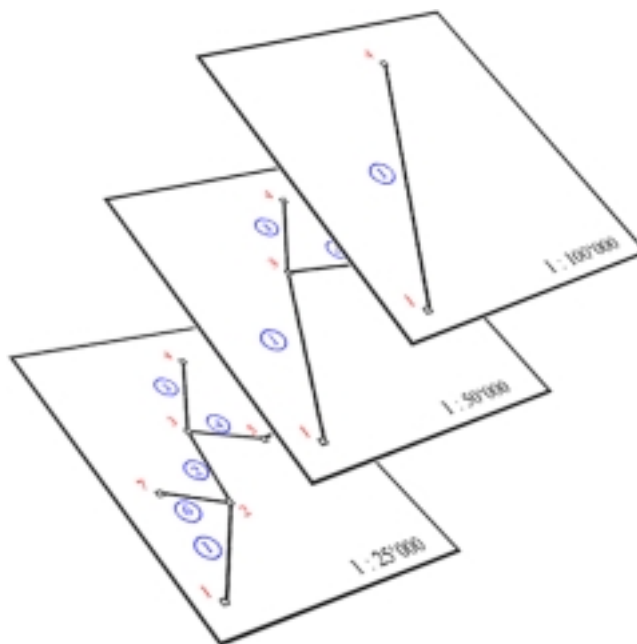


Multirepräsentations- datenbank für die Kartographie

Vorstudie zur Verknüpfung von
Landschaftsmodellen mit Landeskarten



Vertiefungsblock SS 01
Von Novit Kreiter

Betreut durch:
Prof. Lorenz Hurni, ETH
Barbara Schneider, ETH
Stefan Voser, L+T

Inhaltsverzeichnis

1.	EINLEITUNG UND ZIELSETZUNG.....	3
1.1.	EINLEITUNG	3
1.2.	ZIELSETZUNG	3
1.2.1.	<i>Ziele und Mittel</i>	3
1.2.2.	<i>Abgrenzung</i>	4
1.3.	AUFBAU DER ARBEIT	4
2.	AUSGANGSLAGE.....	5
2.1.	VORHANDENE ARBEITEN ZU MULTIREPRÄSENTATION UND INTEGRIERTER GEODATENVERARBEITUNG.....	5
2.2.	VORHANDENE DATENBESTÄNDE.....	6
3.	DATENMODELL UND REPRÄSENTATION.....	8
3.1.	GIS DATEN VERSUS KARTOGRAPHISCHE DATEN	8
3.2.	PROJEKT TOPOBANK DES L+T.....	8
3.3.	TLM ALS BASIS DER KARTENMODELLE.....	9
3.3.1.	<i>Kartenmodelle</i>	11
3.3.2.	<i>Symbolisierung</i>	11
4.	MULTIREPRÄSENTATIONSDATENBANK.....	12
4.1.	MODELLANNAHMEN	12
4.2.	HYPOTHESENTESTS	13
4.2.1.	<i>Reduktion von Kanten und Knoten</i>	13
4.2.2.	<i>Kreation von Kanten</i>	14
4.2.3.	<i>Verschiebung von Knoten</i>	14
4.3.	VERGLEICH VERSCHIEDENER MODELLVARIANTEN	15
4.3.1.	<i>Variante Attribute</i>	15
4.3.2.	<i>Variante bottom-up</i>	16
4.3.3.	<i>Variante top-down</i>	17
4.4.	FEATUREBEZIEHUNGEN ZWISCHEN VERSCHIEDENEN KARTENMODELLEN	19
5.	PROZESSE DER NACHFÜHRUNG	20
5.1.	NACHFÜHRUNG HEUTE	20
5.2.	NACHFÜHRUNG MIT EINER MRDB	20
6.	SCHLUSSFOLGERUNG UND AUSBLICK.....	23
6.1.	SCHLUSSFOLGERUNG.....	23
6.2.	AUSBLICK.....	23
	ANHANG.....	24
	LITERATURVERZEICHNIS.....	25

1. Einleitung und Zielsetzung

1.1. Einleitung

Die gedruckte Landeskarte (LK) gehört auch heute noch zu den Hauptprodukten des Bundesamtes für Landestopographie (L+T). Das Kartenbild hat sich in den letzten Jahren und Jahrzehnten kaum verändert, der Herstellungsprozess allerdings gewaltig. Die vollständige Umstellung der Kartenproduktion von der Glasplattengravur zur digitalen Bearbeitung an PC's wurde erst vor kurzem abgeschlossen. Neben den gedruckten Karten kommen in den letzten Jahren immer wieder neue digitale Produkte und Derivate auf den Markt.

Ist mit dem Schritt in die digitale Datenverarbeitung die Zukunft der Kartenwerke gesichert?

Die Frage könnte mit einem Ja beantwortet werden, da der Produktionsprozess der LK funktioniert. Die Nachführung ist für jeden Massstab eigenständig gewährleistet. Wie steht es aber mit den abgeleiteten Produkten? Pixelkarten können ohne grossen technischen Aufwand direkt aus den Vorlagen für die gedruckte LK neu erstellt werden. Die Daten der Landschaftsmodelle, die ein enormes finanzielles Kapital darstellen, sind aber bislang in keinen Nachführungsprozess eingebunden. Mit zunehmendem Alter verlieren die Daten an Aktualität und somit auch an Wert. Die Ungewissheit der Nachführung stellt vorhandene Angebote in Frage und hemmt die innovative Entwicklung neuer abgeleiteter Produkte.

Schlussendlich haben sämtliche kartenähnlichen Erzeugnisse eines gemeinsam: Sie beziehen sich auf die gleichen Objekte der Natur, auf die selben Wege, Bauten, Gewässer, Wälder und Berge. Es muss möglich sein, die verschiedenen Produktzweige und Massstäbe eng miteinander zu verknüpfen, ohne die Flexibilität der Verwendung einzuschränken.

1.2. Zielsetzung

Diese Vertiefungsblockarbeit verfolgt den Ansatz der Multirepräsentationsdatenbank (MRDB) zur Verknüpfung von verschiedenen digitalen Produkten und Kartenmassstäben. Es handelt sich dabei um eine Vorstudie, auf deren Erkenntnisse eine Diplomarbeit aufbauen wird.

1.2.1. Ziele und Mittel

ZIELE:

1. Verknüpfung der Landeskarten mit Landschaftsmodellen
2. Verknüpfung der Kartenmassstäbe
3. Definition eines Datenmodells für die Objektverknüpfung
4. Implementierung und Verknüpfung von Testdaten
5. Effiziente Nachführung unter Einhaltung der Konsistenz

Mittel:

- MRDB
- MRDB
- Entitäten Relationen Modell
- Arc/Info
- MRDB

1.2.2. Abgrenzung

Um in der zur Verfügung stehenden Zeit auf ein brauchbares Resultat zu kommen, sind strenge Abgrenzungen nötig.

Alle Untersuchungen beschränken sich auf das Strassennetz. In der Modellierung werden keine Objektklassenunterschiede oder Problemfälle berücksichtigt.

1.3. Aufbau der Arbeit

Als erstes werden wissenschaftliche Berichte zum Thema der integrierten Geodatenverarbeitung und Multirepräsentation allgemein wie auch speziell im Zusammenhang mit dem L+T betrachtet. Vorhandene digitale Datenbestände werden beschrieben und teilweise auf ihre Tauglichkeit im Bezug auf eine MRDB geprüft.

Anschliessend werden Beziehungen zwischen vorhandenen und benötigten neuen Produkten geschaffen.

Das Kapitel Multirepräsentationsdatenbank befasst sich mit den Anforderungen an das Datenmodell und beschreibt drei Modellvarianten. Nach den systemunabhängigen konzeptuellen Modellen wird noch kurz auf das logische Modell und somit auf die Eigenheiten der Geoinformationssysteme (GIS) Arc/Info eingegangen.

Vor den Schlussfolgerungen und dem Ausblick wird ein möglicher technischer Ablauf der Kartennachführung mit einer MRDB dem bisherigen Nachführungsprozess gegenübergestellt.

2. Ausgangslage

Im L+T befindet sich das Topographische Landschaftsmodell (TLM) im Aufbau. Ein solches Modell bietet sich als Basis für verschiedenste Bedürfnisse an topographischen Daten an. Die heute vorhandenen Landschaftsmodelle wurden aus den LK abgeleitet. Allerdings ist dieser Herstellungsprozess nicht mehr zeitgemäss, da die möglichen Synergien der Bereiche Topographie und Kartographie am L+T noch nicht optimal ausgeschöpft¹ werden.

Das TLM ist im Grunde eine Datenbank, die topografische Daten verwaltet. Jede Landeskarte besteht aus einzelnen Objekten, die ebenfalls in einer Geodatenbank verwaltet werden können. Zwischen den Massstäben bestehen aber entscheidende Differenzen bezüglich inhaltlicher und grafischer Darstellung. Aus diesem Grund kann jeder Kartenmassstab als eigenständiger Datensatz betrachtet werden.

2.1. Vorhandene Arbeiten zu Multirepräsentation und integrierter Geodatenverarbeitung

Schon seit den späten Achtzigerjahren beschäftigt sich die Forschung mit dem Problem multipler Repräsentationen in einer Datenbank. In einigen Arbeiten werden auch die Ausdrücke Multiscale oder Multiresolution verwendet. Kilpeläinen beschreibt mehrere theoretische Ansätze der Multi-repräsentation. Sie untersuchte die Voraussetzungen, die eine MRDB erfüllen muss, um eine inkrementelle Generalisierung von topographische Daten zu erlauben².

Aber auch in der Schweiz wird an einer MRDB gearbeitet. Eine Forschungsgruppe am Laboratoire de bases de données der EPFL treibt das Projekt MurMur (Multi-representations and multiple resolutions in geographic databases) voran³. Dies geschieht u.a. in Zusammenarbeit mit der Université de Lausanne, Université Libre de Bruxelles, der belgischen Softwarefirma STAR Informatic sowie dem Institut Géographique National, dem französischen Pendant zum L+T.

Am L+T wurde von Voser im Rahmen des Projektes Topobank die Voranalyse zur Entwicklung eines topografischen Landschaftsmodells erstellt⁴. Darin wurden Ziele formuliert, Varianten evaluiert und ein Lösungsvorschlag ausgearbeitet. Im Kapitel 3.2 wird das Projekt näher beschrieben. Als Fortsetzung dieser Voranalyse soll ein Konzept für das TLM entwickelt werden.

