

---

DAS GEOGRAFISCHE INFORMATIONSSYSTEM "ARC/INFO"  
UND DIE MÖGLICHE ANWENDUNG AUF GEO-DATEN

J. SCHALLER, Fa.ESRI, Kranzberg / München

---

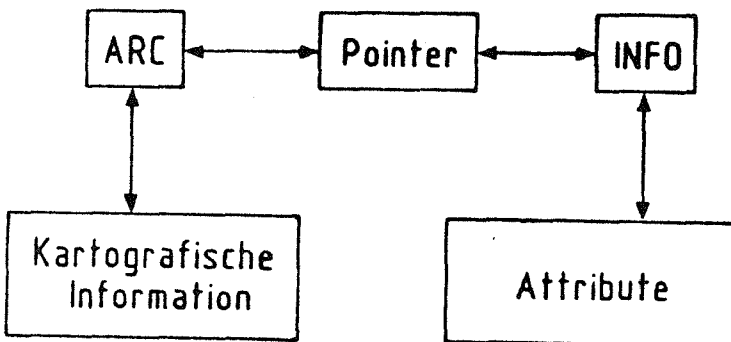
Zusammenfassung

ARC/INFO ist ein allgemein verwendbares Softwaresystem für die Bearbeitung flächenbezogener Daten. Das Programmpaket ARC verarbeitet in interaktiver Weise alle Formen von Geometrien, also Punkte, Linien, Polygone, Raster und Netzwerke. Die relationale Datenbank INFO ist mit dem ARC-System verknüpft und verwaltet die geometrischen Elemente und die Attribute. Diese Kombination der Datenbank mit dem graphischen Softwarepaket stellt eine hocheffiziente Lösung für die interaktive Bearbeitung geografischer Informationen dar.

EINFÜHRUNG

ARC/INFO ist ein Geografisches Informationssystem (GIS) zur Bearbeitung flächenbezogener Daten und der Hauptbestandteil der ESRI GIS-Software. Das Softwarepaket kann weitgehend Hardware-unabhängig betrieben werden. Standardmäßig läuft es auf 32 Bit Kleincomputern ab 2 MB Kernspeicher. ARC/INFO ist ein Hybridsystem (vgl. Abb. 1).

Abb. 1: Hybridsystem ARC/INFO



Das Programmsystem ARC verarbeitet alle Formen von Geometrien, also Punkte, Linien, Polygone, Raster und Netzwerke; die relationale Datenbank INFO, mit der das ARC-System verknüpft ist, verwaltet die geometrischen Elemente und deren Attribute.

Die Kombination der Datenbank mit dem grafischen Softwarepaket stellt eine hocheffektive Lösung für die interaktive Bearbeitung geografischer Informationen dar.

Innerhalb von ARC/INFO sind allgemeine Modellbausteine für Planungs- und Analysezwecke realisiert, wie z.B. die Selektion von optimalen Korridoren, integrierte Analysemodelle für ökologische Analysen und Bewertungen.

ARC/INFO besitzt Schnittstellen zu allen Formen flächenbezogener Daten, d.h. es können Linien-, Raster-, Polygon- oder Netzwerkdateien aus unterschiedlichsten Quellen wie z.B. digitaler Bildverarbeitung bearbeitet und im gewünschten Format ausgegeben werden. Das Softwarepaket kann weitgehend Hardware-unabhängig installiert und betrieben werden. Es ist modular aufgebaut und deckt alle wesentlichen Anforderungen ab, die heute an moderne GIS-Systeme gestellt werden. ARC/INFO ist komplett interaktiv und kann über eine leicht zu lernende Kommandosprache bedient werden. Die Software wurde auf dem Hintergrund ständiger Projektanwendungen entwickelt und integriert alle wesentlichen Prinzipien von modernem Software-engineering, relationalem Datenbanksystem und kartografischer Theorie. Innerhalb ARC/INFO sind eine ganze Reihe aktueller Bausteine realisiert wie z.B. ein interaktiver, grafischer EDITOR, schnelle Polygonverschneidung, Buffergenerierung, Projektion und Transformation, Randabgleich, Flächen- und Längenberechnung, Kartengeneralisierung und -zusammenlegung, Netzwerkauswertungen usw.. ARC/INFO ist voll dokumentiert, wird laufend aktualisiert und ist als System weltweit mehr als 200 mal installiert.

