

## 3.2 Geographische Informationssysteme

Hans Dieter Kasperidus & Angela Lausch

### Einleitung

Das Wesen von Informationssystemen ist die organisierte und strukturierte Daten- und Wissensspeicherung über bestimmte Gegenstände und Objekte der realen Welt. Durch die Verknüpfung der Daten sollen neue Informationen gewonnen und in kommunikativer Weise dargestellt und ausgetauscht werden (GANSER, 1995). Ein Informationssystem muß nicht unbedingt an ein technisches System gebunden sein. In der Regel fallen bei komplexen landschaftsökologischen Studien immense Datenmengen an, so daß heute jedoch kaum noch sinnvoll ist, Informationssysteme ohne die Hilfe von Computersystemen aufzubauen. Ein weiteres wichtiges Argument für ihren Einsatz ist der Datentransfer über Netzwerke. Ein Computersystem besteht aus Geräten (Hardware: Computer, Bildschirm, Netzwerkkarten, Drucker, Scanner, etc.) und den Programmen (Software), die die Datenverwaltung und Datenverarbeitung sowie die Darstellung und Ausgabe der Daten, Informationen und Auswertungsergebnisse ermöglichen. Nur mit leistungsfähigen Computersystemen, wie sie heute durchaus schon auf dem Personal Computer (PC) Markt angeboten werden, sind die hohen Ansprüche an die schnelle Verfügbarkeit, den globalen Informationstransfer über Netzwerke (Internet und Intranet), die intuitive Vermittlung von Informationen sowie an die Anwendung von komplexen Auswertungsmethoden möglich. Informationssysteme können die in Dateien gespeicherten Daten in vielfältigster Form verarbeiten und darstellen. Man spricht von der multimedialen Datenverarbeitung, die Zahlen, Texte, Graphiken, Fotos, 3-D-Darstellungen, Töne, Sprache, Animationen oder Videos verbindet. Mehrere fach- bzw. aufgabenspezifisch zusammengehörige Dateien, die in vielfältiger Weise in Beziehung zueinander gebracht werden können, werden als Datenbank bezeichnet.

Ein geographisches Informationssystem (GIS) wird speziell für raumbezogene Fragestellungen eingesetzt. Ein GIS ist eine organisierte Zusammenstellung von Hard- und Software, von geographischen, d. h. räumlichen Informationen und deren beschreibenden Merkmalen. Der zielgerichtete und weiterführende Einsatz von GIS erfordert Wissen über die Organisation und Struktur der Datenbasis sowie ihrer verschiedenen Möglichkeiten der Verknüpfung und Auswertung. Von gleicher Bedeutung ist das fachliche Know-how über die Inhalte und Aussagefähigkeit der Daten sowie die Anfertigung aussagekräftiger Ergebnisprodukte (z.B. thematische Karten, 3-D Darstellungen, Flächenstatistiken). Durch die Einbeziehung von Fachkräften, die mit einem GIS alle Formen von raumbezogenen Informationen erfassen, speichern, aktualisieren, modifizieren und es problembezogen zur Modellierung und Visualisierung verwenden (vgl. Abb. 1), wird eine rein technische Definition überwunden. Mit dieser Sicht, die den Inhalt und den Anwender mit seinem Know-how berücksichtigt, wird der Systemcharakter dieses Instrumentariums hervorgehoben. Die Rolle des Menschen als Anwender ist in dieser Frage elementar, gerade in Bezug auf die Auswahl und Bedienung der edv-technischen Komponenten sowohl der organisatorischen und inhaltlichen Strukturierung der Inhalte als auch in Bezug auf die Anwendungsmöglichkeiten und Nutzerfreundlichkeit des Gesamtsystems. Fehler im Gesamtkonzept eines GIS lassen sich nach der Implementationsphase nur mit hohem finanziellem Aufwand beseitigen (WALLACE, 1995).

Geographische Informationssysteme haben in vielen Bereichen der Forschung, Planung und Verwaltung ihren festen Platz als unverzichtbares Arbeitsinstrument gefunden. Das Vorhandensein eines GIS gibt allein jedoch noch keine Gewähr für akzeptable Problemlösungen. Dafür ist der Anwender verantwortlich.