Das L+T hat Hurni den Auftrag erteilt, die Optimierung der Nachführung der Landeskarte 1:25'000 zu untersuchen¹. Die Vorstudie mit dem Ziel der Abklärung der generellen Rahmenbedingungen, des Ist-Zustandes und eines Soll-Zustandes liegt vor. Konsequenz dieser Vorstudie sind unter anderem folgende Empfehlungen: Die LK sollen vollständig digital, vektoriell und symbolisiert erstellt und bearbeitet werden. Die Geodaten der LK sollen mit dem TLM kompatibel sein und durch eine Datenbank zentral verwaltet und bearbeitet werden.

Im Rahmen einer Diplomarbeit am Institut für Kartographie der ETHZ untersuchte Muggli die automatische Symbolisierung vom Datensatz Vector25⁵. Daraus folgten im Rahmen eines Vertiefungsblockes Überlegungen zur Ableitung einer Landeskarte 1:50'000 aus dem Datensatz Vector25 durch Kreiter⁶. Auf die Symbolisierung wird im Kapitel 3.3.2 eingegangen.

2.2. Vorhandene Datenbestände

Das L+T bietet ein umfassendes Angebot an digitalen Karten an⁷:

Als Pixelkarten (PK) ist die ganze topographische Massstabsreihe von 1:25'000 bis 1: 1 Mio erhältlich. Pixelkarten sind einfach herzustellen, eignen sich aber nur bedingt zur weiteren Verarbeitung resp. für die Ableitung neuer Produkte.

Das digitale Höhenmodell DHM25 wurde aus der PK25 abgeleitet und ist als Basismodell (Höhenkurven und -koten) sowie als Matrixmodell (25 m Raster) verfügbar. Unter der Vielzahl von Verwendungszwecken wird es in der Planung oder in der 3D-Visualisierung eingesetzt.

Swissnames heisst der Datensatz, in dem sämtliche Namen der LK digital zur Verfügung stehen. Er lässt sich z.B. als Orientierungshilfe in GIS einfügen oder einem Landschaftsmodell überlagern.

Die Landschaftsmodelle Vector25 und Vector200 stellen das flexibelste Produkt dar. Vector25 Level2 umfasst 140 verschiedene Objektarten auf acht thematischen Ebenen, die der LK 1:25'000 entnommen wurden. Die Vektordarstellung macht Mutationen, die Auswahl von Objekten oder die benutzerdefinierte Symbolisierung auf einfache Weise möglich. Diese beiden Landschaftsmodelle eignen sich hervorragend zur Integration resp. Erzeugung neuer Produkte und können sowohl mit Grafik- wie auch GIS-Software bearbeitet werden. Die politischen Grenzen sind als Extrakt kombiniert mit den Namen der Gemeinden unter dem Produktnamen GG25 erhältlich. GG25 hat gegenüber Vector25 den grossen Vorteil, dass er jährlich nachgeführt wird, während Vector25 gebietsweise immer noch auf dem Stand der LK von 1988 ist.

Strassensegmente in Vector25 und Vector200 verfügen über folgende Attribute:

Attribute V25	Attribute V200	Wert	Beschreibung
FNODE#	FNODE#	142	Startknoten-Nr.
TNODE#	TNODE#	206	Endknoten-Nr.
LPOLY#	LPOLY#	2	Nr. des linken Polygons
RPOLY#	RPOLY#	2	Nr. des rechten Polygons
LENGTH	LENGTH	237.6215	Länge des <i>arc</i>
STR25#	STR25#	235	Programminterne Identifikationsnummer
STR25-ID	VKN200-ID	6738	Benutzerdefinierte Identifikationsnummer
OBJECTID	OBJECTID	391885	Benutzerdefinierter Identifikationsschlüssel
OBJECTORIGIN	OBJECTORIGIN	LK25	Herkunft der Daten
OBJECTVAL	OBJECTVAL	3_Klass	Objektart
YEAROFCHANGE	YEAROFCHANGE	1988	Nachführungsjahr des Objektes (Bildflug)
BRIDGETYPE		-	Code für Brückentyp (optional)
TUNNELTYPE		-	Code für Tunneltyp (optional)
	NAME	-	Bezeichnung der Autobahnkreuze usw.
	CONSTRUCTION	-	Kunstabauten (Brücken oder Tunnel)

Abbildung 1: Attribute aus dem Strassennetz

Die schattierten Felder geben Attribute an, die von Arc/Info benötigt und automatisch zugewiesen werden. Das Attribut STR25-ID resp. VKN200-ID wird automatisch erzeugt, kann aber vom Benutzer verändert werden. Alle anderen Attribute wurden durch die L+T erhoben. Die Wertbeispiele in Abbildung 1 stammen aus Vector25.

Von den bestehenden Attributen ist vor allem OBJECTVAL interessant, da mit diesem Attribut die Objektart resp. die Strassenklasse definiert wird. Vector25 kennt 17 verschiedene Objektarten, wobei zusätzlich elf für die französischen und sechs für die deutschen Grenzgebiete dazukommen. In Vector200 werden ebenfalls 17 Linien-Objektarten geführt. Allerdings handelt es sich nicht um die gleichen wie in Vector25. Die Abbildung 2 stellt ausgewählte Objektklassen aus Vector25 und Vector200 gegenüber.

Objectvalue Vector25			Objectvalue Vector200	
Autob_Ri	Autobahn richtungsgetreunt		Autob_Ri	Autobahn richtungsgetreunt
Autobahn	Autobahn		Autobahn	Autobahn
Autostr	Autostrasse		Autostr	Autostrasse
1_Klass	1.KlassStrasse (> 6 m)	}	DurchgStr6	Hauptstr. als Durchgangsstr. 6 m
			VerbindStr6	Hauptstr. als Verbindungsstr. 6 m
			Nebenstr6	Nebenstr. 6 m
2_Klass	2.KlassStrasse (> 4 m)	}	DurchgStr4	Hauptstr. als Durchgangsstr. 4 m
			VerbindStr4	Hauptstr. als Verbindungsstr. 4 m
Q_Klass	Quartierstrasse (> 4 m)			
			Nebenstr3	Nebenstrasse 3 m
3_Klass	3.KlassStrasse (> 2.5 m)			
4_Klass	4.Kl., Fahrweg		Fahrstraes	Fahrsträsschen
5_Klass	5.Kl., Velo-, Karr-, Saumweg			
6_Klass	6.Kl., Fussweg		Fussweg	Fussweg

Abbildung 2: Objektklassenvergleich zwischen Vector25 und Vector200

Die LK der Massstäbe 1:25'000 bis 1:100'000 verfügen alle über die gleichen Strassenklassen. Der einzige Unterschied bilden die farbigen Bänder für Durchgangs- und Verbindungsstrassen, die erst ab dem Massstab 1:50'000 dargestellt werden. Im Abschnitt 4.3.2 wird auf die Generalisierung der Objektklassen eingegangen.

Eine Ausdehnung dieser Einheitlichkeit auf den Massstab 1:200'000 wäre äusserst sinnvoll.

3. Datenmodell und Repräsentation

Um die Landeskarten mit den Landschaftsmodellen in Beziehung zu bringen, muss ein Modell diese Verbindungen definieren.

3.1. GIS Daten versus kartographische Daten

Sowohl GIS- wie auch kartographische Daten können die gleichen natürlichen und künstlichen Objekte repräsentieren. Der Unterschied liegt weniger im Inhalt als vielmehr in der Struktur und der Darstellung.

Ein GIS ist primär ein Arbeitsinstrument für professionelle Anwender und wird hauptsächlich für die Verwaltung oder die Analyse von Daten mit einem Raumbezug verwendet. Um Analysen zu ermöglichen, werden Objekten beliebig viele Merkmale zugewiesen. Objekte sind untereinander verknüpft und weisen Nachbarschaftsbeziehungen (Topologie) auf. Da es sich in den meisten Fällen bei den Benutzern um geschultes Personal handelt, wird mehr Wert auf Geschwindigkeit als auf eine intuitiv deutbare Darstellung gelegt. Im Kapitel 4.1 wird detailliert auf die Datenstruktur von GIS eingegangen.

Im Gegensatz dazu sind Karten wesentlich stärker abstrahierte Darstellungen der Realität. Sie sind mit ein wenig Übung für jedermann lesbar. Für die kartographische Darstellung weicht Lagegenauigkeit und Detaillierungsgrad der Vereinfachung und der Übersicht. Jedes Objekt trägt nur noch die Informationen Lage und Objektart, die durch ein graphisches Symbol dargestellt wird.

3.2. Projekt TopoBank des L+T

Im Rahmen des Projektes TopoBank des L+T wird an der Entwicklung eines topographischen 3-D Landschaftsmodells gearbeitet. Vom Projektleiter Voser wurde eine Voranalyse⁴ erstellt. Im Variantenstudium wird ein sphärisch aufgebautes Modell evaluiert.

Der Kern des TLM bildet das Topo-Modell, welches die Inhalte der topographischen Karten umfasst. Die Geometrie wird allerdings um die dritte Dimension erweitert. Die technische Schnittstelle zur Kartographie zwecks Ableitung von Kartenmodellen und Datenlieferung wird neu definiert.

Als zweite Stufe wird das L+T-Modell angefügt. Es berücksichtigt zusätzlich die Bedürfnisse der thematischen Kartographie. Ausserdem wird das konzeptuelle Modell in Abstimmung mit der Kartographie ausgearbeitet.

Des weiteren wird eine Topo-Erweiterung sowie der Einbezug von Referenzpartner erwogen. Kooperationen mit den Partnern (externe Stellen) sollen fachliche Synergien bei der Datennutzung erzeugen. Diese beiden Elemente haben allerdings auf die topographischen Karten keine Einflüsse.

Das Projekt TopoBank bringt einschneidende Konsequenzen für die Geodatenverarbeitung mit sich. Die bisherige Position der Kartographie in der Mitte des Verarbeitungsprozesses ist äusserst ungünstig. Im bisherigen Ablauf besteht die Geodatenbank aus Objekten, die nach kartographischen Gesichtspunkten selektiert und generalisiert wurden. Ausserdem ist der Arbeitsablauf ineffizient, da heute noch keine automatische Übernahme der Nachführungselemente von der Kartographie in die Geodatenbank vorhanden ist. In Zukunft soll die Kartographie am Ende des Prozesses stehen, wie aus Abbildung 3 ersichtlich ist. Die Kartographie bestimmt somit nur die Anforderungen an die Daten,

nicht aber den kompletten Inhalt des TLM. So kann das TLM auch auf andere kundenspezifische Bedürfnisse ausgerichtet werden. Die Kartographie profitiert von den Kartenmodellen für die Produktion, anstatt nach der Kartenproduktion noch weitere Produkte abzuleiten. Dies hat auch einen entscheidenden Einfluss auf die Aktualität des TLM.

