

RUNDER TISCH GIS E.V.

Projekt 3D Digitales Landschaftsmodell (3D-DLM) am Runden Tisch GIS e.V.

Abschlussbericht (Konzeptionsphase):
Anwendungsszenarien, Datenevaluierung, Datenmodellierung & Methoden zur 2D → 3D-Transformation

Autoren: **Georg Fiutak** (M.O.S.S. Computer Grafik Systeme GmbH)
Caroline Marx (TU München - Lehrstuhl für Geoinformatik)
Philipp Willkomm (M.O.S.S. Computer Grafik Systeme GmbH)
Andreas Donaubauer (TU München - Lehrstuhl für Geoinformatik)

Februar 2017

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	6
2	Anwendungsszenarien	8
2.1	Stadt- und Landschaftsplanung	8
2.1.1	Sichtbarkeitsanalyse	8
2.1.2	Verschattungsanalyse	9
2.1.3	Standortplanung	9
2.1.4	Infrastrukturbau und Stadtplanung	10
2.1.5	Beleuchtungssimulation	11
2.2	Sicherheit	11
2.2.1	Flugsicherung (<i>eTOD – electronic Terrain and Obstacle Data</i>)	11
2.2.2	Detonationssimulation	13
2.2.3	Trainingssimulatoren	13
2.3	Infrastruktur	14
2.3.1	Mobilität / Transport / Autonomes Fahren	14
2.3.2	Strategische Energieplanung	15
2.4	Umwelt	15
2.4.1	Naturgefahrenanalyse: Am Beispiel Starkregen und Überflutung	15
2.4.2	Landwirtschaft und Forstmanagement	16
2.4.3	Lärmausbreitung	16
2.5	Tourismus	17
2.6	Zusammenfassung – Anwendungsszenarien	18
2.7	Anwendungsszenarien hinsichtlich des Projekts	18
3	Datenevaluierung	20
3.1	BEV	21
3.1.1	DGM	21
3.1.1.1	Bodensee (TIFF)	21
3.1.1.2	Bodensee (IMG)	22
3.1.1.3	Salzburg (DGM 10 - BEV)	24
3.1.1.4	Salzburg (DGM 1 - SAGIS)	27
3.1.2	DOM	28
3.1.2.1	Bodensee (gs2011_50cm.img)	28
3.1.2.2	Salzburg	30
3.1.3	2D Basis-DLM	33
3.1.3.1	Bodensee	33
3.1.3.2	Salzburg	39
3.2	LDBV	42
3.2.1	DGM	42
3.2.1.1	DGM1_ascii	42
3.2.1.2	gis_DGM_ascii	44
3.2.1.3	Salzburg_DGM_EsriGrid_ascii_Corner	46
3.2.2	DOM	48
3.2.2.1	Bodensee_bDOM	48
3.2.2.2	Bodensee_LiDAR	50
3.2.2.3	Geodatenpool_bDOM	53
3.2.2.4	gisLP_LAZ	55
3.2.2.5	Salzburg_bDOM	57
3.2.2.6	Salzburg_LiDAR	60
3.2.3	2D Basis-DLM	63
3.2.3.1	Bodensee	63
3.2.3.2	Salzburg	63

3.2.4	DOP	69
3.2.4.1	Bodensee	69
3.2.4.2	Salzburg	70
3.2.5	Gebäudegrundrisse	71
3.2.5.1	Bodensee	71
3.2.5.2	Salzburg	71
3.2.6	LoD2 - Gebäudemodelle	72
3.2.6.1	Bodensee	72
3.2.6.2	Salzburg	73
3.3	LGL	74
3.3.1	DGM	74
3.3.2	DOM	76
3.3.2.1	DOM 5	76
3.3.2.2	DOM 1	78
3.3.2.3	NDOM	81
3.3.3	2D-DLM	84
3.3.4	DOP	88
3.3.5	Gebäudegrundrisse	89
3.3.6	LoD2-Gebäudemodelle	90
3.4	Zusammenfassung – Datenevaluierung	91
3.4.1	Gebietsgröße	91
3.4.1.1	Bodensee	91
3.4.1.2	Salzburg	93
3.4.1.3	Resultat	93
3.4.2	Datenqualität	94
3.4.2.1	BEV	94
3.4.2.2	LDBV	94
3.4.2.3	LGL	95
3.4.2.4	Resultat	96
3.4.3	Bezugssystem	97
3.4.3.1	Lagebezugssystem	97
3.4.3.2	Höhenbezugssystem	98
4	Datenmodell und Semantisches Mapping	99
4.1	Datenmodell	99
4.2	Semantisches Mapping	102
5	Methoden für Transformation 2D nach 3D	106
5.1	Allgemeines	106
5.2	Methodenüberblick – Übergang von 2D nach 3D	106
5.2.1	Punkthafte Elemente	106
5.2.1.1	Symbolisierung	107
5.2.2	Linienhafte Elemente	108
5.2.2.1	Z-Informationen für die Linienachse	108
5.2.2.2	Visualisierung einer erweiterten Linie als ein symbolisiertes Band	110
5.2.2.3	Polygon	111
5.2.2.4	Geschlossenes Objekt mit Extrudierung	112
5.2.3	Flächenhafte Elemente	113
5.2.3.1	Allgemeines	113
5.2.3.2	Projektion auf das Gelände	114
5.2.3.3	Volumenkörper mit planarer Oberfläche	115
5.2.3.4	Dem Gelände folgende Volumenkörper	116
5.3	Objektarten	117
5.3.1	Allgemeines	117
5.3.2	Gebäude	119
5.3.3	Straßen & Schienen	119
5.3.3.1	Straßen	119
5.3.3.2	Schienen	123

5.3.4	Brücken	127
5.3.4.1	3D-Verlauf der Fahrbahn	127
5.3.4.2	Erzeugung der Brückenkonstruktion	140
5.3.5	Gewässer	142
5.3.5.1	Gewässer – linienhaft	142
5.3.5.2	Gewässer – flächenhaft	146
5.3.5.3	Herausforderungen bei der Modellierung von Gewässern	149
5.3.5.4	Übergang Gewässer linienhaft <> flächenhaft	150
5.3.5.5	Anmerkungen zu Gewässern in ATKIS-Daten	151
5.3.6	Vegetation	151
5.3.7	Oberirdische Leitungen	153
5.3.8	Türme	157
5.3.8.1	BEV	157
5.3.8.2	AAA	159
5.3.9	Windräder	161
5.3.9.1	BEV	161
5.3.9.2	AAA	163
5.3.10	Sonstiges: Sender, Masten und Fernmeldetürme	166
5.3.10.1	BEV	166
5.3.10.2	AAA	169
6	Zusammenfassung und Fazit	171
	Literaturverzeichnis	172
	Abbildungsverzeichnis	174
	Anhang	178
	Teilnehmerliste des Workshops	178
	Liste der Anwendungsfälle und der benötigten Objektarten	180

1 Einführung

„3D Digitales Landschaftsmodell“ (3D-DLM) ist ein Projekt am Runden Tisch GIS e.V. in Kooperation mit den Auftraggebern ‘*Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen*’ (BEV), ‘*Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung Bayern*’ (LDBV), ‘*Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg*’ (LGL) sowie ‘*Bundesamt für Landestopographie swisstopo*’ (swisstopo ist dabei lediglich beratend tätig).

Im Folgenden sind alle 3D-DLM-Projektbeteiligte aufgeführt:

AUFTRAGGEBER

	Name	Anmerkungen
Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen	Michael Franzen	
Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung Bayern	Dr. Robert Roschlaub Michael Ortner	
Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg	Berthold Klauser Manfred Güttlinger	Herr Klauser ist seit Mitte 2016 im Ruhestand

BERATER

	Name	Anmerkungen
Bundesamt für Landestopographie swisstopo	Dr. André Streilein	

AUFTRAGNEHMER

	Name	Position
Runder Tisch GIS e.V.	Dr. Gabriele Aumann	Geschäftsführerin

PROJEKTBEARBEITER

	Name	Position
M.O.S.S. Computer Grafik Systeme GmbH	Georg Fiutak Philipp Willkomm	2. Vorstand des RT GIS e.V. und Projektleiter
TU München - Lehrstuhl für Geoinformatik	Prof. Thomas H. Kolbe Dr. Andreas Donaubaue Caroline Marx	1. Vorstand des RT GIS e.V.

Ziel des Projekts ist es, die getrennten Modelle *DGM* und (2D) *DLM* in ein einheitliches und konsistentes 3D-DLM zu überführen. Dabei geht es neben der geometrischen 3D-Modellierung insbesondere auch um die Frage der Erweiterung der fachlichen Modellierung um Objektarten, die vertikale Elemente repräsentieren (z.B. Mauern und Wände von Gebäuden, Brücken und weiteren Bauwerken), die im bisherigen DLM nicht berücksichtigt sind. Der Weg zu einem solchen dreidimensionalen Modell sollte möglichst durch automatisierte Methoden unterstützt werden.

Darüber hinaus sollte ebenfalls untersucht werden, wie eine Erweiterung der Modellierung des DGM erfolgen kann; dies kann Teil einer weiteren Projektstufe sein.

- **BEV:** In Vorarlberg wurde bereits 2015 in einer Machbarkeitsstudie die Erstellung und Nutzung eines 3D-DLMs untersucht (VoDLM3D).
- **LDBV / LGL:** Bayern und Baden-Württemberg haben neben dem DGM und hochauflösenden DOMs auch 3D-Gebäudemodelle als Produkte. In der Initiative Baden-Württemberg 4D sollen Geoinformationen sowohl um die dritte Dimension als auch zeitliche Aspekte erweitert werden.
- **Swisstopo:** In der Schweiz wird mit dem swissTLM^{3D} bereits ein entsprechendes Produkt angeboten.

Die genannten Aktivitäten werden bisher weitgehend unabhängig voneinander vorangetrieben. Ein wesentliches Ziel des Projekts ist daher auch der Erfahrungsaustausch, bei dem alle Beteiligten von den Erkenntnissen der anderen Partner profitieren können.

Das 3D-DLM-Projekt teilt sich in zwei aufeinander aufbauenden Phasen auf. 2016 wurde die „**Konzeptionsphase**“ durchgeführt; für das Jahr 2017 ist die anschließende „**Demonstrationsphase**“ geplant.

Die Projektphase 1 umfasst die folgenden Stränge:

- 1) Anwendungsszenarien
 - Erstellung eines Katalogs von Anwendungsszenarien
 - Vorschlag weniger Szenarien, die in weiteren Projektphasen detailliert betrachtet werden
 - Identifikation der erforderlichen Daten und Funktionen
- 2) Datenmodellierung
 - Erstellung eines 3D-DLM-Datenmodells für ausgewählte 3D-Objektarten
 - Datenbereitstellung und Klärung von Nutzungsrechten
- 3) Methoden zur automatischen 2D→3D-Transformation
 - Beschreibung von Methoden zur automatisierten Transformation
 - Diskussion von Lösungskonzepten (Priorisierung nach Anwendungsszenarien)

Dieser Abschlussbericht beinhaltet sowohl die Ergebnisse, die bereits im Zwischenbericht vorgestellt wurden (*Anwendungsszenarien eines 3D Digitalen Landschaftsmodells* und *Evaluierung der von den Auftraggebern bereitgestellten Daten*) als auch die neu behandelten Themenkomplexe

- **Datenmodellierung für festgelegte 3D-Objektarten** und
- die **Beschreibung von Methoden zur automatisierten Transformation von 2D-Objekten in 3D-Objekte**

2 Anwendungsszenarien

Dieser Katalog zu möglichen Anwendungsszenarien für ein semantisches 3D Stadt- und Landschaftsmodell beruht sowohl auf einer Literaturrecherche¹ als auch auf den Ergebnissen des Workshops „**Anforderungsanalyse für ein 3D Digitales Landschaftsmodell**“, der am 27.06.2016 an der TUM durchgeführt wurde. Teilnehmer waren zum einen die Auftraggeber des 3D-DLM-Projekts (BEV Österreich, LDBV Bayern und LGL Baden-Württemberg), sowie externe Personen², die zum potentiellen Nutzerkreis eines 3D-DLM zählen.

Im Folgenden wird auf die einzelnen Anwendungsszenarien und die dafür erforderlichen Anforderungen eingegangen. Eine Zusammenfassung aller relevanter Anwendungsfälle und der dafür benötigten Objektarten erfolgt in Form einer Tabelle, die im Anhang beigefügt ist.

Die unterschiedlichen Anwendungen lassen sich in die folgenden Kategorien einordnen:

2.1 Stadt- und Landschaftsplanung

2.1.1 Sichtbarkeitsanalyse

Die Analyse möglicher Sichtverbindungen spielt in diversen Bereichen eine entscheidende Rolle. So kann zum Beispiel ermittelt werden, welche Auswirkungen die in der Landschaft errichteten Objekte, wie z. B. Windkraftanlagen oder Funkmasten, auf das Landschaftsbild haben (Täuber & Roth 2011). Als weiteres Beispiel sei die Sichtbarkeit von Verkehrsschildern im Straßenraum bzw. die Sichtbarkeit des weiteren Straßenverlaufs genannt (Coors et al. 2013). Dies ist insbesondere hinsichtlich der sogenannten Car2Car-Kommunikation oder der Fahrassistenzsysteme (z.B. Ausleuchtung der Straße oder Früherkennung von gefährlichen Stellen) relevant.

Sichtverbindungen sind beispielsweise auch bei der Planung neuer Baugebiete entscheidend (in diesem Zusammenhang spielt oft die Akzeptanz der Bürger eine wichtige Rolle).

