WNPK

WISSENSCHAFTLICHE NATIONALPARKKOMMISSION

ARBEITSBERICHTE ZUR NATIONALPARKFORSCHUNG

VORSTUDIE ZUM GEOGRAPHISCHEN INFORMATIONSSYSTEM ARC/INFO

P. Jäger

AUGUST 1988

ZU DIESER REIHE

Mit der Reihe "Arbeitsberichte zur Nationalaprkforschung" verfolgt die Wissenschaftliche Nationalparkkommission (WNPK) mehrere Ziele:

- Das gegenseitige Fachverständnis und den wissenschaftlichen Austausch unter den im Nationalpark tätigen Forschern zu fördern

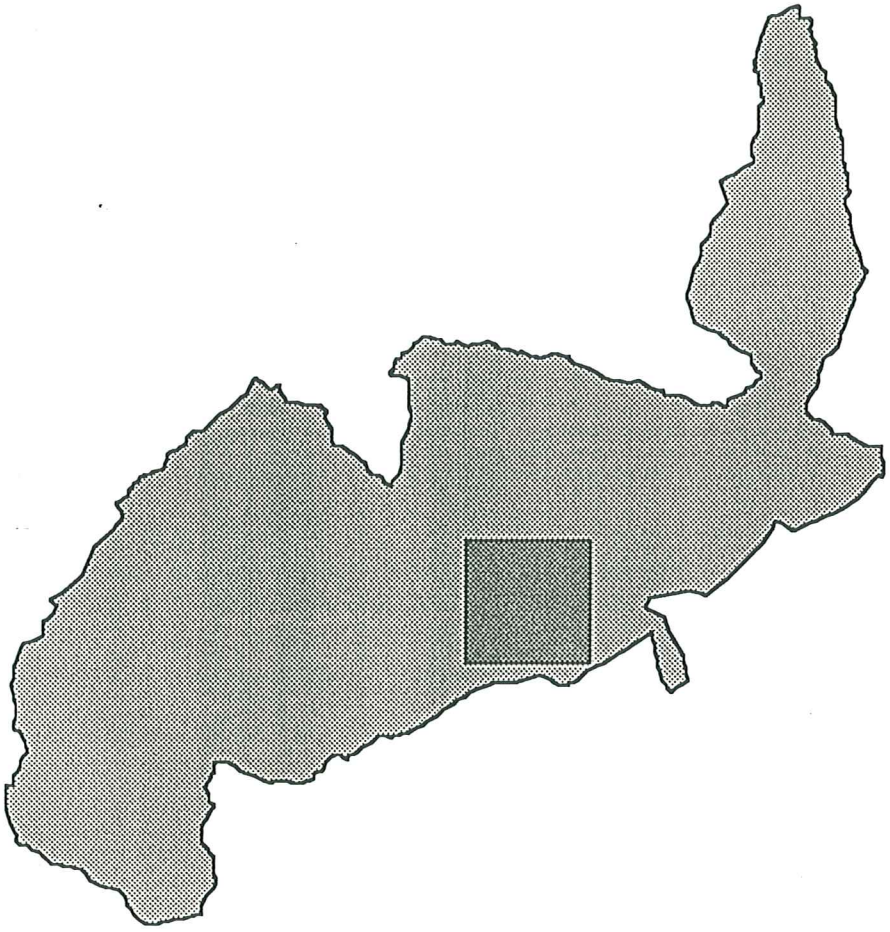
- Grundlagen für die Diskussionen von Themen bereitzustellen, welche aus der Sicht der wissenschaftlichen Forschung wie auch der politischen Umsetzung für den Nationalpark als wichtig erscheinen

- Die mit dem Nationalpark verbundenen Personen, Institute und Behörden über die laufende Arbeit und aktuelle Projekte zu informieren

Das Schwergewicht der "Arbeitsberichte" liegt auf der Darstellung von Forschungszielen, Methoden und laufenden Arbeiten. Diese Reihe erscheint in lockerer Folge und ist als Ergänzung zu den "Ergebnissen der wissenschaftlichen Untersuchung des schweizerischen Nationalparks", in welchen abgeschlossene Forschungsarbeiten veröffentlicht werden, gedacht.

Herausgeber: Wissenschaftliche Nationalparkkommission (WNPK)
c/o Institut für Ethologie und Wildforschung
Universität Zürich-Irchel
Winterthurerstr. 190
8057 Zürich

Vorstudie
Geographisches Informationssystem
ARC/INFO



Beschreibung des Systems und Anwendungsbeispiele aus einem Testgebiet am Munt la Schera (Nationalpark)

Peter Jäger
August 1988

INHALTSVERZEICHNIS

1. Vorstudie zu einem Geographischen Informationssystem 1
   1.1. Ziel und Zweck dieser Vorstudie 1
   1.2. Was ist ein Geographisches Informationssystem 1
   1.3. Das Geographische Informationssystem ARC/INFO 2
   1.4. Hard- und Software 4
   1.5. Anwendungsbeispiel 5
      1.5.1. Das Testgebiet 5
      1.5.2. Projektierung 7
      1.5.3. Digitalisieren 7
      1.5.4. Kontrolle und Korrekturen 8
      1.5.5. Genauigkeiten 9
   1.6. Resultate 11
      1.6.1. Anwendungsbeispiele 11
      1.6.2 Analysemöglichkeiten und Arbeitsschritte 21
      1.6.3. Aufwand 22
   1.7. Schlussbemerkungen 23

1. Vorstudie zu einem Geographischen Informationssystem

1.1. Ziel und Zweck dieser Vorstudie

Der Schweizerische Nationalpark stellt ein seit der Parkgründung (1909/1911) laufendes, wissenschaftliches Langzeitexperiment dar. Durch die zurückliegenden Forschungsarbeiten verfügen wir im Nationalpark über ein umfangreiches Datenmaterial, welches laufend ergänzt wird.
Die Wissenschaftliche Nationalparkkommision WNPK erachtet es heute als vordringlich, die wesentlichen Daten in einer Datenbank, bzw. in einem Geographischen Informationssystem (GIS) verfügbar zu haben, und zwar aus folgenden Gründen:

- eine Datenbank scheint ein geeignetes Mittel zu sein, um Daten zu sichern.
- eine Datenbank eignet sich, um die für fachübergreifende Zusammenarbeit notwendige Verfügbarkeit von Daten zu gewährleisten
- Auf der Grundlage einer Datenbank bzw. eines GIS lassen sich Raum- und Zeitanalysen durchführen.
- Mit einem GIS lassen sich Informationen mit unterschiedlichem Raumbezug verknüpfen.

Mit dem System ARC/INFO steht heute ein GIS zur Verfügung, welches in der Schweiz an mehreren Hochschulen und in verschiedenen Verwaltungen angewandt wird und sich gut bewährt hat. Da das System ARC/INFO den Bedürfnissen der Nationalparkforschung weitgehend entspricht und weil in der Schweiz bereits zahlreiche Anwender existieren, scheint es sinnvoll zu sein, dieses System im Hinblick auf eine zukünftige Anschaffung zu testen.
Dies ist der Zweck dieser Vorstudie.

1.2. Was ist ein Geographisches Informationssystem

Bei Geographischen Informationssystemen (GIS) handelt es sich um Datenbanken, in denen geographisch Daten gesammelt, gespeichert, analysiert und als verarbeitete Information in Form von Graphik, Karten oder Tabelle wieder ausgegeben werden.

Um ein GIS aufzubauen, müssen in einem ersten Planungsschritt die Zielsetzungen und die Bedürfnisse der Benutzer abgeklärt werden. Ferner ist ein Inventar der existierenden Daten zu erstellen und abzuklären, wie vorhandene Daten ins System übernommen werden können (Variabelnliste).

Die räumliche Information ist dann vorerst in eine vom Computer lesbare Form zu bringen. Dieser Vorgang wird als "Digitalisierung" bezeichnet; es werden Phänomene aus der analogen Welt der Realität oder einer Karte in die digitale Welt eines Computers übersetzt. Sind die Daten im Computer eingelesen, so dient das GIS u.a. als Speichersystem. Das setzt voraus, dass grosse Massenspeicher mit Direktzugriff (z.B. Magnetplattenspeicher) zur Verfügung stehen.