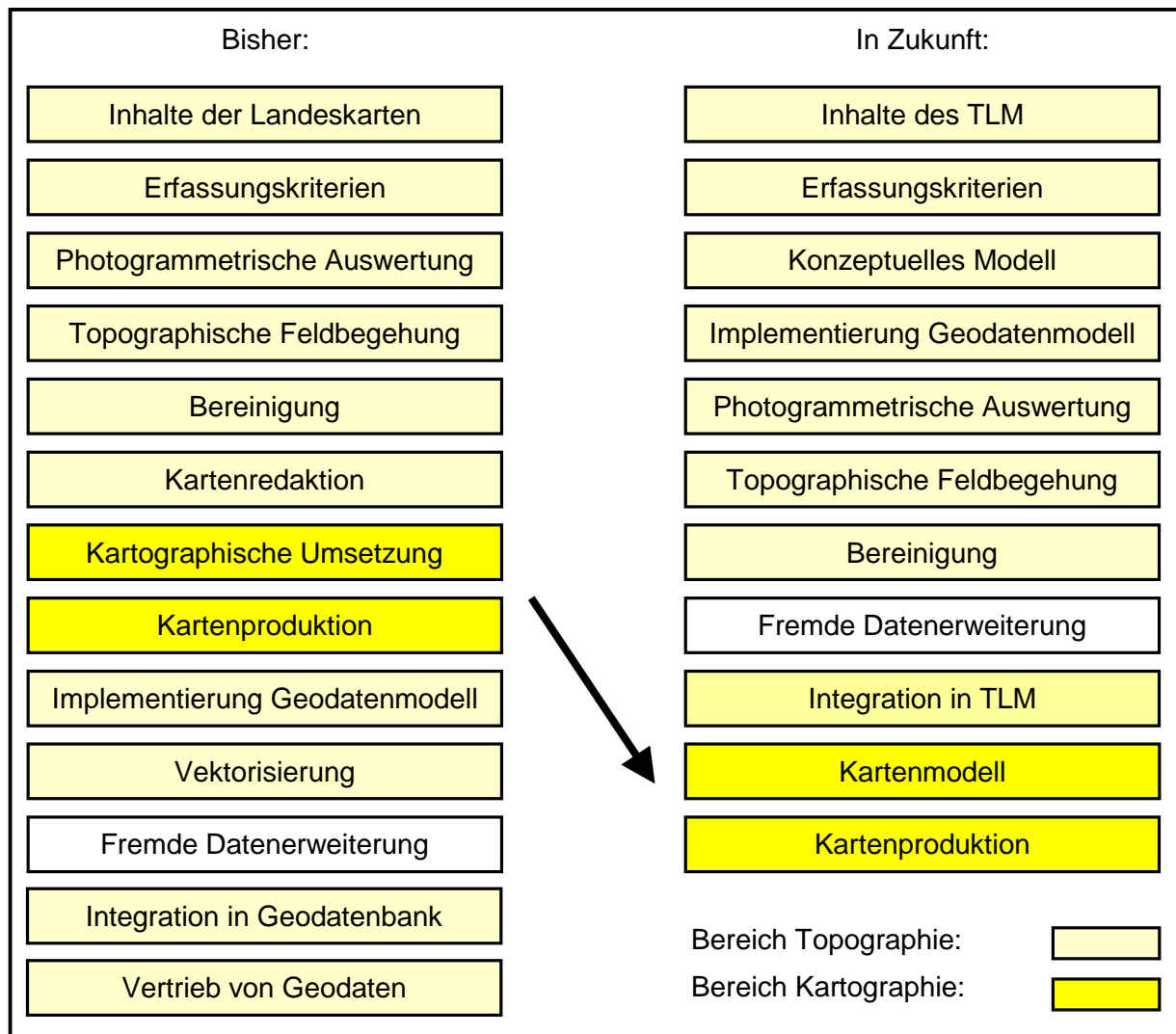


Abbildung 3: Geodatenverarbeitung im L+T bisher und mit TLM (abgeleitet von Voser⁴)

Zeitlich werden die Globalziele in drei Etappen gegliedert. Die erste Etappe verlangt die Produktionsbereitschaft des TLM bis 2004. In der zweiten Etappe werden in den beiden darauffolgenden Jahren die Strassen und Gebäude von Vector25 ins TLM überführt. Die flächendeckende Kartennachführung aus dem TLM soll in der Dritten Etappe von 2004 bis 2011 realisiert werden.

3.3. TLM als Basis der Kartenmodelle

Die ganze Masstabsreihe der topographischen Karten basiert auf den selben Objekten. Der Unterschied liegt in der Auswahl einer Untermenge sowie in der Darstellung. Wie sich alle Landeskarten auf die Natur, wie sie in Luftbilder präsentiert wird, bezogen haben, sollen sich zukünftig Kartenmodelle auf die Natur beziehen, wie sie im TLM repräsentiert wird.

Denkbar wäre ein einziges Modell, in dem für jedes Objekt bestimmt ist, bis in welchen Masstab es dargestellt wird. Leider müssen aber neben der Objektselektion weitere für ein Datenmodell wesentlich kompliziertere Generalisierungen berücksichtigt werden. Würden Generalisierungsalgorithmen existieren, die vollautomatisch befriedigende Lösungen erzeugten, könnte der Basisdatensatz unterhalten und bei Bedarf auf Knopfdruck ein Kartenmodell im gewünschten Masstab erstellt werden. Leider ist die Forschung in diesem Bereich trotz grosser Anstrengungen noch weit davon entfernt.

Die unterschiedlichen Detaillierungsgrade und Darstellungen erfordern ein separates Modell für jeden Kartenmasstab. Die Generalisierung orientiert sich stark am grafischen Bild und an der Bedeutung eines Objektes im lokalen oder globalen Zusammenhang. Nur durch Benutzereingriffe kann heute qualitativ hochstehend generalisiert werden. Um diese aufwendigen und somit kostspieligen Manipulationen zu erhalten, muss jeder Masstab separat gespeichert werden. Die Abbildung 4 zeigt gelb hinterlegt die einzelnen Datensätze.

Neben dem TLM muss folglich für jeden Masstab ein Kartenmodell (KM) vorliegen. Im KM sind alle Generalisierungsschritte enthalten. Objekte wurden selektiert, vereinfacht, zusammengefasst und in der Lage verschoben.

Um aus dem Kartenmodell eine anschauliche Vektorkarte (VK) zu erzeugen, müssen die rohen GIS-Daten je nach Masstab verschieden symbolisiert werden.

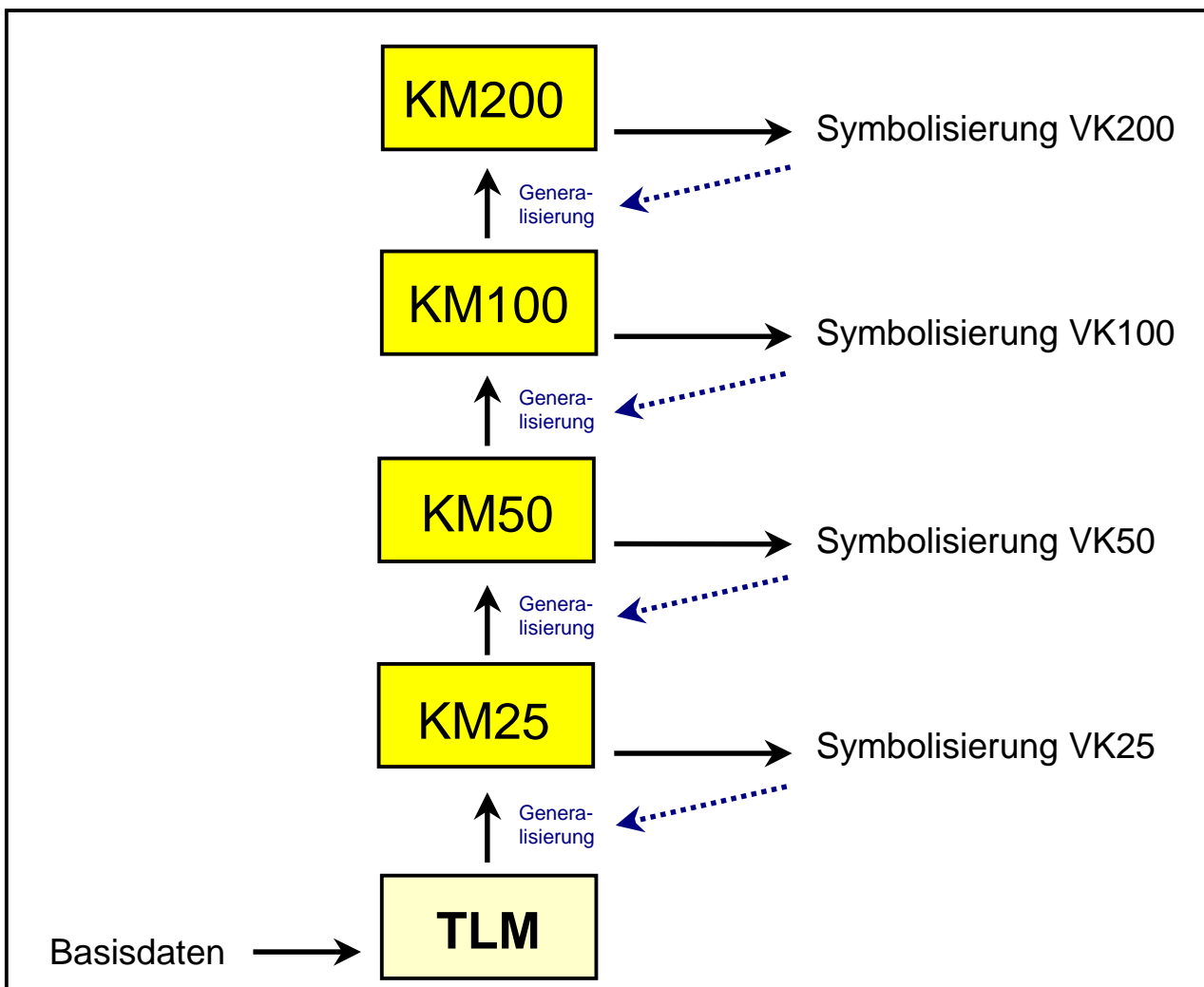


Abbildung 4: Verknüpfung der Kartenmodelle mit dem TLM und den Vektorkarten

3.3.1. Kartenmodelle

Ein Kartenmodell ist dem vom L+T angebotenen Landschaftsmodellen Vector25 und Vector200 ähnlich. Vektordatensätze für die noch fehlenden Massstäbe 1 : 50'000 und 1 : 100'000 müssen noch erzeugt werden. Es besteht aus Punkten, Linien und Flächen, denen Attribute zugewiesen sind.

