

Kartographische Herausforderungen bei der Herstellung der TopPlus-Web-Open

PETER KUNZ¹

Zusammenfassung: Mit dem Produkt TopPlus-Web-Open stellt das Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) erstmals eine frei zugängliche Webkarte bereit, welche komplett auf offenen bzw. freien Datenquellen basiert. Hierzu wurden verschiedene Ausgangsdaten aufbereitet und miteinander kombiniert, um eine bestmögliche Kartendarstellung zu erzielen. Die Dienste der TopPlus-Web-Open wurden am 26. September 2017 auf der INTERGEO freigeschaltet. Das Produkt konnte sehr schnell einen großen Zuspruch aus dem öffentlichen, privaten und wissenschaftlichen Sektor verzeichnen und wird bereits in vielen Portalen (Geoportal RLP, LANIS, openrouteservice, ArcGIS Online) als Hintergrundkarte eingesetzt. Besonders positiv werden vor allem der freie Zugang und die grenzübergreifende Kartendarstellung hervorgehoben.

1 Verfahren TopPlus

Das Verfahren TopPlus wurde beim Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG) [URL 5] entwickelt, um aus Geodaten Karten verschiedener Maßstäbe für Web und Druck ableiten zu können (KUTTERER 2015). Alle Kartenbilder des Verfahrens TopPlus zeigen eine grafisch einheitliche Gestaltung. Sie stellen auch weite Bereiche des benachbarten Auslands dar und sind häufig aktueller als die vorhandenen Topographischen Karten. Das Verfahren TopPlus ermöglicht neben der Ableitung von Karten in Monitorauflösung auch die Erstellung von hochauflösten Rasterdaten. Somit können aktuelle Präsentationsgrafiken in Druckqualität und als georeferenzierte Rasterdaten für Geoinformationssysteme bereitgestellt werden (KUNZ 2014). Inzwischen sind mit dem Verfahren verschiedene Webkarten und eine Serie von hochauflösten Präsentationsgrafiken entstanden.

1.1 Produktportfolio TopPlus

Bereits 2012 hat das BKG damit begonnen, verschiedene TopPlus-Produkte für die Verwendung im internen Bereich von Bundeseinrichtungen bereitzustellen. Neben den Darstellungsdiensten in Monitorauflösung entstanden auch Kartendarstellungen in festen Maßstäben und in einer hohen Auflösung (200 Linien/cm, 508 dpi), welche sich sehr gut für qualitativ hochwertige Ausdrücke eignen. Die TopPlus-Produktfamilie besteht inzwischen aus nachstehenden Produkten:

- TopPlus-Web (Webkarte Deutschland und Europa, UTM32, EPSG:25832)
- TopPlus-World (Webkarte weltweit, Sphärische Mercatorabbildung, EPSG:3857)

¹ Bundesamt für Kartographie und Geodäsie, Abt. Geoinformation, Geodateninfrastrukturleistungen, Richard-Strauss-Allee 11, D-60698 Frankfurt am Main, E-Mail: peter.kunz@bkg.bund.de

Präsentationsgrafiken in hoher Auflösung in UTM32, EPSG:25832, für Deutschland und das benachbarte Ausland:

- TopPlus-P5 1:5.000
- TopPlus-P10 1:10.000
- TopPlus-P17.5 1:17.500
- TopPlus-P25 1:25.000
- TopPlus-P50 1:50.000
- TopPlus-P100 1:100.000
- TopPlus-P250 1:250.000

Präsentationsgrafiken in hoher Auflösung in Lambertabbildung (LAEA), EPSG:3035, für Europa

- TopPlus-P250-Europa 1:250.000

Diese Karten basieren im Bereich der Bundesrepublik Deutschland ausschließlich auf amtlichen Daten wie dem Digitalen Basis-Landschaftsmodell (Basis-DLM), den amtlichen Hausumringen Deutschland (HU-DE) und amtlichen Hauskoordinaten Deutschland (HK-DE) und für die Höhenliniendarstellung auf dem Digitalen Geländemodell 1:10.000 (DGM10) [URL 24]. Immer wieder gab es aufgrund der Nutzungsbestimmungen dieser amtlichen Geobasisdaten Einschränkungen bei der Nutzung der Daten und Dienste der TopPlus für bestimmte Anwendungsfälle. Dies betraf insbesondere die Unterlizenzierung und die Weitergabe der Daten an Dritte oder die Verwendung außerhalb des internen Bereichs der Behörden. So wurde auch die ebenenübergreifende Nutzung des Kartenmaterials in Bund, Ländern und Kommunen durch lizenzrechtliche Beschränkungen erschwert oder gar verhindert. Nicht zuletzt deshalb wurde vom BKG 2017 das offene Produkt TopPlus-Web-Open [URL 1] bereitgestellt.



Abb. 1: TopPlus-Web-Open (Zoomstufe 14), Datenquelle: OpenStreetMap

1.2 TopPlus-Web-Open – Die offene Karte

Mit der TopPlus-Web-Open wird eine Webkarte auf Basis offener amtlicher Geobasisdaten und vieler weiterer offener Datenquellen bereitgestellt, die frei und ohne Einschränkungen genutzt werden kann. Eingesetzt werden ausschließlich offene bzw. freie Datenquellen, wie z. B. die offenen Daten (Open Data) des BKG [URL 15] und der Bundesländer Hamburg, Berlin, Nordrhein-Westfalen und Thüringen, OpenStreetMap-Daten, Open Data der Deutschen Bahn AG und weitere Daten. Die TopPlus-Web-Open verfügt über 18 vordefinierte Zoomstufen – von der weltweiten Übersichtskarte bis hin zur detaillierten Stadtkarte in Deutschland – und ist in drei unterschiedliche Darstellungsbereiche unterteilt:

- Weltweite Darstellung für kleine Maßstäbe
- Europaweite Darstellung bis hin zu den mittleren Maßstäben
- Detaildarstellung für Deutschland und angrenzendes Ausland

Außerhalb der genannten Darstellungsbereiche ist im Dienst derzeit kein weiteres Kartenmaterial verfügbar. Das Kartenbild der TopPlus-Web-Open kann in der Webanwendung „Karten des BKG“ [URL 2] ausführlich begutachtet werden.

Mit diesem Vorhaben veranschaulicht das BKG, wie durch die Kombination verschiedenster Open-Data-Angebote und freier Quellen neue Produkte mit Mehrwerten geschaffen werden können und wie unerlässlich hierfür eine durchgängige Open-Data-Strategie zur Öffnung von amtlichen Datenquellen ist. Die Webkarte ist als Internetdienst über die standardisierten Open Geospatial Consortium (OGC)-konformen Schnittstellen Web Map Service (WMS) und Web Map Tile Service (WMTS) verfügbar, kann einfach in gängige GIS-Systeme und Webkartenanwendungen wie ArcGIS, QGIS, OpenLayers oder Leaflet integriert und auf den verschiedensten Endgeräten – vom Smartphone bis Desktop-PC – eingesetzt werden. Das Produkt liegt standardmäßig in der weitverbreiteten Web Mercator Projektion (EPSG:3857) vor. Über die WMS-Schnittstelle kann die Webkarte allerdings auch in weiteren gängigen Projektionen abgerufen werden.

1.2.1 Freie Nutzung der TopPlus-Web-Open

Die TopPlus-Web-Open wird unter der „Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0“ [URL 4] bereitgestellt. Daten und Dokumente, die unter dieser Datenlizenz stehen, dürfen in jeder denkbaren Art und Weise genutzt werden. Ob dies zu kommerziellen oder nicht-kommerziellen Zwecken geschieht, ist unerheblich. Die Nutzung ist zeitlich und räumlich unbeschränkt möglich. Die einzige Bedingung für die Nutzung ist, dass der Name der bereitstellenden Behörde genannt wird. Auf welche Weise diese „Namensnennung“ im Falle der TopPlus-Web-Open erfolgen muss, wird auf den Webseiten des Dienstleistungszentrums des BKG [URL 1] beschrieben.

