

3D-Grundkarten für Österreich – von basemap.at zu basemap.at-3D

3D Basemaps for Austria – Towards Authoritative basemap.at 3D

Manfred Mittlböck¹, Laura Knoth¹, Caroline Atzl¹, Stefan Jaquemar², Clemens Naderer²

¹Research Studios Austria Forschungsgesellschaft mbH · manfred.mittlboeck@researchstudio.at

²SynerGIS Informationssysteme GmbH, Wien

Zusammenfassung: Das Interesse für 3D-Kartenvisualisierungen steigt stetig an, da auch der Bedarf an räumlichen 3D-Analysen, 3D-Städtemodellen, detaillierten 3D-Gebäuden für Indoorpositionierung oder auch 3D-Kartenmodelle für die Integration in Virtual/Augmented Reality (VR/AR)-Umgebungen wächst. Die Basis für unterschiedliche 3D-Karten bildet eine entsprechende 3D-Grundkarte, welche für Overlays, Analysen oder zur realistischen Abbildung der Umgebung verwendet werden kann. Derzeit sind aber viele der verfügbaren Grundkarten nur in 2D verfügbar. In diesem Beitrag präsentieren wir die Strategien zur Überführung der frei verfügbaren basemap.at von 2D nach 3D. Dazu werden die technische Umsetzung als auch einige der Designentscheidungen für das Geländemodell (DTM), Punktdaten, Liniendaten und Polygondaten näher beschrieben. Als Ergebnis präsentieren wir zwei erste prototypische Implementierungen der basemap.at-3D – einmal in einer vereinfachten/schematischen und einmal in einer realistischeren Version einer 3D-Grundkarte.

Schlüsselwörter: basemap.at, 3D-Grundkarte

Abstract: *The interest in 3D map visualizations is increasing, the need for spatial 3D analyzes, 3D city models, detailed 3D buildings for indoor positioning or 3D map models for the integration in Virtual/Augmented Reality (VR/AR) environments is increasing, too. A 3D basemap is the basis for different 3D map applications and can be used for overlays, analyzes or for realistic mapping of the entire environment. However, many of the available basemaps are currently available in 2D only. In this article, we present strategies for converting the freely available basemap.at from 2D to 3D. Therefore, the technical implementation and some design decisions for the digital terrain model (DTM), point data, line data and polygon data are described in more detail. As the result, we present two first prototypical implementations of basemap.at-3D – one in a simplified/schematic version and one in a more realistic version of a 3D basemap.*

Keywords: basemap.at, 3D-basemap

1 Motivation und Stand der Technik

Mit basemap.at wurde innerhalb eines gemeinsamen Projektes der österreichischen Länder, der ITS Vienna Region, der TU Wien und der Fa. SynerGIS eine Karte geschaffen, die heute mit 71 Anwendungen (Stand: 24.01.2020¹) das meistgenutzte Open-Government-Data-Produkt österreichischer Behörden ist. Durch die Zusammenarbeit der Partner, bei denen die erforderlichen Geodaten stets aktuell vorliegen, kann basemap.at durch regelmäßige Aktualisierungen zudem auch nachhaltig geführt werden und damit jederzeit den aktuellen Status

¹ <https://www.data.gv.at/wp-content/themes/datagvat/ckan-apps.php>

abbilden. Die Grundkarte von basemap.at ist aktuell in fünf Produktvarianten (Standard, Grau, Overlay, High-DPI und Orthofoto) verfügbar und kann sowohl für private, aber auch für kommerzielle Zwecke frei und kostenlos verwendet werden.

Diese behördlichen Daten gibt es jedoch derzeit ausschließlich in Form von 2D-Karten. Für viele Anwendungen und Applikationen wäre es aber wünschenswert, eine ebenso aktuelle Kartengrundlage in 3D verwenden zu können. Im Allgemeinen gibt es einen steigenden Trend für die Erstellung unterschiedlicher 3D-Karten. Anwendungen wie Google Earth belegen die zunehmende Beliebtheit von 3D-Karten (Schobesberger & Patterson, 2008). Zusätzlich fördert auch die steigende Anzahl an VR-/AR-Anwendungen, welche häufig auf räumlichen 3D-Daten basieren, diesen Trend. Der Bedarf und das Interesse an topografischen 3D-Daten für großmaßstäbige Karten steigt (Shiode, 2000; Olsen, 2019). Unerfahrene Kartennutzer*innen haben oft Probleme beim Lesen von topografischen 2D-Karten, die meist Landschaftselemente mit Konturlinien, schattiertem Relief und Höhenpunkten darstellen (Schobesberger & Patterson, 2008). 3D-Karten sind für viele Kartennutzer*innen intuitiver, interessanter und „natürlicher“, da diese der Realität ähnlicher sind und die dritte Dimension nicht von Benutzer*innen konstruiert werden muss, um ein mentales Modell (subjektive Interpretation der Karte durch Nutzer*innen) zu erhalten (Schueren, 2017; Herbert & Chen, 2014; Schobesberger & Patterson, 2008; MacIvor Savage, 2006; Wickens, Todd, & Seidler, 1989).

