

Einführung in Geographische Informationssysteme (GIS)

Gliederung

- [Vorbemerkungen](#)
- [Grundlegende Aspekte](#)
- [Einführende Bemerkungen zur Entwicklung von GIS](#)
- [Typische Fragestellungen an ein GIS](#)
- [Repräsentation der "Wirklichkeit" in GIS](#)
- [Grundtypen digitaler GIS-Strukturen](#)
- [GIS in erster Näherung → Raster-GIS](#)
- [Datenstrukturen in Vektor-GIS](#)
- [Datenerfassung und Datenquellen](#)
- [GIS als Analyse- und Planungswerkzeug](#)
- [GIS als kartographisches Werkzeug](#)
- [Aktuelle und zukünftige Entwicklungen](#)
- [Literatur](#)

Vorbemerkungen

Das vorliegende Skript verfolgt nicht das Ziel die vorhandene Fachliteratur zu ersetzen. Es versteht sich als Rahmenskript, das die begleitende Lektüre der einschlägigen Fachliteratur voraussetzt. Insbesondere wird Bezug genommen auf das trotz seines Alters immer noch bedeutende Einführungsbuch von Andreas Muhar ("EDV-Anwendungen in Landschaftsplanung und Freiraumgestaltung", 1992), das Grundlagenwerk von Ralf Bill ("Grundlagen der Geo-Informationssysteme", 2010) sowie das Kapitel "GIS als Planungswerkzeug in der Landschaftsplanung" aus dem Lehrbuch "Landschaftsplanung" (Kias 2015).

Bibliographische Angaben zu dieser und weiterer Literatur zum Thema GIS findet sich in der Rubrik "Literatur" im Modul GIS der EDL-Website).

Zahlreiche der verwendeten Abbildungen entstammen ebenfalls dem Buch von Muhar.

Grundlegende Aspekte

Zu Beginn einer Beschäftigung mit dem Thema GIS als Teil der graphischen Datenverarbeitung gilt es, einige grundlegende Begriffe einzuführen.

Die Lehrveranstaltung "Grundzüge der graphischen Datenverarbeitung" beschäftigt sich mit 3 Themenkomplexen:

- Geographische Informationssysteme (GIS)
- Computer Aided Design (CAD)
- Digitale Visualisierungstechniken (DVT)

Zwischen diesen Teilbereichen gibt es naturgemäß Überlagerungen. Es macht jedoch wenig Sinn, Teilaspekte, die sowohl GIS als auch CAD betreffen, mehrfach zu diskutieren. Dies betrifft insbesondere den Aspekt der Datenerhebung und Nutzung vorhandener Grunddatenbestände der Kataster- und Vermessungsämter. Daher werden solche Aspekte nur im Modul GIS behandelt, welches dadurch umfangreicher ausfällt als die anderen beiden Module.

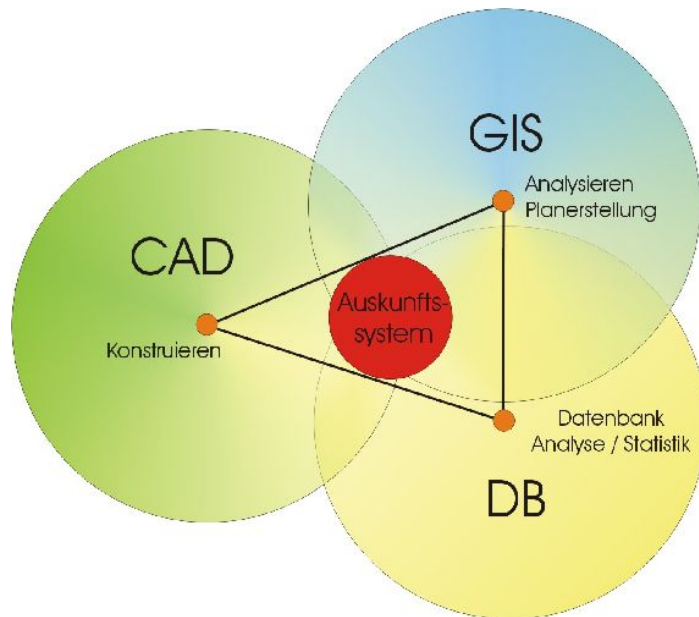


Abb.: GIS, CAD und Datenbanken im Bezug zueinander (nach: Knospe 2002, verändert)

Im Zusammenhang mit GIS und CAD tauchen die Begriffe Umweltinformatik, Landschaftsinformatik und Geoinformatik auf. Es soll daher zunächst einmal eine Klärung dieser Begriffe versucht werden. Im Duden findet sich für den Begriff "Informatik" folgende Erklärung:

Informatik ist die Wissenschaft von der systematischen Verarbeitung von Informationen - insbesondere der automatischen Verarbeitung mit Hilfe von Digitalrechnern

Diese Erklärung ist zwar einfach und sehr umfassend, dadurch aber auch wenig hilfreich zur Definition angewandter Teildisziplinen der Informatik. Wenn wir also eine Definition von Umweltinformatik versuchen wollen, bleibt uns nichts anderes übrig, als diese losgelöst von der Duden-Definition anzugehen:

Umweltinformatik als angewandte Teildisziplin der Informatik ist die Wissenschaft von den Gesetzmäßigkeiten der Verarbeitung und Übermittlung von Informationen in den Umweltwissenschaften mittels (digitaler) Informationstechnik, ihrer Theorie, Methodik, Organisation, Anwendung und Auswirkungen auf Natur- und Gesellschaft.

Umweltinformatik steht im Dienste einer ökologisch sinnvollen Nutzung und Bewirtschaftung der Umweltgüter (Boden, Wasser, Luft, Klima, Flora, Fauna, Landschaft, ...) und damit der Sicherung der nachhaltigen Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes als Lebensgrundlage des Menschen.

Diese Definition ist auch brauchbar für die Landschaftsinformatik, gerade auch was den letzten Absatz angeht. Sie sollte damit ebenso wie die Umweltinformatik eine Verpflichtung gegenüber Umweltgütern und Naturhaushalt haben und alle ihre Aktivitäten vor dem Hintergrund der Nachhaltigkeit hinterfragen. Eingeschlossen in diese Überlegungen ist dann auch der kritische Umgang mit Aspekten der Rohstoffverwendung und des Recycling beim Einsatz von Informatikmitteln.

Kommen wir damit zu einer Annäherung an das Aufgabenfeld der Geo-Informatik und deren Überlagerung mit anderen Teildisziplinen der angewandten Informatik. Die Geo-Informatik befasst sich mit der informationstechnischen Behandlung aller Fragen und Daten, die einen Bezug zum Raum aufweisen. Da natürlich diverse Teildisziplinen der angewandten Informatik in mehr oder weniger großem Umfang mit räumlichen Daten zu tun haben, ergeben sich somit vielfältige Überlagerungen, wie dies die folgende Abbildung deutlich machen soll:

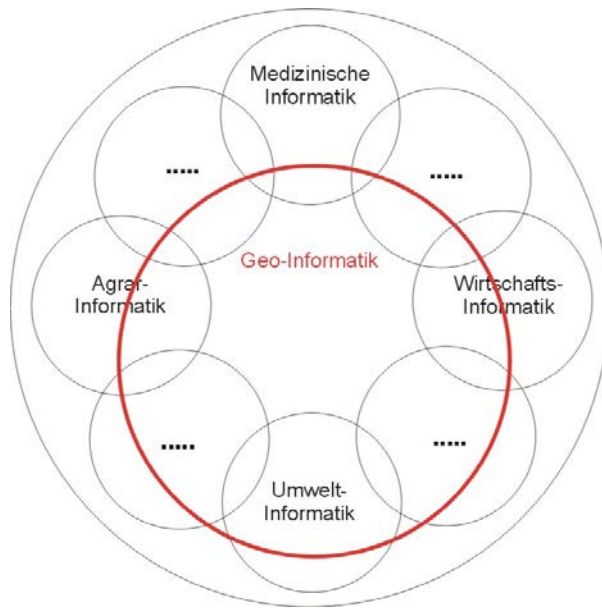


Abb.: Bezug der Geo-Informatik zu anderen Teildisziplinen der angewandten Informatik

Bei der Definition von GIS können wir zunächst einmal vereinfachend zurückgreifen auf Aspekte, die bereits im Rahmen des EDL-Moduls "Datenbanken" behandelt wurden:

Datenbank:

Elemente zur Datenaufnahme, -speicherung und -bereitstellung, evtl. einfache Auswertungsmöglichkeiten

Informationssystem:

Datenbank + Pool von Analysemodulen

Geographisches Informationssystem:

Informationssystem, in dem Daten mit ihrem räumlichen Bezug verarbeitet werden.

Bei Muhar (1992) liest sich die Definition von GIS so:

"Ein GIS ist ein Computersystem zur Erfassung, Verwaltung, Analyse und Darstellung großer Mengen räumlich verorteter Daten und darauf bezogener thematischer Attribute."

Bill (2010) formuliert dies im Kern ähnlich, aber detaillierter:

"Ein Geo-Informationssystem (GIS) ist ein rechnergestütztes System, das aus Hardware, Software und Daten besteht und mit dem sich raumbezogene Problemstellungen in unterschiedlichsten Anwendungsgebieten modellieren und bearbeiten lassen. Die dafür benötigten raumbezogenen Daten/Informationen können digital 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"

Wie wir gesehen haben, ist GIS natürlich kein Instrument nur für die Zwecke der Landschaftsplanung, sondern sämtlicher Disziplinen, die mit raumbezogenen Daten arbeiten.

Als Idealvorstellung könnte man die Erwartung haben, es gäbe das GIS als Universalinstrument für alle. Diese Vorstellung ist jedoch unrealistisch.

Vielmehr lassen sich je nach Problemstellung und Schwerpunkt die angebotenen Systeme in verschiedene Gruppen einteilen. Diese Zusammenstellung ist nur exemplarisch gemeint und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

GIS nach Systemfunktionen:

- **Editiersysteme:**
Schwerpunkt auf Dateneingabe und Datenaufbereitung
Typischer Anwendungsbereich:
Kartographischer Verlag, der Karten unterschiedlichster Art produziert
- **Speichersysteme:**
Schwerpunkt auf Archivierungsfunktion
Typischer Anwendungsbereich:
eine Vermessungsverwaltung, die Kartenbestände für große Räume nachführt und auch alte Versionen der Karten weiterhin vorhält.
- **Analysesysteme:**
Schwerpunkt auf Manipulations- und Analysepotential
Typischer Anwendungsbereich:
ein Planungsbüro, dass Umweltverträglichkeitsprüfungen durchführt
eine Nationalparkverwaltung, die Monitoring-Aufgaben erfüllt

Die folgenden Ausführungen haben nicht das Ziel, GIS in seiner ganzen Breite zu behandeln, sondern zugeschnitten auf den Themen- und Aufgabenkomplex von Landschafts- und Umweltplanung.

Einführende Bemerkungen zur Entwicklung von GIS

Auf der Suche nach den Wurzeln der Anwendung von Geoinformationssystemen wird häufig die Karte des englischen Arztes John Snow zitiert, der im Jahre 1854 die Choleraepidemie in London kartographisch erfasst hat. Seine Karte des Auftretens von Cholerafällen machte die Häufung im Stadtgebiet von London deutlich und führte zur Identifikation der Ursache, nämlich einer kontaminierten Wasserpumpe. Das Abstellen der Pumpe führte dann zum Abklingen der Epidemie. Das Vorgehen von Snow kann somit als eine räumliche Analyse verstanden werden.



Abb.: Karte von Dr. John Snow mit den Anhäufungen der Todesfälle bei der Cholera-Epidemie 1854 (Quelle: Wikipedia)

Geographische Informationssysteme im eigentlichen Sinne gehen zurück auf die Sechziger Jahre des 20. Jahrhunderts, namentlich das unter Federführung von Roger Tomlinson entwickelte "Canada Geographic Information System" (CGIS). Auf der Basis von Software-Entwicklungen an der Harvard Graduate School of Design in den Siebziger Jahren entstanden auch in Deutschland erste Projekte zum Aufbau von GIS-Systemen. Exemplarisch genannt seien hier die Entwicklungen an der damaligen Bundesforschungsanstalt für Naturschutz und Landschaftsökologie (heute: Bundesamt für Naturschutz), wo schon vor 1980 der Aufbau eines Landschaftsinformationssystems auf der Basis des Raster-GIS IMGRID vorangetrieben wurde mit dem Ziel, planerische Analysen zu unterstützen (Koeppel und Arnold 1981).

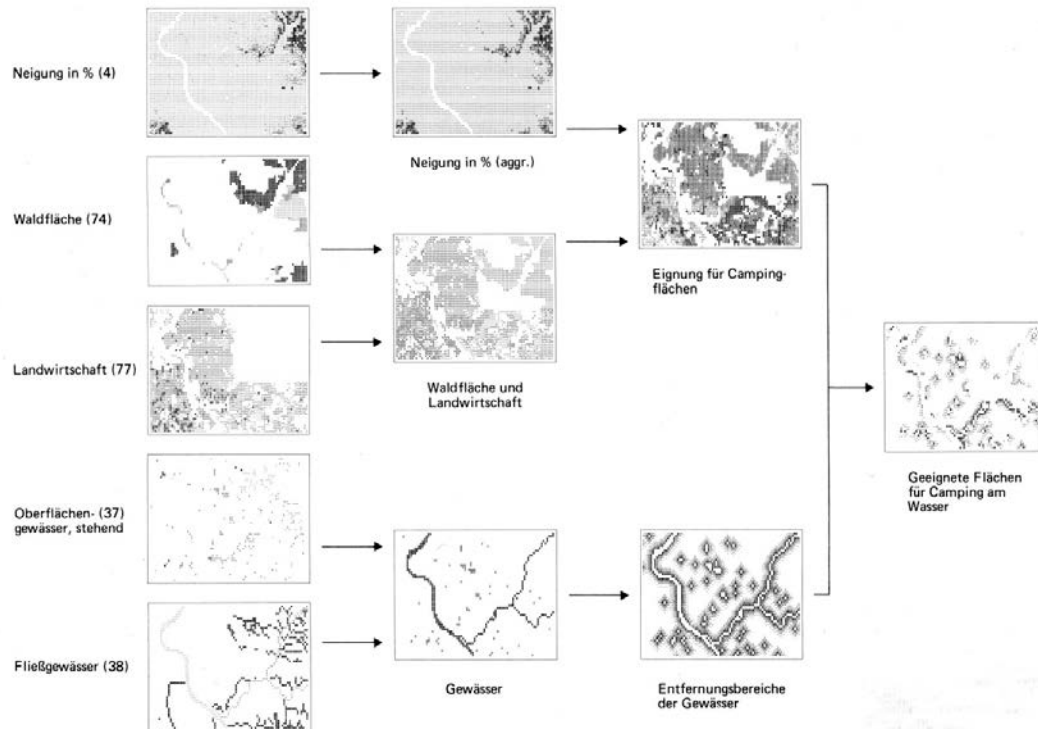


Abb.: Ein frühes GIS-Analysebeispiel zur Erholungseignung (aus: Koeppel und Arnold 1981, S. 73)

Seit den 80er Jahren entstanden kommerzielle GIS-Lösungen, die heute – in Verbindung mit den inzwischen flächendeckend verfügbaren Daten – aus dem Alltag von Planungsbüros und planenden Behörden nicht mehr wegzudenken sind. Ein Motor der GIS-Entwicklung in Deutschland im Umfeld von Landschaftsplanung und Ökosystemforschung waren in dieser Pionierzeit auch die Arbeiten unter der Federführung des Lehrstuhls für Landschaftsökologie an der TU München zum UNESCO-Projekt "MAB 6" (Man and Biosphere) im Nationalpark Berchtesgaden. U. a. aus diesen Aktivitäten ging auch die Gründung der deutschen Niederlassung des Softwarehauses ESRI hervor.

Heute sind Geoinformationssysteme allgegenwärtig, gerade auch in ihrer Ausprägung als internet-gestützte Systeme. Zahlreiche Städte und Landkreise stellen räumliche Informationen über Web-GIS-Portale zur Verfügung. Damit ist der Zugang zu solchen Daten nicht mehr nur auf Fachpersonen begrenzt, sondern steht jedermann zur Verfügung. Geo-Information ist zu einem bedeutenden Wirtschaftsgut geworden.

Als Beispiel sei hier das Geoportal des Landkreises Freising erwähnt (<http://www.karten.kreisfreising.de>), das zahlreiche räumliche Daten zu Schutzgebieten, Überschwemmungsgebieten, aber auch Informationen zu Freizeitangeboten wie Radwegen dem interessierten Bürger über das Internet bereitstellt.

Typische Fragestellungen an ein GIS

Schätzungen gehen davon aus, dass zwischen 60 und 80 Prozent aller Daten, die z. B. in einer Kommune anfallen, einen Raumbezug haben. Inzwischen ist anerkannt, dass Geo-Information ein bedeutendes Wirtschaftsgut mit ansehnlichen jährlichen Steigerungsraten geworden ist. Es ist immer weniger vorstellbar, dass künftige raumbezogene Entscheidungen in Politik, Wirtschaft und Verwaltung ohne die Unterstützung durch GIS getroffen werden. Mit Blick auf landschaftsplanerischen Aufgaben ergeben sich zahlreiche und vielfältige Fragen, die an ein GIS gestellt werden könnten. Die folgende Aufstellung soll nur einmal die Möglichkeiten anreißen.

- Wo liegt ein Objekt A ?
(z. B. ein Naturschutzgebiet)
- Wo liegt A in Bezug zu B (z.B.: Distanz) ?
(z. B.: Wie weit ist die Distanz zwischen den verschiedenen Biotopen eines bestimmten Typs im Untersuchungsraum)
- Wie ist die Ausprägung der Variablen C am Ort X ?
(z. B.: Welcher Bodentyp kommt im Bereich eines geplanten Bebauungsprojektes vor?)
- Wieviele Vorkommen von Objekttyp A gibt es im n-Meter-Umkreis um Objekte des Typs B ?
(z. B.: Welche Flächen mit extensivem Grünland kommen im näheren Umfeld der vom Landesbund für Vogelschutz betreuten Storchhorste vor?)
- Wie groß ist Objekt B (Fläche, Umfang, Länge)
(z. B.: Wie groß ist die zur Unterschutzstellung vorgeschlagene Biotopfläche und welche Randlänge hat sie?)
- Wo gibt es Überlagerungen bestimmter Charakteristika im Raum (Kombination von Variablen)
(z. B.: Welche Raumnutzungen stehen in einem Interessenkonflikt mit der geplanten Umfahrungsstraße?)
- Und viele andere mehr ...

Repräsentation der "Wirklichkeit" in GIS

Hinsichtlich der Modellierung von Objekten der realen Welt in einem GIS lassen sich 2 Dimensionen unterscheiden:

- Thematische Modellierung
- Geometrische Modellierung

Die thematische Modellierung ordnet die Objekte der realen Welt thematischen Schichten zu. Für Geographen und Landschaftsplaner ist diese Betrachtungsweise nicht grundsätzlich neu. Ein solches Konzept fand bereits vor dem Einsatz von GIS Anwendung. Dabei wurden thematische Karten (gleichen Maßstabs) am Lichtisch betrachtet und analysiert. Als Beispiel aus der Landschaftsforschung kann die Ausscheidung homogener landschaftsökologischer Raumeinheiten durch synoptische Betrachtung der relevanten Landschaftsfaktoren Geologie/Geomorphologie, Boden, Vegetation, Fauna, Landnutzung etc. genannt werden. Das entscheidend Neue bei der GIS-Adaption dieses Konzeptes ist die Möglichkeit der schnellen, auch quantitativen Analyse, die ohne EDV vom Aufwand her nicht möglich war.

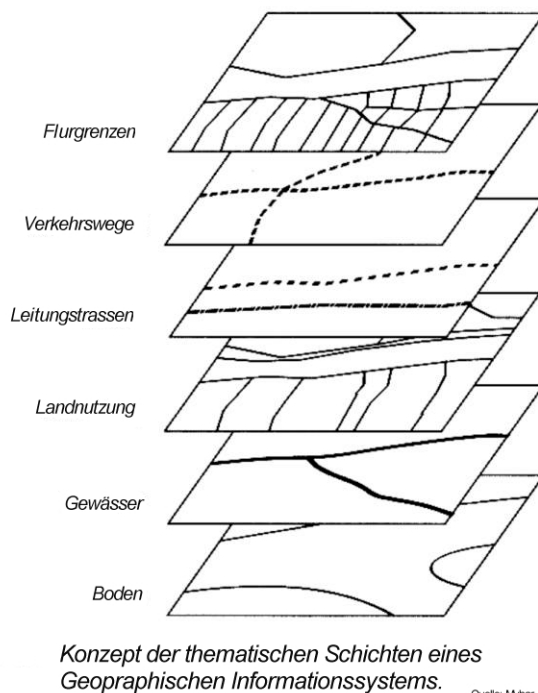


Abb.: Thematische Schichten eines geographischen Informationssystems (aus: Muhar 1992)

Zur kartographischen Modellierung / Abstraktion gehört aber noch ein weiterer Aspekt: Die Modellierung von Objekten der realen Welt geschieht in Abhängigkeit vom gewählten Betrachtungsmaßstab in den Geometietypen

- Flächen
- Linien
- Punkte

Ein Objekt – nehmen wir als Beispiel einen kleinen Weiher – kann in einem großen Maßstab (z. B. 1:1000) als Fläche dargestellt werden, in einem kleineren Maßstab (z. B. 1:25000) aber nur als Punkt.