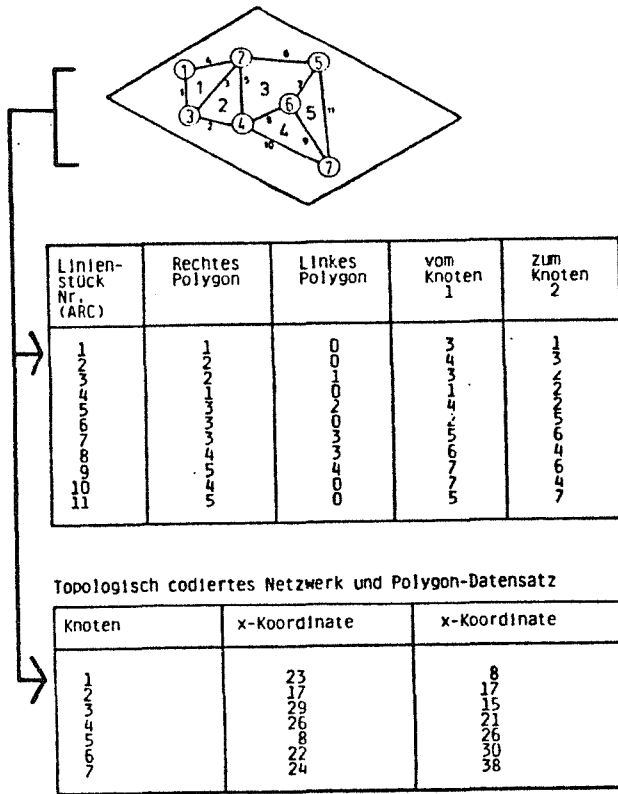
Kartografische Daten sind relativ einfach aus x-y Koordinaten und topologischen Beziehungen zwischen diesen Koordinaten aufgebaut. Die Koordinaten bestimmen den Ort und die topologischen Daten beschreiben die Beziehungen zwischen Linienstücken, Knotenpunkten, Flächen und Rasterelementen.

Bei der Erstellung der ARC/INFO Datenbasis werden die topologischen Beziehungen automatisch als sogenanntes "codiertes Netzwerk" erzeugt und in der INFO-Datenbank gespeichert.

chert (vgl. Abb. 2).

Abb. 2: Codierte Netzwerk-Karte

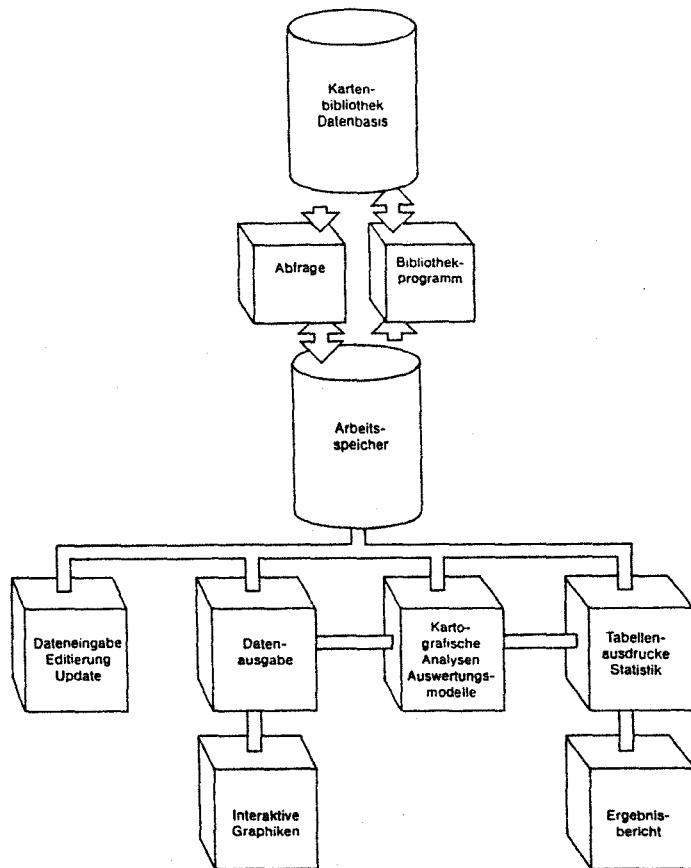
(Struktur des x,y Koordinaten-Knoten-Datensatzes)