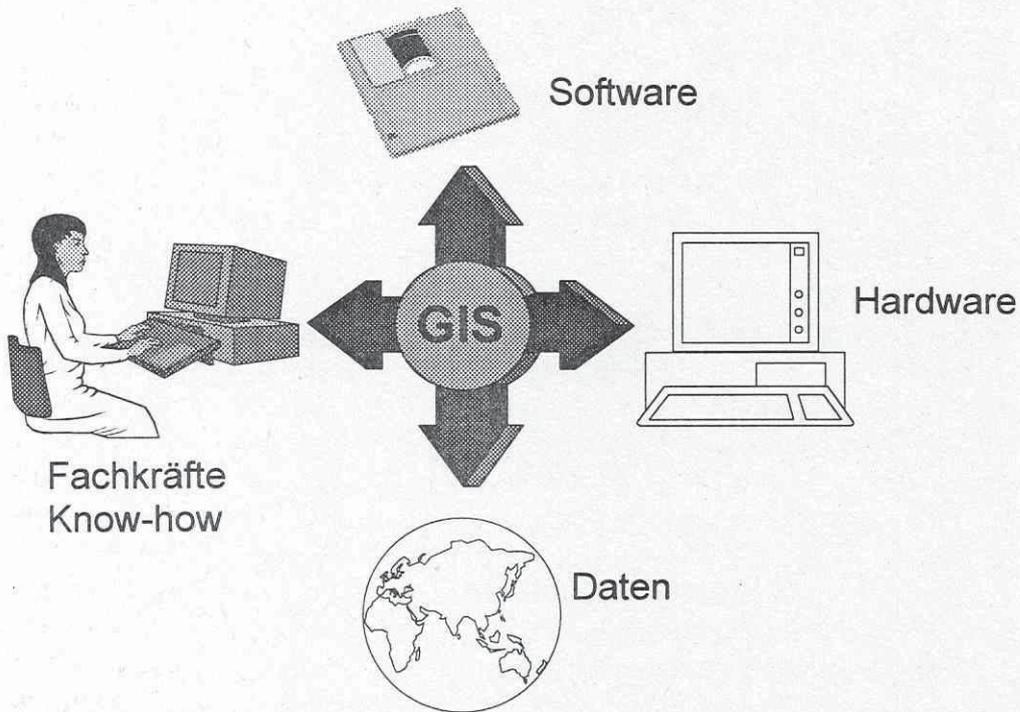


Abb. 1: Komponenten eines geographischen Informationssystems (nach ESRI, 1994).

### Die Integration flächenbezogener Informationen - Overlay-Methode

In den 60er und 70er Jahren entwickelte sich ein neuer Umgang mit flächenbezogenen Informationen. Für viele Fragestellungen integrierter Studien der Raum- und Landschaftsplanung sowie des Ressourcenmanagements ist es notwendig, raumbezogene und in sich homogene Kategorien zu definieren. Die Kategorien umfassen Parameter wie Relief, Geologie, Boden, Wasserhaushalt, Vegetation, Landnutzung (vgl. Kap. 2; Kap. 5.1). Sie bilden die Basis für eine umfassende ganzheitliche Bearbeitung von Fragestellungen der Landschaftsökologie und Landnutzungsplanung.

Geographen und Landschaftsplaner - insbesondere Landschaftsarchitekten in den USA - entwickelten die Overlay-Methode zur Herstellung von integrierten Karten mit hohem Informationsniveau. Sie nahmen die zur Lösung ihres Planungsproblems benötigten Fachkarten, möglichst als durchsichtige Transparente, überlagerten sie auf einen Leuchttisch und schauten, welche Themenbereiche sich in welcher Art und Weise deckten und überlappten. Auf diese Weise konnten neue thematische Karten gezeichnet werden, die die relevanten Informationen aus den verschiedensten Themenbereichen miteinander verknüpften und die zu neuen Inhalten und Aussagen führten. Der amerikanische Landschaftsarchitekt MCHARG (1969) ist einer der bekanntesten, der diese Methode erfolgreich anwendete und publizierte. Das Problem dieser Methode war jedoch der immense und zeitraubende Prozeß des manuellen Kartenziehens und der manuellen Kartenauswertung.

