

Automatisierte Landeskartenherstellung

Beim Landeskartenwerk handelt es sich um qualitativ hochwertige topografische Karten der Schweiz in den Massstäben 1:25 000 bis 1:1 000 000. Um der wachsenden Nachfrage nach vektorialen GIS-Daten besser nachkommen zu können, arbeitet das Bundesamt für Landestopografie swisstopo an der vollständigen Umstellung der Produktionsabläufe von der Erfassung der topografischen Grundlagen bis hin zur Kartenherstellung. Am Beispiel des bisherigen und des künftigen Produktionsablaufs für die Landeskarte 1:25 000 wird aufgezeigt, warum Automatisierung für eine erfolgreiche Umstellung auf die Produktion kartografischer GIS-Daten notwendig ist und in welchen Bereichen diese erfolgreich eingesetzt werden kann.

L'ensemble des cartes nationales de la Suisse est constitué de cartes topographiques de très haute qualité aux échelles 1:25 000 à 1:100 000. Afin de mieux pouvoir répondre à la demande croissante en données SIT véciorielles l'Office fédéral de topographie swisstopo procède à la transformation complète des processus de production à partir de la saisie des bases topographiques jusqu'à la fabrication des cartes. L'exemple des processus de production actuel et futur de la carte nationale 1:25 000 explique la raison pour laquelle l'automatisation est nécessaire pour la transformation réussie de la production de données SIT cartographiques et montre les domaines dans lesquels celle-ci peut être utilisée avec succès.

Le carte nazionali sono delle carte topografiche di alta qualità della Svizzera in scala da 1:25 000 a 1:1 000 000. Per riuscire a soddisfare la richiesta crescente dei dati vécioriali SIG, l'Ufficio federale di topografia swisstopo sta apportando un cambiamento totale che si estende dal rilevamento delle basi topografiche fino alla produzione delle carte. Partendo dall'esempio del ciclo di produzione attuale e futuro per la carta nazionale in scala 1:25 000 viene mostrato perché l'automatizzazione sia indispensabile per ottenere un passaggio assodato della produzione di dati cartografici SIG e in quali settori questo è realizzabile con successo.

D. Käuferle

Von Kupferdruck zu Glasschichtgravur zur CAD-Kartografie

Als der Bund 1935 die vollständige Erstellung der Massstabsreihe 1:25 000 bis 1:1 Mio. beschliesst, denkt wohl niemand, dass der Aufbau der 1:50 000 Landeskartenserie 26 Jahre (1937–63) und derjenige der 1:25 000 Serie 29 Jahre dauern wird. In dieser Zeit wird nicht nur produziert, sondern auch laufend an den Produktionsmethoden und Verfahren gefeilt, um die Arbeiten zu vereinfachen und zu beschleunigen.

Anfang der 1950er Jahre wird der Kupferstich als Methode für die Originalherstellung durch die Glasschichtgravur abgelöst und der Offsetdruck wird eingeführt. Dadurch können erstmals mehr als 100 Bogen pro Stunde bedruckt werden. Bis Ende der 1980er Jahre folgen zahlreiche weitere wichtige technische Innovationen, z.B. beim Schriftsatz. Die Effizienz der Nachführung kann dadurch laufend gesteigert werden. Die Mehrheit der Arbeiten, insbesondere die kartografische Nachführung, bleibt jedoch die Domäne komplexer manueller Arbeit. Und die Kartografie bleibt als Fachgebiet Inbegriff eines höchst anspruchsvollen, kaum automatisierbaren Handwerks – sozusagen ein kleines Gallisches Dorf in einer Welt

zunehmender Automatisierung. 1989 werden erste Versuche für eine digitale Nachführung der Landeskarte durchgeführt, aber erst auf Anfang 2001 kann die Schichtgravur auf Glas definitiv durch die digitale CAD-Kartografie abgelöst werden. Das CAD-System stellt neue Werkzeuge wie den Zoom oder die Bearbeitung von Bézierkurven zur Verfügung, welche ein rationelleres Arbeiten ermöglichen und die Fehlerbehebung wesentlich vereinfachen. Die Effizienz der kartografischen Nachführung wird nochmals signifikant gesteigert, obwohl bis zu diesem Zeitpunkt noch kaum ein Arbeitsschritt automatisiert ist.