Die Merkmale einer topografischen 3D-Karte umfassen sowohl künstliche als auch natürliche Merkmale, wie Straßen, Eisenbahnschienen, Flüsse, Seen, Gebäude, Brücken und Vegetation (Olsen, 2019). Bandrova & Bonchev (2013) haben eine Umfrage mit 15 Teilnehmer*innen durchgeführt, um herauszufinden, welche Elemente für 3D-Karten in unterschiedlichen Maßstäben relevant sind. Dabei konnten folgende Elemente für großmaßstäbige 3D-Karten als „dringend notwendig“ identifiziert werden: Oberfläche/Terrain, Flüsse und hydrographische Objekte (z. B. Seen), Gebäude, Straßen und Gleise, texturierte Fassaden und Pflanzen (Bandrova & Bonchev, 2013). Zusätzlich gibt es auch einen – allerdings etwas geringeren – Bedarf für die Integration von 3D-Symbolsystemen für verschiedene Objekte (z. B. Straßenschilder und -laternen, Ampelsymbole) (Bandrova & Bonchev, 2013). Somit enthält eine 3D-Grundkarte viele Elemente aus der 2D-Grundkarte, jedoch wird das Gelände und Objekte über der Erdoberfläche in 3D dargestellt. Dabei können 3D-Grundkarten in verschiedenen Stilen dargestellt werden, beispielsweise als realistische Grundkarte mit Satellitenbildern und texturierten Gebäuden oder thematisch mit einer dunkelgrauen Grundkarte und gedeckten Gebäudefarben, sodass hell gefärbte thematische Informationen vor einem dunklen Hintergrund angezeigt werden (Esri, 2019). Eine 3D-Grundkarte kann auch 3D-Analysen wie Sichtbarkeits-, Sonnen- und Schattenanalysen sowie Umgebungsprozesse wie Regenwasserabfluss und Oberflächenbedeckungen unterstützen (Esri, 2019; Schueren, 2017). Somit erfüllt eine 3D-Grundkarte unterschiedliche Zwecke und wird für verschiedene Anwendungsfälle und in unterschiedlichen Domänen verwendet. Besonders im Zuge von 3D-Karten spricht man oft über Levels of Detail (LoDs), welche analog zum Maßstab in 2D den Detailgrad von 3D-Karten beschreiben sollen. Dabei werden laut Biljecki (2017, S. 281) jedoch häufig fälschlicherweise LoDs mit „Qualität und Genauigkeit“ vermischt. Zudem sind LoDs im Gegensatz zum Maßstab oder einer Rasterauflösung nicht linear (ibid., S. 281). Das bekannteste Konzept für LoDs stammt aus dem Open Geospatial Consortium (OGC) Standard CityGML und beschreibt für Stadtmodelle fünf LoDs. Diese können auf die unterschiedlichen thematischen Klassen von Stadtobjekten angewandt werden, fokussieren jedoch hauptsächlich auf Gebäude. Da LoD0 nur 2.5D-Gebäude beschreibt und LoD4 lediglich den Innen-

raum hinzufügt, ergeben sich damit für 3D-Gebäudehüllen drei LoDs: LoD1 (Gebäudeblöcke), LoD2 (Gebäude mit grober Dachform), LoD3 (detailliertes Gebäude).

Die Anforderungen der Aufgaben, die von der Karte unterstützt werden sollen, bestimmen die Art und Komplexität der Informationen (MacIvor Savage, 2006). Für eine übersichtliche Darstellung müssen die Informationen mit dem aktuell angezeigten geografischen Kartenausschnitt in Einklang gebracht werden (Engin, Bozkaya, & Balcisoy, 2009). Dazu gibt es nach Engin, Bozkaya, & Balcisoy (2009) zwei Techniken für die Anpassung der Informationsdichte in mehrskaligen Kartendarstellungen: (1) Verarbeitung der Daten durch das Anwenden von Filtern oder Aggregatfunktionen oder (2) Veränderung/Generalisierung der Symbole in Abhängigkeit von Zoomstufen (z. B. Stadt als Punkt oder Stadtumriss als Polygon; Labels erscheinen, wenn man weiter in die Karte hineinzoomt). Es besteht Bedarf an Visualisierungsstrategien für das maßstabsabhängige Rendern der in der Karte dargestellten Elementen.

Tabelle 1: Vor- und Nachteile von 3D-Karten

Vorteile	Nachteile
<ul style="list-style-type: none"> ● 3D-Karten sprechen die Kartenleser*innen an, enthalten einen realen Kontext und verbessern die Wahrnehmung (Schuere, 2017; Engin, Bozkaya, & Balcisoy, 2009; Schobesberger & Patterson, 2008) ● Die Position der virtuellen Kamera und die Blickrichtung sind anpassbar und dadurch lassen sich sämtliche Informationen aus jeder Perspektive betrachten (Schobesberger & Patterson, 2008; Shephard, 2017) ● Die 3D-Karte kann durch realistischere und besser erkennbare Symbole intuitiver gestaltet werden (Shephard, 2017) ● Vertikale Informationen werden berücksichtigt und Leser*innen kann somit Höhenunterschiede und topografische Merkmale leicht wahrnehmen und verstehen (Schobesberger & Patterson, 2008; Shephard, 2017) ● Verbesserung der Navigation nach menschlichen Maßstäben und virtuelle Erkundungen der Umgebung in intuitiver Art und Weise möglich (Shephard, 2017; Engin, Bozkaya, & Balcisoy, 2009) ● 3D-Daten können in weiterführende 3D-Modelle und -Visualisierungen integriert werden (z. B. VR-/AR-Umgebungen) (Schuere, 2017) 	<ul style="list-style-type: none"> ● 3D-Karten sind zeitaufwendiger und kostenintensiver in der Herstellung als 2D-Karten (Schobesberger & Patterson, 2008) ● Der Maßstab nimmt von vorne nach hinten auf der Karte ab, sodass Entfernungen schwer einzuschätzen sind (Schobesberger & Patterson, 2008) ● Die Begriffe „Maßstab“ und „Genauigkeit“ sind in 2D-Karten klarer und einfacher zu verstehen als in 3D-Karten (Bandrova & Bonchev, 2013) ● Hohe topografische Merkmale können Informationen im Hintergrund verdecken (Schobesberger & Patterson, 2008) ● Spezielle Software und Expert*innen für die 3D-Kartenerstellung sind notwendig (Schobesberger & Patterson, 2008) ● Eine erfolgreiche Produktion hängt von einem hochwertigen digitalen Höhenmodell ab, das nicht immer verfügbar ist (Schobesberger & Patterson, 2008) ● Bei Aufgaben, die eine gezielte Aufmerksamkeit erfordern, sind 2D-Darstellungen oftmals besser geeignet (Haskell & Wickens, 1993) ● 3D-Karten benötigen unter Umständen eine größere Datenmenge (Andronescu & Cherim, 2018) ● Höhere Anforderungen an die Hardware (GPU-beschleunigte Browser) (Andronescu & Cherim, 2018) ● Messen und Zeichnen/Annotieren sind schwieriger in 3D (Rautenbach, Çöltekin, & Coetzee, 2015)