Die Entwicklung der ersten GIS-Programme fällt auch in diese Zeit. Sie sollten dieses Problem lösen helfen. Die ersten GIS-Programme wie SYMAP, GRID, IMGRID, GEOMAP waren rasterorientiert und daher gut geeignet, verschiedene thematische Karten digital zu überla-

gern. Die erste Computergeneration hatte im Vergleich zu den Leistungsmerkmalen der heutigen Computer jedoch nur eine geringe Prozessorgeschwindigkeit und eine begrenzte Speicherkapazität, so daß die räumliche Auflösung der ersten digitalen Karten relativ gering war, da sie den technologischen Voraussetzungen angepaßt werden mußten. Außerdem gab es kaum leistungsfähige Ausgabegeräte, so daß die mit Zeilendruckern erstellten Ausgabekarten den hohen Anforderungen der etablierten Kartographie kaum genügen konnten (STEINITZ, 1993). Die Entwicklung der vektorbasierten GIS-Programme brachte hier eine spürbare Verbesserung der Ergebnisse, da analoge Karten detailgetreu in digitaler Form erfaßt und mit verbesserter Drucker- und Plottertechnik auf höherem kartographischem Niveau ausgegeben werden konnten. Auch konnte das Problem der Kartenverschneidung gelöst werden, so daß sich mit vektorbasierten GIS-Programmen integrative Informationssysteme auf hohem Niveau erstellen lassen. Dabei erfolgt die Überlagerung und Verschneidung der einzelnen digital erfaßten thematischen Karten und ihrer verknüpften Datenbanken zu einer Karte nach dem Muster der Overlay-Methode.

Für eine Vielzahl raumbezogener Fragestellung konnte nun der Einsatz von GIS helfen, die große Menge an heterogenen räumlichen Daten zu verwalten, Abfragen der Datenbanken hinsichtlich raumbezogener Objekte durchzuführen sowie Analysen und Modellierungen komplexer ökologischer, horizontal sowie vertikal verlaufender ökologischer Prozesse zu realisieren.

### **Datenhaltung im GIS**

Viele der heutigen GIS-Anwendungen ermöglichen standardmäßig die Verarbeitung von Vektordaten oder Rasterdaten. Zum besseren Verständnis der in diesem Bericht vorgestellten Ergebnisse sollen kurz die Grundzüge der Konzepte von Vektor- und Rasterdaten dargestellt werden. Für die gleichzeitige Verwendung beider Datentypen in einem GIS sind oft Zusatzprogramme notwendig, oder es sind von vornherein entsprechend leistungsfähige Softwarepakete einzusetzen, die viele der dazu notwendigen Funktionsmerkmale in ihrer Grundausstattung beinhalten (vgl. Kap. 5.4.3).

### **Vektordaten**

Unter den Vektordaten werden raumbezogene Elemente verstanden, deren geometrische Grundelemente Punkt, Linie, und Fläche darstellen. Der Punkt wird durch ein x,y-Koordinatenpaar, Linien durch mindestens zwei x,y-Koordinatenpaare, die miteinander verbunden sind, sowie die Fläche durch mindestens vier x,y-Koordinatenpaare, wobei Anfangs- und Endkoordinatenpaar identisch sind (vgl. Abb. 2), definiert. Zu den geometrischen Elementen können über verknüpfte Datenbanken eine Vielzahl von themenbezogenen Attributen gespeichert und zur Auswertung herangezogen werden. Die Elemente stehen normalerweise topologisch miteinander in Beziehung, d.h. das System speichert für jedes Element neben der Lage im Koordinatensystem weitere Informationen z.B. über die Zugehörigkeit, Lage und Laufrichtung im Bezug zu den anderen Elementen. Dadurch ist es möglich, Nachbarschafts- bzw. Netzwerkbeziehungen zu analysieren.

