Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie (Freising-Weihenstephan 1990) Band 20
1991

Geographische Informationssysteme als Hilfsmittel der ökologischen Forschung und Planung

Jörg Schaller und Jack Dangermond

Synopsis

In recent years Geographic Information Systems had an permanently increasing importance for ecological research and planning. This paper gives an overview on the various phases of software development for the past years as well as of the application possibilities of these methodical elements. Specific attention is given to the fundamental setting-up, structure and principal application possibilities of Geographical Information Systems.
Because ecological research and planning is carried out at the most different levels, the instrument utilized must also provide solutions to various problems at various scales. In order to demonstrate the multidisciplinary operation of Geographic Information Systems, the basic GIS functions, a typical example of application and the trends of GIS development in the future are described.

Geographic Information Systems, ecological research, ecological planning

1. Einführung - Was ist ein GIS?

Ein geographisches Informationssystem (GIS) ist ein computergestütztes System, das in der Lage ist, flächenbezogene geographische Daten zu erheben, zu verwalten, abzuändern und auszuwerten. Geographische Daten liegen in Form räumlicher Daten und beschreibender Informationen vor. Räumliche Daten befassen sich mit der Lage, Ausprägung und den Beziehungen von geometrischen Informationen untereinander wie z. B. Entfernungen, Flächengrössen etc. Die beschreibenden Daten (Merkmale oder Attribute) beziehen sich auf die näheren Eigenschaften der geometrischen Daten. Ein GIS stellt Werkzeuge und Methoden bereit, um die reale Welt in Form raumbezogener Daten darzustellen (vgl. Abb.1).
Die reale Welt kann in Form von flächenbezogenen Daten beschrieben werden, wobei normalerweise unterschiedliche thematische Karten wie z. B. topographische Karten, Grundwasserkarten, Bodentypen, Landnutzungstypen, Infrastrukturkarten oder z. B. auch Verwaltungsgrenzenkarten herangezogen werden können. Werden alle solche flächenbezogenen Daten zusammen in einem Informationssystem abgespeichert, spricht man von einem Geographischen Informationssystem oder GIS. Da mit den geometrischen Daten auch gleichzeitig die Attribute verwaltet werden, wird bei einem GIS auch von einem geographischen Datenbank-Management-System gesprochen.
Abb. 2 stellt den Arbeitsablauf einer GIS-Erstellung aus verschiedenen Datenquellen dar. Daten unterschiedlicher Herkunft werden inhaltlich zusammengefaßt und in Form von thematischen Bereichen aufbereitet, wie z. B. Verwaltungsdaten, Umweltdaten, Grundstücksdateien, Straßendateien oder auch topographische Basisinformationen wie Höhenlage, Hangneigung etc. Ist ein solches geographisches Informationssystem erst einmal inhaltlich konzipiert, können mit der vorhandenen Datenbasis eine ganze Reihe von GIS-Funktionen zur Dateneingabe, Datenverarbeitung und Korrektur, Datenverwaltung, Datenanalyse und Manipulation sowie zur kartographischen Ausgabe und Dokumentation eingesetzt werden.

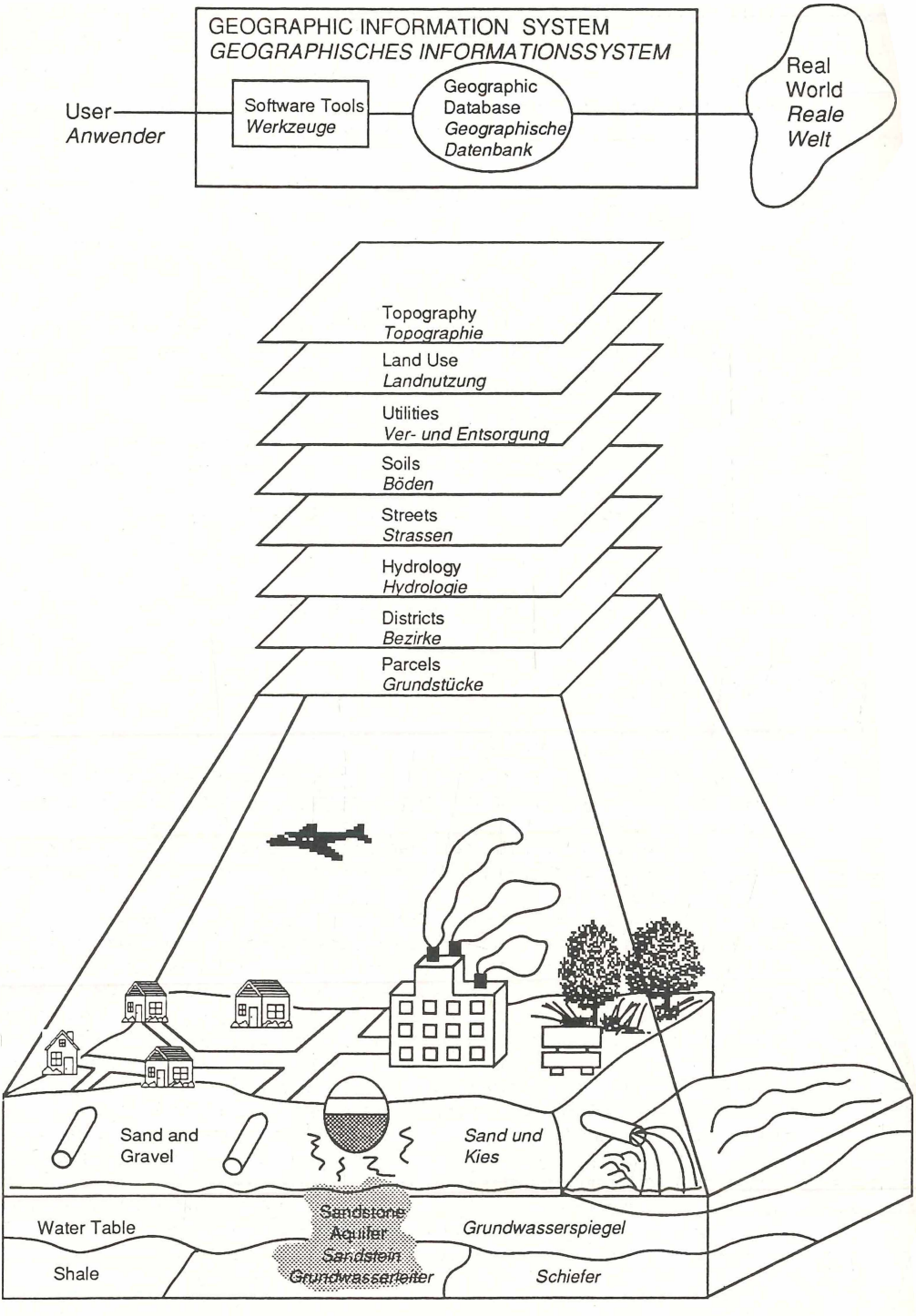

Abb. 1: Ein geographisches System stellt Werkzeuge zur Darstellung der realen Welt als Daten über Standorte bereit (ESRI 1989)

