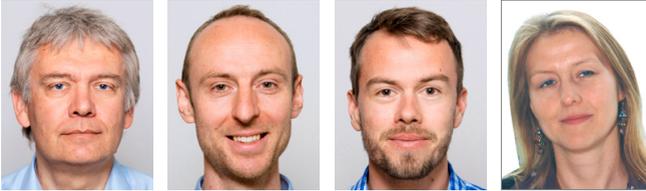


Neuerstellung des Kartographischen Modells 1:50000

New creation of the cartographic model 1:50000



Andreas Pammer, Gernot Felfernig, Klaus Freitag und Regina Falkensteiner, Wien

Kurzfassung

Das Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen hat erstmals Ende 2021 ein ÖK50 Kartenblatt basierend auf dem neu erstellten Kartographischen Modell 1:50000 Vektor (KM50-V) herausgegeben. Das KM50-V mit den daraus abgeleiteten Kartenwerken ÖK50 und deren Vergrößerung ÖK25V wurden dabei umfassend neu konzipiert und die gesamte Kartenerstellung auf GIS basierte Verfahren umgestellt. Für die Produktion des KM50-V wurde ein eigener Arbeitsablauf erarbeitet, dem eine automatisationsunterstützte Generalisierung aus dem DLM zugrunde liegt. Des Weiteren wurde der bestehende Zeichenschlüssel weiterentwickelt, dessen graphische Visualisierung sich in mehrerlei Hinsicht von der bisherigen Kartengraphik grundsätzlich unterscheidet.

Schlüsselwörter: Kartographische Modelle, Vektormodell, Österreichische Karte, Automatische Generalisierung, Zeichenschlüssel

Abstract

The Federal Office of Metrology and Surveying published a map sheet ÖK50 based on the newly created cartographic model 1:50000 vector (KM50-V) for the first time at the end of 2021. The KM50-V with the derived map series ÖK50 and its enlargement ÖK25V were comprehensively redesigned and the entire map production was converted to GIS-based procedures. For the production of the KM50-V derived using automated generalization from the DLM, a separate workflow was developed. Additionally, the existing map symbols were further developed, the graphic visualization differs fundamentally in several points from the previous map graphics.

Keywords: Cartographic models, vector model, Austrian map, automatic generalization, map symbols

1 Die Vorgeschichte des Kartographischen Vektormodells KM50-V

1.1 Ausgangslage

Die vom Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen (BEV) herausgegebene Österreichische Karte 1:50000-UTM (ÖK50) ist das topographische Grundkartenwerk Österreichs, das gemeinsam mit dem Institut für Militärisches Geowesen (IMG) des Bundesministeriums für Landesverteidigung (BMLV) herausgegeben wird. Die ÖK50 sowie deren Vergrößerung in Form der Österreichischen Karte 1:25000 (ÖK25V) basierten bislang flächendeckend auf dem Kartographischen Modell 1:50000 Raster (KM50-R).

Das KM50-R liegt für das gesamte österreichische Staatsgebiet blattschnittfrei und georeferenziert vor. Die Aktualisierung erfolgt flächendeckend in periodischen Abständen sowie anlassbezogen bei bedeutenden infrastrukturellen Veränderungen. Der Karteninhalt, die verwendete Kartengraphik und die Struktur dieser Rasterdaten beruhen

auf den Karten der Vierten Landaufnahme, die mit den damaligen analogen technischen Mitteln hergestellt worden sind. Im Laufe der Jahre wurde die ÖK50 immer wieder an neue Anforderungen angepasst und mit neuen Karteninhalten erweitert, aber der grundlegende Aufbau und Zeichenschlüssel wurden nie verändert.

Bei den Folge-Modellen KM250 und KM500 ist der Umstieg auf die kartographische Bearbeitung in einem Geographischen Informationssystem (GIS) abgeschlossen. Die Aktualisierung und die Visualisierung der Topographie Österreichs werden in den mittleren Maßstäben 1:250000 und 1:500000 als Vektormodelle KM250-V und KM500-V vorgenommen. Diese Vektormodelle sind als unentgeltliche Produkte auf dem Geoportal des BEV <https://data.bev.gv.at/> verfügbar und bilden die Grundlage der gedruckten Kartenwerke ÖK250 und ÖK500.

1.2 Motivation

Die zeitgemäßen Anforderungen für die Nutzung der kartographischen Modelle in verschiedenen analogen und digitalen Medien können mit rasterbasierten Daten nicht mehr adäquat erfüllt werden. Zudem sind die Notwendigkeit für effiziente Prozesse in der digitalen Produktion sowie die höhere Genauigkeit als auch die raschere Aktualisierung der Daten nur durch einschneidende Erneuerungen erreichbar.

Das Kartographische Modell 1:50 000 (KM50) mit den daraus abgeleiteten Kartenwerken ÖK50 und deren Vergrößerung ÖK25V wurden daher umfassend neu konzipiert und die gesamte Kartenerstellung auf modernste Verfahren umgestellt. Der hohe Informationsgehalt der staatlichen Kartenwerke sowie die bessere Lesbarkeit werden auch in Zukunft das effiziente Arbeiten mit der Karte als Planungsgrundlage sichern und die gute Orientierung im Gelände garantieren. Einen wesentlichen Vorteil bietet das Vektormodell zumal es Objekte mitsamt ihrer Geometrie und weitergehenden Informationen (Attributen) beinhaltet. Es eröffnen sich Möglichkeiten zu objektbasierten

Abfragen für unterschiedliche räumliche Fragestellungen, oder einer vielfältigen Datenabgabe, bspw. als Service, das auch in ein GIS eingebunden werden kann. Dementsprechend können die KartennutzerInnen die graphische Umsetzung (Symbolisierung) der Vektordaten bei Bedarf individuell anpassen. Zudem sollen bessere Verknüpfungsmöglichkeiten mit den Daten von Drittanbietern eine breitere Nutzung in allen Bereichen einer modernen Infrastruktur (z.B. Raumplanung, Umweltschutz, Sicherheit) gewährleisten.

Das neue kartographische Vektormodell für den Maßstab 1:50 000 (KM50-V) beinhaltet mit verschiedenen Attributen ausgestattete Kartenobjekte und wird ebenfalls wie die kartographischen Folgemodelle in einem GIS geführt. Überdies erfolgt die Erstellung des KM50-V auf Grundlage der Objekte des Digitalen Landschaftsmodells (DLM) in einem hochgradig automatisierten Verfahren, um die sehr arbeitsintensiven Abläufe der Kartenherstellung in einen automationsunterstützten digitalen Prozess überzuführen. Dies ermöglicht in Zukunft eine effizientere Kartenproduktion in Hinblick auf geringere Personalressourcen sowie



Abb. 1: Niederländische Karte 1:50 000 (Quelle: Stoter et al.)