Das Kartenmodell ist ein Inventar sämtlicher Objekte, die im betreffenden Massstab dargestellt werden. Es liegt in Vektorform dar. Gegenüber dem TLM ist es vereinfacht, da es nur zwei-dimensional ist. Während für das TLM ein Ausbau der Attributierung wahrscheinlich ist, können sich die KM auch in Zukunft auf die wenigen in den Landschaftsmodellen verwendeten Attribute beschränken.

Die vorhandenen Objekte wurden aus dem zu Grunde liegenden Modell selektiert und nach den Bedürfnissen des Massstabs generalisiert. Die Generalisierung beinhaltet mehrere Vorgänge:

- Selektion Art und Bedeutung im lokalen Zusammenhang entscheiden über die Aufnahme eines Objektes in den nächst kleineren Massstab. Ein graphisches Kriterium kann der zur Verfügung stehende Raum auf der Karte sein.
- Umklassierung Mehrere Objektarten werden zu einer Art zusammengefasst.
- Verdrängung Objekte werden von wichtigen Signaturen aus ihrer tatsächlichen Lage verdrängt.
- Vereinfachung Details werden eliminiert, wobei der Charakter des Objektes resp. der Umgebung beibehalten wird.
- Zusammenfassung Mehrere kleine Objekte werden zusammengefasst, um eine Unterschreitung der Minimaldimensionen zu verhindern oder die Übersicht zu steigern.

Alle diese Generalisierungsschritte können nicht in der rohen Knoten/Kanten-Darstellung des KM vorgenommen werden, da sie sehr stark von dem graphischen Bild und den vorhandenen Platzverhältnissen abhängig sind. Deshalb muss aus jedem Kartenmodell automatisch eine symbolisierte VK erzeugt werden können. In dieser Karte können die oben beschriebenen Generalisierungsschritte vorgenommen werden. Diese Mutationen gehen direkt in das Kartenmodell ein. Werden die KM in der Reihenfolge der kleiner werdenden Massstäbe generalisiert, wird von der geleisteten Arbeit direkt profitiert.

3.3.2. Symbolisierung

Durch die Symbolisierung soll aus dem zu Grunde liegenden KM und einem für den entsprechenden Massstab geltenden Symbolkatalog eine VK erzeugt werden. Die Symbolisierung soll vollautomatisch ablaufen und ein kartographisch ansprechendes Resultat liefern.

Bisher bildete die Datenstruktur selbst das grösste Problem. In den GIS-Daten gab es keine Kurven, nur gerade Verbindungen zwischen Punkten. Dieser Mangel könnte durch ein geeignetes Datenmodell sowie einer Programmsequenz zur Kurveninterpolation zwischen einigen Punkten gelöst werden. Weit komfortabler ist die neue Version der GIS-Software ArcGis 8.1 von ESRI⁸, die Bezierkurven zulässt. Nur mit Kurven sind ansprechende Symbolisierungsresultate zu erreichen.

Zum Zeitpunkt der Arbeiten von Muggli⁵ und Kreiter⁶, die sich mit der Symbolisierung von Vector25 beschäftigten, war Level2 noch nicht verfügbar. Level1 war bezüglich der automatischen Symbolisierung auch von der Datenstruktur her unzulänglich. Stichproben ergaben, dass mit Level2 einige Mängel aber beseitigt wurden.

4. Multirepräsentationsdatenbank

Es kommen zwei grundsätzlich unterschiedliche Beziehungsmodelle zwischen den verschiedenen Massstäben und den Basisdaten in Frage. Einerseits können die KM schrittweise untereinander verknüpft werden. Jedes Modell steht mit dem nächst höheren* und tieferen in einer Relation. Nur das tiefste KM25 ist mit dem TLM verbunden. Dieses Beziehungsmodell wurde in der Abbildung 4 dargestellt. Andererseits kann sich jedes KM unabhängig vom Massstab direkt auf das TLM beziehen. Die

Die Variante Attribute in Kapitel 4.3 ist ein Beispiel für die direkte Verknüpfung an das TLM, während die beiden weiteren Varianten den schrittweisen Ansatz verfolgen.

Im Entwurfsprozess wird für die Modellvarianten die Darstellung der relationalen Entitätenblockdiagramme⁹ gewählt. Die Diagramme sind in 3. Normalform (Codd) und weisen hierarchische und konditionelle Beziehungen auf. Somit sind sie ohne weitere Umformungen in Datenbanken resp. GIS-Systemen implementierbar.

4.1. Modellannahmen

Für die Erstellung eines brauchbaren Datenmodells steht die Modellhypothese im Vordergrund. Meine Hypothese beinhaltet die konsequente Einhaltung der Knoten-Kanten Struktur. Eine zusätzliche Regel soll der Zuordnung zwischen den KM dienen. Jedes Linienobjekt (Kante) soll folgende Bedingungen erfüllen (Modellhypothese):

1. Eine Kante beginnt und endet an einem Knoten und verfügt über eine beliebige Anzahl Stützpunkte.
2. Ein Knoten verbindet mehr als zwei Kanten → Kreuzung
3. Ein Knoten verbindet zwei Kanten → Ausnahme! Nur erlaubt, wenn sich mindestens ein Attribut ändert (z.B. Strassenklasse). Diese speziellen Knoten werden als Pseudoknoten bezeichnet.
4. Ein Knoten steht am Ende einer Kante → Sackgasse
5. Jede Kante kann einer einzigen oder gar keiner Kante im nächst höheren KM zugeordnet werden.

Es stellt sich die Frage, ob die letzte Bedingung überhaupt eingehalten werden kann. Um diese Frage zu beantworten, muss die Struktur des Strassennetzes in verschiedenen Kartenmassstäben untersucht werden. Zu diesem Zweck wurde ein 4 km² grosses Testgebiet in Horgen aus den Situationsebenen der PK 1:25'000 bis 1:200'000 betrachtet. Im Anhang auf Seite 24 stellen die Ausschnitte das gleiche Gebiet in den verschiedenen Generalisierungsstufen dar. Alle Strassen, die im nächst kleineren Massstab verwendet wurden, erhielten eine rote Einfärbung. Die Betrachtung der Generalisierung ergibt für das Strassennetz teilweise markante Änderungen. Bei einigen dieser Änderungen handelt es sich um Fehler in der Topologie, die in einer MRDB leicht zu bereinigen wären.

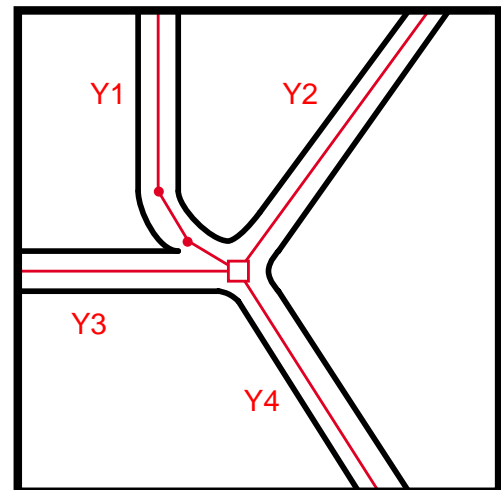
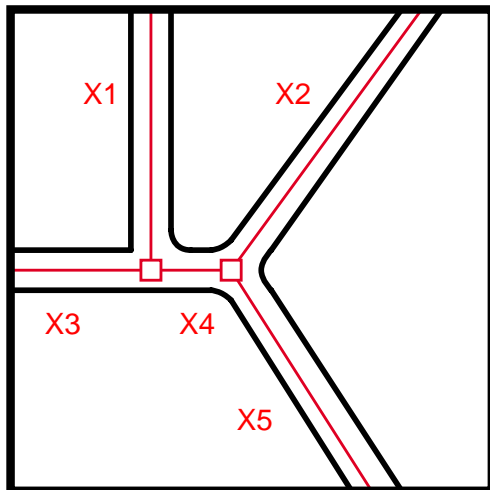
Bei der Generalisierung in den nächst kleineren Massstab werden gewisse Strassen und Wege weggelassen. Für das Datenmodell hat dies kaum Konsequenzen. Die 5. Bedingung ist erfüllt, da auch die Nicht-Zuordnung einer Kante erlaubt ist. Neben dem vollständigen Weglassen von Strassen müssen auch komplexere Veränderungen des Verkehrsnetzes berücksichtigt werden können.

* Definition: „Oben“ resp. „höher“ bezieht sich auf den zunehmenden Generalisierungsgrad, die zunehmende Entfernung von der Datenbasis, also einen kleineren Massstab.

4.2. Hypothesentests

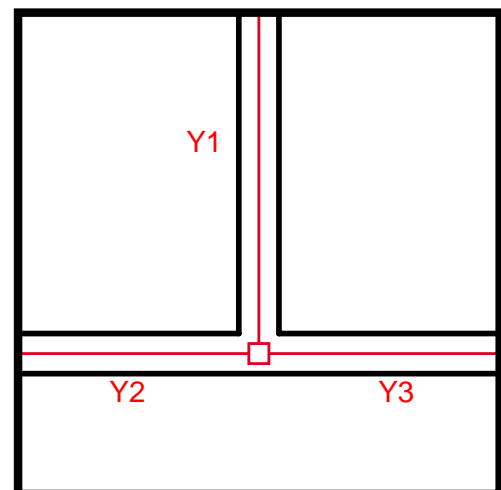
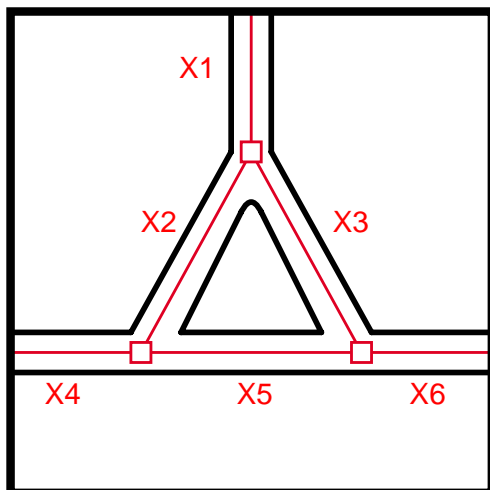
4.2.1. Reduktion von Kanten und Knoten

Die Zuordnungen X1-Y1, X2-Y2, X3-Y3 und X5-Y4 stehen nicht zur Diskussion. Was aber geschieht mit X4? Das Objekt X4 soll den Objekten Y1 und Y3 zugewiesen werden. Dies verletzt aber die 5. Bedingung, da X4 zwei Zuordnungen erhält.