Ein wesentlicher Bestandteil der Arbeiten mit einem GIS besteht aus der Dateneingabe und Datenaufbereitung; man bezeichnet den Teil des Systems, der dazu benötigt wird als Editiersystem, die Datenmanipulation wird mit einem Analysesystem bewerkstelligt.
Nebst Analyse- und Speicherpotential besitzen Geographische Informationssysteme normalerweise Komponenten zur graphischen Datanausgabe und insbesondere zur Informationsdarstellung in Kartenform.

1.3. Das Geographische Informationssystem ARC/INFO

ARC/INFO wird von der Firma ESRI (Enviromental Systems Research Institute), Redlands, California USA vertrieben und ist seit 1984 auf einer VAX 11/750 am Geographischen Institut der Universität Zürich installiert.
Geographische Informationssysteme werden häufig aufgrund ihrer Datenstruktur unterschieden (Raster- und Vektorsysteme).
In Rastersystemen basiert die Raumdefinition auf Rastereinheiten, in Vektorsystemen auf der expliziten Beschreibung von Punkten, Linien oder Flächen. ARC/INFO ist ein Geographisches Informationssystem mit vektorieller Datenstruktur.

Bei der Vektordarstellung unterscheidet man folgende Gruppen von Datenstrukturen:

- *Unorganisierte Strukturen:* Lediglich Punktkoordinaten, aber keine Raumbeziehungen sind festgehalten.
- *Linienkonsistente Strukturen:* Punkte definieren Linienzüge. Sie werden oft als "Spaghettifiles" bezeichnet. Sie genügen, um auf Karten Linien zu zeichnen, nicht aber, um Flächen abzugrenzen.
- *Umrisskonsistente Strukturen:* Netze oder Graphen (z.B. Flussnetze) sind umfassend beschrieben; Beziehungen zwischen Objekten(Punkten, Linien, Flächen) und ihren Nachbarn sind bekannt.
- *Mehrnetzstrukturen:* Es existieren mehrere unabhängige Netze (Graphen); die Beziehungen innerhalb des Netzes sind beschrieben, ferner sind Beziehungen zwischen den Elementen der verschiedenen Netze bekannt .

Die vektorielle Datenstruktur ist nicht für alle Anwendungen geeignet. So basieren Digitale Geländemodelle oft auf Rasterstruktur (x-y-z-Koordinate). Um eine ausreichend exakte Nachbildung der Geländeform zu erreichen, ist eine hohe Anzahl von Punkten, bzw ein feinmaschiges Gitter erforderlich. Mit ARC/INFO können wir Transformationen von Vektor- zu Rasterdaten durchführen .

ESRI bietet neuerdings auch das ARC/INFO-Modul TIN an. Hierbei werden *Triangulated Irregular Networks* (TINs) aus Geländepunkten mit dem höchsten Informationsgehalt (Gipfel- , Sattel- , und Tiefenpunkte) durch Dreiecksvermaschung gebildet.

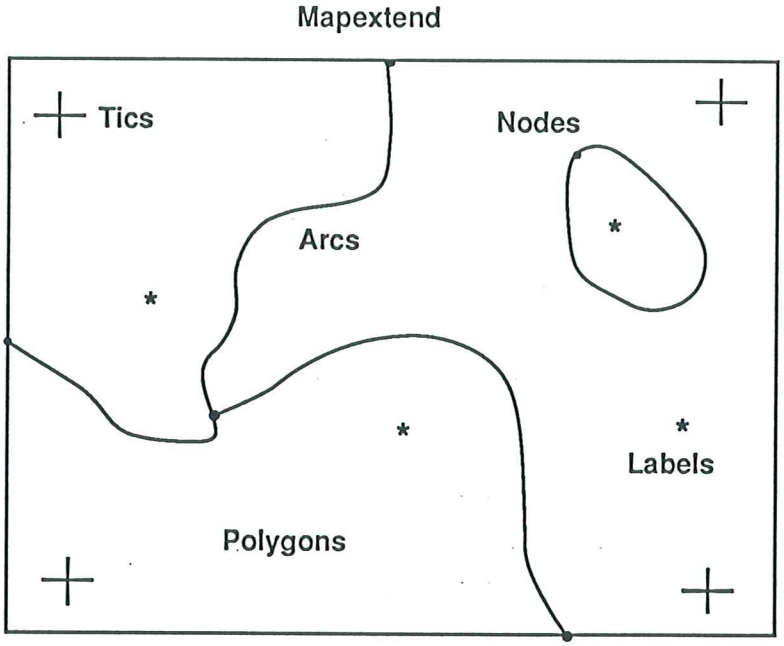
Wie der Name schon andeutet, besteht ARC/INFO aus zwei Teilen, einem ARC-Teil und einem INFO-Teil.

Der ARC-Teil dient zur Beschreibung von geometrischen Informationen und basiert auf folgendem Prinzip: Wir können Oberflächenphänomene durch drei geometrische Typen (engl. Map Features) darstellen: Punkte, Linien und Polygone.
Punkte (Point) werden durch ihre Koordinaten charakterisiert und dienen zur Lokalisierung eines bestimmten Attributs (z.B. Hospital, Bergspitze etc.).
Linien werden als Arcs bezeichnet und repräsentieren lineare Oberflächenphänomene wie bespielsweise ein Fluss- oder Strassennetz bei kleinen Massstäben, bei grossmassstabigen Darstellungen von Flüssen oder Strassen besitzen diese eine Fläche und werden dem nächsten Typ zugeordnet.
Flächen werden als Polygone bezeichnet und umfassen Gebiete, welche von Arcs eingeschlossen sind. Man erkennt hier die Wichtigkeit, dass ein Polygon immer "geschlossen" sein muss, weil es im anderen Fall nur als Linie erkannt würde.

Der INFO-Teil besteht aus einer relationalen Datenbank und dient zur Analyse und Verwaltung von thematischer Information, den sogenannten Attributen. Die Verknüpfung der thematischen Information mit räumlichen Daten geschieht in einem ersten Schritt automatisch und ist sehr komfortabel. In weiteren Arbeitsschritten können die Daten nachträglich ergänzt, manipuliert und modelliert werden. Beispiel: Flächen einer Karte (ARC-Teil) werden die entsprechenden Bodennutzungstypen als Attribute zugewiesen (INFO-Teil)

Die eigentliche Basiseinheit von ARC/INFO ist die sogenannte "Coverage". Es existiert keine vernünftige deutsche Übersetzung für diesen Begriff, man stellt sich eine Coverage am einfachsten als Kartenebene vor, das folgende Merkmale enthalten kann:

- Tics : Passpunkte des Kartenblattes
- Arcs : Linien des Kartenblattes
- Nodes : Anfangs- und Endpunkt von Arcs
- Polygon : Gebiete, die von Arcs eingeschlossen werden
- Labels : Punkte zur Verknüpfung geometrischer mit thematischer Information
- Mapextend : Begrenzung des Kartenblattes



Merkmale einer Coverage

Funktionen in ARC/INFO

- Digitalisierung
- automatisierte Kartenherstellung
- automatische Fehlerkorrekturen
- Generalisierung von Information
- Modellierung und Resultatausgabe als Karten oder Tabellen
- Bestehende Information ändern
- Neue Information hinzufügen
- Koordinatentransformation in Karten
- Pufferung
- bestimmte Information auswählen
- Kartendarstellung auf Bildschirm
- Berichte und Tabellen zu Karten herstellen
- Datenausgabe in anderen Formaten ==> Transfer zu Host-Computern

1.4. Hard- und Software

Die Vorstudie entstand am Geographischen Institut der Universität Zürich. Dazu verwendeten wir die Version 3.2.1 von ARC/INFO, die seit Februar 1987 in Betrieb ist. Momentan wird eine neue Version (4.0) installiert, diese wird aber erst noch erprobt und getestet. Uns steht mit einer VAX 11/750 mit einem Arbeitsspeicher von 12 Megabyte ein etwas alter Rechner zur Verfügung, eine

