

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse
Herausgeber: Schweizerischer Forstverein
Band: 144 (1993)
Heft: 9

Artikel: Geographische Informationssysteme : ein Überblick für Praktiker
Autor: Hauenstein, Pius
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-767129>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 04.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Geographische Informationssysteme¹

Ein Überblick für Praktiker

Von *Pius Hauenstein*

FDK 58: UDK 519.68: 910.1*1*3

1. Einleitung

Mit diesem Aufsatz soll ein bescheidener Beitrag zum besseren Verständnis des Themas Geographische Informationssysteme (GIS) geleistet werden. Er orientiert sich am momentanen Wissensstand und an der derzeitigen Situation in der Praxis. Es werden vor allem diejenigen Aspekte beleuchtet, die zur Zeit für Anwendungen im Forstbereich oder verwandten Gebieten bedeutungsvoll sind. Der Aufsatz richtet sich speziell an Praktiker, Projektleiter und (potentielle) GIS-Anwender, die sich mit dem Aufbau, der Beschaffung und der Einführung eines GIS befassen. Er ist aus der Praxis für die Praxis verfasst und erhebt keineswegs Anspruch auf Vollständigkeit, denn die Problematik ist äusserst vielschichtig, und die Technik wird laufend und auf breiter Ebene weiterentwickelt. Es können deshalb auch nur einige subjektive Schwerpunkte hervorgehoben werden.

2. Was sind geographische Informationssysteme?

2.1 Begriffe

Bei einem Geographischen Informationssystem handelt es sich um eine Datenbank, in der Daten der Atmosphäre, der Erdoberfläche, der Lithosphäre und der damit verbundenen technischen und administrativen Einrichtungen, sozio-ökonomischen und ökologischen Gegebenheiten in einem einheitlichen Bezugssystem gesammelt, gespeichert, nachgeführt, analysiert und

¹ Überarbeitete Fassung eines Referats, gehalten am 26. September 1991 an der Jahresversammlung des Schweizerischen Arbeitskreises für Forsteinrichtung (SAFE) an der WSL, Birmensdorf.

als verarbeitete Informationen in Form von Graphiken und Tabellen wieder ausgegeben werden (*Bartelme, N.*, 1989, *Bill, R.* und *Fritsch, D.*, 1991, *Brassel, K.*, 1983, *Göpfert, W.*, 1991).

Obwohl ein geographisches Informationssystem entsprechend der Definition auch auf analoger Basis aufgebaut sein kann, versteht man heute darunter ein computergestütztes System; das heisst die Daten liegen in digitaler Form vor und das System muss über entsprechende Hard- und Software verfügen.

Gelegentlich trifft man auf eine starke Differenzierung von Geographischen Informationssystemen, Geo-Informationssystemen, Land-Informationssystemen (LIS) oder Raum-Informationssystemen (RIS). Auf diese zum Teil rivalisierende Unterscheidung soll hier nicht speziell eingegangen werden. Der im folgenden verwendete Begriff «Geographisches Informationssystem» dürfte im forstlichen Umfeld geläufiger sein und wird hier in einem umfassenden Sinne verstanden.

Auf den ersten Blick scheinen Geographische Informationssysteme und andere graphikfähige Computersysteme, insbesondere solche, die in der Lage sind, Karten oder ähnliche Produkte auszugeben, gleich zu sein. Sie benötigen eine sehr ähnliche Hardware-Umgebung, und das wesentliche Endprodukt der Arbeit an solchen Systemen sind Graphiken, die auf dem Bildschirm, auf Papier oder in anderer Form ausgegeben werden können. Der grundlegende Unterschied liegt im logischen Aufbau der Datenstruktur, im Datenmodell und in der Funktionalität, die die Software für die Be- und Verarbeitung der Daten zur Verfügung stellt (Kapitel 3.2 und 3.3). Die verschiedenen Software-Produkte sind jeweils für ganz bestimmte Anwendungsbereiche und Anwendergruppen zugeschnitten und deshalb grundsätzlich nicht einfach substituierbar.

Zum Beispiel dienen CAD-Systeme (Computer Aided Design; auf deutsch: computerunterstütztes Entwerfen) dem interaktiven geometrischen Modellieren. Sie können als das «elektronische Reissbrett» bezeichnet werden. CAD-Systeme werden zur Konstruktion überwiegend in den Bereichen Elektrotechnik, Maschinen- und Apparatebau und Bauwesen eingesetzt.

Nach Brassel (1992, verändert) wird der Begriff «GIS» auf drei verschiedenen Ebenen verwendet:

GIS als Software-Paket:

Software-Paket, mittels dessen räumliche Daten erfasst, gespeichert, verwaltet, analysiert und als verarbeitete Information dargestellt werden können.

GIS als Methode:

GIS ist eine Methode, eine Disziplin zur Integration von Aktivitäten, die sich der Untersuchung und Erklärung raumrelevanter Prozesse widmen.

GIS als Institution:

Institution, die einen Dienstleistungsauftrag im Sinne der Informationsverarbeitung räumlicher Daten wahrnimmt und dabei GIS-Software, GIS-Methoden, Hardware, Personal und räumliche Daten einsetzt.

Ein GIS ist nicht einfach ein Computersystem, mit dem Karten produziert werden, obwohl dies leicht in verschiedenen Massstäben, Projektionssystemen und Farben erfolgen kann. Es werden auch keine Karten im herkömmlichen Sinn gespeichert. Ein GIS ist vielmehr ein Analyseinstrument, mit dem aus den gespeicherten raumbezogenen Daten eine einer bestimmten Anwendung entsprechende Darstellung kreiert werden kann.

2.2 Ausprägungen verschiedener GIS

Unter den Raum-Informationssystemen existieren verschiedene Ausprägungen. Sie werden unterschieden aufgrund fachspezifischer Anforderungen: Struktur und Konsistenz der Daten, Funktionalität der Software und der typischen Karten- bzw. Planmassstäbe. Allerdings ist nicht der Massstab der graphischen Produkte entscheidend, sondern der Grad der Abstraktion der Daten gegenüber der Realität (Differenzierung von Objekten, Genauigkeit der Geometrie [SIK 1992]). Verschiedene Anwendungsbereiche wie

- Raumordnung, Landes-, Regional- und Kommunalplanung
- Land-, Forst-, Wasserwirtschaft
- Natur-, Landschafts-, Umweltschutz
- Vermessungs- und Katasterwesen
- Versorgungs- und Entsorgungseinrichtungen (Strom, Wasser, Transport)
- Ressourcenmanagement
- Meteorologie, Klimatologie
- usw.

haben die Entwicklung verschiedener, spezialisierter Systeme verlangt. So können zum Beispiel folgende Systeme unterschieden werden:

Landinformationssystem (LIS):

Ein LIS dient der exakten geometrischen Erfassung und Nachführung von Daten über Grund und Boden, das heisst aus dem Bereich des Vermessungswesens (zum Beispiel Parzellarvermessung, Ingenieurvermessung) und des Grundbuches. Die Definition der Fédération Internationale des Géomètres lautet: Ein LIS ist ein Instrument zur Entscheidungsfindung in Recht, Verwaltung und Wirtschaft sowie ein Hilfsmittel für Planung und Entwicklung. Es besteht einerseits aus einer Datensammlung, welche auf Grund und Boden bezogene Daten einer bestimmten Region enthält,

andererseits aus Verfahren und Methoden für die systematische Erfassung, Aktualisierung, Verarbeitung und Umsetzung dieser Daten. Die Grundlage eines LIS bildet ein einheitliches, räumliches Bezugssystem für die gespeicherten Daten, welches auch eine Verknüpfung der im System gespeicherten Daten mit anderen bodenbezogenen Daten erleichtert. Das Konzept RAV (Revision der amtlichen Vermessung) der Eidgenossenschaft sieht den Einsatz solcher Systeme vor (siehe zum Beispiel BBl 90.074, VPK 9/90).

