



Geoinformationssysteme
– von R. F. Tomlinson zu EVAmobil
Ein Überblick über Geoinformationssysteme

Bearbeiter: Dr. Norbert Rother
Tel. 0511 / 303 99 - 57
aqua.digitale
Ingenieurgesellschaft für Hydrologie und Geoinformatik mbH
Am Hohen Ufer 3a
30159 Hannover
Tel. 0511 / 303 99 - 57
Fax 0511 / 303 99 - 59

Inhaltsangabe

1	Grundlagen	3
1.1	Definition und Bestandteile eines Geoinformationssystems.....	3
1.2	Datentypen.....	3
1.2.1	Vektordaten	4
1.2.2	Rasterdaten.....	4
1.2.3	Sachdaten	5
2	Die ersten Ideen.....	5
3	Wichtige Meilensteine der ersten 20 Jahre.....	6
3.1	CGIS	6
3.2	Harvard Lab	6
3.3	ESRI.....	7
4	Die Entwicklung seit den 80er Jahren	7
4.1	Verbreitung und Präsentation	7
4.2	Datentypen und Datenhaltung	8
4.3	Arbeitsablauf	9
5	Ausblick.....	10
6	Literatur	10

1 Grundlagen

Ob ein Geoinformationssystem vor dreißig Jahren entwickelt wurde oder in zwanzig Jahren entwickelt werden wird, ob ein GIS-Programm nun als Freeware angeboten wird und gar nichts kostet oder weit über 10.000 Euro – einige Dinge im und um das Geoinformationssystem ändern sich nicht oder nur kaum.

Diese für alle Geoinformationssysteme geltenden Grundlagen leiten sich ab von der Idee, was man mit einem Geoinformationssystem tun möchte und was es leisten soll und von der Art und Weise, wie die raumbezogenen Informationen in unserer Umwelt existieren.

1.1 Definition und Bestandteile eines Geoinformationssystems

Der Begriff „Geoinformationssystem“ stammt ursprünglich vom englischen „Geographic Information System“, was zunächst mit „Geographisches Informationssystem“ übersetzt wurde und synonym für „Geoinformationssystem“ oder kurz „GIS“ gebraucht wird.

Dabei gibt es zwei grundsätzlich verschiedene Ansichten, mit welchen Inhalten der Begriff „GIS“ gefüllt werden sollte. Der umfassendere Begriff wird z.B. von BILL und FRITSCH (1994) so definiert:

Ein Geo-Informationssystem ist ein rechnergestütztes System, das aus Hardware, Software, Daten und Anwendungen besteht. Mit ihm können raumbezogene Daten digital erfaßt und redigiert, gespeichert und reorganisiert, modelliert und analysiert sowie alphanumerisch und graphisch präsentiert werden.

Der enger gefasste Begriff, der häufig von den Herstellern der GIS-Software verwendet wird, kann – in Anlehnung an BARTELME (1995) – wie folgt definiert werden:

Ein Geoinformationssystem ist ein Softwareprogramm, das der Erfassung, Speicherung, Analyse und Darstellung aller Daten dient, die einen Teil der Erdoberfläche beschreiben.

Im Folgenden soll immer dann, wenn von „GIS“ gesprochen wird, wie in der ersten Definition ein System verstanden werden, das aus Hardware, Software, Daten und Anwendungen besteht; ein System also, in dem tatsächlich Informationen verfügbar sind und auch abgerufen werden können.

Selbstverständlich ist das GIS nur dann nutzbar, wenn es Nutzer gibt, die ausreichend Know How aufweisen und sich im System auskennen. Aus diesem Grunde wird der Nutzer in der Regel als zusätzlicher - und wichtiger - Bestandteil des GIS angesehen.

Die engere Fassung des Begriffes, wie in Definition zwei, soll mit „GIS-Programm“ gekennzeichnet werden.

1.2 Datentypen

Im GIS sollen immer raumbezogene Daten verarbeitet werden, d.h. Informationen, deren Lage auf der Erde mit Hilfe von Koordinaten verortet werden kann. Dabei kann man grundsätzlich unterscheiden zwischen punkt-, linien- und flächenhaften Informationen.

Bei *punkthaften Informationen* handelt es sich um Standortangaben, z.B. um die Lage einer Bohrung, eines archäologischen Fundes oder eines Straßenschildes. An diese

Standortangabe können noch zusätzliche Informationen angebunden sein, wie im Beispiel der Bohrung die Tiefe einer bestimmten Bodenschicht mit ihren physikalischen und chemischen Eigenschaften.