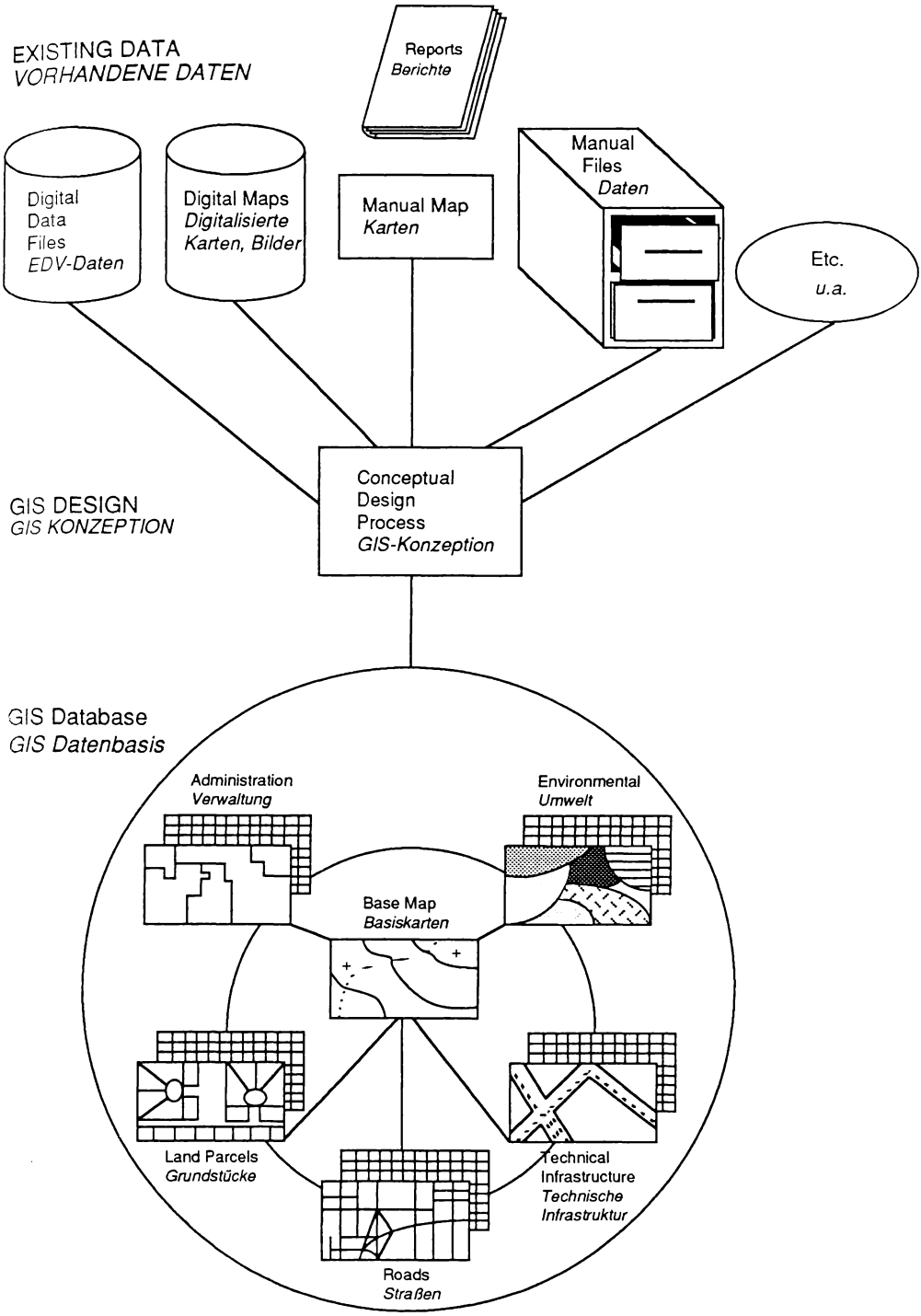

Abb. 2: Konzeption eines GIS (ESRI 1989)

2. Grundsätzliche Eigenschaften räumlicher Daten

Ganz allgemein gesagt besteht geographische Information aus zwei grundsätzlichen Teilen: Erstens das aktuelle Datum oder Merkmal wie eine Variable, ihre Klassifizierung, ihr Wert, ihr Name etc. und zweitens die räumliche Lage (z. B. der geographische Raum, in dem das Datum vorkommt). Ein weiteres drittes wichtiges Merkmal ist die Zeit.
Daraus ergibt sich, daß die Verwaltung räumlicher Daten sehr komplex sein kann, weil sich sowohl die räumlichen Daten als auch ihre Attribute oftmals unabhängig voneinander und darüber hinaus in Abhängigkeit der Zeit ändern können. Das Management räumlicher Daten erfordert daher, daß räumliche und nicht räumliche Daten unabhängig voneinander verwaltet werden müssen, d. h., daß Attribute zeitpunktbezogen verändert werden können, aber ihren gleichen räumlichen Bezug behalten oder umgekehrt.

2.1 Typen geographischer Daten und ihre räumliche Repräsentation innerhalb von GIS-Systemen

Ganz allgemein werden drei Typen geographischer Daten für die räumliche Darstellung unterschieden: Punkte, Linien und Polygone. Eine Sonderform der Polygone stellen Raster, Dreiecke oder regelmäßige Vielecke dar. Folgende Datentypen werden unterschieden (vgl. SCHALLER 1985):

1) Geometrische Information
2) Flächenbezogene Information
3) Netzwerk- oder topologische Daten
4) Probenahmedaten, punktuelle Informationen
5) Oberflächeninformation
6) Beschriftungs- und Textinformation und
7) Graphische Symboldaten.