Die folgende Abbildung macht dieses Problem deutlich: auf der linken Seite sind die Städte bedingt durch den verwendeten Maßstab als Punkt dargestellt. Rechts in einem Ausschnitt aus einer exemplarischen Stadt ist dagegen jedes Haus als Fläche dargestellt.

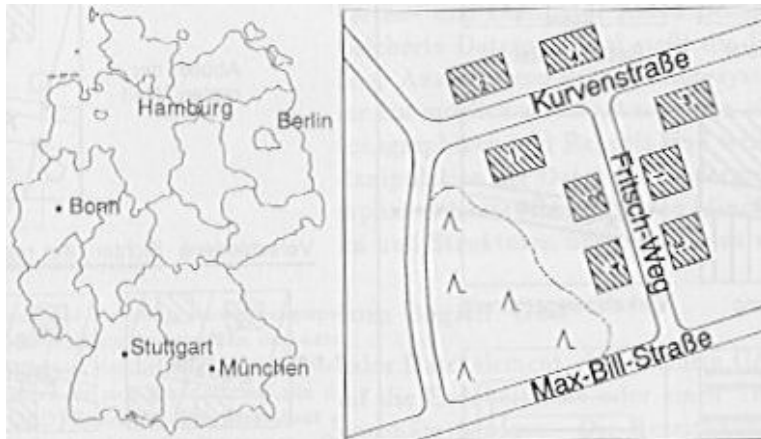


Abb.: Modellierung von Objekten in GIS ist maßstabsabhängig (nach: Bill 2010, verändert)

Abhängig vom Zielmaßstab muss also entschieden werden, ab welcher Größe bzw. Breite ein Objekt in einer der 3 Geometrietypen modelliert werden soll: Punkt, Linie oder Fläche.

Als Beispiel für dieses Problem und unterschiedliche Lösungsmöglichkeiten im Rahmen einer landschaftsplanerischen Aufgabe nehmen wir einen Schnitt durch einen Ausschnitt aus der Kulturlandschaft (aus dem Kartierschlüssel des Bundesamtes für Naturschutz für die luftbildgestützte Kartierung von Biotop- und Nutzungstypen, BFN 1995).

Das Beispiel zeigt, dass es nicht nur eine Lösung gibt. Welche davon gewählt wird, ist vor der Kartierung zu klären, damit die Ergebnisse einheitlich und vergleichbar sind. Hierin unterscheidet sich die Vorgehensweise gegenüber der manuellen. Während bei der manuellen Plandarstellung erst am Zeichentisch entschieden werden musste, welche Elemente flächenhaft, linear oder als Punktsymbole dargestellt werden sollen, muss dies beim Einsatz von GIS bereits zu Beginn der Kartierung geschehen.

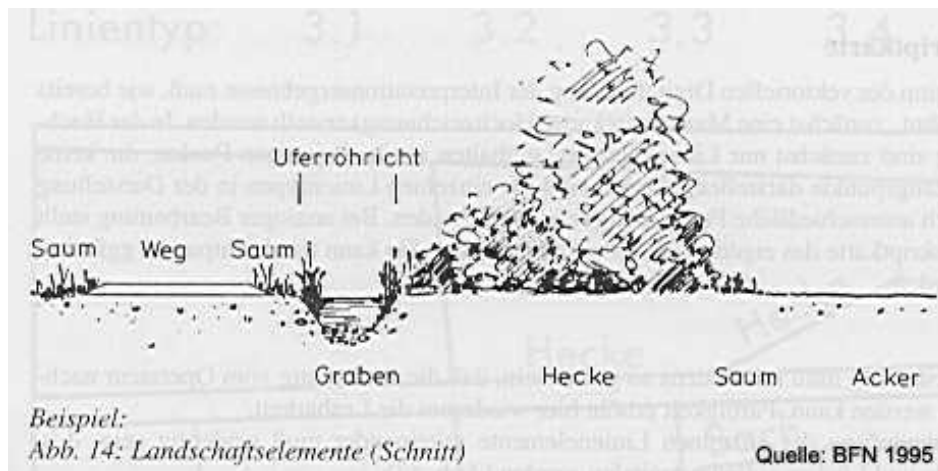


Abb.: Schnitt durch einen Landschaftsausschnitt (aus BFN 1995)

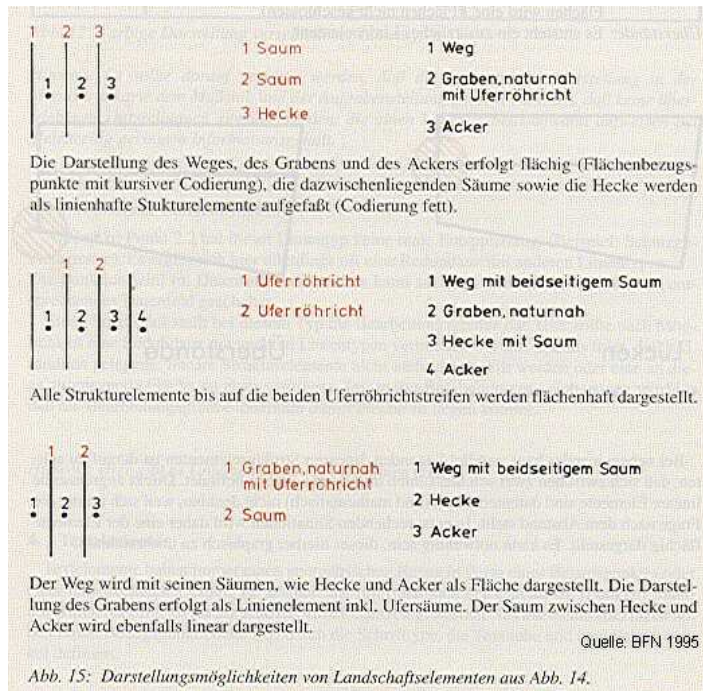


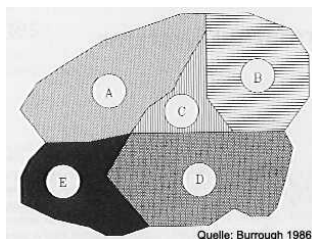
Abb.: GIS-Modellierung eines Landschaftsausschnittes (aus: BFN 1995)

Ein Beispiel für eine konkrete Kartier-Vereinbarung stellt die Kartieranleitung zur Strukturen- und Nutzungskartierung (SNK) im Rahmen der Landschaftsplanung zur Ländlichen Neuordnung (früher: Flurbereinigung) in Bayern dar. Diese Vereinbarung begründet sich durch die Wahl des Darstellungsmaßstabes (hier: 1 : 5000):

- Fläche: alle Objekte mit einer Flächengröße > 200 qm
- Linie: alle Objekte, deren Breitenausdehnung unter 10 Metern liegt (Ausnahme: Wege und Gewässer werden generell flächenhaft erfaßt und nötigenfalls überzeichnet dargestellt)
- Punkt: punktuelle Objekte sowie Flächen < 200 qm

Ein weiterer Aspekt betrifft die Modellierung flächenhafter Phänomene. Dabei müssen folgende Fälle unterschieden werden (aus Burrough 1986):

- Definition von homogenen Bereichen; Beispiel: Bodenkarte; Nutzungskarte, u.a. (Choroplethen-Karte)



- Repräsentation kontinuierlicher Änderungen durch Linien gleicher Variablenausprägung; Beispiel: Höhenlinien, Isophonen (Isolinen- / Isoplethen-Karte)



Grundtypen digitaler GIS-Strukturen

Für die Erfassung von Elementen im Raum in einem GIS gibt es 2 grundsätzlich zu unterscheidende Konzepte:

- **Raster:**
Gliederung des Raumes mit Hilfe eines Gitternetzes definierter Maschenweite. Die erfassten Punkte, Linien und Flächen werden den einzelnen Rasterzellen zugeordnet
- **Vektor:**
Die Kartenelemente werden aus einzelnen Linienstücken zusammengesetzt

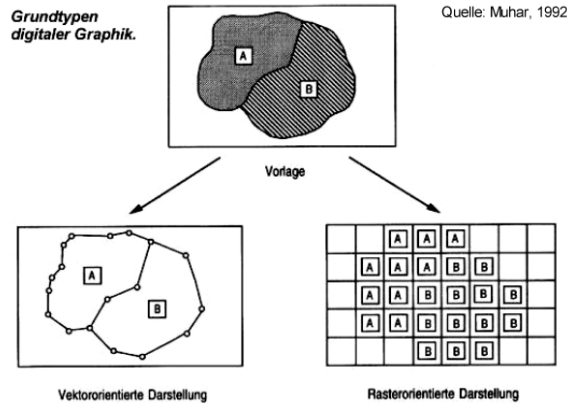
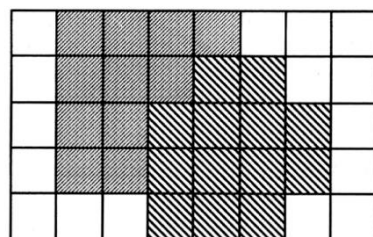
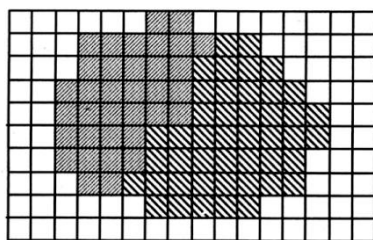


Abb.: Grundtypen digitaler Kartengraphik (aus: Muhar 1992)

Während beim Vektormodell die Genauigkeit vom Erfassungsmaßstab sowie der Dichte der Stützkoordinaten abhängt, ist beim Rastermodell die Genauigkeit der Modellierung der realen Welt durch die Maschenweite des verwendeten Rasters bestimmt.



Große Maschenweite,
geringe Detailgenauigkeit



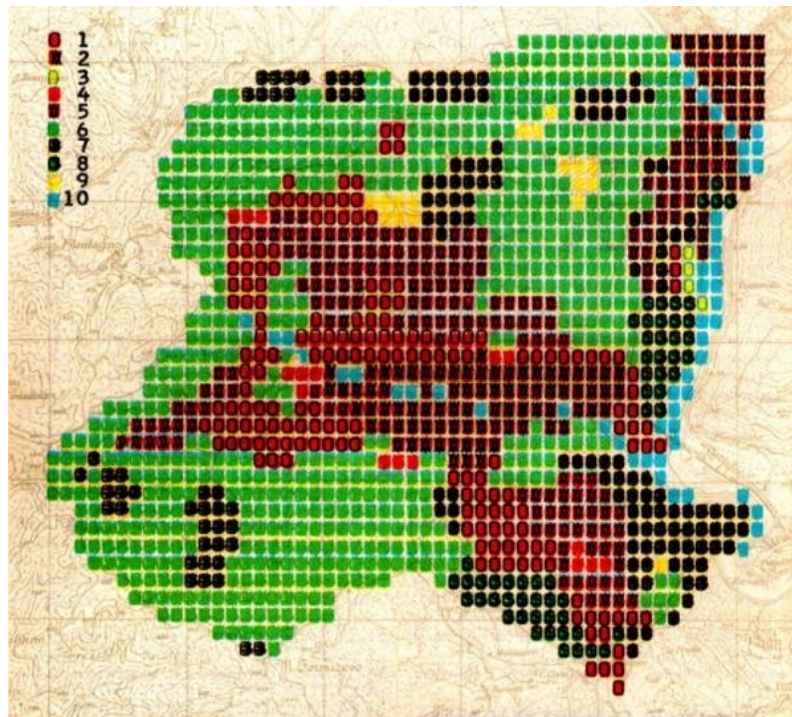
Halbierung der Maschenweite:
höhere Genauigkeit,
vierfache Datenmenge

**Zusammenhang zwischen Auflösungsgenauigkeit
und Dateigröße bei Rastergraphiken**

Quelle: Muhar, 1992

Abb.: Zusammenhang zwischen Auflösungsgenauigkeit und Dateigröße bei Rastergraphiken

In den frühen Jahren der GIS-Verarbeitung bis in die 80er-Jahre hinein dominierten, auch aus technischen Gründen der Hard- und Softwareentwicklung GIS-Systeme auf Rasterbasis. Als Beispiel kann der Aufbau des Landschaftsinformationssystems beim Bundesamt für Naturschutz (damals: Bundesforschungsanstalt für Naturschutz und Landschaftspflege) genannt werden. Bereits zu Beginn der 70er-Jahre gab es erste Versuche, Karten aus dem Computer farbig zu gestalten, wie die nachfolgende Abbildung aus der Zeitschrift "Kartographische Nachrichten" belegt.



Darstellung der Nutzungstypen durch Farbvariation. Wahl der Farben nach den Empfehlungen der IGU-Kommission über Landesnutzungsaufnahmen (IGU-WLUS, 1952).

Vierfarbendruck (Schwarz, Blau, Rot, Gelb)
digitaler Themakarten

Maßstab: 1 inch = 1 km 1 Signatur steht für 1,25 ha

Ausschnitt aus der Landnutzungskarte von
Borgo a Mozzano (Provinz Lucca, Italien)

Quelle: Brassel, 1971

Legende:

- 1 Ackerland
- 2 bewässertes Ackerland
- 3 Mähwiesen
- 4 Weinbau
- 5 Oliven
- 6 Kastanienwald
- 7 Buschwald
- 8 Mischwald
- 9 Weide
- 10 Flußgebiete

Abb.: Erster Versuch einer farbigen Landnutzungskarte aus dem Computer (aus: Brassel 1971)

In den 80er Jahren lösten die ersten Vektor-GIS die bis dahin dominierenden Raster-GIS ab. Ein nicht unwichtiger Grund für diese "historische" Konkurrenz bestand darin, dass die damaligen Kosten des benötigten Speicherplatzes die Verfeinerung des Gitternetzes in Raster-GIS begrenzten. Bei Aufkommen der Vektor-GIS wurden diese daher als die "besseren Systeme" gesehen. Raster-GIS traten eine Zeitlang bedeutungsmäßig in den Hintergrund.

Aufgrund neuer Konzepte bei Datenstrukturen und dem Verfall der Kosten für Speicher-Hardware erlebten Raster-GIS später jedoch eine Renaissance. Im Zeitalter von USB-Sticks mit einer Speicherkapazität im zweistelligen GigaByte-Bereich ist es kaum noch vorstellbar, dass sich die ersten PCs mit Festplatten in der Größenordnung von 30 – 40 MegaByte begnügen mussten.

Heute haben wir es meist mit hybriden Systemen zu tun, die die Vorteile beider Techniken je nach Bedarf ausschöpfen können. Beide Strukturen stehen heute gleichwertig nebeneinander und werden je nach Fragestellung eingesetzt.

Die in der Landschaftsplanung in Deutschland weitverbreitete Software ArcGIS des Systemhauses ESRI beispielsweise bietet mit der Extension "Spatial Analyst" ein leistungsfähiges Werkzeug für die Integration von rasterbasierten Analysen in ein eigentlich vektororientiertes GIS-Softwarepaket.

Das nachfolgende Beispiel für eine hochauflösende Rasterdarstellung stammt aus der Diplomarbeit von Stefan Mender aus dem Jahre 1993.

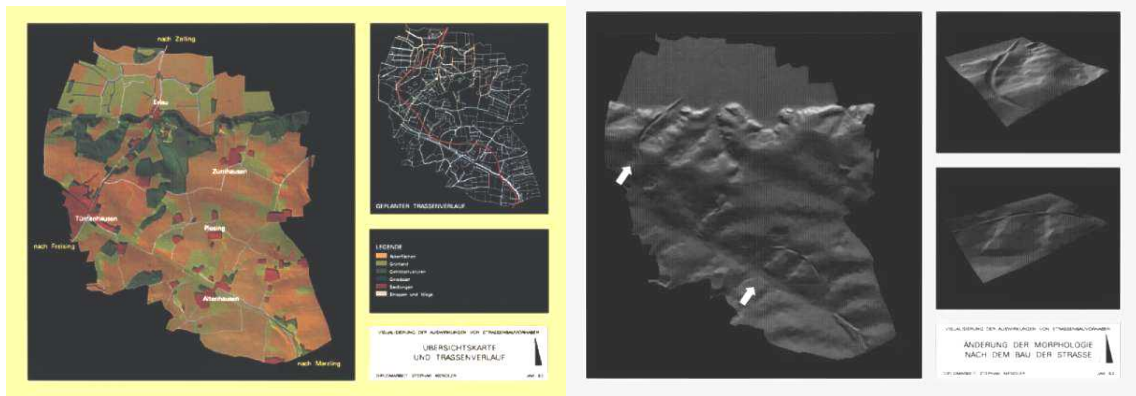


Abb.: Landnutzungskarte und digitales Geländemodell in einem Raster-GIS (aus: Mender 1993)

Die nachfolgende Abbildung zeigt ein Beispiel bei dem Fachdaten im Vektorformat vor einem hinterlegten digitalen Luftbild oder einer gescannten topographischen Karte im Rasterformat dargestellt werden, auch dies also eine hybride Verwendung der beiden genannten Konzepte.

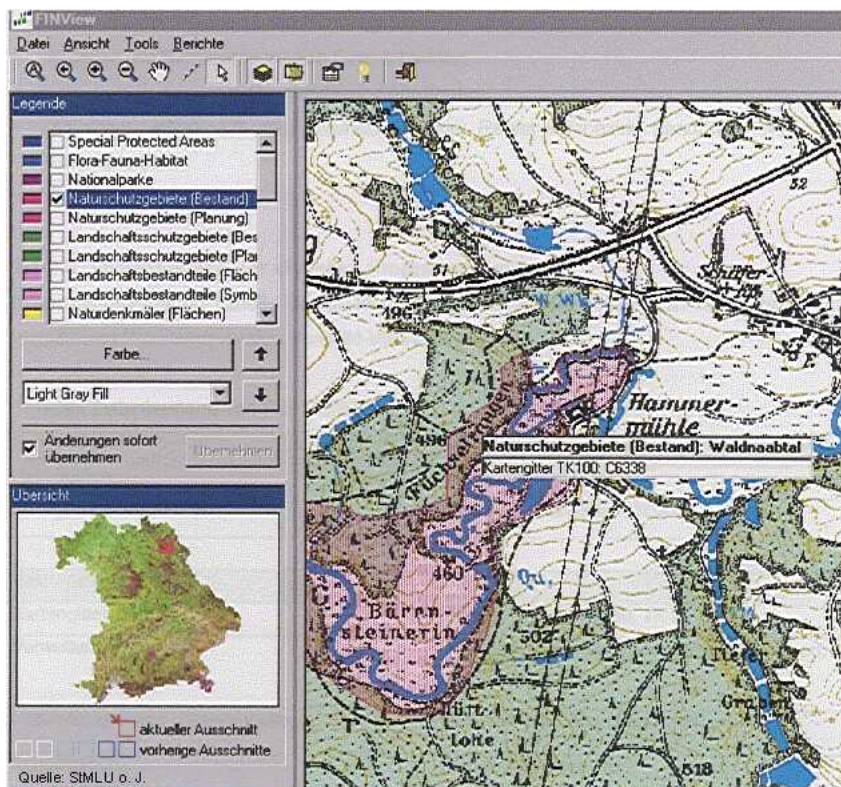


Abb.: Auskunftsarbeitsplatz FIN-View des Bayer. Fachinformationssystems Natur (FIS-Natur)

GIS in erster Näherung → Raster-GIS

Raster-GIS waren die konsequente EDV-Umsetzung von Methoden, wie sie ohnehin schon in der Landschaftsplanung und -forschung angewendet wurden. Viele Landschaftsbewertungsmethoden arbeiteten unabhängig vom EDV-Einsatz mit rechteckigen Bezugsflächen. Als Beispiele können genannt werden:

- V-Wert nach Kiemstedt (1967):
Der bekannte Landschaftsplanungs-Professor Kiemstedt entwickelte in den 60er Jahren ein Verfahren zur Bewertung von Landschaftsräumen im Hinblick auf die Erholungseignung. Er gliederte dazu den Untersuchungsraum in quadratische Bezugsflächen, in denen er alle für die Erholungsbewertung relevanten Faktoren bilanzierte.
- Ökologische Risikoanalyse (Bachfischer 1978):
Ein Modell-Vorhaben der 70er Jahre gliederte den Untersuchungsraum in Rasterquadrate von 1 km² Größe und erfasste innerhalb dieser Raster alle Faktoren, die einen Beitrag zur Beurteilung von Belastungsfaktoren einerseits sowie Schutzwürdigkeiten und Empfindlichkeiten andererseits liefern konnten. Aus der Gegenüberstellung dieser Faktoren mit Hilfe von Bewertungsmatrizen wurden "Ökologische Risiken" abgeleitet. Das Konzept der "Ökologischen Risikoanalyse" hat bis heute Gültigkeit behalten.
- Fundortkataster
In Rahmen von Artenschutzkartierungen ist die Verwendung regelmäßiger Raster als räumliche Bezugseinheit ein übliches Vorgehen. Häufig werden Kartenblätter der amtlichen Kartenwerke in Quadranten eingeteilt und das Vorkommen von gefundenen Arten diesen Quadranten zugeordnet.