Von der CAD-Kartografie zur GIS-Kartografie

Durch die rasante Entwicklung des Internets zeichnet sich schon Ende der 1990er Jahre ab, dass Geoinformation künftig vermehrt in neuen elektronischen Formaten gefragt sein wird. Véciorielle GIS-Daten bieten den entscheidenden Vorteil, dass sie sich mit Information anreichern und mit anderen Daten verknüpfen lassen. Deshalb wird oft von «intelligenten Daten» gesprochen. Noch bevor mit dem Erscheinen von GoogleMaps jegliche Zweifel an dieser Entwicklung ausgeräumt werden, lanciert swisstopo zu Beginn des neuen Jahrtausends zwei grosse Projekte, um die künftige Produktion vollständig auf die Produktion véciorialer GIS-Daten auszurichten: TLM und OPTINA-LK. Die Aufgabe des Projekts TLM ist es, die Produktion eines einheitlichen, hochauflösenden «Topografischen Landschaftsmodells» (dem TLM, siehe Abb. 1) aufzubauen. Das Projekt ist unterdessen abgeschlossen und mit der Produktion des TLM wurde 2008 begonnen. Die Aufgabe von OPTINA-LK ist es, die Produktion «Digitaler Kartografischer Modelle» (den DKM, siehe Abb. 2) und des Landeskartenwerks als Ableitung vom TLM zu ermöglichen.

Im TLM und in den DKM-Modellen werden objektartige Landschaftselemente mit einer véciorialen Geometrie und diversen attributiven Eigenschaften model-

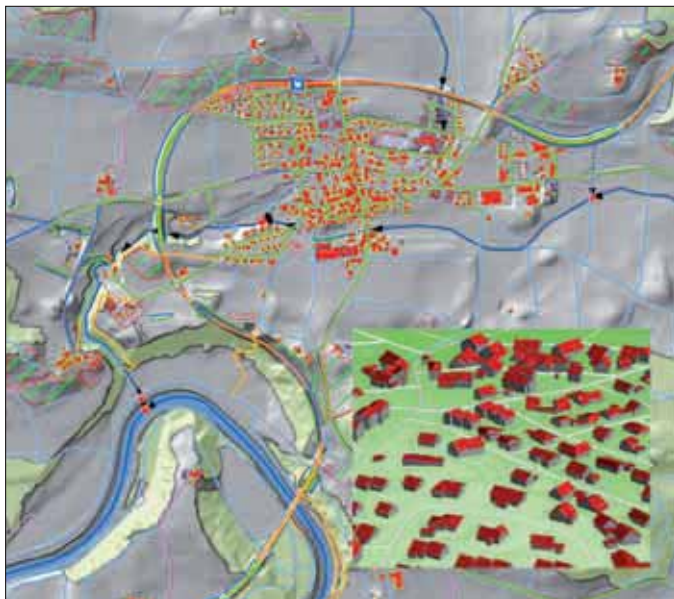


Abb. 1: TLM mit schattiertem Geländemodell, Ausschnitt Ossingen. Die Vergrößerung im rechten unteren Teil der Abbildung zeigt 3D-Dachflächen im TLM.



Abb. 2: DKM25 ohne Relief, Ausschnitt Ossingen.

liert. Die Objekte sind in Objektarten mit gleichen Eigenschaften und diese wiederum in Themenblöcke wie Strassen, Bahnen, Bauten, Gewässer, Grenzen etc. gegliedert. Das TLM verfügt als 3D-Modell durchgängig über drei Koordinaten pro Stützpunkt (x, y, z), die DKM sind als 2D-Modelle ausgelegt (x, y). Es gehören aber auch Rasterdaten zu diesen Modellen, beim TLM ein hochauflösendes Geländemodell «DTM» und bei den DKM Ebenen wie Fels, Geröll oder Relief. Die neuen Daten werden wesentlich erweiterte und flexiblere Nutzungsmöglichkeiten eröffnen, was die wichtigste Errungenschaft der Umstellung auf GIS-Daten ist. Sie ermöglichen aber auch etwas anderes, nämlich eine Vielzahl bisher manueller Arbeitsschritte zu automatisieren – in einem Umfang, der bisher unmöglich war.