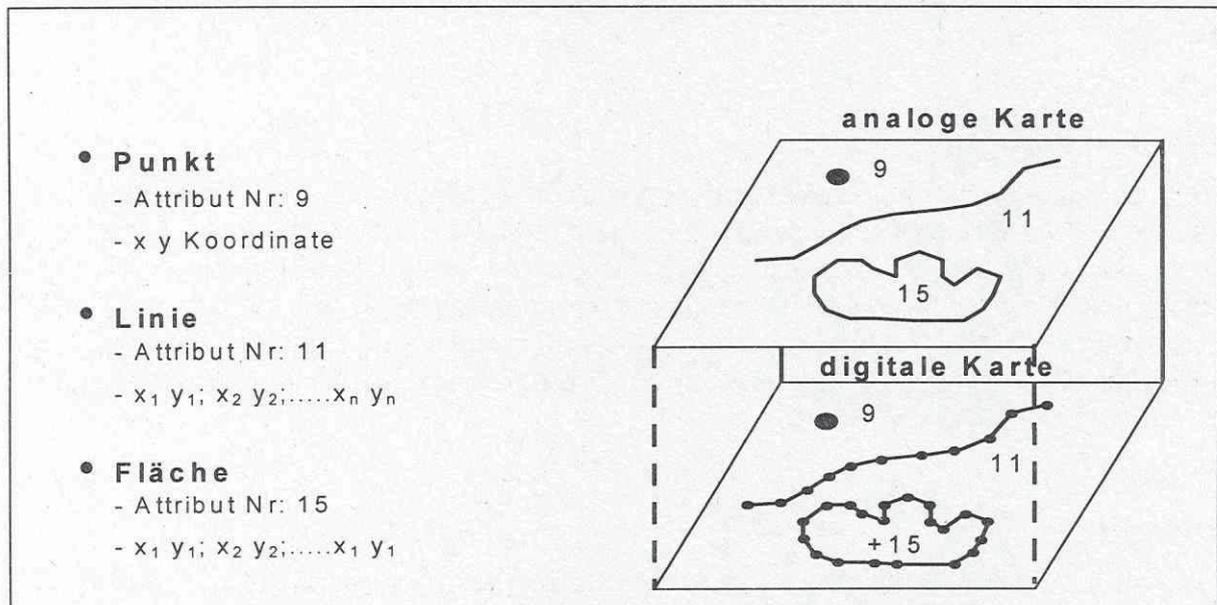
Die Tabelle 1 zeigt die Vor- und Nachteile eines vektorbasierten GIS.

**Tab. 1:** Vor- und Nachteile von Vektordaten

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>• beinhalten Punkte, Linien, Flächen</li> <li>• beliebige unregelmäßige Formen und Raumeinheiten</li> <li>• geringerer Speicherplatzbedarf für einen gleichen kartographischen Sachverhalt bei einer höheren Detailgenauigkeit</li> <li>• Vektordaten eignen sich besser für die Analyse thematischer Beziehungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• schwierigere Ermittlung von Schnitten und Nachbarschaften</li> <li>• geringere Eignung von Vektordaten für die Analyse geometrischer Beziehungen</li> <li>• ungünstigere Darstellung zweidimensionaler Sachverhalte</li> </ul>

### Anwendungsgebiete

Vektordaten sind für die gesamte Maßstabsskala von Bedeutung, jedoch dominiert ihr Einsatz insbesondere im großmaßstäblichen Bereich von 1:100 bis 1:50.000.



**Abb. 2:** Vektorkonzept

### Rasterdaten

Rasterdaten beziehen sich direkt auf Flächen. Die geometrische Basis sind die sogenannten Rasterelemente (Bildelement, Pixel), die in einer Matrixstruktur in Zeilen und Spalten gleichförmig angeordnet sind. Jedes Rasterelement repräsentiert je nach Größe einen bestimmten Ausschnitt der Erdoberfläche. Eine Besonderheit gegenüber den Vektordaten ist, daß zwischen den einzelnen Bildelementen keine logische Verknüpfung existiert. Zu jedem Rasterpunkt, das durch seine Position in der Matrix definiert ist, kann zwar ein Attribut zugeordnet werden, welches aber lediglich Werte über die Eigenschaften der Pixel (Grau- oder Farbwerte, Höhen, Emissionswerte) enthält (vgl. Kap. 3.1; BILL & FRITSCH, 1993). Je nach räumlicher Auflösung der darzustellenden geometrischen Elemente wird ein entsprechendes Raster definiert, mit dem die analoge Karte aufgerastert wird. Mit höherer Auflösung erhöht sich die An-

