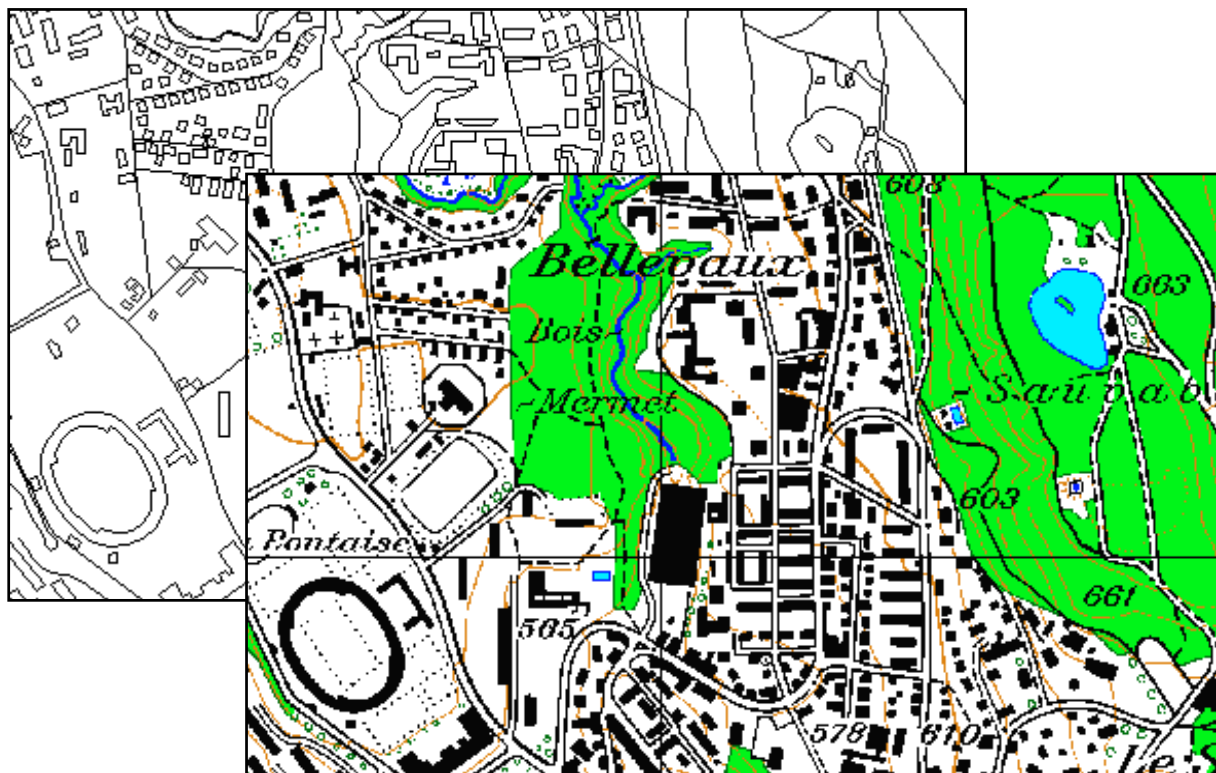


Mutationsbedarf beim Datensatz VECTOR25 als Grundlage für Landeskarten



„Mutationsbedarf beim Datensatz VECTOR25 als Grundlage für Landeskarten“

Autoren: Nico Hauri (haurin@student.ethz.ch) und
Simon Lutz (slutz@student.ethz.ch)
Betreuung: Olaf Schnabel (Institut für Kartographie der ETH Zürich) und
Novit Kreiter (swisstopo)
Leitung: Lorenz Hurni (Institut für Kartographie der ETH Zürich)

Institut für Kartographie
ETH Hönggerberg
8093 Zürich

Zürich-Hönggerberg, im Februar 2003

ZUSAMMENFASSUNG

Die detaillierte Untersuchung des Datensatzes VECTOR25 der swisstopo im Hinblick auf eine spätere Überführung in eine graphisch ansprechende Landeskarte (vor allem auch in gedruckter Form) zeigte viele Eigenschaften auf Stufe Datenmodell, deren Veränderung den Herstellungsprozess vom Vektor zur Karte bedeutend vereinfachen könnten.

Anhand vieler konkreter Beispiele wird aufgezeigt, wo die Probleme liegen. Gleichzeitig werden theoretische Lösungsvorschläge angegeben, wie die Mutation des Datensatzes vorgenommen werden kann.

INHALT

Zusammenfassung	2
Inhalt.....	3
1 Einleitung	4
1.1 Ausgangslage und Motivation.....	4
1.2 Fragestellung	4
1.3 Ziel der Arbeit	5
1.4 Aufbau der Arbeit.....	5
2 Materialien	6
2.1 Testdaten	6
2.2 Hard- und Software	7
3 Methodik	8
4 Theoretischer Hintergrund	9
4.1 Digitales Landschaftsmodell der Schweiz	9
4.2 Stand der Forschung bei vektorbasierten digitalen Landeskartenwerke.....	12
5 Ergebnisse	17
5.1 Allgemeines.....	17
5.2 Problemkatalog.....	18
6 Schlussbetrachtung.....	28
Dank	29
Literatur.....	30

1 EINLEITUNG

1.1 Ausgangslage und Motivation

An der swisstopo (Bundesamt für Landestopographie) wird im Rahmen des Projektes OPTINA (OPTImierung der NACHführung) unter anderem am Aufbau eines vollständig vektoriiellen, GIS-basierten Landeskartenwerkes gearbeitet. Die Idee dabei ist, in Zukunft nur noch einen einzigen Datensatz nachzuführen, und aus diesem dann alle gewünschten Folgeprodukte ableiten zu können. Für den Aufbau des Grundmassstabes 1:25'000 kann der vorhandene Datensatz aus dem digitalen Landschaftsmodell VECTOR25 als Basis dienen.

Zurzeit stellt man fest, dass mit den gängigen Werkzeugen zur Vektor-Visualisierung (Grafik-, GIS- und/oder Kartographiesysteme) nicht oder nur mit sehr hohem interaktiven, das heisst manuellen Aufwand aus dem VECTOR25 eine Karte näherungsweise mit der Qualität der traditionellen, analog hergestellten Landeskarte abgeleitet werden kann.

1.2 Fragestellung

Da keine Verbesserung auf der Seite der Visualisierung/Symbolisierung der VECTOR25-Daten mithilfe von Grafikprogrammen gesucht wird (frühere Untersuchungen mit dieser Zielsetzung zeigten unzureichende Ergebnisse – siehe z.B. Muggli, 1999), sondern eine Mutation im Datensatz selber untersucht werden soll, stellen sich folgende Fragen:

- Welchen inhaltlichen und strukturellen Veränderungen muss VECTOR25 unterzogen werden, um damit eine grafisch ansprechende Landeskarte erzeugen zu können?
- Wie können diese Veränderungen realisiert werden?

1.3 Ziel der Arbeit

Das Ziel der Arbeit ist eine Erstellung eines möglichst umfassenden Problemkataloges zum Datensatz des digitalen Landschaftsmodells VECTOR25 im Hinblick auf eine halb- respektive vollautomatische Generierung einer Landeskarte..

Die Probleme sollen identifiziert, analysiert und wenn möglich mit konkreten Modifikationsvorschlägen versehen werden, wodurch ein neuer Datensatz erstellt werden könnte, aus dem dann systemunabhängig eine gute Landeskarte (d.h. nach den Regeln der Kartographie und allgemein akzeptiert) produziert werden kann.

1.4 Aufbau der Arbeit

Kapitel 2 stellt das für die Untersuchung zur Verfügung gestellte Material vor. Zum einen sind das Testdaten aus dem VECTOR25 (dem Inhalt von zwei Kartenblätter entsprechend) und zum andern die technische Infrastruktur (die verwendeten Programme und die zur Verfügung gestellte Hardware) am Arbeitsplatz.