Neben den punktuellen Sichtverbindungen sind durchaus auch Sichtbarkeitsanalysen von Flächen aus äußerst interessant. Vorstellbar ist dies z.B. im Hinblick auf die Aussichtsqualität von Wohnanlagen aus.

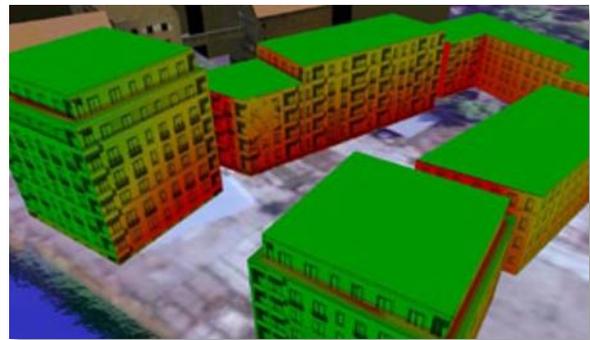


Abbildung 1: Aussichtsqualität von Wohnanlagen aus [Coors et al., 2013]

→ Anforderungen:

- DGM
- Gebäudemodell (LoD1 / LoD2); relevant sind oft auch ortsbildprägende Bauten (Windkraftanlagen, Funkmasten, Monumente, Landmarken)
- Straßen
- Vegetation (in verschiedenen Detaillierungsstufen); Art des Waldes
- Stadtmöblierung (Verkehrsschilder, Laternen)

¹ Die Liste der verwendeten Quellen befindet sich im Literaturverzeichnis.

² Die Teilnehmerliste des Workshops kann dem Anhang entnommen werden.

2.1.2 Verschattungsanalyse



Abbildung 2: Schattenwurfsimulation für unterschiedliche Sonnenpositionen [Biljecki et al., 2015]

Die Verschattung der Umgebung ist oft durch große Gebäude oder Sonderbauten wie Windkraftanlagen oder Strommasten verursacht (in Davos beispielsweise ist im Baurechtsverfahren festgeschrieben, dass Gebäude eine Mindestanzahl an Sonnenstunden aufweisen müssen; anderenfalls dürfen die Gebäude nicht errichtet werden). Neben der eigentlichen 'Verschattung' durch abgeschirmte Lichtquellen zählen hierzu auch die durch Abschirmung verursachten Funklöcher. Nach Biljecki (2015) ist dieses Szenario beispielsweise für Solarpotentialanalysen, aber auch im Hinblick auf die Wuchsbeeinträchtigung in der Landwirtschaft relevant. Liegt eine Fläche ständig im Schatten, kann dies einen großen Einfluss auf das Wachstum der Pflanzen haben.

Neben der eigentlichen Verschattung, müssen jedoch auch eventuell zusätzlich auftretende Reflexionen berücksichtigt werden. Große Glasfassaden können einen enormen Einfluss (Lichtintensität, Hitzeentwicklung) auf die unmittelbare Umgebung haben.

→ Anforderungen:

- DGM
- Gebäudemodell (LoD1 / LoD2); ortsbildprägende Bauten wie Windkraftanlagen
- Vegetation
- Stadtmöblierung (Mauern); aber auch Brücken

2.1.3 Standortplanung



Abbildung 4: 3D-Ansicht einer Windenergieanlage [Coors et al., 2013]

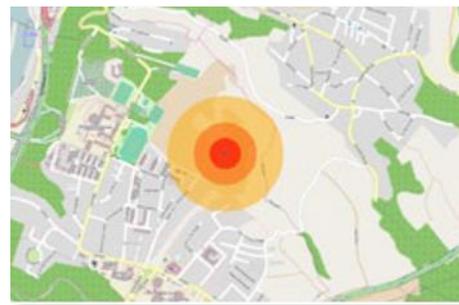


Abbildung 3: Abstandsfächendarstellung [Coors et al., 2013]

Die Standortplanung ist eng gekoppelt mit den beiden vorangegangenen Anwendungsszenarien. Im Hinblick auf neu zu errichtende Anlagen und deren Sichtbarkeit besteht oft ein Konflikt zwischen dem Interesse der Bürger (die Landschaft soll nicht durch ein prägendes Bauwerk beeinträchtigt werden) und der Effektivität einer solchen Anlage (oft müssen Windkraftanlagen an exponierten Stellen errichtet werden, da nur dort der Wind in ausreichendem Maße gewährleistet ist) (Gröger et al. 2005). Auch für Freiflächensolaranlagen gilt es, einen optimalen Standort zu planen. Hier ist vor allem auf die Verschattung durch die umliegende Vegetation zu achten (Coors et al. 2013). Eine zentrale Rolle bei der

Standortplanung spielt außerdem die Erreichbarkeit (mittels großmaßstäbiger Modelle kann beispielsweise der zur Verfügung stehende Manövrierraum ermittelt werden). Daher ist auch die Modellierung von Straßen und Schienen in 3D essentiell.

→ **Anforderungen:**

- DGM
- 3D-Gebäudemodell (mit Textur) im LoD2, besser LoD3
- Modelle der zu errichtenden Anlagen
- Straßen und Schienen
- 3D-Strömungssimulationen (in welcher Höhe weht ausreichend Wind)
- Gewässer
- Vegetation
- Tatsächliche Nutzung / Bodenbedeckung

2.1.4 Infrastrukturbau und Stadtplanung

Geht es darum, komplette Areale neu zu planen, so ist vor allem für die Bevölkerung eine anschauliche Präsentation und Visualisierung äußerst wichtig. Mittels 3D-Stadtmodellen kann bereits im Vorfeld geprüft werden, wie sich ein geplantes Bauprojekt in das bestehende Landschaftsbild einfügen wird. Diese Möglichkeit ist speziell für die Akzeptanz von Seiten der Bürger von enormer Bedeutung. Um verschiedenste Planungsvarianten zu modellieren, eignet sich beispielsweise die dynamische Simulation einer Bebauung mittels prozeduraler Erzeugung der relevanten Objekte (Radies 2013). Abbildung 5 zeigt ein Stadtmodell im LoD3, das auf Grundlage der Festsetzungen eines Bebauungsplans prozedural generiert wurde.



Abbildung 5: Dynamische Simulation einer Bebauung [Radies, 2013]

Nach Coors et al. (2013) sind für ein 3D-DLM nicht nur die oberirdischen, sichtbaren Objekte relevant, sondern ebenso die im Untergrund befindlichen Objekte. Hierzu zählen beispielsweise Tunnel oder Leitungen (Wasser, Strom, Gas). Gerade dann, wenn Erdarbeiten durchgeführt werden müssen, muss der exakte Verlauf der Leitungen bekannt sein.

→ **Anforderungen:**

- Hoch aufgelöstes DGM (Gräben, ...)
- Gebäudemodell (mind. im LoD2) / BIM
- Digitale Bauleitpläne in 2D
- Straßen
- Tunnel und Leitungen (Abwasser, Gas, Strom, Telekommunikation)
- Vegetation
- Thematische Attribute: 3D-Koordinaten, (Leitungs-) Typ, Durchmesser

2.1.5 Beleuchtungssimulation

Mittels digitaler 3D-Modelle kann die Beleuchtungsplanung (Helligkeit, verschattete Bereiche oder die energetische Effizienz) für Sehenswürdigkeiten und städtebauliche Highlights simuliert werden. Somit können im Vorfeld der eigentlichen Installation der Lichtquellen aufwändige Simulationen vor Ort entfallen (Coors et al. 2013). Auch hinsichtlich der Möglichkeit, die Ausleuchtung von Straßen, Tunneln oder Brücken zu simulieren, bietet ein dreidimensionales Modell einen enormen Vorteil.



Abbildung 6: Virtuelle Beleuchtung einer Fußgängerzone [Coors et al., 2013]

→ Anforderungen:

- DGM
- Hochaufgelöste Einzelobjekte
- Straßen, Schienen
- Brücken und Tunnel

2.2 Sicherheit

2.2.1 Flugsicherung (*eTOD – electronic Terrain and Obstacle Data*)

Gerade in unmittelbarer Umgebung von Flughäfen muss für die sichere Abwicklung der Start- und Landevorgänge bekannt sein, wie das Gelände verläuft und wo sich eventuelle Hindernisse befinden. Hierzu zählen beispielsweise Freileitungen, Windräder, Türme, Kräne, Gebäude oder hohe Bäume. „Die internationale Vereinbarung über die Zivilluftfahrt (ICAO) verlangt [...] unter anderem die Bereitstellung von digitalen Gelände- und Hindernisdaten (eTOD [...]) durch den Staat“ (Austro Control GmbH / ITV Consult 2016).

Laut des Luftfahrtgesetzes (LFG) des Landes Österreich werden Luftfahrthindernisse folgendermaßen definiert (vgl. LFG 1957):

- (1) Innerhalb von Sicherheitszonen (§86):
 - a) Bauten oberhalb der Erdoberfläche, Bäume, Sträucher, gespannte Seile und Drähte, Kräne sowie aus der umgebenden Landschaft herausragende Bodenerhebungen und
 - b) Verkehrswege sowie Gruben, Kanäle und ähnliche Bodenvertiefungen.
- (2) Außerhalb von Sicherheitszonen sind Luftfahrthindernisse die in Abs. 1 a) bezeichneten Objekte, wenn ihre Höhe über der Erdoberfläche
 - a) 100 m übersteigt oder
 - b) 30 m übersteigt und sich das Objekt auf einer natürlichen oder künstlichen Bodenerhebung befindet, die mehr als 100 m aus der umgebenden Landschaft herausragt; in einem Umkreis von 10 km um den Flugplatzbezugspunkt (§ 88 Abs. 2) gilt dabei als Höhe der umgebenden Landschaft die Höhe des Flugplatzbezugspunktes.

Bis 2017 ist auch Österreich verpflichtet, eTOD einzurichten. Entsprechend dem eTOD-Abkommen werden verschiedene Sicherheitszonen unterschieden:

- In der *Area 1* müssen für das gesamte Staatsgebiet alle Hindernisse, die höher als 100m über Grund sind (also Sendemasten, Windräder, Kirchtürme, aber auch Brücken, u.v.m.), gemeldet werden.
- Die *Area 2* stellt die Sicherheitszone bis 45km vom Flugplatz entfernt dar. Diese muss zusätzlich überwacht werden.

Generell werden bei eTOD drei Geometrietypen von Luftfahrthindernissen unterschieden:

- *Punktobjekte* (z. B. Masten, Antennen, Türme)
- *Linienobjekte* (z. B. Hochspannungsleitungen)
- *Flächenobjekte* (z. B. Gebäude)

Bei Punktobjekten gilt generell, dass stets der oberste Punkt des Objekts ausschlaggebend ist. Ein Spezialfall stellt z. B. eine Windkraftanlage dar, da die maximale Höhe je nach Position der Rotorblätter variiert. Windkraftanlagen müssen daher als Punktobjekte mit maximaler Windradhöhe erfasst werden.

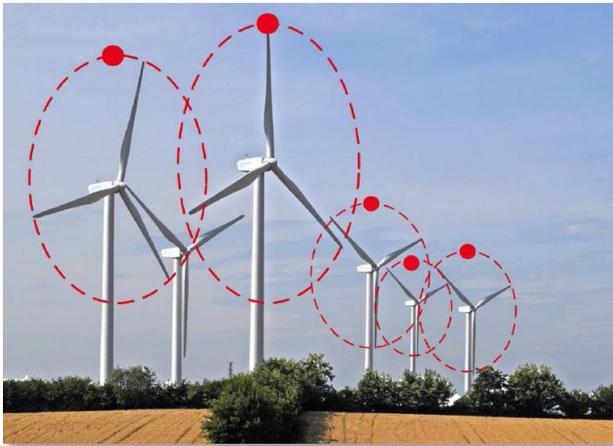


Abbildung 7: Punktojekt zur Repräsentation von Windkraftanlagen (maximale Windradhöhe) [Austro Control GmbH / ITV Consult, 2016, 34]

Bei linienförmigen Objekten müssen mindestens zwei Stützpunkte erfasst werden; die Stützpunkte werden geradlinig miteinander verbunden. Beispiele für Linienobjekte sind u.a. Freileitungen oder Seilbahnen.

Als Flächenobjekte werden zum Beispiel komplexe Gebäude mit einer großen Ausdehnung (horizontale Ausdehnung > 3x Hindernishöhe) erfasst. Auch zusammenhängende Waldgebiete gehören diesem Geometrietyp an; dabei entspricht die Höhe des horizontalen Flächenobjekts der Höhe des höchsten Baumes. Bei starkem Gefälle empfiehlt es sich, große Waldpolygone in mehrere kleine Polygone aufzuteilen. Dadurch wird der tatsächliche Höhenverlauf der Vegetation realitätsnäher abgebildet.

Das 2D-DLM kann die Basis für eTOD sein. Hier ist z.B. die Information enthalten, wo sich Brücken befinden. Auch sind an diesen Positionen die meisten markanten Punkte vorhanden, da diese als Hochziele für das Festpunktfeld genutzt werden. Eine Staumauer wäre im Gelände erkennbar.