2 Ausgangsdaten

Grundsätzlich können verschiedenste Geoinformationen im Verfahren TopPlus verwendet werden: amtliche Geobasisdaten [URL 7], Georeferenzdaten [URL 6] sowie nicht-amtliche Geoinformationen. In der TopPlus-Web-Open werden immer dann amtliche Datenquellen verwendet, wenn diese als offene Geodaten bereitstehen. In allen anderen Fällen wurde auf freie Daten und hier insbesondere auf OpenStreetMap-Daten zurückgegriffen. Nachstehende Daten kommen bei der TopPlus-Web-Open zum Einsatz [URL 3]:

Digitale Landschaftsmodelle

- Digitales Basis-Landschaftsmodell (Basis-DLM) von Berlin, Hamburg, Nordrhein-Westfalen und Thüringen [URL 11]
- OpenStreetMap-Daten in allen weiteren Bundesländern und im Ausland [URL 21]
- Digitales Landschaftsmodell 1:250.000 (DLM250) [URL 16]
- Digitales Landschaftsmodell 1:1.000.000 (DLM1000) [URL 17]
- EuroGlobalMap (EGM) [URL 10]
- Natural Earth [URL 23]

Weitere topographische Vektordaten

Von den Bundesländern Berlin, Hamburg, Nordrhein-Westfalen und Thüringen:

- Gebäude: Amtliche Hausumringe Deutschland (HU-DE) [URL 13]
- Industriegebäude, Öffentliche Gebäude, POIs: Amtliche 3D-Gebäudemodelle LoD1 [URL 14]
- Hausnummern: Amtliche Hauskoordinaten Deutschland (HK-DE) [URL 12]

- Geographische Namen 1:250.000 (GN250) [URL 19]
- Verwaltungsgebiete 1:250.000 (VG250) [URL 18]
- Verzeichnis der Staatennamen für den amtlichen Gebrauch in der Bundesrepublik Deutschland (Auswärtiges Amt)
- Landbedeckung: CORINE Land Cover; Europäische Umweltagentur (EUA) [URL 20]
- Flusskilometrierung: Verkehrsnetz der Bundeswasserstraßen, Wasser- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes (WSV) [URL 9]
- Bahnhöfe und Haltestellen: Deutsche Bahn AG [URL 8]
- Siedlungen: GeoNames [URL 22]

Digitale Geländemodelle

Europa:

- Digital Elevation Model over Europe from the GMES RDA project (EU-DEM) [URL 25]

Weltweit:

- GMTED2010, U.S. Geological Survey [URL 26]
- SRTM15_PLUS Global Bathymetry, Data: SIO, NOAA, U.S. Navy, NGA, GEBCO [URL 27]

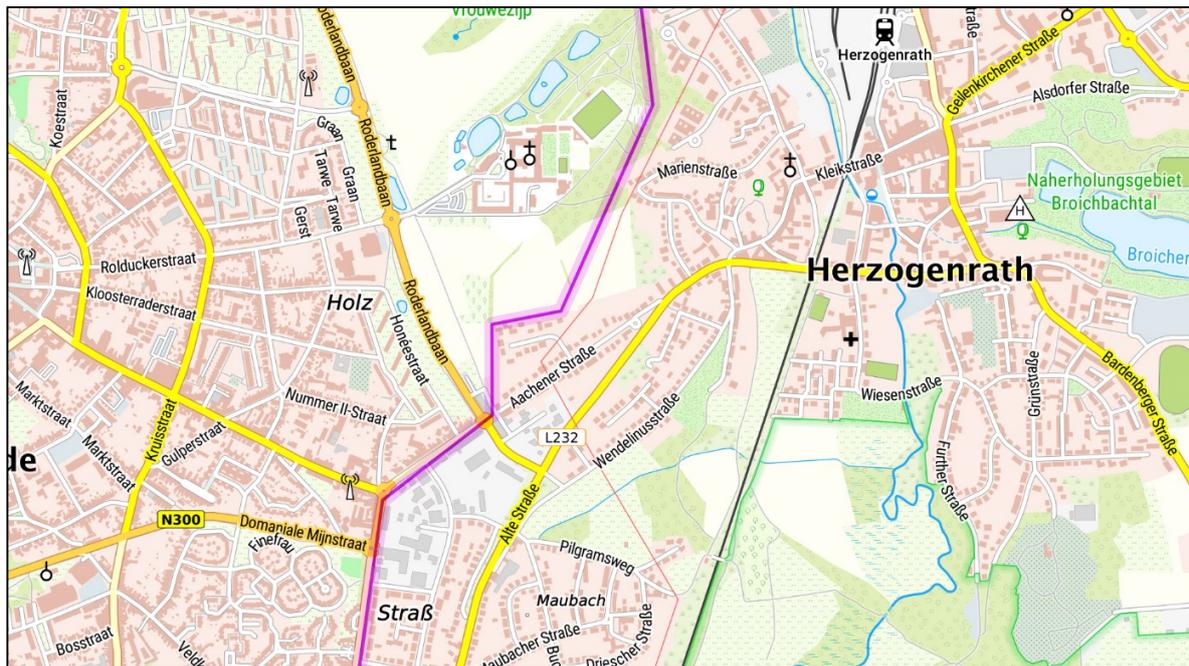


Abb. 2: TopPlus-Web-Open (Zoomstufe 15): grenzüberschreitende Darstellung: Basis-DLM in Nordrhein-Westfalen (rechts), OpenStreetMap in den Niederlanden (links)

3 Aufbereitung der Ausgangsdaten und Datenhaltung

Für das Aufbereiten vieler Ausgangsdaten und insbesondere für die Ableitung der Kartengrafiken – das Rendern der Karten – wird weitgehend auf freie Software (Open-Source-Software) zurückgegriffen. Zusätzlich kommt aber auch die kommerzielle Software FME [URL 31] für die Prozessierung der GIS-Daten zum Einsatz. Die Datenhaltung erfolgt in einer PostGIS-Datenbank [URL 28]. Mit der Programmbibliothek GDAL (Geospatial Data Abstraction Library) [URL 33] werden aus Digitalen Geländemodellen Höhenlinien und Schummerungen abgeleitet.

3.1 Datenimport

Für den Datenimport und die Konvertierung der Daten in PostGIS-Datenbanken werden im Falle der OSM-Daten die Software Imposm [URL 29] und osm2pgsql [URL 30] eingesetzt. Natural Earth Daten werden mit ogr2ogr importiert. Bei weiteren Daten wird jedoch FME für den Datenimport eingesetzt und hier erfolgt zusammen mit dem Importvorgang gleichzeitig eine teilweise umfangreiche Aufbereitung der Daten. Nachstehend werden beispielhaft Probleme beschrieben, die beim Einsatz ganz unterschiedlicher Ausgangsdaten auftreten.

3.2 Probleme bei der Kombination verschiedener Ausgangsdaten

Verschiedene Ausgangsdaten müssen auch innerhalb einer Zoomstufe kombiniert werden. So grenzen in großen Maßstäben Daten des Basis-DLM an die OpenStreetMap-Daten. In mittleren Maßstäben werden DLM250-Daten für Deutschland, EuroGlobalMap-Daten für Europa und für

alle weiteren Staaten Daten aus OpenStreetMap oder Natural Earth eingesetzt. Bei der Kombination verschiedener Ausgangsdaten sind nachstehende Herausforderungen zu beachten.