Datenstrukturen in Raster-GIS

Bei rasterorientierten GIS-Programmen ist die geometrische Grundstruktur von vornherein vorgegeben. Eine Wahlmöglichkeit besteht lediglich hinsichtlich der Größe der Rasterquadrate. Da Raster-GIS vorwiegend im Zusammenhang mit Bilddaten (Satellitenbilder, Luftbilder, gescannte Karten u.a.) Einsatz finden, handelt es sich bei hoher Auflösung um nicht unerhebliche Datenmengen.

Überlegungen zur digitalen Speicherung zielen daher in der Regel ab auf einen Kompromiß zwischen der Minimierung des notwendigen Speicherplatzes bei gleichzeitig möglichst einfachem Zugriff auf die Daten.

Die simpelste Form der Speicherung, aber gleichzeitig auch die aufwendigste besteht darin, das Rasterbild als einfache Matrix abzuspeichern. Der einfache Datenzugriff wird dabei mit dem Preis eines hohen Speicherbedarf erkauft, da keine Datenkomprimierung stattfindet.

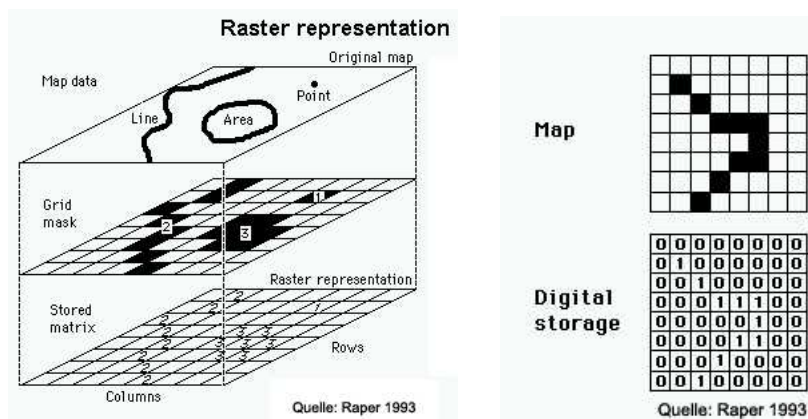


Abb.: Modellierung von Objekten der realen Welt in einem Raster-GIS (aus: Raper 1993)

Strategien zur Datenkomprimierung gehen von der Überlegung aus, dass die darzustellende Information nicht von Rasterquadrat (bzw. Bildpunkt) zu Rasterquadrat wechselt, sondern dass mehr oder weniger große Bereiche einheitlicher Ausprägung vorliegen. Solche Bereiche müssten sich in Form einer geeigneten Datenstruktur platzsparender repräsentieren lassen.

Eine sehr einfache Form der Datenkomprimierung stellt die Lauflängenkodierung (run length code) dar: Dabei werden nicht die Informationen der Einzelzellen gespeichert, sondern Zeilenstücke jeweils gleicher Ausprägung mit Angabe der Anzahl jeweils gleicher Zellen.

Diese Strategie berücksichtigt jedoch nicht das Vorkommen gleicher Ausprägungen in aufeinanderfolgenden Zeilen der Rastermatrix.

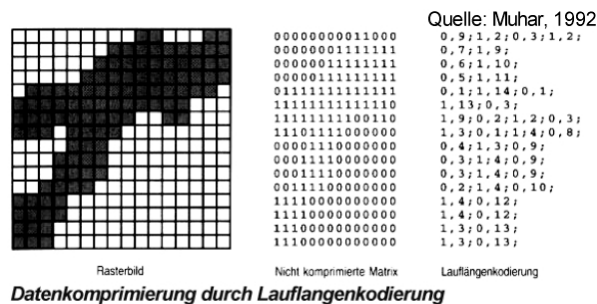


Abb.: Datenkomprimierung durch Lauflängenkodierung (aus Muhar 1992)

Eine weitaus effizientere Form der Datenkomprimierung ist die Zusammenfassung benachbarter Elemente mit gleichen Attributen zu zweidimensionalen Elementen unterschiedlicher Größe. Diese Vorgehensweise kommt der räumlichen Verteilung vieler Phänomene viel näher als die zeilenbezogene Komprimierung bei der Lauflängenkodierung. Die Grundidee (zu der es mehrere Varianten gibt) besteht darin, dass ein Rasterbild sukzessiv in immer kleiner werdende Teile aufgegliedert wird, welche untereinander in hierarchischer Beziehung stehen. Dies geschieht am vorteilhaftesten durch den Aufbau sogenannter Quad-Trees (Viererbäume): Ein Bild wird zunächst in vier Quadranten zerlegt; wenn innerhalb eines Quadranten alle Pixel den gleichen Wert aufweisen, so wird dieser dem gesamten Quadranten zugewiesen. Quadranten mit inhomogenen Werten werden wiederum in vier Quadranten zerlegt usw. bis jedes abgespeicherte Element in sich einheitliche Werte aufweist. Die Datei erhält dadurch eine Baumstruktur, bei der die einzelnen Verzweigungen unterschiedliche Verzweigungstiefen aufweisen.

Die Datenstruktur eines Quad-Trees ermöglicht es, nicht nur Daten zu komprimieren, sondern auch direkt mit diesen komprimierten Daten zu arbeiten: nahezu alle GIS-Operationen lassen sich auf der Basis der Quad-Tree-Datenstruktur durchführen.

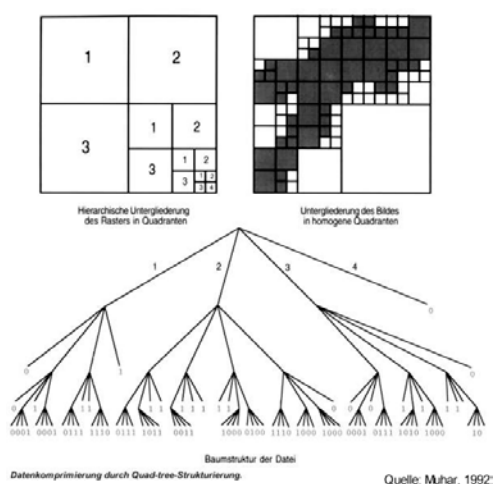


Abb.: Datenkomprimierung durch Quad-Trees



[Animation zur Rasterdatenkomprimierung](#)

Neben den dargestellten gibt es noch weitere Methoden zur Datenkomprimierung bzw. Datenreduktion, die hier nicht ausführlicher besprochen werden sollen. Interessenten werden auf die einschlägige Literatur verwiesen (z.B. Muhar 1992, Bill 2010 u.a.)

Die Stärken des Raster-GIS (Beispielanwendung)

Die eindeutige Stärke der Rasterstruktur liegt in den einfachen und rechenzeitmäßig effizienten Möglichkeiten zur Analyse von thematischen Karten, so etwa die Verschneidung mehrerer Schichten, welche bei sehr vielen GIS-Fragestellungen die notwendige Ausgangsoperation darstellt..

(Im Zusammenhang mit der digitalen Verarbeitung von Bildinformationen (z.B. Luftbilder, Satellitenbilder) existiert ohnehin keine Alternative zur Raster-Verarbeitung.)

Dazu ein ganz simples Analyse-Beispiel mit einem Raster-GIS, das die grundlegende Vorgehensweise verdeutlichen soll:

Beispiel-Datenbank mit 3 Schichten:

- ➔ See / Land
- ➔ Forstliche Nutzung (Baumarten)
- ➔ Bodenverhältnisse / Befahrbarkeit

Rasterbeschreibung:

- ➔ Auflösung 500 m Rastermaschenweite
- ➔ Gesamtfläche 2.5 km mal 2.5 km
- ➔ Rastermatrix ist Nord-Süd ausgerichtet

Layer 1: See / Land

1 = See; 0 = Nicht See (Land)

1	1	0	0	0
1	1	0	0	0
1	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0

Layer 2: Forstliche Nutzung (Baumarten)

1 = Buche; 2 = Fichte; 0 = Kein Wald

0	0	2	2	2
0	0	2	2	2
0	1	1	1	2
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1

Layer 3: Bodenverhältnisse / Befahrbarkeit

0 = sumpfig (bzw. Wasser); 1 = hochanstehendes GW; 2 = gute Befahrbarkeit

0	0	2	2	2
0	0	1	1	2
0	0	1	1	2
0	1	1	1	2
1	1	1	2	2

Fragestellung: Bestimmung der Flächen für einen HolzeinschlagBestimmung der Analyse-Kriterien:

- ➔ Es sollen nur Fichten geschlagen werden
- ➔ Der Holzeinschlag soll nur in den Bereichen erfolgen, die bzgl. Bodenbeschaffenheit eine problemlose Befahrbarkeit gewährleisten.
- ➔ Es soll nur in Bereichen Holz geschlagen werden, die mindestens 500 m vom See entfernt liegen (wegen der ansonsten bestehenden Gefahr von Stoffeinträgen ins Wasser)

Analyseschritte:

- ➔ RECODE Layer 2 ➔ Layer 4
 - J wenn Wert = 2 (Fichte)
 - N wenn anderer Wert
- ➔ RECODE Layer 3 ➔ Layer 5
 - J wenn Wert = 2 (gute Befahrbarkeit)
 - N wenn anderer Wert
- ➔ PUFFER (SPREAD) Layer 1 ➔ Layer 6
 - Erweitern der Codierung 1 um eine Zelle (500 m)
- ➔ RECODE Layer 6 ➔ Layer 7
 - N wenn Wert = 1 (See und Umgebung)
- ➔ OVERLAY Layer 4 & 5 ➔ Layer 8
 - J wenn beide Werte = J
 - N wenn nicht

→ OVERLAY Layer 7 & 8 → Layer 9

J wenn beide Werte = J

N wenn nicht

Ergebnis: Der Holzeinschlag soll auf allen Flächen erfolgen, die im Layer 9 ("Geeignete Flächen") den Wert "J" aufweisen.

Anwendung der Analyseschritte auf die Datenbasis

Layer 2: Forstl. Nutzung (Baumarten)

0	0	2	2	2
0	0	2	2	2
0	1	1	1	2
1	1	1	1	1
1	1	1	1	1

→ Layer 4: "Ernte-Arten"

n	n	j	j	j
n	n	j	j	j
n	n	n	j	j
n	n	n	n	n
n	n	n	n	n

Layer 3: Bod.verhältn. / Befahrbarkeit

0	0	2	2	2
0	0	1	1	2
0	0	1	1	2
0	1	1	1	2
1	1	1	2	2

→ Layer 5: Befahrbarer Grund

n	n	j	j	j
n	n	n	n	j
n	n	n	n	j
n	n	n	n	j
n	n	n	j	j

Layer 1: See / Land

1	1	0	0	0
1	1	0	0	0
1	0	0	0	0
0	0	0	0	0
0	0	0	0	0

→ Layer 6: Seenähe

1	1	1	0	0
1	1	1	0	0
1	1	0	0	0
1	0	0	0	0
0	0	0	0	0

Layer 6: Seenähe

1	1	1	0	0
1	1	1	0	0
1	1	0	0	0
1	0	0	0	0
0	0	0	0	0

→ Layer 7: Seeferne

n	n	n	j	j
n	n	n	j	j
n	n	j	j	j
n	j	j	j	j
j	j	j	j	j

Überlagerung (Overlay)

Layer 4: "Ernte-Arten"

n	n	j	j	j
n	n	j	j	j
n	n	n	j	j
n	n	n	n	n
n	n	n	n	n



Layer 5: Befahrbarer Grund

n	n	j	j	j
n	n	n	n	j
n	n	n	n	j
n	n	n	n	j
n	n	n	j	j

Layer 8: Holzarten + Bod.Verhältn.

n	n	j	j	j
n	n	n	n	j
n	n	n	n	j
n	n	n	n	n
n	n	n	n	n

Überlagerung (Overlay)

Layer 7: Seeferne

n	n	n	j	j
n	n	n	j	j
n	n	j	j	j
n	j	j	j	j
j	j	j	j	j



Layer 8: Holzarten u. Bod.Verhältn.

n	n	j	j	j
n	n	n	n	j
n	n	n	n	j
n	n	n	n	n
n	n	n	n	n

Layer 9: Geeignete Flächen

n	n	n	j	j
n	n	n	n	j
n	n	n	n	j
n	n	n	n	n
n	n	n	n	n

Ergebnis: Insgesamt 4 Rasterquadrate erfüllen alle Anforderungen, die in der Fragestellung formuliert wurden.

Datenstrukturen in Vektor-GIS

Zum Verständnis der Vektor-Geometrie ist es nützlich, sich nochmals die Struktur einer herkömmlichen Karte zu vergegenwärtigen. Diese besteht aus:

- Flächen (schraffiert oder mit Farben bzw. Signaturen gefüllt)
- Linien (durch Liniensymbole dargestellt)
- Punkte (durch Punktsymbole dargestellt)
- Texte (Beschriftungen)

Genau diese Struktur greifen Vektor-GIS-Programme auf, wobei die Objekte hinsichtlich ihrer koordinatenmäßigen Beschreibung in kurze Geraden zerlegt werden. Bei stark gekrümmten Formen ist die Koordinatendichte sehr hoch, bei langgestreckten Formen dagegen entsprechend geringer.

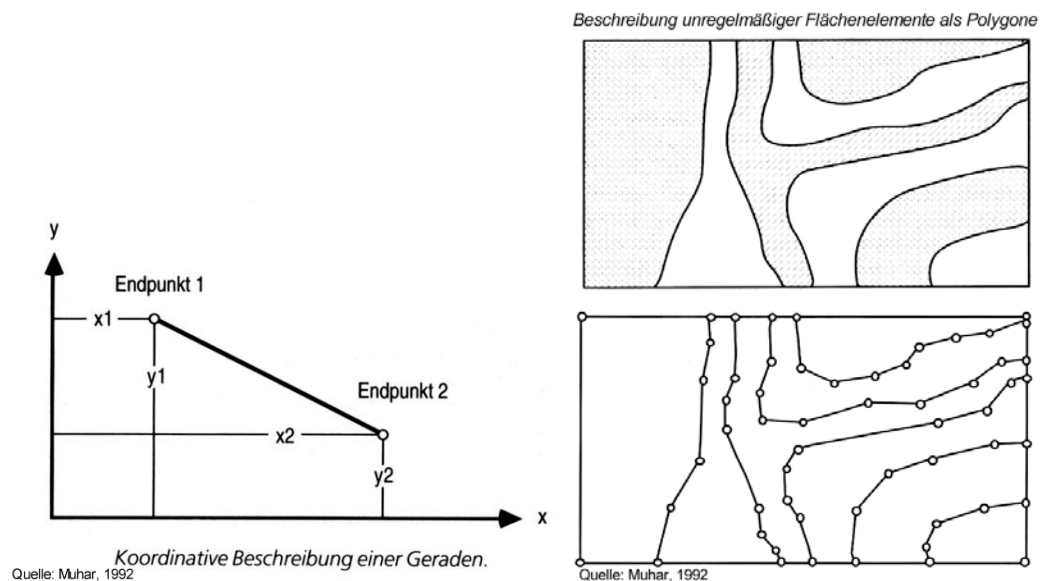


Abb.: Koordinatenmäßige Beschreibung von Kartenobjekten in einem Vektor-GIS (aus Muhar 1992)



Die Modellierung von Objekten der realen Welt in einem Vektor-GIS besteht somit aus 2 Teilinformationen:

- Koordinatenmäßige Beschreibung der Objekte
- Thematische Charakterisierung der Objekte

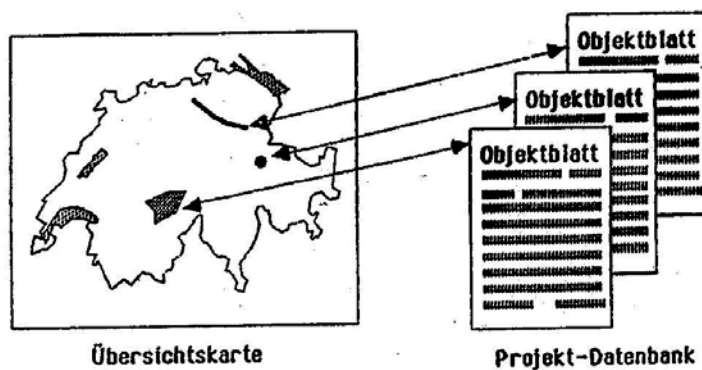


Abb.: Flächen, Linien und Punkte sowie deren Attributierung in einem Vektor-GIS

Während zur Verwaltung der geometrischen Informationen von den GIS-Herstellern bisher meist eigene Formate verwendet werden, erfolgt die Einbindung der thematischen Attribute in einem GIS mittels gängiger Datenbanktechnik. Daher wird auf das Modul "Datenbanken" in der Lehreinheit "EDL_1" verwiesen. Ausserdem wird die Lektüre des Kapitels "Datenbanken in Geographischen Informationssystemen" bei Muhar (1992, S. 26ff) vorausgesetzt. Weiterführende Informationen finden sich auch bei Bill (Grundlagen der Geo-Informationssysteme, 2010, S. 397ff).

Topologie

Ein wichtiger Aspekt bei der Modellierung mittels Vektordaten ist der Begriff der Topologie, in der Mathematik die Lehre von der Lage und Anordnung geometrischer Objekte im Raum. Im Zusammenhang mit GIS werden hiermit Beziehungen zwischen den erfassten Objekten beschrieben, etwa die Nachbarschaft von Objekten oder das Enthaltensein einer Fläche innerhalb einer anderen (Insel).

Hinsichtlich der Erfassung von Flächen in GIS bestehen 2 grundlegend unterschiedliche Ansätze:

- Erfassung jedes Polygons durch vollständiges Umfahren
- Erfassung von Linienstücken (Kanten) von Knoten zu Knoten

Möglichkeit der Beschreibung aneinander grenzender Polygone

Quelle: Muhar, 1992

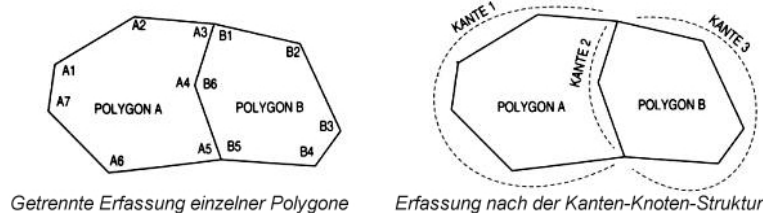


Abb.: Datenerfassung durch Ringpolygone oder Kanten-Knoten-Struktur (aus Muhar 1992)

Die erste Methode findet sich in der Regel in CAD-basierten Systemen. Das Handling der Geometrie ist bei dieser Vorgehensweise zwar einfacher, jedoch sind damit auch eine Reihe von Nachteilen verbunden, insbesondere bei flächendeckender Erfassung:

- Doppel-Erfassung und -Speicherung bei flächenhafter Erfassung
- Weniger geeignet für weitergehende GIS-Analyse-Funktionalität (z.B. Nachbarschaftsanalysen)

Bei der zweiten Methode sind die Flächen nicht direkt als koordinatenmäßig beschriebene Objekte abgespeichert. Sie existieren nur in Form von Verweislisten, in denen beispielsweise festgehalten ist, welche Kanten ein Polygon bilden. Definitionsgemäß ist dabei ein Knoten eine Koordinate, an der mindestens 3 Linien (Kanten) zusammenkommen.

Auch die Beziehung der Kanten zu den Knoten (von - nach) und den Flächen (links - rechts) wird in entsprechenden Verweistabellen abgelegt.