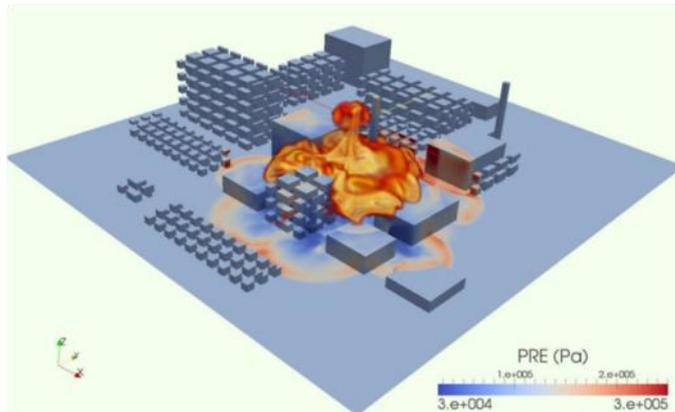
In der Modellierung der Objekte ist Flexibilität gefordert, um die jeweilige Fachanwendung darauf aufsetzen zu können (im konkreten Fall des Luftfahrthindernisses soll z.B. eine Brücke nicht als „Vorhang“ (2,5D) und somit als Hindernis erzeugt werden, sondern es soll vielmehr als echtes 3D-Objekt, das auch unterfahren werden kann, modelliert werden. Von diesem ausgehend kann man dann z.B. prozedural ein Hindernis erzeugen). Außerdem müssen Sachinformationen und Lebenszyklen im Modell vorhanden sein.

Entsprechend einer Anmerkung von Herrn Dr. André Streilein (Swisstopo) wurde in der Schweiz eine pragmatischere Lösung angesetzt. eTOD wird dort mittels einer Sicherheitsmarge umgesetzt: DGM + 200m, wodurch auch temporäre Hindernisse, wie Baukräne berücksichtigt werden. Somit folgt, dass viele Bereiche als gesperrt gelten, die es nicht sein müssten. Zur Verbesserung der Wirtschaftlichkeit ist es daher sinnvoll, eine differenzierte Modellierung der Hindernisse vorzunehmen.

→ **Anforderungen:**

- DGM
- Großflächige Bauwerke (mind. LoD2)
- Einzelobjekte (z.B. Maste)
- Vegetation
- Leitungen, Seilbahnen, Brücken

2.2.2 Detonationssimulation



Detonationen wie zum Beispiel eine kontrollierte Sprengung von Fliegerbomben aus dem Zweiten Weltkrieg können schwere Schäden an umliegenden Bauwerken, Infrastrukturen oder der Vegetation verursachen. Eine Detonationssimulation ermöglicht es beispielsweise, diese Vulnerabilität bereits im Vorfeld des eigentlichen Explosionsereignisses zu analysieren und die gefährdete Bevölkerung entsprechend zu evakuieren (Willenborg et al. 2016).

Abbildung 8: Simulation für Detonationen und Druckwellen [Willenborg et al., 2016]

→ **Anforderungen:**

- DGM
- Gebäudemodelle
- Brücken, Tunnel
- Vegetation

2.2.3 Trainingssimulatoren

Gerade im Hinblick auf Ausbildungszwecke (z. B. Übungsfahrten eines Straßenbahnfahrers oder Blaulichtfahrten) sind Trainingssimulatoren äußerst hilfreich. Mittels der im Simulator real abgebildeten Szenarien können ohne die Gefährdung anderer Personen kritische Situationen geübt werden. Wichtig ist dabei, die einzelnen Objektarten so realitätsgetreu wie möglich abzubilden. Auch entsprechende Texturen oder Fahrbahnmarkierungen tragen hierzu bei (Bildstein 2014).



Abbildung 9: Verkehrsszenario (Berlin) [Coors et al., 2013]

→ **Anforderungen:**

- DGM
- 3D-Gebäudemodell im LoD2, besser LoD3
- Ansprechende visuelle Darstellung (gute Texturqualität)
- Straßen, Schienen, Brücken, Tunnel
- Vegetation
- Zusätzlich: Haltestellen, Verkehrszeichen, Signale, Fahrbahnmarkierungen

2.3 Infrastruktur

2.3.1 Mobilität / Transport / Autonomes Fahren

Dieses Anwendungsszenario umfasst verschiedenste Gesichtspunkte, auf die im Folgenden näher eingegangen wird:

- Landwirtschaft: Möglichst autonome Bewirtschaftung von Feldern
- Orientierung: Durch das sich Fortbewegen im 3D-Raum (im Gegensatz zur Orientierung anhand einer 2D-Karte), ist eine sehr viel intuitivere Navigation möglich. Durch vertraute Landmarks wird die Orientierung im Raum zusätzlich erleichtert. Eine möglichst genaue Ausgestaltung des Straßenraums ist hierbei wichtig.
- Elektromobilität: Ein Nachteil von Elektrofahrzeugen ist noch immer die begrenzte Reichweite. Wichtig ist es daher, eine möglichst energieeffiziente Route mit möglichst geringen Steigungen (für Bergauf-Fahrten) zu wählen (Bachofer 2011). Für diese Analyse ist es ausreichend, wenn die Straßengeometrie linienhaft (als LoD0) vorliegt.
- Schwerlasttransporte: Soll jedoch z. B. die optimale Route eines Schwerlasttransports ermittelt werden, so sollten kritische Stellen, wie beispielsweise schmale Tunnel oder enge Kurven vermieden werden. Für diesen Zweck ist ein hochdetailliertes Modell des Straßenraums notwendig. Für diesen Zweck ist die Straßengeometrie im LoD1 oder besser im LoD2 vorzuhalten.



Abbildung 10: 3D-Beschriftungen zur besseren Orientierung [Kolbe, 2016]

→ **Anforderungen:**

- DGM
- 3D-Gebäudemodelle; POIs
- Straßen (im LoD0 – LoD2)
- Brücken, Tunnel, Leitungen
- Texturen
- Thematische Attribute: Tragfähigkeit der Straßen und Brücken

2.3.2 Strategische Energieplanung

Neben der Energiebedarfsschätzung einzelner Gebäude spielt auch die Solarpotentialanalyse eine wichtige Rolle. Entscheidende Größen für die Wirtschaftlichkeit von Photovoltaikanlagen sind die Ausrichtung des Gebäudes (möglichst in Richtung Süden), die Dachneigung (möglichst senkrecht zum Sonnenstand), die Größe der Anlage sowie eventuell vorhandene Verschattungen durch umliegende Gebäude oder Vegetation. Dabei kann die Analyse gebäudescharf oder aber für die einzelnen Dachteile separat erfolgen. Kaden & Kolbe (2014), Kaden (2014) sowie Nouvel et al. (2014) stellen beispielsweise Methoden basierend auf 3D-Stadtmodellen vor, um realistische Energieanalysen der Gebäudesubstanzen großmaßstäbig durchzuführen. Als weiteres praktisches Beispiel sei der Solaratlas Berlin zu nennen. Dieser „stellt die Solarpotentiale aller Gebäude im Land Berlin als integrierte 2D- und 3D-Webmappinganwendung dar“ (Nagel et al. 2015). Nutzer können diese Ergebnisse der gebäudescharfen Solarpotentialanalyse abfragen und ausgeben lassen. Weitere relevante Gesichtspunkte werden im Leitfaden „3D-GIS und Energie“ (2015) des Runden Tisch GIS e.V. diskutiert.



Abbildung 11: Energieatlas Berlin [Nagel et al., 2015]

→ Anforderungen:

- DGM
- Gebäudemodell (im LoD2); ggf. mit Dachaufbauten
- Vegetation
- Thematische Attribute: Baualtersklasse, Gebäudefunktion, Sanierungsstand, Dämmung

2.4 Umwelt

2.4.1 Naturgefahrenanalyse: Am Beispiel Starkregen und Überflutung

Neben der Prävention z. B. durch Errichtung von Dämmen gilt es bei einem tatsächlich eintretenden Überflutungsereignis schnell und effektiv zu handeln. Hierzu benötigt man Informationen über neuralgische Punkte, wie beispielsweise Objekte der baulichen Infrastruktur (Dämme, Durchlässe, Kanäle u. v. m.). Müssen Personen evakuiert werden, ist es wichtig zu wissen, bis zu welchem Stockwerk die Evakuierung erfolgen muss, aber beispielsweise auch, welche Straßen überhaupt noch durch Rettungsfahrzeuge befahrbar sind (Qiao & Zhang 2009, Wang et al. 2007).



Abbildung 12: Überflutungsszenario - Stuttgart Innenstadt [Coors et al., 2013]

An dieser Stelle sei auch auf eine weitere Folge eines Starkregenereignisses eingegangen – die Erosion. Dadurch wird der Boden vor allem in steilem Gelände u.U. in großem Umfang abgetragen. Das gleiche gilt bei Lawinenabgängen und Rutschungen. Da die Art der Landnutzung (z.B. bei landwirtschaftlich genutzten Flächen die Fruchtart) Einfluss auf die Erosion hat, ist hier die gemeinsame Betrachtung von DGM und Nutzungsart (aus dem DLM) besonders wichtig.

→ Anforderungen:

- Möglichst detailliertes DGM
- 3D-Stadt- und Gebäudemodell im LoD1 (Stockwerkzahl)
- Gewässerdaten (Wasserläufe, Seeumrisse)
- Landschaftselemente / Landnutzung / Bodenbedeckung (Versiegelung)
- Objekte der baulichen Infrastruktur (Straßen, Schienen, Brücken, Tunnel)
- Entwässerungsgräben, Dämme und Schutzbauten
- Speziell zur Thematik „Erosion“: Abbaugelände, Steinbrüche

2.4.2 Landwirtschaft und Forstmanagement

Aus Sicht der Landwirtschaft ist eine mögliche Anwendung eines 3D-DLM, die Wirksamkeit von Landschaftselementen hinsichtlich Erosionsminderungen abzuleiten. Entscheidender Einflussfaktor ist hierbei die Hangneigung. Die Steigung des Geländes spielt außerdem hinsichtlich des landwirtschaftlichen Wegenetzes eine entscheidende Rolle; so hat diese einen maßgeblichen Einfluss auf die Befahrbarkeit von Wegen mit bestimmten Landmaschinen (Machl et al. 2016).

Bezüglich des Forstmanagements kann mittels detaillierter Vegetationsmodelle beispielsweise die Biomasse (z.B. Holzvolumen) abgeschätzt werden. Hierbei gibt es genauso wie bei den Gebäudemodellen unterschiedliche Detaillierungsgrade; so erlaubt z. B. das LoD2 die Unterscheidung zwischen Laub- und Nadelholz (Keightley & Bawden 2010). Des Weiteren ist die Modellierung der Vegetation zum Beispiel zur Wertermittlung im Flurneuerungsverfahren, aber auch für den Aufbau eines Bioatlas wichtig.

→ Anforderungen:

- DGM
- Straßen
- Vegetation
- Landschaftselemente / Landnutzung / Bodenbedeckung (Versiegelung)
- Entwässerungsgräben, Dämme

2.4.3 Lärmausbreitung

3D-Daten werden in diesem Zusammenhang u. a. dafür genutzt, Modelle zu erzeugen, die Aufschluss darüber geben, in welchem Ausmaß die Bürger der Lärmbelastung ausgesetzt sind. Entsprechend der Richtlinie 2002/49/EG müssen in allen EU-Mitgliedsstaaten in regelmäßigen Abständen Lärmkarten der Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden. Hierfür werden bereits 3D-Modelle verwendet. Straßen und Schienenwege, Brücken und Tunnel sind essentiell, da Straßen und Schienen als Emittenten gelten. Ein Vorteil, den ein 3D-DLM liefern kann, ist zum Beispiel die

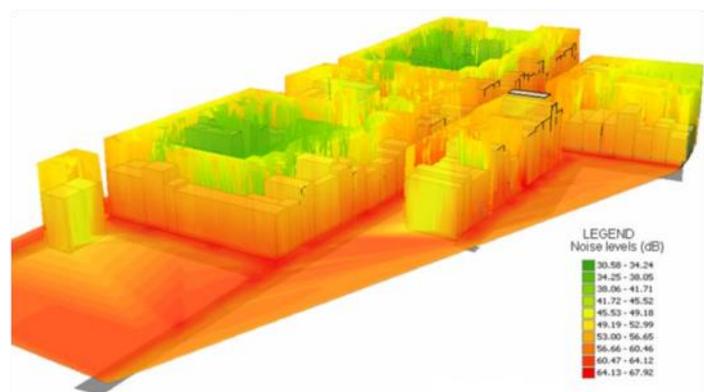


Abbildung 13: 3D-Lärmsimulation [Biljecki, 2015]

Berücksichtigung von Reflexionen; der Lautstärkepegel kann an unterschiedlichen Elevationen der gleichen planaren Koordinaten deutlich variieren (Biljecki 2015).

Neben realitätsnahen Modellen des Straßenraums wäre eine zusätzliche Integration weiterer Informationen wie dem Fahrbahnbelag oder dem Verkehrsaufkommen hilfreich.

→ **Anforderungen:**

- DGM
- 3D-Gebüdemodelle im LoD1 (Gebäudehöhen)
- Straßenraum (Straßen, Schienen, Brücken, Tunnel – LoD2)
- Stadtmöbel (z.B. Lärmschutzwände)
- Thematische Attribute: Fahrbahnbelag, Verkehrsaufkommen

2.5 Tourismus

Die Anwendungsmöglichkeiten eines 3D-Landschaftsmodells sind für den Tourismus sehr vielseitig. Neben den Profilen von Rad- und Wanderwegen oder der Höhenlage von Badeseen, ist ein wichtiger Tourismuszweig (v.a. im Gebirge) der Skisport. Vorstellbar ist zum Beispiel die interaktive Visualisierung von Skipisten und -liften mit abfragbaren Informationen. Außerdem könnte das entsprechende Höhenprofil einer Piste berechnet und angezeigt werden.