Diese spezielle Datenstruktur erlaubt einen sehr schnellen Zugriff und kurze Rechenzeiten auch bei komplizierten Rechenoperationen wie z.B. Polygonverschneidung. Außerdem können in dieser Struktur sehr große Datenmengen (z.B. für ein ganzes Land mit vielen thematischen Ebenen) platzsparend gespeichert werden, da jedes Linienstück nur einmal in der Datenbank mit seinen Attributen abgespeichert ist.

Dateneingabe, Speicherung und Ausgabe ist vollständig interaktiv und menügesteuert. Der Anwender wird automatisch nach der Karte, dem Namen, dem Maßstab oder der Projektion gefragt. Er kann sich eine beliebige Menge oder Untermenge einer großen Datenbasis in seinen Arbeitsspeicher holen und diese Daten interaktiv bearbeiten (vgl. Abb. 3).

Abb. 3: Struktur der ESRI ARC/INFO Datenverarbeitung



### DIE KOMMANDOSPRACHE

ARC/INFO wird mit einer anwenderfreundlichen Kommandosprache bedient, die sehr anspruchsvolle Anwendungen wie Datenanalysen, Tabellenoperationen, Erstellung von kartografischen und statistischen Plotausgaben erlaubt, ohne daß der Nutzer über Programmierungskennntnisse verfügen muß. Die Kommandosprache ist leicht zu lernen und zu bedienen. Daneben können durch den Anwender Macros gebildet werden, die Standardprozeduren ablauffähig bereit halten. Diese Prozeduren können sowohl im Batch als auch an der Nutzeroberfläche ablaufen. Die Kommandos werden in natürlicher Sprache gegeben, z.B. für das Verschneidungskommando OVERLAY

- OVERLAY (Name Eingabekarte) (Name Verschneidungskarte)  
(Name Ergebniskarte)

Kommandos können ebenfalls in Form von Macros oder logischen Abfolgen für die effiziente Ausführung gruppiert werden.

## DIE DATENBASIS

ARC/INFO organisiert geografische Daten unter Verwendung eines relationalen und topologischen Modells. Dabei werden zwei ursprüngliche Klassen räumlicher Daten verwendet: Kartografische Daten, die den Ort und die Topologie von Punkten, Linien und Polygonen beschreiben und Attribute, die die Ausprägung dieser Daten beschreiben. Das voll relationale Datenbanksystem INFO erlaubt dem Anwender recht einfach aus umfangreichen Attributsätzen flächenbezogene Tabellen, statistische oder thematische Auswertungen zu definieren, einschließlich numerischer und alfanumerischer Daten, Textbearbeitung und Verweise zu Tabellen interpretativer Daten wie Farben, Schraffuren und grafischen Symbolen.

