

Fachberichte

■ Automatische Herstellung und Fortführung der topographischen Kartenwerke aus dem AAA-Datenmodell

Automatic Production and Updating of Topographic Maps from the AAA Data Model

Ajay Mathur und Mary Lou von Wyl, Stans (Schweiz)

Es wurde viel darüber diskutiert, ob es möglich oder sinnvoll sei, die Karten-Produktion und Aktualisierung zu automatisieren. In einer Zeit der raschen Veränderungen und schwindenden personellen und finanziellen Ressourcen liegt der offensichtlichste Grund für eine Automatisierung darin, den zeitgemäßen und konsistenten Herstellungs- und Aktualisierungszyklus der Karten- und Kartendaten-Produkte in gewohnt hohem Qualitätsniveau und Effizienz zu gewährleisten. Obwohl die automatische Generalisierung und Aktualisierung eine Reihe gut funktionierender Algorithmen nutzt, liegt die größte Herausforderung dennoch darin, die Schritte nachzuahmen, welche ein Kartograph händisch unternehmen muss, um lesbare Karten zu produzieren. Dies erfolgt nur mit einer Systemlogik, welche für die wirtschaftliche und qualitativ hochwertige Automatisierung der Generalisierungs- und Aktualisierungs- Prozesse erforderlich ist. Vorgestellt wird eine Lösung der Schweizer Firma Axes Systems für die automatische Generalisierung und Aktualisierung der Topographischen Karten in verschiedenen Maßstäben aus dem AAA-Datenmodell der deutschen Landesvermessung.

■ **Schlüsselbegriffe:** Amtliche topographische Kartenwerke, Generalisierung, Fortführung, Automatisierung

There has been much debate about whether it is possible or useful to automate map production and updating. During a time of dwindling financial and human resources, the most important reason to strive towards automation is to guarantee timely and consistent production and updating cycles that maintain the high quality of maps. Although automatic generalization and updating depend on a number of well-functioning algorithms, the main challenge is imitating the steps that a cartographer takes to produce readable maps. This can only be done with a system logic that allows for the high-quality, economical automation of the generalization and updating processes. This article presents a solution of the Swiss company Axes Systems for automatic generalization and updating of topographic maps in various scales using the German AAA data model.

■ **Keywords:** official topographic maps, generalisation, updating, automation

1 Motivation und Zielsetzung

In den vergangenen Jahren hat es viele Diskussionen darüber gegeben, wieso die Automation in der Kartographie erforderlich ist und ob es überhaupt möglich ist, wesentliche und wiederkehrende Aufgaben der

Kartenherstellung, bzw. -fortführung zu automatisieren. In einer Zeit der raschen Veränderungen und schwindenden personellen und finanziellen Ressourcen liegt der wichtigste Grund für eine Automatisierung darin, in einem zeitgemäßen und konsistenten

Herstellungs- und Aktualisierungszyklus die Karten- und Kartendaten-Produkte in gewohnt hohem Qualitätsniveau zu gewährleisten.

Automation in jedem Kontext macht Sinn, wenn sie manuelle Schritte bzw. Aufgaben in einem Prozess eliminiert, reduziert oder nachhaltig beschleunigt. Im Falle der Kartographie sind es die wiederkehrenden Arbeiten der Kartenherstellung und -aktualisierung, welche gegenwärtig weitgehend manuell und rechnergestützt ausgeführt werden. Diese Arbeitsschritte umfassen die Generalisierung, um die Kartenlesbarkeit zu gewährleisten, die Signaturierung und Beschriftung der Karten, um die Orientierung beim Kartenlesen zu verbessern und wiederkehrende Arbeiten des Aktualisierens, um die Aktualität des Karteninhalts jederzeit zu gewährleisten.

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. 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. (Käuferle et al., 2010).