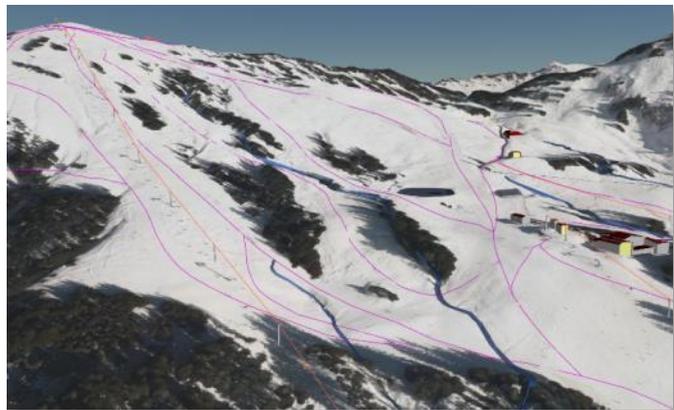


Abbildung 14: Dreidimensionale Darstellung eines Ski-gebiets in Vorarlberg [VoDLM3D-Abschlussbericht, 2015]

→ **Anforderungen:**

- Detailliertes DGM
- Straßen
- 3D-Darstellung der Skilifte
- Skipisten
- Relevante Vegetation
- Thematische Attribute: Schwierigkeitsgrad der Piste

2.6 Zusammenfassung – Anwendungsszenarien

		Notwendige Objektarten									
		DGM	Gebäude	Straßen	Schienen	Brücken	Tunnel	Gewässer	Vegetation	Stadtmöbel	Leitungen
Anwendungsszenarien	Sichtbarkeitsanalyse	●	●	●					●	○	○
	Verschattungsanalyse	●	●			○			●	○	○
	Standortplanung	●	●	○	○			○	○		
	Infrastrukturbau + Stadtplanung	●	●	●			●	●	○		●
	Beleuchtungssimulation	●	●	●	●	●	●			●	
	Flugsicherung	●	●			●			●		●
	Detonationssimulation	●	●			○	○		●	○	○
	Trainingssimulator (Auto / Tram)	●	○	●	●	●	●		○	○	
	Mobilität	●	○	●	○	●	●			○	○
	Energieplanung	●	●						●		
	Überflutung	●	●	●	●	●	●	●			○
	LWS / Forstmanagement	●		●					●		
	Lärmausbreitung	●	●	●	●	●	●		○	●	
Tourismus	●	○	●				○	○	●		

Eine Übersicht über alle in Kapitel 2 vorgestellten Anwendungsszenarien und der jeweils notwendigen Objektarten ist in obiger Tabelle zusammengefasst (● bedeutet, dass die Anwendung ein 3D-DLM erfordert; ○ bedeutet, dass ein 3D-DLM die Möglichkeiten erweitert).

Die Tabelle ist außerdem nochmals im Anhang enthalten. Hierbei wird zusätzlich vermerkt, in welchem Level of Detail die jeweiligen Objektarten für die entsprechenden Anwendungen benötigt werden. Auch in dieser erfolgt eine Charakterisierung der für die Anwendungsszenarien benötigten Objektarten nach dem Aspekt „Erfordert die Anwendung ein 3D-DLM oder erweitert 3D-DLM die Möglichkeiten“. In der beigefügten Tabelle (siehe Anhang) wurde diese Aufteilung anhand der unterschiedlichen Einfärbung realisiert (dunkelgrün: 'Anwendung erfordert 3D-DLM' / hellgrün: '3D-DLM erweitert die Möglichkeit').

2.7 Anwendungsszenarien hinsichtlich des Projekts

Während des internen Meetings mit Auftragnehmern (Runder Tisch GIS e.V., TU München und M.O.S.S.) und den Auftraggebern (Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen, Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung sowie Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung) wurde bereits auf mögliche Anwendungen eines 3D Digitalen Landschaftsmodells eingegangen. Dabei wurde herausgestellt, welche Präferenzen die jeweiligen Auftraggeber hinsichtlich relevanter Anwendungsszenarien haben. Diese seien im Folgenden kurz vorgestellt.

BEV

Wie bereits in Kapitel 2.2.1 erwähnt, ist für das Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen die Thematik „eTOD“ (electronic Terrain and Obstacle Data) aktuell von enormer Bedeutung, da die Einrichtung von eTOD bis 2017 verpflichtend ist.

Ziel des Projekts ist es daher von Seiten des BEV, mögliche Umsetzungsszenarien zu eruieren. Dabei müssen sowohl Einzelobjekte, wie z.B. Masten, als auch Linienobjekte (Leitungen, Seilbahnen, Brücken, u.v.m.) und Flächenobjekte (großflächige Bauwerke) berücksichtigt werden. Eine aktuelle Herausforderung stellt außerdem die Möglichkeit dar, mit automatisierten Verfahren zu arbeiten.

LDBV

Beim Basis-DLM wird mehr Wert auf die Aktualität als auf die Lagegenauigkeit gelegt. Es stellt sich daher die Frage, ob das Basis-DLM als Grundlage für das 3D-DLM ausreichend ist.

Das Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung schlägt vor, bei den Untersuchungen, wie ein Basis-DLM verändert werden muss, um daraus möglichst automatisiert das 3D-DLM aufbauen zu können, sich auf wenige exemplarische Objektarten zu beschränken, statt alles in 3D zu erfassen.

LGL

Derzeit steht vor allem die 3D-Modellierung von Bauwerken im Fokus; dies wird allerdings als „zu wenig“ erachtet. Es ist beispielsweise auch die Modellierung der Vegetation und der Landwirtschaft von hoher Bedeutung (z.B. für die Wertermittlung im Flurneuerungsverfahren oder dem Aufbau eines Bioatlas).

Das Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung strebt eine integrierte Führung von ATKIS und ALKIS in 3D an. Durch das Modellieren von Landschaftsobjekten in 3D würde die redundante Datenerhaltung entfallen.

Fazit

Als Vorschlag weniger Szenarien, die in den weiteren Projektphasen im Detail betrachtet werden, bieten sich unter Berücksichtigung der obigen Überlegungen, aber auch im Hinblick auf die Vielzahl von notwendigen Objektarten, folgende Anwendungen an:

- **eTOD**
- **Überflutung**

Mit diesen beiden Anwendungsszenarien sind den Interessen aller Auftraggeber Rechnung getragen: Bei der Thematik 'eTOD' sind zum einen hohe Einzelobjekte (Masten, Leitungen), aber auch die Vegetation (hohe Bäume in Einflugschneise) zu berücksichtigen. Bei dem Anwendungsszenario 'Überflutung' wäre die ländliche Thematik abgedeckt (Auswirkung auf Vegetation und Landwirtschaft); außerdem erfordert diese Anwendung die Berücksichtigung diverser Objektarten, wie Straßen, Brücken, Gebäude, Gewässer, u.v.m.. Dabei sind auch die im Projektauftrag aufgeführten ATKIS-Objekte relevant.

3 Datenevaluierung

In der Anfangsphase des Projekts 3D-DLM haben sich die Projektpartner darauf verständigt, zwei unterschiedliche Testgebiete zu bearbeiten.

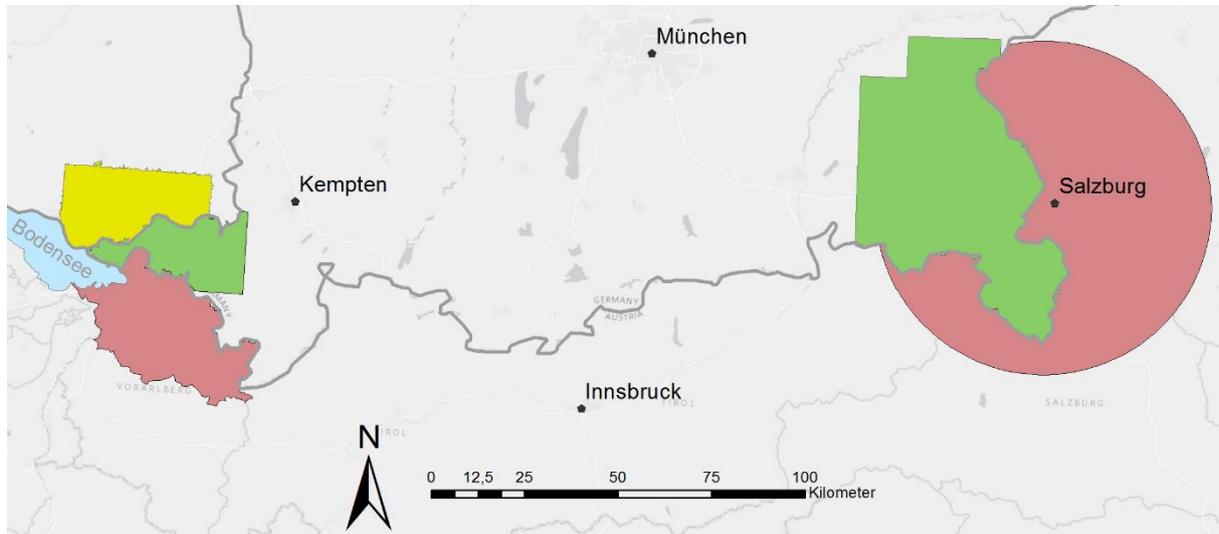


Abbildung 15: Gebietsumfang des 3D-DLM-Projekts (korallenrot: **BEV**, grün: **LDBV**, gelb: **LGL**)

- Zum einen wurde die **Bodenseeregion** – mit seinen Anrainerstaaten – als sehr sinnvoll erachtet. In früheren Projekten des Runden Tisch GIS e.V. (Geodatenpool Bodensee) wurden dabei bereits Erfahrungen in der grenzübergreifenden Zusammenarbeit gesammelt. Außerdem können auftretende Probleme (z.B. unterschiedliche Bezugssysteme, heterogene Datenbasis, u.v.m.) aufgezeigt werden.
- Zum anderen wurde ein Gebiet im **Umkreis von 45km um den Salzburger Flughafen** als weiteres Testgebiet gewählt. Dies hängt insbesondere damit zusammen, dass die Thematik „eTOD“ vor allem für Österreich eine wichtige Rolle spielt; von besonderem Interesse ist dabei die grenzübergreifende Einflugschneise zwischen Österreich und Bayern (vgl. Freilassing).

Für die Überführung der im zweidimensionalen vorliegenden DLM-Daten in die dritte Dimension, wurden von den drei Auftraggebern – BEV, LDBV und LGL – diverse Daten bereitgestellt. Diese werden im Folgenden detailliert betrachtet und vorgestellt.

3.1 BEV

Das BEV stellt für das Projekt für die beiden Testgebiete (Bodensee und Salzburg) sowohl ein DGM und ein DOM, als auch das 2D-DLM zur Verfügung.

3.1.1 DGM

3.1.1.1 Bodensee (TIFF)

Anzahl Dateien: 214

Format: TIFF (Höhenraster), 1 Kanal, 32bit, floating point

Namensbeispiel: 1127-532_DGM.tif

Auflösung: 10m / Rasterzelle

Kachelgröße: 2,5 x 2,5 km (251 x 251 Rasterzellen)

Bounding-Box

-60005, 229995

-4995, 275005

→ Dies ergibt eine Fläche von 65x45km

Bezugssystem

XY: MGI_Austria_GK_West (WKID: 31254 Authority: EPSG)