Linienhafte Informationen sind z.B. politische Grenzen oder Ver- und Entsorgungsleitungen. Auch den linienhaften Information können wieder zusätzliche Informationen zugeordnet werden, z.B. Art und Dicke der Rohre, deren Material und Alter oder die Richtung des Durchflusses.

Flächenhafte Informationen sind z.B. Geländehöhen und Temperaturen. Diese Informationen existieren für jeden Punkt der Erdoberfläche, egal in welcher Ausprägung, und die Änderung ihrer Ausprägung zwischen zwei Punkten geschieht im Falle der beiden Beispiele kontinuierlich.

Flächenhafte Informationen sind aber auch z.B. Landkreise und andere politische Einheiten. Hier gibt es für jeden Punkt der Erdoberfläche nur die Ausprägung „ja“ oder „nein“ (gehört zum Landkreis oder gehört nicht zum Landkreis). Diese Art der flächenhaften Information wird diskontinuierlich genannt.

Diese Verschiedenartigkeit der raumbezogenen Informationen macht es notwendig, verschiedene Datentypen in einem GIS zu verwenden.

1.2.1 Vektordaten

Punkt-, linien- und flächenhaft-diskontinuierliche Informationen lassen sich sehr gut mit Hilfe von Vektordaten in digitale Daten umzusetzen. Das Grundelement ist dabei der Punkt, für den geographische Länge, Breite und Höhe sowie eine Punktkennung gespeichert werden. Mit Hilfe dieser Informationen ist jeder Punkt eindeutig in seiner Lage und von anderen Punkten unterscheidbar.

Das nächst höhere Element ist die Linie, die aus einer Abfolge von Punkten und einer Linienkennung besteht, die sie unverwechselbar macht.

Wird eine Linie zu einem geschlossenen Polygonzug erweitert, dann umschließt sie eine Fläche, den dritten wichtigen Vektordaten-Typ. Auch die Fläche wird mit einer Kennung versehen und dadurch eindeutig definierbar.

Diese grundlegenden Vektordaten werden auch zusammenfassend „geometrische Primitive“ genannt.

1.2.2 Rasterdaten

Mit einer von einem Polygonzug umgrenzten Fläche kann man zwar diskontinuierliche Daten darstellen („ja“ – innerhalb des Polygons, „nein“- außerhalb des Polygons), aber kontinuierliche flächenhafte Informationen wie z.B. die Geländehöhe lassen sich damit nicht oder nur sehr unbefriedigend in digitale Daten umsetzen.

Um diese Art der Informationen zu verarbeiten sind Rasterdaten besser geeignet.

Rasterdaten bestehen aus kleinen Bildelementen, den Pixeln, die in Reihen und Spalten angeordnet sind. Bekannte Vertreter dieser Datengattung sind Satellitenbilder oder geschnittene Luftbilder. Die Lage der einzelnen Pixel wird nicht wie bei den Vektordaten über eine direkte Verknüpfung mit Koordinaten erreicht, sondern indirekt, z.B. über die Koordinaten des Mittelpunktes des linken unteren Pixels und die Nummer der Reihe und

Spalte. Über die Größe der Pixel läßt sich die Auflösung und damit die Annäherung an die kontinuierliche flächenhafte Information steuern.

1.2.3 Sachdaten

Sowohl Vektor- als auch Rasterdaten haben immer einen räumlichen Bezug. Sie werden daher auch als „Geometriedaten“ zusammengefasst. Unabhängig vom direkten räumlichen Bezug sind dagegen die Sachdaten, die die jeweilige Ausprägung des dargestellten geometrischen Elementes beschreiben. Die Farbe „Rot“ hat z.B. ursprünglich keinerlei räumlichen Bezug, kann aber z.B. Dachflächen in einem Stadt-GIS zugeordnet werden.

Diese Sachdaten – auch Attributdaten oder thematische Daten genannt - werden in der Regel in einer relationalen Datenbank gespeichert, wobei sich jeder Eintrag in der Datenbank mit einem geometrischen Element verknüpfen und damit räumlich verfügbar machen lässt.

2 Die ersten Ideen

Die Idee, verschiedene Informationen auf Basiskarten zu zeichnen, um dadurch raumbezogene Analysen durchführen zu können, ist schon sehr alt und reicht weit in die prä-Computer-Ära.