Die Technologie für eine umfassende Automation der Kartenherstellung und -aktualisierung, welche in diesem Artikel untersucht wird, wurde von der Schweizer Firma Axes Systems AG entwickelt und basiert auf ihrem Kernprodukt „axpand“, einem datenbankbasierten kartografischen GIS. Axes Systems hatte im Rahmen von zwei KTI/CTI-Forschungsprojekten im Zeitraum von 2004 bis 2007 eng mit dem Geographischen Institut der Universität Zürich die Machbarkeit von verschiedenen Ansätzen der prozessgesteuerten Generalisierung und Fortführung untersucht (Weibel et al., 2008). Die Erkenntnisse, welche Axes Systems aus dieser Kooperation gewonnen hat, haben dazu geführt, den neuen Ansatz der automatischen Generalisierung und inkrementellen Fortführung als Produkt „axpand ng“ zu konzipieren und von Grund auf neu zu entwickeln (Abb. 1). Axes Systems hat für die deutsche Landesvermessung das axpand-Automationsystem gemäß AAA-Modell und -Signaturenvorgaben der AdV konfiguriert. Verfügbar sind Konfigurationen für die automatische Herstellung und Fortführung topographischer Karten aus dem AAA-Datenmodell der Maßstäbe 1:10 000 (DTK10), 1:25 000 (DTK25), 1:50 000 (DTK50) und 1:100 000 (DTK100). Im folgenden Beitrag wird die Automation der deutschen AAA-DTK-Herstellung bzw. Fortführung mit axpand ng beleuchtet.

2 Das Verfahren

Bei der Deutschen AAA-DTK-Herstellung mit axpand wird jeder Kartenmaßstab direkt aus den Basis-Daten – ATKIS-Basis-DLM, ALKIS-Gebäude- bzw. Relief- und Höheninformation aus dem DGM – abgeleitet und fortgeführt. Sollten

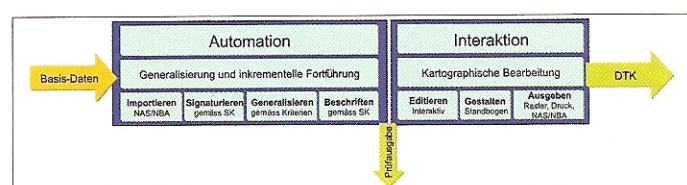


Abb. 1: axpand-Automationskomponente

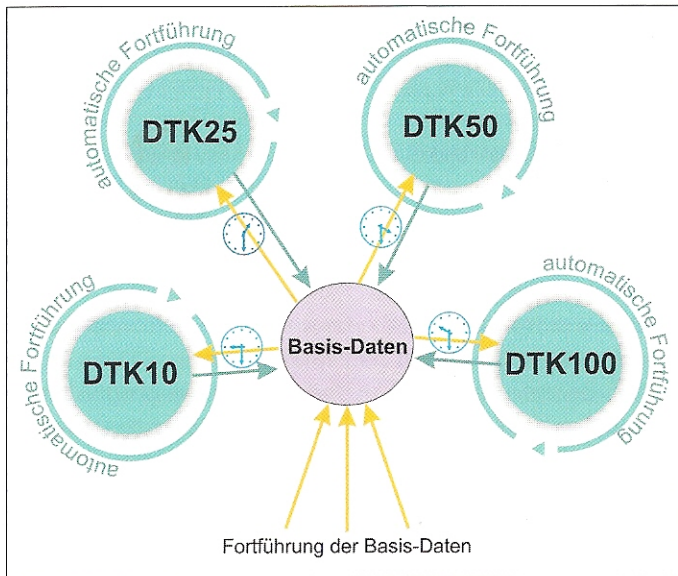


Abb. 2: Gleiche Quelle der Basis-Daten für alle Maßstäbe

dennoch Kartengeometrieobjekte (KGO) vorhanden sein, werden diese ebenfalls in die Weiterverarbeitung bzw. Fortführung einbezogen. Dieses Ableitungsmodell hat den Vorteil, dass alle Kartenmaßstäbe stets aus denselben Basis-Daten abgeleitet und fortgeführt werden (Abb. 2). Dadurch besteht die Abhängigkeit bezüglich der Aktualisierung der verschiedenen Kartenmaßstäbe alleine auf den Fortführungsstand der Basis-Daten.

3 Die automatische Generalisierung

Die Erfahrung zeigt, dass eine Vielzahl gut funktionierender Algorithmen wichtig ist, noch wichtiger ist jedoch die Logik des Ablaufs der Generalisierungsschritte, d.h. in welcher Reihenfolge die Algorithmen ausgeführt werden. Eine gute automatische Generalisierung bedingt, dass soweit wie möglich die Schritte einer manuellen Generalisierung widerspiegelt werden. Um den automatischen Generalisierungsablauf zu gestalten, sind drei Überlegungen maßgebend: Erstens: Wie sieht das Ergebnis einer manuell generalisierten Karte in dem entsprechenden Maßstab aus? Zweitens: Welche Generalisierungsschritte führt ein Kartograph aus, um dieses Ergebnis zu erreichen? Drittens: In welcher Reihenfolge werden diese Schritte bei der manuellen Generali-

sierung ausgeführt? Diese drei Fragen bestimmen grundsätzlich den Ablauf eines Generalisierungsworkflows.

