordnung und Umweltpflege auf der Grundlage rechnergestützter Kartographie und Fernerkundung. In: Kartogr. Nachr., 41.
- GRÜNREICH D. (1992), Welche Rolle spielt die Kartographie beim Aufbau und Einsatz von Geo-Informationssystemen? In: Kartogr. Nachr., 42.
- GRÜNREICH D. (1993) Generalization in GIS environment. In: Proc. of the 16th Int. Cartographic Conf. Cologne 1993.
- HANKE K., PROSS E. (1994), Zur Fortführung des ATKIS 200 unter Verwendung digitaler Bilddaten. In: Kartogr. Nachr., 44.
- HOOP S., OOSTEROM P. (1993), Topological querying of multiple map layers. In: UDM's Proc.
- JÄGER E. (1993), Vom digitalen kartographischen Modell zur Karte (= Kartogr. Schriften, Bd. 1, Kartogr. u. Geoinformationssysteme).
- JÄGER E. (1994), Einsatz moderner Verfahren der hybriden Datenverarbeitung. In: Kartogr. Nachr., 44.
- KELNHOFER F. (1993), Kartographie als Grundlage von GIS. In: GG-Kommunikativ, Nr. 6.
- KELNHOFER F. (1993), Digital fair drafts for thematic maps. In: EUROCATO XI, Kiruna, Proc.
- KELNHOFER F. (1994), Objektbedeutung und Objektgeometrie in kartographischen Darstellungen. Kartensemiotik, 4. Int. Korrespondenz-Seminar, Dresden.
- KELNHOFER F. (1994), Kartographisches Informationssystem von Österreich (OE-KIS) im Maßstab 1 : 1.000.000. In: Österr. Zeitschr. f. Verm. u. Geoinform., 1+2.
- KELNHOFER F. (1994), Cartographic information systems and digital map production. IGU-Environment and quality of life in central europe, Prague.
- KELNHOFER F. (1994), Kartographische Informationssysteme – Ende des Printmediums Karte? Geodätische Woche Obergurgl.
- KELNHOFER F., KRIBBEL J. (1991), DIGMAP – a tool for making maps. In: EUROCATO IX, Proc., Warsha.
- KELNHOFER F., LECHTHALER M. (1994), DIGMAP – Digitales kartographisches Informations- und Originalisierungssystem. In: Kartogr. Nachr., 44.
- KRESSE W. (1995), Rechnergestützte Schriftgestaltung in Karten (= Kartogr. Schriften, Bd. 1, Kartogr. u. Geoinformationssysteme).
- LARUE T., PASTRE D. (1993), Quality checking in GIS. In: UDM's, Proc.
- LECHTHALER M. (1993), Geographisches Informationssystem ohne Maßstab? In: Salzburger Geogr. Mat., Heft 20.
- LECHTHALER M., PAMMER A. (1994), Multifunctional geometry data base for cartographic applications. In: EUROCATO XII, Copenhagen, Proc.
- LU X.Z. (1993), An object-oriented expert system for quantitative cartography. Proc. of the 16th Int. Cartogr. Conf., Cologne.
- NEUMANN K. (1991), Thematische Karten als Datenbankobjekte. In: Nachr. aus d. Karten- u. Vermessungswesen, Reihe I, 106.
- ORMELING F. (1994), Neue Formen, Konzepte und Strukturen von Nationalatlanten. In: Kartogr. Nachr., 44.
- ORR R. (1993), Database structures for cartographic production and spatial analysis. In: EUROCATO XI, Kiruna, Proc.
- PORNON H. (1993), Spatial data quality and qualifying. In: UDM's 1993, Proc.
- POWITZ B.M. (1993), Kartographische Generalisierung topographischer Daten in GIS. In: Kartogr. Nachr., 43.

- THOMPSON D. (1991), G.I.S. A view from the other (dark?) side. The perspective of an instructor of introductory geography courses at university level. In: *Cartographica, Monograph 43*.
- TIKUNOV S.S. (1990), Geographische Informationssysteme – Zweck, Struktur, Erfahrungen. In: *Vermessungstechnik*, 38.
- TRAINOR T. (1993), Census mapping: testing the limits. In: *Proc. of the 16th Int. Cartogr. Conf., Cologne 1993*.
- TUUKKANEN K., ARTIMO K. (1993), Communication between digital landscape model and two dimensional graphical map. In: *Proc. of the 16th Int. Cartogr. Conf., Cologne*.
- TVERSKY B. (1993), Cognitive maps, cognitive collages and spatial mental models. In: *UDM's 1993 Proc.*
- VOLTA G., EGENHOFER M. (1993), Interaction with GIS attribute data based on categorial coverage. In: *UDM's 1993, Proc.*
- WANG Z. (1993), Searching for the most suitable cartographic representation in statistical mapping. In: *Proc. of the 16th Int. Cartogr. Conf., Cologne*.
- WEBER W. (1991), Geographische Datenmodelle – ein Überblick. In: *Nachr. aus d. Karten- u. Vermessungswesen, Reihe I*, 106.