Kapitel 3 zeigt die Methodik auf, welche der Arbeit zugrunde liegt.

Im folgenden Kapitel 4 werden die theoretischen Grundlagen zur vorliegenden Untersuchung erläutert. Dabei wird der VECTOR25 im Detail beschrieben und bereits realisierte Arbeiten auf dem Gebiet der vektorbasierten, digitalen Landeskartenwerke sowie deren Vor- und Nachteile im Hinblick auf unsere Fragestellung zusammengetragen.

Das Kapitel 5 zeigt mögliche Lösungsansätze für den Prozess zur „Erstellung einer korrekten und schönen Landeskarte aus dem VECTOR25“ auf. Konkret enthält das Kapitel die Beschreibung der praktischen Umsetzung und anhand vieler Beispiele werden die Probleme aufgezeigt und entsprechende Vorschläge formuliert.

In den Schlussbetrachtungen im Kapitel 6 werden die persönlichen Erfahrungen und Erkenntnisse aus der Arbeit genannt. Angetroffene Probleme und die Erfüllung der Zielstellung sollen zusätzlich hervorgehoben werden.

2 MATERIALIEN

2.1 Testdaten

Zur Durchführung der vorliegenden Arbeit wurden Daten des digitalen Landschaftsmodells VECTOR25 der zwei Landeskartenblätter Morges (Blatt Nr. 1242) und Lausanne (Blatt Nr. 1243) zur Verfügung gestellt. Auf diesen zwei Kartenblättern findet man die meisten Objekte, für die von der swisstopo Signaturen zur Vektorsymbolisierung definiert worden sind. Nicht dazu gehören Elemente wie z.B. Höhenkurven oder die Darstellung von Fels.

Für die vorliegende Arbeit wurde pro Kartenblatt eine weitere Ebene mit den Gebäuden hinzugefügt, um einer zukünftigen Kartendarstellung mit all ihren Problemen noch etwas näher zu kommen.

Es liegen also die Ebenen anl_25 (Anlagen), eis_25 (Eisenbahnen), eob_25 (Einzelobjekte), gwn_25 (Gewässernetz), heb_25 (Hecken und Bäume), pri_25 (Primärflächen), str_25 (Strassen), uvk_25 (übrige Verkehrsanlagen) und zusätzlich zu diesen üblichen thematischen Ebenen von VECTOR25 auch die vektorisierten Gebäude in geb_25geb_25 vor. Für jede Objektklasse (es sind das Flächen, Polylinien oder Punkte) ist ein Triplet von Dokumenten vorhanden: ein DBF-File, ein SHP-File und ein SHX-File. Bei allen Flächenelementen wie zum Beispiel den Primärflächen sind die Zentroide in einem separaten Punkt-File-Triplet gespeichert.

Für einen Bildschirmvergleich der Symbolisierung mit der Originalkarte stehen die Pixelkarten der entsprechenden Kartenblätter zur Verfügung und zwar sowohl Farb-getrennt (je ein TFW- und ein TIF-File der Sorten Gewässerlinien, Höhenkurven, Seeton, Situation, Waldkontur und Waldton) wie auch als Farbkombination (je ein TIF-File pro Kartenblatt).

2.2 Hard- und Software

Für die Bearbeitung der vorliegenden Arbeit steht den Autoren die Informatik-Infrastruktur des Instituts für Kartographie der ETH Zürich zur Verfügung. Das sind in erster Linie Personal Computers mit dem Betriebssystem Microsoft Windows2000.

Das ArcView GIS 3.1 von ESRI wurde verwendet, um möglichst schnell einen ersten Überblick über die Datenstruktur vom VECTOR25 zu erhalten. Da aber eine nötige Symbolisierung aufgrund der mangelnden Werkzeuge in diesem Programm nicht möglich war, konnte nur sehr grob auf Probleme geschlossen werden.

Als Grafiksoftware kam das Programm Illustrator von Adobe zur Anwendung. Es liegen die Versionen 9 und 10 vor. Es zeigte sich bald, dass beide Versionen ihre Vor- und Nachteile haben und beide wurden entsprechend ihren Funktionen respektive Erweiterungen eingesetzt. (Vor allem für den Import der VECTOR25-Daten musste auf die alte Version zurückgegriffen werden, weil nur auf dieser das Zusatzmodul „MaPublisher“ lief.) Im weiteren Verlauf der Arbeit wurde dann die neue Version aufgrund der ausgereifteren Visualisierungswerkzeuge genutzt.

3 METHODIK

Das methodische Vorgehen kann in drei Phasen unterteilt werden:

1. Um sich mit dem Datenmodell vertraut zu machen und das Potential von Visualisierungswerkzeugen abschätzen zu können, soll der Testdatensatz mit den zur Verfügung stehenden Grafik- und GIS-Programmen soweit symbolisiert werden, dass man sich die beste Variante einer möglichen Landeskarte vorstellen kann.
2. Die in der Phase 1 angetroffenen Probleme, die aber mit speziellen Hilfsmitteln (MapPublisher, Xtras, Extensions, u.s.w.) behoben werden konnten, werden dahingehend analysiert, ob sie durch eine Mutation der Grunddaten gelöst werden könnten oder sie rein auf Stufe Symbolisierung beeinflusste Grössen sind.
3. Für alle ungelösten Probleme sollen anschliessend geeignete Lösungsmodelle überlegt werden. Wie müssen diese Modelle angewendet werden und inwiefern können die so behobenen Probleme bei der Prozessierung der automatischen oder halbautomatischen Symbolisierung das Kartenbild beeinflussen?

4 THEORETISCHER HINTERGRUND

4.1 Digitales Landschaftsmodell der Schweiz

"VECTOR25 ist ein georeferenzierter, topografischer Vektordatensatz, welcher für ein breites Spektrum von Anwendungen eingesetzt werden kann. Dank seiner einfachen Struktur kann VECTOR25 ohne grossen Aufwand auf praktisch allen gängigen GIS- und CAD [Computer Aided Design]-Systemen eingesetzt werden." (swisstopo, ohne Jahr, S. 9)

Die folgenden Ausführungen basieren grösstenteils auf der Broschüre „VECTOR25 - Das digitale Landschaftsmodell der Schweiz“ von swisstopo (ohne Jahr) und auf eigenen Erfahrungen.

Beschreibung

Der VECTOR25 der swisstopo ist das digitale Landschaftsmodell der Schweiz, welches inhaltlich und geometrisch auf der Landeskarte 1:25'000 basiert, mit der Zeit aber durch eine Luftbild-Basierte Version abgelöst werden wird. (Momentan bestehen Mischformen in den Datenbeständen gewisser Regionen). Der Datensatz gibt die natürlichen und künstlichen Objekte der Landschaft für im flexiblen Vektorformat wieder und eignet sich speziell für den Einsatz in GIS. Der gesamte VECTOR25 beschreibt rund 5 Millionen Objekte in Lage, Form, Objektart, weiteren Sachattributen und ihren Nachbarschaftsbeziehungen (Topologie). Sein Perimeter umfasst die ganze Schweiz und das angrenzende Ausland gemäss der Landeskarte 1:25'000.

VECTOR25 Level 2 besteht aus acht thematischen Ebenen (z. B. Primärflächen). Jede Ebene umfasst Topologietypen (z. B. Grenzlinien der Primärflächen). Pro Ebene und Topologietyp ist ein Attributsatz definiert, der mindestens aus den Standardattributen (ObjectID: Eindeutiger und zeitlich stabiler Identifikationsschlüssel, ObjectOrigin: Herkunft der Daten, ObjectVal bzw. Objektart und YearOfChange: Nachführungsjahr des Objektes)

besteht. Insgesamt rund 140 unterschiedliche Objektarten (z. B. 2. Klass-Strasse oder Bach) werden unterschieden (siehe Tabelle unten).