Z: Gebrauchshöhen (Pseudoorthometrische Höhen); Pegel: Triest 1875

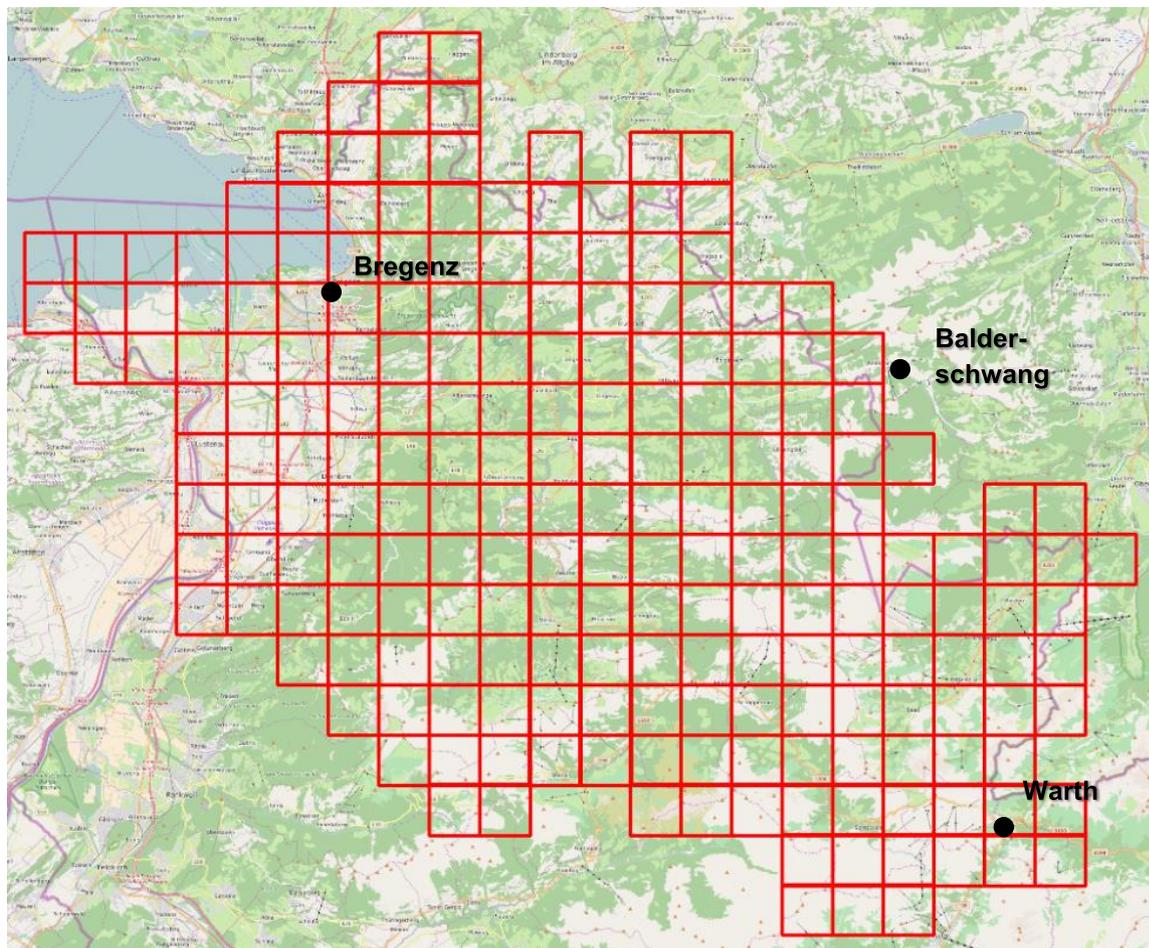


Abbildung 16: Vorarlberg DGM – Kachelübersicht

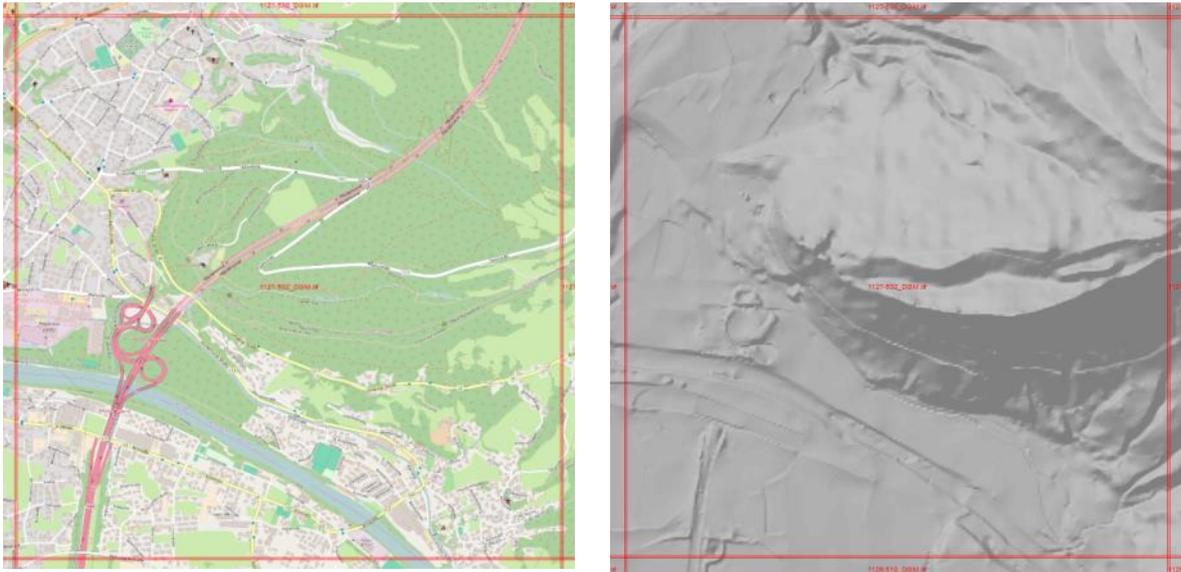


Abbildung 17: Vorarlberg DGM - Ausschnitt Kachel 1127-532_DGM

3.1.1.2 Bodensee (IMG)

Da das LVG Vorarlberg über ein besser aufgelöstes DGM verfügt, soll diese Datengrundlage an dieser Stelle ebenfalls aufgeführt werden.

Anzahl Dateien: 1

Format: IMG (Höhenraster), 1 Kanal, 32bit, floating point

Name: gt2011_50cm.img

Auflösung: 0,5m / Rasterzelle

Gesamtgröße: 57,5 x 87,5 km (115000 x 175000 Rasterzellen)

Bounding-Box

-62500, 187500

-5000, 275000

Bezugssystem

XY: MGI_Austria_GK_West (WKID: 31254 Authority: EPSG)

Z: Gebrauchshöhen; Pegel: Adria

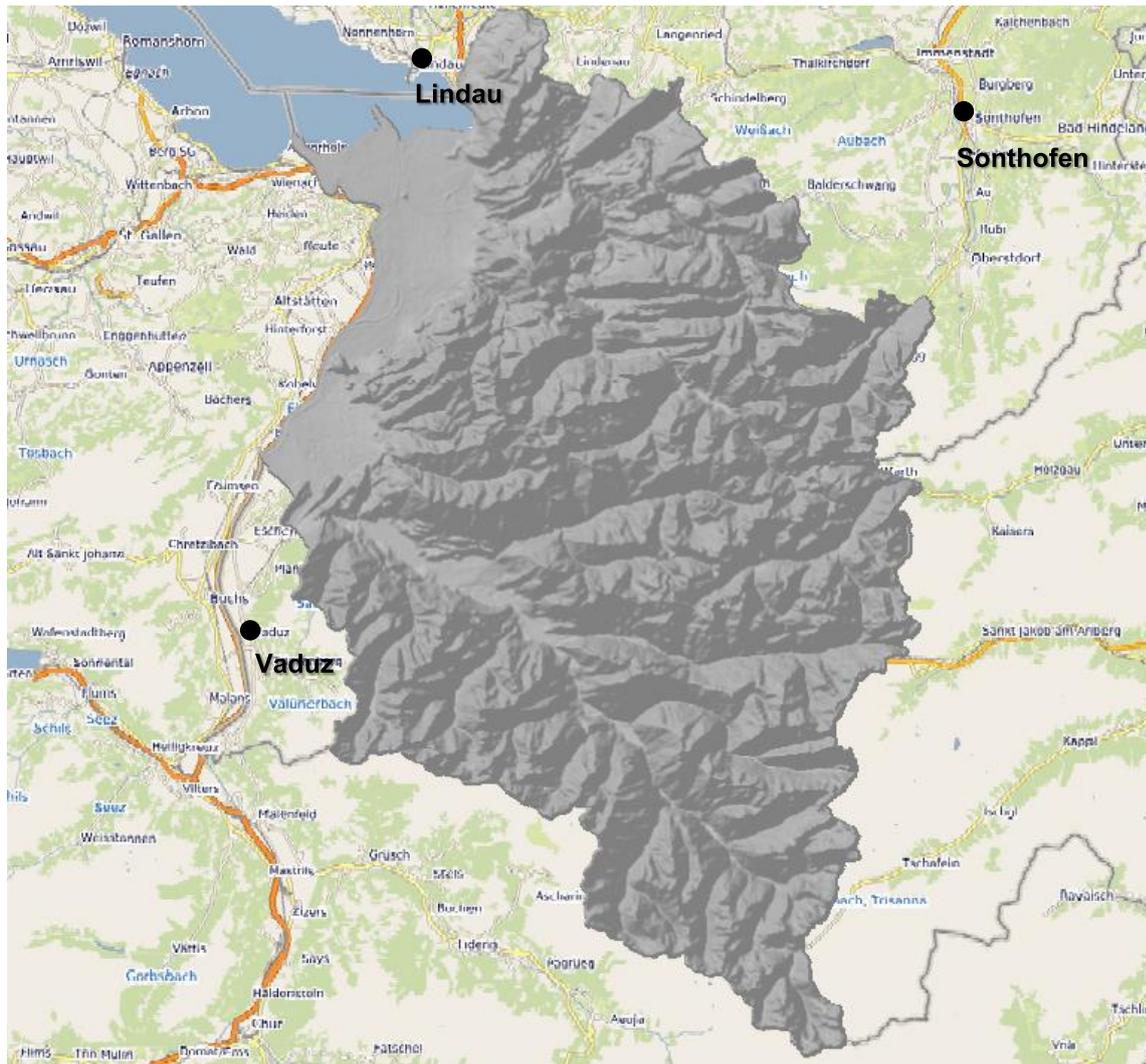


Abbildung 18: Vorarlberg DGM – Übersicht

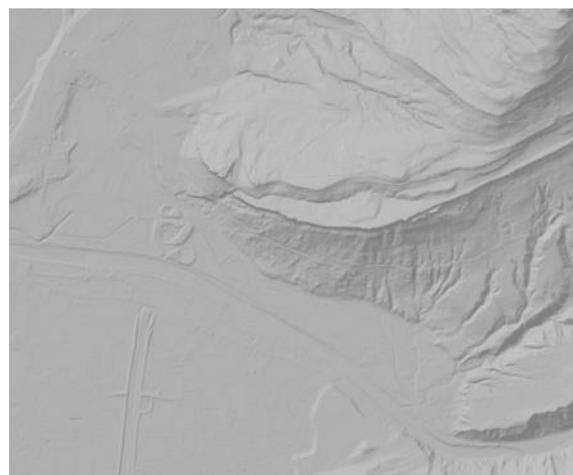
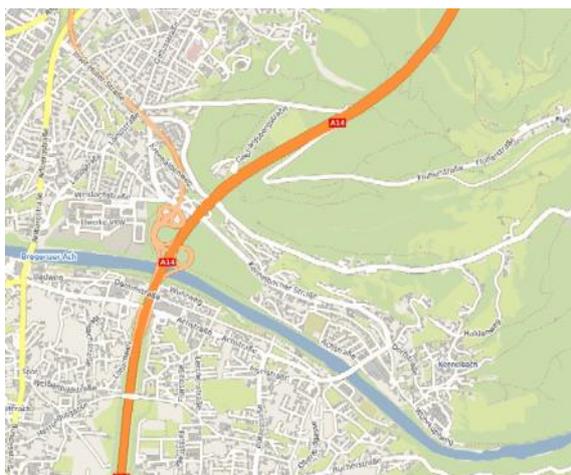


Abbildung 19: Vorarlberg DGM – Ausschnitt



Abbildung 20: Vorarlberg DGM - Detail

3.1.1.3 Salzburg (DGM 10 - BEV)

Anzahl Dateien: 1557

Format: TIFF (Höhenraster), 1 Kanal, 32bit, floating point

Namensbeispiel: 4330-523_DGM.tif

Auflösung: 10m / Rasterzelle

Kachelgröße: 2,5 x 2,5 km (251 x 251 Rasterzellen)

Bounding-Box

-70005,249995
22505,342505

→ Dies ergibt eine Fläche von 92,5 x 92,5 km

Bezugssystem

XY: MGI_Austria_GK_Central (WKID: 31255 Authority: EPSG)