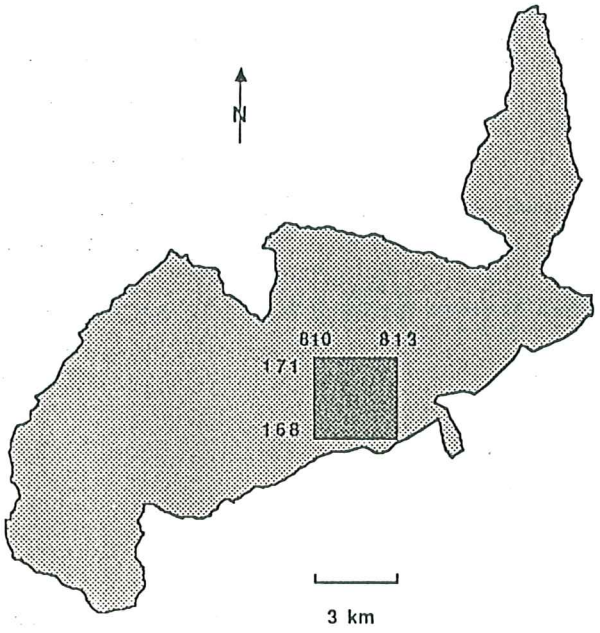
leistungsfähigere Maschine wäre vor allem für automatischen Korrekturen wünschenswert. Mit einem Tektronix 4127 und einem Tektronix 4207 Farbbildschirm stehen uns zwei hochauflösende Graphikbildschirme mit eingebauter Zoom-Funktion zur Verfügung, die Editierarbeiten sehr komfortabel gestalten . Zu Ausbildungszwecken werden diverse Tektronix 4105 eingesetzt, für den Routinebetrieb mit ARC/INFO eignet sich diese Geräte jedoch nur bedingt, weil sie keine Zoom-Möglichkeiten besitzten und die Auflösung nicht sehr hoch ist. Für kleinere Eingaben oder für nicht-graphische Applikationen sind aber auch dieser Bildschirme gut einsetzbar. Dieser Bildschirmtyp kann mit einem Macintosh PC emuliert werden, so dass ARC/INFO auch per Modem auf einem Host-Rechner betrieben werden kann. Diese Einsatzart ist jedoch sehr fragwürdig, denn in ARC/INFO arbeitet man vorwiegend interaktiv. Mit einer langsamen Telephonleitung (1200 oder 2400 Baud) wird die Verarbeitungs- b.z.w die Übermittlungsgeschwindigkeit dermassen klein, dass diese Variante nur in Ausnahmefällen von Interesse sein wird, ganz abgesehen von den enormen Telefonkosten, die je nach Übermittlungsdistanz entstehen können. Bei Anschlüssen an Netzwerken mit Übermittlungsraten von 9600 Baud wird der dezentrale Einsatz von ARC/INFO jedoch schon eher möglich.
Als Ausgabegerät für die Anwendungsbeispiele diente ein Apple LaserWriter Plus und für Versuchszwecke wurden einige Karten auf einem Apple ImageWriter II erstellt. Die Programme zur Ansteuerung dieser Peripheriegeräte sind keine Standard-ARC/INFO-Prozeduren, sie wurden am Geographischen Institut Uni Zürich entwickelt und installiert.

1.5. Anwendungsbeispiel

1.5.1. Das Testgebiet

Bei der Auswahl des Testgebietes wurde versucht, möglichst viele Aspekte zu berücksichtigen, die für ein parkbedeckendes GIS relevant sind, das heisst, wir greifen keine Besonderheiten eines lokal sehr beschränkten Phänomens heraus, nur weil sie sich zur Demonstration eines Informationssystems oder einer Modellierung sehr gut eignen. Es wird vielmehr versucht, ein allgemeines Spektrum von Untersuchungsobjekten zu berücksichtigen und zu demonstrieren.
Ein weiteres wichtiges Auswahlkriterium stellte die zur Verfügung stehende Datenmenge dar. Für ein beschränktes Pilotprojekt greifen wir sinnvollerweise auf ein gut dokumentiertes Gebiet zurück, über welches möglichst viel Information in mehr oder weniger bekannter Genauigkeit vorhanden ist. Die Wahl fiel schliesslich auf ein neun Quadratkilometer grosses Testfeld im Gebiet des Munt la Schera. Wir beschränkten uns auf dieses Testgebiet, um den Digitalisieraufwand in Grenzen zu halten und trotzdem eine relativ hohe Genauigkeit in der Darstellung und der Analyse zu erreichen.
Es können verschiedenste Faktoren untersucht werden, etwa anthropogen beeinflusste Gebiete (Kantonsstrasse ins Münstertal, Wanderwege, Rastplatz Alp la Schera, Spölstausee), Lawinenzüge, Felssturzhalden, Waldgebiete, ehemalige Alpweiden und wir können auf erhobene Daten zurückgreifen (z.B.

Munt la Schera-Projekt), gehört der Munt la Schera doch zu den bestuntersuchtesten Gebieten des Nationalparks.
Das Testgebiet wird durch ein Quadrat mit den Koordinaten 810/168 813/168 813/171 813/168 festgelegt und beinhaltet wie schon gesagt eine Fläche von neun Quadratkilometern.



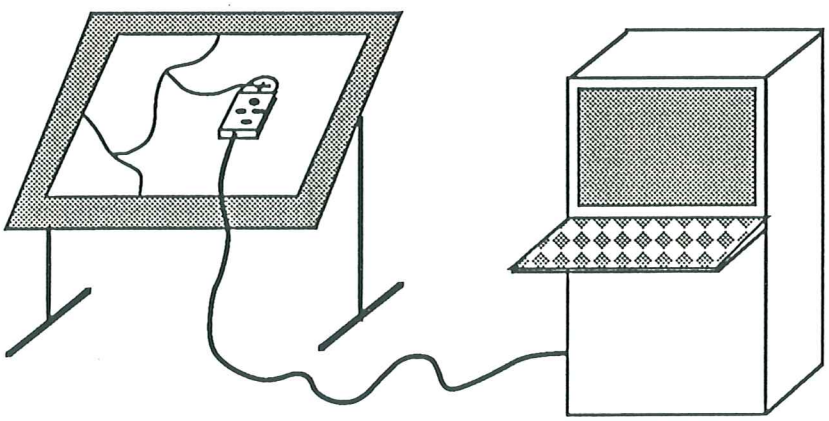
Das Testgebiet im Schweizerischen Nationalpark

1.5.2. Projektierung

Im ersten Arbeitsschritt wurden die verschiedenen Daten gesichtet und miteinander verglichen. Drei Karten wurden prioritär behandelt: die topographischen Übersichtspläne, die geologische Karte sowie eine Vegetationskarte. Diese drei Karten liegen in relativ grossen Massstäben vor, so dass eine grosse Genauigkeit der Darstellungen und Analysen zu erwarten wäre. Übersichtspläne existieren für den Nationalpark im Massstab 1:10'000, die Vegetationskarte nach Trepp/Campell liegt ebenfalls in diesem Massstab vor und für die Geologische Karte konnte eine Kopie des Entwurfes von R. Dösegger (Autor Geol. Karte) im Massstab 1:25'000 verwendet werden.

1.5.3. Digitalisieren

Ursprünglich wurde meist von bestehenden analogen Modellen der Erdoberfläche, also Standort Karten, ausgegangen und auf unterschiedlichen Wegen versucht, die darin enthaltene Höheninformation zu "digitalisieren". Dies geschah entweder durch semiautomatisches Erfassen der Höhenlinien auf einem Digitalisiertablett oder durch Rastern des Isohypsenauszuges mit nachfolgender Vektorisierung und Höhenzuordnung. Einen entscheidenden Durchbruch bei der Datenbeschaffung brachte die Technik der digitalen Entzerrung von Luftbildern zu Orthophotos . Dies bringt den Vorteil mit sich, dass man mit Primärdaten arbeitet und nicht auf topographische Karten zurückgreifen muss. In der Praxis zeigt es sich aber oft, dass die Aufnahme kleiner Gebiete den Aufwand der automatische Verfahren nicht rechtfertigen. Deshalb wurden für dieses Projekt alle Digitalisierarbeiten semiautomatisch, das heisst am Digitalisiertablett gemacht.