Neben der Logik im Generalisierungsworkflow, d.h. der Reihenfolge der Generalisierungsschritte, sind die Generalisierungsregeln – genannt Constraints – maßgebend. Diese Regeln sind durch den Kartenmaßstab, die Kartenthematik (auch als Kontext der Karte bekannt) und die Dichte der Geodaten bestimmt. Die Constraints widerspiegeln das Wissen des Kartographen und werden in logische und mathematische Begriffe übersetzt. Die Constraints steuern Generalisierungsaufgaben wie u.a. Verdrängung, Zusammenfassung, Betonung, und Auswahl. Sie werden auch hergenommen, um mögliche Konflikte zu identifizieren, die Lösung herbeizuführen und die Qualitätsprüfung durchzuführen. Wenn ein Konflikt identifiziert wird, wird entschieden, in wie weit die einzelnen Generalisierungsschritte ausgeführt werden müssen. Es wird zudem bei jedem Schritt iteriert, bis die bestmögliche Konfliktlösung gefunden wird. Wenn der Konflikt nicht gelöst werden kann, ohne einen weiteren Konflikt zu erzeugen oder eine Topologieverletzung zu produzieren, dann wird für das entsprechende Objekt die optimale Geometrie mit dem geringsten Konflikt gesucht. Die Qualitätsprüfung stellt sicher, dass die

Generalisierungsregeln eingehalten werden und, dass an den Elementen, welche die „Constraints“ erfüllen, keine weitere Nacharbeit erforderlich ist. Wird im Fall von expand ein Konflikt nicht vollständig gelöst, wird als Hilfsmittel für die Nachbearbeitung ein Attributwert „Anlassart“ geschrieben. Dieser erlaubt es dem Kartographen, die entsprechende Stelle im Editiermodul sofort aufzufinden und den (Rest-)Konflikt zu bewerten und ggf. zu lösen. Durch die Anpassung der Constraints lassen sich neue Produkte in verschiedenen Maßstäben erzeugen. expand führt die Generalisierungsschritte vollautomatisch in einem Bruchteil der Zeit durch und erzeugt bei gleichbleibenden Constraints, wiederholbare und konsistente Ergebnisse.

4 Aufbau der Generalisierungsworkflows

Die Generalisierungsworkflows in expand ng beinhalten Aufgaben, so genannte „Tasks“. Ein „Task“

beinhaltet einen Generalisierungs-„Operator“ oder einen weiteren Generalisierungsworkflow. Operatoren sind logische Kombinationen von Algorithmen (z.B. Algorithmen für die Selektion, Analyse, Geometrieänderung, Bewertung), die, basierend auf die „Constraints“, bestimmte Generalisierungsaufgaben ausführen. Die Algorithmen, welche in den Operatoren zur Anwendung kommen, wurden durch Axes Systems entwickelt und optimiert. Diese basieren in einigen Fällen auf bekannten Algorithmen-Ansätzen wie z.B. Douglas-Peucker, Snake und Visvalingam. Der Erhalt der Topologie – explizit und implizit – wird durch die Operatoren gewährleistet. Die Generalisierungsworkflows können so aufgesetzt werden, dass die Generalisierungsschritte eingebettet, hintereinander oder bei Bedarf parallel erfolgen. Die Ergebnisse der Generalisierungsworkflow-Schritte werden in so genannten Resolutions geschrieben. Diese Ergebnisse

Abb. 3: Komponente für die Konfiguration

können somit wiederholt und von verschiedenen Teilen des Generalisierungsworkflows verwendet werden (Abb. 3).

Innerhalb des Generalisierungsworkflows dienen die Generalisierungsregeln (Constraints) als die einzugebenden Generalisierungsparameter für den jeweiligen Zielmaßstab. So wird beispielsweise im Fall der Linienverdrängung vorgegeben, was die Mindestabstände zwischen verschiedenen Objektpaaren sind. Diese Werte werden über den Data Dictionary oder ggf. direkt in den Operatoren als Konfiguration eingetragen. Die Constraints werden über eine handelsübliche Excel-Datei verwaltet und an den Data Dictionary übergeben.