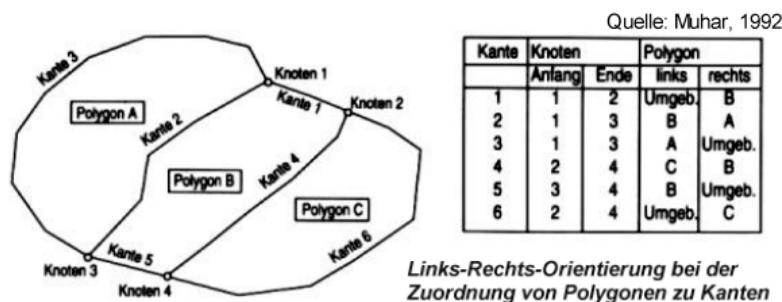


Abb: Geometrie und Verweistabelle zur Benachbarung bei der Kanten-Knoten-Struktur (aus: Muhar 1992)

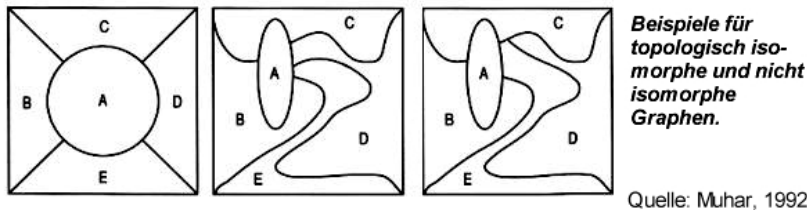

[Animation zur Topologie-Generierung](#)

Diese Struktur führt uns zu einem Begriff, dem in der GIS-Welt große Bedeutung zukommt, nämlich die Topologie. In der Geometrie wird dieser Begriff definiert als

- Die Lehre von der Lage und Anordnung geometrischer Objekte im Raum

Zum Einstieg in dieses Thema sehen Sie sich bitte die folgende Abbildung an und beantworten Sie ganz schnell und spontan die Frage:

Welche beiden der 3 Figuren sehen sich ähnlich ?



Quelle: Muhar, 1992

Abb.: Beispiele für topologisch isomorphe und nicht isomorphe Graphen (aus: Muhar 1992)

Wenn Sie nicht lange nachgedacht und sofort geantwortet haben, könnte die Antwort gelautet haben: *Die beiden rechten Figuren sind sich ähnlich.*

Bei längerem Hinsehen wird Ihnen klar, dass man die Frage differenzierter betrachten muss:

- Erster Gesichtspunkt: Geometrische Ähnlichkeit
- Zweiter Gesichtspunkt: Ähnlichkeit von der Struktur her (topologisch)

Wenn also die Frage auf die topologische Struktur abzielt, dann werden Sie die beiden linken Figuren als ähnlich bezeichnen, da sie identische Nachbarschaftsverhältnisse aufweisen.

Die beiden linken Formen sind also identisch bzgl. bestimmter topologischer Eigenschaften.

Einige topologische Eigenschaften zeigt die folgende Abbildung. Versuchen Sie diese zu benennen:

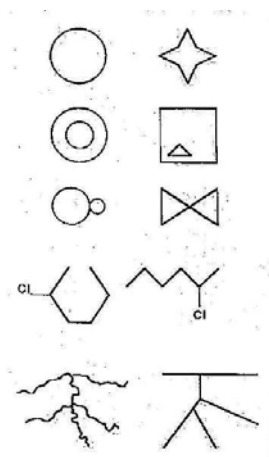


Abb.: Topologisch isomorphe Graphen (jeweils links - rechts)

Zusammenfassend können wir festhalten, dass die topologische Struktur der Speicherung von geometrischen Objekten in GIS die Grundvoraussetzung für bestimmte Analysen ist (z.B. Benachbarung bestimmter Flächennutzungen; Überlagerung (Verschneidung) von Layern)


[Animation zum Einfluss geometrischer Änderungen auf die Topologie](#)

Sachdaten (Attribute) in GIS

GIS werden aufgebaut, um neben der Speicherung der Geometrie auch die inhaltliche Attributierung der Kartenobjekte vornehmen zu können. Als Bestandteil der Topologie entsteht daher auch eine oder mehrere Tabellen, welche die Sachdaten enthalten.

Dateizeile	Anfangs-knoten	End-knoten	linkes Polygon	rechtes Polygon	Länge	interne Nummer	sonst. Kennzeichnungen (z.B. Farbcode)
1	24	36	75	86	20,34	12	1 (=rot)
2	36	38	75	97	32,75	13	2 (=blau)
3	57	68	64	75	53,46	14	3 (=grün)

Abb. 16. Typische Inhalte einer Linien-Attribut-Datei.

Dateizeile	Fläche	Umfang	interne Nummer	sonst. Kennzeichnungen (z.B. Nutzungs-codes)
1	23,96	25,75	23	1 (=Grünland)
2	35,22	30,85	24	2 (=Acker)
3	50,82	32,45	25	3 (=Siedlung)

Abb. 17. Typische Inhalte einer Polygon-Attribut-Datei.

Quelle: Muhar 1992

Abb.: Linien- und Polygon-Attribut-Dateien (aus: Muhar 1992)

Texte in GIS-Karten

Hinsichtlich der Behandlung von Texten in einem Vektor-GIS gibt es 2 Möglichkeiten:

- Abspeicherung als Textelemente mit
 - Koordinaten für Textpositionierung
 - Textcharakteristik
 - Textinhalt
- Beschriftung einer Karte durch Textzugriff aus der Datenbank

Die erstgenannte Möglichkeit bietet sich an, um Texte unabhängig von sonstigen Kartenobjekten zu platzieren und zu gestalten. Dies ist die gleiche Art und Weise der Textbehandlung, wie sie in einem CAD-Programm üblich ist.

Häufig haben wir es jedoch mit Textbeschriftungen in einer Karte zu tun, die unmittelbar den Objekten einer Karte zuzuordnen sind, z. B. die Bezeichnung der Bodeneinheit in einer Bodenkarte. In diesem Fall macht es wenig Sinn, jede einzelne Fläche der Karte "per Hand" beschriften zu wollen. Vielmehr platziert man die gewünschten Texteinträge in der Datenbank und läßt das GIS die Positionierung der Flächenbeschriftung automatisch vornehmen. Der Text "hängt" also gewissermaßen am jeweiligen Geo-Objekt und wird automatisch in der Karte platziert.

Datenformate in GIS

Alle gängigen GIS-Softwarepakete nutzen proprietäre (herstellereigene) Datenformate, im Falle von ArcGIS ist dies derzeit das Format "Geodatabase". Damit können auch topologische Bedingungen definiert werden wie etwa die Forderung nach Vermeidung von Flächenüberlappungen und -lücken. Ein Datenformat im Sinne der genannten Kanten-Knoten-Struktur ist dieses im Gegensatz zum früher verwendeten Coverage-Format nicht.

Für den Austausch von Daten zwischen unterschiedlichen GIS-Systemen sowie zur Datenbereitstellung hat sich in den letzten Jahren das ebenfalls von ESRI entwickelte Format "Shape" eingebürgert, häufig gekoppelt mit der Bereitstellung umfangreicher Sachdaten in MS-Access-Datenbanken. Dieses Format kann auch in sämtlichen Open Source GIS Produkten verwendet werden und ist damit zu einem Quasi-Standard geworden, obwohl es ein sehr einfaches, nicht topologisches Datenmodell ist.

Neben proprietären Datenformaten gibt es seit längerer Zeit Bestrebungen zur Entwicklung offener Standards zum Zwecke der besseren Austauschbarkeit (im Fachjargon: Interoperabilität) Dieser Aufgabe widmet sich das 1994 gegründete Open Geospatial Consortium (OGC / <http://www.opengeospatial.org>), in dem neben zahlreichen internationalen Institutionen und Universitäten auch die wichtigsten GIS-Softwarehäuser vertreten sind.

Im Umfeld der Landschaftsplanung werden derzeit von den Spezifikationen des OGC vor allem folgende Formate verwendet:

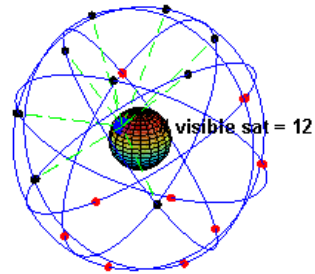
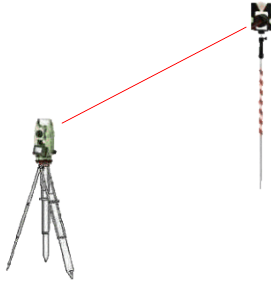
- Web Map Service (WMS): hierbei handelt es sich um einen internetgestützten Dienst zur Visualisierung von Geodaten als Karten. Zahlreiche Institutionen stellen inzwischen Geodaten gemäß dieser Spezifikation bereit, die in gängigen GIS-Programmen eingebunden werden können.
- Web Feature Service (WFS): hierbei handelt es sich um einen internetgestützten Dienst, über den Geodaten in weiterverarbeitbarer Form als Vektordaten bereitgestellt werden können.

Datenerfassung und Datenquellen

Wenn es darum geht, Daten in ein GIS zu bringen, so bieten sich folgende grundsätzliche Möglichkeiten an:

- Originäre Erfassung:

- Vermessung (terrestrisch oder satellitengestützt (GPS))

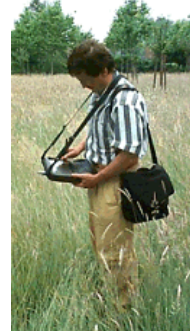
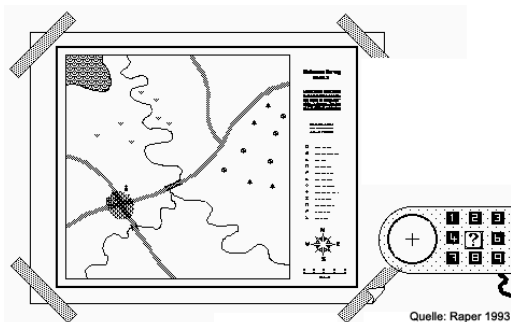


- Fernerkundung (Satelliten, Luftbilder, Flugzeugscanner)



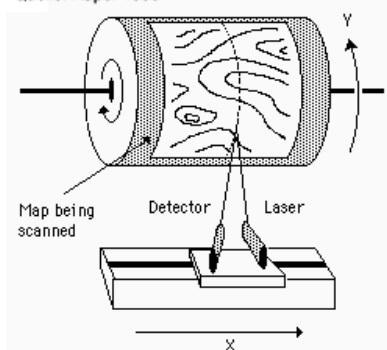
- Sekundäre Erfassung:

- Manuelle Erfassung am Digitizer oder Pen-Computer



- Automatische Digitalisierung mit Hilfe eines Scanners

Quelle: Raper 1993



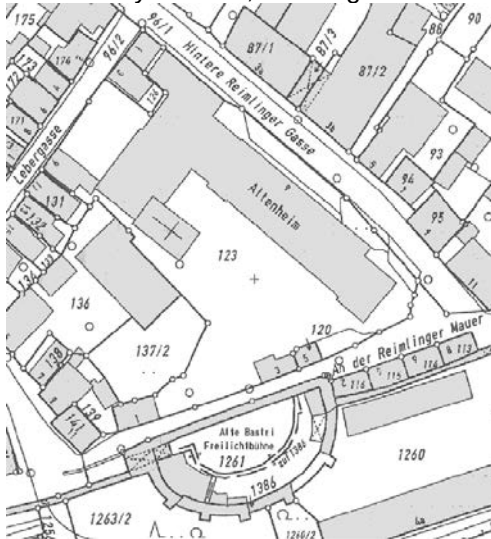
- Übernahme bereits digital vorliegender Daten per USB-Stick, CD-ROM, DVD, etc.

Bei größeren Projekten ist die Datenerhebung und -eingabe der entscheidende Kostenfaktor, hinter den die Kosten für Hard- und Software schnell einmal zurücktreten.

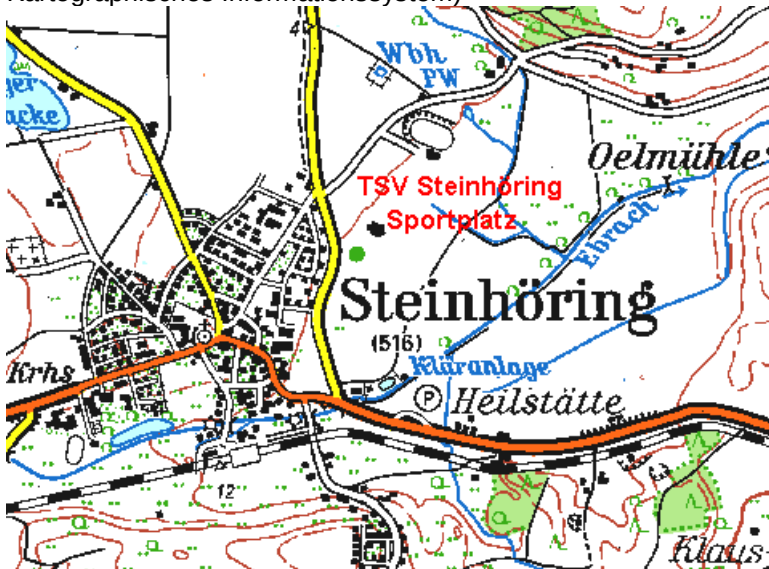
Übernahme bereits digital vorliegender Daten:

Als wichtigste Datenquellen für praktisch alle Planungsprojekte sind die Geo-Basisdaten der Vermessungsverwaltungen zu nennen

- Daten in großem Maßstab (ALKIS = Amtliches Liegenschaftskataster-Informationssystem, die für Planungsaufgaben allgemein zugängliche kartographische Komponente von ALKIS heißt in Bayern DFK, d. h. Digitale Flurkarte)



- Daten in mittlerem bis kleinen Maßstab (ATKIS = Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem)



Im Rahmen der Projekte der Landesvermessungsämter zum Aufbau digitaler Kartenwerke sind auch digitale Geländemodelle entstanden. Die Auflösung und Genauigkeit und damit die Qualität ist dabei nach Bundesländern noch unterschiedlich. Die Bayerische Vermessungsverwaltung liefert Geländemodelle inzwischen flächendeckend in wählbaren Maschenweiten von 1, 2, 5, 10, 25, 50 und

200 Metern. Angaben zu den Lage- und Höhengenaugkeiten finden sich auf der Website der Bayerischen Vermessungsverwaltung.

ATKIS als Beispiel für amtliche Vermessungsdaten:

Die erste Aufbauphase von ATKIS konnte in der Realisierungsstufe DLM 25/1 in allen Bundesländern in der zweiten Hälfte der 90er Jahre abgeschlossen werden. Der dabei verwendete Objektartenkatalog gliederte sich wie in folgender Abbildung dargestellt:

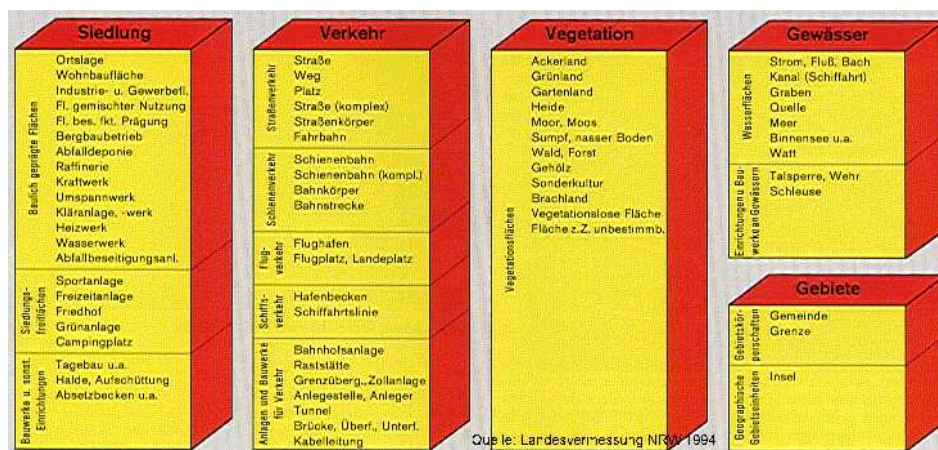


Abb.: ATKIS Objektartenkatalog DLM 25/1

Das Konzept von ATKIS ist in den Grundzügen aus der folgender Abbildung zu erkennen. ATKIS gliedert sich in die digitalen Landschaftsmodelle (DLM), die mittels Vektorgeometrien auf der Basis des ATKIS-Objektartenkataloges die Objekte der realen Welt beschreiben. Die kartographische Komponente kommt hinzu, indem unter Rückgriff auf einen ATKIS-Signaturenkatlog die Daten der DLM in digitale kartographische Modelle (DKM) umgesetzt werden. Letztlich sind die DKM die digitale Entsprechung der bisherigen topographischen Kartenwerke, wie sie jeder kennt, der schon einmal beim Wandern eine topographische Karte in den Maßstäben 1:25000 oder 1:50000 benutzt hat. Über standardisierte Austauschformate können die Daten von beliebigen Nutzern in die von Ihnen verwendeten GIS- oder CAD-Programme importiert werden.

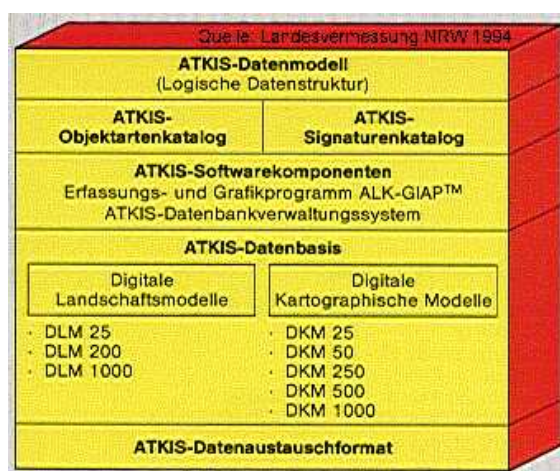


Abb.: Das Konzept von ATKIS

Aus den beiden folgenden Abbildungen ist der Datenfluss bei der Erstellung und Nutzung von ATKIS-Daten sowie die Nutzerstruktur erkennbar.

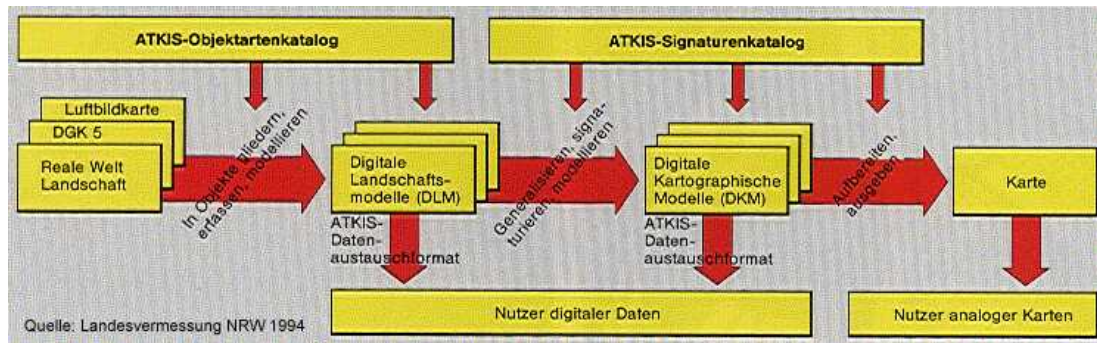


Abb.: Der Datenfluss bei der Erstellung und Nutzung von ATKIS

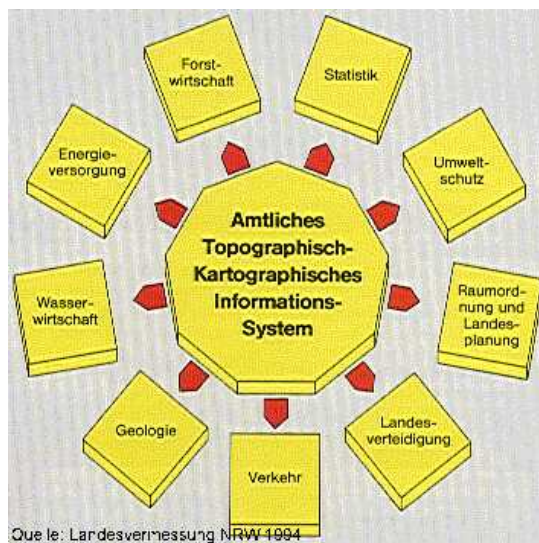


Abb.: Anwendungsgebiete von ATKIS-Daten

Am Markt sind zahlreiche GIS- oder CAD-Produkte, die bei einer Verwendung auf dem deutschen Planungsmarkt nicht an einer Schnittstelle zu den Daten der amtlichen Vermessung vorbeikommen. Daher findet sich auch zahlreiche Ergänzungssoftware, die diese Schnittstellen auf möglichst für den Nutzer komfortable Weise bereitstellen will. Die folgende Abbildung zeigt ein Beispiel für einen solchen Datenimport via Shape-Format von ESRI.