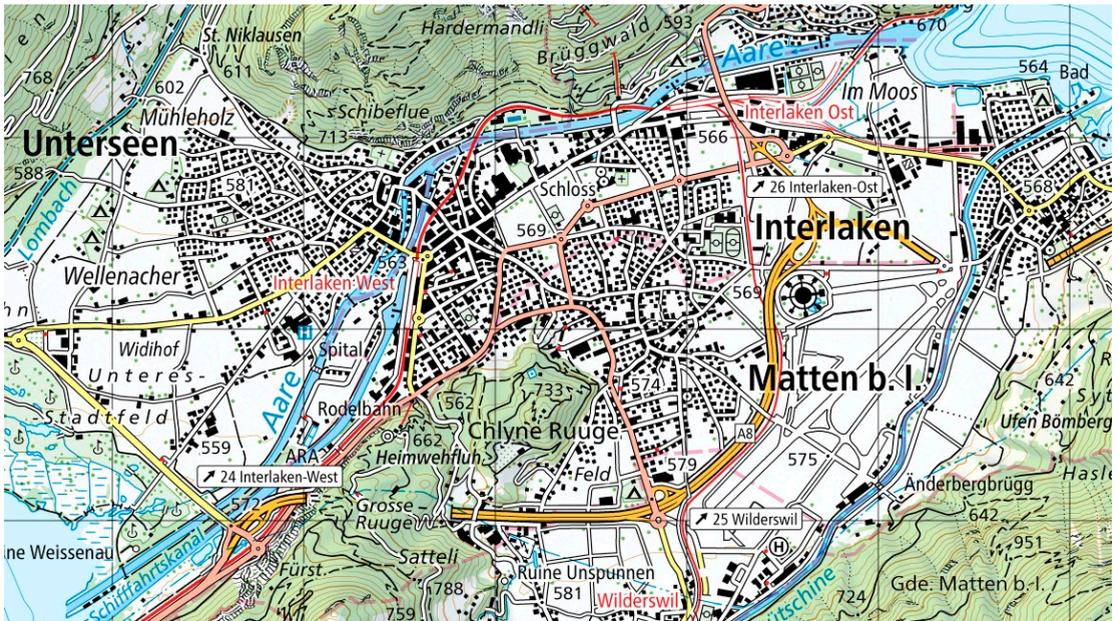


Abb. 2: Schweizer Landeskarte 1:50 000 (Quelle: swisstopo)

schnellere Aktualisierungszyklen. Die Produktionsumstellung des KM50 auf ein solches Verfahren kann zudem als Grundlage für die automationsunterstützte Produktion weiterer kartographischer Modelle in anderen Maßstabsbereichen angesehen werden.

1.3 Internationale Beispiele für die automatisationsunterstützte Erstellung staatlicher Kartenwerke

In den letzten Jahren waren im internationalen Umfeld ähnliche Verfahrensumstellungen zu beobachten. Exemplarisch sollen ein Blick auf die Niederlande und die Schweiz geworfen werden, um deren unterschiedliche Philosophien aufzuzeigen.

In den Niederlanden wurde bereits im Jahr 2013 eine neue Produktionslinie für die vollständig automatisierte Generalisierung einer 1:50 000 Karte aus 1:10 000 Daten durch Dutch Kadaster eingeführt, um flexible und bedarfsgerechte Produkte herzustellen als auch die kartographische Bearbeitung vollständig zu ersetzen [1]. Auf die kartographische Qualität des Endproduktes wurde jedoch weniger Wert gelegt, weshalb auftretende graphische Konflikte und Fehler in Kauf genommen bzw. durch Verbesserung der Ausgangsdaten und der Automationsmodelle kontinuierlich vermindert werden (Abbildung 1).

Für die Schweizer Landeskarten wurden die Produktionsabläufe von der Erfassung der topographischen Grundlagen bis hin zur automationsgestützten Kartenerstellung vollständig umgestellt [2]. Im Jahre 2014 wurde von swisstopo mit der Publikation der ersten Kartenblätter mit einer neuen Kartengraphik im Maßstab 1:25 000 begonnen [3] bzw. seit 2018 zusätzlich für den Maßstab 1:50 000 fortgesetzt. Die traditionell hohe Qualität der Schweizer Landeskarten wird mithilfe der manuellen Nachbearbeitung der Automationsergebnisse durch Kartographen weitergeführt (Abbildung 2).

1.4 Erste Entwicklungsschritte

Im Jahr 2014 besuchte ein Mitarbeiter der Abteilung Kartographie des BEV einen mehrtägigen Workshop von Dutch Kadaster in den Niederlanden, bei dem die automatische Ableitung eines großmaßstäbigen Landschaftsmodells in ein kartographisches Modell im Maßstab 1:50 000 präsentiert wurde. Dieser Workshop brachte einen Beweis für die Durchführbarkeit eines solchen Vorhabens mittels der ESRI-Standardsoftware (ArcGIS). Auf diesen Erkenntnissen basierend begann die Entwicklung eines ersten automatischen Ableitungsprozesses.

Zu Beginn stand für das neu gegründete Entwicklungsteam die Aneignung des notwendigen Software-technischen Know-how. Im Rahmen

eines weiteren Workshops im BEV im darauffolgenden Jahr, abgehalten von zwei Kollegen von Dutch Kadaster, wurden wertvolle Grundlagen für die künftige Entwicklungsarbeit geschaffen.

Die erste Entwicklungsphase kann im Nachhinein als eine Art Machbarkeitsstudie der automatisierten Ableitung eines KM50 anhand von DLM Daten betrachtet werden. In dieser Phase wurden für das Testgebiet Innsbruck das Verkehrsnetz und die Gebäudeflächen (basierend auf Katasterdaten) abgeleitet bzw. generalisiert. Zum Einsatz kamen die *ArcGIS*-Generalisierungstools, die die erforderlichen Algorithmen bereitstellten und anhand diverser Parameter konfiguriert wurden. Um das Funktionieren dieser Tools zu gewährleisten, waren mehrere Arbeitsschritte für das vor- und nachgelagerte Geodaten-Processing notwendig, das zusätzlich entwickelt werden musste.

Nach etwa einjähriger Entwicklungsarbeit konnte ein erstes Grobkonzept finalisiert werden, das die Möglichkeiten und Grenzen der automatisierten Kartenerstellung aufzeigte. Gestützt auf diesen Erfahrungen wurde die zweite Entwicklungsphase eingeleitet. Es erwies sich als unabdingbar, dass für den Maßstab 1:50 000 eine manuelle Überarbeitung der automatischen Generalisierung in kleinem Umfang nötig sein würde. Aufgrund der Produktion der kleineren Maßstäbe (1:250 000 und zum Teil 1:500 000) mit der *ArcGIS*-Erweiterung *ProSuite*, machte man sich dieses Wissen zu Nutze und richtete die weitere Entwicklung für 1:50 000 ebenfalls darauf aus. Die zweite Entwicklungsphase schloss ein Jahr danach mit der automatischen Generalisierung weiterer Inhaltselemente (z.B. Flächen, Gewässer, Punktobjekte) ab, deren Visualisierung mittels *ProSuite* erfolgte und ein erstes Kartenbild entstand.

In der letzten Phase erfolgte die Erstellung eines konkreten kartographischen Datenmodells. Die daraus resultierende Geodatenbank wurde mit Unterstützung der entwickelten Generalisierungstools inhaltlich befüllt und mittels *ProSuite* visualisiert. In der *ProSuite*-Umgebung wurden darüber hinaus *Carto-Prozesse* erstellt, um die Qualität der kartographischen Visualisierung zu optimieren. Der Abschluss dieser Phase resultierte in einem Prototyp für den Produktionsprozess eines KM50-V.

2. Neue Konzepte

2.1 Datenmodell und Zeichenschlüssel

Bei der Konzeption des Kartographischen Modells 1:50 000 Vektor (KM50-V) wurden in einem ersten Schritt die Inhalte und die Form der Darstellung unter Berücksichtigung folgender prinzipiellen Überlegungen festgelegt:

- Welche Objektklassen sind im DLM vorhanden? Besteht die Möglichkeit neue Objektklassen zu erfassen und können diese langfristig mit den gegebenen Ressourcen aktuell geführt werden?
- Wie können Änderungen in der Darstellung die automatischen Generalisierungsprozesse erleichtern? Dies betrifft hauptsächlich den Platzbedarf von Liniensignaturen, die sich auf die notwendigen Verdrängungsroutinen auswirken.
- Welche Visualisierungsmöglichkeiten stehen im angedachten Führungssystem (*ArcGIS*) zur Verfügung? Welche Signaturen lassen sich damit unproblematisch umsetzen?

Diese Ergebnisse flossen einerseits in das DLM ein, indem neue notwendige Objektklassen angelegt und entsprechend erfasst wurden sowie die Datenstruktur des DLM dementsprechend angepasst wurde. Als spezielles Beispiel soll die Gebäudeersterfassung für ganz Österreich dienen, die im Jahr 2022 abgeschlossen wird. Andererseits bildeten sie die Basis für den Aufbau der Struktur des Vektordatenmodells KM50-V als auch für den neuen Zeichenschlüssel.