Abbildungen 5 und 6: Zusammenfassung von zwei Abzweigungen zu einer Kreuzung

Das Beispiel eines Abzweigung mit Insel beschreibt die gleiche Bedingungsverletzung. Sowohl X2, X3 wie auch X5 müssen zwei Objekten im Y Massstab zugeordnet werden.

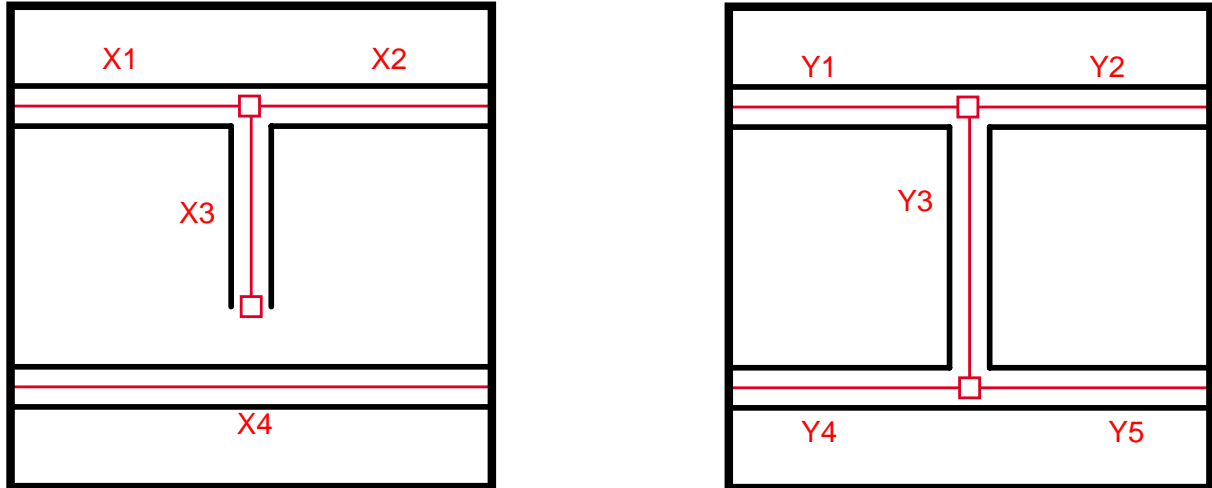


Abbildungen 7 und 8: Aus einem Abzweigung mit Insel wird eine einfache Abzweigung

Die Einhaltung der Bedingungen ist möglich, wenn auf eine Verknüpfung der verschwindenden Objekte vollständig verzichtet wird. Da eine Mutation an einem einzigen kleinen Segment ohne Beeinflussung einer zuführenden Strasse unwahrscheinlich ist, könnte diese Vereinfachung zugelassen werden.

4.2.2. Kreation von Kanten

Im Zuge der Generalisierung können auch neue Verbindungen realisiert werden. Diese sind zwar topologisch falsch, treten aber im untersuchten Kartenausschnitt im Anhang auf Seite 24 auf. Aus dem Objekt X4 gehen die Objekte Y4 und Y5 hervor.

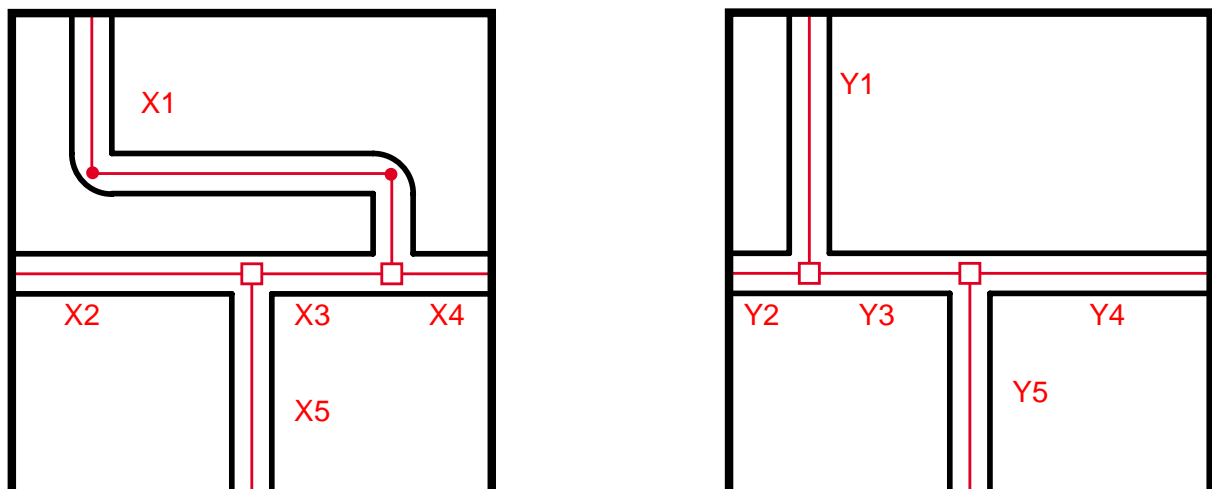


Abbildungen 9 und 10: Sackgasse, die im höheren KM zur durchgehenden Strasse wird

Dies bedeutet, dass auch in Richtung höhere Modelle Mehrfachzuweisungen möglich sein müssen, falls diese Situationen nicht korrigiert werden sollen. Die 5. Bedingung ist nicht mehr haltbar.

4.2.3. Verschiebung von Knoten

Die meisten Verschiebungen sind trivial und haben keine Änderung der Topologie zur Folge. Eine an sich nicht betroffene Strasse X5 kann die Situation aber komplexer machen, wenn sie im Verschiebungsbereich liegt. Das Objekt X3/Y3 wechselt auf die andere Seite eines Knotens. In diesem Beispiel treffen also beide Fälle ein: X2 muss mit zwei Y Objekten verknüpft werden und Y4 mit zwei X Objekten. Auch hier wird eine Mehrfachverknüpfung in beide Richtungen verlangt.



Abbildungen 11 und 12: Verzicht auf Parallelführung zweier Strassen

Die Mehrfachzuweisung in beide Richtungen ist folglich eine Anforderung an das Datenmodell!

4.3. Vergleich verschiedener Modellvarianten

4.3.1. Variante Attribute

Die Variante Attribute versucht, mit einem einzigen Datensatz auszukommen und alles weitere über Attribute zu organisieren. In GIS-Programmen können in der Regel Kanten und Knoten direkt angesprochen werden. Die Stützpunkte sind oft nicht oder nur schwer anzusprechen. Um auch an die Stützpunkte der Kanten heranzukommen, könnten sie beispielsweise zu Pseudoknoten umgewandelt werden.

Zwischen den Massstabsmodellen sind zwei Fälle zu behandeln, die Selektion und die geometrische Verschiebung. Auf eine mögliche Änderung der Strassenklasse wird hier nicht eingegangen. Die folgenden beiden Tabellen beziehen sich auf das einfache geometrische Beispiel der Abbildung 13. Die blauen Nummern bezeichnen die Kanten, die roten die Knoten. Da der Inhalt des TLMs sich am Massstab 1:25'000 orientieren soll, wird auf diese Abbildung verzichtet.

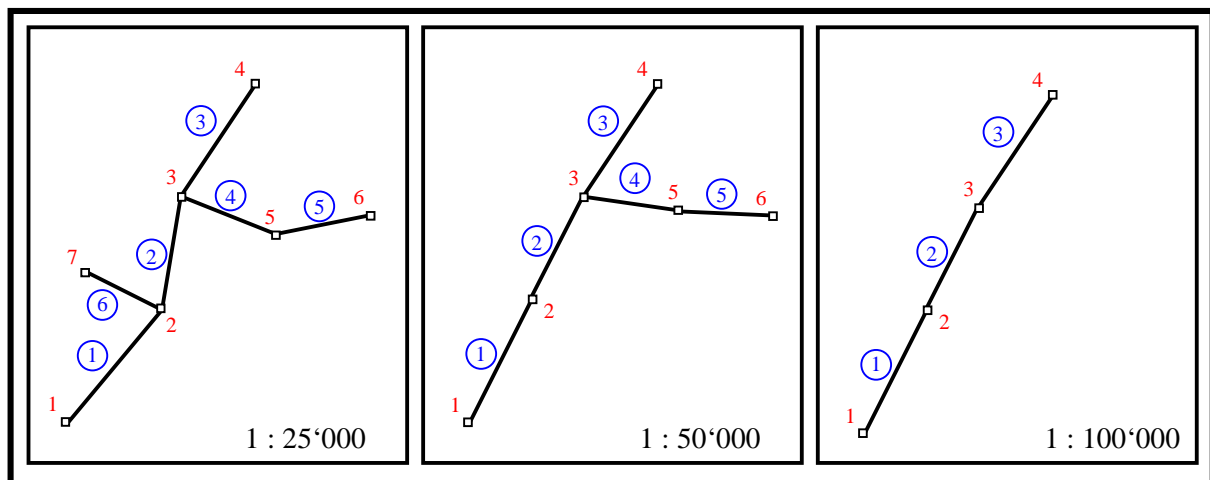


Abbildung 13: Einfaches Strassennetz

Die Selektion bestimmt, bis in welchen Massstab das Element dargestellt wird. Dies kann relativ einfach mit einem zusätzlichen Attribut für jeden Massstab realisiert werden.

t1m.aat										
FNODE#	TNODE#	LPOLY#	RPOLY#	LENGTH	t1m#	t1m-ID	M25	M50	M100	M200
1	2	0	0	52	1	1	1	1	1	0
2	3	0	0	47	2	2	1	1	1	0
3	4	0	0	45	3	3	1	1	1	0
3	5	0	0	39	4	4	1	1	0	0
5	6	0	0	38	5	5	1	1	0	0
2	7	0	0	29	6	6	1	0	0	0

Abbildung 14: Kanten Attributtabelle mit zusätzlichen Spalten

Die Bezeichnung t1m.aat in Abbildung 14 steht für die ArcAttributTable (AAT) des TLM's. In dieser Tabelle sind sämtliche Attribute der Kanten gespeichert. Die grauen Attribute sind softwareabhängig, die schwarzen beschreiben das systemunabhängige konzeptuelle Modell. Die hinteren vier Spalten stehen für die Massstäbe. Ist der Wert des Attributes 1, kommt diese Kante im betreffenden Massstab vor. Bei einer 0 ist sie nicht vorhanden. Die Strassen aus Abbildung 13 sind z.B. im Massstab 1:200'000 nicht mehr vorhanden.

