

13 Geoinformationssysteme (GIS)

Peter FISCHER-STABEL¹

Zusammenfassung

Geographische oder raumbezogene Informationen nehmen im Umfeld der Umweltinformationen einen sehr hohen Anteil ein. Nahezu jedwede erhobene Umweltinformation lässt sich direkt oder auch indirekt auf der Erdoberfläche verorten. Im nachfolgenden Abschnitt wird ein kurzer Überblick in die sehr weitläufige Thematik von Geoinformationssystemen bzw. Geographischen Informationssystemen (GIS) gegeben. Schwerpunkte bilden dabei die Besonderheiten und die Entwicklungsgeschichte von GIS als eine eigenständige Disziplin, die unterschiedlichen Architekturen von GIS-Softwaresystemen, die funktionellen Grundlagen sowie die aktuellen Haupteinsatzbereiche von GIS. Abschließend wird auf die im Aufbau befindliche europäische Geodateninfrastruktur (INSPIRE) sowie deren Bedeutung für die Geoinformationswirtschaft eingegangen.

13.1 Einführung

Um die Eigenschaften von Geoinformationssystemen besser zu verstehen, werden zuerst die allgemeinen Merkmale räumlicher Informationen und die daraus resultierenden Fragestellungen sowie die Entwicklungsgeschichte von GIS erläutert.

13.1.1 Merkmale von Geoinformationen (GI)

Räumliche Daten stellen immer eine abstrakte Information über die Erde dar. Ziel dieser abstrakten Information ist, ein der jeweiligen Fragestellung entsprechendes möglichst realistisches Modell von Vorkommnissen oder Abläufen in unserer Umwelt zu erhalten. Je nach Fragestellung entstehen dabei lokale, regionale oder globale Modelle.

Räumliche Daten zeichnen sich durch einen „Dual-Key“ aus (LONGLEY et al. 2005). Das heißt, die Verknüpfung der Daten kann über herkömmliche Attribute (z. B. Adressen) oder aber über die geographische Lage erfolgen. Mit Koordinaten (X/Y) ausgestattet, kann ein geographisches Datum unverwechselbar einem realen Punkt auf dem Globus zugewiesen werden (geo-/topographische Lage) (siehe auch Beitrag RESNIK). Je nach Notwendigkeit werden eine dritte Größe (Z/dreidimensional) und der Aspekt Zeit (t/vierdimensional) oder mehrere Größen (multidimensional) hinzugefügt.

Geoinformationen beschreiben raumbezogene Objekte (z. B. eine Waldparzelle) zumeist durch eine entsprechende Geometrie in Vektor- oder Rasterdarstellung (z. B. Lage und Form der Waldparzelle) sowie durch die objektzugehörigen Sachdaten wie Informationen

¹ Fachhochschule Trier, Umwelt-Campus Birkenfeld, Postfach 1380, 55761 Birkenfeld, p.fischer-stabel@umwelt-campus.de, www.umwelt-campus.de.

über Eigentumsverhältnisse, Bestockung, Waldschadenskategorie, Nutzungsform, etc. (vgl. Abbildung 13.1).

Eine weitere Besonderheit von geographischen Informationen ist ihr räumlicher Bezug zu anderen geographischen Informationen (topologische Lage), d. h. dem Verhältnis der Lage eines Objektes zu dem anderer räumlicher Informationen. Erst das Zusammenführen von metrischen und topologischen Daten führt zu umfassenden Datenmodellen, welche den vielfältigen raumbezogenen Analysebedürfnissen adäquat begegnen können.