Netzinformationssystem (NIS):

Ein NIS dient der Erfassung, Verwaltung und Analyse von netzartigen Betriebsmitteln (zum Beispiel Strom-, Wasserversorgung, Kommunikationsnetze usw.). Geläufig ist die Bezeichnung *FM* (*Facility Management*).

Kartiersystem (Automated Mapping):

Ein Kartiersystem verwendet Computerressourcen, um kartographische Daten zu erfassen, zu modifizieren und visuell auszugeben. Das Ziel ist die Produktion von Karten (*Eidenbenz, C., 1992*).

Der Integration verschiedenster Informationsbereiche in ein System kommt beim Aufbau eines GIS besondere Bedeutung zu. Das Vorhandensein dieser verschiedenen, spezialisierten Systeme erleichtert diese Aufgabe nicht.

3. Komponenten eines GIS

3.1 Überblick

Ein geographisches Informationssystem besteht wie jedes andere Computersystem aus Hardware, Software, Personal, Daten und Methoden, die wiederum aus verschiedenen Bausteinen zusammengesetzt sind. Verbunden durch verschiedene Schnittstellen bilden diese Komponenten ein recht komplexes System, das hierarchisch zu gliedern ist: Die Anwendung (das Informationsbedürfnis) bestimmt das Datenmodell und den Datenkatalog, dies bedingt eine bestimmte Funktionalität der Software, die Software wiederum bestimmt die notwendige Hardware. In den folgenden Abschnitten werden einige Aspekte und Zusammenhänge der fünf Hauptkomponenten dargestellt.

3.2 Daten

3.2.1 Datenmodelle

Geographische Informationssysteme zeichnen sich dadurch aus, dass die Objekte nicht nur über gemeinsame Werte (Pointer), sondern vor allem aufgrund der Lage miteinander in Beziehung gebracht werden. Die Realität kann entweder in einem rasterorientierten oder in einem vektororientierten System abstrahiert werden.

Beim Rastersystem wird der Raum in gleichmässige, rechteckige Zellen (Pixel) zerlegt und für jede Zelle werden entsprechende Informationen gespeichert. Für die Verarbeitung von Satellitenaufnahmen oder anderen Scannerbildern werden häufig Rastersysteme eingesetzt. Bei verschiedenen ökologischen und raumbezogenen Projekten wurden ebenfalls rasterbasierende, GIS-ähnliche Methoden angewandt: zum Beispiel MAB-Projekt Davos (Wildi, O., und Ewald, K., 1986), Gesamtprojekte zur Berglandsanierung (Pfister, F. et al., 1988) oder die Arealstatistik der Schweiz.

Das Vektormodell beinhaltet Punkte, linienförmige Verbindungen dieser Punkte sowie Flächen, die von solchen Linien eingerahmt sind. Das Vektormodell weist eine grosse Ähnlichkeit mit unserem manuellen Zeichnen auf. Die für unser Umfeld zur Zeit am häufigsten eingesetzten Geographischen Informationssysteme sind vektorbasierend. Im folgenden wird dieses Datenmodell detaillierter dargestellt.

3.2.2 Das Vektormodell

Das Datenmodell eines Vektorsystems besteht im wesentlichen aus drei Komponenten:

Geometrie:

Sie beschreibt die Gestalt der (ebenen) Objekte, die absolute Lage im Raumbezugssystem (Koordinatensystem), aus ihr können Werte wie Länge, Umfang, Fläche berechnet werden. Ihre Beschreibung erfolgt in der Regel in Form einer Koordinatensequenz $(x_1, y_1, \dots, x_n, y_n)$.

Topologie:

Sie beschreibt die räumlichen Beziehungen der einzelnen Teile eines strukturierten Systems zueinander. Sie beinhaltet Informationen über Innen/Aussen, Geschlossenheit, gegenseitige Lage (Nachbarschaft).

Attribute:

Sie beschreiben den sachlichen Inhalt der einzelnen Objekte, die Bedeutung, die sie für ein spezielles Fachgebiet haben. Eine Kartenlegende zeigt die möglichen Attribute der Objekte an. Entwicklungsstufe, Strassenbelag, Stichprobennummer, Marksteinbezeichnung sind einige Beispiele dafür.

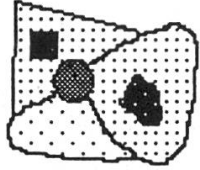
Punkt		x,y Koordinatenpaar 0-dimensionale Ausdehnung (Grenzstein, Einzelbaum, Stichprobenzentrum ...)
Linie		Vektor: gerichtete Strecke mit x,y-Koordinaten für Anfang und Ende Polylinie: Serie von verbundenen Vektoren, wobei $E_n = A_{n+1}$ (Strassen, Gewässer, Seillinien ...)
Fläche		Geschlossene x,y Koordinatenfolge, kann aus mehreren Linien zusammengesetzt sein (Grundstücksparzelle, Waldbestand, Gebäude, Gemeinde ...)

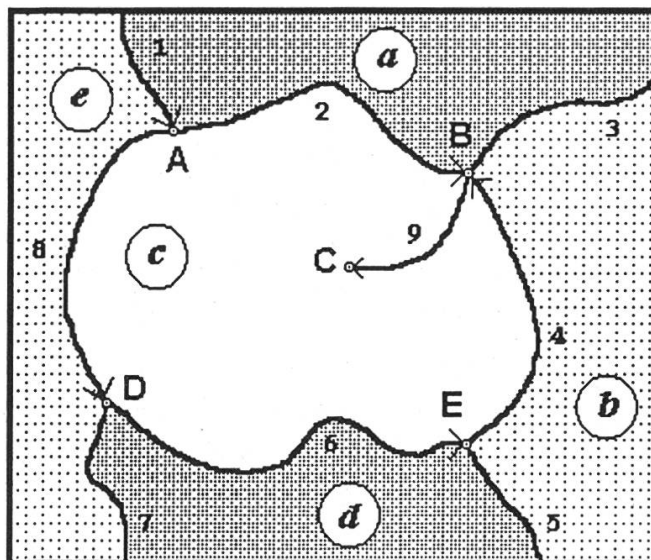
Abbildung 1. Primäre Elemente eines vektororientierten GIS.