Die Struktur des Datenmodells ist dabei stark an das Datenmodell des DLMs angelehnt, weicht aber insofern ab, weil aufgrund des Maßstabsprinzips bspw. kleine Flächenobjekte in Punktobjekte umgewandelt und als Punktsymbol dargestellt werden. Maßstabsbedingt können nicht alle Eigenschaften der Objekte, die im DLM in Form von Attributen gespeichert sind, ins KM50-V übernommen werden. Weiters werden in einem kartographischen Modell eigene Objektklassen für die Beschriftungen und die Freistellungen benötigt.

Der resultierende neue Zeichenschlüssel weist im Vergleich zum bestehenden Zeichenschlüssel des KM50-R einige Veränderungen auf. Die neue Kartographie ist zwar stark an den bestehenden Zeichenschlüssel des KM50-R angelehnt, unterscheidet sich aber aufgrund der oben dargelegten Überlegungen insofern, dass künftig einige wenige Kartenelemente nicht mehr dargestellt werden, jedoch stattdessen neue hinzugefügt wurden und andere mit neuen Symbolen dargestellt werden.

Exemplarisch angeführt werden die mittels roter Liniensignaturen dargestellten Eisenbahnen und Seilbahnen, wobei diese mit Rücksicht auf die Verdrängungsproblematik im Unterschied zu früher mit einer dünneren Strichbreite auskommen. Bei Über- und Unterführungen zwischen Straßen- und/oder Eisenbahnlinien wird aus demselben Grund auf die Darstellung von eigenständigen Brückensignaturen verzichtet. Geänderte Darstellungsweisen betreffen ebenso alle Freizeitflächen (z.B. Campingplatz, Golfplatz), die neu flächenhaft mit einem gelben Grundton dargestellt werden, wodurch die Ausdehnung dieser Gebiete besser verdeutlicht wird.

Hervorzuheben ist im Hinblick auf die Lesbarkeit die Verwendung einer neuen Kartenschrift, die bereits beim KM250 und KM500 umgesetzt

worden ist, und durch ihre stärkere farbliche Differenzierung die Zuordnung zu den verschiedenen Objektbereichen erleichtert. Entscheidend ist das eindeutige Erkennen der Zugehörigkeit des jeweiligen Schriftzuges zu einem bestimmten Objekt oder Gebiet [4]. Des Weiteren ist festzuhalten, dass bei verhältnismäßig kleiner Schriftgröße Groteskschriften bzw. serifenlose Schriften von den KartennutzerInnen besser wahrnehmbar sind [5]. Abschließend sei noch die Beschriftung der Straßennummern erwähnt, die eine neue Information gegenüber der früheren Kartengraphik hinzufügt.

In den Abbildungen 3 und 4 sind an Hand von Kartenbeispielen die Inhalte und Zeichenschlüssel der alten und neuen Karte im Maßstab 1:50 000 gegenübergestellt, wodurch die angeführten Änderungen besser miteinander vergleichbar sind.

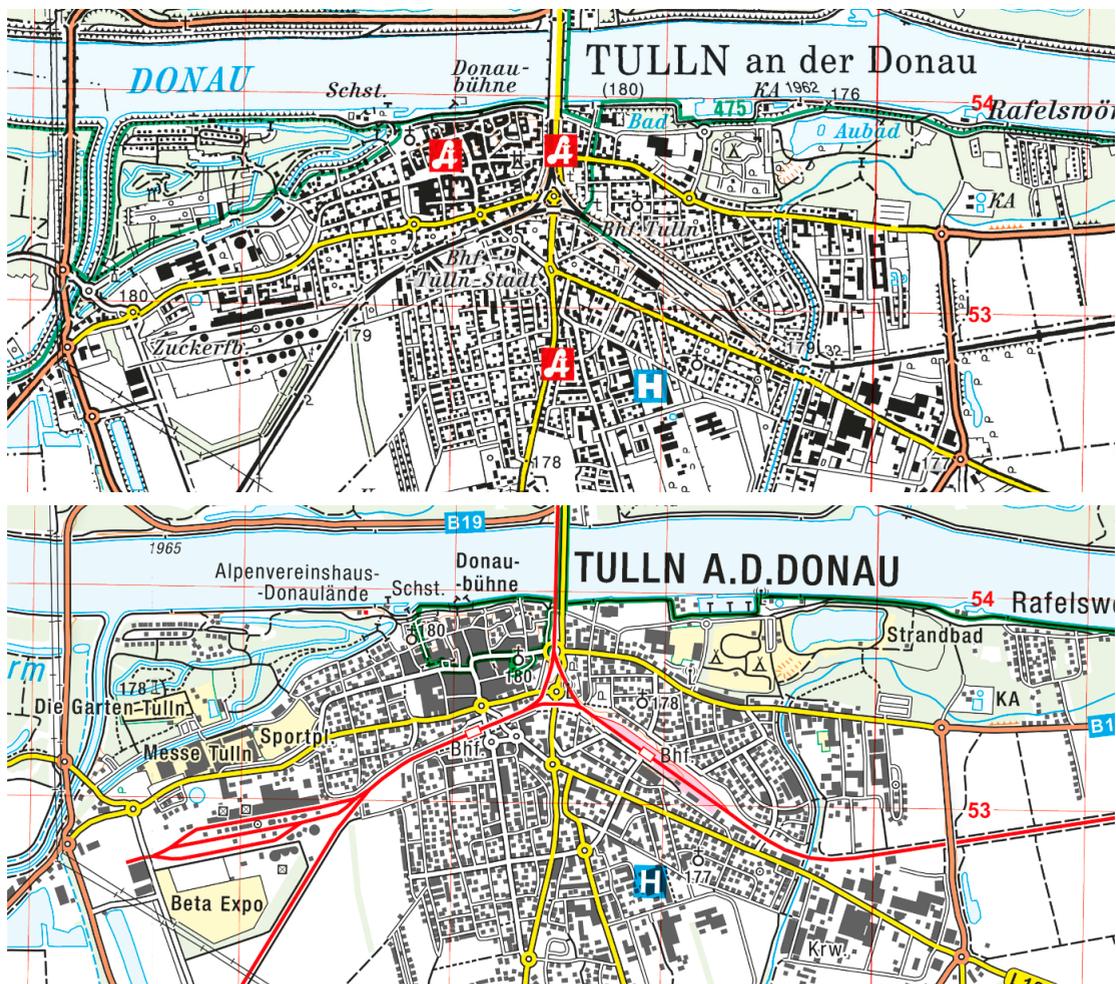


Abb. 3: ÖK50 NM33-12-19 Tulln an der Donau: Kartenausschnitt Stadtgebiet Tulln an der Donau; Vergleich Zeichenschlüssel KM50-R (oben) und KM50-V (unten)