Punkte, Linien und Polygone werden normalerweise auf Karten dargestellt, wobei kartesische (x, y) Koordinaten wie z. B. Längen- oder Breitengrade basierend auf den Prinzipien der euklidischen Geometrie dargestellt werden. Das kartesische Koordinatensystem ist das am häufig benutzte System um räumliche Messungen, Lagebeziehungen und ähnliche Datenanalysen vorzunehmen.

2.2 Das Vektordatenmodell und die topologische GIS-Datenstruktur

Neben der Verwendung kartesischer Koordinaten für die Darstellung geographischer Daten können auch Prinzipien der Graphentheorie eingesetzt werden, wobei die topologischen Beziehungen, d. h. die relative Lage der verschiedenen Kartenelemente zueinander, beschrieben werden. Durch die Verschlüsselung geometrischer Elemente wie Punkte, Linien und Flächen bezüglich ihrer räumlichen Lage wie z. B. rechtes und linkes Polygon und Fließrichtung vom Knoten zum Knoten wird eine codierte Basiskarte erzeugt. Durch Beschreibung der Knoten mit x,y-Koordinaten entsteht ein duales System für die räumliche Beschreibung aller Elemente einer Karte. Dies erlaubt nicht nur die Analyse der räumlichen Lage der Kartenelemente unter Verwendung der x,y-Koordinaten, sondern auch alle mathematischen Möglichkeiten, die mit der Graphentheorie verknüpft sind wie z. B. Netzwerkanalysen, räumliche Aggregation, Disaggregation etc.. Topologische Codierungen definieren zwar die räumlichen Beziehungen geographischer Phänomene relativ zu anderen Phänomenen, aber andererseits erfordern sie nicht die Anwendung von Abstandsregeln, um diese Beziehungen zu definieren (vgl. ASHDOWN & SCHALLER 1990).

2.3 Das Rasterbezogene GIS

Eine weitere Technik, die auch bestimmte Abhängigkeitsprinzipien einsetzt, ist die Verwendung von Rastern für die Speicherung geographischer Informationen. Die Rastertechnik steht auch mit einem Koordinatensystem in Beziehung, aber erlaubt nicht notwendigerweise eine präzise Zuordnung. Ein Rastersystem verwendet eine i,j-Matrix zur Repräsentation der verschiedenen geo-

graphischen Informationen im Computer, wobei die Orginalinformation abstrahiert in Form von Zeilen und Spalten abgespeichert ist.

2.4 Hybrides GIS

Zusammenfassend gesagt gibt es grundsätzlich zwei Methoden für die räumliche Identifikation von flächenbezogenen Informationen. Die erste ist die gemessene Lagebeziehung in Form von x- und y-Koordinaten und deren topologisch definierten geographischen Phänomene in der Form von Punkt- und Linienbeziehungen, Netzwerken, Polygonbenachbarung etc., abgespeichert in Form von Vektoren und räumlichen Verweisen. Die zweite Methode ist die Rasterdatenverwaltung. Beide Methoden werden für GIS eingesetzt. Die aktuelle Softwareentwicklung konzentriert sich auf eine Kombination beider Methoden und wird als hybrides GIS (vgl. FRITSCH 1988) bezeichnet.

3. Erstellung und Anwendung geographischer Informationssysteme

Abb. 3 stellt die notwendigen Arbeitsschritte zum Aufbau eines GIS dar. Bezogen auf die grundsätzlichen Fragestellungen eines Projektes und nach Auswahl des Untersuchungsgebietes werden unterschiedliche Informationen gesammelt. Meistens werden vier Datentypen als Grundlage für eine GIS-Datenbasis herangezogen:

- vorhandene Karten,
- Fernerkundungsdaten,
- existierende automatisierte Datenbasen und
- Geländeerhebungsdaten oder Meßdaten.

All diese Datentypen müssen projektbezogen ausgewählt, definiert und klassifiziert werden und liegen letztendlich in Form einer abgespeicherten GIS-Datenbasis in einem Computer vor, die die geometrischen und Merkmalsinformationen enthält. Eine so erstellte GIS-Datenbasis stellt die Grundlage für die Auswertung und Bewertung durch GIS-Methoden dar, wobei unterschiedliche Auswertungstechniken in Frage kommen wie z. B.:

- Netzwerkanalysen, digitale Geländeanalysen,
- kartographische Analysen, Verschneidungen, Überlagerungen,
- Modellanwendungen, die mit der GIS-Datenbasis verknüpft sind,
- statistische Analysen und Klassifizierung sowie
- digitale Bildverarbeitungstechniken.

Die Ergebnisse dieser analytischen Arbeiten werden dann in Form von Graphiken, Karten, Plots, Statistiken oder auch Textverarbeitungstechniken dargestellt (vgl. DANGERMOND 1990).

4. Anwendung Geographischer Informationssysteme für Umweltbeobachtung und ökologische Forschung

Im folgenden wird ein typisches Anwendungsbeispiel herausgegriffen, das den breitgefächerten GIS-Einsatz neben den weiteren Anwendungsbeispielen, die in diesem Tagungsband dokumentiert sind, recht gut demonstrieren kann.

4.1 Umweltbeobachtung

Umweltbeobachtung konzentriert sich z. Zt. vor allem auf die objektiven Tatsachen und ihre Dokumentation, so daß zu einem späteren Zeitpunkt quantitative oder qualitative Veränderungen an abiotischen oder biotischen Ressourcen erkannt und ausgewertet werden können. Das Ziel von Umweltmonitoring und Dauerbeobachtungsprogrammen ist es also, den derzeitigen Zustand zu beschreiben und eventuelle Veränderungen so rechtzeitig oder frühzeitig wie möglich zu erkennen (Frühwarnsysteme), um rechtzeitig Gegenmaßnahmen einleiten zu können.