Das geometrische Grundelement ist der Punkt. Für die geometrische Repräsentation der Realität werden drei Elemente verwendet (Abbildung 1). Die Topologie kann linienförmig (netzwerkartig) oder flächenförmig ausgebildet werden. Im folgenden wenden wir uns mehrheitlich der Flächentopologie zu, wie sie zum Beispiel bei einer Bestandeskarte bestehen kann (Abbildung 2).

Als zusätzliches zu den primären Elementen wird der Knoten eingeführt. Er stellt den Verbindungspunkt verschiedener Linien bzw. Kanten dar. Es gelten folgende Regeln:

- jede Linie wird von zwei Knoten begrenzt
- in jedem Knoten treffen sich mehrere Linien
- jede Linie hat eine linke und eine rechte Fläche
- jeder Knoten ist Eckpunkt mehrerer Flächen
- jede Fläche hat mehrere Knoten
- eine Fläche wird definiert, indem in einer bestimmten Drehrichtung diejenigen Linien verfolgt werden, die beim Knoten jeweils den kleinsten Winkel einschliessen und der so erreichte letzte Knoten mit dem ersten Knoten identisch ist.

Knoten, die nur mit einer Linie verbunden sind, Linien, die links und rechts die gleiche Fläche haben (Abbildung 2), Linien, die sich schneiden und anderes mehr stellen demnach topologische Fehler dar, die bei der Datener-



Legende

A, B Knoten
1, 2 Linien
a, b Flächen

Koordinaten-Liste

Linien-ID	Koordinaten
1	x1,y1,x2,y2,...
2	x1,y1,x2,y2,...
3	x1,y1,x2,y2,...
.	
.	

Linien-Knoten-Liste

Linien-ID	Anfangs-knoten-ID	Endknoten-ID
1	?	A
2	A	B
3	B	?
4	E	B
5	E	?
6	D	E
7	D	?
8	A	D
9	B	C

**

Flächen-Linien-Liste

Flächen-ID	Linien-ID
a	1,2,3,...
b	3,4,5,...
c	2,8,6,4,9,9
d	5,6,7,...
e	1,8,7

Linien-Flächen-Liste

Linien-ID	linke Fläche	rechte Fläche
1	a	e
2	a	c
3	a	b
4	c	b
5	b	d
6	c	d
7	d	e
8	c	e
9	c	c

**

Linienattribute

Linie	Abteilungs-grenze*	Steil-rand*	Wald-rand*
1	1	1	0
2	0	0	1
3	0	0	0
4	0	0	1
5	0	0	0
6	0	0	1
7	1	0	0
8	1	0	1
9	0	0	0

Knotenattribute

Knoten-ID	Grenz-punkt*	Typ	Feld-Nr.
A	1	1	122
B	1	1	123
C	0	0	0
D	1	7	785
E	1	6	786

Flächenattribute

Flächen-ID	Bestan-des-nummer	Entwick-lungs-stufe	Nadel-holz-an-teil
a	123	21	10
b	135	22	10
c	290	26	50
d	291	26	0
e	0	27	0

Abbildung 2.

Schematische Darstellung des Datenmodells eines vektororientierten GIS.

* 0 = nein 1 = ja

** Fehler der Topologie

#-ID Identifikationsnummer des Elements, zur besseren Übersicht mit Zahlen und Buchstaben dargestellt

fassung und -bearbeitung auftreten können, die aber vor einer Verarbeitung und Analyse eliminiert werden müssen. Der Einfachheit halber wurde die Problematik von Inselflächen ausgeklammert.

Verschiedene Themen (zum Beispiel Bodenkarte, Grundeigentum, Bodenbedeckung) weisen in der Regel unterschiedliche räumliche Grundstrukturen auf. Für die Datenerfassung, Verwaltung und Nachführung sind diese Themen separat zu behandeln. Eine Methode zur Differenzierung von verschiedenen Themen ist das Folien- oder Ebenenprinzip. Die verschiedenen Themen werden im Datenmodell in verschiedenen Ebenen (Layers) abgebildet (*Abbildung 3*). Besondere Schwierigkeiten treten jedoch beim Vorliegen von Beziehungen zwischen Objekten auf, die in unterschiedlichen Layern sind.

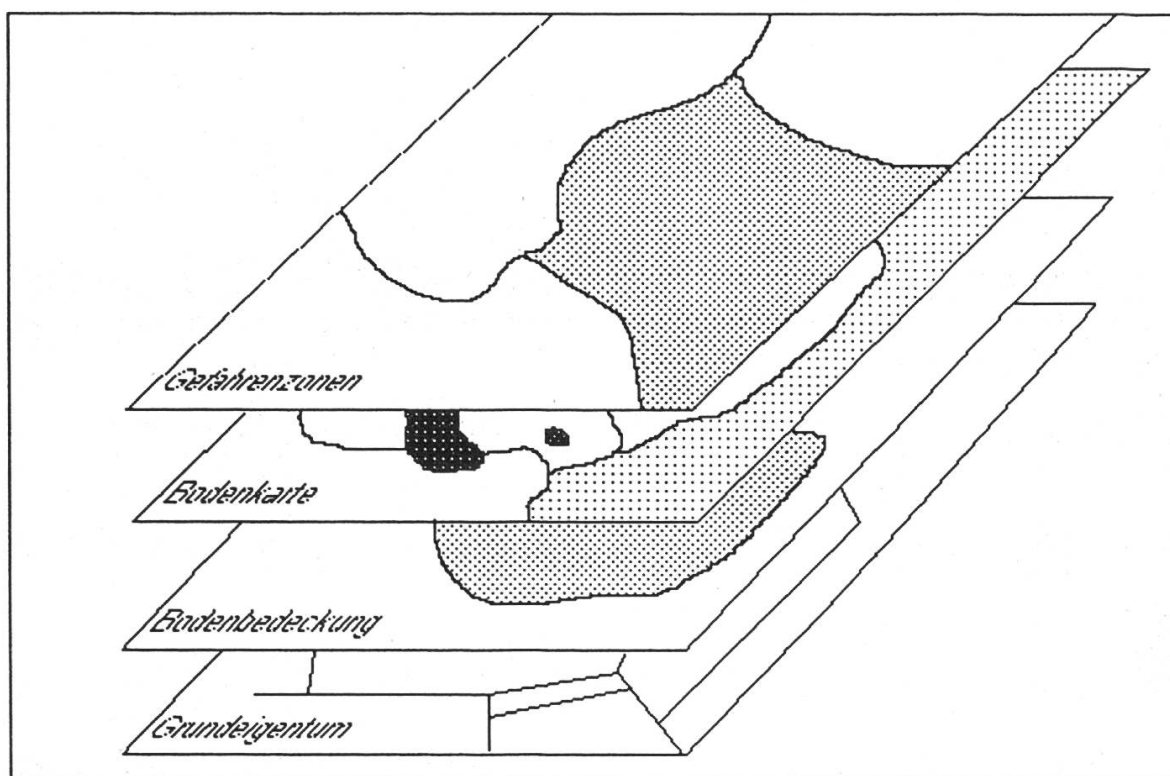


Abbildung 3. Das Ebenenprinzip eines vektororientierten GIS.