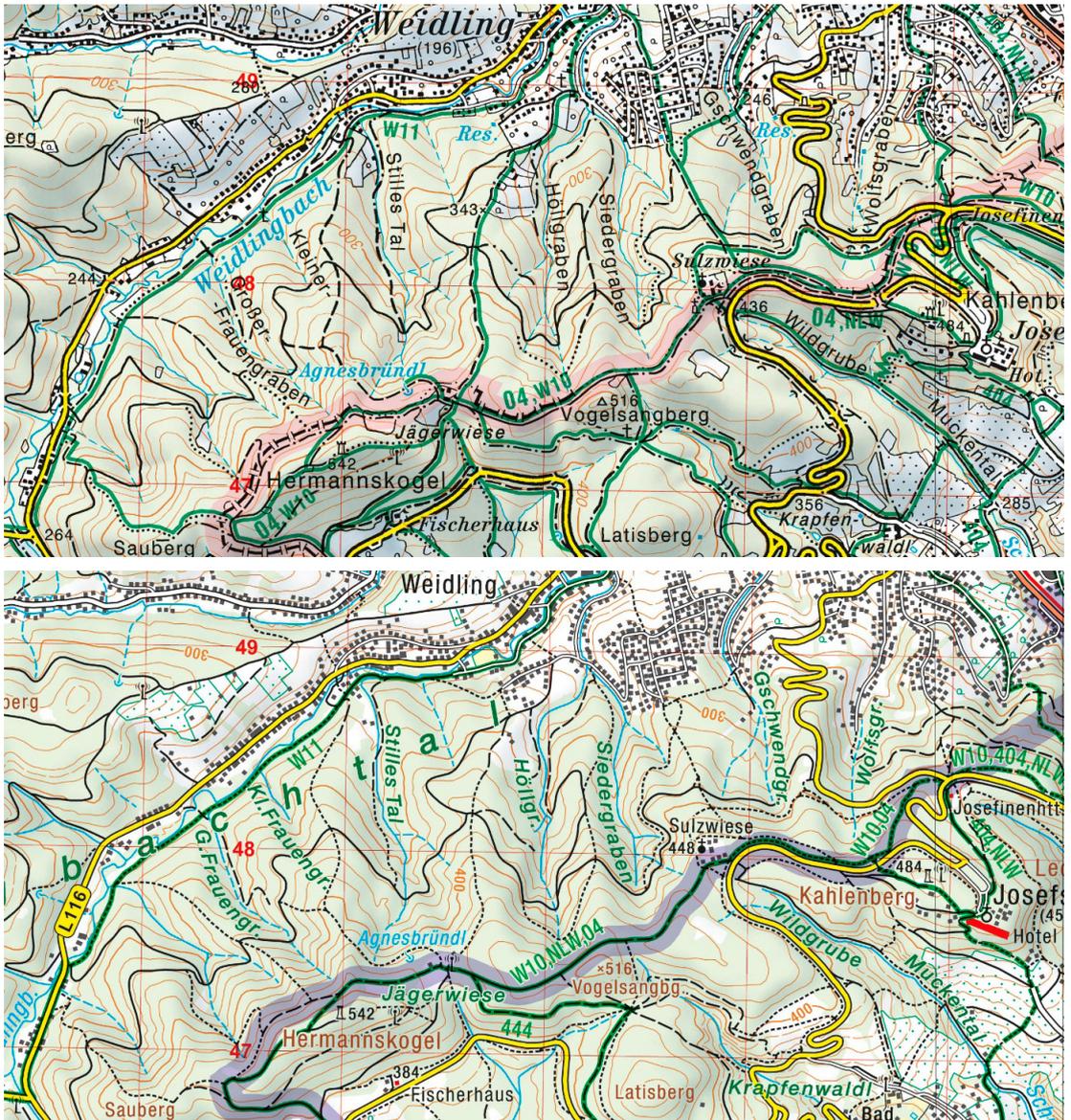


Abb. 4: ÖK50 NM33-12-19 Tulln an der Donau: Kartenausschnitt Wienerwald rund um den Hermannskogel; Vergleich Zeichenschlüssel KM50-R (oben) und KM50-V (unten)

2.2 Arbeitsablauf

Der entwickelte Arbeitsablauf zur Produktion bzw. zur Ersterfassung des KM50-V gliedert sich in die nachfolgend beschriebenen Prozessschritte (Abbildung 5).

Als Primärmodell dienen die maßstabsfreien Originärdaten des DLMS sowie weitere Datenquellen wie z.B. das Digitale Geländemodell und die Verwaltungsgrenzen. Darauf aufbauend erfolgt eine Modellgeneralisierung, bei der zunächst die

semantische Auflösung bzw. das Datenmodell durch eine Reduzierung der detailreichen Landschaftsbeschreibung für den entsprechenden Zielmaßstab (1:50 000) vereinfacht wird. Danach wird die Geometrie der zu übernehmenden Kartenobjekte an die geometrischen Genauigkeitsanforderungen des Zielmodells angepasst bzw. generalisiert. Dies erfolgt durch Veränderungen in der geometrischen Modellierung, wie Geometrietypwechsel, oder Anpassungen der Geometrie an den entsprechenden Maßstabsbereich [6].

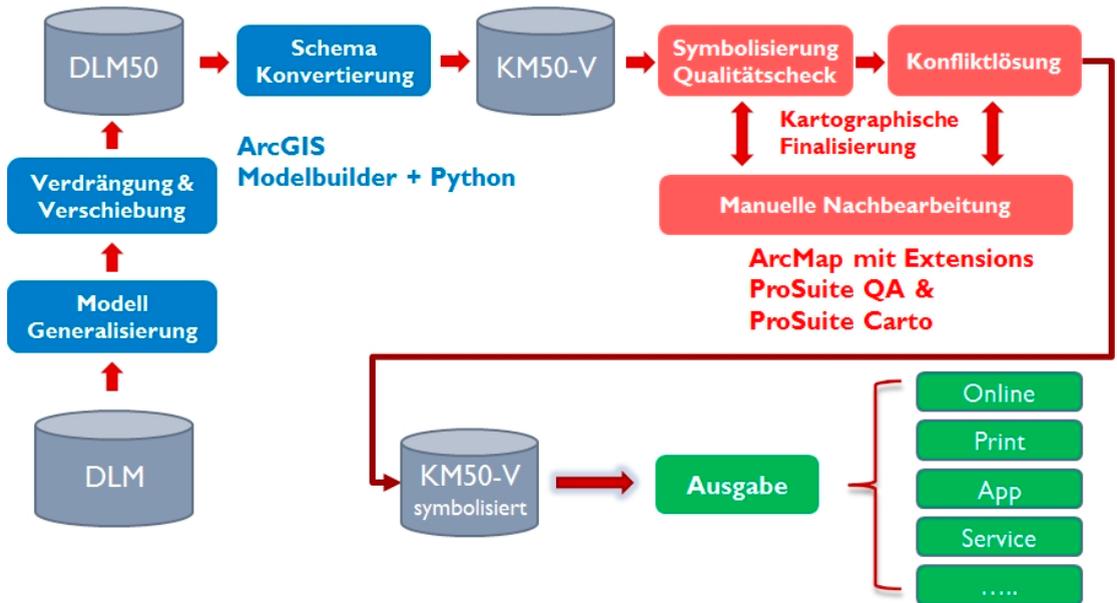


Abb. 5: Schematische Darstellung des KM50-V Erstellungsprozesses

Anschließend erfolgt unter Berücksichtigung der Signaturen, die den Objekten später im Zielmodell KM50-V zugewiesen werden, eine kartographische Generalisierung. Das Weglassen oder geometrische Verändern von Objekten wird dadurch unumgänglich [7]. In erster Linie kommt es zur Anwendung von automatischen Verdrängungs- und Verschiebungsalgorithmen, um Darstellungskonflikte im Zielmodell bzw. bei der später erfolgenden Symbolisierung des KM50-V zu vermeiden.

Als vorläufiges Resultat liegt ein für den Maßstab 1:50 000 generalisiertes DLM, quasi ein DLM50, vor. Im Zuge einer Schemakonvertierung wird das Datenmodell des DLM50 in jenes des KM50-V überführt, sodass das KM50-V mitsamt aller vorab definierten Objektarten und Attribute vorliegt.