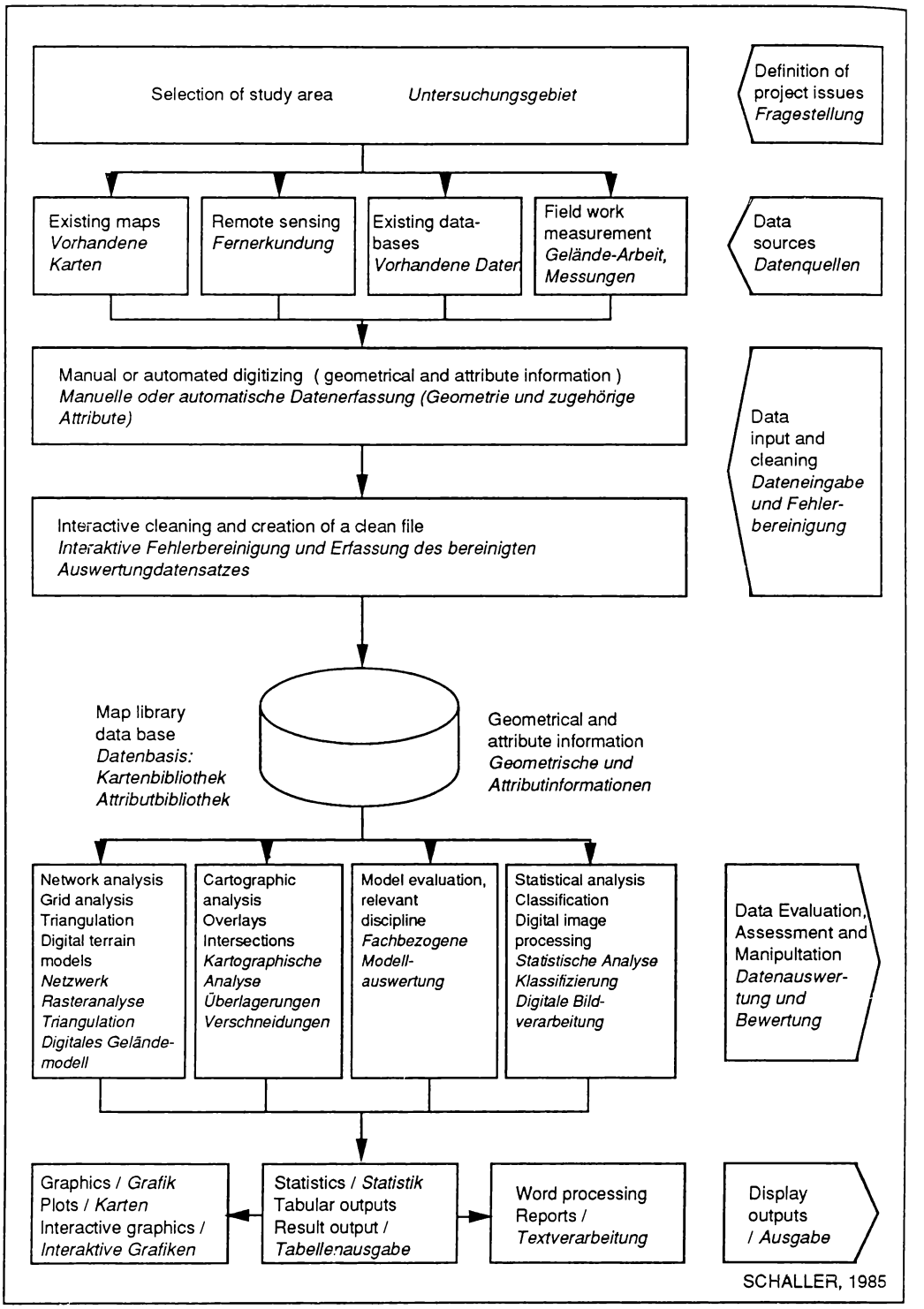

Abb. 3: Arbeitsschritte zur Erstellung eines GIS (SCHALLER 1985)

Die Umweltbeobachtung in der Bundesrepublik Deutschland wird auf verschiedenen Ebenen durchgeführt. Die einzelnen Länder der Bundesrepublik haben verschiedene Meß- und Beobachtungsnetze zur Überwachung der Umweltqualität aufgebaut. Zum Beispiel sind dies die regionalen Luftüberwachungssysteme, die Überwachung der Qualität des Oberflächen- und Grundwassers sowie auch radiologische Umgebungsüberwachungsprogramme. Langfristige Umweltbeobachtung hat schon Tradition im Bereich der Beobachtung der Gewässerqualität. Andere Programme wurden im Bereich der Böden und chemischen Stoffe und den damit zusammenhängenden Belastungen eingerichtet sowie auch seit kurzem die Beobachtung der Veränderungen in der Landnutzung. Auf der untersten Ebene liefern diese sektoralen Ansätze laufend Daten, wobei z. T. Schwellenwerte gesetzt sind, die, falls sie überschritten werden, wie z. B. beim Smogwarnsystem, entsprechende Aktionen auslösen. Da für die Umweltbeobachtung inzwischen flächenbezogene Daten verarbeitet werden, werden hierzu auch überwiegend Geographische Informationssysteme eingesetzt.

4.2 Grundsätzliche Anforderungen an integrierte Monitoringprogramme

Die bisher durchgeführten Monitoringansätze wurden sektoral ausgearbeitet und nur mit wenigen Ausnahmen war es bisher nicht möglich, diese Ergebnisse mit denen anderer Projekte zu verknüpfen. Um den menschlichen Einfluß auf repräsentative Ökosysteme zu beobachten, ist ein integriertes Monitoring erforderlich, das die abiotischen und biotischen Einflußgrößen und vor allem die Reaktion der beobachteten Systeme umfaßt. Ein solches Beobachtungssystem muß folgenden grundsätzlichen Anforderungen Rechnung tragen:

- systemar ausgerichteter Beobachtungsansatz
- systematisches Vorgehen bei der Datenakquisition und Dokumentation (FISCHER 1989)
- hierarchisches aggregationsfähiges, medienübergreifendes Beobachtungssystem (SPANDAU & al. 1990)
- repräsentativ ausgewählte Beobachtungsräume, Ökosysteme und Dauerbeobachtungsflächen (vgl. ELLENBERG & al. 1978, FRÄNZLE & al. 1986, LEWIS & al. 1989)
- harmonisierte Datenbasen
- GIS-Anwendung für Dokumentation und Fortschreibung (vgl. ZÖLITZ 1989).