Automatisierung ist jedoch kein Selbstzweck. Im Gegensatz zum Erstaufbau der Landeskartenserie 1:25 000 mit Glaschichtgravur, der beeindruckende 29 Jahre dauerte, soll der Aufbau des Digitalen Kartografischen Modells 1:25 000 (DKM25) in sechs Jahren erfolgen. Da der Datenaufbau um ein Vielfaches aufwändiger als eine Nachführung ist, wird ein hoher Automatisierungsgrad zur Be-

werkstellung des Datenaufbaus zwingend notwendig. Nachfolgend soll am Beispiel der Produktionskette für das DKM25 gezeigt werden, welche Schritte in Zukunft automatisiert werden.

Automatische Transformationen

Die DKM25-Produktionskette beginnt mit der Auslieferung von TLM-Daten eines bestimmten Gebiets an die Kartografie. Da das TLM mehr Informationen enthält als im DKM25 gebraucht werden, werden die TLM-Daten in ein kartografisches Quellmodell transformiert. In diesem Schritt erfolgt auch die Umwandlung von 3D- zu 2D-Daten. Das Quellmodell ist die Ausgangslage für alle nachfolgenden kartografischen Arbeiten am DKM25. Innerhalb der Produktionskette müssen die Daten noch mehrmals format- oder modelltransformiert werden, zuletzt vor der Druckausgabe. Dies erfolgt vollautomatisiert mit Hilfe des «DataHub», einem Framework für GIS-Transformationen, das auf ArcGIS-Server und FME-Server basiert und von den Firmen Inser SA und ESRI Schweiz AG für den vielseitigen Einsatz bei swisstopo entwickelt wurde. Automatische Transformationsprozesse sind

eine erste wichtige Voraussetzung, dass GIS-Daten in einer komplexen Produktionskette kontrolliert und effizient verarbeitet werden können.

Automatische Generalisierung

Liegen die Daten im kartografischen Quellmodell vor, erfolgt der aus kartografischer Sicht wichtigste Automatisierungsschritt im System «SysDab». SysDab wird im Rahmen des Projekts OPTINA-LK von der Firma Axes Systems AG entwickelt und basiert auf «axpand», einem datenbankbasierten kartografischen GIS. SysDab ist für die vollautomatische Generalisierung der Quelldaten zuständig (Abb. 3).

Die Generalisierung ist neben der Schriftplatzierung das «Kerngeschäft» der Kartografie. Es geht dabei darum, die Kartenelemente trotz beschränkter Kartenfläche gut lesbar darzustellen. Wichtiges wird falls nötig betont und weniger Wichtiges vereinfacht oder weggelassen. Die Generalisierung ist ein äusserst komplexer Prozess, bei dem eine Vielzahl inhaltlicher, geometrischer und topologischer Regeln zu beachten sind, und der lange als nicht automatisierbar galt. Kartogra-