Grundsätzlich ergeben sich durch die Erstellung und Verwendung von 3D-Karten Vor- und Nachteile, welche exemplarisch in Tabelle 1 kurz aufgelistet sind.

Die Literaturrecherche (vgl. Tabelle 1) ergibt, dass es sowohl Vor- als auch Nachteile für die Verwendung von 3D-Karten gibt und es hängt stark vom Verwendungszweck und dem Kontext ab, ob man die Informationen in 2D oder 3D visualisieren sollte. Auch wenn es einige Anwendungsbeispiele gibt, in denen Nutzer*innen von 3D-Darstellungen profitiert, ist es nicht immer eindeutig, in welchen Situationen eine 3D-Karte Nutzer*innen wirklich helfen kann, die Umgebung und Inhalte besser zu verstehen (Herbert & Chen, 2014). Wie auch von Herbert & Chen (2014) und Verbree et al. (1999) evaluiert wurde, bevorzugen die Nutzer*innen die Verwendung von 2D- und 3D-Visualisierungen für die Ausführung bestimmter Aufgaben. Demzufolge sollten auch offene Grundkarten – wie basemap.at – sowohl in 2D als auch in 3D zur Verfügung stehen. Aktuell existiert basemap.at als unterschiedliche Umsetzungen von 2D-Grundkarten. Ziel dieses Beitrages ist es, die Überführung der 2D-Grundkarte von basemap.at in eine 3D-Grundkarte methodisch zu beschreiben und die ersten prototypischen Ergebnisse der neuen basemap.at-3D zu präsentieren. Die zugrunde liegende Forschungsfrage lautet: „Wie kann man vorhandene behördliche 2D-Daten mithilfe von (semi-)automatischen Workflows in 3D überführen, sodass diese auch langfristig aktualisierbar bleiben?“.

In diesem Beitrag beschreiben wir zuerst unsere Strategie und Methodik für die nachhaltige Überführung von 2D- hin zu 3D-Grundkarten. Dies umfasst die gesamte Erstellung, die Datenaufbereitung und Visualisierung der unterschiedlichen Datengrundlagen (z. B. Punkte, Linien, Polygone) für die basemap.at-3D. Zusätzlich präsentieren wir als erstes Ergebnis der Überführung zwei vom Detailgrad unterschiedliche Prototypen der basemap.at-3D.

2 Methode

Das Ziel der Arbeiten in diesem Beitrag ist die (semi-)automatische Überführung der vorhandenen behördlichen 2D-Geoinformationen aus basemap.at in unterschiedliche 3D-Darstellungen. Dabei wurden zuerst zwei unterschiedliche „Produktvarianten“ für die neue basemap.at-3D identifiziert:

- eine „vereinfachte“ Darstellung, welche vor allem für Overlays und thematische Karten verwendet werden soll (3D vereinfacht/schematisch, ca. LoD1) und
- eine „realistische“ Darstellung, die zur besseren Orientierung verwendet werden kann (3D realistisch, ca. LoD2-4).

In Tabelle 2 werden die Inhalte der bestehenden 2D-Grundkarten mit den oben identifizierten 3D-Grundkartentypen gegenübergestellt und näher beschrieben.

Tabelle 2: Elemente in vereinfachten/schematischen bzw. realistischen 2D- und 3D-Karten

	2D	3D
Vereinfacht/ schematisch	<ul style="list-style-type: none"> ● Straßen, Wege und Gleise ● Gebäudeumrisse ● Bäume ● Schummerung ● Gewässerflächen ● Labels (Straßen, Hausnummern, Landschaftsflächen, Orte, Berge) ● Landnutzungsflächen ● Grenzen 	<ul style="list-style-type: none"> ● Gelände in 3D ● Straßen, Wege und Gleise ● Gebäudewürfel (LoD1) ● Schematische Bäume in 3D ● Schummerung ● Gewässerflächen in 3D ● Labels (Straßen, Hausnummern, Landschaftsflächen, Orte, Berge) ● Landnutzungsflächen ● Grenzen ● Schatten ● Brücken in 3D
Realistisch	<ul style="list-style-type: none"> ● Orthofotos (evtl. mit Labels als Overlay) 	<ul style="list-style-type: none"> ● Gelände in 3D ● Orthofotos als Geländetexturen ● Gebäude als LoD2 ● Landmarks als LoD3 (detaillierte Struktur) ● Schatten ● Brücken in 3D

Um diese beiden 3D-Karten (vereinfacht/schematisch und realistisch) zu erstellen, müssen unterschiedliche Informationen (z. B. Gebäudedaten, Straßen, Brücken) zuerst in 3D überführt und dann unterschiedlich dargestellt werden (z. B. detaillierte oder weniger detaillierte Symbole, unterschiedliche Farben). Im nachfolgenden wird beschrieben, welche und wie diese unterschiedlichen Daten von 2D zu 3D überführt wurden. Beide Prototypen wurden ausschließlich für das Bundesland Salzburg erstellt, können aber aufgrund der gemeinsamen Grunddaten und der reproduzierbaren (semi-)automatischen Workflows, auf ganz Österreich ausgeweitet werden. Die Vorbereitung, Aufbereitung und Visualisierung der Daten wurde in ArcGIS Pro durchgeführt. Um die erstellten Informationen anschließend den Nutzer*innen zur Verfügung zu stellen, wurden diese nach ArcGIS Online publiziert und in prototypischer Form als Webkartenanwendung bereitgestellt.