4.3 Hierarchisches Umweltbeobachtungssystem

Der für das MAB-6-Projekt Ökosystemforschung Berchtesgaden (vgl. DEUTSCHES NATIONALKOMITEE MAB 1983, SCHALLER & SPANDAU 1985) entwickelte hierarchische Modellansatz kann auch als Grundlage für ein hierarchisches Umweltbeobachtungssystem eingesetzt werden. Als besonders geeignet für die Umweltbeobachtung gelten neben normal oder intensiv genutzten Räumen auch die mehr oder weniger unbeeinflußten Gebiete wie Nationalparke oder Biosphärenreservate, in denen menschliche Nutzungseingriffe nach einem abgestuften räumlichen Konzept minimiert werden. Eine wesentliche Anforderung ist es, das ganze Spektrum der Ökosystemtypen der Kulturlandschaft bei der Beobachtung zu erfassen. Außerdem muß gewährleistet sein, daß Erkenntnisse aus den Beobachtungsgebieten auf das Gesamtgebiet übertragen werden können. Da die Umwelt heute als globales, vernetztes System begriffen wird, muß diese Übertragbarkeit und Aggregation letztendlich bis zu den globalen Datenbasen gewährleistet sein. Aus diesen Anforderungen ergeben sich unterschiedliche Ebenen der Umweltbeobachtung, die über vertikale Schnittstellen aggregiert und disaggregiert werden müssen.
Dieses hierarchische System für die ökosystemar ausgerichtete Umweltbeobachtung ist in Abb. 4 dargestellt. Sie baut grundsätzlich auf den vorhandenen Meßprogrammen der untersten Ebene auf (5). Die vorliegenden Meßdaten aus verschiedenen Programmen, die Trends in der Schadstoffausbreitung und Verteilung ermitteln, müssen in die Monitoringdatenbasis übernommen werden. Neben vorliegenden Daten werden einzelne Meßwerte innerhalb von repräsentativ ausgewählten Stellen, Aufnahmeflächen oder Transekten, die in intensiv beobachteten ausgewählten Testgebieten (4) innerhalb der repräsentativ ausgewählten Hauptforschungsräume (3) liegen, erhoben.

DATENQUELLEN		FORSCHUNGS-PROGRAMME	MASSTABS-EBENE	DATENQUELLEN, DATENERHEBUNG	FORSCHUNGS-METHODEN	FORSCHUNGS-GEGENSTAND
1. Global, Continental EG, BRD (Satelit)		GEMS (Global Environmental Monitoring System) GRID Global Resource Information Database) CORINE	Kleinmaßstäblich 1:5 Mio. bis 1.1 Mio. Regionale Datenbasen 1:1 Mio. bis 1:200.000	Satellitendaten (Landsat, TM, Spot, etc.) Nationale und internationale flächenbezogene Nutzungsdaten (Bodenkarten, Nutzungskarten, etc.)	Klassifizierungsmethoden, Globale Modelle, Ausbreitungsmodelle, Statistische Verfahren, Szenarien Globale geografische Datenbankentwichklung	Ökosphäre - Stoffflüsse - Energieflüsse - Informationsflüsse
2. Hauptforschungsräume BRD (Luftbild)		MAB Ökosystemforschung, Waldschadensforschung, Monitoringprojekte FMP	Kleinmaßstäblich 1:200.000 bis 1: 10.000	Satellitendaten Luftbilddaten Flugzeugscannerdaten (FMP) flächenbezogene Ressourcen- u. Nutzungsdaten, Meßprogramme, weitere verfügbare Daten	Szenarien, Regionale Modelle, Ausbreitungsmodelle	Ökosystemkomplexe - Stoffflüsse - Energieflüsse - Interaktionen Gesellschaft-Umwelt-System
3. Testgebiete in Hauptforschungs-Räumen (Geländeerhebung)	TOP DOWN BOTTOM UP	Berchtesgaden Frankfurt Vechta Wattenmeer Solling Hils Fichtelgebirge Schwarzwald u.a.	mittlere Maßstabsebene 1:10.000 bis 1:5.000	Luftbilder, Orthophotos, flächendeckende Ressourcen- u. Nutzungsdaten aus Forschungsprogrammen	Feedbackmodelle Bilanzmodelle, Zeitkarten, Risikokarten	Ökosysteme: - Stoffflüsse - Energieflüsse
4. Aufnahmeflächen und Transsekte in Testgebieten		Dauerbeobachtungsprogramme etc.	Großmaßstäblich 1:5.000 bis 1: 100	Luftbilder, Photos, Transektkartierungen, wiederholte Kartierungen während der Vegetationsper., Tierbeobachtungen, -fänge etc.	Parametergruppen, Dauerbeobachtungsmethoden, Variogrammanalysen, Ableitung von Schlüsselindikatoren, Probennahmen	Biozönosen: Konkurrenz, Symbiose, Parasitismus, Räuber-Beute-Beziehungen, Trophiestruktur, Mannigfaltigkeit Populationen: Individuen, Biomasse, Abundanz, Strukturen etc.
5. Messungen und Probenahmen z.B. in Dauerbeobachtungsflächen		ökologische Beweissicherungen, Schadstoffkataster, Umweltmeßprogramme, Dauerbeobachtungsprogramme, etc.	Großmaßstäblich 1:5.000 bis 1: 100 x,y - Koord. Standorte Meßpunkte Markierung Dauerbeobachtungs flächen	Meßstationen (Klima etc.), phys., chem. Meßwerte (Gewässer, Boden, Luft, Grundwasser), Proben, Bioindikatoren	Methoden der Indikatorbildung, Prozessanalysen, Trendanalysen, Korrelationen, Probenahmen (Umweltprobenbank) Zeitreihen	Individuen: Wachstum, Vermehrung, Sterblichkeit, Entwicklung, Orientierung, Verhalten, Formbildung

Abb. 4: Hierarchisches System für ökologische Dauerbeobachtungen (SCHALLER, BACHHUBER 1988)

Diese vertikale Aggregation und Disaggregation der verschiedenen Datenbasen für die Auswertung auf der Ebene der Ökosystemforschung stellt auch den grundsätzlich zu beschreibenden Weg für den Aufbau und die Methodik eines integrierten Monitoringsystems dar: Ein wesentliches Instrument hierfür ist der Einsatz von GIS. Mit ihm können die Daten aus den verschiedenen Ebenen laufend aktualisiert werden. Flächen und Qualitätsveränderungen von Ökosystemen bzw. Ökosystemkomplexen werden durch das GIS dokumentiert und für lange Beobachtungszeiträume auswertbar. Durch die Erhebungen und Messungen in den Testgebieten werden die aktuellen Meßwerte und kurzfristig gültigen Daten für die Früherkennung von ökologischen Risiken, Belastungen und Schäden gewonnen und unmittelbar verarbeitet (vgl. SCHMIDT-BLEEK & al. 1987. LEWIS 1987, LEWIS & al. 1989).
Eine äußerst wichtige Technik im Bereich der Umweltprognosen ist die Kombination der räumlichen Analyse mit der zeitlichen Dynamik durch die Verknüpfung systemdynamischer Modelle mit GIS-Systemen, die vor allem für die Früherkennung und flächenbezogene Darstellung von Risiken mittels Zeitkarten geeignet ist (vgl. hierzu HABER & al. 1989, GROSSMANN & SCHALLER 1990).