3.2.1 Kennzeichnung von Staaten und Bundesländern in OSM-Daten

Leider verfügen die OSM-Daten nicht über ein eindeutiges Attribut, welches die Lage eines Objektes in einem bestimmten Staat oder Bundesland kennzeichnet. Da die OSM-Daten aber mit anderen Daten wie dem Basis-DLM einiger Bundesländer oder EGM-Daten kombiniert werden, müssen die OSM-Daten zunächst mit den entsprechenden Verwaltungsgebieten verschnitten und mit der entsprechenden Länderkennung versehen werden. Dieser Vorgang ist aufgrund der großen Datenmenge nicht trivial und relativ aufwändig. Hinweis: Auch bei den OSM-Daten der Geofabrik [URL 21], welche für einen Staat oder ein Bundesland vorliegen, sind die Daten nicht an den jeweiligen Grenzen genau beschnitten. So fehlt vielleicht ein Teil des Rheins auf deutscher Seite im Datensatz von Deutschland und befindet sich dafür vollständig im Datensatz von Frankreich. Ebenso ist der Grenzverlauf in den OSM-Daten nicht identisch mit der entsprechenden Geometrie im Basis-DLM.

3.2.2 Unterschiedlicher Umfang der bereitgestellten Objektarten

Im Bereich der Open-Data-Bundesländer Berlin, Hamburg, Nordrhein-Westfalen und Thüringen werden nur die Objekte dargestellt, welche im Basis-DLM, den Hausumringen oder den 3D-Gebäudedaten vorkommen. Auf die Darstellung von OSM-Daten wurde hier verzichtet. So ist es zu erklären, das in diesen Open-Data-Ländern einige Objektarten wie z. B. Bushaltestellen, Einbahnstraßenpfeile oder POIs fehlen, welche in den benachbarten Bundesländern aber dargestellt werden. Dieses unterschiedliche Vorkommen bestimmter Objektarten gilt auch für die Kombination der anderen Ausgangsdaten in weiteren Zoomstufen.

3.2.3 Unterschiedliche Geometrien vergleichbarer Objektarten

Das Basis-DLM unterscheidet Straßenachsen von Fahrbahnachsen. Eine Autobahn hat normalerweise eine Straßenachse und zwei Fahrbahnachsen. In der TopPlus werden in mittleren Zoomstufen vorwiegend die Straßenachsen gezeichnet, in höheren Zoomstufen die Fahrbahnachsen. Die OSM-Daten zeigen aber im Falle von Autobahnen oder vergleichbaren Schnellstraßen nur Fahrbahnachsen. Für die Darstellung der OSM-Autobahnen wurden daher eigene Ableitungsregeln und andere Signaturen verwendet als für die Basis-DLM-Autobahnen.

Häufig lassen sich vergleichbare Objektbereiche verschiedener Datensätze aufgrund ihrer unterschiedlichen geometrischen Modellierung nicht gut kombinieren. So liegen zwar weltweite Meeresflächen in guter Qualität aus den OSM-Daten vor, jedoch lassen sich diese OSM-Meeresdaten nicht gut mit Flüssen oder Küstenlinien aus anderen Datensätzen verwenden. So reicht ein Fluss der EGM-Daten vielleicht nicht an die Küste der OSM-Daten heran oder eine Insel des Basis-DLM passt nicht in die entsprechende Freifläche im OSM-Meer. Es mussten daher topologisch richtige bzw. zueinander passende Kombinationen der Meeresflächen von Basis-DLM und OSM, DLM250 und OSM und von EGM und OSM erzeugt werden.

3.2.4 Unerwartete Attributwerte bei OSM-Daten

Immer wieder bereitet das Fehlen eindeutiger Datentypen und die Vielzahl möglicher Attributwerte der OSM-Attribute Probleme. Hier einige Beispiele für mitunter kaum interpretierbare Höhenangaben von Bergen.

Problem	Name	Höhenangabe
Angabe in Meter oder in Feet?	Mount Mackenzie	2456m;8058ft
	Mill Hill	905 feet
	Burbush Hill	209 M
	The Mount	89 Metres
Handelt es sich bei einem Punkt oder Komma um ein Tausender- oder ein Dezimaltrennzeichen?	Cerro Yuichuchu	P. 3.640 m
	Pico del Ave	952,40 m
	Volcán Chicabal	9,514 feet
Unbekannte oder ungefähre Höhenangaben	<NULL>	~1220
	Signal Mountain	0
	Fuchsberg	Fixme
	Kohleberg	around 610m.a.s.l.

Die gleichen Ungenauigkeiten treten bei der Angabe von Gewässerbreiten oder der Einwohnerzahl von Siedlungen auf und führen beim Sortieren der Daten oder bei Klassenbildungen zu Fehlern. Die Bildung von Klassen und das Gruppieren von Attributwerten werden auch durch das Vorkommen von zu vielen verschiedenen Attributwerten erschwert. So kommen in dem Attribut „amenity“ der Punktobjekte insgesamt 6451 verschiedene Attributwerte vor, darunter 196 Werte die häufiger als 100-mal weltweit vorkommen.

3.2.5 Fehlende Generalisierung der OSM-Daten

In mittleren Maßstäben werden in Europa EuroGlobalMap-Daten verwendet. Außerhalb Europas müssen diese je nach Zoomstufe durch OSM-Daten oder Natural Earth-Daten ergänzt werden. Im Falle der OSM-Daten wirkt sich in diesen Maßstäben die fehlende Generalisierung der Daten negativ aus. Immer wieder werden Flüsse oder andere linienförmige Objekte durch Straßen teilweise oder vollständig verdeckt. Bei der Verwendung von Natural Earth-Daten macht sich wiederum die zu starke Generalisierung der Natural Earth-Daten im Vergleich zu EGM bemerkbar.

3.3 Aufbereitung der Ausgangsdaten mit FME

Hier einige Beispiele der Anwendung von FME für die umfangreiche Aufbereitung der Ausgangsdaten:

- Schematransformation und Umprojektion für die Angleichung unterschiedlicher Ausgangsdaten an die gewünschte Datenbankstruktur.

- Zuweisen der Darstellungspriorität für Objekte bei höhenungleichen Kreuzungen (auf Brücken oder in einem Tunnel), wobei sich auch mehrere Brücken durchaus in einem Punkt kreuzen können. Hier ist die Ermittlung der genauen „Etage“ erforderlich.
- Zuweisen der Darstellungspriorität für die Straßenfüllungen bei höhengleichen Kreuzungen. Bei Einmündungen einer höherrangigen Straße in eine niederrangige Straße hat die niederrangige Straße die höhere Priorität (z. B. Einmündung der als Autobahn gewidmeten Rampe in eine Bundes- oder Landesstraße).
- Ermittlung der Tunnelportale bei Eisenbahntunneln. Gesucht werden Beginn und Ende einer Tunnelstrecke und in diesen Punkten wird der Azimutalwinkel eines kurzen Stückes der Tunnelachse bestimmt. In der Karte wird der Tunneleingang als Querstrich im rechten Winkel zur Tunnelachse gezeichnet. Die ermittelte Winkelangabe kann dann für den Parameter „transform =rotate“ (Drehwinkel) der SVG-Datei des Tunnelportals verwendet werden.
- Verlängerung von Straßenachsen, um mit dieser verlängerten Standlinie auch noch kurze Straßen oder solche mit langen Straßennamen beschriften zu können.
- Nachbarschaftsanalysen, z. B. Ersetzen von mehreren gleichartigen, benachbarten Objekten durch ein repräsentatives Objekt (z. B. Straßenbahnhaltstellen)

3.4 Anwendung von PostGIS für die Aufbereitung der Daten

Weitere Bearbeitungsschritte erfolgen nach dem Datenimport direkt innerhalb der PostGIS-Datenbank. Hier einige Beispiele für solche Datenaufbereitungen, bei denen entweder vorhandene Tabellen bearbeitet werden oder auch neue Datensätze entstehen:

- Prüfen der Geometrie von Polygonen auf Validität und ggf. Korrektur dieser Fehler.
- Erzeugen generalisierter Varianten der Daten für die Darstellung in mittleren und kleinen Maßstäben.
- Verschneiden von Industrieflächen und von Flächen besonderer funktionaler Prägung mit Hausumringen, um weitere Industriegebäude bzw. öffentliche Gebäude zu kennzeichnen.