Der Datenmanager kann auch verschiedene Dateien miteinander verbinden und nach einzelnen Merkmalen selektieren. Die kartografischen Daten sind einfach strukturiert mit Koordinaten und Topologie (vgl. Abb. 2). Die x,y Koordinaten werden verwendet, um den Ort zu beschreiben, die Topologie dient der Beschreibung der räumlichen Beziehungen der Linienstücke, Knoten und Polygone. Diese Topologie wird vollautomatisch erstellt. Um eine ARC/INFO Datenbasis zu erzeugen, ordnet eine Softwareprozedur automatisch die Nummer des rechten und linken Polygons zu den Koordinatensträngen, die als Linienstücke (ARCS) gekennzeichnet sind. Über einen Verweis werden die kartografischen Daten mit den Attributen in der Datenbank verknüpft (vgl. Abb. 1). Diese topologische Datenstruktur von ARC/INFO hat vier herausragende Vorteile:

- Polygondaten werden in Form von strukturierten Netzwerken von Linienstücken (Spaghetti) und nicht als geschlossene Schleifen gespeichert, wie dies in vielen Polygondatenbasen der Fall ist. Diese Struktur vermindert den notwendigen Speicherplatz um nahezu 50 %.

- Die Struktur beschleunigt die Geschwindigkeit bei der Abfrage und Datenverarbeitung. Komplizierte Auswertungen wie Polygonverschneidung werden gegenüber klassischen Polygonverschneidungen enorm beschleunigt.
- Bestimmte räumliche Analysen werden erst durch die Netzwerkstruktur ermöglicht, wie z.B. die Netzwerksimulation, Berechnung von Einzugsbereichen usw.
- Die Struktur erlaubt die Speicherung und Verarbeitung sehr großer Datenmengen z.B. für ganze Länder in vielen thematischen Ebenen. Die üblichen Begrenzungen konventioneller Systeme mit einer maximalen Zahl von Punkten, Linien oder Polygonen liegen von der Software her gesehen nicht vor.

#### DATENEINGABE, SPEICHERUNG UND UPDATING

Die Dateneingabe ist einfach und interaktiv. Über einen Digitalisierungsprozeß können kartografische Daten am Tablett menügesteuert und interaktiv eingegeben werden. Die Software promptet den Anwender und fragt nach Kartennamen, Maßstab Projektion, Entzerrung oder nach bekannten Referenzkoordinaten. Polygone werden in Form von Linienstücken digitalisiert, das Inselproblem wird automatisch bearbeitet. Beschriftungspunkte können errechnet oder eingefügt werden. Die Software editiert und bereinigt automatisch die rohdigitalisierte Karte (Bereinigung von Über- und Unterschüssen, Knotenberechnung und Zusammenrundung, Ausscheidung überflüssiger Koordinatenpunkte und doppelter Linien), berechnet Flächengrößen, Linien, Längen und Flächenumfang .

ARC/INFO akzeptiert alle gängigen Datenstrukturen aus der flächenbezogenen Datenverarbeitung. Unter ARC/INFO können Scannerdaten, Satellitenbilddaten aus einer digitalen Bildverarbeitung, DLG (Digital Line Graph), Rasterdaten, GBF Netzwerk Daten usw. eingelesen und intern in ARC/INFO Format gewandelt werden. Das Updating ist ebenfalls interaktiv. Mit dem grafischen Editor können Daten ergänzt, geändert und kopiert werden. Die Attributdaten werden in der INFO-Datenbank automa-

tisch ergänzt.

#### FLÄCHENBEZOGENE BIBLIOTHEK

Um große Datenmengen zu verwalten, beinhaltet ARC/INFO ein flächenbezogenes Bibliothekssystem (vgl. Abb. 3 und 4). Das Bibliotheksprogramm erlaubt eine schnelle Auswahl von Bearbeitungsblättern aus großen Gebieten, das Einfügen, Speichern und Ergänzen von Karten in der gesamten Datenbank. Die Kartenbibliothek verfügt über ein internes Indexsystem, das die notwendigen Verweise auf die Karten und deren thematische Inhalte enthält.