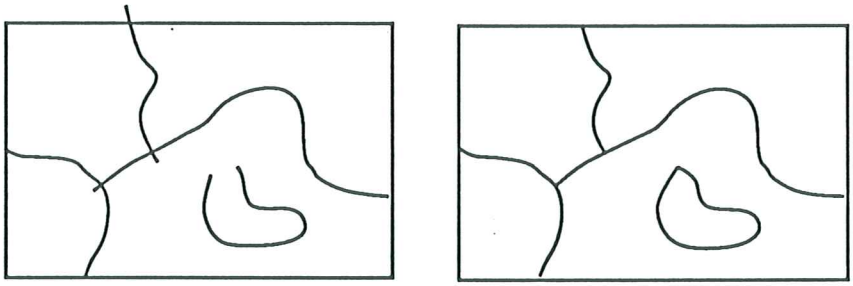


Digitalisiertablett mit Terminal Tektronix 4114

Mit einer Messlupe (Cursor) wird einer Linie nachgefahren und per Knopfdruck werden die Messlupenkoordinaten registriert und gespeichert. Die verschiedenen Koordinatenpaare können zur Darstellung von Punkten dienen oder sie können zusammen einen Vektor bilden, je nachdem welche Dateneingabe vorgewählt wurde.
Das Digitalisieren der verschiedenen Karten war mit beträchtlichem Aufwand verbunden. Begonnen wurde mit den Übersichtsplänen , d.h. mit den Höhenlinien der Topographie, die für ein Geländemodell notwenig sind.
An dieser Stelle muss angefügt werden, dass ich zu diesem Zeitpunkt noch keine Erfahrung im Umgang mit dem Digitalisiertablett und den dazugehörenden Instrumenten besass. Die ersten Arbeitsstunden dienten so auch dem Kennenlernen der Hard- und Software. Anfangs ergeben sich durch Fehlmanipulationen Datenverluste, so dass man um die Früchte von mehren Stunden Arbeit gebracht wird. Doch schon nach wenigen Tagen stellt sich ein gewisse Routine ein, die sich nicht nur in der Vermeidung von Fehlern, sondern auch in der Effizienz der geleisteten Digitalisierarbeit ausdrückt. Es muss aber gesagt sein, dass es sich hier um eine eintönige, langweilige und sehr anstrengende Arbeit handelt.
Das Digitalisieren der Vegetationskarte nach Trepp/Campell war arbeitsintensiv, denn bei dieser Karte werden sehr viele Flächen mit verschiedenen Signaturen unterschieden. Da zu diesem Zeitpunkt noch nicht bekannt war, in welcher Form und Genauigkeit diese Daten gebraucht wurden, nahmen wir sie in grösstmöglicher Präzision auf und verzichteten auf eine Generalisierung. Dieses Problem stellt sich oft beim Aufbau einer Datenbank, die auch Archivfunktionen übernehmen soll. Grundsätzlich sind Daten mit möglichst grosser Genauigkeit wünschenswert, in der Praxis zeigt es sich aber oft, dass Aufwand und erzielte Genauigkeit sich keineswegs linear verhalten. Die Datenpräzision lässt sich mit der Zeit nur noch durch einen unverhältnismässig grossen Aufwand steigern.
Für Digitalisierarbeiten kann Personal ohne Spezialkentnisse eingesetzt werden, die bisherigen Erfahrungen haben aber gezeigt, dass thematische Vorkenntnisse die späteren Editierarbeiten teilweise beträchtlich reduzieren.

1.5.4. Kontrolle und Korrekturen

Sobald die Daten digitalisiert sind, erfolgt eine erste Datenkontrolle und je nach Bedarf eine Korrektur. Dazu bietet ARC/INFO ein spezielles Modul an, ARCEDIT. Dieses Modul ist ein sehr wichtiges und nützliches Hilfsmittel. Erfahrungsgemäss unterlaufen beim Digitalisieren sehr viele Fehler. Das können nicht geschlossene Polygone sein oder Linien, die sich überschneiden.



vor Korrektur nach Korrektur

Diese Eingabefehler können mit Hilfe des Editiersystems ARCEDIT korrigiert werden. Die eine Möglichkeit besteht darin, die einzelenen fehlerhaften Stellen am Bildschirm zu selektieren und "von Hand" d.h. mit einer Steuerungsvorrichtung am Terminal (z.B. Maus, Handräder) abzuändern. Mit alten Versionen von ARC/INFO war man gezwungen, alle Korrekturen auf diese Art und Weise vorzunehmen, was unter Umständen eine sehr aufwendige Angelegenheit werden konnte. Aus diesem Grunde entwickelte die Firma ESRI eine Methode zur automatischen Fehlerkorrektur. Mit verschiedenen Prozeduren können offene Polygone geschlossenen, überschiessende Linien abgeschnitten werden. Genauere Informationen über diese Prozeduren und die Eingabemöglichkeiten verschiedener Toleranzwerte entnimmt man den ARC/INFO Handbüchern.

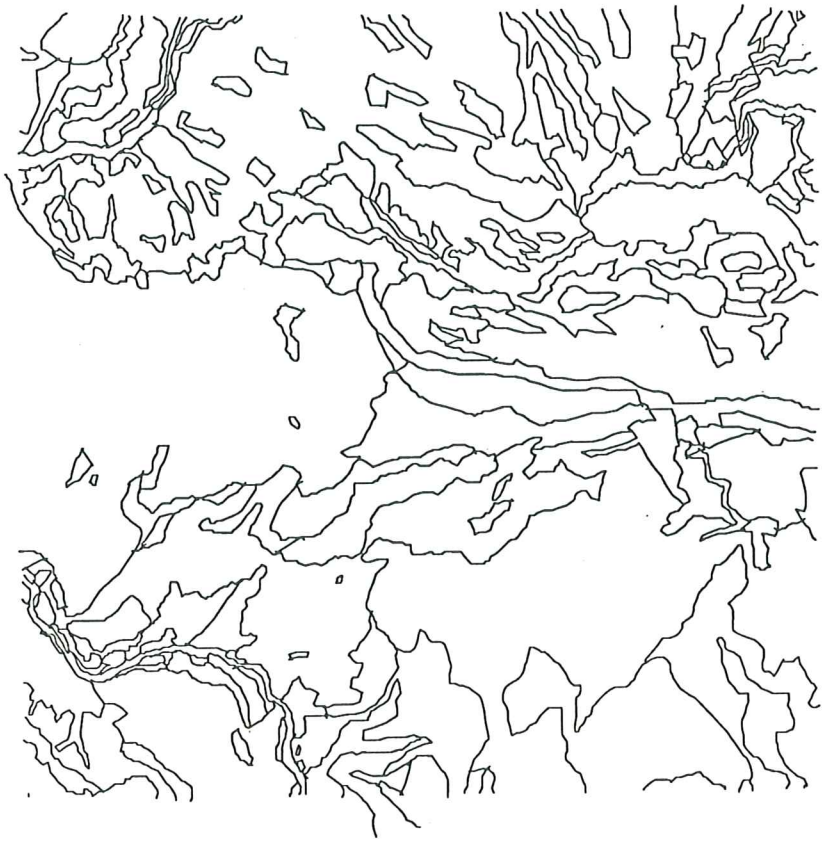
1.5.5. Genauigkeiten

In unserem Testgebiet wurden Karten verschiedener Massstäbe aufgenommen und verarbeitet. Bei der Überlagerung dieser Karten und vor allem bei der Interpretation von möglichen Veränderungen muss die Genauigkeit der Eingabedaten dem Interpreten bekannt sein und auf jeden Fall berücksichtigt werden. Die Gefahr, ein Phänomen als eine Veränderung oder Entwicklung anzusprechen, obwohl es sich lediglich um eine kartographische Generalisierung handelt, ist nicht zu unterschätzen. Dies mag vielen Lesern als selbstverständlich erscheinen, man muss sich aber immer die Inhomogenität der Datenstruktur, Massstäbe etc. im Nationalpark vor Augen halten. Der GIS-Benutzer hat a priori keine Anhaltspunkte über die Genauigkeit der Erhebungsdaten. Diese sollten ihm beim Gebrauch der verschiedenen Coverages von Systemseite her mitgeteilt werden. (z. B. Maske mit Warnung: Achtung ! Sie überlagern eine 1: 10'000 Karte und eine 1:50'000 Karte). Einzig der Ersteller des Informationssytems kennt allenfals die Genauigkeitsstufen von Coverages, das System sollte mit der Zeit jedoch so ausgebaut und operationalisiert sein, dass Eingaben von Benutzerseite her ohne Unterstützung von Spezialisten erfolgen können.
Das System weist sinnvollerweise eine Genauigkeit auf, die diejenige der Erhebungsdaten weit übertrifft. ARC/INFO rechnet in Map-Units, dem internen Koordinatensystem. In unserem Fall haben wir einen Meter als eine Map-Unit gewählt, so dass Map-Units den Landeskoordinaten entsprechen (x Faktor 1000). Die Eingabe eines Punktes, der beispielsweise im Feld mit Karte und