3.4.1 Bestimmung von Points of Interest in den 3D-Gebäudemodelldaten (LoD1)

Im Gegensatz zu den amtlichen Hausumringen besitzen die 3D-Gebäudedaten wertvolle Informationen über die Gebäudefunktion und die Bezeichnung von Objekten. Diese Attribute werden dazu verwendet, Points of Interest und weitere topographische Einzelobjekte in den 3D-Gebäudedaten zu identifizieren. Diese Objekte werden in der Karte entweder nur beschriftet oder mithilfe einer Punktsignatur dargestellt. Zu diesen Objekten zählen z. B. Schulen, Kindergärten, Krankenhäuser, Kirchen/Kapellen, Polizei, Feuerwehr, Post, Theater usw. Da in den 3D-Gebäudedaten viele oder alle Gebäude einer Schule oder eines Krankenhauses diese Information mitbringen, werden z. B. die Einzelgebäude eines Krankenhauses zusammengefasst und durch einen oder mehrere repräsentative Punkte ersetzt. Da die amtlichen Hausumringe aktueller sind als die 3D-Gebäudedaten, werden in der TopPlus-Web-Open die Geometrien der Hausumringe zusammen mit den Attributen der 3D-Gebäude dargestellt. Dazu werden die 3D-Gebäude in die Klassen Wohn-, Industrie- und öffentliche Gebäude eingeteilt und danach mit den Hausumringen

verschnitten. Diese Informationen werden auch benötigt, bevor die Hausumringe unter Beibehaltung dieser Klassifizierung mit Change [URL 32] generalisiert werden.

3.4.2 Weltweiter Datensatz der Bahnhöfe

Es wurde ein weltweiter Datensatz der Bahnhöfe und Haltepunkte bis hinunter zur Bushaltestelle erzeugt. Kombiniert wurden Daten aus dem Basis-DLM mit Daten des DLM250, der Deutschen Bahn AG und von OSM. Dieser Datensatz beinhaltet alle Bahnhöfe, U-Bahn-, S-Bahn-, Straßenbahn- und Bushaltestellen. Die besondere Herausforderung war hier die Kennzeichnung von Bahnhöfen mit den verschiedenen Bahnkategorien, die an einem solchen Punkt halten.

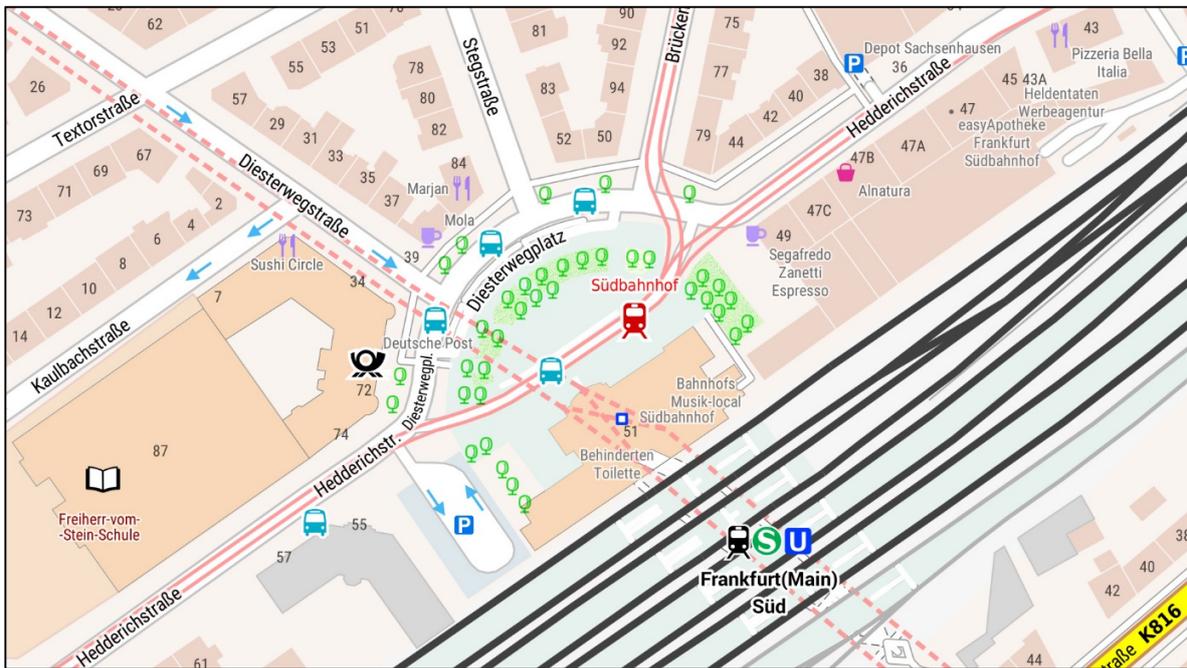


Abb. 3: TopPlus-Web-Open (Zoomstufe 18): Bahnhof Frankfurt (Main)-Süd mit Haltepunkten für Bahn (schwarz), S-Bahn (grün), U-Bahn (blau), Straßenbahn (rot) und Bus (hellblau)

3.4.3 Erstellung eines weltweiten Datensatzes der Siedlungen

Für die Darstellung der Ortsnamen wurde ein weltweiter Datensatz mit Siedlungen zusammengestellt, wobei die Namen aus amtlichen Datenquellen bevorzugt wurden. Auch diese Aufgabe ist nicht einfach lösbar, weil in den verschiedenen Datensätzen ganz unterschiedliche Schreibweisen für ein und denselben Ort verwendet werden und auch die Geometrien teilweise stark voneinander abweichen. Ebenso unterscheiden sich die Einwohnerzahlen von Datensatz zu Datensatz. Auch eine Suche im Umkreis und die Verwendung von Funktionen zum Finden ähnlicher Namen führen hier nicht immer zu einem befriedigenden Ergebnis. So ist es zu erklären, dass mitunter doch ein Ort in unterschiedlichen Schreibweisen mehrfach in der Karte dargestellt wird. Die Kombination verschiedener Ausgangsdaten war aber erforderlich, weil ein einzelner Datensatz wie OSM alleine nicht alle Regionen und Maßstäbe abdeckt, die man durch eine Kombination verschiedener Ausgangsdaten erhalten kann. So liegt zwar mit Geonames.org ein weltweiter Datensatz vor, der sich gut für mittlere und kleine Maßstäbe eignet. In größeren

Maßstäben fehlen jedoch viele kleinere Siedlungen oder die Lage der bereitgestellten Koordinaten ist ungenau und liegt teilweise weit außerhalb der genannten Siedlung. Umgekehrt fehlen wieder viele Siedlungen aus Geonames.org in den OSM-Daten. Für die Beschriftung der Siedlungen in Deutschland wurde vorwiegend auf die Daten des DLM250 zurückgegriffen. Diese wurden im Bereich der Open-Data-Länder der BRD mit weiteren Siedlungsnamen aus dem Basis-DLM ergänzt. Eine besondere Herausforderung war in allen Fällen die Unterscheidung in einen Hauptnamen und ggf. einem Zweitnamen. Dieser Zweitname ist in Deutschland mitunter ein sorbischer (Cottbus/Chóšebuz) oder friesischer Name (Husum/Hüsem), im europäischen Ausland häufig ein deutsches Exonym (Roma/Rom). Weltweit kommen hier häufig Namen mit anderen Schriftzeichen zum Einsatz (Agadir / أكادير). In diesem Datensatz wurden die Daten von Basis-DLM, DLM250, EGM, Geonames.org und OSM verwendet.