#### KARTOGRAFISCHE MANIPULATION UND ANALYSE

Die Manipulationen enthalten:

- Kartenverschneidung
- Kartenblattmanipulation
- Errechnung von Puffern
- Linienunterdrückung
- Änderung von File-Strukturen
- Tabellenanalysen

Kartenverschneidung errechnet Punkte in Polygone, Linien in Polygone und Polygone in andere Polygone durch direkte Flächenverschneidung aus verschiedenen Karten. Die Attribute der beiden Ausgangskarten werden automatisch in die Ergebniskarte übernommen. Die Software behandelt alle Ausnahmen, die bei der Verschneidung auftreten können fehlerfrei und ist sehr schnell. Die Prozeduren bearbeiten automatisch die Bereinigung der Ergebniskarte (Entfernung von Über- und Unterschüssen, doppelte Linien, Minimumflächen etc.). Der Verschneidungsprozeß kann sowohl nach logischen Operanden oder Attributverknüpfungen in der Datenbank gesteuert werden (z.B. nur Moorböden aus der Bodenkarte mit der Realnutzung).

#### Kartenblattmanipulation

Die Software enthält alle gängigen Koordinatentransformations- und Projektionsroutinen, die notwendig sind für Maßstabsveränderungen, Rotation, Translation und Darstellung in anderen Koordinatensystemen.

#### Errechnung von Puffern

Hier können um Punkte, Linien und Flächen Pufferflächen gebildet werden, die wiederum als thematische Karte abgespeichert werden. Mit der Kartenverschneidung können die Pufferflächen mit anderen Grundlagendaten kombiniert werden (z.B. Schadstoffablagerungen entlang von Straßen mit der Boden- oder Landnutzungskarte).

#### Linienunterdrückung

Um von der Verschneidung wieder zurückzugehen oder thematisch nach Merkmalen Flächen in aggregierten Karten auszugeben, werden Linien unterdrückt. Dadurch können beliebige thematische Aggregationen kartografisch dargestellt werden.

#### Änderung von Filestrukturen

Hier werden automatisch Formate kartografischer Daten umgewandelt. Umwandlungen können sowohl zwischen unstrukturierten Grafiken, Polygonen, Rastern oder Netzwerken erfolgen.