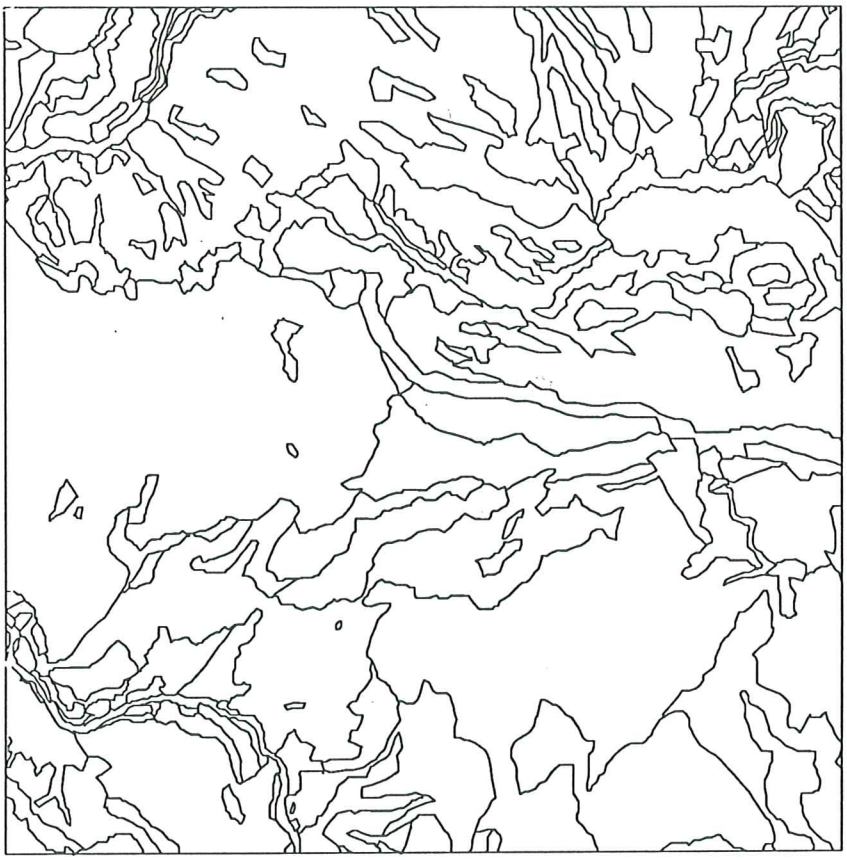
Höhenmesser bestimmt wurde, hat nun zur Folge, dass dieser mit sehr exakten Koordinatenwerten gespeichert wird. Wir haben die Koordinaten von Messstationen eingegeben, die im Gelände mit einer Toleranz von plus/minus 2 Metern bestimmt werden konnten. Die Resultate wurden mit einer Genauigkeit im Zentimeter-Bereich gespeichert, was im vorliegenden Fall nicht sinnvoll ist. Andererseits eröffnet diese Auflösung die Möglichkeit, sehr kleine Untersuchungsgebiete ins System aufzunehmen. Man denke etwa an Testflächen für Vegetationsaufnahmen, über die ein Dezimeter-Raster gelegt wird. Eine solche Testfläche "passt" sehr gut in ein Nationalpark-GIS. Die Meinung, dass kleine Flächen oder Objekte in einem Informationssystem "durch die Maschen fallen können", trifft nur für Rastersysteme zu und ist bei einem Vektorsystem wie ARC/INFO unbegründet.
Zusammenfassend kann gesagt werden, dass in einem GIS die Systemgenauigkeit und Eingabegenauigkeit um ein Vielfaches grösser sein kann als die Genauigkeit der Erhebungsdaten. Diese Tatsache birgt einige Gefahren in sich, gleichzeitig ist damit aber ein ausgezeichnetes Instrument gegeben, um Daten unterschiedlichster Genauigkeit zu erfassen und zu einem System zu verarbeiten.

1.6. Resultate

1.6.1. Anwendungsbeispiele



Geologie unbereinigt (direkt nach Digitalisieren)



Geologie nach zweimaliger automatischer Korrektur

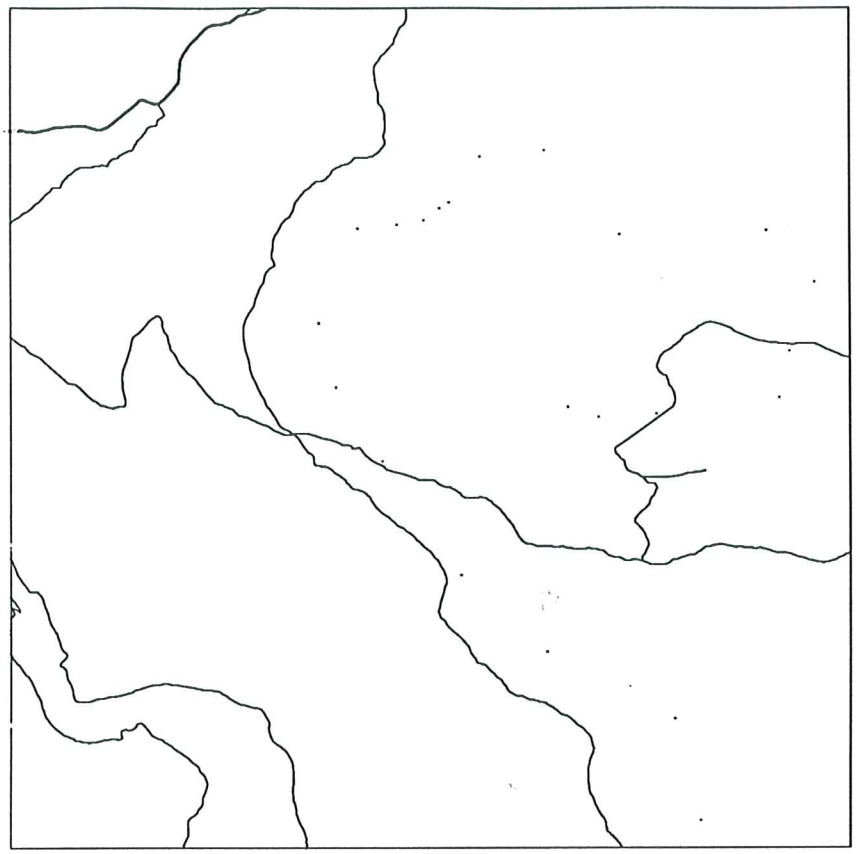
Geologie mit schattierten Polygonen und Legende (Zuordnung automatisch)