5 Generalisierung der DTK-Daten

Bei den DTK-Daten – DTK10, 25, 50 und 100 – bestimmen die Signaturen des Signaturkatalogs (SK), die Generalisierungskriterien und der Modellübergang die Logik des Generalisierungs-Workflows und die darin verwendete Reihenfolge der Operatoren. Die Generalisierungskriterien (Constraints) und die Workflow-Logik sind zudem von dem jeweiligen Ziel-Maßstab abhängig. Im Allgemeinen wird der Generalisierungsworkflow in zwei Hauptgruppen aufgeteilt. Als erste werden Objektklassen in mehreren Schritten unter sich generalisiert. Dies sind die sogenannten Vorbereitungsschritte und beinhalten Aggregation – insbesondere der Bodenbedeckung – Ausdünnung von Straßen und zu kleinen Gebäuden, Typisierung von Punkten, Geometrietypwechsel (möglich sind $L \rightarrow P$, $F \rightarrow L$, $L \rightarrow F$), Entfernung von Pseudoknoten, Vereinfachung von Flächen und Linien sowie Herstellung rechter Winkel (Abb. 4 Gebäude, Abb. 5 Ausdünnung).

Sobald die Vorbereitungsschritte erfolgreich abgeschlossen sind, folgen die „Bewegungsschritte“, in welchen sich Objekte gegenüber anderen Objekten bewegen. Diese Schritte beinhalten vor allem die Verdrängung

von Linien, Grenzerweiterung und -verminderung, Gebäudeverdrängung und Punktplatzierung.

Als letzter Schritt der Generalisierung wird die Karte automatisch gemäß den Vorschriften der GeolInfo-Dok beschriftet. Die vorhergehende Zusammenfassung der Flächen und Linien erleichtert die Textplatzierung, in dem die Anzahl der Texte wesentlich reduziert werden kann. Die Automation der Textplatzierung spielt eine wichtige Rolle in der Reduktion des manuellen Nachbearbeitungsaufwands (Abb. 9).

Während der Generalisierung wird die Beziehungsinformation zwischen Quell- und Zielobjekten festgehalten und in die Datenbank geschrieben. Diese ist in der Form einer Zustands- und Beziehungskette in die Multi-Repräsentations-Datenhaltung (MRDB) von axpand geschrieben. Diese Information stellt eine „Historie“ eines Objekts über mehrere Aktualisierungszyklen dar und wird für die automatische und inkrementelle Aktualisierung der Kartendaten verwendet. Jede Änderung eines Objekts – Quelle oder Ziel – wird auf diese Art nachvollziehbar.

6 Generalisierungszonen

Als wichtige Ergänzung zu dem Generalisierungsworkflow, unterstützt axpand die Definition von „Generalisierungszonen“. Dies ermöglicht anhand zonenspezifischer Generalisierungsregeln, dedizierte Generalisierungsworkflows auf bestimmte Arten von Regionen, wie zum Beispiel Stadtzentren oder ländliche Gebiete, innerhalb des gleichen Generalisierungsprozesses auszuführen. Die Generalisierungszonen können auf verschiedene Arten gebildet werden: durch manuell digitalisierte Zonenflächen, aus Geometrien von bestehenden Objektklassen wie z. B. von Siedlungsflächen, sowie automatisch mittels Dichte der Bebauung. Die Zonen wirken wie „Filter“ während des gesamten Generalisierungsprozesses. Ein Objekt oder Objektpaar werden anhand der Regeln der Generalisierungszone, in welchen sie