Z: Gebrauchshöhen (Pseudoorthometrische Höhen); Pegel: Triest 1875

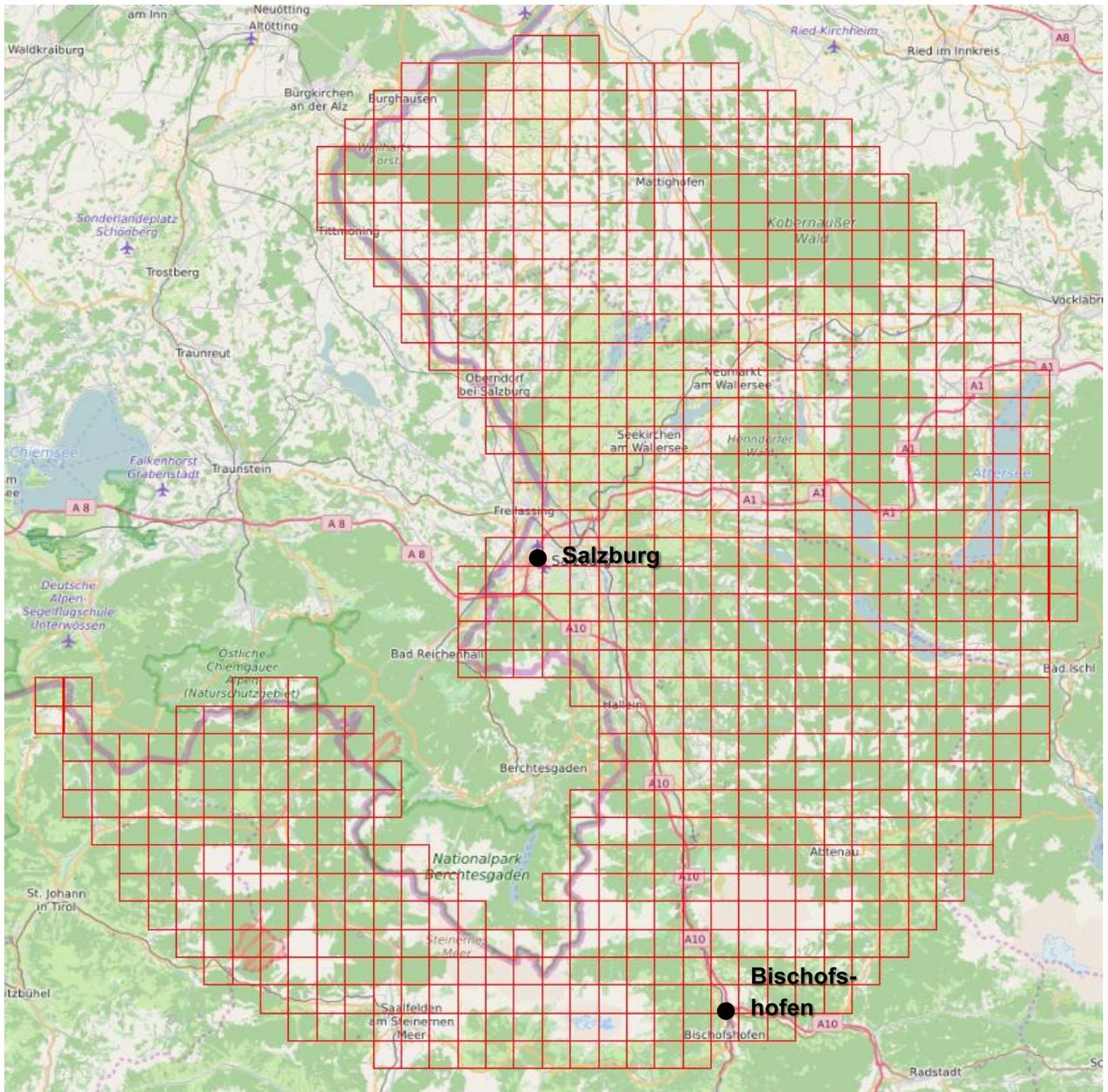


Abbildung 21: Salzburg DGM 10 – Kachelübersicht

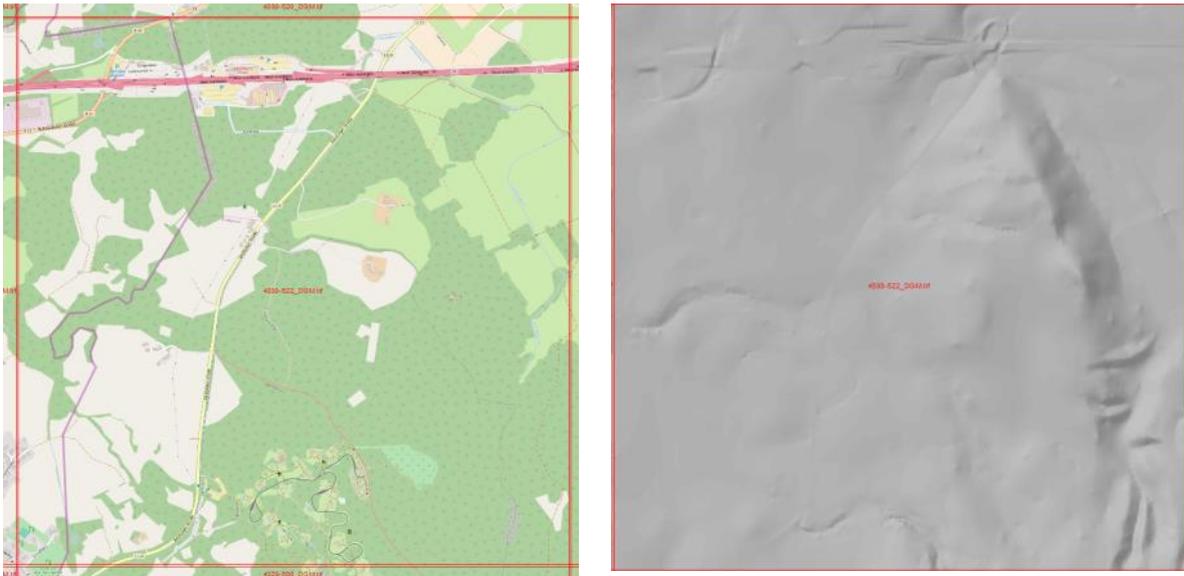


Abbildung 22: Salzburg DGM 10 – Ausschnitt Kachel 4330-533_DGM

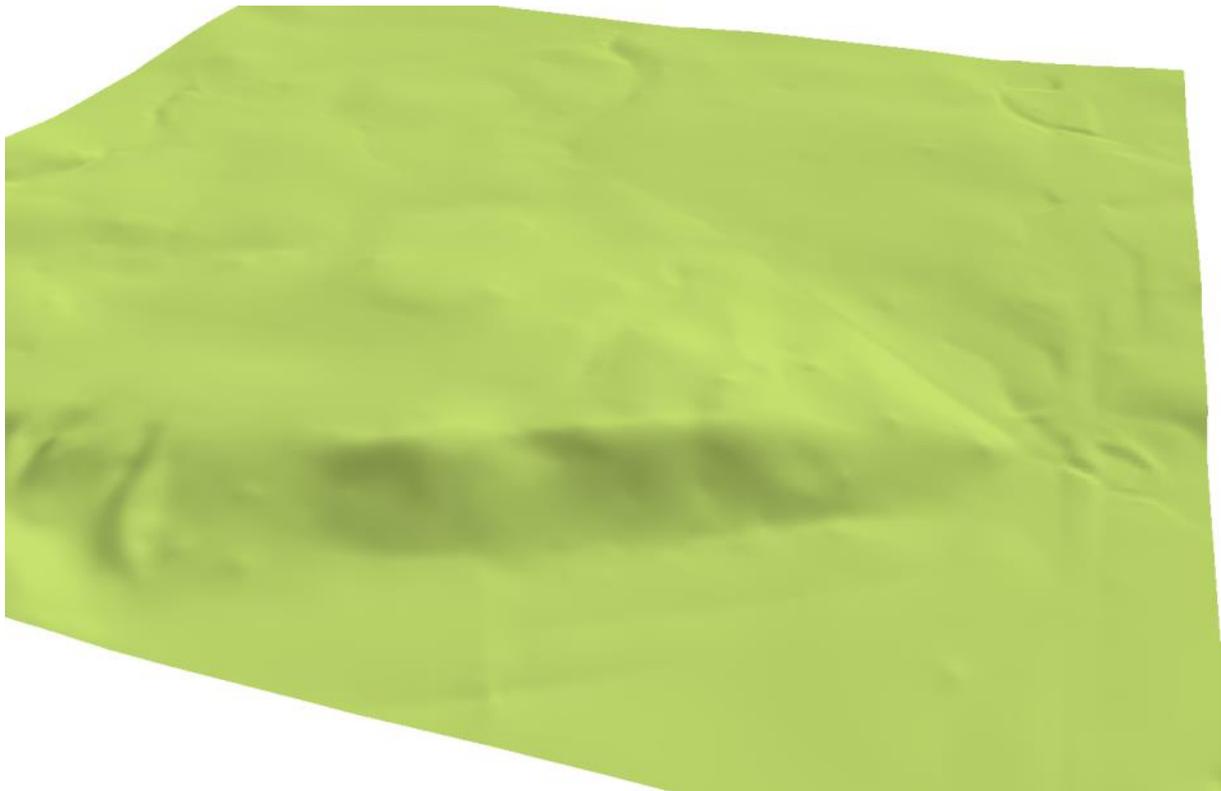


Abbildung 23: Salzburg DGM 10 – 3D-Ansicht Kachel 4230-533_DGM

3.1.1.4 Salzburg (DGM 1 - SAGIS)

Da das Land Salzburg über ein besser aufgelöstes DGM verfügt, soll diese Datengrundlage an dieser Stelle ebenfalls aufgeführt werden.

Anzahl Dateien: 5

Format: TIFF (Höhenraster), 1 Kanal, 32bit, floating point

Namensbeispiel: dgm_teil_1.tif

Auflösung: 1m / Rasterzelle

Kachelgröße: Unterschiedlich

Bounding-Box

387055

249981

469807

322762

→ Dies ergibt eine Fläche von 82,75 x 72,78 km

Bezugssystem

XY: MGI_Austria_GK_M31 (WKID: 31258 Authority: EPSG)

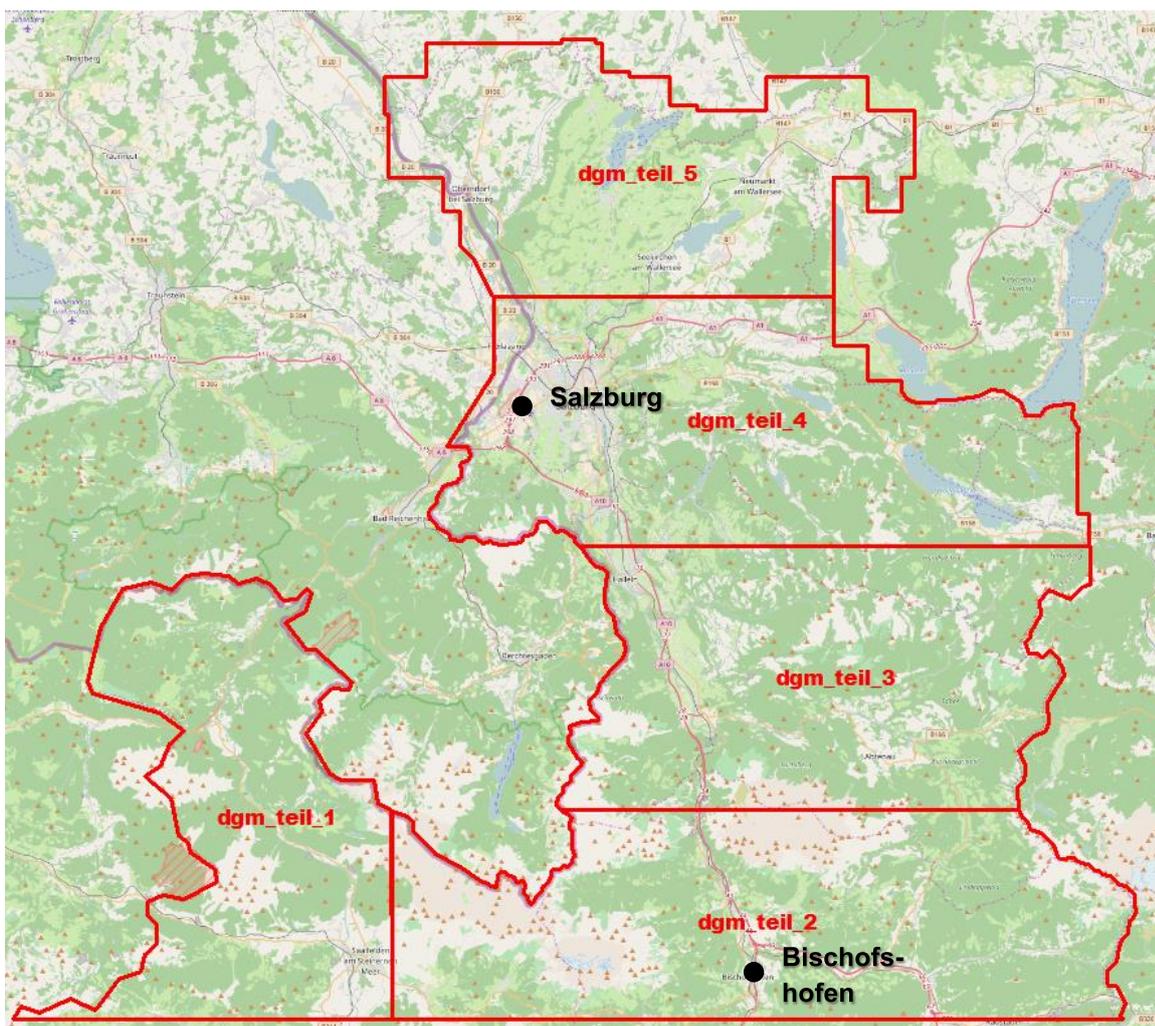


Abbildung 24: Salzburg DGM 1 – Kachelübersicht



Abbildung 25: Salzburg DGM 1 - Ausschnitt Kachel dgm_teil_1

3.1.2 DOM

3.1.2.1 Bodensee (gs2011_50cm.img)

Da es vom BEV zurzeit für das Gebiet „Vorarlberg“ kein DOM gibt, werden die Daten vom LVG Vorarlberg genutzt (Verwaltungsbezirke Bregenz und Dornbirn).

Anzahl Dateien: 1

Format: IMG (Höhenraster), 1 Kanal, 32bit, floating point

Name: gs2011_50cm.img

Auflösung: 0,5m / Rasterzelle

Gesamtgröße: 57,5 x 87,5 km (115000 x 175000 Rasterzellen)

Bounding-Box

-62500, 187500
-5000, 275000

Bezugssystem

XY: MGI_Austria_GK_West (WKID: 31254 Authority: EPSG)

Z: Gebrauchshöhen; Pegel: Adria



Abbildung 26: Vorarlberg DOM – Übersicht

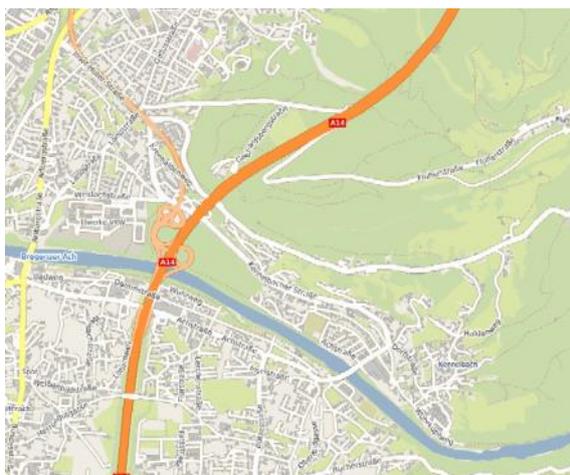


Abbildung 27: Vorarlberg DOM – Ausschnitt



Abbildung 28: Vorarlberg DOM – Detail

3.1.2.2 Salzburg

Für das Gebiet „Salzburg“ gibt es neben dem DGM, nur teilweise DOM-Daten. In Abbildung 29 entspricht die grün eingefärbte Fläche dem Gebiet, das aktuell durch DOM-Daten abgedeckt ist.