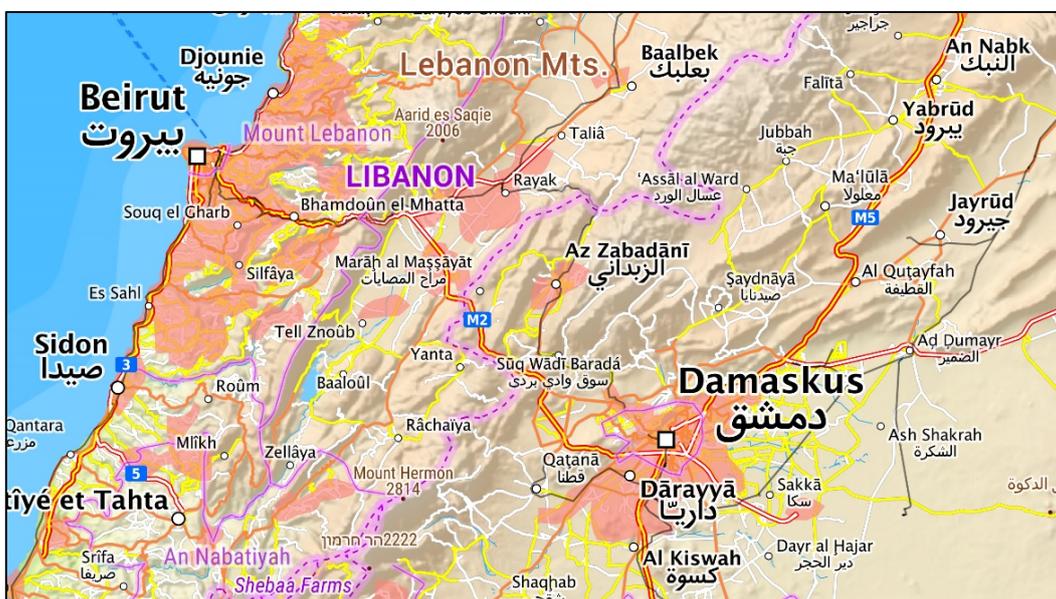


Abb. 4: TopPlus-Web-Open (Zoomstufe 9): Namen von Siedlungen im Libanon und in Syrien

4 Herstellung der Kartendaten mit Mapnik

Die zentrale Komponente zur Herstellung von Karten im Verfahren TopPlus ist die Open-Source-Software Mapnik – eine Sammlung von Bibliotheken für das Rendern von Karten [URL 34]. Die Software gehört zu den bekanntesten Tools für die Herstellung von Karten aus OSM-Daten. Beim Verfahren TopPlus wird mit Mapnik ein komplettes Kachelarchiv (ein Tile-Cache) vorprozessiert. Ein Darstellungsdienst kann anschließend diese Kacheln performant bereitstellen. Hierzu werden die vorprozessierten Tiles (Kachelarchiv, Cache) von einem Tile-Server über die standardisierten Schnittstellen Web Map Tile Service (WMTS) und Web Map Service (WMS) zugänglich gemacht. Das Kartenbild für die verschiedenen Zoomstufen/Maßstäbe wird mithilfe von umfangreichen Formatierungsangaben in XML-basierten Konfigurationsdateien beschrieben. Unter anderem werden hier die Datenquellen festgelegt und die Signaturen beschrieben, mit denen die Objekte in den verschiedenen Zoomstufen gezeichnet werden.

5 Kartengestaltung

Es wurde angestrebt, eine möglichst gut lesbare Kartengrafik für die verschiedenen Zoomstufen zu erzeugen, wobei die Kartenbilder ausschließlich aufgrund der Beschreibung der Kartengestaltung im Programmcode entstehen. Eine manuelle, interaktive kartographische Bearbeitung des Kartenbildes ist aufgrund der sehr großen Datenmenge nicht möglich. Nachstehend soll an einigen Beispielen gezeigt werden, wie die Erzeugung der gewünschten Kartengrafik insbesondere durch das Zusammenspiel von Mapnik und PostGIS unterstützt wird.

5.1 Map, Layer, Styles und Rules

Die Karte (Map) entsteht aus einer Abfolge von Layern. Jeder Layer verweist auf eine Datenquelle und auf den Style, mit welchem diese Daten in das Kartenbild gezeichnet werden. Ein Style definiert, wie die Objekte in den jeweiligen Zoomstufen dargestellt werden. Ein Style enthält mehrere Rules mit Zeichenanweisungen. Eine Rule kann mit einem Filter auf eine bestimmte Objektauswahl beschränkt werden. Mithilfe von Scaledenominatoren kann die Anwendung der Rule auf bestimmte Zoomstufen/Maßstäbe eingeschränkt werden. Jede Rule enthält einen oder mehrere Symbolizer für das Zeichnen von Texten, Linien, Polygonen, Symbolen usw. Mit umfangreichen Parametern wird genau beschrieben, wie die Signatur einer Linie, Fläche, eines Punktes oder einer Objektbeschriftung aussehen sollen. In neueren Mapnik-Versionen können die Werte dieser Parameter direkt aus Feldern der Datenbank übernommen werden.

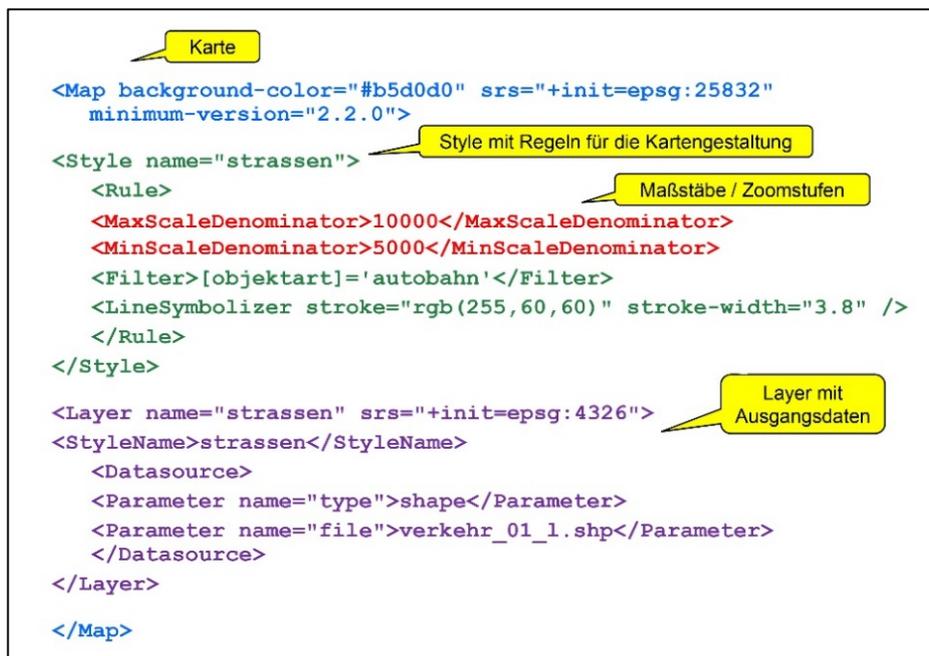


Abb. 5: Mapfile von Mapnik: Definition für eine Karte in UTM32. Ein Layer mit Quelldaten in EPSG:4326 verweist auf den Style „Strassen“. In einer Rule wird die Objektart „Autobahn“ gewählt und als einfache Linie gezeichnet. Die Rule wird nur für Maßstäbe von 1:5.000 bis 1:10.000 angewandt.