Abb. 4: Gebäude-Generalisierung



Abb. 5: Ausdünnung der Straßen

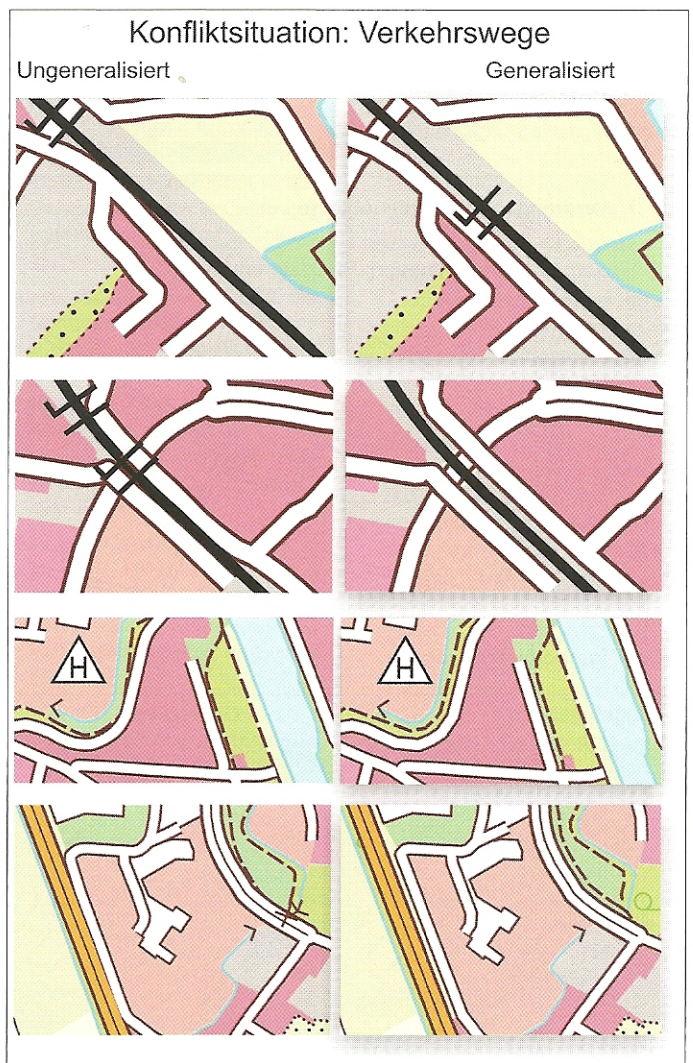


Abb. 6: Verdrängung der Verkehrswege

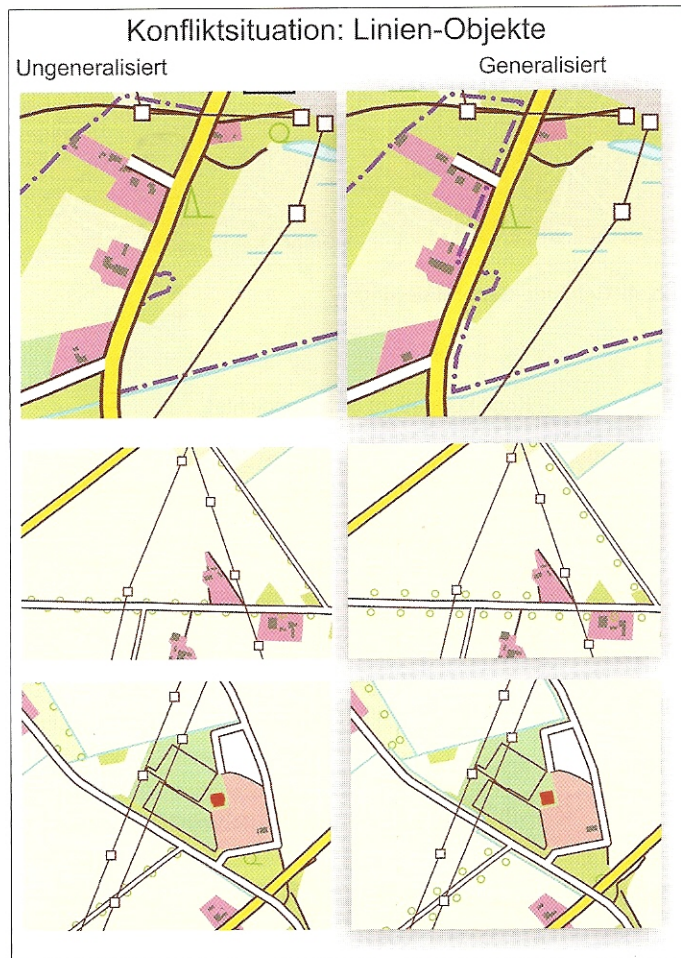


Abb. 7: Verdrängung der Linienobjekte

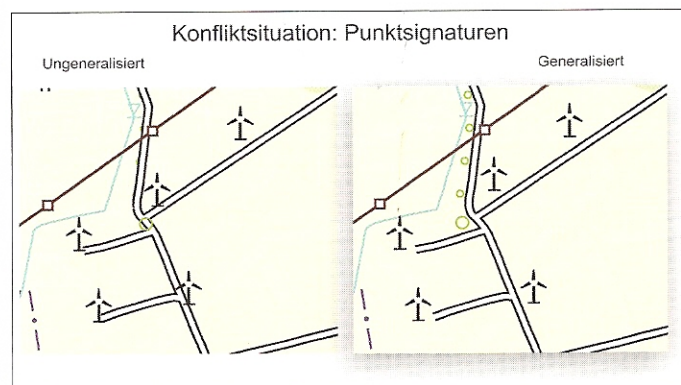


Abb. 8: Symbolplatzierung

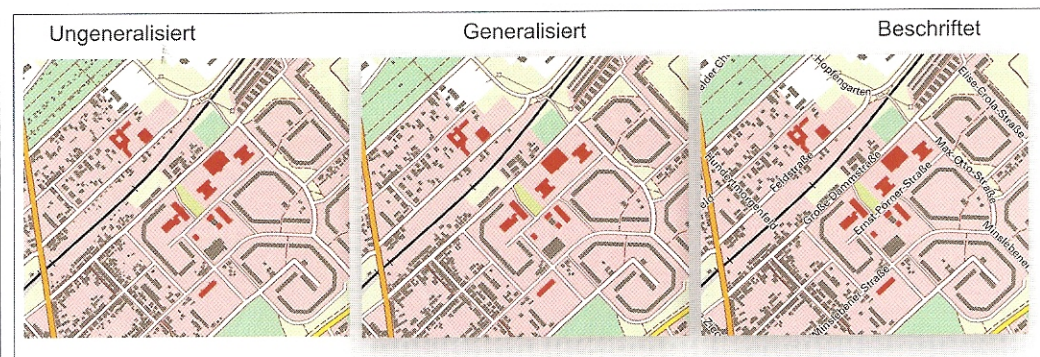


Abb. 9: Textplatzierung (Quelle: LVermGeo Sachsen-Anhalt, Datengrundlage: NAS-Daten nach GeoInfoDok Version 6.0)

sich befinden, generalisiert. Die Daten werden dabei nicht partitioniert, sondern in einem fließenden Prozessübergang von Zonenart zu Zonenart generalisiert. Auf diese Art werden Probleme der Datenpartitionierung in den Grenzbereichen vermieden. Der gesamte Generalisierungsprozess wird in Iterationen (Loops) für verschiedene Typen von Generalisierungszonen durchgeführt.

7 Automatische und inkrementelle Fortführung

Innerhalb *axpand* besteht kein Unterschied zwischen einer ersten Generalisierung und einer inkrementellen Fortführung. Der Zustand der Objekte ist bei der Fortführung maßgebend. Bei erstmaliger Zufuhr der Daten in *axpand* werden alle Objekte als „neue“ Objekte betrachtet und prozessiert. Bei der nachfolgenden Zufuhr der Daten können neue Objekte, geänderte Objekte oder gelöschte Objekte enthalten sein. Die Generalisierung findet nur in den Bereichen statt, wo Daten verändert, gelöscht oder neu zugeführt wurden. Diese Datenzufuhr kann für ein beliebiges Gebiet und zu einem beliebigen Zeitpunkt erfolgen und wird über die NAS/NBA-Schnittstelle gesteuert. In Fällen, in denen sich Quelldaten verändert haben, kann optional bestimmt werden, ob die Veränderungen in den Quelldaten wichtig genug sind, um importiert und weiter generalisiert zu werden. Regeln für die Relevanz der Änderungen können für jeden Maßstab konfiguriert und gepflegt werden. Relevante Verän-