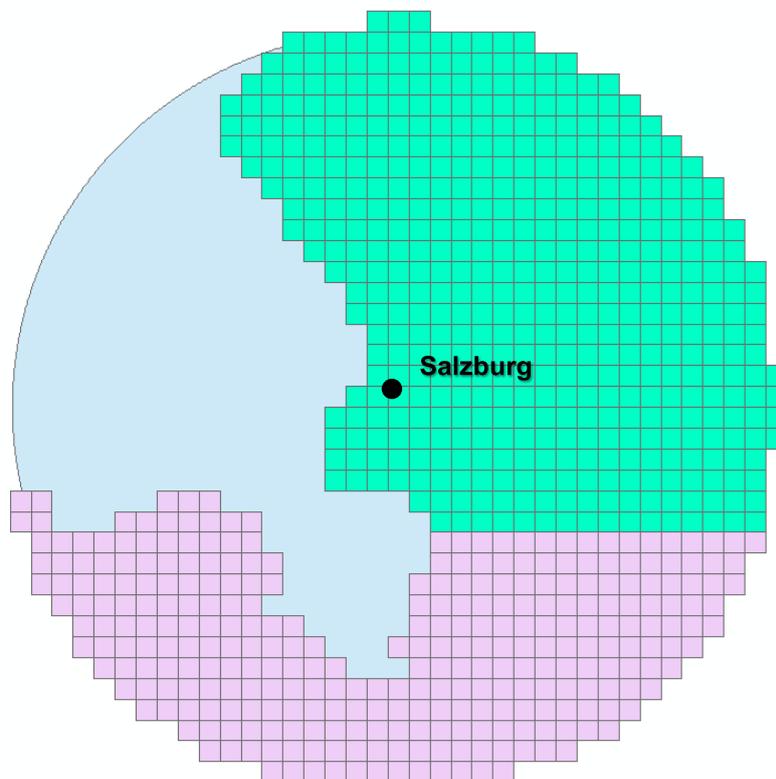


Abbildung 29: Salzburg DGM / DSM (grün: DSM)

Anzahl Dateien: 478

Format: TIFF (Höhenraster), 1 Kanal, 32bit, floating point

Namensbeispiel: 4330-523_DGM.tif

Auflösung: 0,5m / Rasterzelle

Kachelgröße: 2,5 x 2,5 km (5001 x 5001 Rasterzellen)

Bounding-Box

-45000, 279999

22500, 342500

→ Dies ergibt eine Fläche von 67,5 x 62,5 km

Bezugssystem

XY: MGI_Austria_GK_Central (WKID: 31255 Authority: EPSG)

Z: Gebrauchshöhen (Pseudoorthometrische Höhen); Pegel: Triest 1875

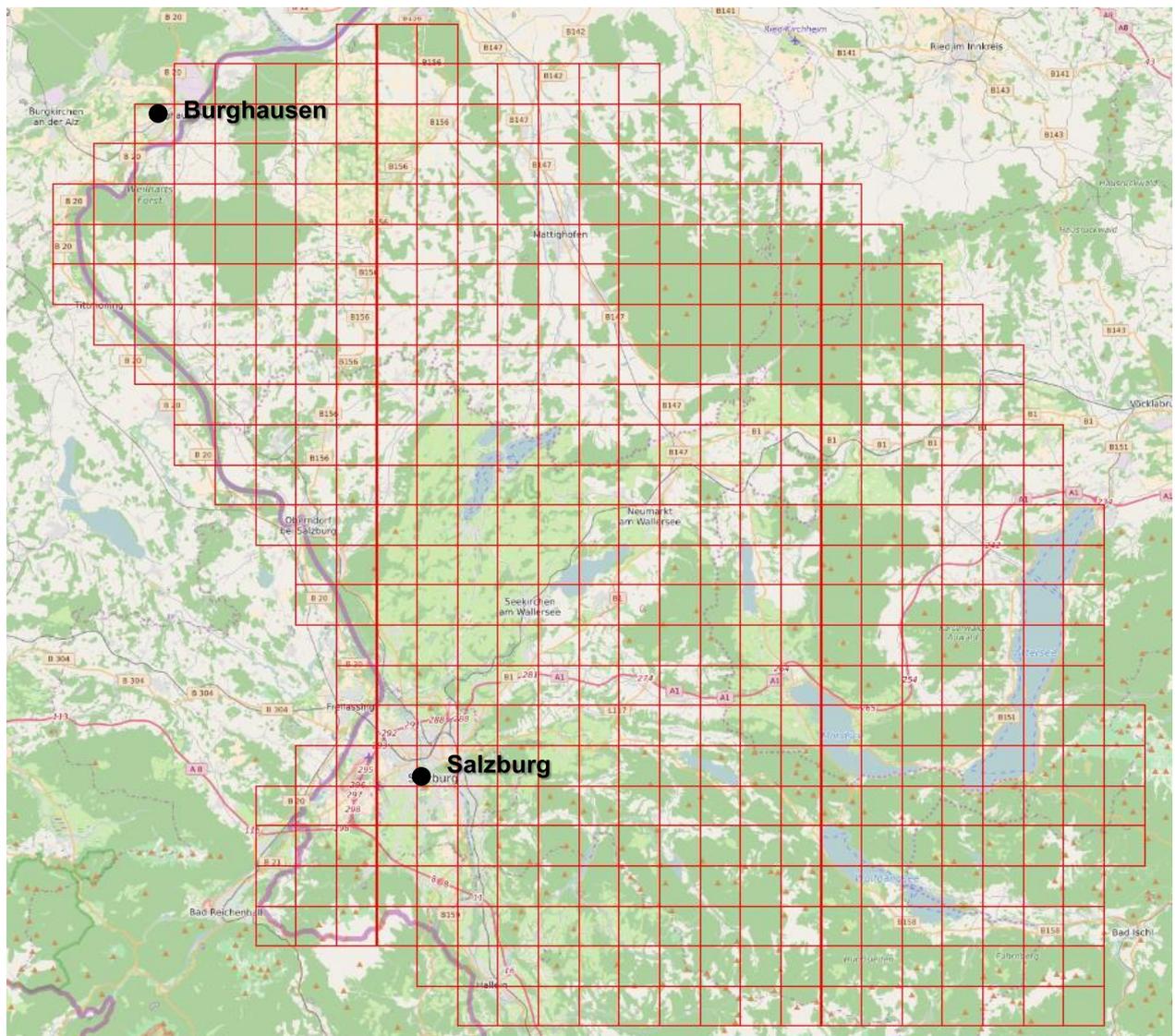


Abbildung 30: Salzburg DSM – Kachelübersicht



Abbildung 31: Salzburg DSM - Ausschnitt Kachel 4230-533_DSM

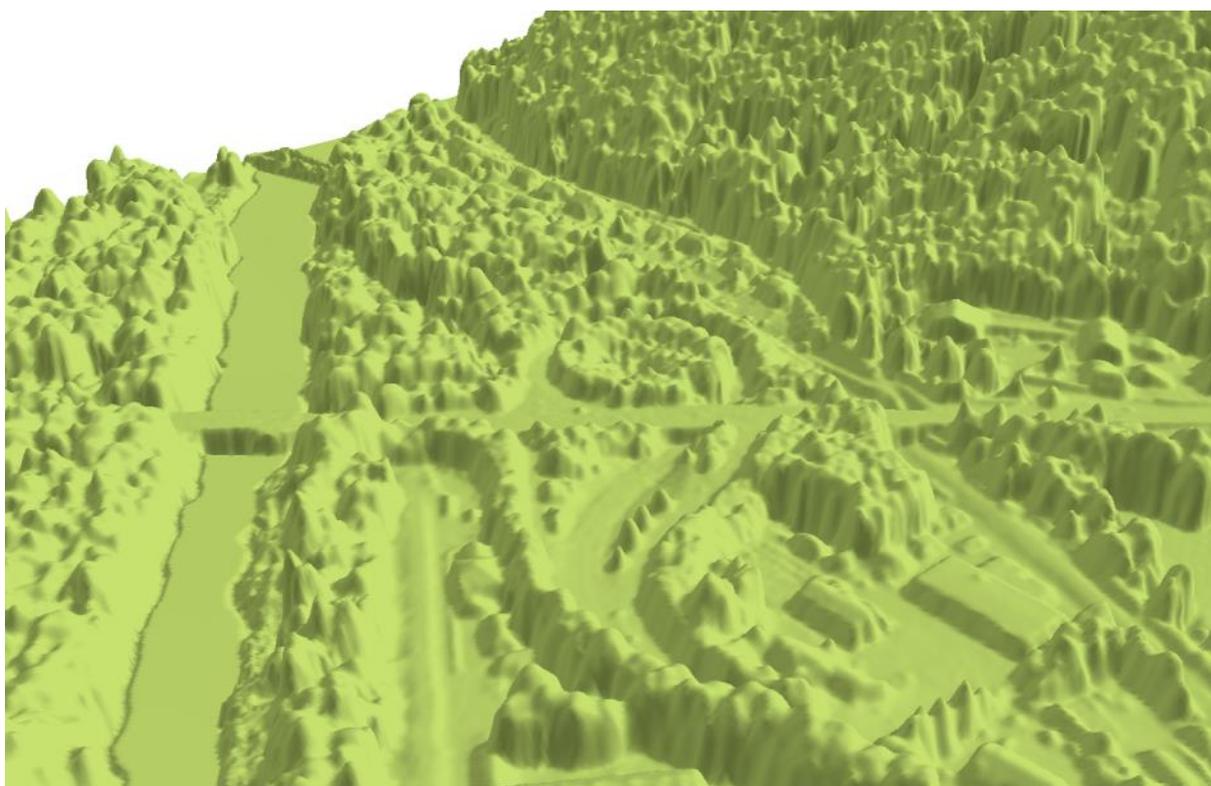


Abbildung 32: 3D-Ansicht Kachel 4330-523_DSM – Detailansicht (Rasterauflösung 1m)

3.1.3 2D Basis-DLM

3.1.3.1 Bodensee

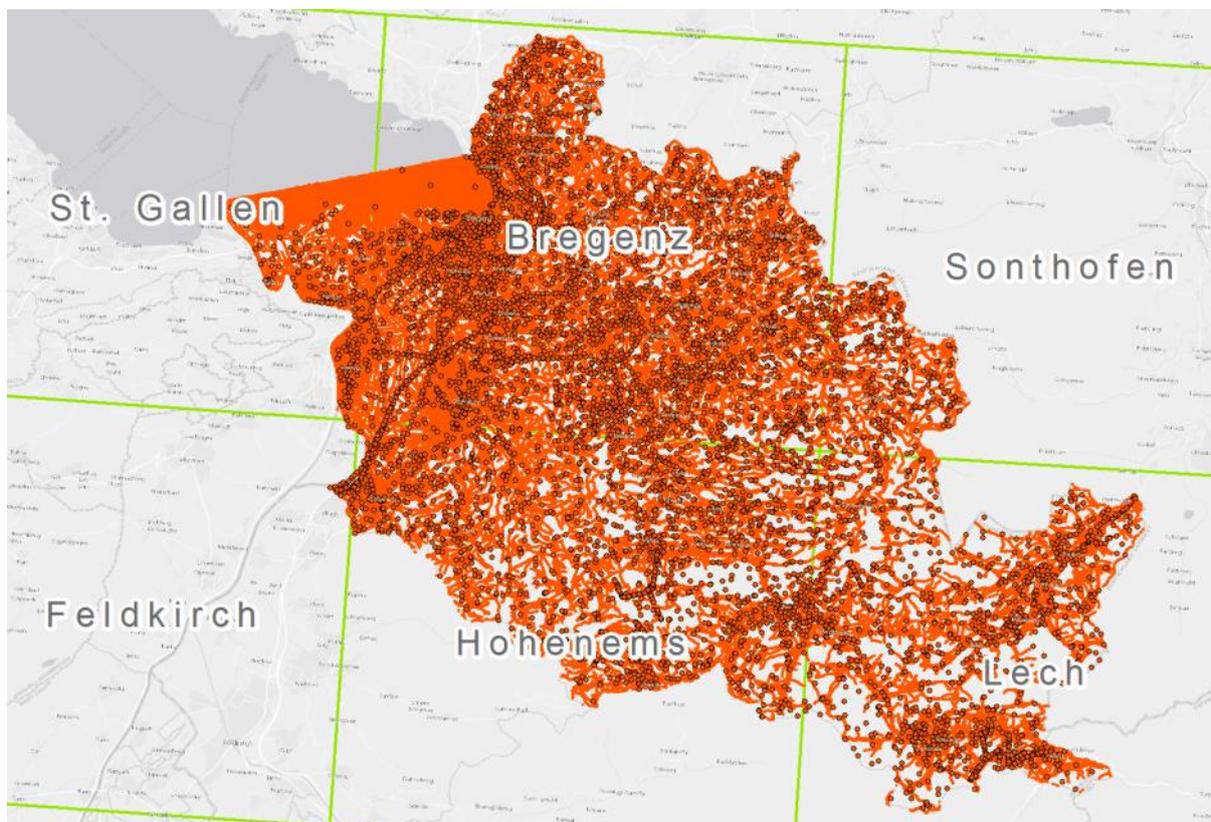


Abbildung 33: Gebietsumfang der DLM-Daten - Bodensee-Gebiet

Im Folgenden sind die entsprechenden Blattnummern, sowie der Aktualitätsstand der DLM-Daten aufgeführt:

Blatt-Name	Blatt-Nummer	DLM-Aktualitätsstand
St. Gallen	NL 32-02-17	2011
Bregenz	NL 32-02-18	2011
Sonthofen	NL 32-03-13	2011
Feldkirch	NL 32-02-23	2013
Hohenems	NL 32-02-24	2013
Lech	NL 32-03-19	2010

Das zweidimensionale Basis-DLM des BEV ist das „Digitale Landschaftsmodell“. Dieses liegt in Form von Vektordaten im ETRS 1989 UTM Zone 33N (Transversale Mercator-Projektion) vor.