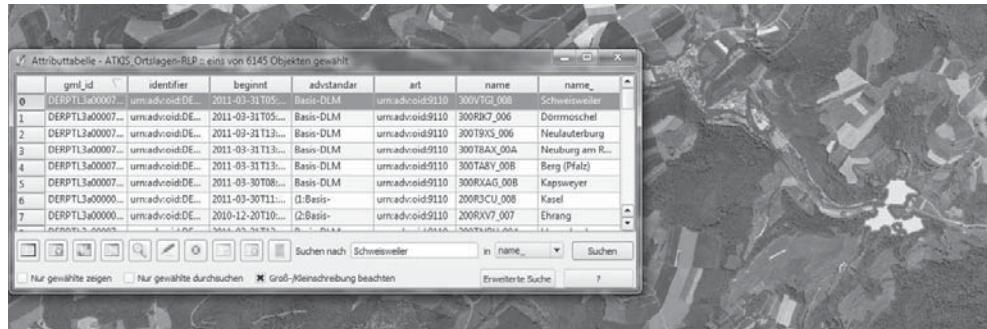


Abb. 13.1: Beschreibung raumbezogener Informationseinheiten durch Geometrie- (Lage und Form) und Sachdaten (umweltfachliche, semantische Information). Dargestellt sind die Ortslagen (Vektordaten) mit der zugehörigen Sachinformation in der Datentabelle. Die selektierten Daten sind sowohl in der geometrischen als auch in der tabellarischen Repräsentation markiert. Als Hintergrundinformation wurden Digitale Orthophotos (DOP) verwendet (Rasterdaten).

Unterschiedliche Raumbezugssysteme können mittels Geocodierung, Transformationen oder aber über Adress-Matching ineinander überführt werden. So können beispielsweise postalische Adressen, Hauskoordinaten und Daten der Einwohnermeldeämter bei Bedarf zusammengeführt werden (z. B. Erstellung einer Betroffenenstatistik bei der Lärmkartierung).

13.1.2 Positionierung der Disziplin GIS

Aus den Besonderheiten räumlicher Informationen ergibt sich die klassische Definition eines Geoinformationssystems (BILL 2010):

„Ein Geoinformationssystem ist ein rechnergestütztes System, das aus Hardware, Software, Daten und Anwendungen besteht und mit dem sich raumbezogene Problemstellungen in unterschiedlichsten Anwendungsgebieten modellieren und bearbeiten lassen. Die dafür benötigten Daten/Informationen können erfasst und redigiert, verwaltet und reorganisiert, analysiert sowie alphanumerisch und graphisch präsentiert werden. GIS bezeichnet sowohl eine Technologie, Produkte als auch Vorhaben zur Bereitstellung und Behandlung von Geoinformationen.“

Die Notwendigkeit einer selbstständigen, wissenschaftlichen wie technischen Disziplin GIS ist vor allem durch zwei Hauptgruppen von Problemstellungen begründet (SINTON 1992): zum einen den grundsätzlichen, theoretischen Fragen und zum anderen den technischen Problemen. Die gegenseitige Abhängigkeit von räumlichen Ereignissen schließt die An-

wendung herkömmlicher statistischer Analysemethoden aus. Schon in den 50er- und 60er-Jahren wurde dieses Problem von den Statistikern diskutiert. Damals ist der Begriff der „räumlichen Autokorrelation“ geprägt worden. Außerdem unterscheiden sich geographische Daten von anderen Daten durch ihre Veränderlichkeit und Unregelmäßigkeit. Diese Besonderheiten setzen eine Programmierung und auch Methoden voraus, die durch herkömmliche Systeme des Computer Aided Design (CAD) oder klassische Datenbankmanagementsysteme (DBMS) nicht abgedeckt werden (siehe auch Beitrag BRINKHOFF).

Im englischsprachigen Umfeld hat sich daher GIS nicht nur als Akronym für „Geographical Information System“, sondern auch für „Geographical Information Science“ etabliert.

13.1.3 Entwicklungsgeschichte von GIS

Der Begriff „Geographisches Informationssystem“ wird erstmals 1963 von TOMLINSON beim Aufbau eines rechnergestützten raumbezogenen Informationssystem in Kanada verwendet. Zu Beginn der Entwicklung der GIS-Technologie war neben dem wissenschaftlichen Bereich vor allem die Computertechnologie ein Motor der Weiterentwicklung. Mit Einführung immer leistungsfähigerer Computer, einschließlich der Personal Computer, und der damit verbundenen Verfügbarkeit von GIS für eine breitere Basis, verlor die Technologie als Motor der Geographischen Informationssysteme immer mehr an Bedeutung.