derungen werden mittels erneuter Generalisierung prozessiert, um das abgeleitete Zielmodell umgehend automatisch zu aktualisieren. Bei der erneuten Generalisierung werden mit den veränderten Quelldaten auch die umliegenden Objekte des Zielmodells einbezogen. Die Beziehung zwischen dem Zielobjekt und dessen Quellobjekt(en) bzw. Vorgängern bleibt über die MRDB-Verbindung stets erhalten. Dadurch lässt sich im *axpand* Editor das Objekt jederzeit interaktiv zu seinem Quell-Zustand vor der Generalisierung, bzw. zu seinem vorgängigen Zustand, z. B. vor einer interaktiven Editierung, zurücksetzen und neu bearbeiten (Abb. 10 Darstellung bei der Fortführung).

axpand generiert und verwaltet stabile und eindeutige Objekt-Identifikatoren (UUIDs) der abgeleiteten Daten während des gesamten Generalisierungsprozesses und über die Aktualisierungszyklen hinaus. Zusätzlich zu den Daten im abgeleiteten Modell erstellt und speichert *axpand* auch Beziehungen zwischen Quell- und abgeleiteten Features, so dass die Änderungen im Laufe der Zeit zurückverfolgt und für die Aktualisierung stets wiederverwendet werden können. Sobald das Zielmodell mittels erneuter Generalisierung aktualisiert ist, können die Daten wahlweise in *axpand* optisch geprüft und editiert werden. Die Ergebnisse können in diesem Fall druckfertige PDFs der Karten und Rasterdaten gemäß dem technischen Regelwerk des BKG sein. Die Daten können als Veränderungsinckremente über die NAS/NBA-Schnittstelle an eine DHK weitergeleitet werden.