5. Trends in der GIS-Entwicklung

Es ist äußerst schwierig über die Trends der GIS-Entwicklung zu sprechen, ohne dies im Zusammenhang mit den augenblicklichen Trends in der Hardware-Entwicklung zu sehen. Dies zeichnet sich zur Zeit durch eine überproportionale Zunahme in Computerleistung und -geschwindigkeit sowie durch einen starken Rückgang der Preise, der Vielfalt von verfügbaren Hardware-Komponenten und einer außerordentlichen Zunahme der Speicher- und Zugriffsmöglichkeiten aus. Die Vernetzung und schnelle Übertragung der Daten zwischen Vermittlungszentralen und vor allem auch die zunehmende Verbesserung der Qualität von Ausgabegeräten verstärkt die GIS-Anwendung.
Mit der Zunahme der Geschwindigkeit und Leistungsfähigkeit von Hardware und Betriebssystemen kann beobachtet werden, daß allgemeine maschinenunabhängige Softwareinstrumente entwickelt werden, die mehr auf Funktionalität als auf die Optimierung der Geschwindigkeit ausgerichtet sind. Dieser Trend erleichtert auch die Entwicklung allgemeinerer Softwaresprachen und es wird auch möglich sein, bessere ad hoc Anwendungsprogrammierungsmethoden zur Verfügung zu stellen. Eine besonders wichtige Entwicklung ist die Bereitstellung universeller Benutzeroberflächen, die unterschiedlichste Datenbasen hybrider GIS-Systeme gleichzeitig abfragen bzw. bearbeiten können. In ähnlicher Weise werden auch relationale Datenbasen noch mehr praktische Bedeutung erlangen, da sie in den neuen Hardware-Umgebungen sehr viel schneller arbeiten können.
Die Entwicklung von Personal-Computern (PC) und leistungsfähigen Workstations sind ganz besonders wichtig für die augenblickliche Entwicklung der GIS-Software. Mehr und mehr GIS-Datenbasen und ihre Anwendungen werden in einer Netzwerkumgebung eingesetzt, bei der Workstations die dominante Rolle spielen, d. h., daß die Software in Zukunft vor dem Hintergrund einer arbeitsteiligen Umgebung entwickelt werden wird.

5.1 Datenbankverwaltungsysteme (DBMS)

Es ist außerordentlich wichtig festzustellen, daß es grundsätzliche Unterschiede zwischen der Verwaltung von Attributdaten und Kartendaten gibt. Die im Augenblick zur Verfügung stehenden Datenbanksysteme sind hervorragend für die Verwaltung von Attributdaten geeignet (Hinzufügung, Löschung oder Änderung von Merkmalen). Der Einsatz von kartographischen Daten bedeutet jedoch mehr als nur die Speicherung oder Abfrage von Daten. Die herkömmliche Datenbanktechnologie ist nicht geeignet, um raumbezogene Daten fortzuschreiben und zu verwalten, mit der Ausnahme der Merkmalsdaten, die sich auf geometrische Daten beziehen. Dies ist in den topologischen Beziehungen zwischen geometrischen Daten begründet. Wenn z. B. ein Grundstückspolygon festgelegt wird, müssen auch die Beziehungen zu den umgebenden Parzellen zur ersten Parzelle und zu allen anderen Parzellen festgelegt werden. Die topologischen Beziehungen all dieser Parzellen ändern sich also. Die Verwaltung solcher räumlichen Daten ist daher viel komplexer als die Verwaltung von Tabellendaten. Außerdem werden geographische Informationen in einer ganz anderen Weise fortgeschrieben als Tabellendaten. Um z. B. eine Karte zu aktua-