2.1 Datenaufbereitung und Überführung der „vereinfachten/schematischen“ basemap.at-3D

Diese vereinfachte Version der 3D-Grundkarte soll möglichst abstrahiert bleiben, also lediglich einfache geometrische Formen und auch eher gedecktere Farben (z. B. Pastelltöne und Grautöne) verwenden, um später nicht von den eigentlichen Inhalten, die von Benutzer*innen eingefügt werden können („Overlays“), abzulenken. Aus diesem Grund sollte nur eine begrenzte Zahl an Inhalten in dieser Karte vorhanden sein und diese möglichst neutral dargestellt werden, um eine zu starke Ablenkung von den relevanten Inhalten zu vermeiden.

Als Grundlage für diese vereinfachte/schematische 3D-Grundkarte dient das „Digitale Geländemodell des Landes Salzburg aus Airborne Laserscannerdaten (ALS) mit 5 m Auflö-

sung² (DGM). Dieses DGM wurde einerseits für das Setzen des Bodens bzw. als Referenzoberfläche („Geländehöhe“) verwendet, gleichzeitig wurde auf Basis dieses DGMs auch eine Schummerung berechnet. Diese dient als Unterstützung der Nutzer*innen zur einfacheren Wahrnehmung der Geländehöhen (Abb. 1).



Abb. 1: 3D-Karte mit Hillshade (links) und ohne Hillshade (rechts)

Auf diesem Gelände basieren alle weiteren Informationen, denn das Gelände ist immer die „Referenz“ für alle anderen Objekte, welche auf dem Gelände platziert werden. Ein Objekt liegt immer entweder „auf dem Gelände“ bzw. darunter oder darüber, dessen Höhe wird aber meist relativ zum Grund angegeben. Lediglich in Ausnahmefällen (z. B. Flughöhe eines Flugzeugs) gibt man den Wert nicht relativ, sondern absolut an. Grundsätzlich gibt es unterschiedliche Informationstypen, welche als Objekte auf dem Gelände platziert werden, um die vereinfachte/schematische basemap.at-3D zu erstellen: Punktinformationen, Linieninformationen und Flächeninformationen. Im Folgenden werden für diese drei Informationstypen jeweils die Überführungsstrategien von 2D auf 3D näher beschrieben.

Zu den **Punktinformationen** zählen hier vor allem das Baumkataster und die Hausnummern. Um den Baumkataster in 3D zu überführen, benötigt jeder Baum eine „Basishöhe“, die aus dem DGM extrahiert werden kann (vgl. Abb. 2, links). Dies ist beispielsweise bei ArcGIS Pro nicht nötig, wenn man die Bäume als „auf dem Boden“ definiert, in diesem Fall werden die Baumpunkte immer automatisch auf die Bezugsoberfläche gelegt. Ansonsten können die Höhenwerte über das DGM abgeleitet und die Baumpunkte auf diese Höhe gesetzt werden.

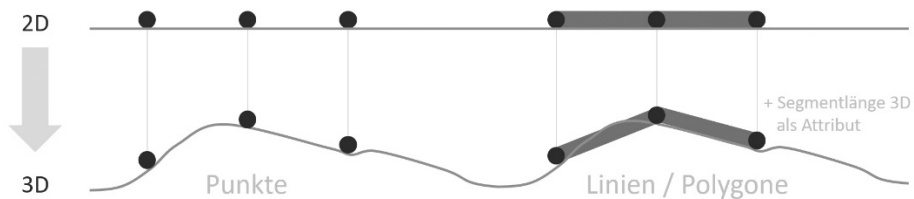


Abb. 2: Überführung von 2D nach 3D mit Punktinformationen (links) und Linien-/Polygoninformationen (rechts)

² <https://www.data.gv.at/katalog/dataset/digitales-gelandemodell-des-landes-salzburg-5m>

Ebenso kann man mit den Hausnummern verfahren, jedoch werden hier die Hausnummern nicht direkt auf den Boden, sondern ca. 3-5 m höher gesetzt, um so einen gewissen Abstand zum Boden zu erreichen.

Als nächstes wurden die **linienhaften Objekte** überführt, in diesem Fall Straßen und Wege sowie Staats-, Landes- und Gemeindegrenzen. Um die Geometrie der Straßen in 3D zu überführen, müssen die jeweiligen Stützpunkte um die korrekte „Z-Information“ ergänzt werden. Hierzu wurden die jeweiligen Höhenwerte vom DGM abgeleitet und als Geometriewerte hinzugefügt werden (vgl. Abb. 2, rechts). Zusätzlich wurde die jeweilige Segmentlänge in 3D berechnet und als Attribut hinzugefügt, um so für eine mögliche Navigation oder Längenberechnung korrekte Werte verfügbar zu machen. Die Überführung der Grenzen wurde äquivalent zu den Straßen durchgeführt.