Name	Thematischer Inhalt	Topologietypen	Anz. Objektarten
Strassennetz	Strassen- und Wegnetz	Linie	34
Eisenbahnnetz	Eisenbahnnetz	Linie	9
Übriger Verkehr	Fähren, Seilbahnen usw.	Linie	5
Gewässernetz	Gewässernetz	Linie	13
Einzelobjekte	Diverse künstliche Objektarten	Linie, Punkt	28
Hecken und Bäume	Diverse Objektarten der Vegetation	Linie, Punkt	5
Primärflächen	Primäre Bodenbedeckung (Wald, See usw.)	Fläche, Linie	43
Anlagen	Künstliche Areale und Anlagen	Fläche, Linie	3
Total			140

Die 8 thematischen Ebenen des VECTOR25 Level 2

Jedes Objekt von VECTOR25 gehört zu einem Topologietyp einer thematischen Ebene.

Der Topologietyp **Linie** beginnt und endet in Knoten. Die Linie ist eine Folge von xy-Koordinatenpaaren. Es sind aber nur Geraden und keine Kreisbogen oder Splines als geometrische Form zu diesem Typ abgespeichert. Die Knoten (= Anfangs- bzw. Endpunkt von Kanten/Linien) weisen in VECTOR25 Level 2 keine eigenständigen Attribute auf. Bei gerichteten Linien hat der Richtungssinn eine Bedeutung. Gewässerachsen sind beispielsweise in Fliessrichtung digitalisiert respektive vektorisiert.

Die **Punkte**, die keine Verbindung zu anderen Objekten haben, werden als xy-Koordinatenpaar im Datensatz abgelegt.

Der Typ **Fläche** ist aus inneren (Inseln) und äusseren Grenzlinien aufgebaut. Diese sind eine geschlossene Folge von xy-Koordinatenpaaren, deren Verbindungslinien sich nicht schneiden. Auch hier kommen zurzeit nur Geraden und keine Kreisbogen oder Splines vor.

Pro km² Bodenabdeckung umfasst VECTOR25 Level 2 im Durchschnitt rund 100 Objekte. In komprimierter Form benötigen die Daten für einen solchen Ausschnitt zirka 15 KB

physischen Speicherplatz. Sowohl die logische als auch die physische Datenmenge variieren je nach Ebene und Gegend (städtisches Gebiet, Gebirge usw.) sehr stark.

Nachführung

Die Nachführung von VECTOR25 erfolgt in der Geotopografischen Datenbank im Sechs-Jahres-Zyklus und basiert auf der analogen Kartennachführung. Sie orientiert sich also an der Landeskarte 1:25'000. Das heisst, die Nachführungselemente wurden bisher – wie bei der Ersterfassung – in bereits generalisierter Form eingefügt. Damit wird sichergestellt, dass PK25 (Pixelkarte 25; eingescannte Version der Landeskarte 1:25'000) und VECTOR25 hybrid miteinander verwendet werden können.

Neuerdings werden die Nachführungselemente direkt aus den Luftbildern genommen und müssen demnach noch vorgängig einer Generalisierung unterworfen werden (siehe auch Kapitel „Automatische Generalisierung von Geodaten“ weiter unten).

Datenkatalog

- Das **Strassennetz** besteht aus Linienobjekten, wobei die Werte wie Autobahn oder 1.-Klass-Strasse als Attribute der Geometrie angehängt sind. Ebenfalls wird noch unterschieden, ob ein Strassenabschnitt „Brücke“ oder „Tunnel“ (oder anderes mehr) ist.
- Auch das **Eisenbahnnetz** und der **übrige Verkehr** sind in ähnlicher Weise aufgebaut wie das Strassennetz, nur ist die Datenmenge etwas weniger umfangreich.
- Die Objekte der **Gewässernetzebene** bilden ein topologisches Liniennetz, wobei die Linien in Fliessrichtung gerichtet sein können oder wie die Seeufer im Gegenuhrzeigersinn.
- Die Ebene **Primärflächen** beschreibt die Bodenbedeckung. Im Gegensatz zur Landeskarte sind in den Primärflächen interpretierte Siedlungsgebiete enthalten.
- **Hecken und Bäume** liegen als Linien- und Punktobjekte vor. Dabei gibt es nur fünf unterschiedliche Werte: Einzelbaum, Obstbaum, Baumreihe, Hecke und Obstbaumreihe.
- **Anlagen** sind Bahnhof- und Flughafenareale (bei den Flächen-Objektarten) und deren Grenzlinien (Linien-Objektarten).

- Zum Schluss kann noch die Ebene **Einzelobjekte** erwähnt werden. Antennen, Denkmäler u.s.w. sind als Punkte abgespeichert und Böschungen, Hochspannungsleitungen, Ruinen u.s.w. als Linien. Als zusätzliches Attribut der Punkt-Objektarten kann hier noch ein Objektazimut angegeben werden.
- Die zuletzt neue Ebene **Gebäude** besteht ausschliesslich aus flächenhaften Objekten, die die Einzelgebäude repräsentieren.

4.2 Stand der Forschung bei vektorbasierten digitalen Landeskartenwerke

Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem (ATKIS)

Das amtliche topographisch-kartographische Informationssystem (ATKIS) der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland ist ein geographisches Basisinformationssystem, in dem die topographischen Objekte der Erdoberfläche und ihr Relief in digitaler Form gespeichert sind. ATKIS besteht aus dem Digitalen Landschaftsmodell (DLM) und früher noch aus dem digitalen kartographischen Modell (DKM) und enthält den so genannten „Objektartenkatalog“ (OK) und den „Signaturenkatalog“ (SK) (siehe: Abbildung 1 aus: Ohne Name¹, ohne Jahr, S. 28). „Das DKM ist ... wegen der Komplexität der Datenhaltung und des zu erwartenden hohen Pflegeaufwandes über die Konzeptionsphase nicht hinaus gekommen. Vor allem die Problemlösungen der Verdrängung und der Schriftplatzierung waren nur schwer überschaubar“ (Zahn, 2002, S. 203).

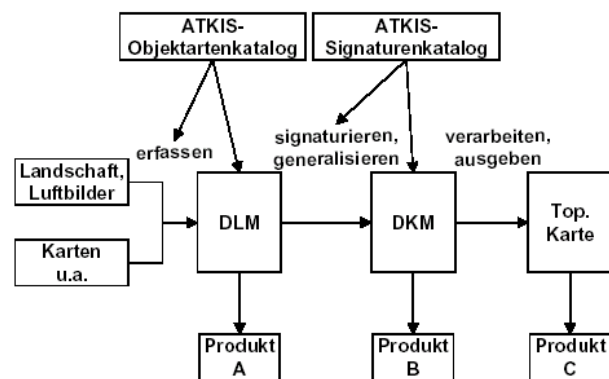


Abbildung 1: Produktion und Produkte von ATKIS, Stand 1998

Stattdessen wurden im überarbeiteten und derzeit gültigen Referenzmodell ALKIS-ATKIS zwei neue Datenarten, die Präsentations- und die Kartengeometrieobjekte, eingeführt und die

Topographische Karte („Top. Karte“) wurde durch die „Digitale Topografische Karte DTK“ ersetzt.

Der ATKIS-OK legt, wie auch der Datenkatalog des VECTOR25, den Inhalt der Digitalen Landschaftsmodelle (DLM) fest und ist Attribut-orientiert aufgebaut. Danach wird die Landschaft nach Objektarten grob und mit Hilfe von Attributen fein gegliedert, womit die „freie Selektion topographischer und - soweit bereits integriert - auch anderer fachlicher Sachverhalte erlaubt wird“ (Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland, 1998, S. 2).