5.2 Zeichenreihenfolge und Kartenbild

5.2.1 Punkt, Linie, Fläche

Die darzustellenden Inhalte werden in Form von Layern aufgerufen und in das Kartenbild gezeichnet. Die Reihenfolge, in der die Objekte gezeichnet werden, bestimmt ganz wesentlich das entstehende Kartenbild. Für Flächen, Linien und Punktsignaturen gilt: Wer zuletzt ma(h)lt liegt ganz oben und ist sichtbar. Ein Element überzeichnet das vorhergehende. Beispiel: Zuerst wird die Landbedeckung und Landnutzung gezeichnet, danach erst die Seen und Flüsse, dann die Straßen usw. Das Kartenbild wird durch die Abfolge der Layer vorgegeben und durch die Reihenfolge, in welcher die Zeichenanweisungen (Rules) in einem Style aufgerufen werden. Innerhalb eines Layers ist die Reihenfolge entscheidend, mit der die Objekte eines Layers gezeichnet werden. Diese Sortierkriterien werden bei den SQL-Abfragen an die Datenbank mit dem Ausdruck „order by Attribut1, Attribut2“ bestimmt. In der SQL-Abfrage können auch weitere Hilfsattribute für die Sortierung berechnet werden. Die Objekte können dann nach Länge oder Flächengröße der Geometrie oder nach der Zeichenanzahl in einem Feld sortiert werden. Werden z. B. in einem Layer der Straßenbeschriftung mithilfe einer SQL-Abfrage die Straßenlängen berechnet und die Straßen nach der Widmung aufsteigend und nach der Straßenlänge absteigend sortiert, erfolgt anschließend zuerst die Beschriftung der Straßen höherer Widmung und innerhalb einer Klasse zuerst die der langen Straßen und erst danach die der kürzeren Straßen, sofern für deren Beschriftung noch Raum zur Verfügung steht.

5.2.2 Schriftplatzierung bei Mapnik

Im Falle der Textplatzierung kann Mapnik auf bereits platzierte Schrift Rücksicht nehmen und Schriftüberlagerungen verhindern. Dabei werden die Objekte in der Reihenfolge beschriftet, die durch eine SQL-Abfrage vorgegeben wurde. Der Layer und der Text, der zuerst platziert wird, blockiert diese Beschriftungsposition für alle weiteren Texte oder Symbole. Hier gilt im Gegensatz zu Grafikobjekten: Wer zuerst kommt ma(h)lt zuerst. Daher muss genau bestimmt werden, welche Objektbeschriftungen zu einem frühen Zeitpunkt unverrückbar platziert werden sollen und welche Schriften zu späteren Zeitpunkten sich dann noch den zur Verfügung stehenden Platz teilen müssen. Eine Beschriftung von Siedlungen nach der Einwohnerzahl würde z. B. mit dem Sortierkriterium „order by ewz DESC“ aufgerufen werden. Mapnik erlaubt innerhalb einer Zeichenanweisung/einer Rule auch die Definition von alternativen Beschriftungspositionen, Schriftgrößen oder Textvarianten. Diese verschiedenen Varianten werden dann während des Renderns in der vorgegebenen Reihenfolge durchprobiert, bis sich evtl. eine Beschriftungsmöglichkeit ergibt. Eine solche Aufzählung von Beschriftungsvarianten wäre z. B.:

1. Versuch: Schriftgröße 20pt, Name in Langform („Naturschutzgebiet Elbwiesen“)
2. Versuch: Schriftgröße 18pt, Name in Langform („Naturschutzgebiet Elbwiesen“)
3. Versuch: Schriftgröße 18pt, Name in Kurzform („NSG Elbwiesen“)
4. Versuch: Schriftgröße 16pt, Kurzform der Objektart („NSG“)

5.2.3 Kartenaufbau

Für den Kartenaufbau muss daher eine sinnvolle Reihenfolge festgelegt werden, in welcher die Kartenelemente gezeichnet werden. Nachstehende Überlegungen spielen dabei eine Rolle:

- Was stelle ich dar? Wie stelle ich es in den verschiedenen Zoomstufen dar?
- Wie erfolgt der Kartenaufbau? In welcher Reihenfolge zeichne ich die Objekte?
- Welche wichtigen Objekte haben Vorrang und sollen unbedingt dargestellt werden?
- Welche Objekte dürfen dagegen auch teilweise von anderen Objekten verdeckt oder überzeichnet werden?
- Welche Grafik muss zu einem späten Zeitpunkt gezeichnet werden, damit sie ganz oben liegt?
- Welche Texte müssen zu einem frühen Zeitpunkt platziert werden, damit sie noch einen freien Beschriftungsort finden? Welche Objekte dürfen ggf. entfallen, da sich kein geeigneter Platzierungsort findet bzw. weil der Originalort bereits belegt ist?
- Was soll an bestimmten Orten nicht dargestellt werden? Wie kann ich verhindern, dass Objekte an bestimmten Stellen platziert werden?
- Gibt es einen einzuhaltenden Mindestabstand zu nachfolgenden Objekten?
- Was soll an einer ganz bestimmten Position dargestellt werden (z. B. Einzelsignatur Kirche oder Ortspunkt)? Was kann aber auch in der Nähe des eigentlichen Objektes präsentiert werden (z. B. Siedlungsbeschriftung)?
- Soll der Name oder ein Symbol mehrfach im Verlauf einer Linie wiederholt werden (z. B. Straßennummern, Gewässernamen)? In welchen Abständen soll der Name/das Symbol wiederholt werden?
- Wie ist der maximal erlaubte Winkel zwischen zwei Zeichen, damit im Verlauf der Straße platzierte Text eines Straßennamens noch gut lesbar ist?

Aus diesen und vielen weiteren Überlegungen ergibt sich dann die Festlegung der Reihenfolge, in der die Objekte dargestellt werden.

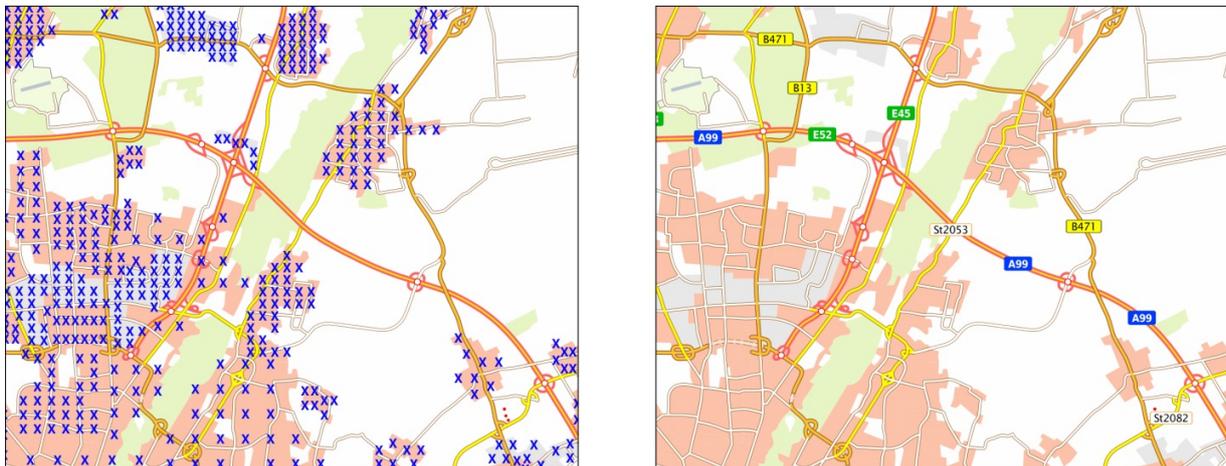


Abb. 6: Transparente Zeichen (hier in blau, links) verhindern das Platzieren von Straßennummern innerhalb der Siedlungsflächen (rechts)

5.2.4 Verhindern der Darstellung an bestimmten Orten

Häufig ist es erforderlich, das Platzieren von Symbolen oder die Beschriftung von Objekten an bestimmten Orten zu verhindern. So wird z. B. keine Darstellung erwünscht im Falle von:

- Ortsnamen auf Autobahnkreuzen, Anschlussstellen
- Straßennummern über kleinen Siedlungsflächen, Ortspunkten oder Straßenkreuzungen
- Gewässernamen auf Straßen/Bahnen
- Einbahnstraßenpfeile auf kreuzenden Brücken einer andern Straße oder Bahn
- Höhenlinienzahlen in Gewässern, auf Gebäuden, über Straßen, Eisenbahnen, Grenzen

Mapnik erlaubt hier die Platzierung von unsichtbaren Textzeichen (z. B. „X“) mit der Textfarbe „transparent“ über diesen unerwünschten Orten. Diese nicht sichtbare Schrift verhindert anschließend die Platzierung weiterer Texte oder von Symbolen an diesen Stellen.