lisieren, nehmen Anwender Karten aus einer Bibliothek, ergänzen sie, überprüfen die Ergänzungen und fügen dann die geänderten Daten wieder ein. Um solche Arbeitsschritte automatisiert durchzuführen, werden Anforderungen an GIS-Software-Instrumente gestellt, die durch konventionelle Datenbanksysteme nicht erfüllt werden können.
Im Augenblick gibt es zwei Ansätze, um kartographische Daten in einem GIS zu verwalten. Der eine Ansatz ist ein datenbankunterstützter. Unter Verwendung der Datenbank-Software baut der Anwendungsprogrammierer feste Datenbankstrukturen auf, die es vielen Anwendern erlauben, die Datenbasis schnell und effizient einzusetzen. Dies wird aber normalerweise mit Abstrichen bei Ad-hoc-Abfragemöglichkeiten erkauft: Oft sind solche Abfragen überhaupt nicht möglich. Trotzdem stellt diese Methode eine gute Anwendungsmöglichkeit für die Arbeit mit weitgehend statischen Datenbasen dar, die normalerweise nicht für anspruchsvolle Anwendungsprogrammierung eingesetzt werden.
Der andere Ansatz ist der Gebrauch einer Sprache der sog. "vierten Generation" als Macrosprache oder Datenbankabfragesprache. Die Grundidee ist hier, einen Satz von Prozeduren, Werkzeugen, Kommandos und Reports zu erzeugen, die es dem Anwender einfacher machen, ihre eigenen Abfragen und Verarbeitungen in Form einer Ad-hoc-Definition zu entwickeln.
Für einen umfassenden Einsatz ist es notwendig, daß GIS-Systeme nicht nur einen einzigen Datenbanktyp für die Attributdatenverwaltung unterstützen, sondern auch in der Lage sind, unterschiedliche Datenbankverwaltungssysteme anzusprechen. Aus der Erfahrung ist bekannt, daß unterschiedliche Anwendungen auch unterschiedliche Datenbanksysteme erfordern. Außerdem können andere Faktoren als das gewählte GIS die Auswahl eines Datenbanksystems bestimmen. In vielen Fällen haben die Anwender auch schon erhebliche Investitionen zum Aufbau ihres eigenen Datenverwaltungssystems getätigt, so daß die Umstellung auf ein anderes System zu aufwendig wäre. In solchen Fällen ist die Frage nach einem Systemwechsel oft nicht angebracht. Aus diesem Grund müssen sich die GIS-Software-Instrumente an die Nutzeranforderungen anpassen. Dies ist ein Entwicklungstrend, der auch in Zukunft anhalten wird.
Mit Tabellen-Datenbank-Systemen können die Attributdaten, die sich auf räumliche Daten von Karten beziehen, in effektiver Weise verwaltet werden. Im Augenblick ist eine Entwicklung für offene Architekturen für solche Datenverwaltungssysteme zu beobachten, die sich auch von den stärker strukturierten Ansätzen unterscheiden. Das bedeutet eine Ausrichtung auf relationale Datenbankverwaltungsmodelle, die eine SQL-Standardsprache als Nutzerschnittstelle aufweisen. Für objektorientierte Datenbasenstrukturen werden tabulare Datenbank-Systeme vorgeschlagen, normalerweise mit der Begründung, die Begrenzungen relationaler Datenbasen für bestimmte Anwendungen zu umgehen. Für typische GIS-Anwendungen sind aber objektorientierte Datenstrukturen nicht hilfreich, vor allem dann nicht, wenn sie sich mit geographischen Phänomenen befassen. Während es einerseits vernünftig sein mag, objektorientierte Ansätze, z. B. im Zusammenhang mit Architekturelementen wie Türen, Fenster etc., einzusetzen, muß man sich fragen, ob dieser Ansatz bei der Verarbeitung natürlicher Elemente wie Berge, Gewässersysteme, Böden, Vegetationseinheiten usw. geeignet ist. Objektorientierte Datenbanksysteme haben noch das zusätzliche Problem, daß sie oft urheberrechtlich geschützte Datenelemente in der Datenbasis enthalten, die einen Datenaustausch oder spätere Verwendung unterbinden. Aktuelle und fortschrittliche GIS-Systeme haben eine spezielle Datenverwaltungstechnik entwickelt, die ähnlich einer relationalen Architektur erlaubt, daß Daten leicht miteinander in Beziehung gesetzt oder erweitert werden können.

5.2 Weiterentwicklung der GIS-Technik

Es gibt eine Reihe von GIS-Funktionen, die sich schnell und auch in naher Zukunft weiter entwickeln werden. Für eine große Zahl von Anwendern wird die Herstellung von kartographischen Produkten von starkem Interesse sein. Aus diesem Grunde und vor allem auch, weil diese Technologie weitere Entwicklung erfordert, werden sich starke Fortschritte in diesem Gebiet ergeben. Wir können erwarten, daß sich sowohl die Verfügbarkeit verschiedener Projektionstransformationen, bessere Symbolbearbeitung, bessere analytische Kapazitäten und Schnittstellen zu unterschiedlichen Ausgabegeräten, bessere Integration mit kompletten Produktionssystemen usw. ergeben werden. Sind diese Entwicklungen einmal gegeben, werden sich mehr und mehr Anwender auf GIS-Technologie umstellen und die jetzt genutzten CAD-Techniken mit der Funktionalität eines GIS verbinden.

5.3 Verstärkung der Schnittstellen zu anderen Technologien

Die vorgenannten Möglichkeiten zeigen allgemeine Entwicklungstrends auf. So zeichnet sich z. B. ab, daß neben der Zusammenführung von GIS- und CAD-Techniken auch die Einfügung weiterer Techniken wie Fernerkundung, digitale Bildverarbeitung, Geometriekonstruktion in GIS-Systeme vorgenommen wird. Dies wird mit Sicherheit in naher Zukunft Auswirkungen haben, da wir mit diesen Erweiterungen in der Lage sind, GIS-Datenbasen so zu strukturieren, daß sie auch Anwendungen unterstützen, die hinter der unmittelbaren GIS-Anwendung liegen. Um zu vervollständigen, was in Zukunft benötigt wird, ist es notwendig, ein klares Verständnis der Datenstrukturen zu haben, die für jede Form von Situation und Anwendung optimal sind. Dies ist ein Gebiet, bei dem im Augenblick einige Fortschritte gemacht werden. In Abb. 5 ist dargestellt, wie die miteinander verknüpften Technologien in der näheren Zukunft mit GIS-Systemen in Verbindung stehen. Die Verbindungen solcher Technologien unter einer nutzerfreundlichen Schnittstelle auf einer leistungsfähigen Hardware wird eine Reihe der Probleme lösen, die zur Zeit noch bei der praktischen Anwendung von GIS-Systemen auftreten.

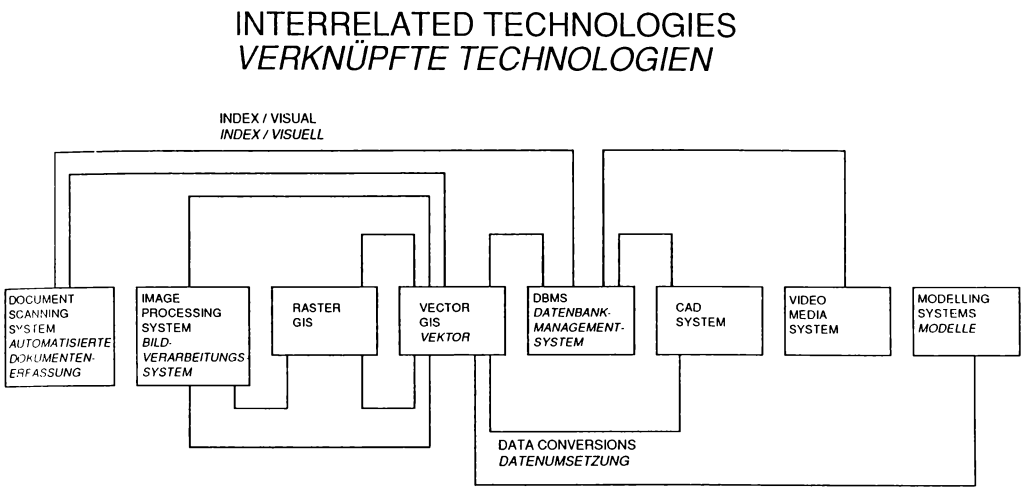

Abb. 5: Verknüpfte Technologien (DANGERMOND 1990)