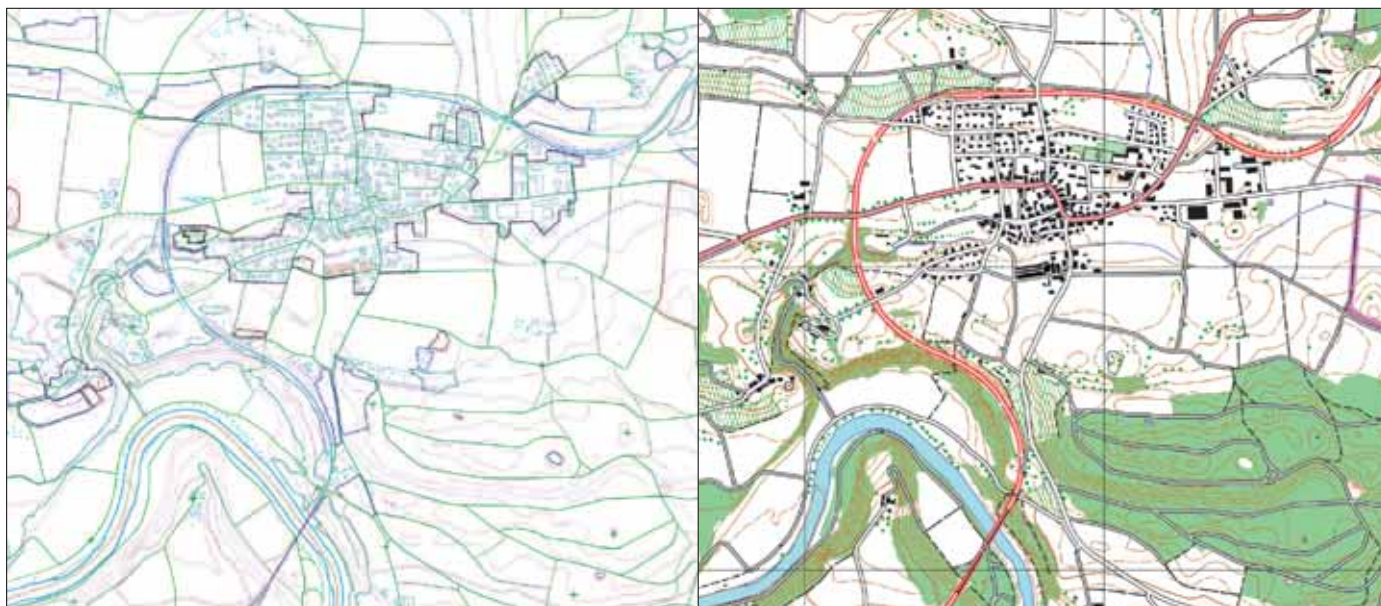


Abb. 3: Kartografisches Quellmodell (links) und daraus in SysDab automatisch generalisiertes DKM25 (rechts).

fen benötigen eine vierjährige Berufsausbildung und einige Berufserfahrung, um die manuelle Generalisierung der diversen Landkartenmassstäbe zu erlernen. Die Herausforderung bei der automatischen Generalisierung ist, die inhaltlichen und geometrischen Regeln in maschinenlesbarer Form zu definieren und in einen wirksamen automatischen Prozess umzusetzen. Die Operatoren, welche diese Regeln anwenden, müssen präzise arbeiten und bei fast allen Operationen die benachbarten Kartenelemente berücksichtigen. Das Resultat der automatischen Generalisierung aus SysDab muss (als Sys-

temziel) so gut sein, dass weniger als 25% der Objekte noch manuell nachbearbeitet werden müssen. SysDab erreicht heute dieses Ziel.

In den bisherigen Tests mit Mittellandblättern wurde festgestellt, dass durchschnittlich etwa 80% der Objekte im DKM25 gemäss den Generalisierungsregeln korrekt generalisiert wurden. Dies ist ein sehr gutes Resultat. Ein wichtiger Beitrag dazu ist eine exzellente Gebäudegeneralisierung, bei der komplexe Formen vereinfacht und Objekte oft leicht aneinander ausgerichtet werden müssen, sowie etliche weitere gut funktionierende

Generalisierungsoperationen. Das Potenzial besteht, die automatische Generalisierung in SysDab für das DKM25 noch weiter zu verbessern.

Teilautomatische Unterstützung der manuellen Generalisierung

Die «vorgeneralisierten» DKM25-Daten aus SysDab werden anschliessend an die «Genius-DB» übergeben, dem System mit welchem die Kartografin das Kartenbild inklusive Beschriftung der Kartenelemente fertig stellt. Die Genius-DB wird von der Firma ESRI Schweiz AG auf der Basis von ArcGIS 9.3 entwickelt und wird das heutige CAD als kartografisches Frontend ablösen. In der Genius-DB stehen mehrere sehr gute und praktische Automatismen zur Verfügung, die wesentliche Verbesserungen gegenüber der heute eingesetzten CAD-Kartografie darstellen, z.B.:

- «One Click Tools»: Die kartografischen Werkzeuge lesen alle für die Bearbeitung einer bestimmten Objektart notwendigen Einstellungen aus dem Data Dictionary, der zentralen Konfigurationsdatenbank. Dies geschieht automatisch beim Anwenden auf ein bestimmtes Objekt.