Bereits in den 70er-Jahren des letzten Jahrhunderts wurde im Vermessungswesen das Sollkonzept der Automatisierten Liegenschaftskarte (ALK) eingeführt. In den 80er-Jahren setzte sich GIS in Deutschland vor allem auf behördlicher und wissenschaftlicher Ebene durch. Damals wurden u. a. Begriffe wie Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem (ATKIS), Bodeninformationssystem (BIS), Landschaftsinformationssystem (LANIS) oder Graphisch-Interaktiver Arbeitsplatz (GIAP) geprägt. In den 90er-Jahren wurde GIS ein allgemein akzeptiertes Werkzeug zur Verarbeitung raumbezogener Daten. In dieser Dekade war die Entwicklung von GIS durch drei entscheidende Punkte gekennzeichnet:

- Die Verfügbarkeit von Geoinformationen in weltweiten Netzen durch die umfassende Verbreitung des Internets.
- Die allgemeine Verfügbarkeit des Global Positioning Systems (GPS) als eine bahnbrechende Erfassungsmethode für Geoinformationen. Dieses System förderte die Entwicklung von mobilen GPS/GIS-Einheiten.
- Das Vorantreiben der Entwicklung von GI-Standards auf internationaler Ebene (v. a. Open Geospatial Consortium). Bis dato wurden meist proprietäre, aber stark verbreitete Formate als De-facto-Standards verwendet.

Die hohe Verfügbarkeit öffentlicher und privatwirtschaftlicher Geodienste sowie das Vorhandensein einer breitbandigen drahtlosen Kommunikationsinfrastruktur schaffen in einem aktuellen Entwicklungsschritt einen großen Markt für interoperable, mobile GIS-Werkzeuge.

13.2 Basisfunktionalitäten eines GIS

Eine Auflistung von Basisfunktionalitäten eines GIS-Systems würde den Rahmen dieses Einführungsbeitrags sprengen, sodass an dieser Stelle auch auf die weiterführende Literatur zum Vertiefungsstudium hingewiesen sei (u. a. BILL 2010, BOUROUGH 1979, LONGLEY et

al. 2005). Generisch betrachtet können alle GIS-Funktionalitäten einer der vier Gruppen *Erfassung und Modellierung, Verwaltung, Analyse* sowie *Visualisierung raumbezogener Daten* zugeordnet werden.

13.2.1 Erfassung und Modellierung raumbezogener Daten

Um überhaupt raumbezogene Daten verarbeiten zu können, müssen diese erst einmal erfasst und ins Auswertesystem überführt werden. Derzeit existiert eine Vielzahl von Erfassungsmethoden, die von manueller oder automatisierter Digitalisierung, verschiedenen geodätischen Vermessungsmethoden bis hin zu GPS-gestützten Freilanddatenerhebungen, und Interviews sowie verschiedener Fernerkundungsverfahren einschließlich Laserscanning reichen. Generell unterscheidet man zwischen primären (Datenerfassung erfolgt direkt am Objekt oder an dessen unverarbeiteten Abbild) und sekundären (basiert auf Daten, die bereits in verarbeiteter Form vorliegen) Erfassungsmethoden.

In Abhängigkeit von den zu erfüllenden Qualitätsmerkmalen müssen im Rahmen der Erst-erfassung gegebenenfalls verschiedene geometrische Restriktionen, welche insbesondere im großmaßstäbigen Anwendungsbereich von Bedeutung sind, eingehalten werden. Datenkonversionen, Objekterzeugung und wenn nötig auch Klassifikationen sind verschiedene Schritte, die beim Erfassungsprozess durchzuführen sind, um nur einige zu nennen.

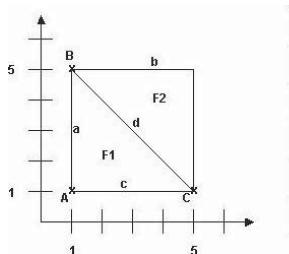
Neben einer eigenen Datenerfassung sollte immer auch die Möglichkeit der Übernahme bereits erfasster Geodaten aus bestehenden Informationssystemen geprüft werden. Derzeit existiert eine Vielzahl von Datenbanken, in denen Geodaten von hoher geometrischer und semantischer Qualität vorgehalten werden, deren Nutzung einer Neuerfassung sicherlich vorzuziehen ist. Zu erwähnen ist hier insbesondere das Amtlich Topographisch-Kartographische Informationssystem (ATKIS) sowie das Amtliche Liegenschaftskatasterinformationssystem (ALKIS) (siehe Beitrag STAROST et al.). Entsprechende Recherche- und Meta-Informationssysteme wie das Geoportal des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie (<http://www.geoportal.de>) unterstützen den Anwender beim Aufspüren bereits vorhandener Datenbestände (siehe auch Beitrag HOLWEG & JASNOCH).