Im Jahre 1854 stellte z.B. der Arzt John Snow aus London eine Karte her, in der auf einer topographischen Grundlage die Orte mit Cholera-Todesfällen verzeichnet sind. Auf diese Weise konnte er den Ausbruch der Krankheit auf einen verseuchten Brunnen zurückführen.

Ebenfalls in der Mitte des 19. Jahrhunderts wurde in Irland ein Atlas als Planungsgrundlage für die irische Eisenbahngesellschaft herausgegeben, in dem auf einer topographischen Basis Geologie, Bevölkerungsdichte und Verkehrsflüsse dargestellt waren.

Der Bedarf nach raumbezogenen Informationen und Analysen und die Idee, wie man solche Informationen herstellen kann, ist also schon viel älter als unsere Computer und hat ursächlich gar nichts mit ihnen zu tun.

Etwa in der Mitte des 20. Jahrhunderts stieg dieser Bedarf durch die beginnenden Umweltprobleme und ein stärkeres räumliches Bewußtsein in Verbindung mit der zunehmenden Motorisierung und der steigenden Mobilität stark an. Gleichzeitig wurden die Computer leistungsfähiger und auch grafikfähig, und die Zeit war reif für die Entwicklung der ersten rechnergestützten Geoinformationssysteme.

Mit der Frühzeit der GIS ist vor allem ein Name verbunden, der auch als „Vater des GIS“ bezeichnete Roger Tomlinson.

In der Mitte der Sechziger Jahre wollte die Canada Land Inventory eine aus verschiedenen Informationsebenen bestehende Landnutzungskarte als Basis für zukünftige Planungen herstellen, und zwar für die gesamte bewohnte und nutzbare Fläche von Kanada, etwa 1 Mio. Quadratmeilen. Tomlinson nahm sich dieser Aufgabe an und entwickelte ein computergestütztes System namens CGIS.

Tomlinson war es, der den Begriff „Geographic Information System“ prägte und zusammen mit seinen Mitarbeitern bei der Arbeit an CGIS wesentliche Impulse für die zukünftigen Entwicklungen im GIS-Bereich gab.

3 Wichtige Meilensteine der ersten 20 Jahre

3.1 CGIS

Mitte der 60er-Jahre, als das Projekt CGIS gestartet wurde, gab es noch keine Erfahrungen, wie man Daten strukturieren könnte; es gab keine Erfahrungen, wie man Flächen miteinander verschneiden oder einfach nur die Flächengrößen berechnen könnte. Auch die Dateneingabe steckte noch in ihren Kinderschuhen, Scanner gab es noch nicht. Und natürlich war die Rechnerleistung ein sehr begrenzender Faktor.

Im Rahmen dieses Projektes wurden viele Grundsteine für die zukünftige Entwicklung gelegt, und viele Elemente und Arbeitsschritte aus CGIS findet man noch immer in den aktuellen GIS und GIS-Programmen wieder:

- logische Aufteilung der Daten in Informationsebenen oder Layer
- räumliche Aufteilung der Daten in „Kartenblätter“ oder „Tiles“, mit Funktionen zum Randausgleich an den Blattgrenzen
- Dateneingabe durch Scannen (es wurde extra ein Scanner neu entwickelt)
- Vektorisieren von gescannten Plänen
- Trennung von geometrischen und attributiven Daten
- Speicherung von Nachbarschaftsbeziehungen (Topologie): an Linien Kennzeichnung von linkem und rechtem Polygon, Verknüpfung von Linien und Flächen in einer Datenbank
- Funktionen zum Verschneiden von Polygonen und zur Flächenbestimmung
- Funktionen zum Suchen von Elementen mit Hilfe von Suchkreisen und Suchpolygonen

3.2 Harvard Lab

Natürlich wurde nicht nur im Projekt CGIS geforscht und gearbeitet, sondern in stark steigendem Maße auch an anderen Stellen, z.B. am „Harvard Laboratory For Computer Graphics And Spatial Analysis“, kurz Harvard Lab.

Einige wichtige Neuerungen, die hier Ende der 60er-Jahre entwickelt wurden, waren

- die dreidimensionale Ansicht von kartographischen Inhalten
- die Verwendung von Rasterdaten, die mit verschiedenen Attributen versehen werden können

Zu den Schlüsselfiguren des Harvard Lab gehört u.a. Scott Morehouse, der später zu ESRI wechselte und die Entwicklung von Arc/Info wesentlich beeinflusste.