Die geometrischen Änderungen sind ein wenig komplizierter. In der Attributtabelle der Knoten, der NodeAttributeTable (NAT) in Abbildung 15, könnte für jede Kante die Korrektur, die sich auf das TLM bezieht, angegeben werden.

t1m.nat										
Arc#	t1m#	t1m-ID	dy25	dx25	dy50	dx50	dy100	dx100	dy200	dx200
1	1	1	0	0	-2	1	-2	1	*	*
1	2	2	-5	5	-7	6	-7	6	*	*
2	3	3	0	0	-2	0	-3	0	*	*
3	4	4	1	0	-1	0	-1	0	*	*
4	5	5	-1	-1	6	2	*	*	*	*
5	6	6	0	0	1	1	*	*	*	*
6	7	7	-3	-2	*	*	*	*	*	*

Abbildung 15: Knoten Attributtabelle mit zusätzlichen Spalten

Der Vorteil der Variante Attribute liegt darin, dass einzelne Massstäbe individuell bearbeitet werden können. Es wäre also möglich, einen kleineren Massstab vor dem grösseren zu bearbeiten. Da die Geometrie nur ein mal gespeichert wird, kommt diese Variante mit einem kleineren Speichervolumen aus.

Eine gerade Strasse besteht in den kleineren Massstäben aus so vielen Knoten und Kanten, wie im TLM vorhanden sind, da Kanten nicht verbunden und Pseudoknoten somit nicht eliminiert werden. Deshalb stösst diese Variante vor allem dort an, wo der generalisierte Strassenverlauf stark vom Original abweicht. Die alte Gotthard Passstrasse Tremola wird über vier Massstäbe von 24 auf 10 Haarnadelkurven reduziert. Eine Verschiebung aller Pseudoknotenpunkte in die Strassenachse wäre äusserst mühsam.

Um den interaktiven Aufwand möglichst gering zu halten, wird nur der schrittweise Ansatz in den Varianten bottom-up und top-down weiter verfolgt.

4.3.2. Variante bottom-up

In der Variante bottom-up werden die Objekte eines KM mit den entsprechenden Objekten des nächst höheren KM verbunden. Bei der Verknüpfung von unten nach oben kann jeder Kante im KM25 eine Kante im KM50 zugewiesen werden. Als Wert für das ID-Attribut ist ein Code, der aus dem Massstab und einer Nummer besteht, sinnvoll. Dadurch entsteht eine erwünschte Redundanz zu Gunsten der Sicherheit (siehe Abbildung 18). Die Tabelle km25.aat muss also nur durch das Attribut KM50-ID ergänzt werden, das auf die zu verknüpfende Kante hinweist.

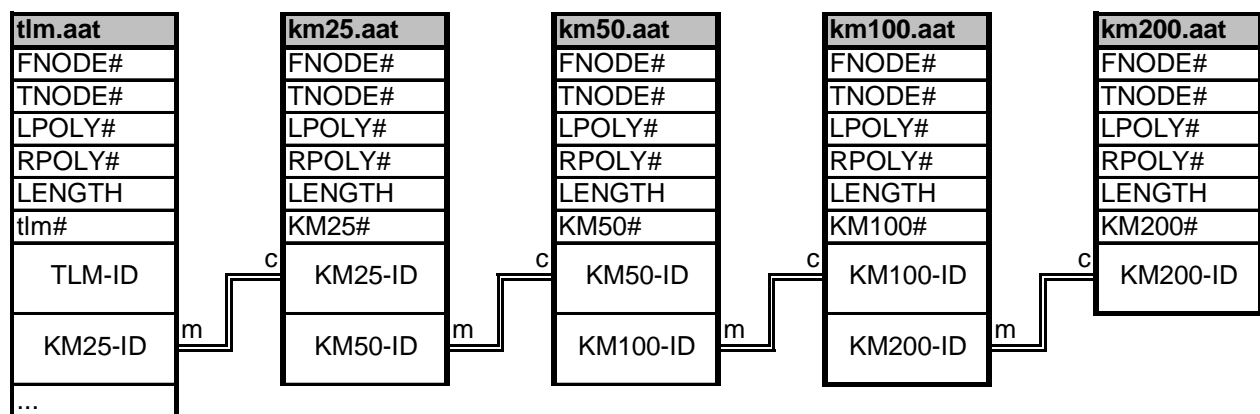


Abbildung 16: Entitätenblockdiagramm bottom-up

Die Beziehungen werden mit 1, c, m, oder mc abgekürzt. Dabei bedeutet:

1	Die Zuordnung eines Objektes
c	Die Zuordnung eines oder keines Objektes (conditional)
m	Die Zuordnung eines oder mehrerer Objekte (many)
mc	Die Zuordnung eines Objektes, mehrerer oder keiner Objekte

Ein Bsp.: Jedem Objekt aus dem TLM wird ein oder kein Objekt (c) vom KM25 zugeordnet. Jedes Objekt vom KM25 wird mit einem oder mehreren Objekten (m) aus dem TLM verknüpft.

Die Farbbänder für Verbindungs- und Durchgangsstrassen stellen für diese schrittweise Verknüpfung kein Problem dar, obwohl sie im KM25 nicht vorhanden sind. Bereits im TLM könnten die betroffenen Strassen mit einem entsprechenden Objectvalue attribuiert werden, wie es heute im Vector200 gemacht wird. Im KM25 wird dann den 1. Klass-Durchgangsstrassen und 1. Klass-Verbindungsstrassen die gleiche Signatur wie einer 1. Klass-Strasse zugewiesen. Somit benötigt das Modell weder zusätzliche Verknüpfungen noch zusätzliche Attribute.

Unterschiedliche Objektklassen zwischen den Modellen sind ebenfalls möglich. Sollen in höheren KM weniger Objektklassen unterschieden werden, können diese problemlos reduziert werden, wenn sie entweder verschwinden (Bsp. Parkweg) oder aber zusammengefasst werden. Die Zusammenfassung kann erst bei der Symbolisierung zur VK erfolgen. Dort kann mehreren zusammengefassten Objektklassen die gleiche Signatur zugewiesen werden. Unterschiedliche Klassendefinitionen wie z.B. die Nebenstrasse 3 m aus Vector200, die irgendwo zwischen Quartierstrasse und 3. Klass-Strasse aus Vector25 angesiedelt ist, sind jedoch problematisch (siehe Abbildung 2). Eine Anpassung an die bestehenden Klassen der tieferen Modelle wäre wahrscheinlich sinnvoller als eine Speziallösung in der Datenbank. Diese Überlegungen gelten auch für die weiter unten beschriebene Variante top-down.

Die schrittweise Verknüpfung hat den Vorteil, dass von der bereits geleisteten Arbeit in den darunterliegenden tieferen Modellen profitiert werden kann. Werden z.B. von einer Verbindungsstrasse Stützpunkte entfernt, um den Verlauf ruhiger zu machen, sind diese Stützpunkte im nächst höheren Modell ebenfalls schon reduziert.

Der zusätzliche Speicheraufwand für die Verknüpfung ist bescheiden. Vier AAT werden um eine Spalte ergänzt. Im Vergleich zu den beispielsweise in Arc/Info bereits existierenden acht Spalten mit ähnlichen Wertebereichen, ist nur ein geringer Anstieg an Speicherbedarf zu erwarten.

Das Modell bottom-up setzt aber die Einhaltung der 5. Bedingung der Modellhypothese voraus, weil nur eine einzige Verknüpfung pro Kante in das darüberliegende Modell möglich ist. Da die Bedingung in den Tests im Kapitel 4.2 verworfen wurde, kommt dieses Modell nicht in Frage.

4.3.3. Variante top-down

Die Variante top-down verknüpft die Objekte der KM in die andere Richtung, also von oben nach unten.

Da nicht alle Linien aus gleich vielen Linienobjekten des grösseren Massstabes bestehen, kann die Verknüpfungsbeziehung nicht sinnvoll mit zusätzlichen Attributen in der AAT gelöst werden. Das Resultat wäre eine enorme Anzahl von leeren Feldern, die Speicherplatz beanspruchen. Deshalb muss zu jedem KM eine zusätzliche Beziehungstabelle erstellt werden. Die vorhandene Feature-ID (z.B. KM200-ID) reicht als Attribut in der AAT für die Verknüpfung aus.

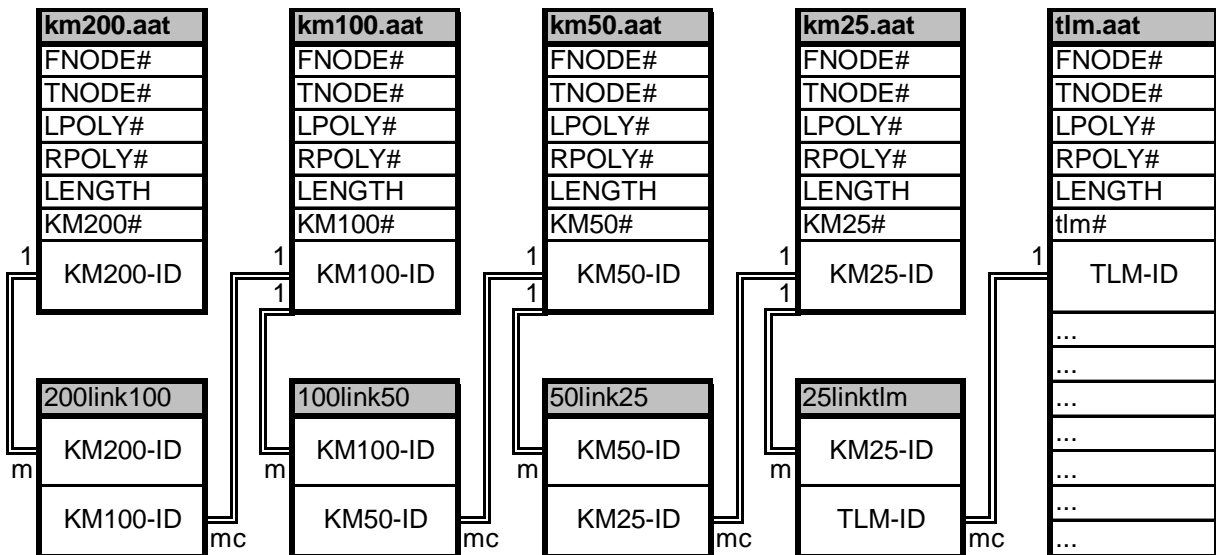


Abbildung 17: Entitätenblockdiagramm top-down

In dieser Beziehungstabelle werden z.B. die Feature-IDs KM200-ID mit den KM100-ID verbunden. Jedes Tupel (Datensatz, Zeile) beschreibt eine Beziehung zweier Objekte aus verschiedenen KM. Es spielt dabei keine Rolle, wie viele Verknüpfungen nach oben und unten ein Objekt trägt.

km200.aat						
FNODE#	TNODE#	LPOLY#	RPOLY#	LENGTH	KM200#	KM200-ID
1	2	0	0	54	1	2001
3	2	0	0	38	2	2002
2	4	0	0	35	3	2003
4	5	0	0	105	4	2004
4	6	0	0	75	5	2005

200link100	
KM200-ID	KM100-ID
2001	1001
2002	1002
2003	1002
2004	1003
2004	1004
2005	1005

km100.aat						
FNODE#	TNODE#	LPOLY#	RPOLY#	LENGTH	KM100#	KM100-ID
1	2	0	0	82	1	1001
3	4	0	0	78	2	1002
4	2	0	0	29	3	1003
2	5	0	0	65	4	1004
4	6	0	0	75	5	1005

Abbildung 18: Verknüpfungsbeispiel zwischen KM200 und KM100

Die Beispieldaten in Abbildung 18 beschreiben die Topologie der Abbildungen 11 und 12: Verzicht auf Parallelführung zweier Strassen. Die Beziehungstabelle 200link100 kann Zusammenfassungen in beide Richtungen wie auch eindeutige Zuordnungen beschreiben. Objekte, die im höheren Modell nicht vorkommen, werden in der Beziehungstabelle einfach nicht aufgeführt.