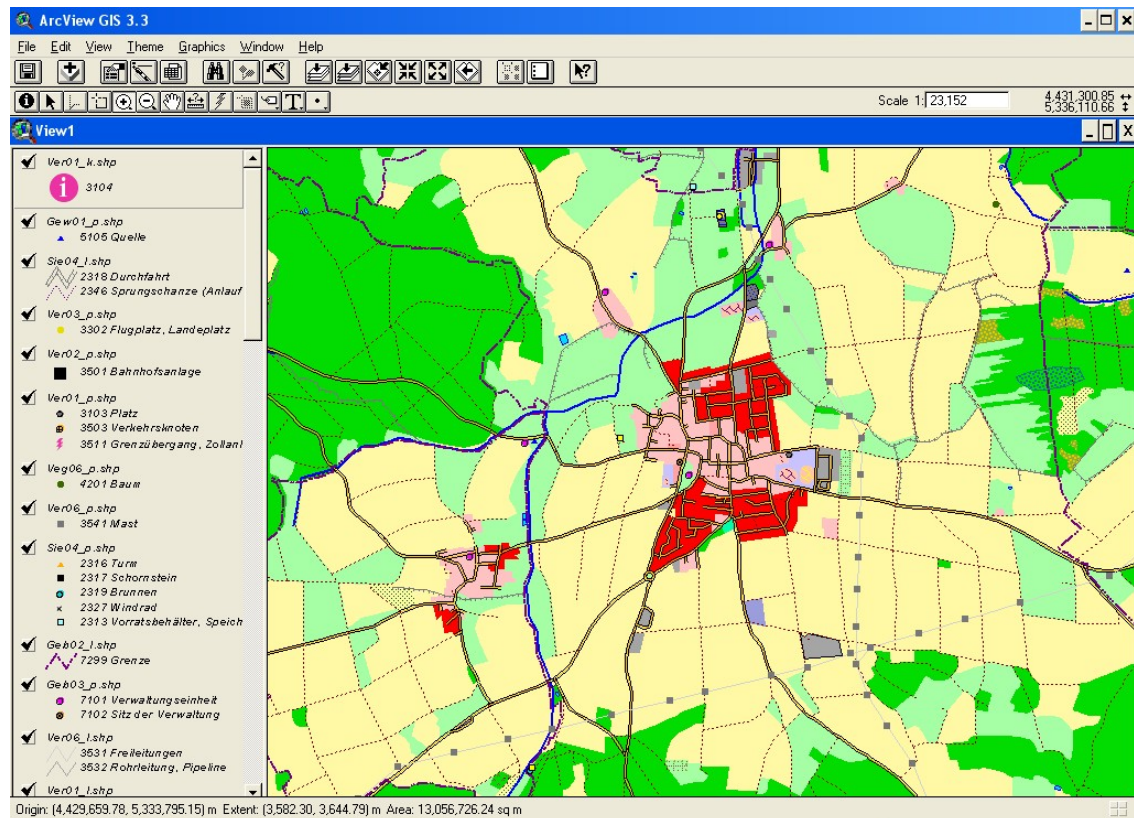


Abb.: Datenimport via Shape-Format als Beispiel für die Übernahme amtlicher Vermessungsdaten

Eine detaillierte Erläuterung zu ATKIS findet sich unter <http://www.adv-online.de> sowie auf den Webseiten der Landesämter für Vermessung und Geoinformation.

Aufgabe: Informieren Sie sich am Beispiel Ihres Heimatbundeslandes über den Realisierungsstand der Projekte ATKIS und ALKIS. Die WWW-Adresse des betreffenden Vermessungsamtes erfahren Sie unter: <http://www.adv-online.de/>

Digitale Fachdaten für Landschaftsplanung und Naturschutz

In allen möglichen Behörden, insbesondere auf Landesebene werden seit vielen Jahren räumliche Daten mit umweltplanerischer Relevanz digital erfasst, in der Regel in Maßstäben von 1 : 25000 / 1 : 50000 bzw. kleiner, teilweise aber auch in größeren Maßstäben. Die meisten Datenbestände liegen inzwischen flächendeckend vor. In Umsetzung der EU-Richtlinie über den freien Zugang zu Umweltinformationen wurde in Deutschland das Umweltinformationsgesetz verabschiedet. Darin heißt es: "Zweck dieses Gesetzes ist es, den rechtlichen Rahmen für den freien Zugang zu Umweltinformationen bei informationspflichtigen Stellen sowie für die Verbreitung dieser Umweltinformationen zu schaffen." In der Konsequenz sind heute zahlreiche Fachdaten für Landschaftsplanung und Umweltschutz problemlos über das Internet zu erhalten.

Es würde den Rahmen dieser Einführung sprengen, alle vorhandenen Datenbestände von Geodaten mit landschaftsplanerischem Fachbezug ansprechen zu wollen.

Einen guten Überblick für Bayern gibt die Website des Landesamtes für Umweltschutz (<http://www.lfu.bayern.de/umweltdaten/index.htm>) oder auch die Website des Staatsministeriums für Umwelt und Verbraucherschutz (<http://www.stmuv.bayern.de/umwelt/index.htm>).



Ein Projekt im Zuständigkeitsbereich des Bayerischen Umweltministeriums soll hier besonders erwähnt werden, nämlich das Fachinformationssystem Natur (FIS-Natur). Damit sollen alle für die Arbeit der Naturschutzbehörden relevanten Geodaten und sonstigen Informationen zusammengeführt werden. Bestandteil von FIS-Natur ist der GIS-Auskunftsarbeitsplatz FIN-View, der an allen Naturschutzbehörden im Einsatz ist und den Zugriff auf die Geodaten so einfach wie möglich machen soll.

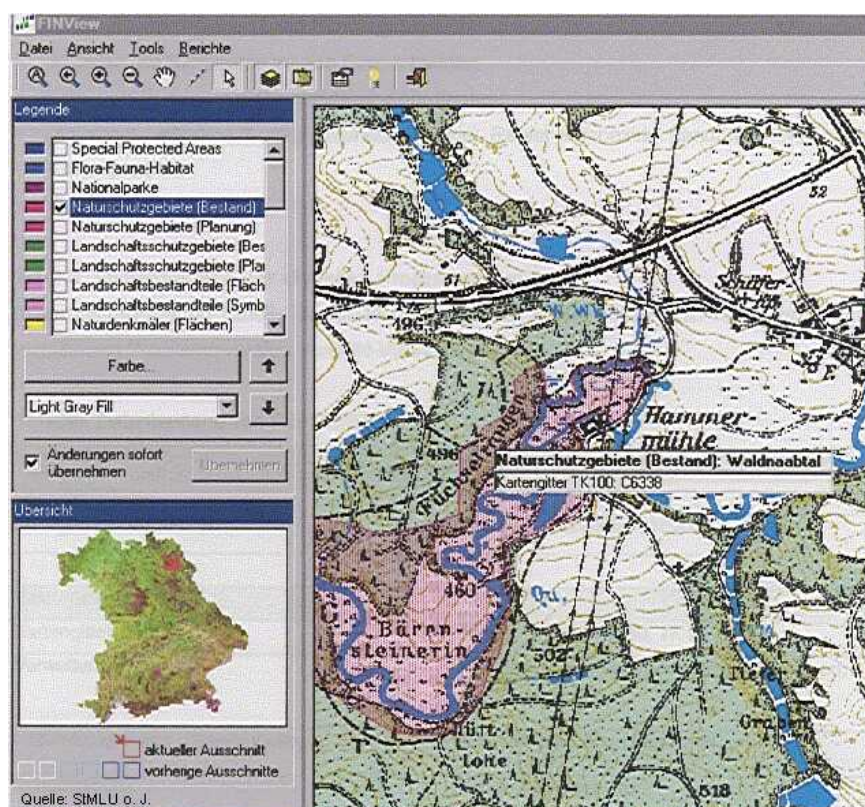


Abb.: FIN-View, der GIS-Auskunfts-Arbeitsplatz der bayerischen Naturschutzbehörden

Während FIN-View aus lizenzrechtlichen Gründen (dies betrifft weniger die Software selber, sondern vielmehr die ausgelieferten Basisdaten der Landesvermessung) nur für eine geschlossene Benutzergruppe vorgesehen ist, soll ein Teil der Daten über das Internet mittels der Oberfläche FIN-Web verfügbar gemacht werden. Einen ersten Eindruck davon gewinnt man auf der Homepage des Umweltministeriums unter:

http://www.lfu.bayern.de/natur/fis_natur/index.htm

Dort sind diverse räumliche Daten zu Natur- und Umweltschutz als Web-GIS-Applikation anzuschauen.

Eine sehr offene Informations- und Datenpolitik verfolgt schon von Beginn an das Umweltministerium in Niedersachsen, welches in Deutschland diesbezüglich eine Vorreiterrolle einnahm:

<http://www.mu.niedersachsen.de>

Dort werden neben interaktiven Karten

(<http://www.umwelt.niedersachsen.de/service/umweltkarten/interaktive-umweltkarten-der-umweltverwaltung-8669.html>) auch zahlreiche Daten im Shape-Format zum Download bereitgestellt, u. a. die komplette Biotopkartierung.

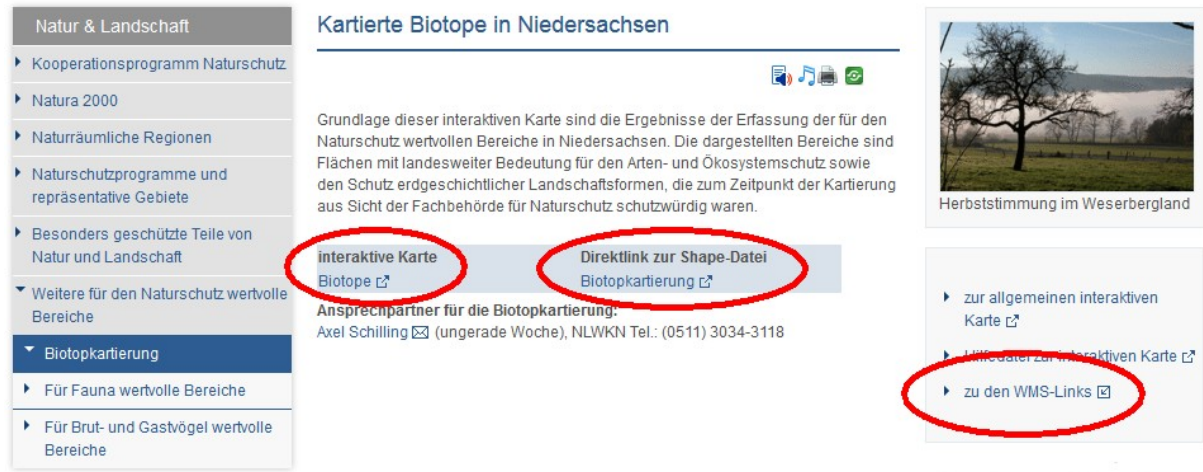


Abb.: Bereitstellung der Biotopkartierung des Landes Niedersachsen über den Server des Umweltministeriums

Einen Überblick über alle Schutzgebiete bundesweit gewinnt man auf der Seite des Bundesamtes für Naturschutz unter: <http://geodienste.bfn.de/schutzgebiete>

Ein weiteres hier zu erwähnendes Projekt in Bayern stellt die digitale Umsetzung des Arten- und Biotopschutzprogrammes (ABSP) dar. Die folgenden Ausführungen dazu entstammen der Web-Site des Landesamtes für Umweltschutz (LfU) (http://www.lfu.bayern.de/natur/absp_einfuehrung/index.htm):

"Das Arten- und Biotopschutzprogramm (ABSP) ist ein Fachkonzept des Naturschutzes. Es analysiert und bewertet auf der Grundlage der Biotopkartierung und der Artenschutzkartierung alle Flächen, die für den Naturschutz wichtig und erhaltenswert sind und leitet aus den Ergebnissen Ziele und Maßnahmenvorschläge ab. Das ABSP wird seit über 20 Jahren für die Landkreise und Städte erarbeitet und angewendet, das LfU koordiniert die Arbeiten. Es wird in ganz Bayern nach einem einheitlichen Standard von freien Planungsbüros und Spezialisten im Auftrag des LfU durchgeführt.

Die Ergebnisse des ABSP sind wichtige Grundlagen für die Naturschutzbehörden und für die Kommunen, zum Beispiel bei der Erarbeitung von Landschafts- und Grünordnungsplänen oder im Vertragsnaturschutz. Auch Planungsbüros und wissenschaftliche Einrichtungen nutzen die Daten."

Das ABSP existiert zwar für die Mehrheit der Landkreise in Bayern, allerdings noch nicht flächen-deckend.

Die Texte und Daten der ABSP-Bände stehen auf der Website des LfU zum Download bereit.

Eigens wurde dazu im Auftrag des Umweltministeriums ein Betrachtungsprogramm mit GIS-Funktionalität entwickelt (ABSP View), das lizenzfrei weitergegeben werden kann.

Die aktuelle Version des Programms umfasst u.a. folgende Funktionen:

- Anzeige der ABSP-Objekte nach Bestand oder Bewertung
- Abfrage der bewertungsrelevanten Informationen zu jedem Objekt
- Anzeige der topographischen Übersichtskarte oder der thematischen Zielkarten als Hintergrundbild
- Maßstabsfreies Ein- und Auszoomen
- Export von Kartenausschnitten als Bild in die Zwischenablage
- für Stadt-ABSP: zusätzlich Anzeige der wichtigsten Themenkarten (Erholung, Konflikte, Ressourcen)

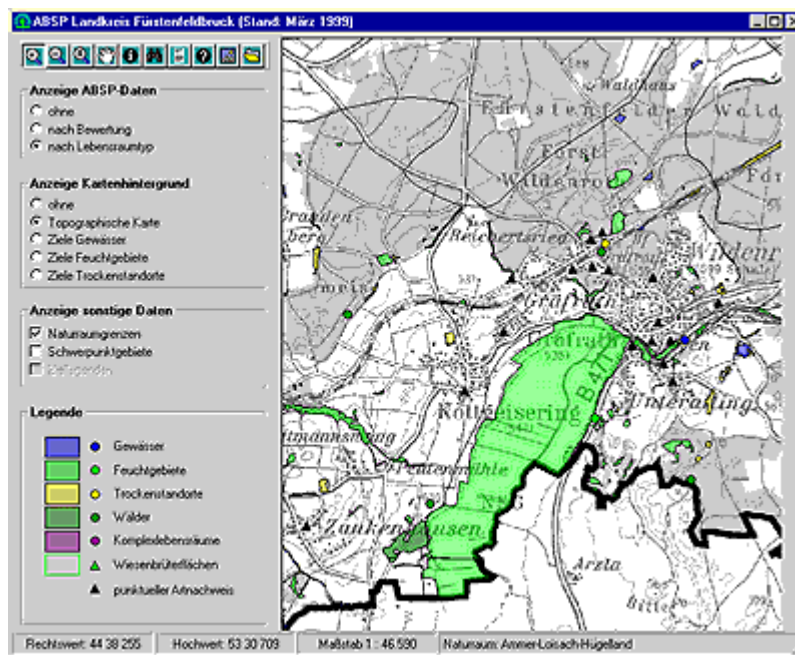


Abb.: ABSP View zur Darstellung und Abfrage der ABSP Daten der bayerischen Landkreise

Für Landschaftsplaner in Bayern wichtig ist sicher auch die Tatsache, dass die Wasserwirtschaftsämter bereits vor vielen Jahren auf GIS-Technik umgestellt haben. Ein Planungsbüro, das Aufträge im Rahmen der Gewässerpflegeplanung übernehmen möchte, kann daher heute nicht mehr ohne geeignete GIS-Technik am Markt bestehen.

Die Idealvorstellung des Austausches von Geo-Daten zwischen verschiedenen Systemen wird sich trotz der Standardisierungsbemühungen der letzten Jahre wohl auf absehbare Zeit noch nicht so einfach gestalten wie in der folgenden Abbildung dargestellt. Kenntnisse der gängigen Datenformate und deren Charakteristik mit Vor- und Nachteilen sind weiterhin für ein effizientes Arbeiten in der GIS-Welt zwingend erforderlich.



Abb.: Hallo, ich bin ein Geo-Objekt und habe folgende Struktur ...

Aufgabe: Vergleichen Sie das Datenangebot und die Informationspolitik der Umweltministerien in Bayern und Niedersachsen unter besonderer Berücksichtigung der Bereitstellung von Geodaten mit dem Umweltministerium Ihres Heimatbundeslandes

Automatische Datenerfassung für GIS Systeme (Scannen)

Wenn wir über die Datenerfassung mittels eines Scanners reden, müssen wir zwei grundlegende Aspekte unterscheiden:

- Verwendung der gescannten Karte als Rastergeometrie
- Extraktion einer Vektorgeometrie aus dem Scan-Ergebnis

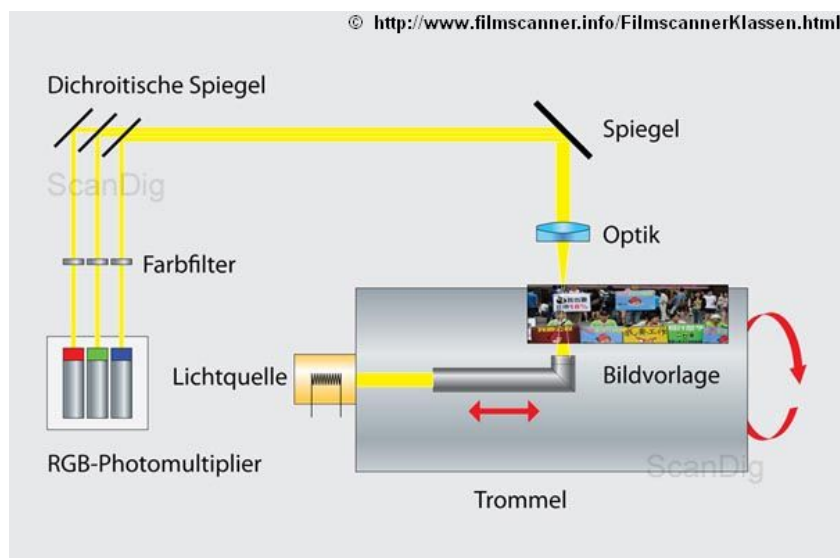
Der erstgenannte Aspekt wurde bereits im Kapitel Raster-GIS angesprochen. Im folgenden soll es nur um den zweiten Anwendungsfall gehen, der in der Praxis einige Probleme aufweist.



[Animation zum Scannen einer Karte](#)

Der Weg der automatischen Digitalisierung differenziert sich in folgende Arbeitsschritte:

- Herstellen bzw. Aufbereiten der Vorlage (z.B. Höhenlinienauszug einer topographischen Karte / saubere Strichzeichnung)
- Scannen der Vorlage als Rasterbild
 - Prinzip eines Trommelscanners



- Typische Auflösungswerte und daraus resultierende Rastermatrixgrößen ¹

Dots/inch	Linien/mm	Pixelgröße mm	Anzahl Pixel pro cm ²
200		0,127 × 0,127	6 200
300		0,085 × 0,085	13 800
400		0,064 × 0,064	24 400
	20	0,050 × 0,050	40 000
1000	40	0,025 × 0,025	160 000
	60	0,017 × 0,017	360 000
	80	0,012 × 0,012	640 000
	100	0,010 × 0,010	1 000 000

Tabelle: Typische Scanner-Auflösungswerte

Quelle: Eidenbenz 1989

¹ Tipps zum Scannen gibt es auch beim LRZ: <https://www.lrz.de/services/peripherie/scanner/scantips/>

- Skelettieren und Vektorisieren des Rasterbildes (ggf. auch vorbereitende Arbeitsschritte zur Bildverbesserung → siehe Flash-Animation zur Rastereditierung)

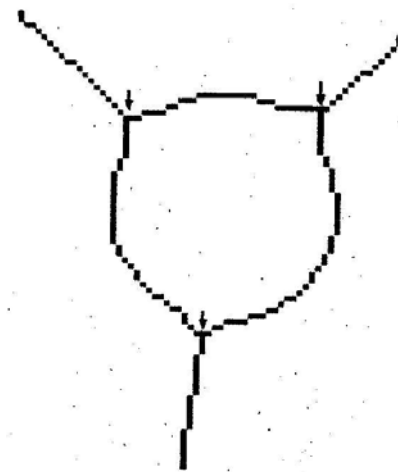


Abb. 13: Ein Pixel Verdünnung, Knoten markiert / Ligne squelette avec nœuds marqués
Quelle: Eidenbenz 1989

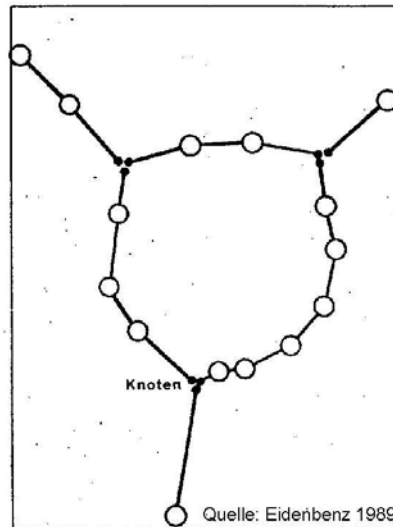
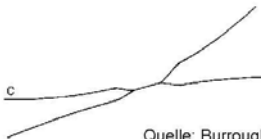


Abb. 14: Vektorisierung / Vectorisation
Quelle: Eidenbenz 1989

- Manuelle Nachbearbeitung und Fehlerkontrolle



Quelle: Burrough 1986
Fig. 4.5 Examples of errors resulting from scanning and processing the close pair of contour lines (A).