Ziel der oberhalb beschriebenen Prozessschritte (Abbildung 5, blau dargestellt) war die Entwicklung eines automatischen Arbeitsablaufes, der hauptsächlich mittels der Software ArcGIS implementiert wurde. Im Speziellen wird dabei der integrierte *Model Builder* verwendet, mit dem sich Geoprocessingwerkzeuge zu einer Prozesskette bzw. zu sogenannten ArcGIS-Modellen verbinden lassen. Die Auswahl solcher Werkzeuge ist in ArcGIS sehr umfangreich und reicht von Standard-Werkzeugen für das Datenmanagement bis hin zu spezialisierten Lösungen

für die zuvor beschriebenen kartographischen Generalisierungsaufgaben. Zusätzlich kommen auch noch *Python*-Skripte zum Einsatz, die mit dem Modul *arcpy* als Programmierschnittstelle zu ArcGIS ebenso auf dessen Werkzeuge zurückgreifen können. Eine detaillierte Beschreibung der Implementierung dieser automatischen Generalisierungsprozesse folgt in Kapitel 3.

Die anschließenden Prozessschritte zur Symbolisierung des KM50-V sowie zur Qualitätsprüfung und Konfliktlösung erfolgen automationsunterstützt (Abbildung 5, rot dargestellt). Dies bedeutet, dass sowohl automatische Routinen verwendet werden, aber auch eine manuelle Interaktion durch kartographische BearbeiterInnen erforderlich ist. Dabei kommen insbesondere die ArcGIS Extensions *ProSuite QA* und *ProSuite Carto* zum Einsatz. Die entsprechenden Arbeitsabläufe sind im Kapitel 4 näher beschrieben und ermöglichen letztendlich die Produktion eines KM50-V, das hohe kartographische Qualitäts-Standards erfüllt.

Abschließend ist festzustellen, dass sich für ein KM50-V vielfältige Ausgabe-Möglichkeiten anbieten, die neben der ÖK50 als gedrucktes Kartenwerk auch verschiedene Webservices beinhalten und es ermöglichen sollen, die Daten des KM50-V über Schnittstellen in ortsbezogene Dienste oder andere beliebige Anwendungen einzubinden.

3. Automatische Generalisierungsprozesse für KM50-V

Wie in den vorangehenden Kapiteln dargelegt, werden die Elemente des (nahezu) maßstabsfreien DLM zunächst automatisiert für die Darstellung im Maßstab 1:50 000 aufbereitet. Ziel ist eine rasche und hochwertige kartographische Generalisierung, die möglichst wenig manuelle Bearbeitung evoziert, weshalb die wesentlichen geometrischen und attributiven Generalisierungsschritte mittels *ArcGIS ModelBuilder* und *Python* nachgebildet wurden.

Eindeutige Vorschriften, wie einzelne Situationen generalisiert werden müssen, sind angesichts des sehr unterschiedlichen und teilweise komplexen Zusammenspiels der Objekte nicht zielführend. Dadurch bleibt den KartographInnen bzw. KartenbearbeiterInnen ein gewisser Gestaltungsspielraum, der vorwiegend auf Erfahrung und gegebenenfalls zusätzlich auf Intuition beruht [8] und schwer in ein umfassendes Regelwerk umgelegt werden kann.

Gemäß LI und CHOI (2002) kann Generalisierungswissen zwar durch Interviews kartographischer ExpertInnen, durch Analyse bestehender Karten oder über Kartenspezifikationen erworben werden, doch besteht Einigkeit darüber, dass das Wissen im Kopf des Kartographen nicht explizit genug ist, um extrahiert zu werden. Der Zusammenhang besteht insofern, dass Kartenspezifikationen normalerweise zum Ausdruck bringen „was nicht zu tun ist“ anstatt „was zu tun ist“. Und selbst wenn man weiß „was zu tun ist“, spezifizieren sie nicht, „wie es zu tun ist“ im Detail [9].

Die einzelnen Models und Scripts sind in Toolboxes und Toolsets gespeichert, deren Struktur sich weitestgehend an der des DLM orientiert. Anhand der Objektart *Gebäude* zeigt Abbildung 6 die einzelnen modellierten Generalisierungsprozesse, die vom Auswählen, Zusammenfassen, Vergrößern, Vereinfachen, Verdrängen, Normieren bis hin zum Klassifizieren und attributiven Schema-Portieren reichen.

Die Models werden in weiterer Folge mittels *Python*-Scripts zu einer Prozesskette verknüpft, um die Generalisierungsschritte für alle Objektarten in einem Zug durchlaufen zu lassen. Die Scripts dienen aber nicht nur diesem Zweck, sondern erweitern und ergänzen bestimmte *ArcGIS*-Tools, beinhalten Routinen zur geometrischen und attributiven Qualitätskontrolle und bereiten die Daten für die Abgabe auf.

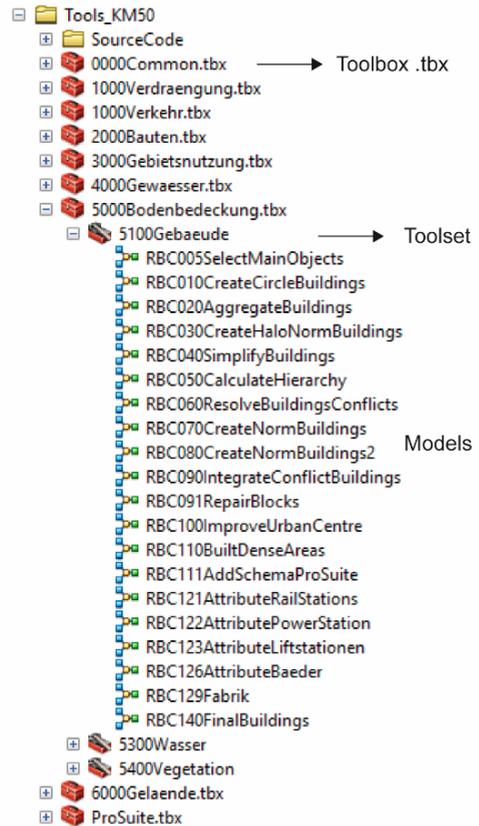


Abb. 6: Struktur der KM50-V-Generalisierungswerkzeuge

Die automatisierten Prozesse sind bereits weit fortgeschritten und können zum Ableiten aller für das KM50 relevanten Objektarten aus dem DLM verwendet werden. Abbildung 7 zeigt die Ausgangsdaten des DLM (Abbildung 7a), das KM50-V nach der automatisierten Ableitung (Abbildung 7b) und das KM50-V nach der Nachbearbeitung (Abbildung 7c; ohne Maskierungen, Beschriftungen und Schummerung).

Folgende durch die kartographische Generalisierung bedingten geometrischen Unterschiede zwischen DLM und KM50-V sind am auffälligsten (Abbildung 7a, 7b):

- Gebäude: Flächen symbolisiert, zusammengefasst, normiert, vergrößert, verdrängt; Punkte symbolisiert und verdrängt
- Straßen und Wege: Symbolisiert, ausgewählt, vergrößert, verdrängt
- Wald: Kleine Waldflächen zu Punktsymbolen, Windschutzgürtel vergrößert und verdrängt

Während die automatisierten Prozesse bereits sehr anschauliche Ergebnisse liefern, muss an