Der Speicherbedarf ist auch bei dieser Variante vertretbar. Es werden total acht zusätzliche Spalten benötigt, der Bedarf für die zusätzlichen Tabellen ist bei der grossen Anzahl an Objekten verschwindend.

Da diese Variante nicht an die 5. Bedingung der Modellhypothese gebunden ist, dabei aber trotzdem einfach modelliert werden kann, soll sie für die MRDB verwendet werden.

4.4. Featurebeziehungen zwischen verschiedenen Kartenmodellen

Alle bisherigen Modellierungen waren bereits in die Umgebung von Arc/Info eingebettet. Wenn man die grauen Attribute nicht berücksichtigt, sind sie trotzdem konzeptioneller. Hier wird das logische Modell betrachtet, das sich an der Datenstruktur von Arc/Info orientiert.

Arc/Info speichert Vektordaten in Coverages, die als Ebenen interpretiert werden können. In der MRDB wird für jedes KM mindestens eine Ebene verwendet. Ein Coverage beinhaltet mehrere Featureklassen. Features sind die kleinsten logischen Bausteine, also Punkte, Knoten, Kanten, Polygone sowie Labels und Tics*. Die Knoten und Kanten verfügen über jeweils eine eigene Attributtabelle (NAT resp. AAT), wobei für die Objektverknüpfung die AAT ausreicht. Die im Kapitel 4 bereits erwähnten ArcAttributeTables benötigen keinerlei weitere Attribute. Für die Objektverknüpfung wird die *Covername*-ID verwendet. Zusätzlich werden für die Modellverknüpfung Linktabellen benötigt. Diese Info-Files werden als Tables bezeichnet und kommen mit zwei erzeugten Attributen aus.

Zwischen den Attributtabelle und den Verknüpfungstabellen können Relates definiert werden. So werden z.B. die km25-ID der km25.aat mit der km25-ID der Linktabelle 50link25 in Beziehung gebracht. Relates ermöglichen beispielsweise die Auswahl aller Objekte in einer AAT, die ebenfalls in verbundenen Linktabellen vorhanden sind. Ob diese Relates tatsächlich benötigt werden, oder ob die Tabellen ausreichen, wird sich in weiterführenden Arbeiten zeigen müssen.

* Verweis: Da Punkte, Polygone, Labels, Tics für die Modellierung des Strassennetzes nicht benötigt werden, wird zu deren näheren Erläuterung auf die Dokumentation von Arc/Info verwiesen.

5. Prozesse der Nachführung

Die tägliche Arbeit der Kartographie ist nicht der Aufbau einer Datenbank, sondern die Kartenachführung. Aus diesem Grund muss ein neues System die Nachführung unterstützen und beschleunigen.

5.1. Nachführung heute

Die Nachführung der Landeskarte 1:25'000 erfolgt heute mit der hybriden Raster/Vektor Software Dry/Nuages. Die photogrammetrische Auswertung liefert die vektoriellen Nachführungselemente. Die Nachdigitalisierung ist für die Kartographen meist schneller als die Verschiebung und Reduktion der Stützpunkte, da die Nachführungselemente oft zu detailliert erfasst werden. Nach der Bearbeitung werden die neuen Vektoren gerendert und mit dem Rasterbild verschmolzen.

Die Inhalte des Vector25-Landschaftsmodells wurden bisher ab der Pixelkarte 1:25'000 vektorisiert. Da im Moment eine Unklarheit über die zukünftige Organisation der Vector-Datensätze herrscht, wurden noch keine Nachführungen vorgenommen.

5.2. Nachführung mit einer MRDB

Die MRDB kann vor allem in der Nachführung ihre Vorteile ausspielen. Die Objektverknüpfung bietet eine starke Unterstützung im interaktiven Nachführungsprozess an.

Das TLM soll aktueller sein als die bisherigen Karten. Es wird eine Spitzenaktualität von maximal zwölf Monaten gefordert. Dies bedeutet, dass die Nachführungselemente nicht nur aus der Luftbildauswertung, sondern auch von anderen Stellen wie z.B. der amtlichen Vermessung kommen müssen. Die Integration fremder Daten erfolgt in Zukunft vor der Kartenproduktion, wie aus Abbildung 3 ersichtlich ist. In der heutigen Geodatenverarbeitung fließen externe Daten nicht in die LK ein.

Es wird z.B. eine neue Strasse gebaut, die ins TLM aufgenommen wird. Dieses Nachführungselement kann sofort oder auch viel später in den verschiedenen Kartenmassstäben bearbeitet werden. Der Ablauf könnte wie folgt aussehen:

Die in Rot dargestellte Strasse wurde neu ins TLM aufgenommen. Unverändert wird sie in das KM25 übernommen. Die kartographische Bearbeitung erfolgt aber nicht im KM, sondern in der symbolisierten VK. Da es sich um ein provisorisches Nachführungselement handelt, ist es auch in der VK rot markiert.

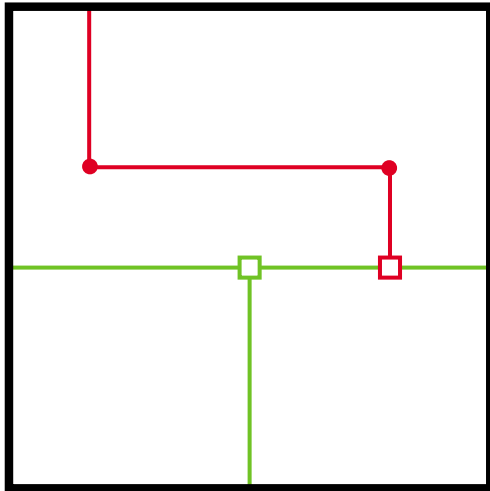


Abbildung 19: Vorslag KM25

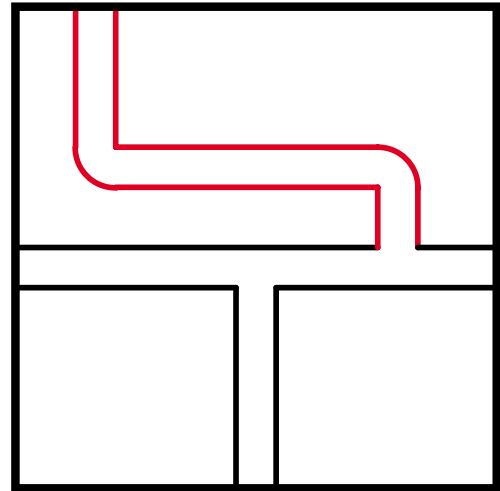


Abbildung 20: Vorslag VK25

Die Kartographin ist mit dem vorgeschlagenen Zustand zufrieden. Sie überführt den Vorslag zum definitiven Stand. Diese Statusänderung wird in das KM25 übertragen, wo die neue Strasse ebenfalls als definitiv geführt wird.

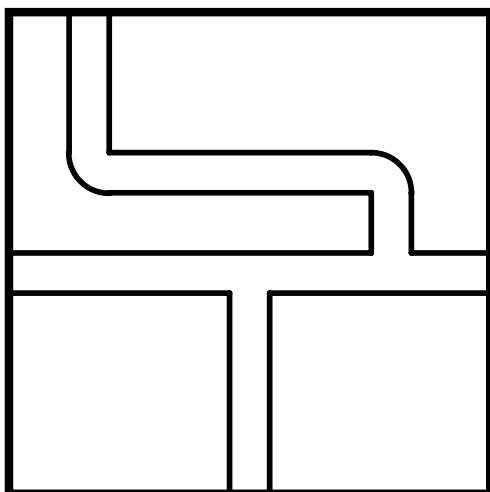


Abbildung 21: VK25 nachgeführt

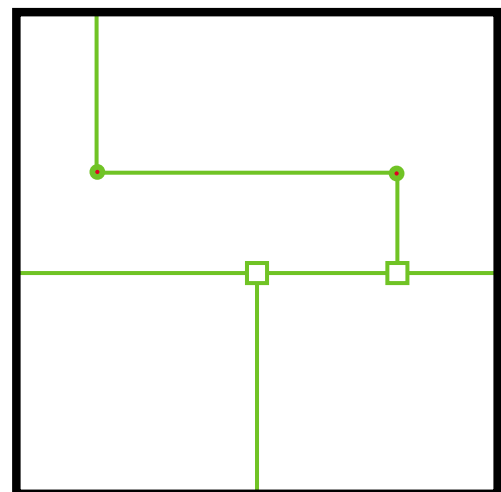


Abbildung 22: KM25 nachgeführt

Der Vorschlag für den Massstab 1: 50'000 sieht genau gleich aus, da in der VK25 nichts verändert wurde. Aufgrund der breiteren Signaturen in der VK50 sieht der Vorschlag graphisch ungünstig aus. Für ein Gebäude zwischen den Strassen fehlt jeglicher Raum.