Eine weitere Charakteristik des Datenmodells ist die sogenannte blattschnittfreie Speicherung der Daten. Dabei werden sämtliche Daten eines Themas (Layers) als eine Einheit verwaltet.

Um bei grossen Datenbeständen die Leistungsfähigkeit des Computers nicht zu stark zu strapazieren, kann mit gewissen Softwaresystemen ein Layer in verschiedene handlichere Pakete unterteilt werden. Diese Unterteilung muss jedoch vor dem Benutzer verborgen bleiben, das heisst, der Benutzer muss jederzeit und ohne vorgängige Ankündigung auf den gesamten Datenbestand zugreifen und nach freier Wahl Abfragen machen können.

Das Vektormodell weist im Vergleich zum Rastermodell folgende summarischen Charakteristiken auf (nach Bartelme, 1989, und Göpfert, 1991):

- gute Möglichkeit der thematischen Objektbeschreibung
- gute Selektierbarkeit einzelner Objekte nach Eigenschaften
- geringer Speicherbedarf bei gleichzeitig exakter geometrischer Darstellung der Objekte
- komplexe Datenstruktur
- umständliche geometrische Zugriffsmöglichkeiten
- aufwendige Berechnung von Datenverknüpfungen und geometrischen Nachbarschaftsbeziehungen

Eine gute Beschreibung des Vektormodells ist beispielsweise in Bartelme, 1989, enthalten. Das Vektormodell kann auch für den 3-D-Raum beschrieben werden. Heute findet dies jedoch hauptsächlich im CAD- und weniger im GIS-Bereich seine Anwendung.

3.3 Software

Die Palette der erhältlichen GIS-Software ist beträchtlich (siehe zum Beispiel *Ferguson, E.*, 1989). Die folgende alphabetische Liste zeigt eine kleine Auswahl.

Adalin	Adasys AG, Zürich
Arc/Info	Environmental Systems Research Institute, USA
Argis	Unisys, England
Gradis UX	STI AG, Glattbrugg
Intergraph	Intergraph Corp., USA
Infocam	Leica AG, Glattbrugg
SICAD	Siemens Nixdorf Informationssysteme, München
System 9	Prime Computer, Zürich und Kanada

Eine ausführliche Diskussion der verschiedenen Systeme würde den Umfang dieses Aufsatzes sprengen. Im weiteren wird deshalb nur auf die allgemeinen Grundfunktionen und weiteren Aspekte bei der Evaluation einer GIS-Software eingegangen.

Die GIS-Software hat die für die Durchführung eines Projektes notwendigen Arbeitsschritte (Kapitel 3.6) effizient zu unterstützen. Nebst den «lebensnotwendigen» Funktionen – auch Werkzeuge oder Tools genannt – sind Hilfsfunktionen notwendig, die die Produktivität und Flexibilität wesentlich erhöhen (*Tabelle 1*). Die Funktionen sind in der Regel in Programmodule gegliedert. Die Bedeutung der einzelnen Funktionen und Befehle hängt stark vom Einsatzbereich der Software ab. Weitere Zusammenstellungen sind zum Beispiel *Ashdown, M.* und *Schaller, J.*, 1990, *Bill und Fritsch*, 1991, oder *Goodchild, M. F.*, 1989, 1990 zu entnehmen.

Die Evaluation einer GIS-Software ist ein sehr aufwendiger Prozess. Zu Beginn werden vor allem die hohen Beschaffungskosten der Software etwas abschreckend wirken. Die Kosten der Software sind anhand der folgenden zwei Regeln zu relativieren (vgl. Zehnder, C. A., 1991):

- Das Verhältnis der Kosten von Hardware : Software : Daten beträgt etwa 1 : 10 : 100
- Die Lebensdauer der Hardware beträgt etwa 4 bis 10 Jahre, der Anwendersoftware häufig 10 bis 20 Jahre und der Daten über 50 Jahre.

Tabelle 1. Auswahl wichtiger Funktionen einer GIS-Software.

<i>Arbeitsschritt</i>	<i>Funktionen</i>
Dateneingabe Manipulation	Digitalisieren, geometrische Konstruktion, Eingabe von Sachdaten Koordinatentransformationen, Entzerrung Zuordnung von Attributen zu den graphischen Elementen Editierfunktionen: Zusammenfügen, Teilen, Lageveränderung, Kopieren, Löschen, Generalisieren, Verlängern, Rotieren, Rechtwinkelausgleich . . . Topologie aufbauen, kontrollieren, automatisch korrigieren Plausibilitäts- und Konsistenzkontrollen Kartenrandanpassung Übernahme von Daten von anderen Erfassungsgeräten (Photogrammetrie, Feldvermessung, GPS . . .)
Bearbeitung	Massberechnungen (Länge, Fläche, Volumen) Berechnen von Korridoren Systematisches Generalisieren Neudefinition von Attributen, Umklassifikationen Systematisches Löschen von Elementen, Reduzierung von Redundanzen Änderung des Projektionssystems, Transformation, Entzerrung
Analyse	Abfragen (geometrisch, topologisch, sachlich) Berechnungen (arithmetische, trigonometrische Operationen, deskriptive und analytische Statistik) Berechnungen aus Höhenmodellen (Isohypsen, Wasserscheiden, Hang- neigung, Exposition, Profile, Sichtbarkeit . . .) Netzwerkanalyse, Konnektivitätsanalyse, optimale Routen, Überlagern, Verschneiden von Ebenen Nachbarschafts- und Distanzanalysen
Darstellung	Erstellen von Karten, Kartogrammen etc. am Bildschirm (Massstab, Aus- schnitt, Symbole, Beschriftung, Legende . . .) Hybridddarstellung von Raster- und Vektordaten Erstellung von Listen, Tabellen, Graphiken Erstellung von 3-D-Darstellungen Ausgabe auf Printer, Plotter, Filmbelichter . . .
Hilfsfunktionen	Unterstützung von Standarddatenformaten Import und Export von Daten in Fremdformaten Raster-Vektor-Konvertierung Generierung von Symbolen (Punkt, Linie, Fläche), Schriften Datenverwaltung, Bibliothek, Zugriffsschutz Makrosprache, Menügenerator Programmierschnittstellen (FORTRAN, C . . .)

Bei geographischen Informationssystemen besteht infolge der komplexen und proprietären Datenmodelle eine sehr enge Bindung zwischen der Software und den Daten. Systemwechsel bringen in der Regel Datenverluste mit sich und benötigen einen sehr hohen Aufwand. Bei der Wahl der Software ist deshalb der langen Dauer von GIS-Projekten und der auf langfristigen Betrieb eingestellten GIS-Institutionen besondere Beachtung zu schenken.