8 Die Ergebnisse der automatischen Generalisierung

In den Tests mit AAA-DLM-Daten für die Generalisierung von DTK10, DTK25, DTK50 und DTK100 wurde festgestellt, dass *axpand* über alle Operatoren verfügt, welche für die Erzeugung dieser Maßstäbe aus dem Basis-DLM erforderlich sind. Die Testergebnisse für alle diese Maßstäbe zeigen zudem, dass durchschnittlich

80 % der Objekte gemäß den Generalisierungsregeln korrekt generalisiert wurden und nicht mehr händisch bearbeitet werden müssen. Wichtiger Beitrag dazu leisten etliche, gut funktionierende Generalisierungsoperatoren wie die Verdrängung, Typisierung und Gebäudegeneralisierung, bei welcher komplexe Formen vereinfacht und Objekte oft leicht aneinander ausgerichtet werden müssen, sowie der Einsatz von bewährten Generalisierungskriterien (Constraints) für den jeweiligen Maßstab. Es kann jedoch Situationen geben, wo z. B. wegen zu enger Platzverhältnisse das System die Generalisierungskriterien für einige der Objekte nicht vollständig erfüllen kann bzw. bei deren Erfüllung Topologieverletzungen riskiert würden. Die Automation in *axpand* arbeitet in diesem Fall mit dem Ziel, die bestmögliche Generalisierung und die Erfüllung der Generalisierungskriterien zu erreichen und markiert die Objekte, welche die Constraints nicht vollständig erfüllen. Das System verzichtet in diesen Fällen darauf, selbständig Objekte zu entfernen um Platz zu schaffen und erwartet, dass ein Kartograph mit örtlichen Kenntnissen diese Bewertung im Nachhinein vornimmt und die Bearbeitung dieser Situation händisch durchführt.

Mit dem Einsatz vom *axpand* Editor und weiteren umfassenden Hilfsmitteln des *axpand*-Systems für die Standbogengestaltung und Plotausgabe, lassen sich die verbleibenden Arbeiten nahtlos interaktiv erledigen und die Kartenserie erfahrungsgemäß unterhalb der erwarteten Dauer fertig stellen (Lenz, 2011).

9 Zusammenfassung

Automatische Prozesse bewirken eine erhebliche Reduzierung des Kartenproduktions- und aktualisierungsaufwands. Der *axpand*-DTK-Prozess umfasst die Visualisierung der Geodaten gemäß SK, die automatische Generalisierung, die automatische Beschriftung gemäß SK und die wiederkehrenden Aufgaben der Fortführung. Der *axpand*-DTK-