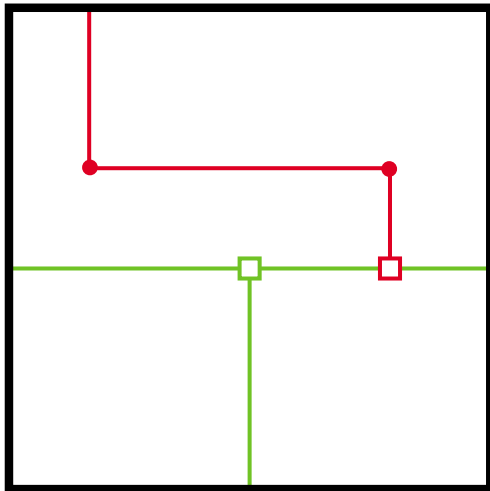


Abbildung 23: Vorschlag KM50

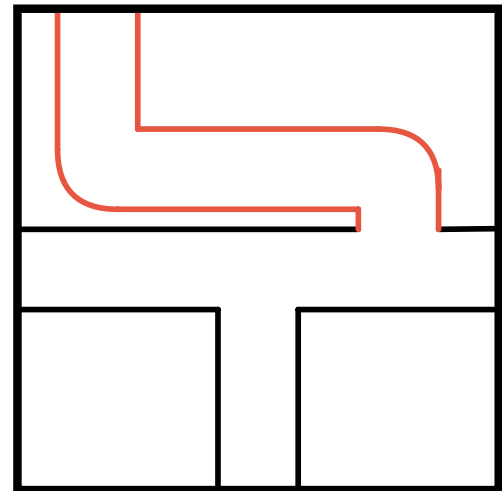


Abbildung 24: Vorschlag VK50

Die Kartographin entscheidet sich, die Strasseneinmündung zu generalisieren. Die Korrektur wird zum definitiven Stand erklärt und die Generalisierung wird vom KM50 übernommen.

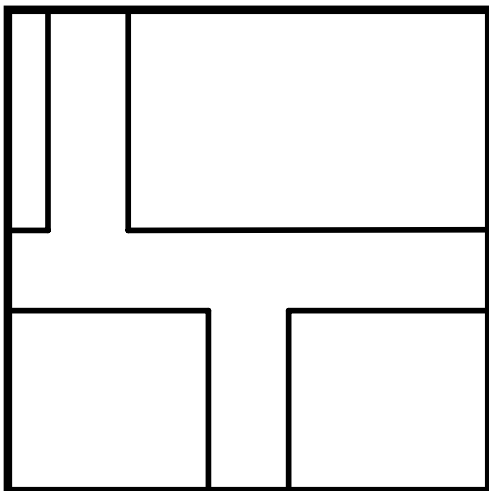


Abbildung 25: VK50 nachgeführt

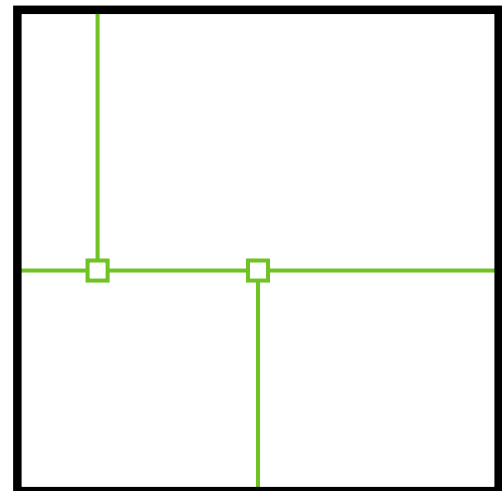


Abbildung 26: KM50 nachgeführt

Dieser Prozess wird für jeden Massstab wiederholt. Der Vorschlag für das KM100 entspricht dem nachgeführten KM50.

Die teilweise Unabhängigkeit von Luftbildern ermöglicht einen unterschiedlichen Nachführungsrhythmus zwischen den Kartenblättern. Sich schnell verändernde Regionen mit hoher Kartenaufgabe könnten öfters nachgeführt werden. Ebenfalls besteht die Möglichkeit, die Kartenmodelle auf Anfrage zu überarbeiten. Ist ein Kunde interessiert an einem aktuellen GIS-Modell des Urnerlandes in einem Detaillierungsgrad, der dem Massstab 1: 100'000 entspricht, könnte diese Region bis zum betreffenden KM bearbeitet werden.

6. Schlussfolgerung und Ausblick

6.1. Schlussfolgerung

Die Notwendigkeit einer integrierten Geodatenverarbeitung am Bundesamt für Landestopographie wird kaum bezweifelt. Selbst eine Anbindung an die Daten der Amtlichen Vermessung wird nicht ausgeschlossen. Die Multirepräsentationsdatenbank ist ein taugliches Werkzeug, um die Landschaftsmodelle des Bereichs Topographie mit den Kartenwerken zu verbinden. Dabei entstehen Synergien, von denen sowohl die topographischen Landschaftsmodelle wie auch die Landeskarten profitieren.

Die MRDB erbringt drei hauptsächliche Verbesserungen:

- Einbezug der Vector-Datensätze in den Nachführungsprozess
- Zeitersparnis bei der Nachführung der Landeskarten
- Qualitätssteigerung in der Topologie der Landeskarten (Fehlerbehebung)

Die Modellvariante top-down hat ersten Prüfungen anhand des Strassennetzes Stand gehalten. Durch ihre Einfachheit bildet sie eine gute Grundlage zur Integration weiterer linienhaften Objekten wie z.B. der Flüsse und Bäche. Auch einer Modellerweiterung zur Behandlung von Problemfällen steht keine komplexe Struktur im Weg. Eine Übertragung des Datenmodells auf flächenhafte Objekte ist absolut denkbar.

Der Vorschlag zum technischen Ablauf der Nachführung stösst bei den Verantwortlichen der L+T auf Zustimmung*. Dieser Ansatz soll weiterverfolgt werden.

6.2. Ausblick

Im Wintersemester 01/02 wird dieser Ansatz zur MRDB für die Kartographie weiterverfolgt. Die Modellierung wird um die Strassenklassen erweitert und mit existierenden Kartendaten in Arc/Info implementiert. Für auftretende Problemfälle sollen Modellanpassungen vorgenommen werden.

Weiteres Augenmerk wird der Symbolisierung und der Nachführung geschenkt.

Der Übergang zwischen Kartenmodell und Vektorkarte bedarf für beide Richtungen einer näheren Betrachtung. Der Widerspruch vom starren Knoten-Kanten Modell der GIS-Systeme gegenüber dem Wunsch nach Bezierkurven in der Vektorkarte wird durch die technische Entwicklung aufgehoben. Arc/Info GIS 8.1 ist fähig, auch Beziere zu bearbeiten.

Die Erstellung der fehlenden Vector-Massstäbe sowie die Integration von Kurven in die bestehenden Datensätze bedeuten einen enormen Aufwand. Die Zukunft der topographischen Daten liegt aber eindeutig im Vektorformat. Wie lange es dauern wird, bis die Umstellung auf eine komplett vektororientierte Kartenherstellung am L+T abgeschlossen ist, bleibt abzuwarten.

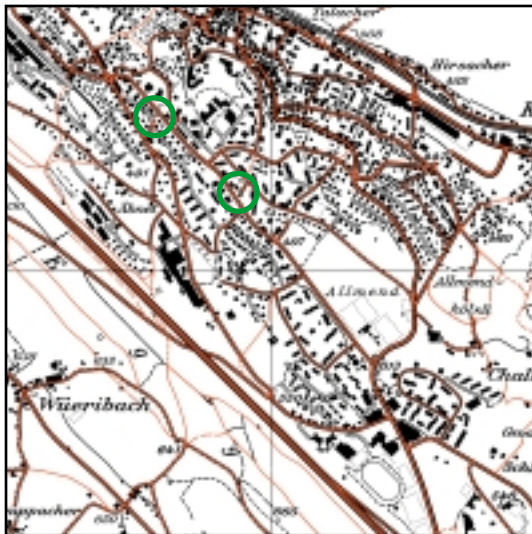
* Mündliche Äusserungen im Anschluss an die Kurzpräsentation dieser Arbeit vor einem Ausschuss der Geschäftsleitung L+T.

Anhang

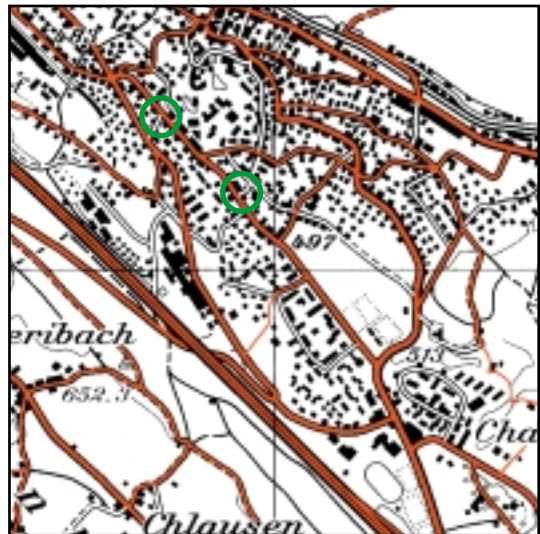
Die vier Abbildungen sind Ausschnitte aus den Situationsebenen der Pixelkarten 1:25'000 bis 1:200'000. Damit alle die gleichen 4 km² bei Horgen, ZH darstellen, wurden die Karten entsprechend ihrem Massstab skaliert.

Sämtliche Strassen, die im nächst kleineren Massstab noch enthalten sind, wurden rot eingefärbt.

Die grünen Markierungen bezeichnen Stellen, in denen die Topologie zwischen den Massstäben verändert wurde.



PK 1:25'000 Blatt 1111, Originalgrösse



PK 1:50'000 Blatt 225, 2-fach vergrössert



PK 1:100'000 Blatt 32, 4-fach vergrössert



PK 1:200'000 Blatt 2, 8-fach vergrössert

Literaturverzeichnis

- ¹ Hurni, L., 2001. Vektordaten und Optimierung der Nachführung der Landeskarte 1:25 000. Vorstudie. Eidgenössische Technische Hochschule Zürich.
- ² Kilpeläinen, T., 1995. Requirements of a Multiple Representation Database for Topographical Data with Emphasis on Incremental Generalization. Aus: Proceedings 2, International Cartographic Conference (17a: 1995: Barcelona) S.1815-1825
- ³ <http://lbdwww.epfl.ch/e/MurMur/>
- ⁴ Voser, St., 2001. Projekt Topobank, Entwicklung Topographisches Landschaftsmodell. Auszug aus der Voranalyse Version 1.1. Bundesamt für Landestopographie
- ⁵ [http://www.karto.ethz.ch/teaching/Muggli\(komprimiert\).pdf](http://www.karto.ethz.ch/teaching/Muggli(komprimiert).pdf)
- ⁶ <http://www.karto.ethz.ch/teaching/VTB-Kreiter.pdf>
- ⁷ <http://www.swisstopo.ch/de/digital/INDEX.htm>
- ⁸ <http://www.esri.com>
- ⁹ Zehnder, C. A. , 1998. Informationssysteme und Datenbanken. B. G. Teubner Stuttgart