Obwohl es sich auch bei den Brücken um Linienobjekte handelt, sind diese anders zu behandeln, denn sie sollen nicht wie die Straßen dem DGM „folgen“, sondern hier sollen Start- und Endpunkt eine Höhe erhalten und der Rest des Linienobjektes gerade über das Gewässer oder Tal führen (siehe Abb. 3). Zudem sollen diese Objekte nicht flach bleiben, sondern eine „Dicke“ erhalten, um besser als Brückenobjekt erkennbar zu sein. Da ArcGIS Pro ausschließlich Polygone extrudieren kann (Linien können entweder flach und breit auf dem Boden liegen oder aber senkrecht wie eine Wand stehen), mussten die Brücken zunächst zu Polygonen gepuffert werden. Diese flachen Polygone erhalten dann eine Höhe und werden anschließend „negativ extrudiert“, damit die Brückenoberfläche plan mit dem DGM abschließt.

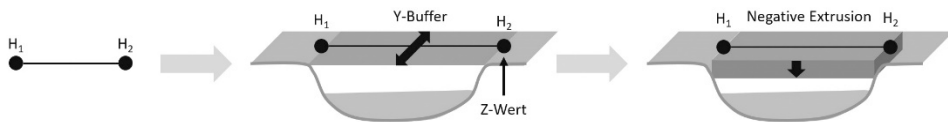


Abb. 3: Überführung der Brücken von 2D auf 3D (Spezialfall)

Die Landnutzung (**Polygone**) wurde für das Modell genau wie die Straßen und Grenzen an den Stützpunkten auf die jeweilige Höhe angepasst. Das gleiche gilt auch für die Gewässer.

Die Gebäudepolygone sind ein Spezialfall der Überführung: Diese sind mit den Brücken die einzigen extrudierten 3D-Objekte (siehe Abb. 4). Anders als bei den Brücken werden zur Erstellung die Grundhöhe (MIN) sowie die mittlere Dachhöhe (MEAN) verwendet. Die Minimalhöhe ist notwendig, damit das erstellte Gebäude später überall das DGM berührt und nicht in der Luft schwebt. Anschließend wird das Gebäude auf die mittlere Höhe extrudiert, wodurch Gebäude mit Level of Detail 1 (LoD1) entstehen.

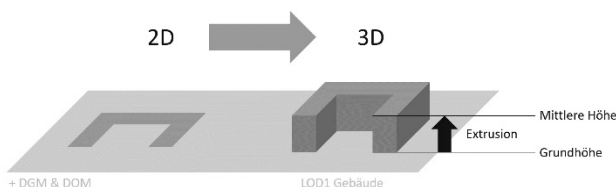


Abb. 4: Überführung der Gebäude von 2D auf 3D

2.2 Datenaufbereitung und Überführung der „realistischen“ basemap.at-3D

Im Gegensatz zur vereinfachten 3D-Basemap hat diese das Ziel der Orientierung und es darf daher auch mit dunklerer/kräftigerer und mehr variierender Farbgebung gearbeitet werden. Zudem müssen auch die Gebäude und sonstige Objekte nicht stark vereinfacht sein, sondern dürfen realistischer dargestellt werden. Das Ziel war eine möglichst automatisierte detailreiche Darstellung des Bundeslands Salzburg.

Auch hier kamen ähnliche Daten zur Anwendung wie bei der vereinfachten/schematischen basemap.at-3D: Das DGM bildet wieder die Basis als Geländelayer. Die Bäume und Brücken wurden analog zu Kapitel 2.1 überführt.

Der Hauptunterschied in der Überführung beider Karten liegt in den Gebäuden (siehe Abb. 5): Auch hier wurde zwischen Landmark und kein Landmark unterschieden, jedoch nicht durch die Farbgebung. Die Landmarkgebäude (Burgen, Schlösser, Kirchen) wurden als detaillierte Hüllen aus den vorliegenden ALS-Daten errechnet. Hierzu wurden die Landmarks neu klassifiziert, indem auf Basis der OpenStreetMap-Daten zu religiösen Gebäuden³ und auf dem OpenData-Datensatz zu Burgen und Schlössern⁴ die Landmarks ausgewählt wurden. Alle anderen Gebäude wurden automatisch als „keine Landmarks“ klassifiziert. Die Landmarks sollen analog zu 2D-Touristenkarten die jeweiligen Sehenswürdigkeiten („points of interest“) in detaillierter Form enthalten. Um diese detaillierten Landmarks zu errechnen wurden die Polygone mithilfe der ALS-Daten extrudiert und eine detaillierte Gebäudehülle berechnet.

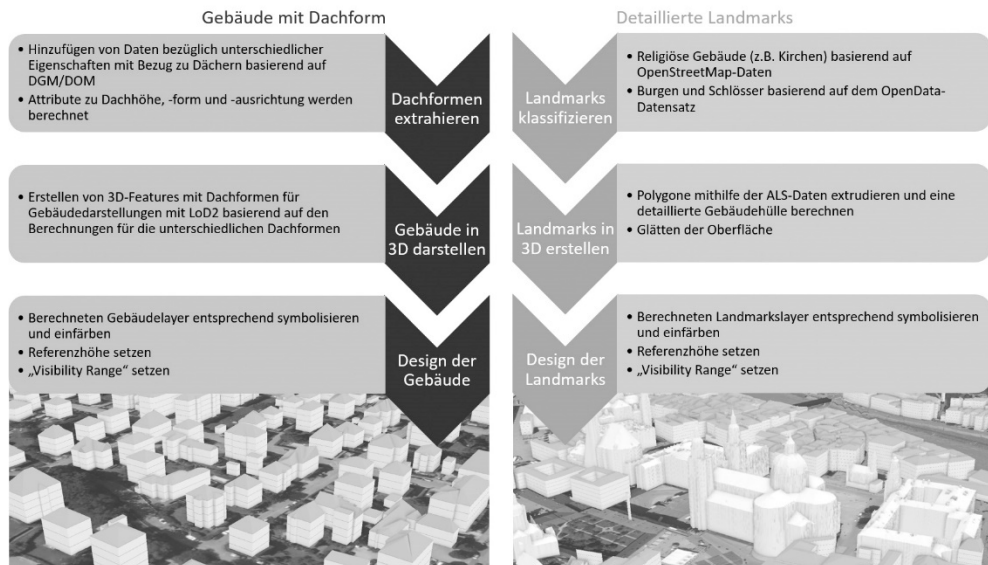


Abb. 5: Schritte zur Gebäudeerstellung der realistischen basemap.at-3D: Gebäude mit Dachformen (links) und detaillierte Landmarks (rechts)