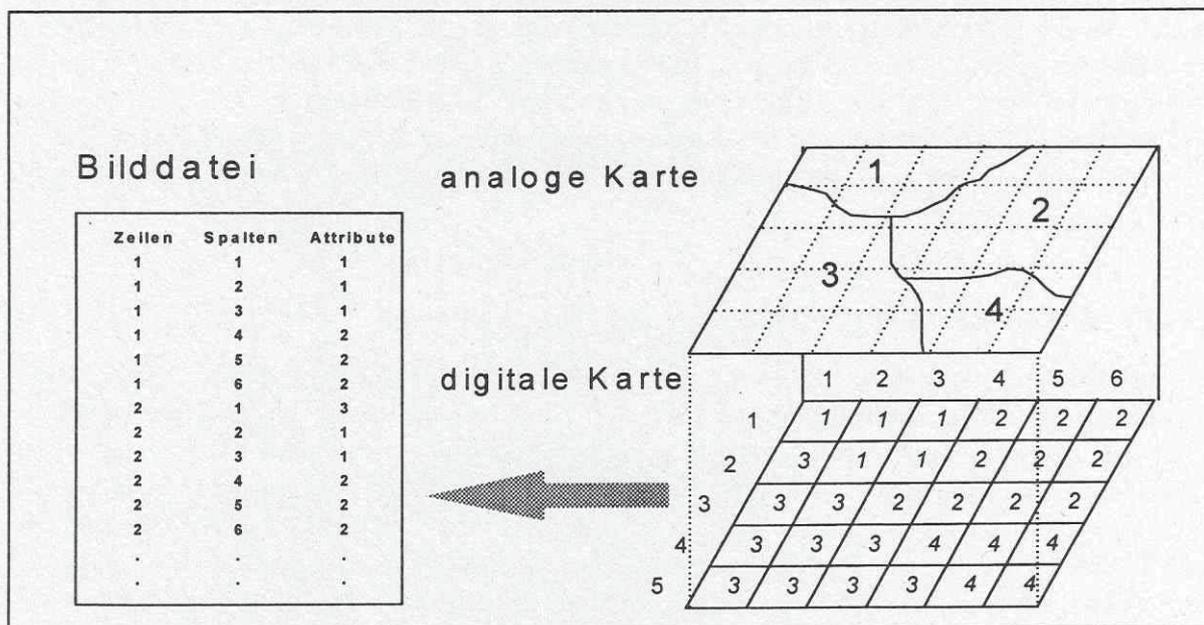
zahl der notwendigen Raster und damit der notwendige Speicherbedarf. Die Tabelle 2 zeigt die Vor- und Nachteile von Rasterdaten.

**Tab. 2:** Vor- und Nachteile des Einsatzes von Rasterdaten

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Anordnung innerhalb von rechteckigen und regelmäßigen Rasterformen (homogen)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• elementare Bestandteile nicht mit x,y Koordinaten versehen, räumliche Lagebeziehung nur implizit (header) gespeichert, Probleme beim Datenaustausch möglich</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Darstellung zweidimensionaler Sachverhalte</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• ab bestimmten Größen nicht mehr weiter differenzierbar (atomar)</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• einfache Ermittlung von Schnitten und Nachbarschaftsbeziehungen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Probleme in der Beschreibung linienhafter Elemente</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• besser geeignet zur Analyse topologischer Strukturen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• hohe Datenmengen erfordern einen sehr hohen Speicherbedarf</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• regelmäßige Einheiten leicht zu verarbeiten und zu überlagern (jede Zelle besitzt einen Wert)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• mit einer linearen Erhöhung der Auflösung wächst der Speicherbedarf exponentiell</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• algorithmisch einfacher und damit mächtiger, stark bei Kontinua, Interpretation und Modellableitung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• bei gleicher Auflösung nie so flächenscharf wie Vektordaten</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Analyse thematischer Beziehungen schwieriger als in Vektormodellen</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zugriff auf nur einzelne Zellen erfordert das Lesen von enormen Datenmengen</li> </ul>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• starke Abstraktion der Eigenschaften eines Objektes</li> </ul>

**Anwendungsgebiete:**

Rasterdaten sind für die gesamte Maßstabsskala von Bedeutung, jedoch dominiert bisher ihr Einsatz insbesondere im kleinmaßstäblichen Bereich von 1:10.000 bis 1:1.000.000.