Bei einer Evaluation einer GIS-Software sind neben den funktionellen Aspekten und den finanziellen Rahmenbedingungen folgende Punkte zu beachten:

- vorhandene Hard- und Software-Umgebung und Know-how
- Benutzerfreundlichkeit
- Limiten (Datenmenge, Koordinatengenauigkeit, Farben . . .)
- Notwendige/hinreichende/wünschenswerte EDV-Umgebung (Hardware, Kapazitäts- und Leistungsanforderungen, Betriebssystem . . .)
- Single-/Multi-Userbetrieb
- Berücksichtigung von Standards (Graphik, Window-System, Datenbanken, Datenformate, Schnittstellen)
- Wartung, Support, Installation, Dokumentation, Sprache
- Update der Programme (Fehlerbehebung, Weiterentwicklung . . .)
- Schulung, Beratung
- Personalrekrutierung
- Erfahrungsaustausch, Gesprächspartner, Grösse des Benutzerkreises, User-Group, Referenzen
- Verbreitung des Produktes bei der öffentlichen Hand (Gemeinden, Kantone, Bund, andere Länder), Hochschulen, Forschungsanstalten, Partnerfirmen, internationalen Organisationen
- Kompatibilität bei Hard- und Software-Änderungen
- Zukunftsperspektiven, Grösse und Alter des Software-Herstellers, Referenzen
- existierende Applikationen mit spezieller Berücksichtigung fachlicher, gesetzlicher, normativer Anforderungen
- Schutzmechanismen (Zugriff, Verlust, Datenkonsistenz . . .)
- Flexibilität, Ausbaubarkeit, Berücksichtigung von Kundenwünschen

Die GIS-Software muss erlauben, nicht an die Software, sondern an die zu verarbeitenden Informationen zu denken; sich nicht auf die Instrumente, sondern auf den Auftrag, das heisst auf die Anwender der Informationen zu konzentrieren (*Lepoutre, D., 1992*).

Die Beschaffungs- und Wartungskosten für GIS-Software variieren in einem grossen Bereich und zudem sind auch die Lizenzierungsmodi unterschiedlich. Für die Software-Beschaffung (Kauf) ist mit Kosten ab 10 000 Franken, für die jährlichen Wartungs- bzw. Lizenzkosten ist mit mehreren tausend Franken zu rechnen. Grössere GIS-Institutionen wenden für die

Beschaffung mehrere 100 000 Franken, für die Wartung mehrere 10 000 Franken auf.

3.4 Hardware

Die Fähigkeiten, Graphiken in hoher Qualität produzieren sowie die grossen Datenmengen und umfangreichen Programme verarbeiten und speichern zu können, sind die primären Anforderungen an die Hardware eines GIS. Die Palette der erhältlichen Hardware-Komponenten ist gross, dementsprechend auch die Eigenschaften, Eignungen und Kombinationsmöglichkeiten. Unter Hardware ist nicht nur der Computer, sondern auch das entsprechende Umfeld zu verstehen. In der folgenden Liste sind die wichtigsten Komponenten mit einigen Stichworten zusammengestellt.

1. *Computer, Zentraleinheit*
Leistung: Kennwerte (MIPS, ...), gezielte Application-Benchmarks
Computerklasse: PC, Workstation, Minicomputer, Mainframe, ...
Prozessorarchitektur: CISC / RISC; 16, 32, 64 Bit
Arbeitsspeicher: Physikalische Grösse, Adressraum
Interfaces: VME*, SBus*, EISA*, SCSI*, IPI*, RS232*, Ethernet*, ...
Massenspeicher: magnetisch, magneto-optisch, Geschwindigkeit ...
Datensicherung, -austausch, -archivierung: Magnetbänder, Disketten, CD; Kapazität, Geschwindigkeit, Standards.
2. *Dateneingabe*
 - 2.1 *Geometrie*
Digitalisiertisch: Genauigkeit, Format, Ergonomie
Scanner: Trommel-, Flachbett-, Durchlaufscanner; Format; Auflösung
3-D-Daten: Analytische/digitale Photogrammetrie
Feldvermessung: elektronische Tachymeter, GPS, automatische Messsysteme
 - 2.2 *Sachdaten*
Tastatur: Nationale Standards, Ergonomie
Eingabemasken: Maus, Trackball
Belegleser: Barcode, Lochstreifen ...
3. *Datenausgabe*
 - 3.1. *Bildschirm*
Alphanumerisch/Graphik
Einzel- / Doppelbildschirm
Monitor + Graphikadapter / Graphikterminal / X-Terminal / Terminalemulation
Technische Details: Monochrome / Farbtiefe (8, 24, 48 Bit), Grösse, Auflösung, Ergonomie (Flimmern, Abbildungsschärfe, Spiegelungen ...)
 - 3.2 *Hardcopy*
 - 3.2.1 *Graphik (Karten)*
Stiftplotter bzw. Vektorplotter: Trommel-, Flachbettplotter
Rasterplotter: Laser-, Elektrostatische, Tinten-, Thermo-, Filmbelichter; Graphikfähige Drucker (zum Beispiel PostScript)
Technische Details: Formate, Genauigkeit, Geschwindigkeit, Anzahl Farben, Einpassung auf vorhandene Kartengrundlagen, bedruckbare Medien, Lichtechtheit, Wasserfestigkeit, Wartungsaufwand, Plottersprache

- 3.2.2 Listen, Tabellen, Berichte, Dokumentationen
Technische Details: Einzelblatt / Endlospapier; Matrix-, Laser-, Tintenstrahldrucker; alphanumerisch / grafikfähig; Geschwindigkeit, Auflösung, Farben . . .
- 4. *Kommunikation*
 - 4.1 Mobile Datenträger
Magnetbänder, Disketten, Austauschplatten, CD
 - 4.2 Netzwerk
Physikalische Verbindung: Koaxialkabel, TwistedPair, Lichtleiter, Telefonleitung . . . ;
Schalter, Verstärker, . . .
Logische Verbindung: Protokoll, ISO/OSI-Modell (TCP/IP*, OSI*, DECnet, AppleTalk, Novell, NFS, Ethernet, TokenRing, FDDI, ISDN . . .)
- 5. *System-Software*
Betriebssystem: Unix, DOS, OS/2, System 7, VMS, VM/CSM
Graphische Benutzeroberfläche: X-Windows, OpenLook, Motif, Microsoft Windows
Compiler: FORTRAN, C, C++, Pascal, Modula
- 6. *Umgebung*
Räumlichkeiten: ergonomische Arbeitsplätze, Beleuchtung, Sicherheit (Zutritt, Brand . . .),
Klima (Temperatur, Feuchtigkeit, Lärm)
Stromversorgung: Überspannungen, Fehlerströme, elektrostatische Aufladung, unterbruchsfreie Stromversorgung

Als minimale Ausrüstung für produktives Arbeiten mit einer GIS-Software auf einer isolierten und damit autonomen Arbeitsstation wird benötigt:

- Computer (mindestens der obersten PC-Leistungsklasse) mit hochauflösendem Graphikbildschirm (17"), mindestens 0,5 Gbyte Massenspeicher, Magnetband für Datensicherung
- Präzisions-Digitizer (A1-Format, mit verstellbarem Standfuss)
- Farb-Plotter (A1-Format, inklusive Verbrauchsmaterialien)
- Drucker (A4-Format)

Die Kosten für diese minimale Einrichtung belaufen sich trotz des Preiszerfalls auf dem Hardware-Sektor auf rund 40 000 bis 50 000 Franken. Grössere GIS-Institutionen wenden für die Hardware-Beschaffung mehrere 100 000 Franken, für die jährliche Wartung mehrere 10 000 Franken auf.