³ <https://www.overpass-api.de/index.html> (Export: Polygone mit „amenity=place_of_worship“)

⁴ <https://www.data.gv.at/katalog/dataset/burgen-und-schlösser>

Alle anderen Gebäude wurden mithilfe des Esri-Gebäudealgorithmus klassifiziert (Flachdach, Giebeldach, Walmdach)⁵. Dieser wertet aus, wie viel Prozent der Dachfläche flach ist und ob es eine oder mehr Ebenen gibt und klassifiziert das Dach dann dementsprechend.

Für die realistische Darstellung von Waldflächen wurden die Waldflächenpolygone extrahiert und innerhalb von deren Fläche randomisierte Punkte verteilt, von denen die Hälfte für Laub- und die andere Hälfte für Nadelbäume steht.

Die ersten Ergebnisse der beiden basemap.at-3D Prototypen werden im nachfolgenden näher beschrieben und vorgestellt.

3 Ergebnisse

Die Überführung der Daten von 2D nach 3D konnte mit den beschriebenen Strategien (siehe Kapitel 2) erfolgreich durchgeführt werden. Die Daten konnten sowohl für den vereinfachten/schematischen als auch für den realistischen Prototyp so aufbereitet werden, dass jeweils eine 3D-Basemap erstellt werden konnte. Mit den in ArcGIS Pro entwickelten Workflows können die Daten nicht nur einmalig von 2D nach 3D überführt, sondern auch als „scheduled Task“ verwendet werden sobald eine neue Version der 2D-Grundkarte vorhanden ist bzw. die basemap.at-3D österreichweit erstellt werden sollte.

Wie bei der basemap.at-2D soll auch die basemap.at-3D im Web für User offen verfügbar sein. Aus diesem Grund wurden beide Karten in einem ersten Schritt in prototypischer Form als Webszenen veröffentlicht. Diese ersten Ergebnisse und der zugrunde liegenden Visualisierungsstrategien werden nachfolgend vorgestellt.

3.1 Implementierung der „vereinfachten/schematischen“ basemap.at-3D

Bei der Visualisierung der Daten mussten verschiedene Entscheidungen getroffen werden: die Art der Visualisierung (Draping in 2D oder 3D), die Farbgebung und die „Visibility Range“ (d. h. in welchem Maßstabbereich die Daten jeweils sichtbar sind). Diese Entscheidungen wurden bisher basierend auf den Einstellungen der aktuellen Basemap „Standard“ sowie der kartographischen Grundlagen für 3D-Kartendarstellungen getroffen. Ein Ausschnitt aus der vereinfachten/thematischen basemap.at-3D wird in Abb. 6 gezeigt.

Die Referenzoberfläche wurde mittels des DGM erstellt. Auf dieses wurden die Schummerung und die Landnutzung „gedraped“. Die Landnutzung liegt dabei „über“ der Schummerung (schwarz-weiß) mit einer Transparenz von 50 %. Für die Landnutzung wurden die Originalfarben der basemap.at verwendet. Durch die Transparenz werden diese sehr hell bzw. desaturiert und ergeben so ein homogeneres Gesamtbild.

Die Bäume des Baumkatasters wurden hinzugefügt, indem die „thematischen Bäume“ von Esri als Symbole verwendet wurden. Hierzu wurden die Baumarten möglichst auf die vorhandenen Baumgattungsarten des voreingestellten Layers „thematische Bäume“ zugeordnet. Beispielsweise werden Eichen mit der Amerikanischen Weiß-Eiche (*Quercus Alba*) oder Buchen mit dem Symbol der Rotbuche (*Fagus Sylvatica*) dargestellt. Zudem wurden gedecktere

⁵ <https://solutions.arcgis.com/local-government/help/local-government-scenes/get-started/roof-form-extraction/>

Farben für die jeweiligen Baumarten (z. B. #E9FFBE) gewählt. Bei den Bäumen wurden Punkte mit inkorrekten Werten (durch Eingabefehler) herausgefiltert (z. B. Baumhöhe > 100 m). Anschließend wurden die Bäume basierend auf den thematischen Symbolen und ihrer Höhe und Baumkronenweite visualisiert.



Abb. 6: Ausschnitt aus dem vereinfachten/schematischen basemap.at-3D Prototypen

Die Hausnummern von Gebäuden wurden ohne Punktsymbole erstellt, hier wurde nur ein Labeling gewählt und die Hausnummern auf eine Höhe von 3 m über Grund gesetzt.

Die Straßen, sowie auch die Grenzen, sollten ursprünglich auf der „absoluten Höhe“ oder zumindest als „auf dem Boden“ liegend dargestellt werden, was jedoch zu Verschnidungen mit dem Geländelayer führte und damit Teile der Straße „unterhalb des Geländes verliefen“. Aus diesem Grund werden die Straßen nun als 2D-Layer dargestellt, also „on-the-fly“ gerastert und oberhalb der Schummerung und Landnutzung angezeigt. Bei der zur Verfügung stehenden Desktop Version (ArcGIS Pro 2.4) zur Erstellung der OGC i3s Community Standard 3D-Vector-Tiles bestehen noch funktionale Einschränkungen, wie freies bzw. benutzerdefiniertes Platziere (z. B. einer Linie folgend) für eine optimale Repräsentation von 3D Labels. Aus diesem Grund wurde für den Demonstrator 3D Labeling nicht verwendet.