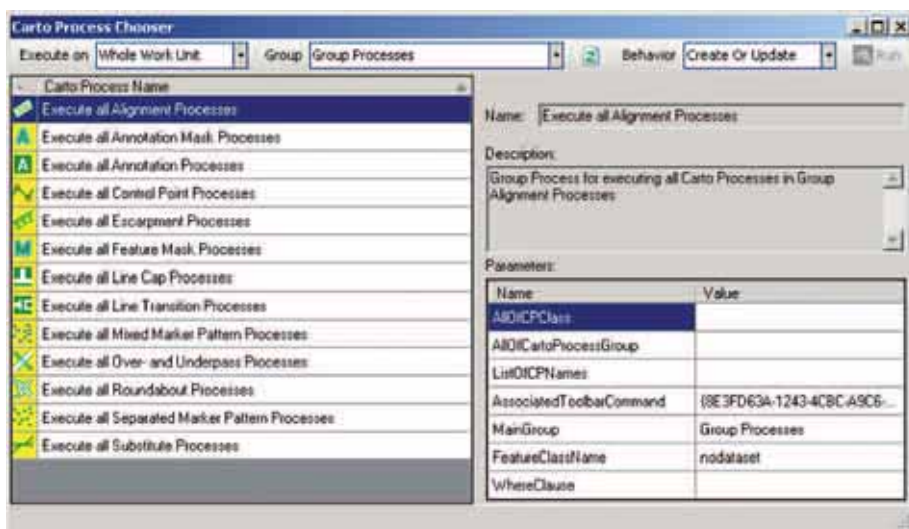


Abb. 4: GUI zum Auslösen von CartoProcesses in der Genius-DB.