PAGE 1

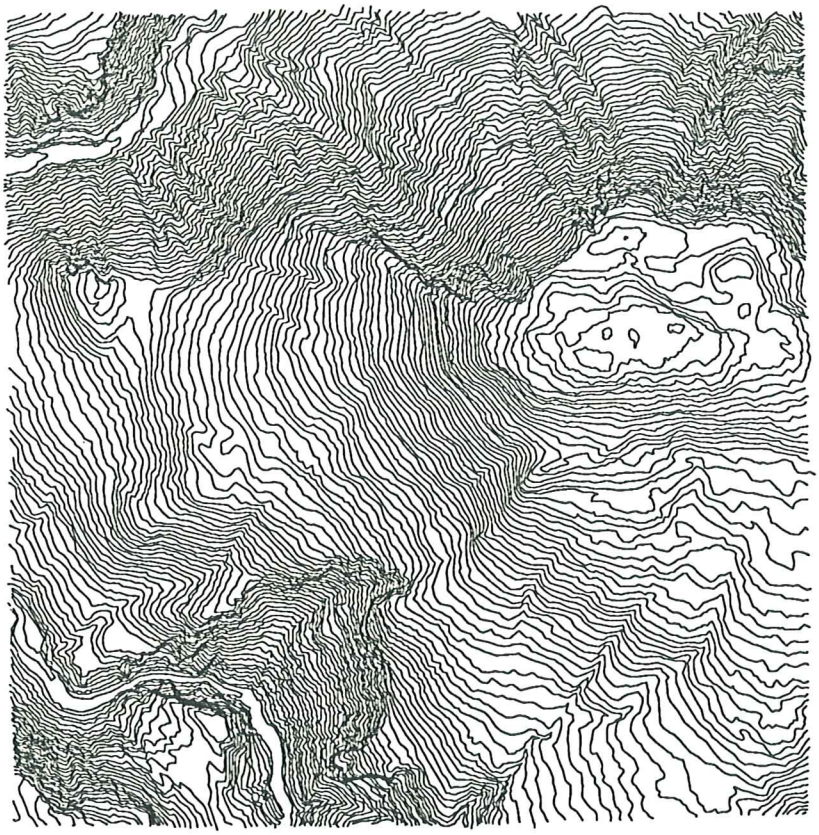
Beispiel eines INFO-Reports

Area	Perimeter	Nr	ID	Farbe	Zeit	Formationen
4.3	16.5	2	0	70	0	KEINE ZUORDNUNG
7,147.0	440.5	3	2	2	95	Chazfora Fm
1,939.4	324.4	4	3	3	15	Fuorn Fm
4,231.3	361.4	5	4	4	15	Vallatscha Fm
752.6	163.2	6	3	3	15	Fuorn Fm
7,745.6	479.8	7	2	2	95	Chazfora Fm
13,634.8	658.1	8	10	54	49	Gehaengeschutt
473.2	97.0	9	5	5	15	Turettas D.
8,698.5	463.4	10	2	2	95	Chazfora Fm
6,334.3	374.1	11	2	2	95	Chazfora Fm
1,527.7	173.0	12	4	4	15	Vallatscha Fm
4,343.0	340.1	13	3	3	15	Fuorn Fm
2,423.4	294.5	14	8	15	15	Scarl Kalk
2,839.4	364.7	15	3	3	15	Fuorn Fm
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
701.6	144.4	188	3	3	15	Fuorn Fm
66,209.1	2,060.2	189	10	54	49	Gehaengeschutt
171,395.3	3,733.4	190	10	54	49	Gehaengeschutt
59,466.1	1,674.6	191	5	5	15	Turettas D.
277,375.5	3,207.5	192	1	1	48	Moraene
221,051.2	2,814.4	193	1	1	48	Moraene
80,629.4	2,686.6	194	14	14	15	Pra Grata Fm.
730.0	141.8	195	4	4	15	Vallatscha Fm
20,375.6	972.5	196	13	60	15	Qattervals Fm.
15,030.7	770.0	197	10	54	49	Gehaengeschutt
17,264.6	864.1	198	1	1	48	Moraene
17,804.4	542.1	199	5	5	15	Turettas D.
907.4	126.9	200	4	4	15	Vallatscha Fm
9,000,064.8						

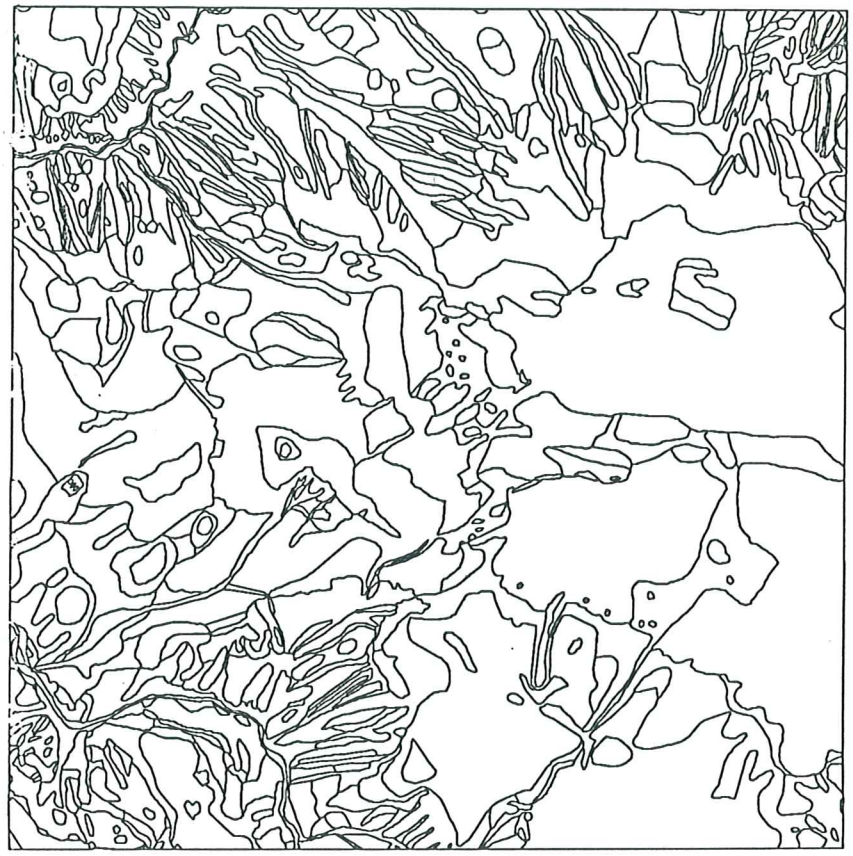
Ausschnitt aus Polygon-Attributen-Liste (INFO-Datei) der Coverage "Geologie"



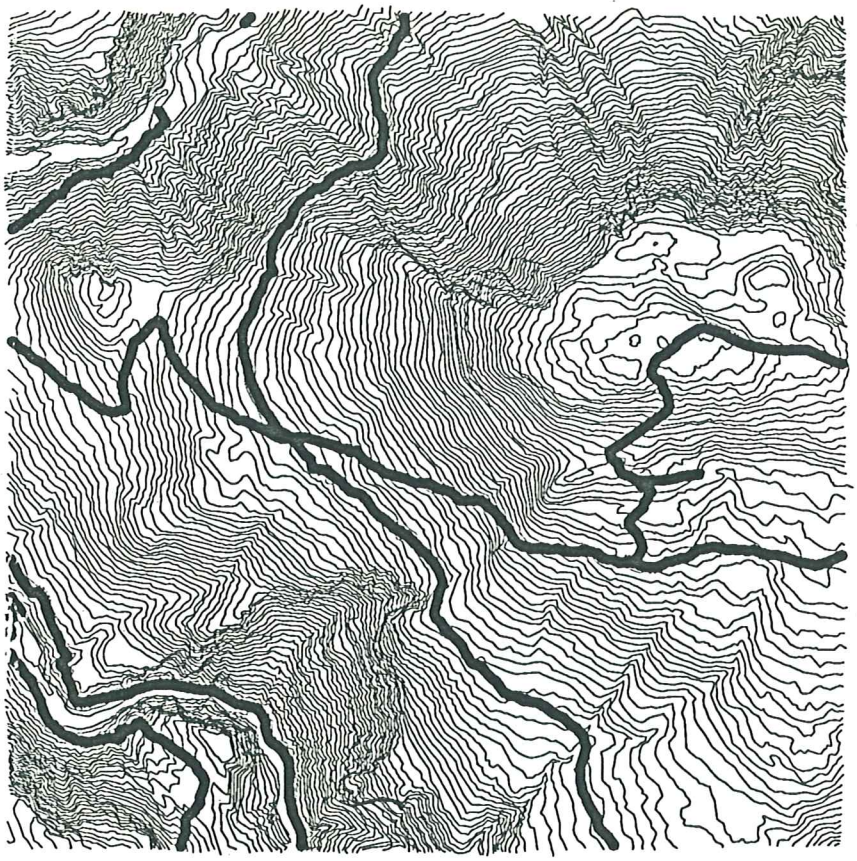
Karte mit Wanderwegen, Kantonsstrasse und Temperaturmessstationen