Die Brücken wurden als 3D-Multipatch (3D-Objekt) auf ihrer absoluten Höhe eingefügt. Somit liegt die Höhe planar abschließend über den Gewässern.

Die Gewässer wurden in zwei Versionen eingefügt: einmal ähnlich wie die Landnutzung auf den Boden ‚gedraped‘, einmal auf der absoluten Höhe. Der Unterschied dabei ist, dass im letzteren Fall das Wasser ‚die Flussebene ausfüllt‘. Ein weiterer Vorteil ist die Nutzung von

speziellen Gewässerdarstellungen mit Wellenfluss und Spiegeffekten. Diese sind zwar nicht direkt „notwendig“, lassen die Karte aber „realistischer“ erscheinen.

Schließlich wurden auch die Gebäude hinzugefügt. Bei diesen LoD1-Gebäuden wurde die Farbgebung im Gegensatz zur basemap.at in 2D angepasst. Gebäude in der Standardversion der basemap.at-2D werden in Hellrosa (#EDCACA, kein Landmark) und in Dunkelrosa (#E6ACAC, Landmark) dargestellt. In der 3D-Version der Basemap lenkten diese Farben stark von den sonstigen Inhalten der Karte ab, daher wurden die beiden Rosatöne durch Beige ersetzt.

3.2 Implementierung der „realistischen“ basemap.at-3D

Bei der realistischen Basemap wurde wieder das DGM als Referenzoberfläche verwendet, aber diesmal ohne Schummerung. In diesem Fall wurden die basemap.at Orthofotos verwendet, um eine möglichst realistische Darstellung zu erreichen (Abb. 7).



Abb. 7: Ausschnitt aus dem realistischen basemap.at-3D Prototypen

Die Brücken wurden – ähnlich wie in Kapitel 3.1 beschrieben – visualisiert, jedoch für einen besseren Kontrast wurde für den realistischen Prototyp ein dunkleres Grau für die Visualisierung gewählt.

Die realistischen Landmarkgebäude wurden in Form von Multipatches auf der korrekten Höhe hinzugefügt. Diese wurden in demselben dunkleren Beige gehalten wie beim vereinfachten Prototyp, sind jedoch detaillierter. Die restlichen Gebäude wurden auf Basis der Klassifikation mithilfe eines Regelsatzes visualisiert, sodass ihre Basishöhe, Dachform, Trauf-

höhe, Dachausrichtung und Gebäudehöhe korrekt dargestellt wird. Solange das Ruleset auf die Polygone angewandt wird, können die Parameter jederzeit verändert werden.

In dieser Darstellung wurde auf die Verwendung von Texturen für die Gebäude verzichtet. Der Grund ist, dass es einerseits nicht trivial ist, die Texturen automatisiert für jedes Gebäude zu extrahieren. Aus diesem Grund verwenden viele Applikationen „zufallsbasierte“ Texturen, die nicht die reale Darstellung von Gebäuden zeigt. Zudem können Texturen zu Gebäuden jedes LoDs hinzugefügt werden (Biljecki, 2017), machen also kein LoD direkt aus.

Die Bäume wurden ähnlich wie in 3.1 visualisiert, jedoch wurde diesmal nicht die thematische, sondern die realistische Vegetation gewählt. Diese enthält detaillierte 3D-Baummodelle mit Texturen. Auch hier wurden die Höhe und die Baumkronenweite basierend auf den Baumattributen gesetzt.

4 Diskussion und Ausblick

Die Überführungen von 2D nach 3D liefern sowohl für die ArcGIS Pro-Version als auch für die Webszenen gute Ergebnisse, sowohl von den Daten her als auch in Hinblick auf die 3D-Visualisierung. Die Workflows zur automatisierten Überführung sind operationell und können mit aktualisierten Daten neu durchgeführt werden, eignen sich also auch für die nachhaltige Führung der basemap.at-3D.

Derzeit existieren die Ergebnisse der Prototypen für die Stadt Salzburg und einen Teil des Umlandes. Durch die Überführung mithilfe von wiederverwendbaren Workflows kann die Karte jedoch auf ganz Österreich ausgeweitet werden. Hier muss jedoch bedacht werden, dass die Berechnungen bei einer solchen Datenmenge eine größere Zeit in Anspruch nehmen. Aus diesem Grund empfiehlt es sich, die Berechnung auf die Bundesländer aufzuteilen oder auch Bundesland für Bundesland umzusetzen.

Die beiden hier vorgestellten prototypischen Basemaps (vgl. Kapitel 3) wurden bislang noch nicht mit thematischen Overlays (z. B. Schattenanalyse, Bushaltestellen) getestet. Die Farbgebung wurde zwar so gewählt, dass die neuen Prototypen farblich gedeckt gehalten sind, müssen jedoch noch auf ihre Effizienz getestet werden. Zudem mag es auch vorteilhaft sein, dass bestimmte Objekte (z. B. Gebäude und Bäume) eine gewisse Transparenz zugewiesen bekommen, um das Verdecken von anderen Objekten zu verhindern.

Während basemap.at in 2D sehr performant und flüssig läuft, stellen 3D-Informationen und vor allem die „realistische“ Karte auch höhere Anforderungen an das Darstellungsgerät: Hier benötigt es mehr Grafikkressourcen und auch eine höhere Bandbreite als für eine einfache 2D-Karte, was vor allem bei Mobilgeräten relevant werden wird. Hier sollten noch Tests durchgeführt werden, um die Performance zu optimieren, z. B. durch das Ausschalten von Objekten in einer gewissen Entfernung.