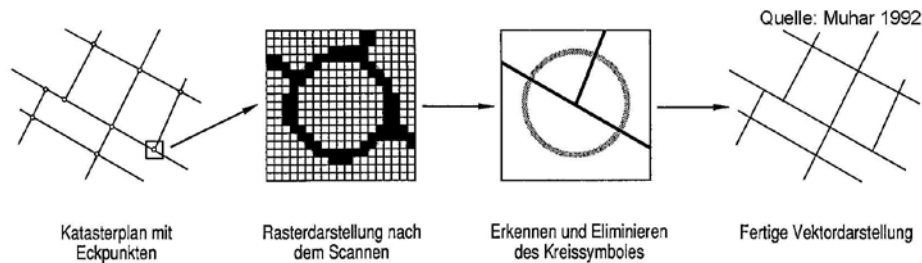
[Animation zur Rastereditierung](#)

Dieser in der Theorie zunächst unproblematisch scheinende Arbeitsgang erweist sich in der Praxis doch als mit zahlreichen Problemen behaftet. Dies fängt bereits bei der Eignung der Scangrundlage an, die hinsichtlich der folgenden Aspekte genauestens begutachtet werden muss:

- Mangelnde Farbdeckung
- Inhomogene Strichführung
- Strichunterbrechung und Neuansatz
- Sehr nahe Parallel-Linien
- Fingerabdrücke
- u. a. m.

Fazit: Es gibt sehr wohl Einsatzmöglichkeiten für die automatische Digitalisierung, ihre Bedeutung darf jedoch nicht überschätzt werden. Sie lohnt sich in der Regel nur bei Erfassungsvorhaben über größere Gebiete, bei denen zahlreiche gleichartige Kartenblätter erfaßt werden müssen. Dann lohnt es sich auch, speziell auf die Aufgabe abgestimmte Algorithmen zu entwickeln, die Probleme bewältigen wie:

- Mustererkennung von geometrischen Strukturen (Beispiel: Knoten/Grenzsteine in Katasterplänen (Kreissymbole))



- Mustererkennung von Zahlen und Schriften (Beispiel: Höhenlinienbeschriftung in den Linien mit Schließen der Linie und Attributzuweisung an die Linie)
- Erkennung von Kartensymbolen und Zuweisung der damit verbundenen Thematik an das Geo-Element)

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass vorläufig die automatische Digitalisierung die manuelle nicht vollständig verdrängen wird. Derzeit ist davon auszugehen, dass für landschaftsplanerische Anwendungen das manuelle Digitalisieren in mindestens 80 - 90 % der Fälle der einzig gangbare Weg der Datenerfassung ist.

Einen in vielen Fällen denkbaren Zwischenweg stellt jedoch die Methode der halbautomatischen Vektorisierung dar, wie sie beispielsweise im Rahmen der GIS-Software ArcGIS mit dem Modul ArcScan (Fa. ESRI) zur Verfügung steht. Dieses Werkzeug beinhaltet einen Linienverfolgungs-Algorithmus. Der Benutzer setzt dabei am gescannten Rasterbild am Bildschirm einen Cursor auf die zu vektorisierende Linie. Das Programm versucht nun, aus der Pixelfolge die Vektorgeometrie zu extrahieren. Wenn es eine Linienunterbrechung vorfindet (z. B. bei Höhenlinien im Bereich der Höhenlinienbeschriftung, fragt es beim Benutzer um Hilfe nach. Diese besteht darin, den Cursor dorthin zu platzieren, wo die Linienverfolgung fortgesetzt werden soll. Die Rolle des Benutzers beschränkt sich also in diesem Fall auf eine Prozessüberwachung und -korrektur.

Aufgabe: Berechnen Sie den Speicherplatzbedarf in MegaByte (MB) für einen Scan der Größe DIN A 1 (594 x 841 mm), wenn die verwendete Auflösung 300 DPI (dots per inch) beträgt, der Scan ein Graustufenbild liefern soll (256 Graustufen) und die Datei im Format TIFF (unkomprimiert) gespeichert werden soll.

Manuelle Datenerfassung

Für die manuelle Erfassung von Vektorgeometrien aus einer Kartenvorlage stehen zwei grundsätzliche Arbeitstechniken zur Verfügung:

- Verwendung eines Digitalisiertisches, auf den die Kartenvorlage aufgespannt wird
- Scannen der Karte und Hinterlegung des Scans am Bildschirm, auf dem die manuelle Vektorerfassung durchgeführt wird

Mit der aktuell verfügbaren Hardware (insbesondere Rechnerleistung in Kombination mit großformatigen Bildschirmen) ist die erstgenannte Variante gegenüber der zweitgenannten deutlich in den Hintergrund getreten. Nur selten bzw. an spezialisierten Arbeitsplätzen trifft man noch einen Digitalisiertisch an.²

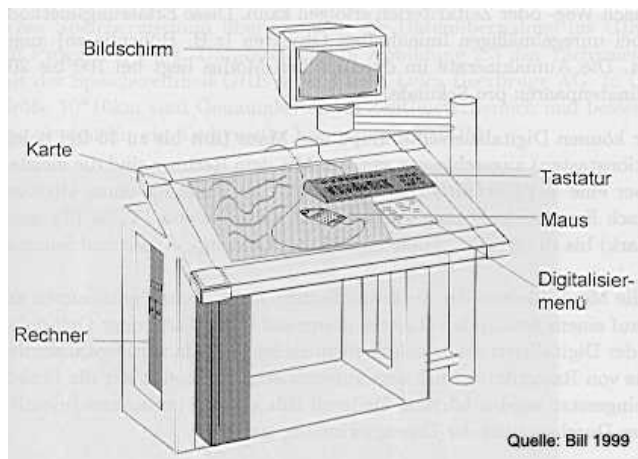


Abb.: Arbeitsstation mit Digitalisiertisch (aus: Bill 1999; in der Auflage von 2010, S. 63 wurde die Abbildung leicht verändert)

Bei einem Digitalisiertisch handelt es sich um einen Tisch mit einem integrierten feinmaschigen Drahtnetz. Die Lokalisierung der Fadenkreuzlupe (Maus) erfolgt durch Messung der elektrischen Ströme in diesem Maschennetz.

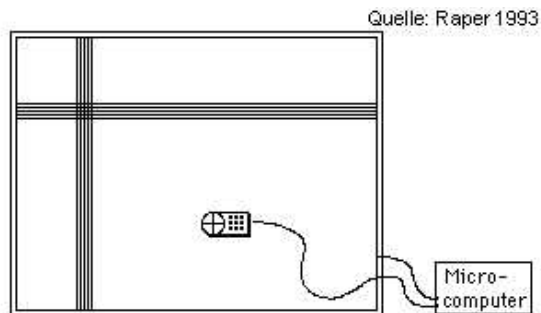


Abb.: Funktionsprinzip eines Digitalisiertisches (aus: Raper 1993)

Bevor die Erfassung der Koordinaten beginnt, muss dem System die Lokalisierung der auf dem Digitizer aufgespannten Karte im jeweiligen Landeskoordinatensystem mitgeteilt werden. Dies geschieht durch Eingabe mehrerer Passpunkte (in der Regel werden die 4 Karteneckpunkte verwendet), bei denen neben der Messung auf dem Tisch die zugehörigen Koordinaten des Landeskoordinatensystems eingegeben werden. Danach können sämtliche erfassten Koordinaten automatisch in das Landeskoordinatensystem umgerechnet werden.

² Die früher an der HSWT vorhandenen Digitalisiertische wurden inzwischen eingemottet.



Animation zur Passpunkterfassung

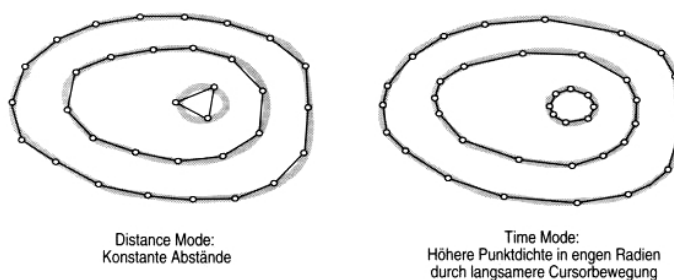


Animation zur Koordinatenanzeige

Das Abfahren von Linien am Digitalisiertisch kann je nach System in 2 Modi erfolgen:

- Punkt-Modus (Point Mode)
Dabei werden vom Bearbeiter einzelne Punkte auf der Kartenvorlage erfasst
- Linienverfolgungs-Modus (Stream Mode)
In diesem Modus werden distanz- oder zeitabhängig mit dem Bewegen der Fadenkreuzlupe über den Digitalisiertisch Punkte auf der Kartenvorlage erfasst. Insofern unterscheidet man:
 - Distance Mode
 - Time Mode

Isohysen als Anwendungsfall für Linienverfolgungsdigitalisieren.



Quelle: Muhar, 1992

Abb.: Erfassung von Isolinen mittels Distanz- bzw. Time Mode

Beide Methoden haben, für sich allein genommen, ihre Vor- und Nachteile. Interessant ist daher ein kombiniertes Verfahren, z. B. prinzipiell in Zeitintervallen, aber nur wenn eine definierte Mindeststrecke zurückgelegt wurde

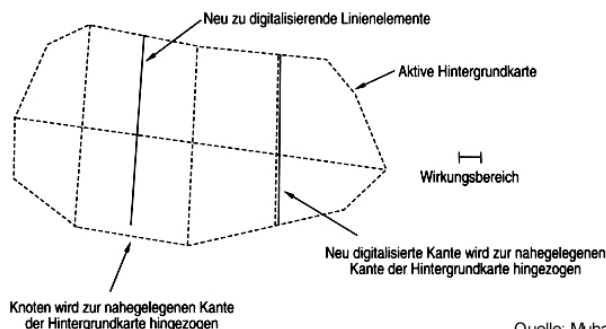


Animation zu Varianten der manuellen Digitalisierung (Point- und Stream-Mode)

Wesentliche Hilfestellung beim Digitalisieren von Linien sind die in allen Systemen realisierten Fang- ("Snap-") Funktionen. Dabei wird beim erneuten Anfahren eines bereits erfaßten Punktes innerhalb einer einstellbaren Toleranz dessen Koordinate als mit dem bereits vorhandenen Punkt identisch angesehen. Der neue Punkt wird auf den alten "hingezogen".

Auch können bereits vorhandene Karten als "Hintergrundkarten" mit am Kontrollbildschirm eingeblendet werden, um in der Realität identische Strukturen auch identisch zu digitalisieren.

Aktive Hintergrundkarte als Hilfsmittel beim Digitalisieren von Karten mit teilweise identischen Linienelementen.



Quelle: Muhar, 1992

Abb.: Digitalisierung auf der Basis bereits vorhandener Geometrien (aus: Muhar 1992)

Wie am Anfang dieses Kapitels bereits erwähnt, ermöglichen die heute gängigen Systeme auch das Einblenden von Bildern als Hintergrund (z. B. Luftbilder oder als Rasterbild vorliegende topographische Karten). Wenn das Luftbild – wie heute üblich – ein entzerrtes Orthophoto ist, so kann darauf direkt Koordinaten getreu digitalisiert werden.

Die Erfassungsmodule gängiger GIS-Programme bieten eine ähnliche Funktionalität bezüglich der Manipulationsmöglichkeiten wie auch CAD-Programme:

- Schieben
- Rotieren
- Duplizieren
- Löschen
- ... von Linien und einzelnen Punkten

Abb. 51. Einfache Editieroperationen an Linienelementen.

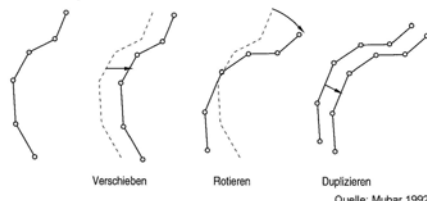
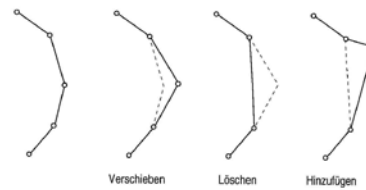


Abb. 52. Operationen an Zwischenpunkten eines Linienelementes.



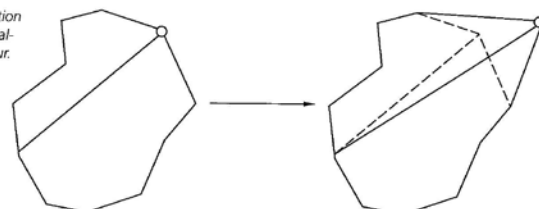
Quelle: Muhar 1992

Quelle: Muhar 1992

Abb.: Typische Editieroperationen an Linien und Punkten (aus: Muhar 1992)

Manche Systeme lassen über solche grundlegenden Editieroperationen hinaus auch Manipulationsmöglichkeiten unter gleichzeitiger Beibehaltung der topologischen Struktur zu. Besonderes Augenmerk ist bei der Digitalisierung und Kontrolle auf die Stimmigkeit der Kanten-Knoten-Struktur zu richten (saubere Knoten-Anschlüsse ohne Unter- und Überschüsse).

Abb. 53. Verschiebungsoperation an einem Knoten unter Beibehaltung der topologischen Struktur.



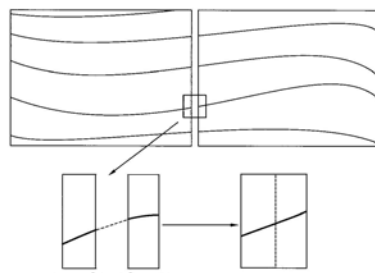
Verschiebung eines Knotens

Quelle: Muhar 1992

Abb.: Verschiebung eines Knotens unter Beibehaltung der topologischen Struktur (aus: Muhar 1992)

Ein besonderes Thema ist auch die Beachtung der Übergänge am Blattschnitt bei kartenblattübergreifender Erfassung.

Abb. 55. Randabgleich beim Zusammenführen zweier Kartenblätter.



Quelle: Muhar 1992

Abb.: Randabgleich beim Zusammenführen benachbarter Kartenblätter



[Animation zum Randabgleich benachbarter Kartenblätter](#)

Manche Systeme bieten auch Hilfestellung beim lokalen Fehlerausgleich, falls durch Blattverzug u. ä. lokale Lagefehler aufgetreten sind (Rubbersheeting).

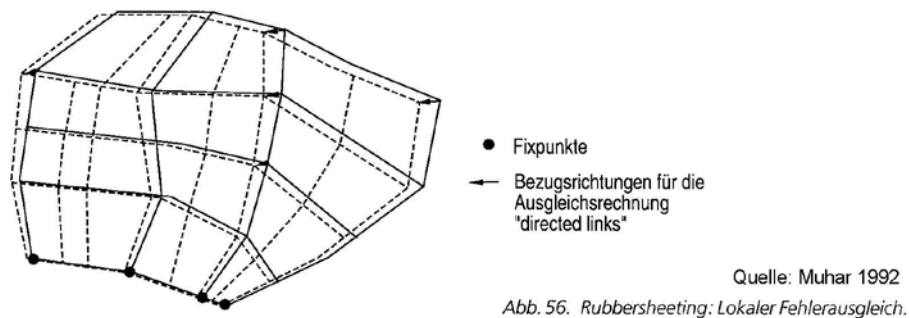
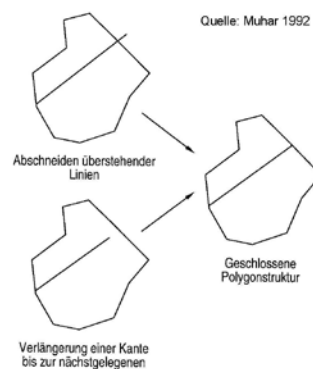


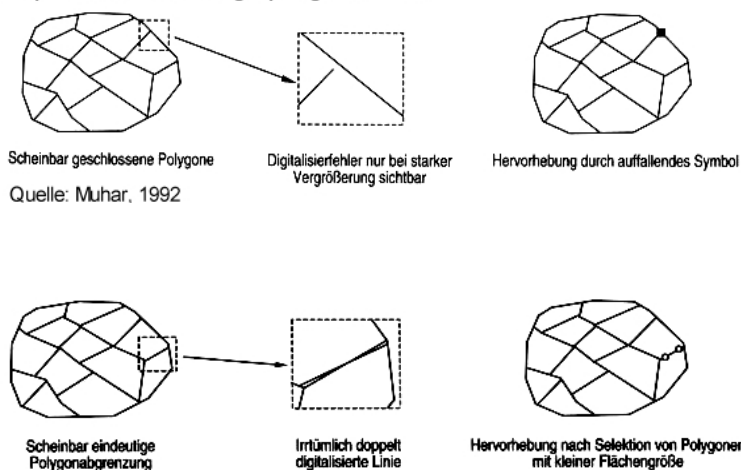
Abb.: Lokaler Fehlerausgleich durch "Rubbersheeting" (aus: Muhar 1992)

Die Nichtbeachtung der möglichen Fehlerquellen bei der Geometrieerfassung führt zwangsläufig zu Problemen bei der Erzeugung einer fehlerfreien Topologie, da dort nicht geschlossene Flächen nicht korrekt interpretiert werden können oder auch versehentliche Doppeldigitalisierungen zu nicht gewünschten Mikropolygonen führen.

Abb. 54. Operationen zur Herstellung einer geschlossenen Polygonstruktur.



Graphische Hervorhebung topologischer Fehler



Anwendung von Wertebereichen für geometrische Attribute beim Auffinden von Digitalisierfehlern
Quelle: Muhar, 1992

Abb.: Topologieprobleme durch unpräzise Digitalisierung (aus: Muhar 1992)



[Animation zu Problemen bei der Editierung von Vektorgeometrien](#)



[Animation zur teilautomatisierten Editierung von Vektorgeometrien](#)

Ein weiterer Aspekt, der zur Datenerfassung gerechnet werden muß, ist die Transformation der Tischkoordinaten in ein Landeskoordinatensystem. Bereits am Anfang dieses Kapitels wurde die Möglichkeit der Umrechnung von Tischkoordinaten am Digitizer durch Eingabe von Passpunkten angesprochen. Damit erfolgt von vornherein eine Speicherung aller erfassten Geometrien im Landeskoordinatensystem. Dieser Vorgang ist auch nach erfolgter Digitalisierung noch möglich. Die wichtigsten Aspekte einer solchen Transformation erläutert die nachfolgende Flash-Animation:



[Animation zum Verständnis von Transformationen](#)



[Animation zur Transformation \(Beispiel\)](#)

Weniger im Zusammenhang mit der Projektbearbeitung im Planungsbüro, wohl aber im Zusammenhang mit der bei Behörden notwendigen Verwaltung großer Datenbestände über einen größeren Raum besteht die Notwendigkeit zum Aufbau und zur Organisation einer Kartenbibliothek, die die Datenbestände entweder in gleichförmigen Raumeinheiten (z. B. Blattschnitt) oder auch in ungleichförmigen Raumeinheiten (z. B. administrative bzw. naturräumliche Grenzen) gliedert.



[Animation zur Organisation einer Kartenbibliothek](#)

Last but not least soll noch eine weitere Möglichkeit zur Datenerfassung kurz angesprochen werden, die dem manuellen Digitalisieren zugerechnet werden muss: die stereoskopische Erfassung aus Luftbildern an speziellen Geräten (photogrammetrische Auswertegeräte).

Während entzerrte Orthophotos direkt als Bildschirmhintergrund für die lagegetreue Digitalisierung verwendet werden können, braucht man bei nicht entzerrten Luftbildern ein spezielles Equipment. Dafür bietet sich hier der Vorteil, dass bei der Verwendung zweier benachbarter Luftbilder des gleichen Bildfluges beide einen gemeinsamen Überdeckungsbereich aufweisen. Die korrekte Orientierung der Bilder in einem stereoskopischen Auswertegerät (Photogrammeter) läßt diese nicht nur dreidimensional betrachten, sondern ermöglicht auch eine Digitalisierung im dreidimensionalen Raum. Eine ausführlichere Darstellung findet sich u. a. bei Bill (2010).

Mit der Erweiterung "Stereo Analyst" bietet auch ArcGIS von ESRI eine Funktionalität zur 3-dimensionalen Auswertung von Luftbildern.

GIS als Analyse- und Planungswerkzeug

Bereits zu Beginn dieser Einführung haben wir versucht, GIS nach Systemfunktionen zu gliedern und dabei festgehalten, dass der wesentliche Punkt für ein GIS-Softwarepaket, das im Umfeld der Landschafts- und Umweltplanung eingesetzt werden soll, dessen analytische Fähigkeiten sind. Gemeint ist damit die Eigenschaft, räumlich verortete Datenbestände nicht nur komfortabel aufnehmen, speichern und in vielfältiger Variation kartographisch wiedergeben zu können, sondern darüber hinaus diese gemäß vorgegebener planerischer Fragestellungen auswerten zu können.