Um das Auffinden der Objektarten im ATKIS-OK zu unterstützen, ist der Katalog in Objektbereiche und -gruppen gegliedert, welche die Objektarten nach sachlogischen Gesichtspunkten ordnen. Innerhalb der jeweiligen Objektgruppe sind zunächst grossflächige, danach kleinerflächige und schliesslich Einzelobjekte beschrieben. Ein logischer und wirtschaftlicher Aufbau größer gegliederter Landschaftsmodelle wie z.B. des DLM250 und DLM1000 auf der Grundlage des Basis-DLM wird dadurch unterstützt. Der für das DLM250 und DLM1000 geltende Teil ist dabei als Selektionsvorschrift konzipiert, mit dessen Hilfe der Inhalt des DLM250 aus dem Inhalt des Basis-DLM und das DLM1000 aus dem DLM250 durch einfache Auswahl erzeugt werden kann (ebd. S. 3 und 4 und <http://www.adv-online.de/produkte/atkis.htm>).

Modellierungsvorschriften sind je nach Geltungsbreite entweder der Ebene der Objektbereiche oder der Ebene der Objektarten zugewiesen. Den einzelnen Objektarten selbst sind allgemeine Angaben, Angaben zur Namenszuweisung und Attribute mit den zulässigen Attributwerten zugeordnet. Auf der anderen Seite können Attribute auch einer ganzen Objektebene oder einer Objektteilebene zugeordnet werden. Der einem Attributtyp auf Objektebene zugeordnete Wert gilt dann für alle Objektteile eines Objekts (ebd. S. 14).

Um die vielfältigen, gegenseitigen Beziehungen (Relationen) der Landschaftsobjekte zueinander zu beschreiben, sind im ATKIS-OK noch so genannte „Referenzen“ eingeführt. Die topologischen Knoten-, Kanten- und Flächen-Relationen können explizit dargestellt oder implizit aus dem jeweiligen geometrischen Zusammenhang hergeleitet werden. Überführungsrelationen werden z.B. den Objektteilen zugeordnet, deren vertikale Konfiguration beschrieben werden soll. Da die Referenzen gegenseitig anzugeben sind, muss der Referenz "Objektteil B ist oben" beim Objektteil A eine Referenz "Objektteil A ist unten"

beim Objektteil B entsprechen. Einem Objektteil können zudem mehrere Überführungsreferenzen in beiden Richtungen zugeordnet werden (ebd. S. 15).

Automatische Generalisierung von Geodaten

Die Generalisierung ist für die vorliegende Arbeit in zweifacher Hinsicht von Interesse:

Erstens ist der Datensatz VECTOR25 (noch) kartenbasiert, d.h. aus der bereits schon manuell generalisierten Pixelkarte PK25 abgeleitet worden.

Zweitens werden in Zukunft die Vektoren direkt aus den Luftbildern (und sind somit näher an der Realität) gewonnen und müssen noch einer (möglichst) automatischen Generalisierung unterworfen werden. "Generalisierung beinhaltet [aber] eine nicht triviale Aufgabe, die Datenmenge zu reduzieren und gleichzeitig den Abstraktionsgrad zu erhöhen" (Meng, 2001, ohne Seite).

Um verschiedene Objektversionen im Masstabsraum abzuleiten, werden Geoobjekte einerseits, unabhängig von deren räumlicher Lage, nach gemeinsamen semantischen Eigenschaften klassifiziert. Klassenreduzierung bedeutet andererseits, dass Geoobjekte, unabhängig von deren semantischen Eigenschaften, nach Lagezusammenhang verschmolzen werden. "Wegen mangelhafter Zuordnungsregeln besteht bisher noch keine Möglichkeit, Objektversionen auf unterschiedlichen Abstraktionsstufen miteinander automatisch zu verknüpfen. Ohne solche Verbindungen lassen sich Änderungen einer Version auf der niedrigeren Abstraktionsstufe keineswegs in eine andere Version auf der höheren Abstraktionsstufe automatisch propagieren" (ebd.).

Ein weiteres Problem bei der automatischen Generalisierung ist in der Entwicklung von Verdrängungsverfahren zur Lösung graphischer Konflikte zu suchen. Gegenwärtige Generalisierungssysteme sind zwar in der Lage, graphische Konflikte automatisch zu detektieren (Lee, 1999, Badard, 1999 oder Elias et al., ohne Jahr) und Verdrängungsvektoren für die einzelnen Geoobjekte zu definieren. Ein Verdrängungsansatz, der nach globalen Optimierungsbedingungen iterativ arbeiten und schrittweise eine konfliktfreie Lösung annähern soll, steht jedoch trotz umfangreicher Untersuchungen noch nicht in Sicht (Meng, 2001, ohne Seite und Meng, ohne Jahr, S. 1).

Weitere theoretische Ansätze zur computergestützten Generalisierung von Vektordaten findet man bei Hake et al. (1994), Van Oosterom u.a. (1995), Hoffmann u.a. (2000), Lee u.a. (2000), Ruas (2001), Sester (2001) oder Meng (2001), wobei letztere die Generalisierungsaufgabe in „Modellgeneralisierung“ und eine untergeordnete „Kartengestaltung“ unterteilen will (siehe auch: Sester, 2000 und Harrie, 2001).

Aus der Modellgeneralisierung ergibt sich ein vereinfachtes Modell mit geringerer Objektauflösung, d.h. die einzelnen Generalisierungsoperationen führen zu einer Punkt- oder Objekt-reduzierung sowie Attributzusammenfassung.

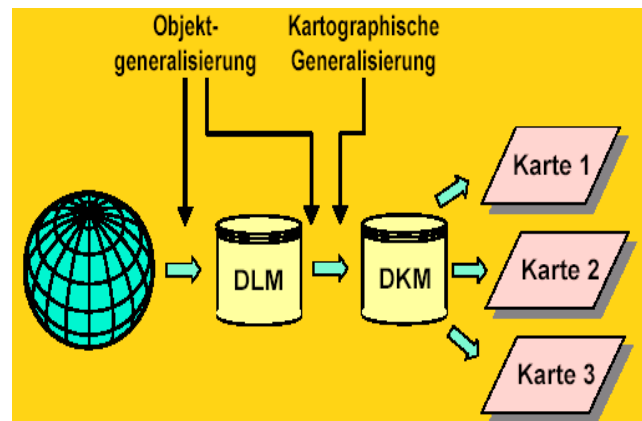


Abbildung 2: Aufgaben der Generalisierung

Die Kartengestaltung hingegen hat im engeren Sinne die Aufgabe, aus dem vereinfachten Modell Kartenprodukte zu erzeugen (vgl. auch Abbildung 2 aus Morgenstern, ohne Jahr). Dabei geht es um die kartographische Visualisierung der Geobjekte mit dem Hauptziel, die graphische Richtigkeit und Lesbarkeit durch Operationen, wie z.B. Symbolisierung, Formtypisierung oder -betonung, Linienglättung, Verdrängung und Beschriftung, zu gewährleisten.

Da die Modellgeneralisierung nichts mit der durch Subjektivität geprägten graphischen Präsentation zu tun hat, besteht die hohe Wahrscheinlichkeit, automatische „Batchprozesse“ zu entwickeln, die keine topologischen Konflikte verursachen und daher minimalen Bedarf an Nachbearbeitung stellen (Meng, 2000, ohne Seite).