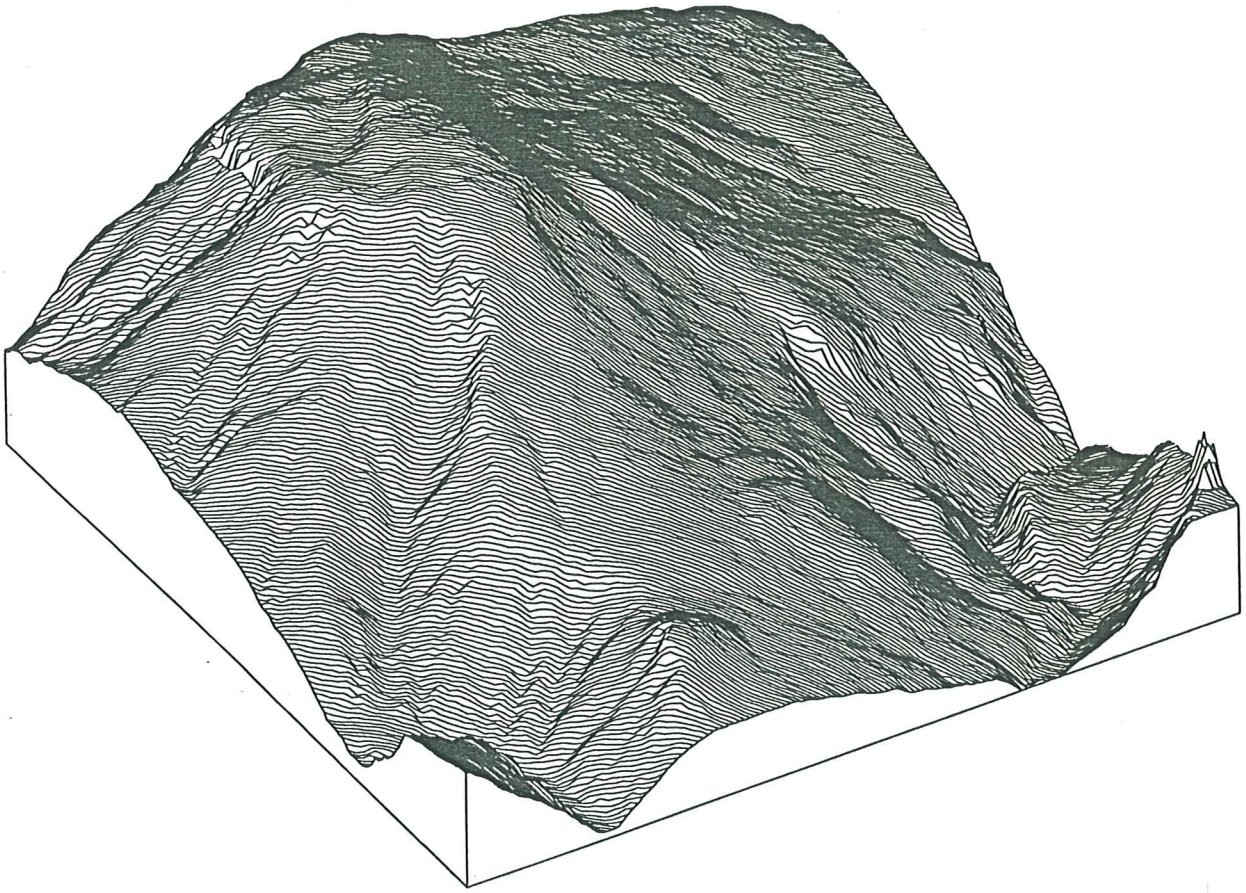
Coverage mit topographischen Höhenlinien



Vegetationskarte nach Trepp/Campell (nur Polygone)



Überlagerung von "Topographie" und "touristischen Einflussgebieten"



Digitales Geländemodell (GRID)

Analytische Schräglichtschattierung (GRID)

1.6.2. Analysemöglichkeiten und Arbeitsschritte

Am Beispiel der Geologischen Karte werden die verschiedenen Arbeitsschritte vorgestellt, die bis zur fertigen Karte durchlaufen werden.
Eine erste Karte zeigt eine "rohe, nicht korrigierte Coverage". Man beachte, dass viele Linienenden nicht abgeschnitten wurden, das heisst in einer Struktur, die nur Polygone aufweisen darf, kommen lineare Elemente vor. Dies führt zu einer Fehlermeldung des Systems. Diese Linien müssen korrigiert, bzw. entfernt werden. Weiter ist zu sehen, dass auch nicht-geschlossene Polygone vorkommen. Auch solche Strukturen werden als Linien erkannt und führen ebenfalls zu Fehlermeldungen.
Die zweite Karte zeigt uns denselben Ausschnitt nach einer oder mehreren automatischen Korrekturen. In weiteren Schritten wird eine Legende erstellt (im INFO) und mit der Graphik verbunden, es können Titel oder Beschriftungen eingesetzt werden, bis wir ein ansprechendes Resultat vorliegen haben (Karte drei). Ebenfalls im INFO-Teil wird jedem Polygon ein Muster zugeordnet, welches zur Identifikation und Unterscheidung der verschiedenen Flächen dient.
Wir stellten aber auch Karten mit ausschließlich linearen Elementen her. Es sind dies etwa eine Karte mit Wanderwegen, eine Karte mit topographischen Höhenlinien oder eine Strassenkarte.
Die Kantonsstrasse wurde als lineares Element digitalisiert, sie stellte folglich keine Fläche dar. Gerade bei Strassen kann die Fläche oder der Perimeter von Interesse sein. Deshalb haben wir die Kantonsstrasse als 6.50 Meter breites Polygon dargestellt. Auch diese Transformation geschieht automatisch, nach der Eingabe einer "Pufferdistanz" werden die resultierenden Polygone errechnet und gespeichert.
Eine Karte mit punktueller Information entstand durch Eingabe von Temperaturmessstationen b.z.w deren Koordinaten uns einer Stationsnummer. Die Verknüpfung dieser Koordinaten mit den Temperaturwerten wird im INFO-Teil vorgenommen.
Eine der Stärken von ARC/INFO liegt in den sogenannten Overlay-Funktionen. Damit bietet das System die Möglichkeit, unzählige Kartenblätter zu überlagern, in Teilmengen aufzuteilen oder bestimmte Teile zusammenzufügen. Beispiele solcher Überlagerungen stellen die Karten "Topographie mit Wanderwegen", "potentielle Verschmutzungszone", "Lärmbelastung" sowie "Kantonsstrasse" dar.
Die Karte "potentielle Verschmutzungszone und Lärmbelastung" ist ein einfaches Analysebeispiel. Wir legten einen Korridor links und rechts der Wege des Testgebietes, um eine Zone auszuscheiden, die durch touristischer Nutzung verschmutzt bzw. mit Lärm "beeinflusst" wird. Wir wählten ein Distanz von 30 Meter.
Eine weitere Beilage zeigt ein Digitales Geländemodell. Solche Modelle basieren meist auf Rasterstruktur. ARC/INFO besitzt eine Prozedur zur Umrechnung einer Linien-Coverage in x-, y- und z-Koordinaten, die von Digitalen Geländemodellen weiter verarbeitet werden können. Die Firma ESRI bietet neben ARC/INFO noch ein älteres GIS in Rasterformat an, das System GRID. Die dreidimensionale Darstellung des Testgebietes erfolgte mit einer GRID-Prozedur, die analoge Schräglichtschattierung mit GRIDUNI, einer GRID-Erweiterung des Geographischen Instituts der Universität Zürich.

Diese Beispiele sollen einen Eindruck der Analyse- und Darstellungsmöglichkeiten von ARC/INFO sowie der Schnittstellen zu anderen Systemen geben.