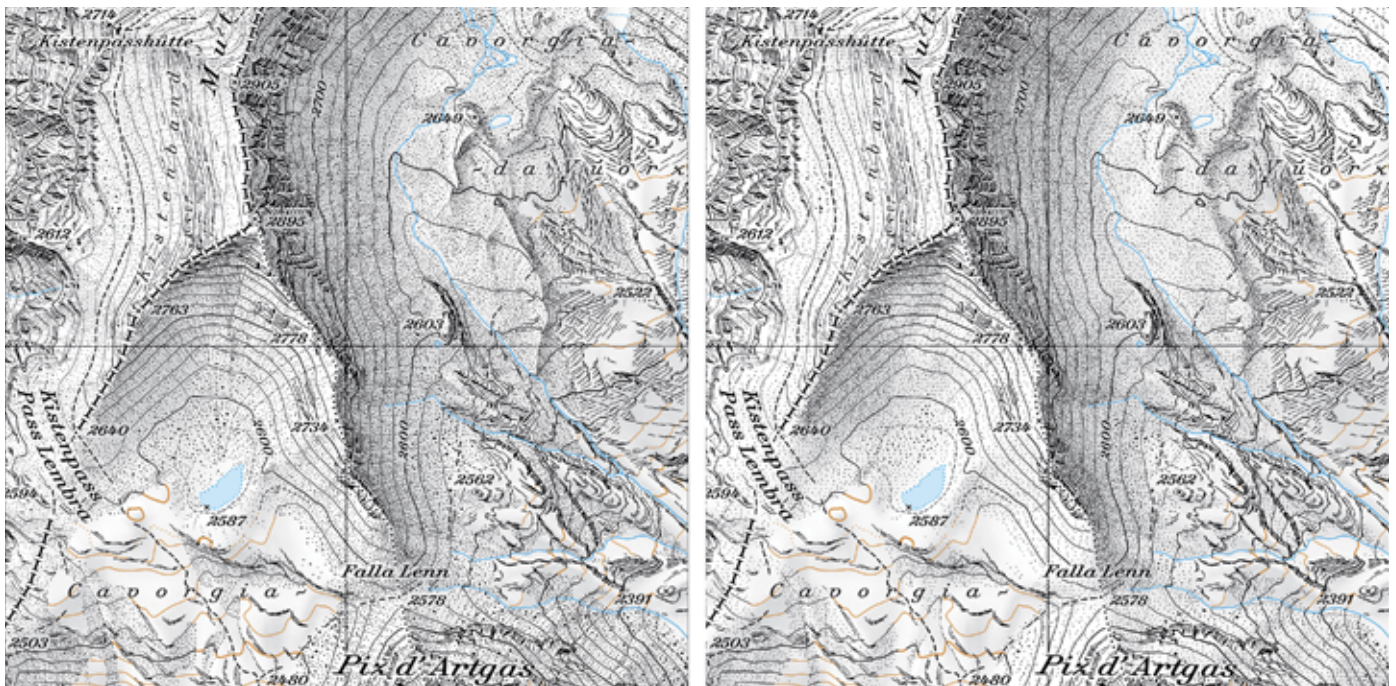


Abb. 5: Manuell erzeugte Gerölldarstellung in der Landeskarte 1:25 000 (links) im Vergleich zur mit ScreePainter automatisch erzeugten Gerölldarstellung und geringfügiger Nachbearbeitung (rechts).

- «CartoProcesses»: Viele kartografische Funktionen der Genius-DB lassen sich nicht nur manuell auf einzelne Objekte anwenden, sondern in Form so genannter CartoProcesses (Abb. 4) als Batch auf viele Objekte gleichzeitig. Beispiele sind die Erzeugung von Maskierungselementen (z.B. Über- und Unterführungen), korrekten Sackgassensymbolen und vielem mehr. Dadurch werden der Kartografin etliche repetitive Arbeiten wesentlich erleichtert.
- Schriftplatzierung: Auch die Erstellung der Schriftelemente kann als CartoProcess ausgeführt werden. Dabei werden die Schriften mit der ArcGIS-Extension «Maplex» gemäss einer vordefinierten Konfiguration automatisch vorplatziert. Anschliessend erfolgt die manuelle Feinplatzierung.
- Qualitätssicherung: Es steht ein Testframework zur Verfügung, mit dem die Erfüllung bestimmter Anforderungen an die Daten getestet werden kann. So kann z.B. geprüft werden, ob obligatorische Attribute der Objekte befüllt sind oder ob noch unerlaubte topologische Verletzungen (Gebäude im See) oder graphische Konflikte bestehen.

Geröll, Fels und co.

Automatisierungsschritte sind nicht nur bei der Bearbeitung der Vektordaten möglich, sondern auch bei der Nachführung der Rasterdaten. Das Kartografische Institut der ETH hat im Auftrag von swisstopo die Software «ScreePainter» (www.screepainter.com) zur automatischen Ableitung der Gerölldarstellung in Landkartenmanier entwickelt. Die Resultate sind überzeugend (Abb. 5). ScreePainter bietet zudem die Möglichkeit, gewünschte manuelle Optimierungen an der Gerölldarstellung mit einfachen Mitteln sehr effizient umzusetzen.

Die Automatisierung der Felsdarstellung wäre wirtschaftlich interessant, doch fehlen derzeit noch technische Lösungen. Daher wird die Felsschulung aufgrund der hohen Komplexität der Thematik bis auf weiteres den ausgebildeten Felsspezialisten vorbehalten bleiben.

Ausblick

Viele der obigen Beispiele haben Pioniercharakter. Sie zeigen, dass es heute dank der technischen Entwicklung und inno-

vativer Lösungen möglich ist, kartografische Arbeiten zu automatisieren. Dadurch können sich die Kartografinnen besser auf komplexe Aufgaben konzentrieren, bei denen auf das Wissen, die Intuition und das geschulte Auge nicht verzichtet werden kann. Die Kartografinnen werden durch die Automatisierung keineswegs ersetzt, denn die datenbankgestützte GIS-Kartografie ist äusserst Know-How-intensiv. Aber das Berufsbild wird sich wandeln und neues Wissen wird gefragt sein. Zum Glück wurde die Berufsbildung Kartografie in weiser Voraussicht mit der Geoinformatik- und AV-Ausbildung in einem Berufsbild Geomatikerin/Geomatiker zusammengeführt. Somit kann das für die GIS-Kartografie nötige Wissen nachhaltig aufgebaut und entwickelt werden.

Dipl. natw. ETH Dominik Käuferle
Leiter Ressort Technik Kartografie
Bundesamt für Landestopografie
swisstopo
Seftigenstrasse 264
CH-3084 Wabern
dominik.kaeufferle@swisstopo.ch