5.3 Verwendung von PostGIS-Funktionen

Bei der Verwendung von PostGIS-Datenbanken als Datenquelle werden in Mapnik die darzustellenden Objekte eines jeden Layers mithilfe von SQL-Skripten ausgewählt. Mapnik erweitert diese SQL-Skripte während der Laufzeit derart, dass unmittelbar vor dem Rendern ein Ausschnitt in der Größe der zu rendernden Kachel aus der PostGIS-Datenbank selektiert und für das Rendern bereitgestellt wird. Diese SQL-Skripte können auch alle Datenbank- und GIS-Operationen ausführen, welche eine PostGIS-Datenbank bietet. Dazu zählen z. B.

- Umbenennen von Attributen oder das Erzeugen von neuen Attributen
- Bearbeitung von Strings (z. B. durch das Ersetzen von Textteilen)
- Formatierung von Texten (z. B. Zeilenumbrüche)
- Generalisierung von Geometrien
- Klassenbildung
- Anwendung von Aggregat-Funktionen (Zusammenfassung von Objekten)
- Sortieren von Objekten nach Geometriemerkmale oder Attributen

Neben der Verwendung von Standard-Funktionen können aber auch selbst geschriebene PostGIS-Funktionen für die Lösung bestimmter Aufgaben verwendet werden. Hier einige Beispiele für den Einsatz solcher Funktionen in der Mapnik-Kartenbeschreibung:

Umbruch von Siedlungsnamen je nach Länge und Schreibweise

Abhängig von der Gesamtlänge des Namens, der Länge der Teilnamen und der Art der Trennung zwischen den Namensbestandteilen erfolgen ein oder mehrere Umbrüche.

Ohne Umbruch	Mit Zeilenumbruch
Bruch unter dem Deich	Bruch unter dem Deich
Heinz-Dieter-Keller-Platz	Heinz-Dieter- -Keller-Platz
Kreba-Neudorf - Chrjebja-Nowa Wjes	Neu-Drauschkowitz - - Nowe Družkecy

Funktion zum Ermitteln von abgekürzten Straßennamen

Um auch die Beschriftung kurzer Straßen zu ermöglichen, werden abgekürzte Bezeichnungen der Straßennamen ermittelt. Zuerst erfolgt ein Platzierungsversuch in der Langform, dann erst in der Kurzform.

Langform	Kurzform
Bahnhofstraße	Bahnhofstr.
Zur alten Mühle	Z.a. Mühle
Pfarrer-Heinrich-von-Solre-Straße	Pfr.-Heinrich-v.-Solre-Str.

Beschriften von Hausnummern mit Abstand zur Straße

Die Punkte der amtlichen Hauskoordinaten befinden sich häufig so dicht an einer Straße, dass nach dem Platzieren des Straßennamens kein Platz für die Beschriftung einer Hausnummer bleibt. Für das Beschriften der Hausnummern wird daher der Winkel des Punktes zum nächstgelegenen Punkt einer Straße ermittelt. Aufgrund dieses Winkels wird die Schriftposition festgelegt, mit welcher die Hausnummer relativ zum Bezugspunkt/zur Hauskoordinate platziert wird. Zum Beispiel führt ein ermittelter Azimutalwinkel von 60° zu einer Schriftposition im NW des Bezugspunktes. Die Hausnummer wird so mit einem gewissen Abstand von der Straßenachse platziert. Da zuvor die Straßennamen im Straßenraum platziert wurden, können jetzt aufgrund der neuen Schriftposition wesentlich mehr Hausnummern platziert werden. Platzierungskonflikte zwischen Straßennamen und Hausnummer werden so weitgehend vermieden.

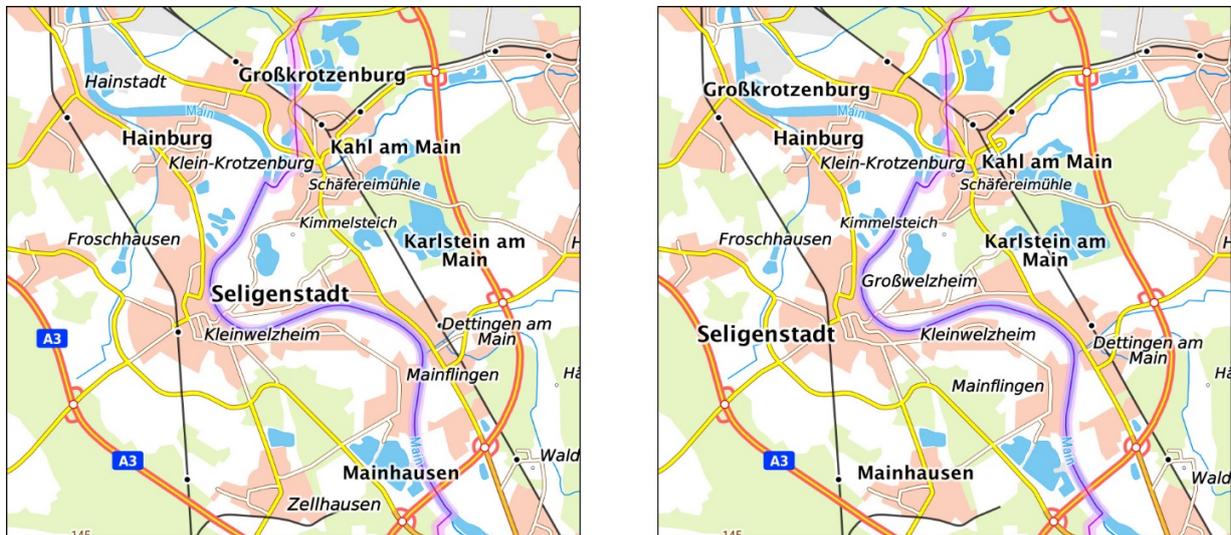


Abb. 7: Platzierung der Ortsnamen ohne Berücksichtigung der Lage des Ortes relativ zur Landesgrenze und zum Fluss (links). Berechnung des Azimutalwinkels der Ortspunkte zum nächstgelegenen Punkt der Landesgrenze oder des Flusses und Platzierung der Namen unter Anwendung des berechneten Winkels (rechts).



Abb. 8: TopPlus-Web-Open (Zoomstufe 8): Bevorzugte Platzierung der Namen von an der Küste gelegenen Siedlungen im Meer

Das gleiche Prinzip wurde auch angewandt für die:

- Beschriftung von Ortsnamen auf der „richtigen Seite“ des Flusses, der Verwaltungsgrenzen oder von Autobahnen (siehe Abb. 7)
- Platzierung der Namen von Küstenorten im Meer (siehe Abb. 8)
- Beschriftung von POIs und die Beschriftung öffentlicher Gebäude möglichst auf der „richtigen“ Straßenseite

6 Massenhaftes Rendern aller Kacheln

Für die Verfahrensentwicklung und die hochperformante Durchführung des Renderns wurden Tools auf der Basis des Microsoft.NET Framework implementiert. Diese erlauben die benutzerfreundliche Auswahl des zu erzeugenden Gebietes, der gewünschten Produktart, Zoomstufe und weiterer Parameter des Herstellungsprozesses. Mit der Skriptsprache Python wird Mapnik gesteuert und der Prozess des Renderns zur Erstellung eines kompletten Kachelarchives gestartet. Dieses Render-Programm erlaubt auch die Überwachung des Rendervorgangs und protokolliert evtl. auftretende Fehler. Es erfolgt eine Qualitätskontrolle, Prüfung auf Vollständigkeit und auf Fehler in den PNG-Dateien. Auf diese Weise werden auch Dateifehler einzelner Kacheln (Datei ist vorhanden, lässt sich aber nicht öffnen) gefunden. So kann nach einem ersten Renderdurchgang der Prozess für noch fehlende Kacheln erneut ausgeführt werden.