Einsparungen bei der Hardware, die sich direkt auf das damit arbeitende Personal auswirken (zum Beispiel Bildschirme mit ungenügenden Eigenschaften, vgl. SUVA 1991) sind zu vermeiden, da damit auch die Qualität – beispielsweise die Genauigkeit beim Digitalisieren – und Produktivität leidet.

3.5 Personal

Eine Institution, die ein GIS betreibt, ist mit einem breiten Spektrum von Fachfragen konfrontiert. Die zu lösenden Aufgaben reichen von elektronischen Problemen der Hardware über komplexe Software-Fragen bis zur

Umsetzung neuartiger Analyseverfahren und Resultatdarstellungen in fachliche Erkenntnisse und Massnahmenplanungen. Für einen erfolgreichen Betrieb muss die GIS-Institution das ganze Spektrum mit eigenem und beigezogenem Personal lückenlos und permanent abdecken können. Dazu werden

- a) EDV-System-Techniker (HW-, SW-Installation und Wartung . . .)
- b) EDV-System-Administratoren (Administration, Programmierung, Projektmanagement)
- c) GIS-Spezialisten (GIS-Programmierung, Administration, Raumanalyse, Geostatistik, Kartographie)
- d) GIS-Projektleiter (Methodenintegration, Raumanalyse, Fachwissen, GIS-Programmierung)
- e) GIS-Sachbearbeiter (Kartographen, Zeichner, Digitalisierer und ähnliches; GIS-Kenntnisse, Fachwissen)
- f) Fachspezialisten (Forstwirtschaft, Geologie, Biologie, Ökologie etc.)

benötigt. Die Bereiche b) bis e) sollten mindestens durch betriebseigenes Personal abgedeckt werden können.

Das GIS-Personal ist mit vielen Schnittstellen konfrontiert. Sie machen die Interdisziplinarität der Arbeit besonders deutlich:

Mensch <=> Hardware: (Hardware-Ergonomie) Tischhöhe beim Digitizer, Tastatur, Maus, Abbildungsschärfe auf dem Bildschirm . . .

Mensch <=> Software: (Software-Ergonomie) Benutzerführung, Benutzeroberfläche, Informationsgehalt des Bildschirms, Dialogsprache . . .

Mensch <=> Daten: Umsetzung der Daten in Informationen, Verständnis des Datenmodells, Interpretations- und Abstraktionsvermögen

Mensch <=> Mensch: Kommunikation zwischen Spezialisten, Verständnis und Umsetzung von Fachsprachen und methodischen Ansätzen verschiedenster Fachrichtungen

Heute sind häufig wichtige Schlüsselaufgaben auf einen sehr kleinen Personenkreis konzentriert. Zusammen mit dem nur mittelbar sichtbaren Zustand und der auf Langfristigkeit angelegten GIS-Kerns, den Daten, besteht ein relativ grosses Ausfallrisiko beim Ausscheiden von Personen aus der GIS-Institution.

Der zunehmende Einsatz von GIS auf breiter Ebene ist eine Entwicklung der letzten paar Jahre. Der Einbezug dieser neuen Methoden und Techniken in die Ausbildung in den verschiedenen Fachbereichen hat erst begonnen. Dementsprechend sind die Grundkenntnisse über GIS – insbesondere bei den Entscheidungsträgern – noch nicht allgemein verbreitet und ist erfahrenes

Personal gesucht. Häufige Phänomene dieser Situation sind falsche Fragestellungen, nicht optimale Integration und zu späte Berücksichtigung von GIS in Projekten.

3.6 Methoden

Einen Überblick über die anzuwendenden Methoden bei der Arbeit mit Geographischen Informationssystemen zu geben, ist eine äusserst schwierige Aufgabe. Einerseits befinden sich die meisten Geographischen Informationssysteme noch in der Phase der Einführung und Ausbreitung (vgl. *Heinimann, H. R.* 1992), so dass noch relativ wenige, gut fundierte Erfahrungsberichte existieren² und andererseits ist die Problematik infolge der umfangreichen Anwendungsmöglichkeiten enorm vielschichtig. Es kann unterschieden werden zwischen methodischen Aspekten beim Aufbau einer GIS-Institution (institutionelle Ebene), bei der Durchführung eines Projektes (Projektebene) und bei der Bearbeitung der Daten (operative Ebene).

Die Entwicklung eines umfassenden, interdisziplinären Datenkataloges und Datenflusses, die Evaluation der entsprechenden GIS-Software und Hardware, die Integration des neuen Instrumentes in die Arbeitsabläufe von den elementaren Verwaltungstätigkeiten bis hin zur Grundlagenbereitstellung für politische Aufgaben sind die hauptsächlichen Probleme beim Aufbau einer GIS-Institution. Die momentan noch geringen und wenig verbreiteten Kenntnisse und das damit verbundene, fehlende Vorstellungsvermögen über den möglichen Nutzen eines solchen Systems bei den betroffenen Stellen, behindern die Aufbauarbeiten beträchtlich. Die ersten Aufgaben werden demnach darin bestehen, die Wissensbasis zu verbreitern und mittels kleinerer, aber auf das Ganze ausgerichteter Pilotprojekte die Problematik unter den gegebenen Randbedingungen in aller Tiefe auszuloten.

Die meines Erachtens wichtigste Erkenntnis auf der Projektebene besteht darin, dass ein GIS nicht ein Substitut für den Zeichnungsdienst darstellt. Der Einsatz eines GIS muss bei der Projektplanung frühzeitig berücksichtigt werden. Erst mit der vollständigen Integration des GIS in die Arbeitsabläufe ist eine erschöpfende Nutzung und damit ein effizienter Einsatz dieses Mittels möglich. Die *Abbildung 4* zeigt vereinfacht einen möglichen Arbeitsablauf für die Erstellung einer Bestandskarte mit Hilfe eines GIS. Ein Abweichen von diesem Arbeitsablauf hat zusätzliche Arbeitsschritte und manuelle Kontrollarbeiten zur Folge.

² Dies ist besonders bei der Durchsicht der existierenden Publikationen – mindestens im deutschsprachigen Raum – festzustellen.