**Abb. 3:** Rasterkonzept

## **Datenbasis und Verarbeitung**

Die Datenbasis eines GIS wird überwiegend aus kartographischen Grundlagen in Form von topographischen und thematischen Karten sowie aus Planwerken, Luft- und Satellitenbildern aufgebaut (vgl. Kap. 5.4.3). Die Karte ist die häufigste und meist verbreitete Darstellungsform von räumlichen Beziehungen durch ein System graphischer Zeichen. Die INTERNATIONALE KARTOGRAPHISCHE VEREINIGUNG (1973) definiert die Karte als maßstäblich verkleinerte, generalisierte und erläuterte Grundrißdarstellung von Erscheinungen und Sachverhalten der Erde, insbesondere der Erdoberfläche. Das Luft- und Satellitenbild, die Panoramakarte, der Globus werden als kartenverwandte Darstellungsformen bezeichnet (HAKE & GRÜNREICH, 1994). Karten dienen dem Menschen zur Orientierung im Raum, zur Klärung räumlicher Zusammenhänge und zur Darstellung der Funktionsbeziehungen von bestimmten Sachverhalten im Raum. Die wesentlichen Kriterien, die eine Karte zu einem wichtigen Informations- und Kommunikationsmittel machen, sind ihr Bezug zu Ortskoordinaten, ihre Maßstäblichkeit und ihr Modellcharakter, mit dem eine mehr oder weniger gute Beschreibung der wesentlichen Merkmale der Wirklichkeit eines Raumes oder Teile davon zum Ausdruck gebracht werden.

Im Planungsprozeß dienen Karten der vorausgehenden Bestandsaufnahme und -analyse, der Verdeutlichung von Konflikten, der Ermittlung von räumlichen Gliederungen und Typisierungen, der Bewertung von Ergebnissen und der Umsetzung von Zielvorstellungen in die eigentliche Planungsaussage.

## **Basisdaten**

Die Tabelle 3 listet eine Auswahl von Basisinformationen in den Kategorien Topographie, Klima, Standort, Wasser, Landnutzung und sonstigen Raumeinheiten sowie verschiedenen Themen, die für den Aufbau eines GIS mit landschaftsökologischer Ausrichtung relevant sind. Die Frage, welches Datenkonzept und welcher Datentyp für jedes Thema am besten geeignet ist, läßt sich nicht generell beantworten. Es sind die verschiedenen Faktoren, die ein GIS ausmacht, bei der Entscheidung zu berücksichtigen, wie z.B. die zu bearbeitende Fragestellung, die dafür vorgesehene Maßstabebene, die Leistungsfähigkeit der zur Verfügung stehenden Software und Hardware, die Anforderungen an räumliche Analysen und Modellierung. Leistungsfähige Software erlaubt die Verwendung von Vektor- und Rasterdaten in einem System, wobei für spezielle Auswertungszwecke jeweils der eine Datentypen in den anderen Datentyp konvertiert werden kann.

## **Räumliche Analysen und Modellierung**

Die besondere Funktionalität der geographischen Informationssysteme gegenüber herkömmlichen Informationssystemen besteht in der Ableitung neuer raumbezogener Informationsschichten aus bestehenden Datenbeständen. „Die räumliche Analyse schließt die Analyse und Synthese von raumbezogenen Daten zu einer Einheit. Dabei wird unterschieden zwischen der qualitativen und quantitativen Analyse, d.h. einerseits einer Untersuchung der Art und Beschaffenheit des Problems und andererseits einer Untersuchung der Menge und Größe der vorkommenden Phänomene. Jede räumliche Analyse beinhaltet die fachgerechte Interpretation der Ergebnisse“ (BILL, 1996).