Wie in der Einführung erwähnt, unterscheidet man bei der geometrischen Beschreibung raumbezogener Objekte zwischen Raster- und Vektordaten, wobei alle Objektbeschreibungen auf den geometrischen Grundprimitiva Punkt, Linie und Fläche beruhen. Während beim Rastermodell die Geometrie der Objekte flächenhaft als Summe bestimmter Matrizenzellen (Bildpunkte) dargestellt wird, erfolgt die Beschreibung der Geometrie von Objekten im Vektormodell durch Punkt-, Linien- oder Flächenelementen, die auf Koordinatenangaben beruhen (BARTHELME 2005). Rastermodelle bezeichnet man demzufolge auch als areale Modelle, im Gegensatz zu Vektormodellen, die als lineare Modelle Erwähnung finden.

Rasterdaten sind besonders geeignet für Flächenverschneidungen, raumbezogene Modellierungen und Simulationen, wohingegen eine Stärke des Vektormodells in der logischen Objektbildung und der möglichen Erweiterung des Abfrageraumes durch die Verwendung topologisch strukturierter Daten liegt.

Bezüglich der Datenstrukturen von Vektordaten unterscheiden wir generell zwischen einfachen Datenorganisationen in Form einer teilweise sehr langen Auflistung von Koordinatentupeln („Spaghetti-Daten“) und komplexen Strukturen, die eine topologische Strukturierung der Daten erlauben, d. h. welche die räumlichen und strukturellen Beziehungen der

verschiedenen Elementen zueinander mit erfassen (z. B. Arc-Node-Modell, vgl. Abbildung 13.2). Topologisch strukturierte Daten erlauben neben einer Erweiterung des Abfrage- raumes (z. B. Nachbarschaftsbeziehungen) auch die Formulierung von Konsistenzbedingungen hinsichtlich des raumbezogenen Datenbestandes. Weiterführende Informationen zum topologischen Modellieren aber auch hinsichtlich des geometrischen Modellierens von Rasterdaten findet der Leser bei BILL (2010) sowie bei BARTHELME (2005).



Linie	Start	Ende	links	rechts
a	A	B	-	F1
b	B	C	-	F2
c	A	C	F1	-
d	C	B	F1	F2
...				

Abb. 13.2: Arc-Node-Repräsentation geometrischer Grundprimitiva. Die ArcTable definiert die Topologie durch Knoten (Nodes; Großbuchstaben), Linien (Arcs, Kleinbuchstaben) und Regionen (F1, F2). Weitere Datenstrukturen enthalten die zugehörigen Koordinatentupel.

13.2.2 Raumbezogene Datenverwaltung

Die raumbezogene Datenverwaltung wird im Beitrag „Geodatenbanksysteme“ von BRINKHOFF behandelt.

13.2.3 Analyse raumbezogener Daten

Zentraler Einsatzbereich von Geoinformationssystemen ist neben der Bereitstellung von Informationsfunktionalitäten (z. B. der Beantwortung von Fragestellungen wie „Was existiert an einem bestimmten Ort?“) und der Durchführung von Messungen (z. B. Distanzen, Flächen, Volumina) auch die sektorenübergreifende raumbezogene Analyse der vorhandenen Daten. Als klassische Anfragen seien hier Fragestellungen bezgl. raumbezogener

- Bedingungen, z. B. „An welcher Stelle werden bestimmte Bedingungen erfüllt?“,
- Trends, z. B. „Was änderte sich ...?“,
- Raummuster, z. B. „Welche Raummuster existieren?“,
- Modellierung, z. B. „Was passiert wenn ...?“

erwähnt.

Eine der wichtigsten Funktionalitäten von GIS zur Beantwortung derartiger Fragestellungen ist die Flächenverschneidung (Map Overlay), d. h. die Verrechnung bzw. Verschneidung verschiedener Informationsebenen derart, dass eine neue Datensatz (Ergebnisebene) ggf. auch mit neuer Topologie generiert wird (vgl. Abbildung 13.3).

Eine Flächenverschneidung kann selbstverständlich nur dann durchgeführt werden, wenn alle zu verarbeitenden Informationen in einem einheitlichen Bezugssystem vorliegen. Entsprechende Transformationen der unterschiedlichen Eingangsdaten müssen vorab durchgeführt werden. In die Verschneidung können auch Auswertungsfunktionen (z. B. Gewich-