#### Tabellenanalysen

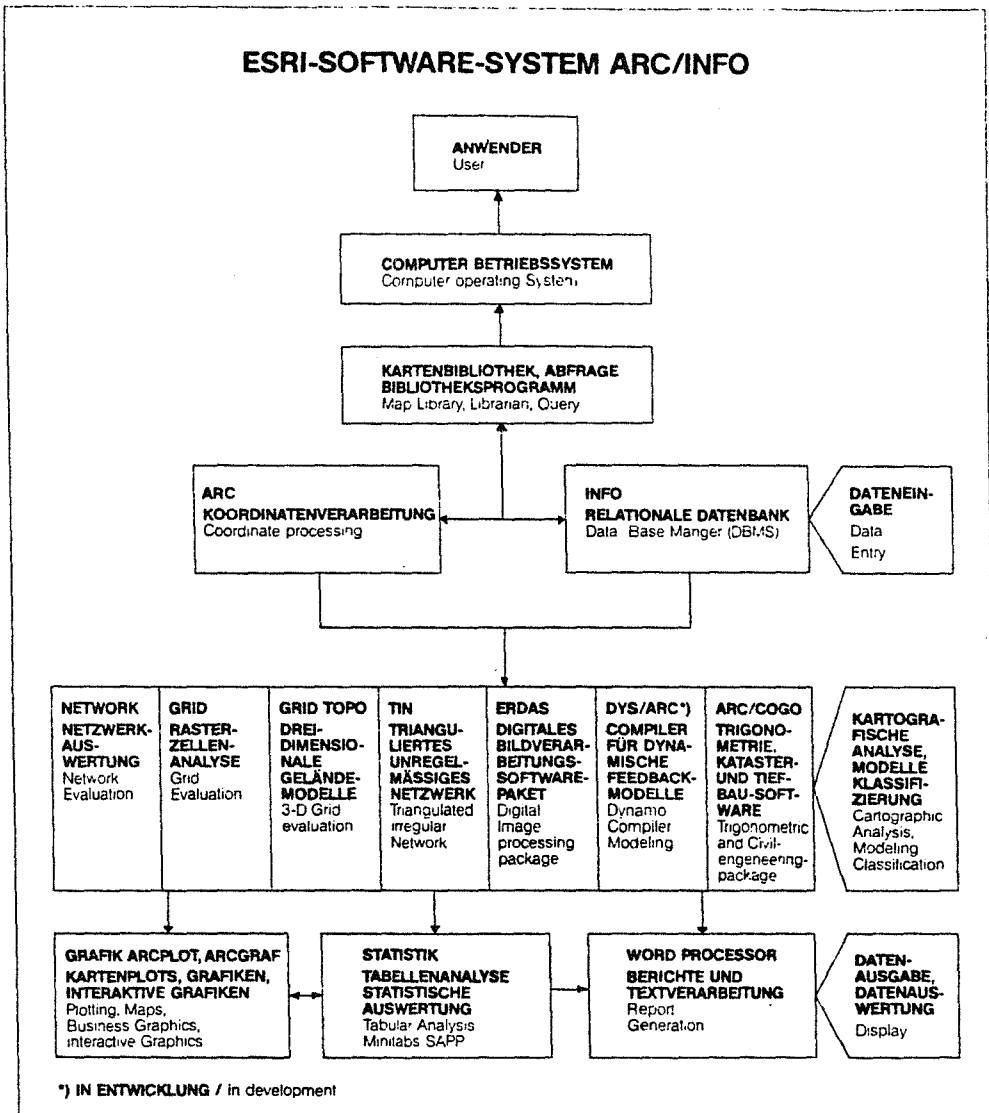
INFO enthält ein volles Abfrage- und Definitionssystem, um arithmetische und logische Operationen mit der Datenbasis vorzunehmen. Diese Möglichkeiten sind in einem interaktiven Tabellengenerator vorhanden, um Ergebnisse in Form selbstdefinierter Tabellen ansprechend auszugeben.

### GESAMTSYSTEM

Abb. 4 gibt einen Überblick des gesamten ESRI-ARC/INFO Software Systems. Neben den genannten Funktionen können mit speziellen Modulen spezifische Anwendungen unterstützt werden.



Abb. 4: ESRI-Software System ARC/INFO



ESRI Gesellschaft für Systemforschung und Umweltplanung 1985

NETWORK erlaubt interaktive Netzwerkanalyse und Simulation. Es wird angewendet für Verkehrsberechnungen, optimale Standortsuche, Abgrenzung von Einzugsbereichen, optimale Routenfindung.

GRID UND GRIDTOPO ist das bekannte Paket für Rasterzellenanalyse. Mit GRID können alle gängigen Rasterzellenoperationen durchgeführt werden. Das GRID-Paket hat ein Interface zur digitalen Bildverarbeitung.

TIN UND COGO. TIN erlaubt die Erstellung eines irregulären triangulierten Netzwerkes, das besonders geeignet ist für dreidimensionale Geländemodelle, Interpolation von Höhendaten zur Erzeugung von Höhenschichtkarten, Berechnung von Hangneigung, Exposition und Einzugsgebieten. COGO enthält alle Vermessungstechnischen Routinen und Rechenoperationen, die für den Ingenieurbau benötigt werden.

ERDAS ist ein Paket für digitale Bildverarbeitung und enthält alle gängigen statistischen Klassifizierungsverfahren für die Bildanalyse.

DYS/ARC. Der DYS/ARC Compiler ist in Entwicklung. Mit ihm können dynamische Feedback-Modelle einfach in ein Fortranprogramm übersetzt werden. Die Ergebnisse der Rechenläufe werden als sog. "Zeitkarten" aus dem GIS ausgegeben.