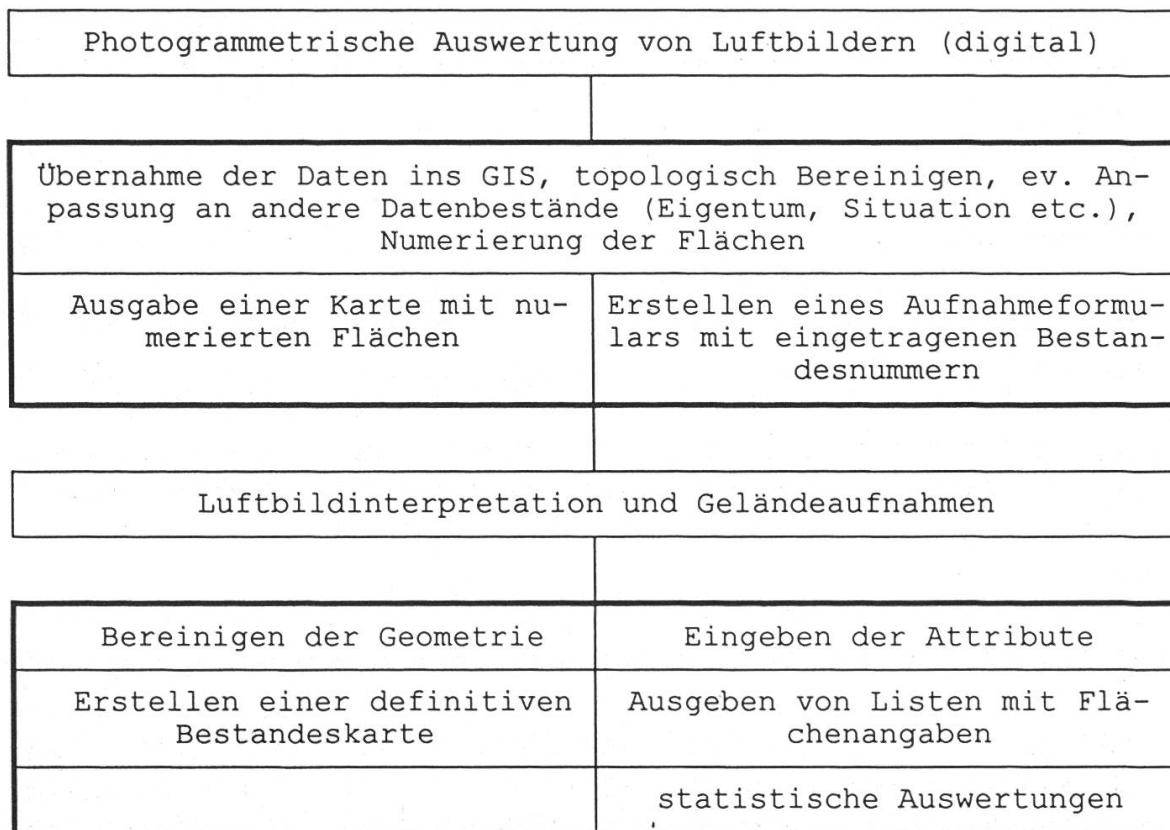
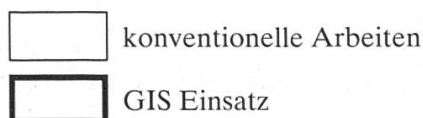


Abbildung 4. Arbeitsablauf für die Erstellung einer Bestandskarte mit Hilfe eines GIS.



Die rasche Verarbeitung grosser Datenmengen macht es möglich, neue Analysenmethoden, Simulationen und Modellierungen und iterative Vorgehensweisen operativ einzusetzen. Der Einbau dieser neuen Verfahren in die Projekte ist ebenfalls rechtzeitig zu prüfen, wobei natürlich auch gilt, dass nicht alles was möglich auch zweckmässig ist.

Sind die Vorbereitungsarbeiten für ein Projekt soweit vorangeschritten, dass der Software-Einsatz angegangen werden kann, ist man mit einer Vielzahl von «Detailproblemen» konfrontiert:

- optimale Parametereinstellung beim Digitalisieren, bei der Fehlersuche und automatischen Fehlerkorrektur
- effiziente Punkt- und Strukturlinienauswahl für die Bildung von Höhenmodellen
- Wahl geeigneter Algorithmen für Kurvenglättung, Generalisierung, Interpolationen, Transformationen, Raster-Vektor-Konvertierung . . .
- Genauigkeitsprobleme und Fehlerfortpflanzung

- kartographische Gestaltung (Symbole, Textplatzierung, Symbol- und Textfreistellung . . .)
- usw.

Das gewählte Software-System stellt in der Regel für die üblichsten Probleme «seine» Lösung bereit. Bei gut dokumentierten Systemen sollten Angaben über die jeweiligen Anwendungsbereiche zu finden sein. Diese «Fertiglösungen» sollten jedoch nicht von tieferen Reflektionen über Ziel, Zweck und die angebotenen Lösungswege abhalten. Allerdings ist ein gesundes Mass zwischen Pragmatismus und Perfektionismus gefragt. Erfahrungsgemäss behindern gerade diese Probleme die Durchführung der ersten Projekte massiv. Der Austausch entsprechender Erfahrungen ist deswegen besonders dienlich.

4. Schlussbemerkungen

Räumliche Informationssysteme sind Instrumente aus dem Bereich der forstlichen Planung und Kontrolle, der Forsteinrichtung im weitesten Sinn. GIS können eingesetzt werden auf Stufe Betrieb, Region, Kreis, Kanton und Bund.

Die Evaluation, die Einrichtung und der Aufbau eines Geographischen Informationssystems ist ein aufwendiges, kostspieliges Unterfangen. Der Forstdienst benötigt auch Informationsebenen, die nicht selbst bereitgestellt werden können (zum Beispiel Topographie, Situation, Eigentum usw.). Diese Informationsebenen liegen zum grössten Teil noch nicht digital vor. Die Projekte, die diese Daten liefern sollen, sind noch sehr jung (DIKART [Eidenbenz, 1992], RAV (zum Beispiel *Bregenzer, W.*, 1990) verschiedene kantonale Projekte (zum Beispiel *VD*, 1992, *Höhn, U.*, 1991, *GR*, 1991). Ausser in ganz speziellen Fällen (zum Beispiel Forschungsprojekte) wird es dem Forstdienst kaum möglich sein, im Alleingang die entsprechende Datenbasis zu erarbeiten³. Demzufolge sind räumliche Informationssysteme mindestens auf Stufe Kanton zu koordinieren. Die in die Zukunft blickende Zusammenarbeit mit anderen Institutionen (Ämter, Kantone, Bund) muss angestrebt, die vorübergehende Verwendung ungenauerer, einfacherer, aber vorhandener Datenbasen und die momentane Beschränkung auf einfachere Auswertungen und Analysen muss versucht werden.

Das wahre Resultat des Einsatzes dieser neuen Geographischen Informationssysteme geht weiter als die reine Erhöhung der Produktivität und

³ Die Forstwirtschaft befindet sich nicht mehr in der Lage, in der sie sich erlauben konnte und wohl auch musste, selbständige Vermessungsarbeiten durchzuführen und eigene Waldpläne zu erstellen.

Qualität der Kartenherstellung. GIS-Technologie ist ein operationelles Werkzeug für die Entscheidungsfindung, Planung und Politik. Es könnte auch sein, dass durch diese Technik Lösungswege und organisatorische Abläufe geändert werden [*Dangermond, J.*, 1989].