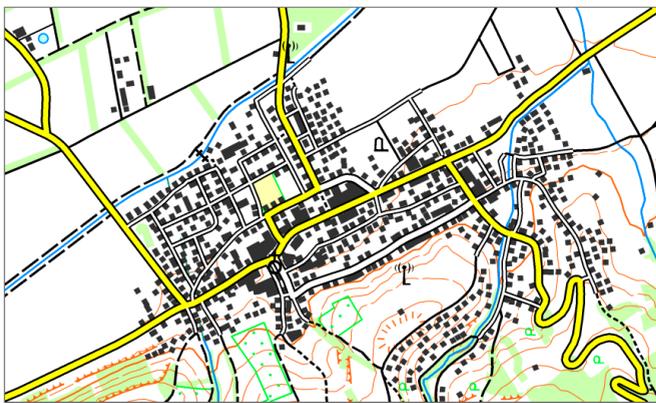
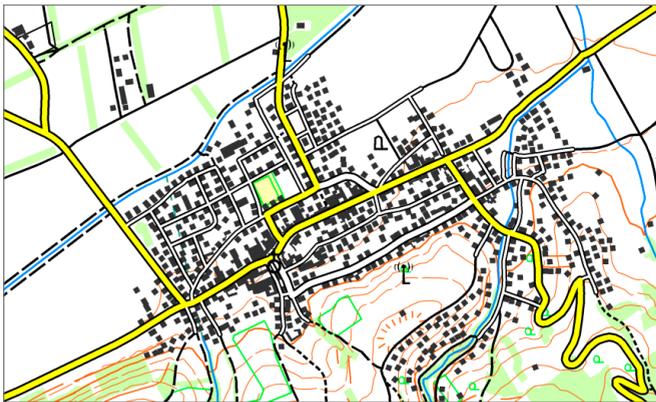
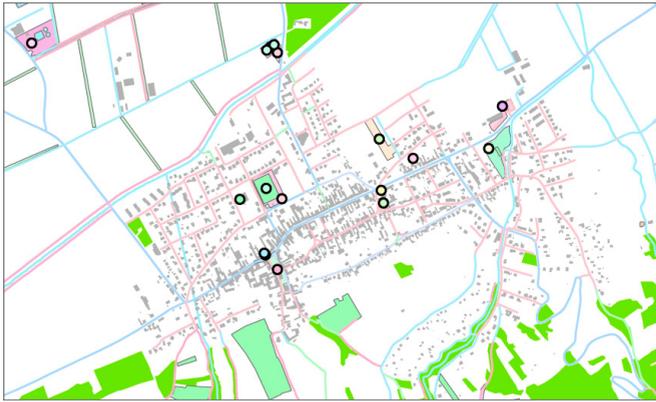


Abb. 7: Oben (a): Ausgangsdaten für die automatisierte Generalisierung (DLM). Mitte (b): Automatisiert abgeleitetes KM50-V. Unten (c): KM50-V nach der manuellen Nachbearbeitung.

einigen Stellen manuell nachgebessert werden. In diesem Beispiel betrifft das vorrangig geometrisch nicht sauber generalisierte Gebäude sowie Straßen und Wege (Abbildung 7c). Besondere Probleme gibt es bislang noch in dicht besiedelten Gebieten, wo bspw. der Verdrängungsalgorithmus bei sehr eng aneinander liegenden Verkehrs- und Gewässerlinien sowie Gebäudeflächen und –

punkten häufig nur wenig brauchbare Ergebnisse liefert, da kein Platz zum Ausweichen vorhanden ist. Im Zuge der manuellen Nachbearbeitung werden einerseits die oben genannten Situationen behoben, andererseits aber auch Flächen und Linien bemustert (Abbildung 7c: z.B. Weingärten, Geländekanten), die Schrift platziert und Maskierungen erstellt.

4. Kartographische Nachbearbeitungsschritte

4.1 Qualitätsprüfung

Die Kontrolle der automatisch abgeleiteten Daten findet vor, während und nach der manuellen Nachbearbeitung statt. Die dafür verwendeten Prüfroutinen wurden mittels *ProSuite QA Extension* erstellt, die zurzeit über 130 Testklassen beinhaltet. Auf Grundlage der jeweiligen Daten und Qualitätsanforderungen können daraus unterschiedliche Abfragen konfiguriert werden.

Unbedingt erforderliche Tests vor der Freigabe an die Nachbearbeitung suchen nach Multiparts, doppelten Objekten, invaliden Geometrien und fehlenden bzw. falsch kombinierten Attributen. Während der Nachbearbeitung, bei der abseits der Kontrollalgorithmen zusätzlich optische Prüfungen der inhaltlichen Richtigkeit erfolgen, liegt der Fokus auf zu kleinen bzw. großen Verdrängungsabständen und topologischen Beziehungen. Die *ProSuite QA Extension* nimmt dabei eine zentrale Rolle ein. BearbeiterInnen müssen nicht mehr willkürlich definierte Gitterpolygone absuchen, sondern können von Fehlern zu Fehlern, die von der Prüfroutine identifiziert wurden, navigieren (Abbildung 8). Zuletzt wird eine Kombination der oben genannten Abfragen durchgeführt, um die Sauberkeit des Datenbestandes vor Abgabe an die Endfertigung zu gewährleisten.

Des Weiteren stellen die Kontrollalgorithmen ein wichtiges Hilfsmittel zur ständigen Verbesserung der automatisierten Prozesse dar. Das Entwicklungsteam versucht detektierte Probleme direkt in den Generalisierungsmodellen zu beheben.

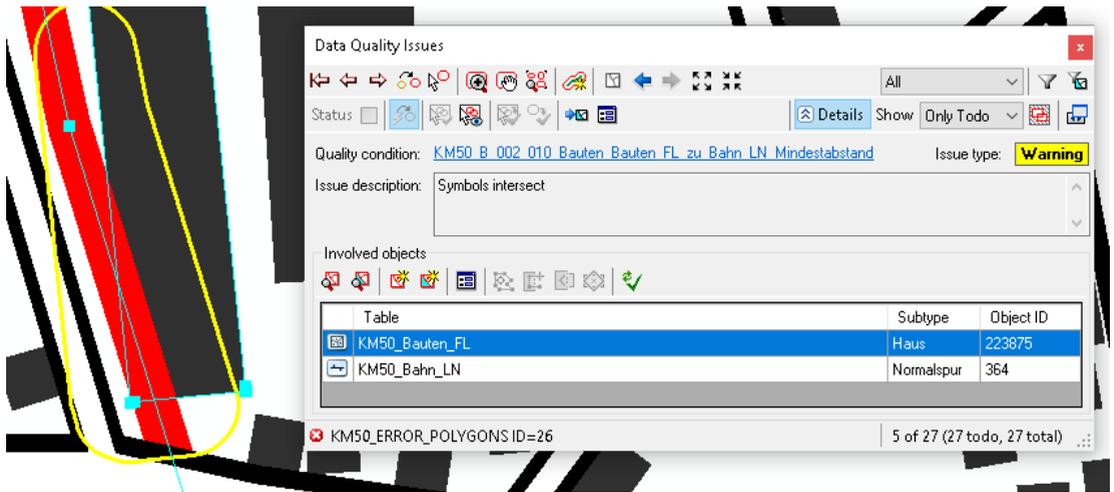


Abb. 8: Die Issue Work List der ProSuite QA Extension bezüglich Überlappung von Bahnlinien mit Gebäudeflächen

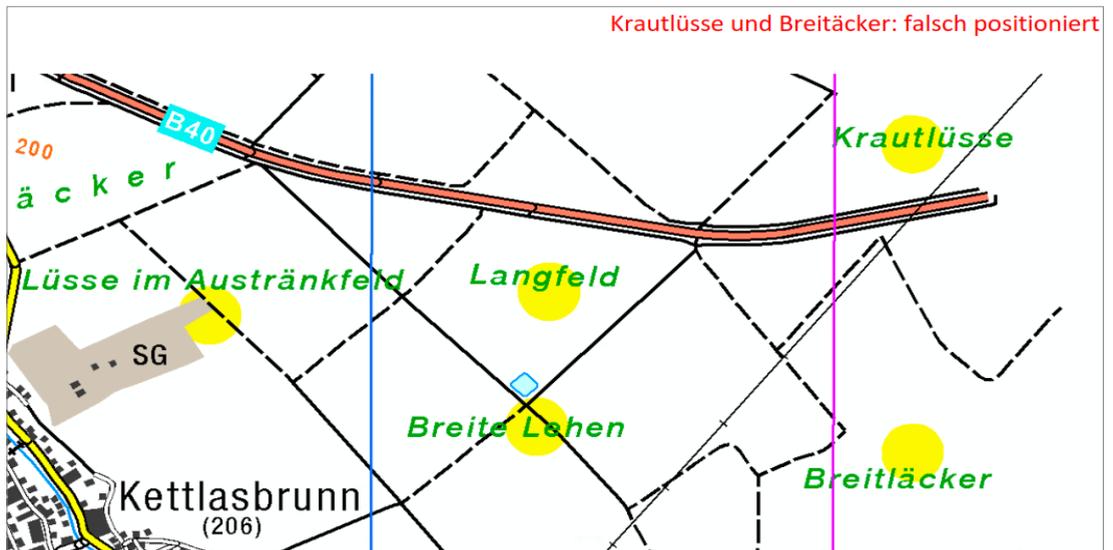


Abb. 9: Die Beschriftungen der Gebiete (grün) erfolgt auf Grundlage von Gebietsflächen. Für lokale Gebiete wurden gelbe Kreisobjekte aus dem DLM Punktoobjekten erzeugt, die in der endgültigen Kartendarstellung aber nicht mehr visualisiert werden. Der eigentliche Kartenrand in der ÖK50 wird durch die violette Linie gekennzeichnet und muss für die Beurteilung der Schriftplatzierung herangezogen werden.