Ein Kartengestaltungssystem soll für ein beliebiges Geobjekt aus dem Objektmodell eine oder mehrere Kartensignaturen "on-the-fly" generieren und sie nach Bedarf als Präsentationsattribute des Objekts speichern. Man redet von der "Datenbank mit multiplen Geometrien" (Meng, 2001, ohne Seite), wobei die Signaturgeometrien von der eigentlichen

Objektgeometrie getrennt behandelt werden (siehe auch Kreiter, 2002). Unter Umständen muss dann die Geometrie der Kartensignatur von der Objektgeometrie abweichen, um die Sichtbarkeit und Lesbarkeit zu gewährleisten. (Ebenfalls zur Modellgeneralisierung äussert sich Morgenstern u.a., 1999).

Bereits realisierte Systeme für vektorbasierte, digitale Landeskartenwerke

Einen bereits realisierten, technischen Lösungsvorschlag bietet INTERGRAPH mit seinem neuen „Digital Cartographic Studio“ – DCS (Ohne Name², ohne Jahr) an. "Mit regelwerkbasierender Vektorsymbolik ist DCS eine echte digitale kartographische Umgebung, die Produktionszeiten reduziert und dem Kartographen eine grössere Kontrolle über das exakte Platzieren von Texten und Symbolik erlaubt. ... Die Topologie von Daten wird automatisch nachgeführt, sobald diese geändert werden. Die durchgehende interaktive Topologie ermöglicht es, die Symbolisierung von Objekten über Regelwerke in Abhängigkeit ihrer räumlichen Beziehung zu definieren" (ebd., S. 1). Sowohl die kartographische Symbolisierung über eine Bibliothek, Schriftplatzierung wie auch Verdrängungsprobleme können mit dem Programm behandelt werden. (Generalisierungsalgorithmen u.a.m. sind erst in Planung.)

Es werden nicht direkt die Rohdaten modifiziert, sondern vor allem Werkzeuge für die Visualisierung respektive Symbolisierung zur Verfügung gestellt, wobei auch hier viel interaktive Arbeit zu leisten ist.

5 ERGEBNISSE

In diesem Kapitel werden die wichtigsten Ergebnisse aus den theoretischen Überlegungen zum Datenmodell VECTOR25 in Verbindung mit den praktischen Erfahrungen bei der Visualisierung mit ArcView und Adobe Illustrator zusammengestellt. Zuerst werden einige Hinweise ganz allgemeiner Art gegeben, welche die Schnittstelle zwischen den Daten (in der Datenbank) und einem Grafik- respektive GIS-Programm betreffen.

Des Weiteren werden ganz konkrete Probleme angesprochen, die bei einer Überführung der Vektordaten VECTOR25 in eine graphisch ansprechende Landeskarte hinderlich sind. Dabei wird versucht, sowohl ebenenspezifische Probleme als auch Konflikte, die allenfalls zwischen den einzelnen Ebenen auftreten können, anzusprechen.

5.1 Allgemeines

In der vorliegenden Arbeit werden Lösungen gesucht, die Plattform- und Programm-unabhängig sind, d.h. z.B., dass mit einem Graphik-, GIS- oder Kartographieprogramm gearbeitet wird ohne spezielle Plugins oder ähnliches und wo nur ganze Ebenen und nicht Klassen und Unterklassen definiert werden können. Um die Visualisierung zu vereinfachen, müssten daher thematische Ebenen für jede „ObjectVal“ einzeln definiert werden können und nicht nur für die ganzen Objektklassen. Dies hätte den Vorteil, dass danach die Darstellung ohne grosses Separieren direkt den entsprechenden Layern zugeteilt werden kann.

Bei vielen untersuchten Problemen fällt auf, dass eigentlich alle Objekte schon generalisiert eingefügt werden müssen. Das heisst, **Generalisierung, Verdrängungen** etc. wurden hier nicht als Forschungsfeld in Betracht gezogen. Die in der Datenbank gespeicherten Objekte müssen **schon dazu optimiert sein** mit der definierten Darstellung im definierten Massstab ausgegeben zu werden.

5.2 Problemkatalog

Ebene „Gebäude“ (geb)

Bei der Ebene Gebäude traten wenig Probleme auf. Interaktionen mit anderen Ebenen wurden keine gefunden.

- Da die Ebene Gebäude, die sich bei der swisstopo immer noch in der Produktionsphase befindet und hier eine Rohfassung vorliegt, ergeben sich an den Kartenschnitten noch einige Fehler, die aber für den definitiven Datensatz sicherlich behoben sein werden. Auch tritt Datenverlust auf, bei Haussignaturen unter Beschriftungsmasken.
- Gebäude mit Auslassungen (Innenhöfe, Stadien etc.) müssen konsistent digitalisiert sein, das heisst auch Innenhöfe, Swimmingpools u.a. gehören zum Gebäude und bekommen ihre eigene Fläche.

Ebene „Strassennetz“ (str)

Das Strassennetz ist eine der umfassendsten bzw. kompliziertesten Ebenen des VECTOR25. Zum einen gibt es viele Strassen und Wege, zum anderen hängen viele miteinander zusammen. Dazu kommt noch, dass bei Linienobjekten die Probleme der automatischen Darstellung schon bei der einfachen Linie selbst am grössten sind, wie vor allem aber auch an den Linienenden und bei Knoten.

- Grundsätzlich muss gewährleistet sein, dass alle unterschiedlichen Objektklassen und Unterklassen (z.B. Brücke oder Tunnel) für die Symbolisierung direkt angesprochen, also selektiert werden können.
- Die Layer mit den Tunnels werden im Graphikprogramm als unterste, die Layer mit Brücken als oberste Strassen gruppiert. Damit sind aber noch nicht alle Probleme gelöst. Dies wird weiter behandelt im Kapitel Brücken und Tunnel.

- Für eine asymmetrische Strassen-Symbolisierung können die betreffenden Objekte durch die Digitalisierungsrichtung definiert werden. So kann gewährleistet werden, dass man nicht automatisch die Belichtungsrichtung nehmen muss, sondern auch andere Feinheiten einbringen kann. Dies kann sich aber mit der Idee schneiden, richtungstrennte Strassen in der Fahrrichtung zu digitalisieren (siehe Abbildung 3).



Abbildung 3: Asymmetrie



Abbildung 4: Kreuzungen

- Bei (Niveau-) Übergängen von klassenunterschiedlichen Objekten (siehe Abbildung 4) darf keine der entsprechenden Strassenlinien ebenenmässig bevorzugt werden, d.h., dass die im Modell oben liegende Strasse die darunter liegende mit ihrer Symbolisierung überzeichnet. Dieses Problem tritt jedoch nur bei (Strassen-) Linien auf, die mit Hilfe zweier übereinander liegenden Linien dargestellt werden. Daher müssen Strassen, die nur mit einer Linie dargestellt werden, unter den anderen liegen.
- Ein noch ungelöstes Problem ist die Ausrundung der Linien bei Kreuzungen (Abbildung 5 und Abbildung 4). Wenn sich zwei Strassen welche mit zwei Linien dargestellt werden kreuzen, kommen einfach zwei Linien gerade aufeinander zu. Die schönen Kreuzungen müssen wahrscheinlich weiterhin von Hand gezeichnet werden – oder mit ziemlich guten Programmen. Ähnliches gilt auch für die Kreisel (Abbildung 6).