Zusammenfassend kann also die Funktionalität eines GIS folgendermaßen beschrieben werden:

- **Eingabe**
 - Digitalisieren, Scannen, digitale Bilddaten
 - Kontrolle, Korrektur, Nachführen
 - Konsistenzprüfung, Fehlerausgleich
 - Koordinatentransformation
- **Analyse**
 - Auswahl
 - Verschneidung (Analytische Überlagerung von Datenbeständen)
 - Nachbarschaft, Abstände
 - Statistik, Interpolation
 - Netzanalyse
 - Dreidimensionale Analysen (Sichtbeziehung, Hangneigung und -orientierung, u.a.)
- **Ausgabe**
 - Geometrie: Karten (Plots)
 - Thematik: Berichte (Datenbankreports)

Nachdem wir die wesentlichen Aspekte der Datenerfassung bereits besprechen haben, wollen wir uns in diesem Kapitel den Analysefunktionen zuwenden. GIS-Analysen können wir zunächst einmal differenzieren hinsichtlich der beteiligten Ebenen und dabei unterscheiden in Analysen, die:

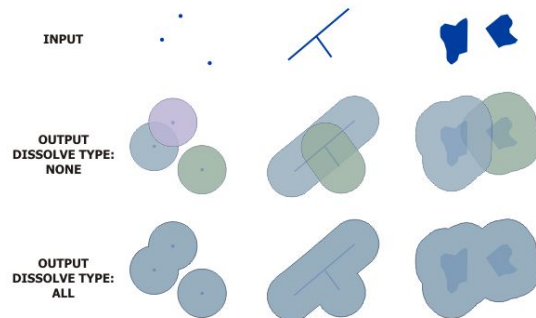
- nur die Inhalte einzelner thematischer Ebenen auswerten
- mehrere Ebenen miteinander verknüpfen und aus dieser Kombination Rückschlüsse ziehen

Ergebnis von Analysen können sein:

- neue thematische Ebenen bzw. deren kartographische Repräsentation
- Tabellen und Statistiken als Dateien oder Bildschirmausgaben

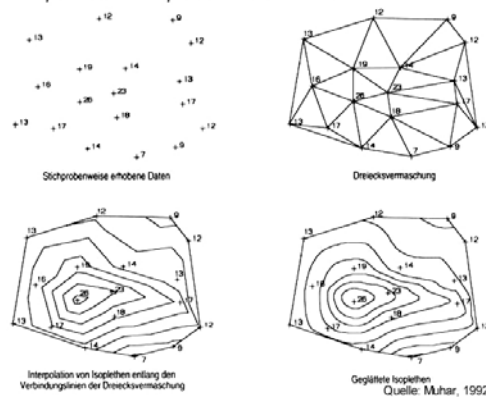
GIS-Operationen an einzelnen thematischen Ebenen

- Statistische Auswertungen
 - Summen-, Mittel-, Extremwerte
 - Häufigkeitsverteilungen
 - Bilanzen
- Pufferbildung (Abstandflächen um Punkte, Linien, Flächen)

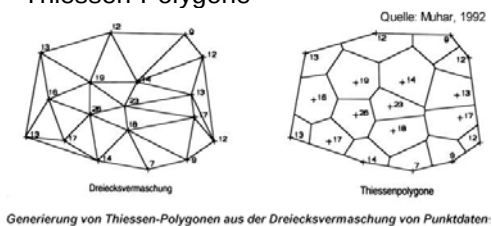


- Flächenbezug aus Punktdaten
 - Isolethen

Interpolation von Isolethen aus Punktdaten



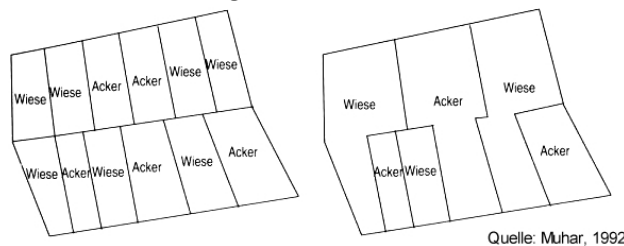
- Thiessen-Polygone



Generierung von Thiessen-Polygonen aus der Dreiecksvermaschung von Punktdaten:

- Auflösung von Grenzlinien zwischen Flächen gleicher Attributsausprägung

Elimination von Grenzlinien einer Katasterkarte über das Attribut der Flächennutzung



- Generierung von thematischen Auszügen einer Ebene (Selektion von Teilinhalten)

GIS-Operationen an mehreren thematischen Ebenen

- Verschneidung thematischer Ebenen (OVERLAY)

- Fläche in Fläche

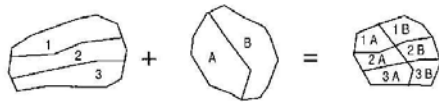
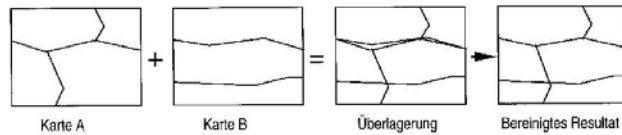


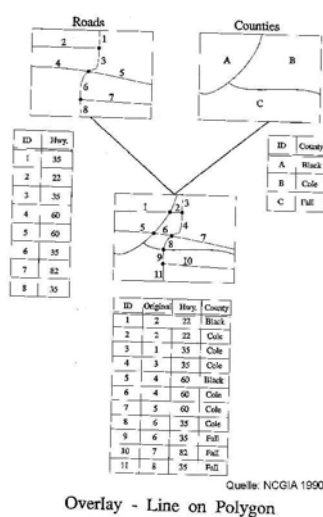
Abb. 74. Verknüpfung zweier thematischer Karten mit Bildung des geometrischen Durchschnitts.



Quelle: Muhar 1992

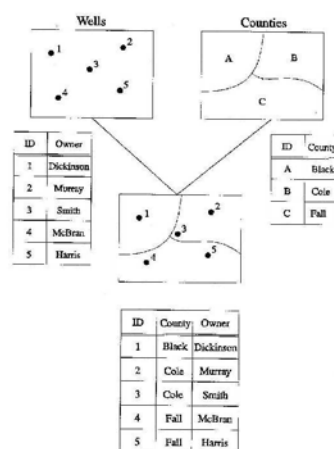
Abb. 75. Verringerung der Schnittflächenzahl durch Elimination sehr kleiner Flächen.

- Linie in Fläche



Overlay - Line on Polygon

- Punkt in Fläche



Overlay - Point in Polygon

Darauf aufbauend Einsatz von Bewertungsmodellen durch simultane Betrachtung verschiedener räumlich verorteter Informationen

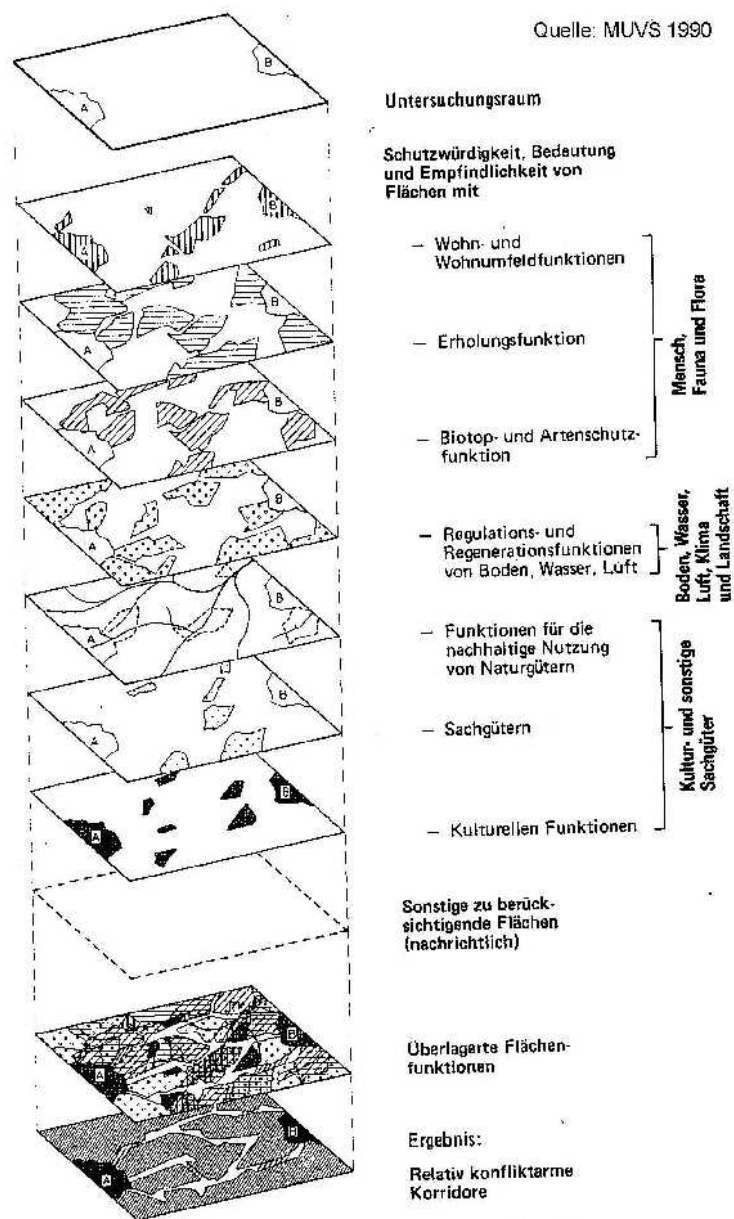
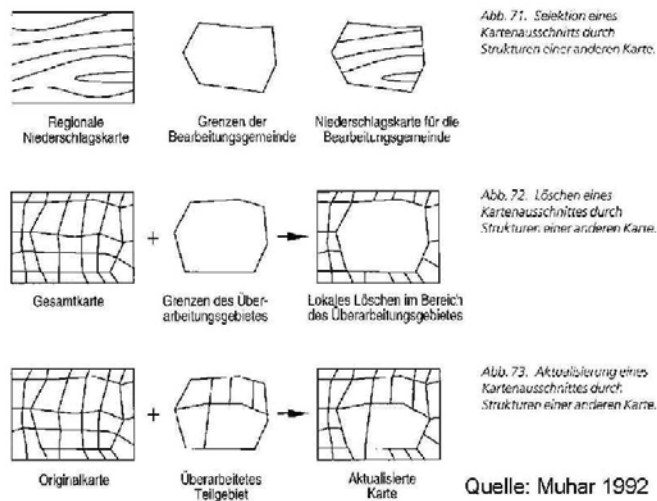


Bild 3: Ermittlung konfliktarmer Korridore
(Wertstufen innerhalb der Funktionen nicht dargestellt)

- Räumlicher Auszug (CLIP)

- Update von Teilräumen



Digitale Geländeanalysen

- Hangneigungen
- Hangexpositionen
- Geländeprofile
- Sichtbeziehungen
- 3-D-Darstellungen

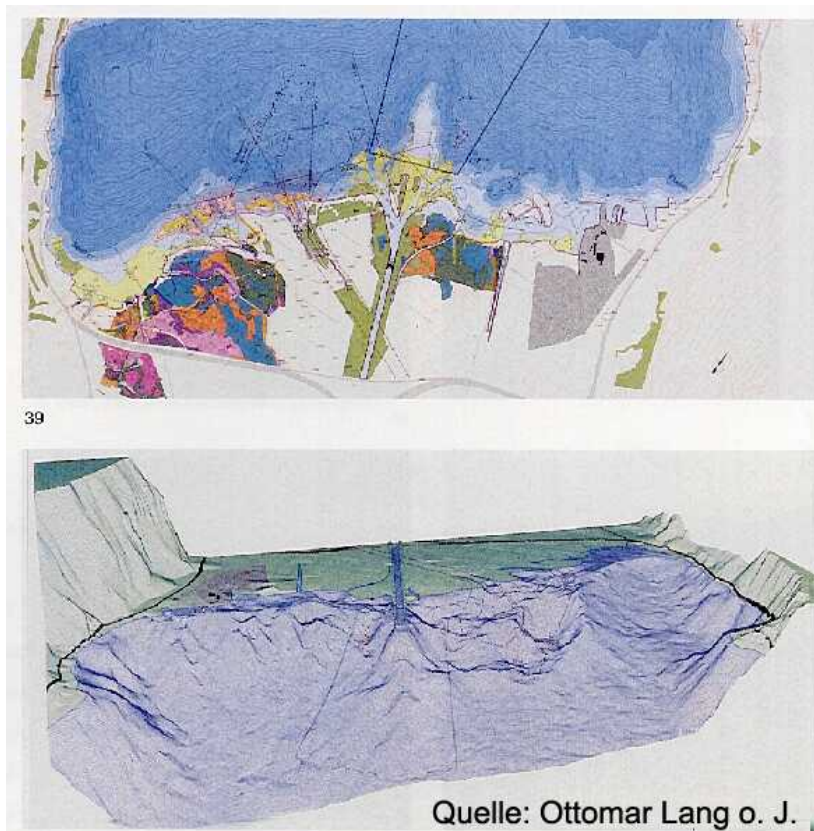


Abb.: 3-D-Darstellung des Reussdeltas (Schweiz)

Beispiele für komplexe Fachmodelle mit GIS

- Lärmausbreitung
 - Verkehrsaufkommen
 - Verkehrsartenanteile
 - Geschwindigkeiten
 - Abschattungswirkungen durch das Gelände
 - Abschattung / Reflexion durch GebäudeDetails siehe DIN 18005 (Schallschutz im Städtebau)
- Luftschadstoffausbreitung
- Grundwassersimulation
- Erosionsprognose

Veränderung der Arbeitsplatzsituation durch GIS am Beispiel eines Arbeitsplatzes in einer Naturschutzbehörde

Als Beispiel für die durch GIS vollkommen veränderten Arbeitsvorgänge in einer lokalen Behörde sei hier die vom bayerischen Umweltministerium vorangetriebene Entwicklung eines GIS-Arbeitsplatzes für die Unteren Naturschutzbehörden genannt. Vor der Einführung von GIS-Technik griff ein Sachbearbeiter bei der Erarbeitung von Stellungnahmen im Naturschutzbereich auf die in der Behörde vorhandenen und in Kartenschränken gelagerten Kartenarchive zurück und musste mühsam die vorhandenen Karten zusammentragen und am Leuchttisch auswerten.

Heute sitzt er vor dem Computer und hat alle für den jeweiligen Landkreis vorhandenen Fachdatenbestände am vergleichsweise einfach zu bedienenden GIS-Auskunftsarbeitsplatz "FIN-View" griffbereit. Das Beispiel in der folgenden Abbildung verdeutlicht die synoptische Darstellung aller für einen Raumausschnitt vorliegenden Datensätze in einem einheitlichen räumlichen Bezugssystem. Je nach gerade gewähltem Darstellungsmaßstab wird die passende topographische Karte hinterlegt, bei näherem Hereinzoomen auch die digitale Flurkarte bzw. aktuelle Luftbilder.

Während "FIN-View" in einer ersten Ausbaustufe ein reines Darstellungstool ohne eigene Datenerfassungskomponente war, lässt die aktuelle Version auch die Ergänzung der Daten durch eigene Kartierungen zu.

Neben dem Zugriff auf Geo-Fachdaten bietet "FIN-View" der Naturschutzfachkraft auch den digitalen Zugriff auf alle relevanten Gesetzestexte, Codepläne, Kartierschlüssel und weitere Informationen.

Das Daten-Rückgrat dieses Arbeitsplatzes basiert auf dem bereits vor vielen Jahren beim Bayerischen Umweltministerium initiierten Datenerfassungs- und -bereitstellungs-Projekt FIS-Natur (Fachinformationssystem Naturschutz).

FIS-Natur enthält alle Fachinformationen, die in Bayern im Bereich Naturschutz und Landschaftspflege digital vorliegen. Regelmäßig erhalten die Landkreise Updates aus dem zentralen Datenbestand. Teile des Datenangebotes (wie schutzwürdige Biotope, Schutzgebiete und Natura-2000-Flächen), die nicht lizenzrechtlichen Restriktionen unterliegen, sind auch für die interessierte Öffentlichkeit in einem "abgespeckten" Web-GIS-Tool namens "FIN-Web" verfügbar:

http://www.lfu.bayern.de/natur/fis_natur/index.htm

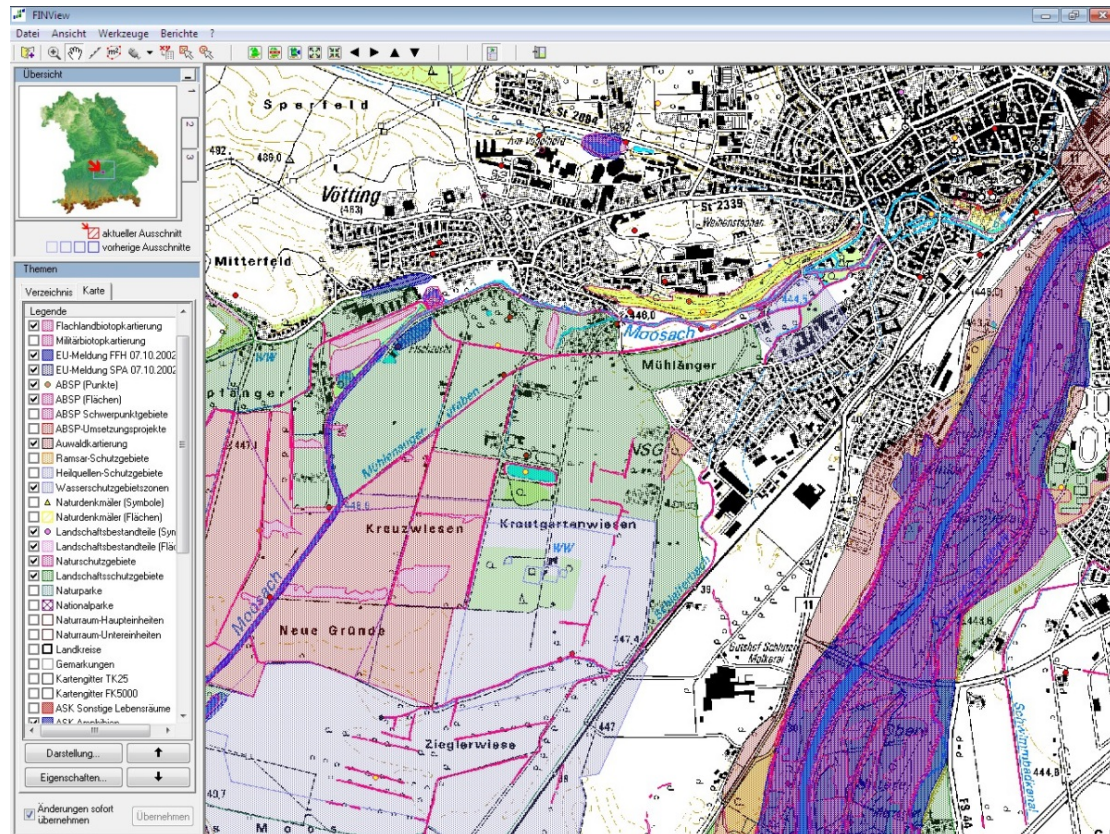


Abb.: Arbeitsplatz "FIN-View" in einer Unteren Naturschutzbehörde in Bayern

Veränderung der Arbeitsplatzsituation durch GIS am Beispiel eines Arbeitsplatzes in einem Planungsbüro

Komplexe Analysen können mit entsprechenden Werkzeugen auch (teil-)automatisiert durchgeführt werden. Dies sei an einem Beispiel aus dem GIS-Lehrbetrieb an der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf erläutert.

Ausgangspunkt der Überlegung ist die folgende Fragestellung: Welche Flächen könnten sich im Münchner Westen für die Entwicklung weiterer Baugebiete eignen?

Zunächst einmal müssen die für die Beantwortung dieser Frage heranzuziehenden Kriterien definiert und die dazu notwendigen Daten zusammengestellt werden. In unserem Beispiel könnten dies sein:

- Keine neuen Baugebiete innerhalb geschützter Bereiche
- Realisierung neuer Baugebiete in der Nähe zu vorhandenen Baugebieten
- Berücksichtigung der landwirtschaftlichen Nutzung
- Abstände zu Verkehrsinfrastrukturen (Autobahn, Eisenbahn)
- Abstände zu Hochspannungsleitungen
- Nähe zu Haltepunkte des öffentlichen Nahverkehrs
- Hinzu kommt ggf. der Einbezug weiterer übergeordneter Planungsvorgaben

Die Analyse der vorhandenen Daten im Hinblick auf die genannte Fragestellung kann einerseits iterativ vorgenommen werden. Dies wird man bei einem ersten Durchlauf einer Analyse sicher in der Regel so machen, um jeweils angemessen auf die Ergebnisse der Zwischenschritte reagieren zu können. Eine für gut befundene Vorgehensweise kann dann auch mit Hilfe entsprechender Werkzeuge automatisiert werden, wie das Beispiel in der folgenden Abbildung unter Verwendung des "Model Builders" aus ArcGIS zeigt.