4.2 Kartographische Finalisierung

Um das fertige Kartenbild zu erhalten, erfolgen weitere notwendige Finalisierungsschritte, die in sogenannten *Carto-Tools* für eine automatische Durchführung vordefiniert sind. Diese *Carto-Tools* werden generisch von der ArcGIS Extension *ProSuite Carto* zur Verfügung gestellt und müssen für das zu bearbeitende Datenmodell zur Erreichung der gewünschten Resultate entsprechend konfiguriert werden. Für die KM50-V Bearbeitung wurden bisher 85 *Carto-Tools* erstellt.

Eine Gruppe von *Carto-Tools* behandelt spezielle kartographische Symbolisierungsaufgaben, die bspw. für die Bemusterung von Linien und Flächen benötigt werden. Mit diesen erfolgt die Erzeugung von Böschungskeilen entlang der Geländekante (Abbildung 7c links unten) und die Ausrichtung entlang der Linie, um das gewünschte Liniensymbol zu erhalten. Bestimmte Flächen werden mit entsprechenden Symbolen gleichmäßig bemustert, indem bei der Platzierung der einzelnen Punktsymbole andere Kartenobjekte

in diesen Flächen berücksichtigt werden. Dazu zählen u.a. die Bemusterungen von Weinanbauflächen (Abbildung 7c), Flächen mit Rohrwäuch (Schilfgürtel rund um den Neusiedler See), Campingplätzen, Golfplätzen und Friedhöfen. Ein weiterer Anwendungsbereich liegt in der korrekten Darstellung von Über- und Unterführungen in Kombination von Straßen, Bahnen, Wegen und Gewässerlinien bzw. bei ebenerdigem Übergang. Hierfür ist die Erstellung von sogenannten *Crossing Masken* mit entsprechenden *Carto-Tools* erforderlich.

Bei der kartographischen Finalisierung spielt die Erstellung der Kartenschrift eine bedeutende Rolle. Mit entsprechenden Beschriftungsroutinen werden auf Grundlage der jeweiligen Objektnamen, die als Attribut bei den dazugehörigen Objekten gespeichert sind, Schriftobjekte erzeugt. Diese werden nach kartographischem Regelwerk bei dem zu beschriftenden Objekt platziert, wobei das eigentliche Objekt und das Schriftobjekt miteinander verlinkt sind. Eine Änderung des Attributs *Name* des Objekts führt sofort zur Änderung des betreffenden Textes.

Im Anschluss erfolgen eine kartographische Durchsicht und gegebenenfalls eine Versetzung der einzelnen Schriftobjekte sollte die automatische Schriftplatzierung kein zufriedenstellendes Ergebnis liefern. Gründe dafür können z.B. die zu starke Verdeckung wichtiger kartographischer Inhalte oder die Nichtberücksichtigung der gedruckten Blattbereiche sein. Das durch den Blattschnitt der Österreichischen Karte 1:50000 vorgegebene Kartenfeld von $20' \times 12'$ wird an allen vier Seiten um einen Überlappungsstreifen von ca. einem Kilometer erweitert, um das Kartenlesen im Anstoßbereich zum Nachbarblatt zu erleichtern. Abbildung 9 zeigt ein dementsprechendes Beispiel.

Abschließend ist noch die große Gruppe der Maskierungsprozesse anzuführen, bei der verschiedene Freistellmasken sowohl für alle Kartenschriften als auch Einzelsymbole erzeugt werden, um die Lesbarkeit

aller Kartenelemente zu gewährleisten. Diese Masken wirken entsprechend den Vorgaben ausschließlich auf gewisse vordefinierte Objektebenen. Schwarze Schriften werden demnach nur gegenüber schwarze Kartenelemente freigestellt, blaue Gewässerschriften zusätzlich gegenüber blauen Gewässerlinien bzw. blauen Höhengichtlinien in Gletschergebieten.

5. Erste Ergebnisse

Mit der Erstellung der ersten KM50-V Daten wurde mit den Kartenblättern eines größeren Gebiets im nördlichen Niederösterreich gestartet (Abbildung 10). Nachdem die automatisierten Generalisierungsprozesse für diesen großen Block die KM50-V Daten in einer Durchlaufzeit

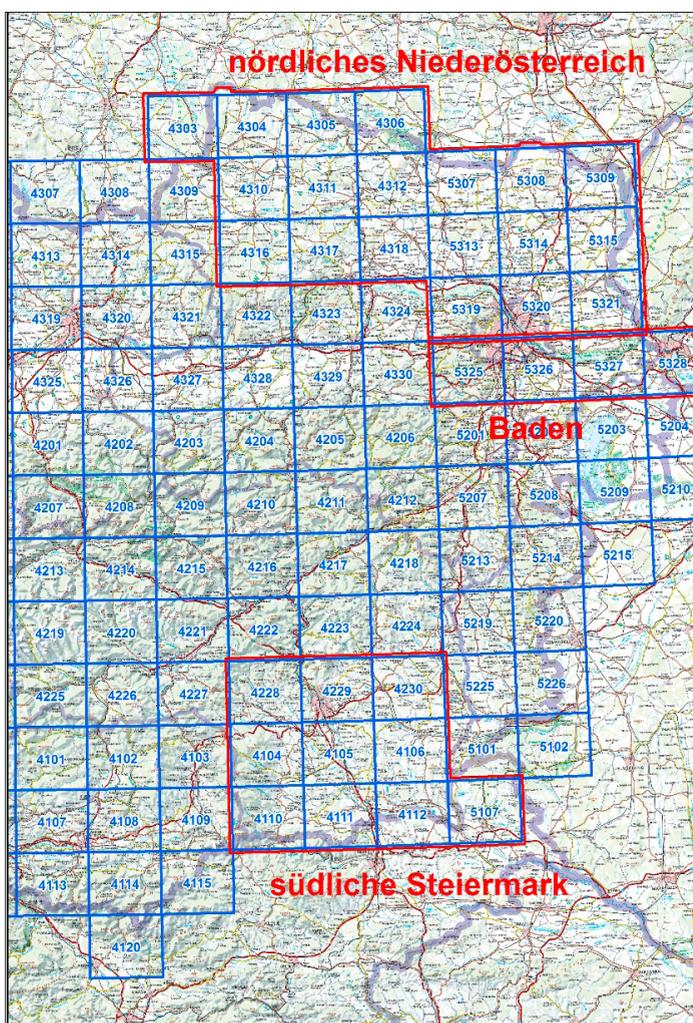


Abb. 10: Übersicht der ersten Bearbeitungsblöcke (rot) bei der Erstellung des KM50-V



Abb. 11: Das Kartenblatt ÖK50 NM33-12-19 Tulln an der Donau

von ca. 48 Stunden gerechnet hatte, erfolgte im Zuge der kartographischen Nachbearbeitung die blattbezogene Finalisierung der Vektordaten wie in Kapitel 4 beschrieben. Als Endergebnis dieses Schrittes liegt für das jeweilige bearbeitete Kartenblatt ein finales Datenmodell inklusive aller Freistellungsmasken und Beschriftungselemente vor.