Einer der Haupteffekte des Einsatzes von leistungsfähigen Computern, Workstations und Betriebssystemen wird die Entwicklung von anspruchsvollen, flexiblen und gut gestalteten Anwenderoberflächen sein, die parallel und unabhängig auf die Vielfalt der Datenbasen, Strukturen und Methoden der in Abb. 5 gezeigten verknüpften Technologien zugreifen können. Mit zunehmender Anzahl der GIS-Anwender werden sich auch sehr effektive graphische Schnittstellen von Computern, wie sie z. B. in Form der Fenstertechnik und Parallelbearbeitung vielfach schon realisiert sind, zu allgemeinen Anforderungserwartungen entwickeln, so daß diese Nutzeroberflächen sehr einfach einzusetzen und anzuwenden sind. Diese Erwartungshaltung der Anwender wird in den kommenden Jahren erfüllt werden (vgl. DANGERMOND 1990).

Literatur

ASHDOWN, M. & J. SCHALLER, 1990: Geographische Informationssysteme und ihre Anwendung in MAB-Projekten, Ökosystemforschung und Umweltbeobachtung, DEUTSCHES NATIONALKOMITEE MAB (Hrsg.): MAB-Mitteilungen Nr. 34, 1990.

DANGERMOND, J., 1982: Software Components Commonly Used in Geographic Information Systems. ESRI (Environmental Systems Research Institute) Redlands, California, USA.

DANGERMOND, J., 1990: New Trends in GIS Software Development. ESRI (Environmental Systems Research Institute), Redlands, California, USA.

DEUTSCHES NATIONALKOMITEE MAB (Hrsg.), 1983: Ziele, Fragestellungen und Methoden, Ökosystemforschung Berchtesgaden, MAB-Mitteilungen Nr. 16, Bonn.

ELLENBERG, H. & B. RUTHSATZ, (LEIN, B., Redaktion), 1978: Forschung im Bereich Umweltgrundsatzangelegenheiten, Abschnitt Ökologie, MAB - Ökosystemforschung im Hinblick auf Umweltpolitik und Entwicklungsplanung, Anhang Teil II. Terrestrische Ökosysteme, Umweltforschungsplan des Bundesministerium des Innern, Bonn.

FISCHER, D., 1989: Development of a National Environmental Information System by Means of a Geographic Information System (GIS). GEO-Informations-Systeme 2 (4): 3-7.

FRITSCH, D., 1988: Hybride graphische Systeme - eine neue Generation von raumbezogenen Informationssystemen. In: GIS, Geo-Informations-Systeme. Jg. 1, H. 1: 12-19.

FRÄNZLE, O., KUHNT, G. & R. ZÖLITZ, unter Mitarbeit von Clauss, E., Klein, A., Reiche, E. W. und P. Weinholz, 1986: Auswahl der Hauptforschungsräume für das Ökosystemforschungsprogramm der Bundesrepublik Deutschland. Geographisches Institut der Universität Kiel - Regionale Entwicklungs- und Umweltplanung, UBA Report No. FB - 10104043/02, Umweltbundesamt Berlin/Kiel.

GROSSMANN, W. D. & J. SCHALLER, 1990: Connecting Dynamic Feedback Models with Geographic Information Systems. In: Proceedings of the 4th International Symposium on Spatial Data Handling. Zürich, 1990. Vol. 1: 501-511.

HABER, W., LENZ, R., SCHALL, P., BACHHUBER, R., GROSSMANN, W. D., TOBIAS, K. & H. F. KERNER, 1991: Prüfung von Hypothesen zum Waldsterben mit Einsatz dynamischer Feedbackmodelle und flächenbezogener Bilanzierungsrechnung für vier Schwerpunktforschungsräume der Bundesrepublik Deutschland. Berichte des Forschungszentrums Waldökosysteme. Universität Göttingen, Reihe B, Bd. 20.

LEWIS, R. A., 1987: Guidelines for Environmental Specimen Banking with Special Reference to the Federal Republic of Germany, Ecological and Managerial Aspects. U.S. MAB Report No. 12.

LEWIS, R. A. & al., 1989: Auswahl von ökologischen Umweltbeobachtungsgebieten in der Bundesrepublik Deutschland. Abschlußbericht zum FE-Vorhaben 10808056 "Umsetzung der Richtlinien für eine Umweltprobenbank in die Praxis". Saarbrücken: Umweltforschungsplan des Bundesministers für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit.

SCHALLER, J., 1985: Anwendung geographischer Informationssysteme an Beispielen landschaftsökologischer Forschung und Lehre. Verh. Ges. Ökol. 13: 443-464.

SCHALLER, J. & L. SPANDAU, 1985: Der Einfluß des Menschen auf Hochgebirgsökosysteme - integrierte Methoden und Auswertungen zu den Ergebnissen der Ökosystemforschung Berchtesgaden. Verh. Ges. Ökol. 15.

SCHMIDT-BLEEK, F. & al., 1987: Konzept für Früherkennung und Beurteilung von Umweltveränderungen und Empfehlungen des Projektrates Früherkennung - Projektgruppe Früherkennung von Umwelt - und Gesundheitsschäden (PFU). GSF - Bericht 13/87, München.

SPANDAU, L., KÖPPEL, J. G. & J. SCHALLER, 1990: Integrierte Umweltbeobachtung auf der Grundlage einer ökosystemaren Untersuchungskonzeption. In: ELSASSER, H. & P. KNOEPFEL (Hrsg.): Umweltbeobachtung, Wirtschaftsgeographie und Raumplanung, Geographisches Institut der Universität, Zürich. Irchel, Zürich, Lausanne.

ZÖLITZ, R., 1989: Integrierte Umweltbeobachtung in Schleswig-Holstein - Aufgaben eines Geographischen Informationssystems in der angewandten Geoökologie. GIS - Geo - Informationssysteme 2(3): 19-25.

Adresse

Dr. Jörg Schaller
Jack Dangermond
ESRI, Planungsbüro
Ringstr. 7

W - 8051 Kranzberg

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie

Jahr/Year: 1991

Band/Volume: 20_2_1991

Autor(en)/Author(s): Schaller Jörg, Dangermond Jack

Artikel/Article: Geographische Informationssysteme als Hilfsmittel der ökologischen Forschung und Planung 651-662