Abbildung 5: Kreuzung

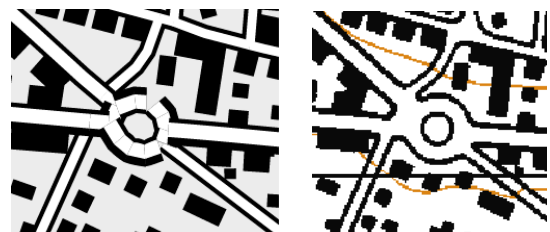


Abbildung 6: Kreisel

- Wenn richtungstrennte Autobahnen nicht sauber vektorisiert sind, gibt es ein Verdrängungsproblem (vgl. Abbildung 7). Eine Lösung wäre, die Mittellinie der beiden Richtungen zu rechnen (mit dem der Richtungsinformation) und in einem Guss zu symbolisieren. Mögliche Probleme bei der Berechnung der Mittellinie könnten dann aber entstehen bei einer ungleichen Anzahl Stützpunkte, wie dies in Abbildung 8 der Fall ist. Vorsicht ist auch geboten bei den Übergängen zwischen Autobahn_ri (Autobahn richtungstrennt), die aus zwei Linien besteht oder den Autobahn-Ein- und -Ausfahrten und der Autobahn, wenn diese neu als Mittellinie vorkommt.

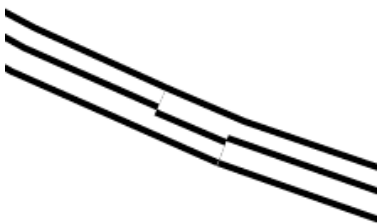


Abbildung 7: Verdrängung

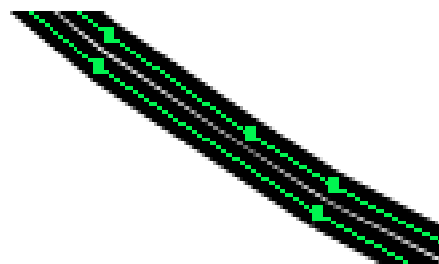


Abbildung 8: ungleiche Anzahl Stützpunkte

- Das Problem der Verteilung gestrichelter Linien über eine Gesamtlänge (Beispiel Fussweg) ist ebenfalls ein nicht einfach zu lösendes Problem. Mit normalen Graphikprogrammen lässt sich das nicht automatisch erzeugen, weil diese zu wenig „intelligent“ sind. Hier müssen zusätzliche Programme bemüht werden oder es müssen qualitative Abstriche gemacht werden.

Ebene „Eisenbahnnetz“ (eis)

Das Eisenbahnnetz ist in sich keine sehr komplexe Ebene. Die grössten Probleme ergeben sich hier bei Interaktionen mit anderen Ebenen (vor allem mit dem Strassennetz) bei Tunnel, Unterführungen, Überführungen und Niveaureuzungen (siehe Kapitel Brücken und Tunnel).

- In Bahnhöfen (Gleisanlagen) sollten die Geleise einzeln gespeichert sein, nicht als Areal. Str_Bhof (Strecke Bahnhof) reicht nicht aus, da dies nur die Topologische Verbindung ist. Alle anderen Geleise müssen z.B. als I_Geais digitalisiert werden, damit eine schöne Darstellung von Gleisanlagen in Bahnhöfen erzeugt werden kann (siehe Abbildung 9).

- Bei Eisenbahnstrecken neben Strassen muss schon bei der Vektorisierung auf die „Verdrängung“ geachtet werden.

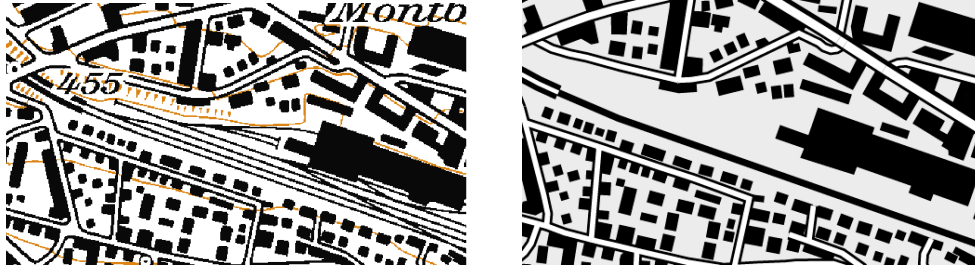


Abbildung 9: Bahnhof

- Für die Verteilung von strichlierten oder abwechslungsweise schwarz/weissen Linien (siehe Ebene „Strassennetz“ (str)), der Behandlung von Brücken und Tunnel (siehe Abschnitt „Brücken und Tunnel“) und der Reihenfolge der Layer (siehe Ebene „Strassennetz“ (str)) gilt im übrigen das selbe wie beim Strassennetz.

Ebene „Übriger Verkehr“ (uvk)

Alle Objekte in dieser Ebene sind nicht gerichtete Polylinien. Zu behandeln sind sie fast wie Einzelobjekte. Grundsätzlich gibt es aber ein Problem mit der Verteilung der „Masten“-Symbole über die gesamte Linie (LS_Bahn, Mat_Bahn, Skilift).

Ebene „Gewässernetz“ (gwn)

Die Ebene Gewässernetz besteht nur aus Linienobjekten, die alle bis auf eine („Bach ohne erkennbare/eindeutige Fliessrichtung“) entsprechend der Fliessrichtung des betreffenden realen Objektes als gerichtet im Datensatz VECTOR25 gespeichert sind. Die Werte „Fluss“, „Fluss_U“, „Seeachse“, „Seeinsel“ und „See(ufer)“, „Bachachs“ und „Bach_U“ werden nur für die Topologischen Beziehungen und die Fliessrichtungen gebraucht (siehe auch DGN25 - Digitales Gewässernetz basierend auf VECTOR25 - des Bundesamtes für Wasserwirtschaft und Geologie), jedoch nicht für die Symbolisierung in der Landeskarte. Flüsse und Bäche, sowie Seefläche, und deren Uferstriche werden durch die Primärflächen (Flächen und Linien) geliefert.

- Die Bäche sind alle gleich kodiert, obwohl sie verschiedene Strichstärken haben (sollten). Es müssen verschiedene Klassen (Teilabschnitte) von Bächen definiert werden oder eine Anfangs- und Endbreite (der Darstellung) an die Polylinie als Attribut angehängt werden.
- Druckleitungen werden problemlos automatisch symbolisiert.
- Beschriftung der Flüsse und Bäche siehe Beschriftung.

Ebene „Primärflächen“ (pri)

Primärflächen kommen als Flächen und Linien vor. Die Flächenarten dieser Ebene schliessen sich gegenseitig aus und bilden ein redundanzfreies, lückenloses Flächennetz. Es gibt See, Wald, Sumpf, Geröll, Fluss, interpretiertes Siedlungsgebiet, u.s.w. und der ganze, nicht explizit benennbare Rest wird als übriges Gebiet angesprochen.

Die linienförmigen Objekte dieser Ebene bilden die Grenzen zwischen den Flächen und könnten so vermutlich zusammen mit den Zentroiden in einem GIS, das keine Flächenelemente importieren kann, die vollständige Ebene der Primärflächen darstellen. Die Linienelemente haben eigenständige Objektarten, welche jedoch im Allgemeinen nicht aus den Flächen abgeleitet werden können (Flussufer links, Flussufer rechts – jeweils in Fließrichtung vektorisiert –, Waldrand, Waldrand offen, u.s.w.). Für die Symbolisierung heisst dies, dass die Flächenelemente grundsätzlich nirgends mit Umrandung (Outline) dargestellt werden, sondern von den dazugehörigen Linienelementen, was durchaus begrüssenswert ist.

- Ausnahme: Die Flächenobjektart "Reben" braucht in der Flächendarstellung eine Umrandung, weil keine entsprechende Umrandungslinie separat vektorisiert wurde. Sie könnte jedoch aus der Objektart "Grenze exakt" respektive "Grenze interpretiert" extrahiert werden.
- Für die Produktion der Landeskarten werden aus der Ebene Primärflächen z.B. Siedlung oder übriges Gebiet (bis anhin) nicht mit einer speziellen Farbe dargestellt.
- Der Flussrand trennt bei der Einmündung von einem Fluss in einen anderen die zwei Flächen "Fluss", wird aber ebenfalls nicht gezeichnet.