Résumé

Les systèmes d'information se rapportant aux régions. Un aperçu pour le praticien

Les systèmes d'information géographique SIG sont des banques de données établies au moyen d'un ordinateur. Les données concernant l'atmosphère, la surface terrestre, la lithosphère et les équipements s'y rapportant, les facteurs socio-économiques et écologiques sont réunies, enregistrées, mises à jour et analysées dans un système de références unitaire puis réémises en tant qu'information traitée. Le terme SIG est aussi bien employé pour des paquets logistiques, des procédés méthodiques que pour des institutions. Un SIG est composé de hardware, de software, de personnel, de données et de méthodes. Les données forment le cœur d'un SIG. Le modèle des données peut être établi sur balayage ou sur une base vectorielle, actuellement plus fréquente. Le modèle des données des systèmes vectoriels est formé d'après des composantes géométriques, topologiques et attributives, et se distingue par le fait que la relation entre les objets n'est pas établie au moyen d'un pointer mais la plupart du temps sur la base de leur situation. L'acquisition et l'élaboration d'un SIG requiert de nombreuses informations, car les investitions en software, en hardware, en personnel et en données sont importantes et de longue durée; les formes d'organisation existantes peuvent être influencées de manière durable. Il faut accorder dès le départ une grande attention à l'interdisciplinarité ainsi qu'à l'intégration et à la coordination administratives horizontales et verticales. La technologie du SIG est un outil opérationnel pour la prise de décisions, la planification et la politique.

Traduction: *Stéphane Croptier*

Literatur

- Ashdown, M., Schaller, J.*, 1990: Geographische Informationssysteme und ihre Anwendung in MAB-Projekten, Ökosystemforschung und Umweltbeobachtung, Unesco-Programm «Der Mensch und die Biosphäre», Deutsches Nationalkomitee, MAB-Mitteilungen Nr. 34, 1990, 82 S.
- Bartelme, N.*, 1989: GIS Technologie, Geoinformationssysteme, Landinformationssysteme und ihre Grundlagen, Springer, Berlin, Heidelberg, New York, 280 S.
- Bartelme, N.*, 1990: Bewertung von Geoinformationssystemen; Österr. Forstztg. 101 (1990) 4: 83–84.
- Bartelme, N.*, 1990: Grundlagen der GIS-Technologie, Österr. Forstztg. 101 (1990) 4: 6–8.
- BBl 90.070*: Botschaft zum Bundesbeschluss über die Abgeltung der amtlichen Vermessung, Bundesblatt vom 14. November 1990.

- Bill, R., Fritsch, D., 1991: Grundlagen der Geo-Informationssysteme, Band 1: Hardware, Software und Daten, Wichmann, Karlsruhe, 414 S.
- Brassel, K., 1983: Grundkonzepte und technische Aspekte von Geographischen Informationssystemen; Internationales Jahrbuch für Kartographie, Bd. XXIII, 1983, Bonn-Bad Godesberg.
- Brassel, K., 1992: Vorlesungsunterlagen zur Vorlesung Geographische Informationssysteme, Geographisches Institut Univ. Zürich-Irchel, Ausgabe 1992, Polykopie.
- Bregenzer, W., 1990: RAV: Realisierung – Ausblick, Vermessung Photogrammetrie Kulturtechnik 88 (1990) 9: 523–524.
- Dangermond, J., 1989: The Organizational Impact of GIS Technology, In: Arc News, Vol 11, Nr. 3; Hrsg.: Environmental Systems Research Institute, Inc., Redlands, CA.
- Eidenbenz, C., 1992: Die Landeskarte als Grundlage eines gesamtschweizerischen geographischen Informationssystems; Tagungsunterlagen der Konferenz der kantonalen Vermessungsämter, April 1992, Luzern.
- Ferguson, E. A., 1989: A technical and operational comparison of geographic information systems as applied to the Canadian Forest Industry; In: FRDA report, S. 20; Hrsg.: Raid Collins.
- Göpfert, W., 1991: Raumbezogene Informationssysteme, Grundlagen der integrierten Verarbeitung von Punkt-, Vektor-, und Rasterdaten, Anwendung in Kartographie, Fernerkundung und Umweltplanung; Wichmann, Karlsruhe, 318 S.
- Goodchild, M. F., 1989: Spatial Analysis Using GIS. Workshop on Spatial Analysis Using GIS, SCGA, Geogr. Institut Uni. Zürich, S. 12–19.
- Goodchild, M. F., 1990: Workshop on Spatial Analysis Using GIS, Int. Symposium on Spatial Data Handling, Zürich, 23.–27. Juli 1990, S. 15–20.
- GR, 1991: Konzept für ein Geographisches Informationssystem des Kantons Graubünden, GIS – GR; Polykopie, 7 S., siehe auch Regierungsbeschluss Nr. 643/91.
- Heinimann, H. R., 1992: Informatikvorhaben im Forstwesen, Schweiz. Z. Forstwes., 143 (1992) 5: 381–391.
- Höhn, U., 1991: Der Kanton Basel-Landschaft auf dem Weg zum GIS, Referat, gehalten an der SIK-GIS-Tagung vom 29. April 1991, Polykopie, 8 S.
- Lepoutre, D., 1992: Systèmes d'Information géographique et assurance qualité, des outils aux Systèmes d'aide à la décision; Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik 90 (1992) 2: 75–78.
- Pfister, F., Schmid, P., Gresch, P., 1988: Gesamtprojekte zur Berglandsanierung, Methodische Grundlagen, untersucht am Beispiel des Sense-Oberlandes (Kanton Freiburg), Eidg. Anst. Forstl. Versuchswes., Birmensdorf, 233 S.
- SIK, 1992: SIK-GIS Empfehlungen 1992, Anregungen für den Aufbau von geographischen Informationssystemen (GIS) und zur Erstellung eines Datenkataloges, zur Datenerfassung und -nachführung, Hrsg. Schweizerische Informatikkonferenz, Arbeitsgruppe Geographische Informationssysteme, Bern.
- SUVA, 1991 (Hrsg.): Die Arbeit am Bildschirm; Merkblatt zur Arbeitssicherheit Nr. 44022 der Schweiz. Unfallversicherungsanstalt, Luzern, 7. Aufl. 63 S.
- VD, 1992: Plan d'Ensemble numérisée, Hrsg.: Service du cadastre et du registre foncier – Vaud, Polykopie, 17 S.
- VPK 9/90: Vermessung Photogrammetrie Kulturtechnik 88.(1990) 9: mit verschiedenen Beiträgen zur RAV.
- Wildi, O., Ewald, K. (Red.), 1986: Der Naturraum und dessen Nutzung im alpinen Tourismusgebiet von Davos, Ergebnisse des MAB-Projektes Davos, Eidg. Anst. Forstl. Versuchswes., Berichte Nr. 289, Birmensdorf, 336 S.
- Zehnder, C. A., 1991: Informatik – Projektentwicklung: Eine Einführung für Informatikstudenten und Praktiker, Verlag der Fachvereine, Zürich, 309 S.

Verfasser: Pius Hauenstein, dipl. Forsting. ETH, Leiter GIS-Zentrale, Meliorations- und Vermessungsamt des Kantons Graubünden, CH-7000 Chur.