3.3 ESRI

Mit den Erfahrungen aus dem Harvard Lab und CGIS im Rücken gründete Jack Dangermond 1969 das „Environmental Systems Research Institute“, abgekürzt ESRI. Die bisherigen Entwicklungen wurden in verschiedenen Raster- und Vektorsystemen umgesetzt und weiterentwickelt, bis Anfang der 80er Jahre Arc/Info auf den Markt gebracht wurde.

In diesem GIS-Programm wurde die CGIS-Idee der Trennung von Attribut- und Geometriedaten konsequent umgesetzt. In der relationalen Datenbank INFO wurden die Attributdaten gespeichert, während die geometrischen Informationen im ARC-Teil untergebracht waren.

Die Software war programmierbar und modular aufgebaut. Sie stellte dem Nutzer nicht ein festes Repertoire an Möglichkeiten zur Verfügung, sondern ein Sammelsurium an Werkzeugen in einem Werkzeugkasten, den jeder nach seiner eigenen Façon nutzen konnte. Der modulare Aufbau und die Programmierbarkeit erlaubten die Erstellung von persönlichen, nutzerspezifischen Anwendungen als Aufsatz auf den Basis-Werkzeugkasten. Damit war ein Weg aufgezeigt, der hin zu den heute in so unüberschaubarer Vielfalt auftretenden (Spezial-)Anwendungen im GIS-Bereich führt.

4 Die Entwicklung seit den 80er Jahren

4.1 Verbreitung und Präsentation

Seit den 80er Jahren verbreiteten sich GIS und GIS-Programme rasant. Das war zunächst bedingt durch die steigende Rechnerleistung und durch die Möglichkeit, nicht nur mit den sündteuren Workstations, sondern auch mit Personal Computern vernünftige und vorzeigbare Arbeitsergebnisse zu erzielen. Damit wurde das Bewusstsein dafür geschaffen, dass GIS und GIS-Programme nützliche Hilfsmittel sein könnten, um raumbezogene Informationen zu archivieren und zu analysieren.

Gleichzeitig mit dem zunehmenden Bewusstsein für raumbezogene Informationen drang die Anwendung von der zunächst vorherrschenden umweltorientierten Planung in viele andere Arbeitsgebiete vor. So werden Kataster für Leitungsnetze, Friedhöfe, Straßenschilder, Unfall- und Verbrechensschwerpunkte angelegt; große Firmen bauten ein Facility Management System, kurz FM-System, mit dem sie nun ihre Immobilien verwalten. Das erhöhte Bewusstsein schaffte außerdem eine steigende Nachfrage, was zu einem höheren Finanzvolumen und zu einem verstärkten Anreiz für Entwickler führte.

Allein die Firma Autodesk, vor allem wegen ihrer CAD-Software AutoCAD bekannt, beschäftigt z.Zt. 400 Entwickler im Bereich CAD/GIS. 200 Mio US-\$ jährlich werden in Forschung und Entwicklung investiert. Von Autodesk MAP, der GIS-Software dieser Firma, sind 240.000 Lizenzen im Einsatz, von AutoCAD sogar 2.5 Mio.

Ein weiterer Grund für die steigende Verbreitung ist auch die Entwicklung von kostengünstigen GIS-Programmen. Gerade im projektbegleitenden GIS-Einsatz, wie er in einem Ingenieurbüro vorkommt, sind die enorm teuren Vollversionen aus Kostengründen in der Regel nicht tragbar.

Außerdem werden, häufig auch von kleinen Firmen mit entsprechenden Fachkenntnissen, Spezialanwendungen hergestellt, die den modularen Aufbau und die Programmier-

barkeit der Basissoftware ausnutzen und dem späteren Nutzer ein GIS an die Hand geben, das für eine definierte Aufgabe maßgeschneidert ist. Auf diese Weise muss der Endnutzer – zumindest theoretisch - nicht mehr der Computer-Crack sein, sondern er kann sich ganz auf seine inhaltliche Arbeit konzentrieren.

Jeder GIS-Anwender weiss, dass das leider nicht immer so ist und es hier noch viel zu tun gibt. Das liegt einerseits an den z.T. sehr umfangreichen und vielfältigen inhaltlichen Anforderungen an Datenhaltung und Analyse, die eine einfache Benutzerführung und fehlerfreie Programmierung nahezu unmöglich machen. Andererseits versuchen die Entwickler aber auch, die Testphase für ihre Produkte möglichst kurz zu halten und den Endnutzer in diese Testphase einzubeziehen. Die Nachlieferung von Updates und Patches sowie ein hoher Arbeitsaufwand auf Nutzerseite ist die Folge.