ARC PLOT/ARCGRAF. Mit ARC PLOT werden die Ergebnisse auf beliebigen Ausgabegeräten (Schirm, Plotter, Printerplotter etc.) grafisch definiert und ausgegeben. Mit ARCGRAF können Businessgrafiken erstellt werden.

STATISTIK SAPP. Das Statistikpaket SAPP enthält alle gängigen statistischen Verfahren für die Datenanalyse in der INFO-Datenbank.

WORD PROCESSOR. Mit dem Textverarbeitungsprogramm können schließlich die Berichte bearbeitet werden.

#### DATENAUSGABE UND INTERKATIVE GRAFIKEN

ARC/INFO enthält eine Anzahl von Routinen und Darstellungsmöglichkeiten, um qualitativ hochwertige kartografische Darstellungen zu erzeugen. Diese Darstellungen werden durch Verbindung kartografischer Daten mit Tabellen von grafischen Symbolen, Texten, Schraffuren oder Farben erzeugt. Diese Form der Darstellung ist sehr effizient, da jeder Anwender seine speziellen Symbole, Texttypen, Schraffuren etc. definieren kann, ohne die Datenbasis selbst zu ändern, d.h. verschiedene Anwender können auf der Grundlage derselben Daten unterschiedliche Ausgaben erzeugen.

Das grafische Subsystem ist vollständig interaktiv und erlaubt folgende Manipulationen:

- Umwandlung von kartografischen und Attributdaten in interaktive Grafikfiles.
- Erstellung von anwenderdefinierten grafischen Symbolen und Abspeicherung in grafischen Menüs.
- Interaktive Symboldarstellung bei Punkt, Linien und Flächen.
- Dateneingabe, Editierung und Manipulation kartografischer und Textdaten, einschließlich Platzierung, Duplizierung, Verarbeitung, Rotation, Vergrößerung, Verkleinerung, Löschung.

Abb. 5 zeigt als Auswertungsbeispiel eine vollständig automatisch erzeugte Karte mit Betextung, Symbolen und Schraffuren.