Derzeit können in der zur Verfügung stehenden Version der 3D-Darstellung mit ArcGIS Javascript API 4.14 noch nicht alle, vor allem spezifisch definierte Straßensymbole in den i3s Standard übernommen werden, wodurch momentan die „flachen“ Daten wie Straßen und Landnutzung als i3s Tile Layer oder Vector Tile Layer publiziert werden müssen, auf welche dann die restlichen Daten (Gebäude, Bäume, Brücken etc.) gesetzt werden. Zudem gibt es aktuell noch einige technische Herausforderungen mit dem 3D-Labeling (z. B. Überlappun-

gen, Positionierung der Labels, Verlauf entlang von Linien) in der 3D-Desktop- und Webdarstellung als auch mit dem maßstabsabhängigen Rendering.

In der finalen Version der basemap.at-3D sollte die erstellte 3D-Karte nur als Gesamteinbindung ohne Änderungsmöglichkeiten (z. B. ein-/ausschalten von Layern) Seitens der Nutzer*innen erfolgen, also genau wie bei der 2D-Basemap, sodass die Grundkarten jeweils immer als „Gesamtpaket“ verfügbar sind. Die in diesem Artikel präsentierten Ergebnisse sind derzeit noch in Entwicklung und daher aktuell noch nicht öffentlich verfügbar.

In Zukunft sollte es nicht nur eine 3D-Basemap geben, sondern es sollte auch der nächste Schritt – von 3D nach 4D durch Integration der Zeit – gegangen werden: Dies wird einerseits durch die regelmäßigen Updates umgesetzt, kann aber auch noch erweitert werden, indem auch auf „Livedaten“ wie Verkehrsdaten, Schattensimulationen, Wetterdaten, Wasserstände oder sonstige aktuellen Sensormessdaten zurückgegriffen wird.

Basemap.at-3D ist ein erster Schritt in Richtung einer neuen Version der basemap.at, welche Grunddaten für Anwendungen zur Verfügung stellt, die bisher mit den 2D-Produkten nicht realisiert werden konnten. Es ist zudem das Ziel, die neue Basemap.at-3D mittels des OGC i3s Community Standards zur Verfügung zu stellen.

Literatur

- Andronescu, C.-C., & Cherim, A. (2018). Graphic aspects of 3D maps presentation. *Journal of Young Scientist, Vol. VI*, 53–60.
- Bandrova, T., & Bonchev, S. (2013). 3D Maps – Scale, Accuracy, Level of Detail. *26th International Cartographic Conference*, 25-30 August 2013. Dresden, Germany. ISBN 978-1-907075-06-3.
- Biljecki, F. (2017). *Level of detail in 3D city models* (Dissertation). TU Delft. doi:10.4233/uuid:f12931b7-5113-47ef-bfd4-688aae3be248.
- Engin, B., Bozkaya, B., & Balcisoy, S. (2009). *Introducing level of detail to 3D thematic maps*. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/228701774_Introducing_level_of_detail_to_3D_thematic_maps.
- Esri. (2019). *3D Basemaps: An Introduction*. Retrieved from <https://www.arcgis.com/home/item.html?id=887efbde0cd046e3abf1c7bdb32ea516>.
- Haskell, I., & Wickens, C. (1993). Two- and three-dimensional displays for aviation: A theoretical and empirical comparison. *International Journal of Aviation Psychology*, 3(2), 87–109.
- Herbert, G., & Chen, X. (2014). A comparison of usefulness of 2D and 3D representations of urban planning. *Cartography and Geographic Information Science*, 42(1), 22–32. <https://doi.org/10.1080/15230406.2014.987694>.
- MacIvor Savage, D. (2006). *The Advantages and Disadvantages of Three-Dimensional Maps* (Dissertation). North Carolina: Graduate Faculty of North Carolina State University.
- Olsen, B. (2019). *Integration of 3D city models in a country wide covering 3D basemap* (Master Thesis). Delft University of Technology.

- Rautenbach, V., Çöltekin, A., & Coetzee, S. (2015). Exploring the Impact of Visual Complexity Levels in 3d City Models on the Accuracy of Individuals' Orientation and Cognitive Maps. *SPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. II-3/W5*, 499–506.
- Schobesberger, D., & Patterson, T. (2008). Evaluating the Effectiveness of 2D vs. 3D Trailhead Maps – A Map User Study Conducted at Zion National Park. *6th ICA Mountain Cartography Workshop – Mountain Mapping and Visualisation* (pp. 201–205). United States.
- Schueren, M. (30.08.2017). *Why 3D GIS?* Retrieved from <https://www.linkedin.com/pulse/why-3d-gis-madeline-schueren>.
- Shephard, N. (2017). Die Welt in 3D-Karten – Eine neue Perspektive. In C. Harder, & C. Brown (Eds.), *Das ArcGIS Buch* (pp. 87–98). Redlands, CA: Esri Press.
- Shiode, N. (2000). 3D urban models: Recent developments in the digital modelling of urban environments in three-dimensions. *GeoJournal*, 52(3), 263–269.
- Verbree, E., Van Maren, R., Germs, R., Jansen, F., & Kraak, M. (1999). Interaction in Virtual World Views – Linking 3D GIS with VR. *International Journal of Geographical Information Science*, 12(4), 385–396. doi:10.1080/136588199241265.
- Wickens, C., Todd, S., & Seidler, K. (1989). *Three-Dimensional Displays: Perception, Implementation, and Applications (Report)*. University of Illinois.