Auch die Weiterentwicklung in der Präsentation der Analyseergebnisse, sei es als analoge Karte oder in Form von Abfrageergebnisse in einem Webbrowser, hat wesentlich zu der heutigen Präsenz der GIS beigetragen. Gerade die Suche und Darstellung von GIS-Informationen im Webbrowser ist fast ohne vorherige Kenntnisse des Nutzers möglich und trägt so maßgeblich zu der inzwischen erreichten hohen Akzeptanz dieser Systeme bei.

Gleichzeitig steigt durch die weite Verbreitung der finanzielle Nutzen. Die einmal aufgenommenen Daten sind oft das bei weitem Teuerste im GIS. Je mehr Nutzer auf diese Daten zugreifen und von ihnen profitieren können, desto höher ist der Gewinn.

4.2 Datentypen und Datenhaltung

Auch die Daten selbst haben sich verändert. Aus den „geometrischen Primitiven“ haben sich zunächst Gruppen von gleichen Elementen gebildet, die bei Arc/Info auf der Basis von Polygonen „Regionen“ und auf der Basis von Linien „Routen“ genannt werden. Auf derselben geometrischen Grundlage (derselben Gruppe von Polygonen), können mehrere Regionen mit unterschiedlichen Eigenschaften gebildet werden. Der Effekt ist, dass nicht mehr für jedes Attribut ein eigenes geometrisches Element erzeugt werden muss.

Während „Regionen“ und „Routen“ aus jeweils einem Typ von Geometrieelementen bestehen, gibt es als weiteres Entwicklungsschritt nun auch „Objekte“ (nach dem Vorbild der „Blöcke“ in den CAD-Programmen), die sich aus verschiedenen Geometrieelementen kombinieren lassen. Auch die Objekte können wieder eigene Attribute besitzen.

Dieser Trend hin zu den komplexeren Elementen ist auch bei der Datenhaltung zu erkennen. Die ursprünglichen Systeme waren Einzelplatz-Systeme und in der Datenhaltung auf Dateien basiert. Dieses Datei-basierte System stößt aber dann an seine Grenzen, wenn eine Arbeitsgruppe ein größeres Projekt bearbeiten muss. Dann nämlich müsste der Zugriff auf die jeweils aktuellste Datengrundlage mit einem hohen Aufwand an Organisation und Kommunikation sichergestellt werden. Die Gefahr, dass veraltete Grundlagen verwendet werden oder Daten doppelt bearbeitet werden, ist hoch. Eine wesentliche Erleichterung für den Arbeitsprozess ist die heutige Möglichkeit, dass mehrere Bearbeiter auf *dieselbe* Datengrundlage zugreifen können. Der gerade in Arbeit befindliche Bereich, an dem also ein Bearbeiter gerade Änderungen durchführt, ist zur selben Zeit für andere Nutzer zwar lesbar, aber nicht veränderbar. Eine Doppelbearbeitung ist so ausgeschlossen.

Die Datenhaltung in Dateien hat außerdem den Nachteil, dass bei sehr großen Flächen die Anzahl der geometrischen Elemente sehr groß sein kann. Infolgedessen werden auch die Dateien, in denen die Elemente gespeichert sind, sehr groß. Und das belastet die Speicherkapazität des Rechners, da beim Aufruf der Datei *alle* Elemente aus der Datei ausgelesen werden. Auch hier hat es eine wesentliche Weiterentwicklung gegeben. Nach wie vor müssen die geometrischen Elemente gespeichert werden, aber inzwischen werden in der Datenbank-orientierten Datenhaltung nicht mehr alle Elemente gleichzeitig in den Speicher des Computers gelesen, sondern nur diejenigen, die sich im gewählten Ausschnitt befinden. Dadurch werden die Ansprechzeiten bei großen Datenmengen wesentlich verbessert.

Die Speicherung der Daten in einer Datenbank und die ständige Neu-Berechnung von geometrischen Elementen hat einen weiteren wesentlichen Vorteil. Nehmen wir z.B. ein Höhenmodell, das aus einem Punktraster besteht. Jedem Punkt ist dabei eine bestimmte Höhe zugewiesen. Ausgehend von diesem Punktraster werden die Höhenlinien berechnet. Wenn nun ein Höhenpunkt geändert wird, dann ändern sich die Höhenlinien automatisch auch, da sie ja – in diesem Stadium – nur das Ergebnis einer Rechenoperation darstellen. In der früheren, Datei-orientierte Vorgehensweise hätte man eine Höhenlinien-Datei erzeugt, und nach Änderung der Höheninformation hätte man folglich auch eine neue Höhenlinien-Datei herstellen müssen.