- Auch die Grenzlinienobjekte (Grenze exakt, Grenze interpretiert und Hilfgrenze) sowie der Gesamtperimeter sind Elemente, die in der Karte nicht dargestellt werden müssen.
- Bei Füllungen (vor allem offener Wald, Baumschule) werden die Füllsymbole, das heisst hier die Kreise, unschön an den Rändern abgeschnitten. Lösungsvorschlag: Andere Füllmethode oder Nachbearbeitung von Hand.
- Ein Problem zwischen Waldrand und Baumreihe wird im folgenden Kapitel Ebene „Hecken und Bäume“ (heb) diskutiert.

Ebene „Hecken und Bäume“ (heb)

Mit Zufallsgenerator können die Linienobjekte etwas gestaltet werden. Illustrator kennt z.B. eine Lösung dazu („Scatter-Brush“).

- Anscheinend werden einzelstehende Bäume und Obstbäume mit Template Matching automatisch erkannt. Dabei geschehen einige Fehler, weil am lockeren Waldrand ebenfalls einzelne grüne Punkte oder Kreise erlaubt sind. Als Folge wurden Obstbäume oder einzelstehende Bäume im Waldrand drin gefunden – der dafür dann nicht als locker sondern als geschlossen definiert wurde.

Ebene „Anlagen“ (anl)

Stationen müssen sich von Bahnhöfen unterscheiden, da die Stationen immer gleich aussehen, Bahnhöfe ihre Gestalt ändern und evtl. nicht einmal als Fläche sondern als einzelne Linien symbolisiert werden sollten.

- Einzelne Linien müssen beim Bahnhofsareal als Symbolisierung erhalten. Diese werden aber nicht digitalisiert sondern als reine Fläche gespeichert. Dies kann später Probleme bereiten (siehe auch Ebene „Eisenbahnnetz“ (eis).

Ebene „Einzelobjekte“ (eob)

Die Punktobjekte dieser Ebene sind problemlos zu visualisieren mit vorgegebenen Symbolen. Grösstes Problem ist jedoch, zu wissen, welcher Punkt des Symbols effektiv digitalisiert wurde. Derselbe könnte dann auch als Bezugspunkt des Symbols angegeben werden.

- Bei der Digitalisierung muss schon darauf geachtet werden, wo das Symbol zu stehen kommt, damit keine anderen Objekte verdeckt werden.
- Bei den Böschungen stellt sich die Frage: Wie werden diese „Flächen“ gefüllt? Hier wird wohl ein Makro geschrieben werden müssen, damit die Fläche schön gleichmässig von der Oberkante bis zur Unterkante gefüllt werden kann (siehe Abbildung 10). Hier muss evtl. zur Vereinfachung wieder mit gleicher Anzahl Stützpunkte digitalisiert werden.
- Hochspannungsleitungen kennen wieder (wie beim übrigen Verkehr) das Problem der guten Verteilung der „Mastenpunkte“ (wobei mindestens in jeder Ecke ein „Mast“ stehen sollte). Hier kann in Illustrator mit dem „Pattern Brush“ gearbeitet werden.

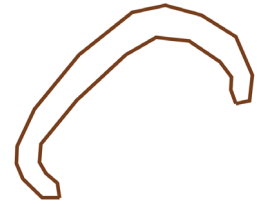


Abbildung 10: Böschung

Reihenfolge der Layer

In diesem Teilkapitel werden einige Anregungen gegeben, wie die einzelnen Ebenen des VECTOR25 strukturiert werden sollen.

Im Vordergrund (die meisten Punktelemente):

- Gebäude (Flächen) – sind in etwas gleichbedeutend wie Punktelemente
- Einzelobjekte (Punkte und Linien)
- Hecken und Bäume (Punkte und Linien)

Netze (die meisten Linienelemente):

- Brücken (Linien) aus dem Strassen- und Eisenbahnnetz
- Übriger Verkehr (Linien)
- Strassennetz (Linien) ohne Tunnel und Brücken
- Eisenbahnnetz (Linien) ohne Tunnel und Brücken

- Gewässernetz (Linien)
- Tunnel (Linien) aus dem Strassen- und Eisenbahnnetz

Hintergrund (die meisten Flächenelemente und ihre Umrandungen):

- Anlagen (Linien und Flächen)
- Primärflächen (Linien und Flächen)
- Anlagen (Punkte – nur Zentroide)
- Primärflächen (Punkte – nur Zentroide)

Brücken und Tunnel

- Für Brücken und Tunnel muss im Graphikprogramm als erste Unterscheidung die Layerfolge beachtet werden. Alle Tunnel müssen sich in den untersten Layern befinden (bezogen auf den Verkehr und das Gewässernetz), die Brücken/Überführungen in den obersten.
- Dies löst jedoch noch nicht alle Probleme. Bei stark verknoteten Verkehrssituationen kann es vorkommen, dass einige Brücken übereinander verlaufen. Ein Lösungsvorschlag bietet der ATKIS-Objektkatalog (vgl. Kapitel 4.2).
- Eine kleine Unterscheidung, die bisher noch nicht gemacht wurde, betrifft Überführungen und Brücken. Diese beiden Objekte werden nicht immer gleich symbolisiert.

Grenzsteine und Masten

- Bei den Masten der Luftseilbahnen, Skilifte, Hochspannungsleitungen und bei den Grenzsteinen der Grenzen stellt sich die gleiche Frage: Sind die Digitalisierungspunkte gleich den Masten bzw. Grenzsteinen und werden dann auch als solche dargestellt? Das hiesse dann auch, dass hier überall auch ein Punktsymbol gezeichnet werden müsste. Vor allem bei Hochspannungsleitungen mit seiner Signatur ist dies nicht ganz so einfach, sowohl an Ecken und Stützpunkten wie auch zwischendurch schön verteilt eine bestimmte Signatur

zu verwenden. Allenfalls müssten da die wirklich wichtigen Punkte extra digitalisiert werden.

- Hauptmasten von Luftseilbahnen müssen als Punktoobjekte zusätzlich zu den Linien digitalisiert werden.
- Ein weiteres Problem sind die Zwischenstationen von Luftseilbahnen. Diese müssen z.B. als Gebäude im VECTOR25 aufgeführt werden.

Beschriftung

Die automatische Beschriftung ist eines der grössten Probleme.



**Abbildung 11:
Knotenbeschriftung**

- Anschreiberegeln können grundsätzlich definiert werden (siehe TopoKarto, Richtlinien). Die Grundregeln werden jedoch in sehr vielen Fällen „gebrochen“ (natürlich nach neuen Regeln), um das Bild nicht zu überlasten und nicht mit zu viel Information zu überdecken.
 - Die korrekte Schriftgrösse muss aus der Wichtigkeit des anzuschreibenden Objekts ermittelt werden.
 - Die Schrift muss dort zu stehen kommen, wo die geringste Überdeckung von wichtigen Objekten stattfindet. Dazu muss die Wichtigkeit aller Objekte definierbar sein.
- Abbildung 13 zeigt die Positionierung an nicht störender Stelle und die Abbildung 11 zeigt den „Regelbruch“ der Beschriftung.
 - Bei Flüssen und Bächen sollte die Beschriftung dem Flusslauf folgen (siehe Abbildung 12). Das heisst, es müsste ein generalisierter/interpolierter Pfad dem Fluss entlang berechnet werden für die jeweilige Schriftgrösse, auf den die Schrift gestellt wird.

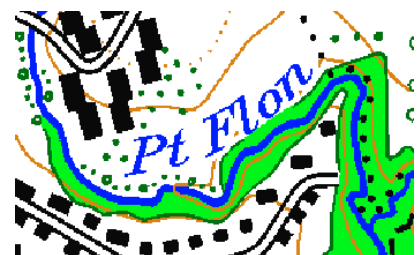


Abbildung 12: Flussbeschriftung

- Texte werden freigestellt – aber nicht für alle Ebenen. Diese Regeln müssten ebenfalls berücksichtigt werden.