Abb.: Beispiel einer GIS-basierten Analyse mit dem "Model Builder" in ArcGIS (blau: Ausgangsdaten; gelb: GIS-Operationen; grün: Zwischenergebnisse und Endergebnis)

Kommunale Landschaftspläne werden heute in der Regel nicht mehr manuell sondern digital erstellt. Die Stadt Jena, die in den Jahren 2011 - 2013 die Fortschreibung ihres Landschaftsplanes beauftragt hat, schreibt auf ihrer Website: "Der Landschaftsplan wird mit Hilfe eines Geografischen Informationssystems (GIS) erarbeitet und bietet damit die Möglichkeit, die immer größer werdenden Mengen an raumbezogenen Daten digital zu erfassen, zu verarbeiten, zu analysieren und zu verwalten. Dadurch werden aufwendige Analysen, Bewertungen und Prognosen erleichtert. Die Ergebnisse der Erarbeitung des Landschaftsplanes dienen somit gleichzeitig als Arbeitsgrundlage für die laufende Verwaltungsarbeit. Die Aufbereitung der Daten als GIS-Projekt ist außerdem eine Voraussetzung, um interaktive Karten im Internet zu präsentieren und somit der Umweltinformationspflicht nachzukommen und die Öffentlichkeitsarbeit zu erleichtern"

(http://www.jena.de/de/stadt_verwaltung/stadtverwaltung/dezernat3/fb_bauen_umwelt/fd_umweltschutz/team_untere_naturschutzbehoerde/landschaftsplanung/249508, abgefragt am 6. September 2015).

In der Fachwelt viel beachtet war das in den Jahren 2002 - 2005 vom Bundesamt für Naturschutz finanzierte und gemeinsam von der Universität Hannover und dem Planungsbüro Entera durchgeführte Entwicklungs- und Erprobungsvorhaben "Interaktiver Landschaftsplan Königslutter". Dabei ging es um die Integration neuer Medien in den Prozess der Landschaftsplanung und damit die Entwicklung und Erprobung neuer Formen der Bürgerbeteiligung im Planungsprozess. Die Bürger hatten die Möglichkeit nicht nur über das Internet schriftliche Eingaben und Anregungen zu formulieren, sondern erstmals die Gelegenheit, sich mittels eines WebGIS-Tools auch an der Datenerfassung zu beteiligen bzw. korrigierende Anregungen graphisch einzubringen. Damit wurde auch bezogen auf die Landschaftsplanung das vielzitierte Konzept Web 2.0 greifbare Realität.

Die Website des Projektes ist weiterhin zu erreichen unter: <http://entera-online.com>

(abgefragt am 6. September 2015)

GIS als kartographisches Werkzeug

Schon bei den soeben durchgesprochenen Projektbeispielen standen immer kartographische Repräsentationen von digital gespeicherten Daten im Vordergrund. Insofern ist aus der praktischen Anschauung heraus bereits vieles angedeutet, was Kartographie innerhalb von GIS ausmacht. Die äußere Gestaltung von graphischen Darstellungen im Bereich der Planung hat eine große Bedeutung für den Informationsfluss zwischen Planern, Auftraggebern und Betroffenen. Die kartographischen Fähigkeiten eines GIS spielen somit eine sehr wichtige Rolle bei der Systemauswahl. Übergänge zwischen Programmen zur "digitalen Kartographie" und GIS sind in der Praxis fließend, denn jedes GIS braucht auch Komponenten zur kartographischen Präsentation.

Exemplarisch sollen nur einige Aspekte angesprochen werden, die in diesem Zusammenhang von Bedeutung sind. Eine ausführlichere Darstellung findet sich u. a. bei Muhar (1992) sowie in vertiefter Form bei Bill (2010).

Ausgabegeräte:

- Großformat (bis DIN A 0 und darüber)
 - Ink-Jet Plotter: hat sich mittlerweile als Standard durchgesetzt
 - Laserplotter
- Kleinformat (DIN A 4 / DIN A 3)
 - Laserdrucker
 - Ink-Jet Drucker

Am Anfang einer jeden Kartographie, also auch der GIS-unterstützten Kartographie steht der Kartenentwurf. Dieser Prozess hat noch gar nichts mit EDV zu tun, sondern ist ein gestalterischer Vorgang im Kopf des Kartographen (oder Planers), der festlegt, wie die darzustellenden Inhalte zu Papier gebracht werden sollen.

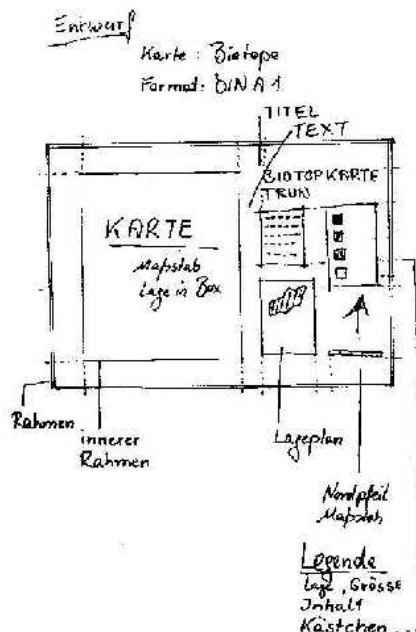
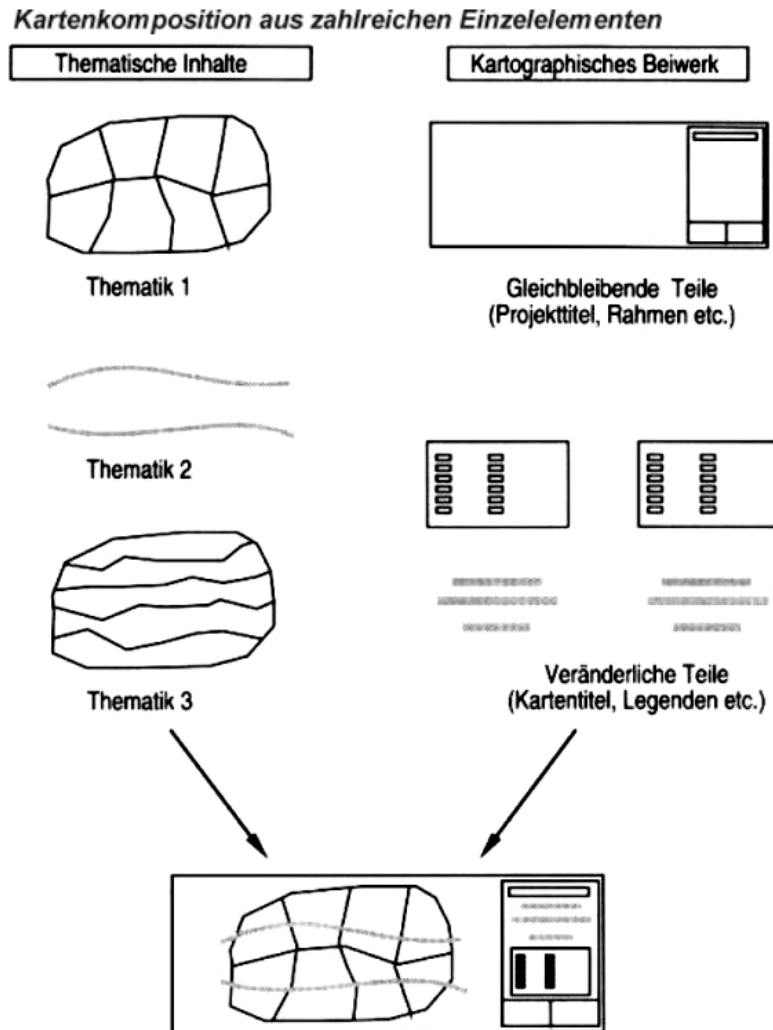


Abb.: Kartenentwurf

Erst wenn der Kartenentwurf steht, sollte die Umsetzung mittels der Kartenkompositionswerkzeuge des GIS angegangen werden. Den prinzipiellen Arbeitsablauf bzw. die Struktur dieses Vorganges zeigt folgende Abbildung.



Quelle: Muhar, 1992

Abb.: Kartenkomposition mit einem GIS (aus: Muhar 1992)

Praxistaugliche GIS-Systeme bieten nicht nur "werksseitig" ein Standard-Repertoire an Darstellungsmöglichkeiten, sondern erlauben dem Benutzer darüber hinaus, nach seinen eigenen Vorstellungen die Plansymbolik weiterzuentwickeln: Die dazu notwendigen Werkzeuge werden als Symbol-Editoren bezeichnet.

Symbol-Editoren in GIS-Systemen:

- Schraffur-Editor (auch für die Definition von Flächentönungen)
- Linien-Editor
- Punkt-Editor
- Textsymbol-Editor

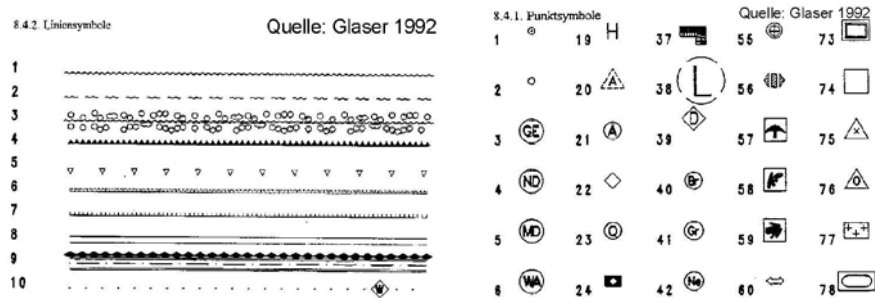


Abb.: Symbolpaletten in einem GIS für Zwecke der Landschaftsplanung

Bei der Zuordnung von Plansymbolen zu Geoelementen aufgrund der hinterlegten Thematik zeigt sich auch ein ganz wesentlicher Unterschied zwischen "volltauglichen" GIS-Programmen und Kartographie-Programmen, die aus der CAD-Welt abgeleitet und weiterentwickelt wurden. Während bei Verwendung eines klassischen CAD-Programmes jede darzustellende Fläche einzeln hinsichtlich ihrer Symbolik definiert werden muss, geschieht dies in einem GIS üblicherweise über Symbol-Zuordnungstabellen, die die Darstellung auf der Basis der Sachdaten (thematische Attribute) unter Hinzug von Symbolpaletten steuern.

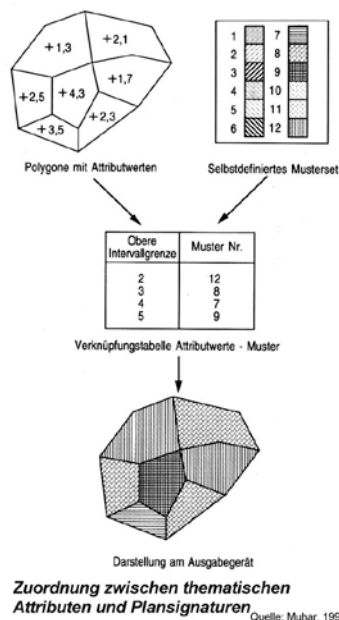


Abb.: Zuordnung zwischen thematischen Attributen und Plansignaturen (aus: Muhar 1992)

Kartographische Anforderungen an GIS-Benutzer

GIS-Systeme lassen in ihren kartographischen Modulen dem Benutzer eine ausgesprochene Freiheit bei der Kartengestaltung. Dies führt bei ungeübten Kartographen, die GIS-Einsteiger häufig sind, zu kartographisch unüberlegten und oft symbolüberladenen, knallbunten Produkten, über die ein alter Kartograph nur die Nase rümpfen würde. Es empfiehlt sich daher, auch im Zeitalter von GIS noch Bücher zu konsultieren, die aus Vor-GIS-Zeiten stammen, nämlich die klassischen Lehrbücher der Kartographie.³

³ Das gleiche gilt übrigens auch für das sog. Desktop-Publishing (DTP). Auch dabei tut es gut, sich des alten Wissens der Setzer zu erinnern. Nicht von ungefähr sind Bücher auf dem Markt mit Titeln wie "Setzerwissen für Desktop-Publisher".

Kartographie multimedial

Neben das klassische kartographische Produkt als Papierkarte (Plot) treten die zusätzlichen Möglichkeiten der Kartographie in einem multimedialen Umfeld zunehmend in den Vordergrund. Dabei geht es um die Verknüpfung von Elementen auf der Karte mit diversen Dokumenten und Medien im Hintergrund. Dies reicht von der einfachen Abfrage von Sachdaten über die Darstellung eines mit einem Kartenelement verknüpften PDF-Dokumentes bis hin zum Abruf von Mediendateien wie Video- oder Audiosequenzen. De Lange (2006, S. 270ff) spricht in diesem Zusammenhang sogar von einem Paradigmenwechsel in der Kartographie. Solche Möglichkeiten werden nicht nur im professionellen Umfeld der Landschaftsplanung eingesetzt, sondern sind darüber hinaus längst im Alltag z. B. des Bürgers als Erholungssuchendem in Natur und Landschaft angekommen. Als Beispiel sei hier das sehr ausgereifte WebGIS-basierte Besucherinformationssystem des Wildnisparks Zürich im Sihlwald genannt (<http://maps.wildnispark.ch>). Je nach Interessenspräferenz kann der Besucher bereits vor einer Anreise verschiedene Möglichkeiten der Freizeitaktivität sondieren und sich so auf den Besuch vorbereiten. Dazu gehört auch die Verlinkung zu den Anreisemöglichkeiten mit dem öffentlichen Personennahverkehr samt Fahrplan. Den kartographischen Hintergrund bilden dabei entweder topographische Karten oder aktuelle Luftbilder der "swisstopo".

In Kombination mit den inzwischen in Deutschland flächendeckend verfügbaren Geländemodell-Daten (teilweise bis hinunter zu einem 1-Meter-Raster) gewinnen auch GIS-basierte 3-D-Visualisierungen an Bedeutung. Neben den in gängigen GIS-Programmen verfügbaren Bordmitteln (z. B. 3-D-Analyst in ESRI's ArcGIS) existieren am Markt sowohl kommerzielle Produkte für dieses Anwendungsfeld (z. B. "Visual Nature Studio") als auch Produkte im Open Source Bereich, wie das in Deutschland entwickelte Programm "Biosphere3D". Rund um dieses Thema beginnt sich aktuell ein Markt zu etablieren, auf dem diverse spezialisierte Büros ihre Dienstleistung anbieten.

Auch in Youtube finden sich bereits zahlreiche Beispiele für 3D-Visualisierungen mit GIS, z. B. unter: <http://www.youtube.com/watch?v=zwXjbEsg1TU> (3D Animation GIS-Visualisierung Wasserkonzept Solingen).

Aktuelle und zukünftige Entwicklungen

GIS im Umfeld der Landschaftsplanung hat bisher in Deutschland eine Entwicklungszeit von rund 40 Jahren hinter sich. Der bekannte Harvard-Professor und GIS-Pionier Carl Steinitz hat einmal gesagt: "Any IT solution you implement now will be useless after 10 years or even earlier, believe me, I have seen it all." Als Autor dieses Kapitels blicke ich selber auf gut 35 Jahre Beschäftigung mit GIS in Anwendung und Lehre zurück und kann aus dieser Perspektive nur bestätigen, dass das einzige Kontinuum der Wandel selber ist.

Bezüglich aktueller und zu erwartender zukünftiger Entwicklungen seien daher abschließend einige kurze Anmerkungen geäußert:

GIS goes mobile:

Bereits in den Neunziger Jahren gab es erste Anwendungen professionellen GIS-Einsatzes in der Landschaftsplanung mit mobilen Computern. Heute hat eigentlich jeder mit seinem Smartphone mobiles GIS-Potential in der Jackentasche. Die bekannten GIS-Anbieter stellen in Form von Apps Mini-Versionen ihrer GIS-Software bereit. In Kombination mit den eingebauten GPS-Empfängern ist damit auch die mobile Datenerfassung möglich. Ein schönes Beispiel für die mobile GIS-Anwendung im naturbezogenen Freizeitbereich ist der digitale Wanderführer "iWebPark" des Schweizer Nationalparks (<http://www.nationalpark.ch/go/de/besuchen/wandern/digitaler-guide-webparksnp>).

Digitale 3D-Stadtmodelle:

Digitale Geländemodelle werden schon seit einiger Zeit durch die Vermessungsverwaltungen bereitgestellt. Neu kommen derzeit 3D-Gebäudemodelle hinzu. Die bayerische Landesvermessung beispielsweise stellt entsprechende Daten bereits jetzt flächendeckend im Level of Detail 1 bereit (LoD 1 entspricht einem Blockmodell, also einem extrudiertem Grundriss des Gebäudes). Im Aufbau ist bereits die nächste Ausbaustufe (LoD 2), bei der die Gebäude als 3D-Modell der Außenhülle samt Standarddachformen zur Verfügung gestellt werden.

Crowd Sourcing:

Dieser vom Begriff "outsourcing" abgeleitete Terminus bezeichnet den Einbezug einer ganzen Community in die Entwicklung von Produkten. Im Zusammenhang mit GIS trifft dies auf das im Jahre 2004 initiierte Projekt "Open Street Map" zu (OSM = the free map of the world). Jeder interessierte Hobby-Kartograf kann sich einen Account bei der OSM-Community einrichten und auf diesem Wege zur Erweiterung und Verbesserung der freien Weltkarte beitragen. Ein mit internationalen Masterstudierenden durchgeführter Test ergab, dass rund 50 % der Teilnehmer für den ihnen gut bekannten Heimort (weit verteilt zwischen Südamerika, Europa und Asien) eine vergleichbare Qualität zwischen OSM und Google Maps festgestellt hatten, etwa 25% sahen OSM als die detailliertere oder präzisere Datenquelle an und nur rund 25% waren der Meinung, dass OSM derzeit weniger Qualität bietet.

Augmented Reality:

Im Gegensatz zur "Virtual Reality", die eine existierende oder zukünftig geplante Realität im Computer darstellt, geht es bei "Augmented Reality" (in Deutsch: erweiterte Realität) um die Erweiterung der sichtbaren Realität mit virtuellen Komponenten. Der Ansatz als solcher ist im Forschungsumfeld eigentlich nicht neu. Mittels einer (durchaus etwas unhandlichen) Datenbrille (head mounted display) wurde dem Nutzer in die betrachtete Wirklichkeit per Überblendung eine virtuelle Komponente eingeblendet, z. B. im Bereich der Architektur das geplante Aussehen des Stadtplatzes oder ein nicht mehr vorhandenes historisches Gebäude. Technische Voraussetzung dafür ist, dass dem System der jeweilige Standort und die Blickrichtung des Betrachters bekannt sind. Diese grundlegende Technik ist mittlerweile auch in Apps für das Smartphone angekommen. Dabei bringt einerseits die Kamera des Gerätes die betrachtete Umgebung auf das Display, andererseits werden virtuelle Inhalte in die Szene eingeblendet. Als Beispiel kann die App "Wikitude World Browser" genannt werden, die diverse touristische Attraktionen, Restaurants oder Geldautomaten in die Szene einblendet und damit eine Art mobiler Reise-Assistent ist. Anwendungen im Bereich der Landschaftsplanung, bei denen nicht sichtbare Aspekte in die Darstellung eingeblendet sind, werden vermutlich nicht mehr lange auf sich warten lassen.

Geodesign:

Im Jahre 2010 fand im ESRI Headquarter in Redlands der erste "Geodesign Summit" statt, zu dem eine illustre Runde von Planern, Wissenschaftlern und GIS-Spezialisten zusammenkam, um sich über die Zukunft von GIS, CAD und digitalen Visualisierungstechniken auszutauschen.

Videoaufzeichnungen der Konferenz finden sich unter: <http://video.esri.com/series/5/2010-geodesign-summit>.

In der englischsprachigen Wikipedia wurde der Begriff bereits aufgenommen. Dort wird erläutert, dass es beim Geodesign darum geht, räumliche Analysen in den Entwurfsprozess einfließen zu lassen, mit deren Hilfe vor dem Hintergrund einer Vielzahl von bekannten und räumlich verorteten Informationen über den zu planenden Raum die Auswirkungen eines Entwurfes idealerweise "on the fly" überprüft werden können. Das Ziel ist die Sicherstellung eines "sustainable design", also einer nachhaltigen Entwurfslösung oder Planung.

Von Steinitz (2012) stammt das Buch "A Framework for Geodesign", in dem dieser Geodesign als das Zusammenspiel von 4 Akteuren interpretiert: design professions, geographic sciences, information technologies and 'the people of the place'.

In Deutschland hat sich Erich Buhmann an der Hochschule Anhalt der Aufgabe angenommen, im Rahmen der jährlich stattfindenden Tagung "Digital Landscape Architecture" die vorher mehrheitlich in den USA geführte Diskussion auf den europäischen Kontinent zu holen. Dort haben neben zahlreichen anderen Referenten aus dem In- und Ausland auch Schwarz-von Raumer und Stokman (2012) mit ihrem Beitrag "Geodesign - Approximations of a catchphrase" versucht, die Diskussion methodologisch einzugrenzen und den Aspekt der "Collaboration" ins Zentrum der Betrachtung zu stellen (siehe weiterhin auch: Schwarz-von Raumer und Stokman 2013).

Literatur

Siehe Literaturhinweise auf der EDL-Website im Modul "GIS"