6.1 Bereitstellung der Renderergebnisse

Das Rendern wird mit Großkacheln in der Größe 2048×2048 Pixel durchgeführt. Diese Großkacheln werden anschließend in kleine Kacheln 256×256 Pixel zerschnitten und in die gewünschte Verzeichnisstruktur verteilt. In einem getrennten Vorgang erfolgt dann pro Zoomstufe die Speicherung der endgültigen Kacheln in SQLite-Datenbanken nach der MBTiles-Spezifikation. Im Falle der Präsentationsgrafiken in hoher Auflösung erfolgt das Rendern in Kacheln mit einer Größe von 8000×8000 Pixel. Danach erfolgt mithilfe von GDAL das Erstellen von GeoTiffs aus den gerenderten PNG-Dateien.

7 Ergebnisse und Ausblick

Die Bundesländer Brandenburg und Rheinland-Pfalz werden ab 2018 ihre Geobasisdaten ebenfalls für die Verwendung in der TopPlus-Web-Open bereitstellen. Es wäre zu wünschen, dass sich auch weitere Bundesländer diesem Schritt anschließen würden, so dass Deutschland in einer offenen Webkarte vollständig mit amtlichen Daten repräsentiert wird.

Zukünftig soll auf Basis der im TopPlus-Verfahren unterstützten Druckausgabe ein Map-on-Demand-Dienst zum Abruf von Präsentationsgrafiken (Rasterdaten, PDF-Dokumente) in Druckqualität via Internet realisiert werden. Hierzu wird serverseitig auf Basis der vektoriiellen Originaldaten die gewünschte Präsentation erstellt und an den Client zum Druck übersandt. Auch die Daten des Erdbeobachtungsprogramms Copernicus der Europäischen Union können zukünftig in den Kartendarstellungen des TopPlus-Verfahrens verwendet werden. Erste Untersuchungen hierzu liegen bereits vor (z. B. Erstellung von Satellitenbildkarten).

Die Produkte aus dem TopPlus-Verfahren werden heute von vielen Bundeseinrichtungen erfolgreich verwendet. Vom BKG werden die Präsentationsgrafiken in hoher Auflösung umfassend für die Herstellung von Sonderkarten eingesetzt. Ob für den G7-Gipfel auf Schloss Elmau 2015 oder den G20-Gipfel in Hamburg 2017 – eine Vielzahl von Sonderkarten wurde vom BKG auf der Grundlage der TopPlus-Produkte für die Einsatzplanung dieser Großereignisse bereitgestellt. Im BKG wird das Verfahren heute intensiv zur Erfüllung des gesetzlichen Auftrags zur Aufbereitung, Aktualisierung und Bereitstellung von orts- und raumbezogenen Daten eingesetzt.

8 Literaturverzeichnis

- KUTTERER, H. & KUNZ, P., 2015: Karten nach Maß mit dem TopPlus-Verfahren. *gis.Business*, 1/2015, 28-30.
- KUNZ, P., 2014: TopPlus – von der detaillierten Stadtkarte bis zur europaweiten Übersichtskarte. *Kartographische Nachrichten*, 2/2014, 59-67.
- KUNZ, P., 2012: Produktion topographischer Webkarten aus amtlichen Geobasisdaten. *Tagungsband FOSSGIS 2012*, 43-54.

8.1 Web-Adressen (Zugriff 01/2017)

- [URL 1] TopPlus-Web-Open (Beschreibung): <http://www.bkg.bund.de/TopPlusOpen>
- [URL 2] TopPlus-Web-Open (Webanwendung):
http://sg.geodatenzentrum.de/web_bkg_webmap/applications/bkgmaps/minimal.html?CRS=EPSG:3857
- [URL 3] TopPlus-Web-Open (Datenquellen):
http://sg.geodatenzentrum.de/web_public/Datenquellen_TopPlus_Open.pdf
- [URL 4] Datenlizenz Deutschland – Namensnennung – Version 2.0:
<https://www.govdata.de/dl-de/by-2-0>
- [URL 5] Bundesamt für Kartographie und Geodäsie (BKG): <http://www.bkg.bund.de>
- [URL 6] Dienstleistungszentrum des BKG (DLZ): <http://www.geodatenzentrum.de>
- [URL 7] Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder der Bundesrepublik Deutschland (AdV): <http://www.adv-online.de>
- [URL 8] Open-Data-Portal Deutsche Bahn AG: <http://data.deutschebahn.com/>
- [URL 9] Wasserstraßen- und Schifffahrtsverwaltung des Bundes: <https://www.wsv.de/>
- [URL 10] EuroGeographics, Produkte: <http://www.eurogeographics.org/products-and-services>

Vektordaten

- [URL 11] Digitales Basis-Landschaftsmodell (Basis-DLM): <http://www.adv-online.de/AdV-Produkte/Geotopographie/Digitale-Landschaftsmodelle/Basis-DLM/>
- [URL 12] Amtl. Hauskoordinaten (HK-DE): <http://www.adv-online.de/AdV-Produkte/Liegenschaftskataster/Amtliche-Hauskoordinaten/>
- [URL 13] Amtl. Hausumringe (HU-DE): <http://www.adv-online.de/AdV-Produkte/Liegenschaftskataster/Amtliche-Hausumringe/>
- [URL 14] Amtl. 3D-Gebäudemodelle LoD1 (LoD1-DE): <http://www.adv-online.de/AdV-Produkte/Weitere-Produkte/3D-Gebaeudemodelle-LoD/>
- [URL 15] BKG, Open Data:
http://www.geodatenzentrum.de/geodaten/gdz?l=down_opendata_top
- [URL 16] Digitales Landschaftsmodell 1:250.000 (DLM250):
http://www.geodatenzentrum.de/geodaten/gdz?l=down_dlm250
- [URL 17] Digitales Landschaftsmodell 1:1.000.000 (DLM1000):
http://www.geodatenzentrum.de/geodaten/gdz?l=down_dlm1000
- [URL 18] Verwaltungsgebiete 1:250.000 (VG250):
http://www.geodatenzentrum.de/geodaten/gdz?l=down_vg250_0101
- [URL 19] Geographische Namen 1:250.000 (GN250):
http://www.geodatenzentrum.de/geodaten/gdz?l=down_gn250
- [URL 20] Corine Land Cover: <https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/copernicus-land-monitoring-service-corine>
- [URL 21] OpenStreetMap-Daten: <http://download.geofabrik.de/>
- [URL 22] GeoNames: <http://www.geonames.org/>

[URL 23] Natural-Earth-Daten: <http://www.naturalearthdata.com>

Geländemodelle

[URL 24] Digitales Geländemodell Gitterweite 10 m (DGM10):

<http://www.geodatenzentrum.de/docpdf/dgm10.pdf>

[URL 25] European Digital Elevation Model (EU-DEM):

<https://land.copernicus.eu/pan-european/satellite-derived-products/eu-dem>

[URL 26] Global Multi-resolution Terrain Elevation Data 2010 (GMTED2010):

http://topotools.cr.usgs.gov/gmted_viewer/

[URL 27] SRTM15_PLUS V1 global bathymetry:

http://topex.ucsd.edu/WWW_html/srtm30_plus.html

Software

[URL 28] PostgreSQL: <http://www.postgresql.org>, PostGIS: <http://postgis.refractions.net>

[URL 29] <https://imposm.org/>

[URL 30] osm2pgsql: <https://github.com/openstreetmap/osm2pgsql>

und <http://wiki.openstreetmap.org/wiki/Osm2pgsql>

[URL 31] Safe FME: <http://www.safe.com>

[URL 32] Change: <https://www.ikg.uni-hannover.de/index.php?id=software>

[URL 33] GDAL und OGR: <http://www.gdal.org>

[URL 34] Mapnik: <http://mapnik.org>