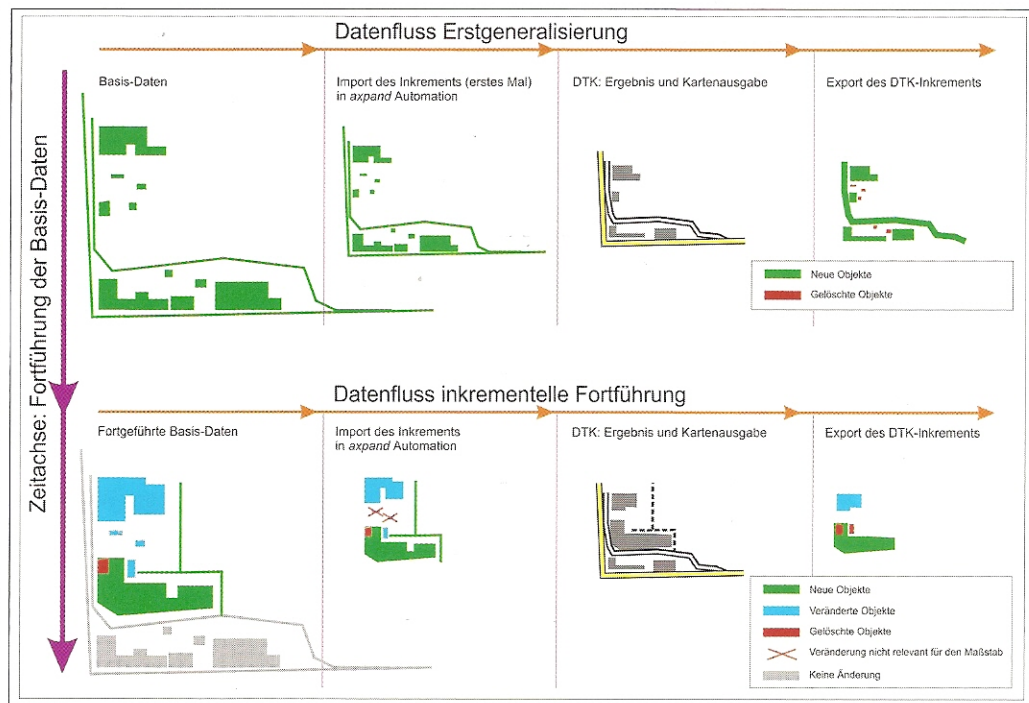


Abb. 10: Datenfluss bei der Fortführung

Prozess wird konsequent durch den Einsatz von Constraints gesteuert. Die Ergebnisse sind zu jeder Zeit konsistent und erreichen zurzeit bis zu 80 % Korrektheit. Diese Qualität der Ergebnisse lässt erwarten, dass der Restaufwand manueller Bearbeitung durch den Kartographen bei etwa 20 % liegt.

Quellen

Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV), ATKIS-Signaturen-katalog für die Digitale Topographische Karten: <http://www.adv-online.de/>

Axes Systems, Webseite <http://www.axes-systems.com/de>

Bobzien, M., Burghardt, D. & Petzold, I. (2005): Automatische Ableitung digitaler Vektormodelle – Projekt DRIVE. In: Mitteilungen des Bundesamtes für Kartographie und Geodäsie: Arbeitsgruppe Automation in der Kartographie, Tagung 2004, 34, 9–20.

Bobzien, M., Burghardt, D. & Petzold, I. (2005): Re-Generalisation and Construction – Two Alternative Approaches to Automated Incremental Updating in MRDB. In: Proceedings of 22nd International Cartographic Conference, La Coruña, Spain, CD-ROM.

Bobzien, M., D. Burghardt, I. Petzold, M. Neun, and R. Weibel (2006): Multi-Representation Databases with Explicitly Modelled Intra-Resolution,

Inter-Resolution and Update Relations. AutoCarto 2006, Vancouver (WA), USA, 2006.

Bobzien, M.; Burghardt, D.; Petzold, I.; Neun, M.; Weibel, R. (2008).

Multi-representation databases with explicitly modeled horizontal, vertical, and update relations. In: Cartography and Geographic Information Science, 35(1):3–16.

Burghardt, D. & Mathur, A. (2000): Machbarkeitsstudie zum Adv-Forschungs- und Entwicklungsvorhaben „ATKIS: Modell- und kartographische Generalisierung“. Maptech AG im Auftrag der Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV), nicht veröffentlicht.

Burghardt, D. & Mathur, A. (2004): Derivation of Digital Vector Models – Project DRIVE. In: Proceedings 7th ICA Workshop on Generalisation and Multiple Representation, Leicester, UK, CD-ROM.

Burghardt, D., Bobzien, M., Petzold, I. & Weibel, R. (2005): Cartographic generalisation of large scale maps with *axpand*. In: Proceedings of International Symposium on Generalization of Information, Berlin, Germany.

Käuferle, Dominik (2010): Automatisierte Landeskartenherstellung in der Schweiz. In: Kartographische Nachrichten 5/2010, S.274.

KTI/CTI Projekt: Derivation of topographic maps from digital landscape models (DRIVE – Derivation of vector models) <http://www.research-projects.uzh.ch/p4391.htm>

KTI/CTI Projekt: Web based generalisation services for online maps (SerAx) <http://www.research-projects.uzh.ch/p8045.htm>

Lenz, Peter (2011): Zur Fertigstellung der zivil-militärischen Topographischen Karte 1:100 000 in Thüringen. In: Kartographische Nachrichten 4/2011.

Mathur, A. & Burghardt, D. (2004): Systemintegrierte Erstellung und Ausgabe von digitalen Karten aus Landschaftsmodellen - Das Projekt DRIVE. In: Kartographische Schriften Band 9, Kirschbaum Verlag Bonn, pp. 167–170.

Matthias Bobzien, Ingo Petzold, Dirk Burghardt (2007): Automated Derivation of a 1:300 000 topographic map from Swiss DLM VECTOR 200. http://www.geo.uzh.ch/~burg/literatur/bobzien_2007_icc_drive.pdf

Petzold, I., D. Burghardt, and M. Bobzien (2006): Workflow Management and Generalisation Services. Workshop of the ICA Commission on Map Generalisation and Multiple Representation. Portland, USA, June 25th 2006.

Über die Verfasser: Mary Lou von Wyl ist Leiterin für Betrieb und Technische Projekte, Ajay Mathur ist Geschäftsführer von Axes Systems AG, Stans (Schweiz). Email: media@axes-systems.com