1.6.3. Aufwand

Die Arbeiten beim Aufbau eines GIS kann man in vier Teile gliedern: Digitalisieren, Bereinigen, Verarbeiten und Ausgabe.
Das Digitalisieren ist eine zeitaufwendige, langweilige aber sehr wichtige Arbeit. Ein zeitlicher Mehraufwand zugunsten der Datenpräzision zahlt sich aus, denn die Bereinigungsarbeiten werden bei exakt digitalisierten Daten enorm vereinfacht. Es ist beispielsweise eine grosse Erleichterung, wenn keine offenen Polygone geschlossen werden müssen. Überschiessende Linien können einfach entfernt werden, offene Polygone automatisch schliessen hingegen kann Veränderungen an korrekten Strukturen zur Folge haben, was eine weitere Kontrolle mit zusätzlichen Korrekturen bedeutet.
Bereinigungsarbeiten verlangen von Anwender mehr Systemkentnisse als das Digitalisieren. Demzufolge spielt die Erfahrung des Bearbeiters eine noch grössere Rolle als bei Digitalisierarbeiten. Die sinnvolle Angabe von Toleranzwerten bei automatische Bereinigungen u.ä. wird zumeist empirisch erarbeitet, da sie von den verschiedenen Parametern einer Coverage abhängig ist und deshalb keine Literatur- oder Standardwerte zur Verfügung stehen.
Die digitale Aufnahme *topographische Höhenlinien* aus Übersichtsplänen 1:10'000 gestaltete sich als langwierige Arbeit . Diese Coverage nahm ca. 70 Arbeitsstunden in Anspruch und für Bereinigungen wurden nochmals 30 Stunden investiert. Bei diesem Kartenblatt mussten sehr viele Linien aufgenommen werden, zusätzlich traten noch methodische und arbeitstechnische Probleme auf, die zusätzliche Korrekturen zur Folge hatten. Die semiautomatische Aufnahme von Geländedaten ist äusserst Zeitaufwendig und scheint uns nur für kleine, spezielle Untersuchungsgebiete oder in Fällen, wo keine automatische Aufnahmen machbar sind, sinnvoll zu sein.
Das Bundesamt für Landestopographie ist am Aufbau eines landesweiten, digitalen Geländedatensatzes, das Gebiet des Schweizerischen Nationalparks zum heutigen Zeitpunkt leider noch nicht aufgenommen.

Die *Vegetationskarte* wurde in einer Zeit von 39 Stunden digitalisiert, die *geologische Karte* in 21 Stunden (anderer Massstab, schon mehr Routine). Die Bereinigung der ersten Karte benötigte nochmals 30 Stunden. Der Aufwand für die Bereinigung der Geologischen Karte war nicht mehr so gross, er belief sich auf ca. 8 Stunden.
Einfache Karten wie eine Darstellung des Nationalparkes als Umrisskarte oder eine Karte mit Wegen und Flüssen ist sehr einfach herzustellen und zu bereinigen. Eingabe mit Bereinigen nimmt ca. 2 Stunden in Anspruch.
Die Weiterverarbeitung einfacher Karten (Punkte, Linien, wenige Polygone) geschieht ebenfalls relativ schnell, immer abhängig von der Menge der Attribute, die in einer INFO-Datei angehängt werden. Bei Coverages mit sehr vielen Polygonen (z.B Vegetationskarte) nimmt das Auswählen und Zuordnen von Farben und Signaturen etliche Stunden in Anspruch. In dieser Arbeitsphase werden häufig verschiedene Resultate erstellt und verglichen, so dass

selten geradling auf ein Endprodukt hingearbeitet wird. Die Analysen können je nach Fragestellung mehr oder weniger viel Zeit in Anspruch nehmen. Im Falle des vorliegenden Projektes sind diese Arbeiten immer noch im Gange, so dass keine konkreten Zeitangaben gemacht werden können.
Diese Vorstudie ist ein Teil eines umfangreicheren Projekts und zum heutigen Zeitpunkt sind die Ausgabeprozeduren für diese Nationalparkkarten noch nicht automatisiert, so dass vor allem auf Datenausgabeseite in Zukunft noch bessere Resultate zu erwarten sind.

1.7. Schlussbemerkungen

Nach unseren heutigen Erfahrungen mit ARC/INFO kann man festhalten, dass mit diesem Geographischen Informationssystem ein gutes Instrument zur Datenerfassung und Datenkorrektur gegeben ist. Vor allem durch automatisierte Bereinigungsverfahren können Daten effizient ins System integriert und bearbeitet werden. Da ein Vektorsystem bezüglich Eingabedatenstruktur sehr flexibel ist, treten bei der Datenerfassung keine Informationsverluste auf, wie das bei Rastersystemen häufig der Fall ist. Die Systemgenauigkeit von ARC/INFO ist im allgemeinen um ein Vielfaches grösser als die Genauigkeit der Eingabedaten, so dass keine ungewollte Generalisierung auftritt. Eine weitere Stärke von ARC/INFO sind seine Overlay-Funktionen, die dem Benutzer verschiedenste Analysemöglichkeiten eröffnen. Auf sehr anschauliche Weise können komplexe Zusammenhänge visualisiert und analysiert werden. Die Schnittstelle von ARC- und INFO-Teil ist weitgehend automatisiert, nachträgliche Eingaben oder Änderungen von Attributen erfolgen im INFO. Die INFO-Datenbank zeigt in einer für heutige Verhältnisse komplizierten und umständlichen Bedienung und Programmierung, dass sie nicht die neuste Entwicklung ist. Modellierung in INFO stellen mehr Anforderungen an den Benutzer als Arbeiten im ARC-Teil. Eine neue Version dieser Datenbank wäre sicher wünschenswert.
Bezüglich den Vorkentnissen der ARC/INFO-Benutzer schreibt ESRI in ihren Anweisungen und Manuals, dass dieses System für Anwender ohne Computerkentnisse geeignet ist. Bei der von uns verwendeten Version 3.2.1 geschieht Kommunikation Benutzer-Computer befehlsorientiert, das heisst via Tastatur. Das bedingt, dass alle Anwender mit der Befehlssprache von ARC/INFO mehr oder weniger vertraut sein müssen. Ferner sind Grundlagekentnisse der VAX-Umgebung notwendig, um Manipulationen wie Sicherungskopien, Daten von anderen Benutzer verwenden etc. ausführen zu können. Die neue Version 4.0 bietet viele Neuheiten an, so zum Beispiel das Erstellen von eigenen Pull-Down-Menus. Ein erfahrener ARC/INFO-Benutzer kann eine Benutzerschnittstelle aufbauen, die auch vom unerfahrenen Gelegenheitsbenutzer bedient werden kann, da keine Befehlssprache mehr notwendig ist.
Eine solche Benutzeroberfläche ist für ein Nationalpark GIS sehr wichtig, denn viele zukünftige Anwender einer solchen Datenbank sind auf eine einfache Bedienung angewiesen, da sie nicht über grosse Kentnisse des System verfügen und trotzdem über die Möglichkeiten von ARC/INFO

verfügen wollen. Es ist sehr erfreulich, dass mit der Version 4.0 eine solche Schnittstelle ins System eingebaut wurde.
Ungeachtet der Benutzeroberfläche ist ARC/INFO ein System das bezüglich Möglichkeiten, Leistungsfähigkeit und vor allem Genauigkeit den Bedürfnissen eines Nationalpark-GIS gerecht wird.

Literatur

Brassel K.: Internationales Jahrbuch für Kartographie, Bd. 23, S. 32, 1983

Enders G. W.: Topologische Klimatologie
Forschungsberichte Nationalpark Berchtesgaden, 1979

ESRI : ARC/INFO Users Manual, Version 3.2.1,1985
ARCEDIT Users Manual, 1985

HENCO : INFO VAX Reference Manual, Revision 9, 1984

Strobel J. : Reliefanalyse mit dem Computer.
Geographische Rundschau Nr. 5, 1988

ARBEITSBERICHTE ZUR NATIONALPARKFORSCHUNG

Bisherige Arbeitsberichte

ZIELSETZUNG UND KORDINATION DER WISSENSCHAFTLICHEN ERFORSCHUNG DES SCHWEIZERISCHEN NATIONALPARKS
Zusammenfassung der Diskussionen im Rahmen der Klausurtagung der WNPK 1985
September 1985

DAUERBEOBACHTUNGSFLAECHEN IM GEBIET DES SCHWEIZERISCHEN NATIONALPARKS
August 1986

DIE MOOSVEGETATION DER BRANDFLAECHE IL FUORN (SCHWEIZERISCHER NATIONALPARK)
Nach einem Manuskript von F. OCHSNER
September 1986

VERZEICHNIS DER ORNITHOLOGISCHEN ARBIETEN IM SCHWEIZERISCHEN NATIONALPARK
zusammengestellt durch G. ACKERMANN und H. JENNI
März 1987

MATERIALIEN ZUR BISHERIGEN UND ZUKUENFTIGEN NATIONALPARKFORSCHUNG
Stand Juni 1987

METHODIK UND FORSCHUNGSFRAGEN ZUR LANGZEITBEOBACHTUNG IM SCHWEIZERISCHEN NATIONALPARK
Ergebnisse der Klausurtagung der WNPK 1987
Oktober 1987