Tab. 3: Auswahl von Basisinformationen für den Aufbau eines GIS

Kategorie	Themen	Beschreibung
Topographie	Höhenlinien	Charakteristik und Form der Geländeoberfläche
	Höhenpunkte	
	Hangneigung	
	Himmelsrichtung	
Klima	Strahlung	Punkt- oder flächenförmige Informationen über Klimadaten
	Temperatur	
	Niederschläge	
	Phänologische Daten	
Standort	Geologische Formationen	Kartierbare Gesteinsformationen, die sich durch besondere Eigenschaften in ihrer Bodenentwicklung und Standortbedingungen unterscheiden
	Bodeneinheiten	
	Bodentyp	Flächen mit gleichen bodenkundlichen und topographischen Eigenschaften
	Bodenart	
Wasser	Fließ- und Stillgewässer	Fließgewässer (z.B. Flüsse, Bäche, Kanäle, etc.) Stillgewässer (z.B. Seen, Teiche, Stauseen, etc.)
	Wasserscheiden	Wassereinzugsgebiete, die zu bestimmten Vorflutern entwässern
	Grundwasserkörper	Grundwasserkörper mit signifikantem Einfluß auf die Vegetation sowie Schüttung für Quellen und Brunnen
Landnutzung und Bodenbedeckung	Nutzungstypen und Vegetation	Flächeneinheiten mit gleicher Nutzung und gleicher Vegetationsbedeckung
Sonstige Raumeinheiten	Ökologische Raumeinheiten	Raumeinheiten mit einheitlichen abiotischen und biotischen Konditionen, mit gleichartigem Potential für Pflanzenwachstumsbedingungen und Reaktion auf Managementeingriffen (z.B. Naturraumtypen, Anbaugebiete, forstliche Wuchsgebiete).
	Ökonomische und administrative Grenzen	Administrative Grenzen, wie Länder-, Kreis- und Gemeindegrenzen zur Anbindung von statistischen Daten (Bevölkerungs-, Agrar- und Forststatistik)

Ein der Fragestellung angemessener, fachgerechter Einsatz der notwendigen Analyseverfahren bedarf jedoch ein tiefgreifendes theoretisches sowie algorithmisches Verständnis und Wissen um den Einsatz dieser Methoden. Erst wenn diese Faktoren gewährleistet sind, ist eine hinreichend kritische und objektive Betrachtung der Ergebnisse möglich.

Durch die Computertechnik sind große Datenmengen rasch verfügbar, können transformiert und interaktiv modifiziert werden, so daß man in der Lage ist, verschiedenste Prozesse im Landschaftshaushalt zu analysieren und mit geeigneten Modellen zu simulieren. Es lassen sich rasch mögliche Entwicklungen von Trends oder aber die Auswirkungen von Planungsentscheidungen für alle im GIS vorhandenen sektoralen Informationsbereiche darstellen. Durch die Formulierung von unterschiedlichen Szenarien lassen sich differenzierte zukünftige Entwicklungsalternativen entwickeln. Sie ermöglichen die Abschätzung und Bewertung der möglichen Auswirkungen, die diese in der Landschaft haben könnten, ohne daß sie selbst in die Realität umgesetzt werden müssen und man vor der vollendeten Tatsache von irreversiblen Veränderungen in der Landschaft selbst steht. Das GIS wird dadurch zu einem Informations- und Planungsinstrument.

Der Einsatz von GIS wird daher durch die vier Komplexbereiche Analyse, Synthese, Simulation und Prognose getragen. Dabei können unterschiedlichste Verfahren in variierenden Kombinationen angewendet werden (vgl. Tab. 4)

**Tab. 4:** Kategorien und Verfahren im GIS-Einsatz

Kategorie	Verfahren
Geometrisch-topologische Methoden	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zonengenerierung</li> <li>• Dreiecksvermaschungen und Nachbarschaftsgraphen</li> </ul>
Statistische Methoden	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Univariate, bivariate und multivariate Verfahren</li> <li>• Approximation und Interpretation</li> <li>• Geostatistik</li> <li>• Klassifikation</li> </ul>
Mengenmethoden	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Logikoperatoren</li> <li>• Sortier- und Suchverfahren</li> <li>• Funktionale Ableitung neuer Informationen</li> <li>• Aggregation</li> </ul>
Simulationsmethoden	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dynamische Modellierung</li> <li>• Celluläre Automaten</li> </ul>
Prognostische Methoden	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Extrapolationsmethoden</li> <li>• Trendanalysen</li> <li>• Szenariotechniken</li> </ul>