Nach diesen und anderen Überlegungen kommt man zum Ergebnis, dass eine vollautomatische Schriftplatzierung eigentlich kaum möglich ist. Als Lösung für die Platzierung kann man sich aber folgendes vorstellen:

- Zusätzliche Koordinatenhilfspunkte bzw. Pfade oder Textfelder einfügen, wo Text überhaupt erlaubt ist.



Abbildung 13: Beschriftung

- Um die Probleme der Freistellung zu umgehen können die Schrifteile auch als Flächen oder als Bilder an einer bestimmten Koordinate eingefügt werden

6 SCHLUSSBETRACHTUNG

Eine Frage die sich uns während der Bearbeitung des Themas immer wieder stellte, ist diejenige, ob eine optimale Lösung oder nur eine akzeptable Lösung zu finden ist. Beim wiederholten Durchblättern des Ordners „TopoKarto, Richtlinien 1986“ fanden wir immer wieder kleine Hinweise, wie genau und mit vielen Überlegungen und raffinierten Tricks die Schweizerischen Landeskarten gezeichnet und hergestellt werden. Viele dieser Feinheiten werden wohl noch lange Zeit von Hand nachgeführt werden, weil sie so einmalig und nur vom menschlichen Auge beurteilbar – und daher sehr schwer programmierbar – sind.

Um aus Vektordaten automatisch eine Karte zu generieren, muss man entweder dem Computer Ästhetik und Kartenlesen beibringen, was heissen kann, die Datenbank mit sehr vielen Daten zu füttern, die nur für die Darstellung kleiner Striche, Punkte o.ä. da sind – oder ziemlich grosse Abstriche in der Kartenlesbarkeit und Ästhetik in Kauf nehmen.

Ein Problem in der Methodik ist der Vergleich computergeneralisierter Ergebnisse (Visualisierung der Vektordaten) mit manuell generalisierten Karten (eingescannte Pixelkarte). Das hilft zwar, metrische Unterschiede zu identifizieren, aus diesen Unterschieden ist aber kein Hinweis darauf zu bekommen, wie das Computersystem verbessert werden soll.

Vom Wunschziel, mit einem einzigen und alles-umfassenden Objektmodell allen Bedürfnissen an topographische Daten und Kartenwerke gerecht zu werden, muss wohl auch aus ökonomischen Gründen abgesehen werden.

Nichts desto trotz hilft die vorliegende Arbeit, den Datensatz des digitalen Landschaftsmodell VECTOR25 für die Massstabebene 1:25'000 in eine brauchbarere Datenform zu bringen. Anhand weiterer Testdatensätze müssten jedoch die formulierten Vorschläge überprüft werden.

DANK

Die Autoren möchten sich bei Herrn Novit Kreiter von der swisstopo zum einen für den Forschungsauftrag, der dieser Vertiefungsblockarbeit zugrunde liegt, und zum andern für seine fachliche Begleitung und Unterstützung bedanken.

Herr Olaf Schnabel vom Institut für Kartographie der ETH Zürich hat uns „intern“ betreut und vor allem technisch geholfen, die uns gestellte Arbeit zu meistern. Auch er hatte immer ein offenes Ohr, wenn wir mit ihm über angetroffene Probleme diskutieren und diese überwinden wollten.

Für den ganzen Rahmen, die Zurverfügungstellung der Infrastruktur am Institut für Kartographie der ETH Zürich und die Gesamtleitung möchten wir zum Schluss noch Herrn Professor Lorenz Hurni danken.

LITERATUR

- Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (1998): Amtliches Topographisch-Kartographisches Informationssystem ATKIS. ATKIS-Gesamtdokumentation Teil D. ATKIS-Objektartenkatalog (ATKIS-OK). Hannover.
- Badard, T. (1999): On the automatic retrieval of updates in geographic databases based on geographic data matching tools. In: ICC-Proceedings, Ottawa. S. 1291 - 1300.
- Elias, Birgit / Sester, Monika (ohne Jahr): Landmarks für Routenbeschreibungen. Universität Hannover.
- Hake, Günter / Grünreich, Dietmar (1994): Kartographie. Walter de Gruyter, Berlin und New York.
- Harrie, L. (2001): An optimization approach to cartographic generalization. Lund University, Schweden.
- Hoffmann, Falk / Blasius, Raik (2000): Generalisierung räumlicher Daten in Geoinformationssystemen. TU Berlin.
- Kreiter, Novit (2002): Multirepräsentationsdatenbank als Basis von topografischen Landeskarten. Zürich.
- Lee, D. (1999): New Cartographic Generalization Tools. ICC-Proceedings, Ottawa. S. 1235 - 1242.
- Lee, D. / Hansson, R. (2000): Integration of Generalization and Text Placement in ArcGIS. In: ICA-Seminar on On-demand Mapping, Barcelona.
- Meng, Liqiu (ohne Jahr): Generalisierung von Geodaten. Notwendigkeiten, Möglichkeiten und Hemmnisse. TU München.
- Meng, Liqiu (2000): ATKIS. Modell- und kartographische Generalisierung. In: Vorstudien zum AdV-Forschungs- und Entwicklungsvorhaben, TU München.
- Meng, Liqiu (2001): Heutiger Stand von Theorie und Methodik der Generalisierung. In: Kartographische Bausteine, Band 19, TU Dresden.
- Morgenstern, Dieter (ohne Jahr): Kartographie III mit Übungen. Universität Bonn. http://www.ikg.uni-bonn.de/Lehre/Karto_III/Kap_02_1.pdf, 31.01.2003.
- Morgenstern, D. / Schürer, D. (1999): A Concept for model generalization of digital landscape models from finer to coarser resolution. In: ICC-Proceedings, Ottawa. S. 1021 – 1028.
- Muggli, Cornelia (1999): Automatisierter Arbeitsablauf zur Erstellung einer topografischen Karte 1:25'000 aus VECTOR25-Daten. Diplomarbeit. Zürich.
- Ohne Name¹ (ohne Jahr): Kartographie II. Universität Bonn. http://www.ikg.uni-bonn.de/Lehre/Karto_II/II_Kap_03_2.pdf, 31.01.2003.
-

- Ohne Name² (ohne Jahr): Herstellung von Karten aus einem GIS mit INTERGRAPHS digital cartographic Studio. <http://www.ikgis.de/intergraph/DCS.html>, 27.01.2003.
- Ruas, A. (2001): Automatic generalization project. Learning process from interactive generalization. In: Technical Report of OEEPE working group on generalization. Cogit Laboratory IGN, Saint Mandé Cedex.
- Sester, Monika (2000): Generalization Based on Least Squares Adjustment. In IAPRS, Vol. XXXIII, Part B4/3, Comm. IV, ISPRS Congress, Amsterdam. S. 931 – 938.
- Sester, Monika (2001): Massstabsabhängige Darstellungen in digitalen räumlichen Datenbeständen. In: Deutsche Geodätische Kommission, Reihe C, Nr. 544.
- swisstopo (ohne Jahr): VECTOR25. Das digitale Landschaftsmodell der Schweiz. Wabern.
- TopoKarto (1996), Richtlinien für die kartographische Bearbeitung von Landeskarten. Wabern.
- Van Oosterom, P. / Schenkelaars, V. (1995): The development of an interactive multiscale GIS. In: International Journal of Geographical Information Systems, Vol. 9, Issue 5. S. 489 - 507.
- Zahn, Johann (2002): Kartographische Aspekte von ATKIS®. In: KN 5/2002. S. 201 – 209.