Aus den Datei-orientierten Einzelplatzsystemen sind so Datenbank-orientierte Mehrplatzsysteme geworden, die sich an die zunehmende Datenmenge und die zunehmende Menge von Nutzern angepasst haben.

Neben dem Datentyp hat sich in den letzten Jahren auch die Menge und der Umsatz der Daten rasant entwickelt; es wird von einer „Datenexplosion“ gesprochen. Aber nicht nur die Menge der Daten ist größer geworden, sondern auch ihr Informationsgehalt. Zu den altbekannten Darstellungsweisen in Form von Karten kommen mehr und mehr die Formen der Visualisierung und der Animation zum Einsatz.

Visualisierung und Animation sind für diejenigen Entscheidungsträger, die nicht ständig mit Karten und Plänen umgehen, ein sehr gutes Hilfsmittel, um raumbezogene Informationen zu verstehen und beurteilen zu können, und sie tragen wesentlich zur Akzeptanz der GIS bei.

4.3 **Arbeitsablauf**

Wie oben bereits angerissen geht auch beim Arbeitsablauf der Trend hin zu komplexeren Systemen, vom Einzelarbeitsplatz hin zu Teamwork und zur sogenannten „Multiuser-Bearbeitung“. Durch die inzwischen mögliche Vernetzung von Arbeitsplätzen und die Datenhaltung in einer zentralen Datenbank ist diese Zusammenarbeit nicht mehr auf die räumliche Nähe der Beteiligten angewiesen, sondern ermöglicht eine (fast) beliebige Standortwahl der einzelnen Bearbeiter.

Wichtig und in diesem Seminar besonders interessant ist die Entwicklung hin zu einem möglichst redundanzfreien Arbeiten. Früher agierte der Kartierer / Bearbeiter vor Ort im Gelände mit einer Karte oder einem Plan und trug dort seine Erkenntnisse ein, die dann im Nachhinein in den Gesamtdatenbestand integriert wurden. Es waren also drei Arbeitsschritte notwendig: Karte produzieren, im Gelände Eintragungen vornehmen, im Büro Eintragungen von der Karte in den Datenbestand übertragen. Mit den heute entwi-

ckelten Systemen wie z.B. EVAmobil ist hier ein wesentlich effektiveres Arbeiten möglich, da der Bearbeiter vor Ort mit Hilfe von Handhelds seine Erkenntnisse direkt in die Datenbasis integrieren kann. Bei dem steigenden Termin- und Kostendruck in der Projektbearbeitung wird dieser erhebliche Vorteil weiter zur Verbreitung und Akzeptanz von GIS beitragen.

5 **Ausblick**

GIS bedeutet in jedem Falle Integration: Geographie, Photogrammetrie, Vermessung, Computertechnik, CAD, Kartographie, Statistik und viele andere Themengebiete werden miteinander in Verbindung gebracht und führen so zu neuen Informationen und Einsichten. Daher wird es für diejenigen, die sich mit GIS beschäftigen, auch in Zukunft ein spannendes Arbeitsfeld bleiben.

Geben wir zum Schluss noch einmal Roger Tomlinson das Wort, der die Erwartungen wie folgt formuliert:

Looking at GIS in the new millennium, one starts with the firm expectation that the adoption of GIS societywide and worldwide is inevitable and that GIS users will be advantaged in their work while nonusers will be relatively disadvantaged. It is also to be assumed that the technology will advance in concert with the increases in capability and lowered costs of computer hardware, operating systems, and communication bandwidth.

6 **Literatur**

Bartelme, N. (1995): Geoinformatik. Modelle, Strukturen, Funktionen.- Springer (Berlin, u.a.).

Bill, R.; Fritsch, D. (1994): Grundlagen der Geo-Informationssysteme.- 2. Aufl., Bd. 1: Hardware, Software und Daten.- Wichmann (Karlsruhe).

<http://www.geog.ubc.ca/courses/klink/gis.notes/ncgia/toc.html#UNIT23>

<http://www.geoinformatik.uni-rostock.de>

Linder, W. (1999): Geo-Informationssysteme. Ein Studien- und Arbeitsbuch.- Springer (Berlin u.a.).

Tomlinson, Roger F. (o.J.): An Overview: The Future of GIS.