### Ausblick

Die heutigen Einsatzfelder von GIS werden ermöglicht durch die rasante Entwicklung der Informationstechnologien bei gleichzeitigem Verfall der Preise für die Systembestandteile. Insbesondere die Erhöhung der Leistungsfähigkeit der Mikroprozessoren und der Speichermedien, deren Weiterentwicklung noch nicht zum Stillstand gekommen ist, sowie die Verbesserung der Programmiersprachen und Vereinfachung der Bedienungsflächen, eröffnen auch für die Zukunft weit vielfältigere Einsatzmöglichkeiten und eine breitere Akzeptanz für den GIS-Einsatz. Damit ist die Plattform geschaffen, um eine Entwicklung von datenintensiven Anwendungen, wie sie der Einsatz von GIS und Fernerkundung darstellen, in einer praxisrelevanten Breite zu gewährleisten. Die jetzige Generation von Computern ist in der Lage, größere und komplexere Datenmengen, wie z.B. Darstellung rasterorientierter Satellitenbilddaten, zu einem für die Praxis erschwinglichen Preis zu verarbeiten. Die methodischen und inhaltlichen Probleme bei der Bearbeitung haben sich dabei nicht grundlegend geändert. Die Ergebnisse dieser Arbeiten bleiben auch nicht mehr nur lokal verfügbar, sondern sind durch das weltumspannende Computernetzwerk des Internets prinzipiell global verfügbar und ermöglichen dadurch einen kostengünstigen Datentransfer zum Austausch und zur internationalen, interdisziplinären Bearbeitung von landschaftsbezogenen Informationen und Wissen. Dadurch eröffnet sich dem GIS-Einsatz ein weiteres neues Arbeitsfeld, in dem aktuelle Rauminformationen oder Planungsaktivitäten der Bevölkerung frühzeitig zugänglich und mit Hilfe von multimedialen Techniken leicht verständlich gemacht werden können, um dem Kommunikationsauftrag von Informationssystemen besser gerecht zu werden.

**Literatur**

- BILL, R. (1996): Grundlagen der Geo-Informationssysteme - Band 2, Analysen, Anwendungen und neue Entwicklungen. - Wichmann-Verlag, Heidelberg, 414 Seiten.
- BILL, R. & D. FRITSCH, (1993): Grundlagen der Geo-Informationssysteme - Band 1, Hardware, Software und Daten. - Wichmann-Verlag, Heidelberg, 414 Seiten.
- ESRI (1994): Understanding GIS - The ARC/INFO Method. - Environmental Systems Research Institute, Inc., Redlands, California.
- GANSER, K. (1995): Informationssysteme für die Raumordnung. - In: ARL Akademie für Raumforschung und Landesplanung (Hg.): Handwörterbuch der Raumordnung. Hannover, Akademie für Raumforschung und Landesplanung, S. 484-490.
- HAKE, G. & D. GRÜNREICH (1994): Kartographie. - 7., völlig neu bearb. und erw. Aufl. Berlin, New York.
- MCHARG, I. L. (1969): Design with Nature. - Doubleday/Natural History Press, New York.
- INTERNATIONALE KARTOGRAPHISCHE VEREINIGUNG (1973): Mehrsprachiges Wörterbuch kartographischer Fachbegriffe. - Wiesbaden.
- STEINITZ, C. (1993): Geographical Information Systems: a Personal Historical Perspective, the Framework for a Recent Project, and some Questions for the Future. - Presented at the European Conference on Geographic Information Systems, Genoa, Italy, March 30, 1993. (<http://www.gsd.harvard.edu/brc/framework/steinitz.txt>)
- WALLACE, P. (1995): GIS: a System's Engineering Perspective (or) Don't forget the „S“. - GIS Europe, April: 24-26.

**Erfassung und Auswertung  
der Landnutzung und ihrer Veränderungen  
mit Methoden der Fernerkundung  
und geographischen Informationssystemen  
im Raum Leipzig-Halle-Bitterfeld**

Herausgeber

Ellen Banzhaf<sup>1</sup> und Hans Dieter Kasperidus<sup>2</sup>

UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle GmbH

<sup>1</sup> Sektion Angewandte Landschaftsökologie

<sup>2</sup> Arbeitsgruppe Regionale Zukunftsmodelle

Leipzig, Januar 1998