Für eine hochqualitative Datenausgabe, wie es für die gedruckten Österreichischen Karten im Maßstab 1:50 000 (ÖK50) als auch für die um das Doppelte vergrößerte Kartenserie im Maßstab 1:250 000 (ÖK25V) gefordert ist, werden aus diesen Datenmodellen Ausgabedateien in Form von PDF-Dateien erstellt. In diesem Prozess werden die endgültigen Farbzuzuweisungen im CMYK-Farbraum und die definierten Freistellungsprioritäten berücksichtigt sowie die als Rasterdatei vorliegende Reliefschummerung integriert. Die Reliefschummerung wurde hierzu in einem standardisierten Verfahren automatisch auf Grundlage des österreichweiten Geländemodells berechnet.

Die Kartenblätter ÖK50 NM33-12-19 Tulln an der Donau (Abbildung 11) sowie ÖK25V NM 33-12-19 West Tulln an der Donau und ÖK25V NM 33-12-19 Ost Klosterneuburg wurden als erste gedruckte Kartenblätter auf Grundlage des KM50-V im neuen Zeichenschlüssel herausgegeben. Weitere Kartenblätter aus dem nördlichen Niederösterreich sind nachfolgend erschienen bzw. folgen nun sukzessive.

Mit den nächsten Bearbeitungsblöcken „südliche Steiermark“ und dem Block „Baden“, die nach Süden reichende Erweiterung des nördlichen Niederösterreich-Blockes, wurde mittlerweile ebenfalls gestartet. Bei diesen wurden bereits etliche Verbesserungen in den einzelnen Prozessschritten umgesetzt. Die bei den ersten Kartenblättern gewonnenen Erfahrungen und unerwartet aufgetretenen Herausforderungen lieferten wichtige Erkenntnisse und waren eine Triebfeder für weitere Verbesserungen in den einzelnen Prozessschritten.

6. Erstes Fazit und Ausblick

Mit der Fertigstellung erster KM50-V Bereiche bzw. der Herausgabe erster ÖK50-Blätter wurde ein wichtiger Meilenstein erreicht, dem eine mehrjährige Entwicklungsphase vorausging. Die neue Arbeitsweise in der manuellen Nachbearbeitung der automatisiert abgeleiteten Daten, die für viele Kartographen einen großen Umstieg auf neue Technologien und Datenstrukturen bedeutete, hat sich inzwischen etabliert, sodass bei der Produktion des KM50-V nun eine gewisse Routine eingekehrt ist und nun laufend weitere Bereiche bzw. Blätter fertiggestellt werden.

Von einem endgültigen Abschluss der Prozessentwicklung kann zum jetzigen Zeitpunkt keine Rede sein, nachfolgend soll daher ein Ausblick auf geplante bzw. bevorstehende Entwicklungsarbeiten gegeben werden:

Aus der manuellen Nachbearbeitung durch die KartographInnen sowie durch erste interne als auch externe Rückmeldungen ergibt sich wertvolles Feedback, das direkt zum Entwicklungsteam fließt. Unter Berücksichtigung aktueller Technologien können dadurch laufend Verbesserungen an den automatischen Generalisierungsprozessen vorgenommen werden.

Aus diesem Grund wird derzeit auch an der Migration dieser Prozessen von *ArcGIS Desktop* auf *ArcGIS Pro* gearbeitet, denn von den optimierten Geoprozessierungs-Tools in dieser neuen Software-Umgebung lassen sich weitere qualitative Verbesserungen erwarten, die den manuellen Nachbearbeitungsprozess weiter vereinfachen und damit auch reduzieren sollen.

Nach der flächendeckenden Ersterfassung des KM50-V für ganz Österreich sowie der grenznahen Bereiche der Nachbarländer, kommt es zu entsprechenden Adaptierungen im Arbeitsprozess, indem dieser von einem Neuaufbau des KM50-V in einen Fortführungsprozess übergeht, der ebenfalls automationsunterstützt ablaufen wird. Im Zuge dessen sollen zunächst die Veränderungen seit der letztmaligen Produktion detektiert werden. Anschließend sollen nach Möglichkeit einfache Veränderungen automatisiert in das KM50-V übernommen bzw. in das Kartenbild integriert werden. Bei komplexeren Veränderungen wie bspw. Änderungen im Verkehrsnetz erfolgt wiederum die Entwicklung automationsunterstützter Prozesse, die den KartographInnen eine interaktive Einarbeitung der detektierten Veränderungen in das Kartenbild des KM50-V ermöglichen.

Für die Kunden sind die neuen Karten vorerst nur in Form der gedruckten ÖK50 bzw. ÖK25V erhältlich. Sobald das KM50-V für größere Gebiete lückenlos vorliegt, werden die entsprechenden digitalen Abgabeformen unentgeltlich zur Verfügung gestellt werden. Dazu zählen die Vektordaten als *Shape* Dateien und voraussichtlich in symbolisierter Form als *GeoPackage* sowie die gerasterte Version als farbige TIFF Datei. Darüber hinaus wird die aktuelle Karte mit der neuen Kartengraphik in der *Austrian Map online* als auch in der *Austrian Map mobile* Einzug halten. Nähere Informationen dazu werden auf der Homepage des BEV www.bev.gv.at zeitnah publiziert.

Referenzen

- (1) Stoter J., Post M., van Altena V., Nijhuis R., Bruns B. (2013): Fully automated generalization of a 1:50k map from 1:10k data. – In: *Cartography and Geographic Information Science* Vol. 41, No. 1, S. 1-13.
- (2) Käuferle D. (2010): Automatisierte Landeskartenherstellung. – In: *VDV Magazin* 5/10, S 340-343.
- (3) Forte O. (2014): Gute Kartengrafik ist kein Selbstzweck: Die neue Landeskarte der Schweiz 1:25000. – In: *Kartographische Nachrichten* 6/2014, S. 299-307.
- (4) Kohlstock P. (2018): *Kartographie*. Paderborn UTB. S. 97
- (5) Hake G., Grünreich D. und Meng L. (2002): *Kartographie – Visualisierung raum-zeitlicher Informationen*, Berlin & New York. S. 435
- (6) *Geoinformation.net, Visualisierung von GIS-Lehrstoffen, Kapitel 5 – Kartographische und Modellgeneralisierung*, http://www.geoinformation.net/lernmodule/lm10/download/vgl_le5.pdf, (11.05.2022)
- (7) Kohlstock P. (2018): *Kartographie*. Paderborn UTB. S. 75f
- (8) Kohlstock P. (2018): *Kartographie*. Paderborn UTB. S. 79
- (9) Li Z. und Choi Y.H. (2002): Topographic Map Generalization: Association of Road Alimation with Thematic Attributes. – In: *The Cartographic Journal*, Vol. 39, No.2, S. 153-166.

Anschrift der Autoren

Dipl.-Ing Andreas Pammer, Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Leiter der Abteilung Kartographie, Schiffamtsgasse 1-3, 1020 Wien.
E-Mail: andreas.pammer@bev.gv.at

Dipl.-Ing Gernot Felfernig, Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, stv. Leiter der Abteilung Kartographie, Schiffamtsgasse 1-3, 1020 Wien.
E-Mail: gernot.felfernig@bev.gv.at

Klaus Freitag, MA MSc, Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Abteilung Kartographie, Schiffamtsgasse 1-3, 1020 Wien.
E-Mail: klaus.freitag@bev.gv.at

Mag. Regina Falkensteiner, BA MSc MA, Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Abteilung Kartographie, Schiffamtsgasse 1-3, 1020 Wien.
E-Mail: regina.falkensteiner@bev.gv.at