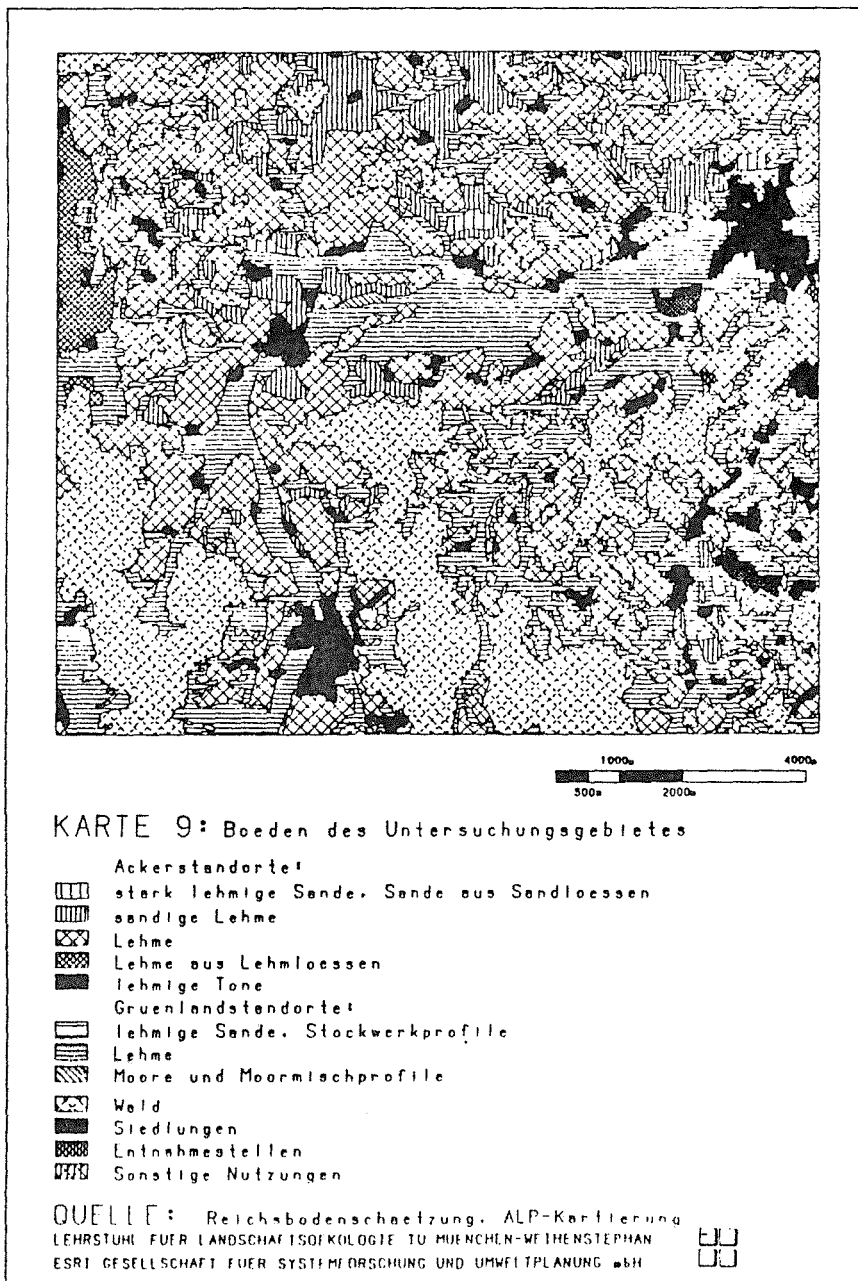


Abb. 5:  
Bodentypen  
M 1:25.000  
UVP-Projekt

LITERATUR

- ARONSON P., MOREHOUSE S., 1983: The ARC/INFO map library: the design for a digital data base. Proceedings of the Sixth International Symposium on Automated Cartography 1, 327-82 (American Congress of Surveying and Mapping, Washington DC)
- BACHHUBER R., FELDLER R., HABER W., KAULE G., KERNER H., SCHALLER J., SITTARD M., 1979: Landschaftsökologische Modelluntersuchung Ingolstadt. Zwischenbericht III - Teil A - Vorphase I und IIa - Technische Universität München, Lehrstuhl für Landschaftsökologie - Universität Stuttgart, Institut für Landschaftsplanung. Forschungsbericht, unveröffentlicht.
- DANGERMOND J., 1978: Computer mapping and automatic geographic information. New tools for the regional planner. ESRI - Environmental Systems Research Institute, Redlands, Cal.
- DANGERMOND J., 1982: Software components commonly used in geographic information systems. ESRI - Environmental Systems Research Institute, Redlands, California.
- ENVIRONMENTAL SYSTEMS RESEARCH INSTITUTE (ESRI), 1986: ARC/INFO User Manual, Redlands, California.
- GREEN N.P., FINCH S., WIGGINS J., 1985: The "state of the art" in geographical information systems. Area 17, 295-301.
- RHIND D.W., 1984: Remote sensing, digital mapping and geographical information systems: the creation of a national policy. Proceedings of the International Symposium on Spatial Data Handling 1, 6-17 (Geographisches Institut, Abteilung Kartographie/EDV, Zürich, Schweiz).
- SCHALLER J., 1981: Computersysteme für ökologisch orientierte Planungen. In: MANGSTL A., REINER L., 1981: Datensammlungen, Auskunftssysteme und Computeranwendungen in der Landwirtschaft. Informationsverarbeitung Agrarwissenschaft, Heft 1, 201-217.
- SCHALLER J., 1985: Anwendung geografischer Informationssysteme an Beispielen landschaftsökologischer Forschung und Lehre. Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie (Bremen 1983), Bd. XIII, 443-464.