Im Weiteren werden die einzelnen Shape-Files detailliert betrachtet. Diese lassen sich in die folgenden Themenbereiche kategorisieren:

- Bauten
- Bodenbedeckung
- Gebietsnutzung
- Gewässer
- Namen
- Verkehr

Eine feinere Untergliederung dieser Themenbereiche sowie eine Übersicht der Objektzahl, der Datenmenge und der einzelnen hinterlegten Attribute, seien im Folgenden aufgeführt:

BAUTEN

	Geometrie	Objektanzahl	Größe [MB]
<i>BAU_2100_KOMM_EINRICHTUNG_P.shp</i>	Punkt	472	0,75
<i>BAU_2200_BETRIEBSEINRICHTUNG_P.shp</i>	Punkt	794	1,09
<i>BAU_2300_KULTUR_P.shp</i>	Punkt	1168	1,35
<i>BAU_2400_FREIZEIT_P.shp</i>	Punkt	276	0,32
<i>BAU_2500_SONSTIGE_L.shp</i>	Polylinie	1617	1,57
<i>BAU_2700_STROMLEITUNG_L.shp</i>	Polylinie	58	0,06
<i>BAU_2800_STROMMAST_P.shp</i>	Punkt	743	0,19

- BAU_2100_KOMM_EINRICHTUNG_P.shp:
 - o Dies umfasst folgende Objekte: Apotheke / Exekutive / Feuerwehr / Krankenanstalt / Sanitätseinrichtung / Schule / BEV Standort / Bezirkshauptmannschaft / Forstverwaltung / Gemeindeamt
 - o **472 Objekte** (Punkt ZM) → **746 KB**
 - o Attribute: FID / Shape / OBJECTID / F_CODE / F_NAME / KENNZAHN / ERFASS_ART / NAME / ART / BETREIBER / ERSTELLDAT / BEARBDAT / ADR_CODE / SUB_CODE / PLZ / ORTSNAME / ADRESSE / HAUS_NR_1 / HAUS_NR_B1 / HAUS_NR_V1 / HAUS_NR_2 / HAUS_NR_B2 / SONST_HAUS / GOLBALID

- BAU_2200_BETRIEBSEINRICHTUNG_P.shp:
 - o Dies umfasst folgende Objekte: Gas-, Ölbehälter / Kläranlage Betriebsgebäude / Kraftwerk / Umformer / Umspannwerk / Almwirtschaft / Biwakschachtel / Gastgewerbliches Gebäude / Hoher Schornstein / Schutzhütte / Silo / Verfallenes Haus / Bergwerk / Höhle / Schacht, Schlund / Ombrometer
 - o **794 Objekte** (Punkt ZM) → **1,09 MB**
 - o Attribute: FID / Shape / F_CODE / F_NAME / ERFASS_ART / NAME / ART / BETREIBER / GEBIRGE / PLZ / ADRESSE / HAUS_NR_1 / HAUS_NR_2 / HAUS_NR_B1 / HAUS_NR_B2 / SONST_HAUS / ADR_CODE / SUB_CODE / ERSTELLDAT / BEARBDAT / OBJECTID / GOBALID

- BAU_2300_KULTUR_P.shp:
 - o Dies umfasst folgende Objekte: Versammlungsort rel. Gesellschaften / Bildstock / Kreuz / Wegweiser / Burg, Schloss / Denkmal / Ruine / Turm, Warte
 - o **1168 Objekte** (Punkt ZM) → **1,35 MB**
 - o Attribute: FID / Shape / F_CODE / F_NAME / ERFASS_ART / NAME / BETREIBER / HOEHE_MEER / ART / PLZ / ADRESSE / HAUS_NR_1 / HAUS_NR_2 / HAUS_NR_B1 / HAUS_NR_B2 / SONST_HAUS / ADR_CODE / SUB_CODE / ERSTELLDAT / BEARBDAT / OBJECTID / GLOBALID

- BAU_2400_FREIZEIT_P.shp:
 - o Dies umfasst folgende Objekte: Bad / Golfplatz Clubgebäude / Sportplatz / Stadion / Ausstellungsgelände (*) / Campingplatz Rezeption / Freizeitanlage (*) / Tierpark / Archäologische Ausgrabung (*) / Friedhof (*)
 - o **276 Objekte** (Punkt ZM) → **324 KB**
 - o Attribute: FID / Shape / F_CODE / F_NAME / ERFASS_ART / NAME / BETREIBER / ART / PLZ / ADRESSE / HAUS_NR_1 / HAUS_NR_2 / HAUS_NR_B1 / HAUS_NR_B2 / SONST_HAUS / ADR_CODE / SUB_CODE / ERSTELLDAT / BEARBDAT / OBJECTID / GLOBALID

- [BAU_2500_SONSTIGE_L.shp](#):
 - o Dies umfasst folgende Objekte: Lawinenschutzbau / Rohrbrücke / Staumauer (*) / Bob-, Rodelbahn / Sprungschanze
 - o **1617 Objekte** (Polylinie ZM) → **1,57 MB**
 - o Attribute: FID / Shape / F_CODE / F_NAME / NAME / ART / ERFASS_ART / ERSTELLDAT / BEARBDAT / OBJECTID / GLOBALID / SHAPE_LEN
- [BAU_2700_STROMLEITUNG_L.shp](#):
 - o Dies umfasst folgende Objekte: Stromleitung
 - o **58 Objekte** (Polylinie ZM) → **55,9 KB**
 - o Attribute: FID / Shape / F_CODE / F_NAME / BETREIBER / KV_SPANN / LTG_NR_1 / LTG_NR_2 / LTG_NR_3 / LTG_NR_4 / STUFE / ERSTELLDAT / BEARBDAT / OBJECTID / GLOBALID / SHAPE_LEN
- [BAU_2800_STROMMAST_P.shp](#):
 - o Dies umfasst folgende Objekte: Strommast / Stromendmast
 - o **743 Objekte** (Punkt ZM) → **191 KB**
 - o Attribute: FID / Shape / F_CODE / F_NAME / ERFASS_ART / MAST_NR / ERSTELLDAT / BEARBDAT / OBJECTID / GLOBALID

BODENBEDECKUNG

	Geometrie	Objektanzahl	Größe [MB]
<i>BOD_5300_WASSER_F.shp</i>	Polygon	366	1,94

- [BOD_5300_WASSER_F.shp](#):
 - o Dies umfasst folgende Objekte: Fluss > 20 m Breite / Fluss 5-20 m Breite (*) / Bach < 5 m Breite (*) / Bach zeitweise wasserführend (*) / See, Teich / Klärbecken (*) / Schwimmbecken
 - o **366 Objekte** (Polygon ZM) → **1,94 MB**
 - o Attribute: FID / Shape / F_CODE / F_NAME / NAME / VAR_NAME / HOEHE_MEER / ERSTELLDAT / BEARBDAT / OBJECTID / GLOBALID / SHAPE_AREA / SHAPE_LEN

GEBIETSNUTZUNG

	Geometrie	Objektanzahl	Größe [MB]
<i>GEB_3200_FREIZEIT_F.shp</i>	Polygon	243	0,22
<i>GEB_3300_VERKEHR_F.shp</i>	Polygon	46	0,05
<i>GEB_3400_BETRIEBSEINRICHTUNG_F00.shp</i>	Polygon	44	0,04

- [GEB_3200_FREIZEIT_F.shp](#):
 - o Dies umfasst folgende Objekte: Bad / Golfplatz / Sportplatz / Stadion / Ausstellungsgelände (*) / Campingplatz / Freizeitanlage (*) / Tierpark / Archäologische Ausgrabung (*) / Friedhof (*)
 - o **243 Objekte** (Polygon ZM) → **221 KB**
 - o Attribute: FID / Shape / F_CODE / F_NAME / ERSTELLDAT / BEARBDAT / OBJECTID / P_ID_2400 / GLOBALID / SHAPE_AREA / SHAPE_LEN

- [GEB_3300_VERKEHR_F.shp](#):
 - o Dies umfasst folgende Objekte: Bahnhofsbereich / Parkplatz / Verkehrskontrollplatz / Flugplatzbegrenzung / Rollfläche / Start- und Landebahn
 - o **46 Objekte** (Polygon ZM) → **54,5 KB**
 - o Attribute: FID / Shape / F_CODE / F_NAME / P_ID_1200 / STUFE / ERSTELLDAT / BEARBDAT / OBJECTID / GLOBALID / SHAPE_AREA / SHAPE_LEN
- [GEB_3400_BETRIEBSEINRICHTUNG_F00.shp](#):
 - o Dies umfasst folgende Objekte: Kläranlage (*) / Umspannwerk
 - o **44 Objekte** (Polygon ZM) → **44,3 KB**
 - o Attribute: FID / Shape / F_CODE / F_NAME / P_ID_2200 / ERSTELLDAT / BEARBDAT / OBJECTID / GLOBALID / SHAPE_AREA / SHAPE_LEN

GEWÄSSER

	Geometrie	Objektanzahl	Größe [MB]
<i>GEW_4100_FLIESSEND_L.shp</i>	Polylinie	7846	12,2
<i>GEW_4200_VERSORGUNG_L.shp</i>	Polylinie	6	0,01
<i>GEW_4300_BAUTEN_P.shp</i>	Punkt	486	0,24

- [GEW_4100_FLIESSEND_L.shp](#):
 - o Dies umfasst folgende Objekte: Fluss > 20 m Breite / Fluss 5-20 m Breite / Bach < 5 m Breite / Bach zeitweise wasserführend
 - o **7846 Objekte** (Polylinie ZM) → **12,2 MB**
 - o Attribute: FID / Shape / F_CODE / F_NAME / NAME / VAR_NAME / ERFASS_ART / LAGE / STUFE / ERSTELLDAT / BEARBDAT / OBJECTID / GLOBALID / SHAPE_LEN
- [GEW_4200_VERSORGUNG_L.shp](#):
 - o Dies umfasst folgende Objekte: Druckrohrleitung / Wasserleitung
 - o **6 Objekte** (Polylinie ZM) → **11,9 KB**
 - o Attribute: FID / Shape / F_CODE / F_NAME / NAME / ERFASS_ART / LAGE / STUFE / ERSTELLDAT / BEARBDAT / OBJECTID / GLOBALID / SHAPE_LEN
- [GEW_4300_BAUTEN_P.shp](#):
 - o Dies umfasst folgende Objekte: Brunnen / Pumpwerk / Quelle / Reservoir / Schleuse, Wehr < 20 m Breite (*) / Wasserfall / Wasserturm / Wasserwerk / Wildbachverbauung (*) / Zisterne / Mündungsknoten
 - o **486 Objekte** (Punkt ZM) → **241 KB**
 - o Attribute: FID / Shape / F_CODE / F_NAME / NAME / ERFASS_ART / ERSTELLDAT / BEARBDAT / OBJECTID / GLOBALID

NAMEN

	Geometrie	Objektanzahl	Größe [MB]
<i>NAM_7100_SIEDLUNG_P.shp</i>	Punkt	1478	2,15
<i>NAM_7200_GEBIET_P.shp</i>	Punkt	172	0,13
<i>NAM_7300_BERG_P.shp</i>	Punkt	264	0,20
<i>NAM_7500_GEWAESSER_P.shp</i>	Punkt	197	0,15
<i>NAM_7600_SONSTIGE_P.shp</i>	Punkt	40	0,03
<i>NAM_7700_RIED_P.shp</i>	Punkt	2209	1,11

- NAM_7100_SIEDLUNG_P.shp:
 - o Dies umfasst folgende Objekte: Stadt / Markt / Dorf / Stadtteil / Einzelhäuser und Hausgruppen
 - o **1478 Objekte** (Punkt ZM) → **2,15 MB**
 - o Attribute: FID / Shape / F_CODE / F_NAME / NAME / ERFASS_ART / HOEHE_MEER / VAR_NAME / NAME_KROAT / NAME_SLOW / NAME_UNG / ERSTELLDAT / BEARBDAT / OBJECTID / GLOBALID
- NAM_7200_GEBIET_P.shp:
 - o Dies umfasst folgende Objekte: Gebiet > 10 km Länge / Gebiet 5-10 km Länge / Gebiet 2-5 km Länge / Gebiet < 2 km Länge
 - o **172 Objekte** (Punkt ZM) → **132 KB**
 - o Attribute: FID / Shape / F_CODE / F_NAME / NAME / VAR_NAME / ERFASS_ART / ERSTELLDAT / BEARBDAT / OBJECTID / GLOBALID
- NAM_7300_BERG_P.shp:
 - o Dies umfasst folgende Objekte: Gebirge, Tal > 30 km Länge / Gebirge, Tal < 30 km Länge / Berg, Tal (bedeutend) / Berg, Tal (gering bedeutend) / Berg, Tal (lokal bedeutend)
 - o **264 Objekte** (Punkt ZM) → **201 KB**
 - o Attribute: FID / Shape / F_CODE / F_NAME / NAME / VAR_NAME / HOEHE_MEER / ERFASS_ART / ERSTELLDAT / BEARBDAT / OBJECTID / GLOBALID
- NAM_7500_GEWAESSER_P.shp:
 - o Dies umfasst folgende Objekte: Fluss > 20 m Breite / Fluss 5-20 m Breite / Bach < 5 m Breite / Bach zeitweise wasserführend / See > 5 km² / See 2-5 km² / See < 2 km² / Sonstiger Gewässername / Gattungsname Gewässer (*)
 - o **197 Objekte** (Punkt ZM) → **151 KB**
 - o Attribute: FID / Shape / F_CODE / F_NAME / NAME / HOEHE_MEER / VAR_NAME / ERFASS_ART / ERSTELLDAT / BEARBDAT / OBJECTID / GLOBALID
- NAM_7600_SONSTIGE_P.shp:
 - o Dies umfasst folgende Objekte: Historischer Name / Sonstiger Gebäudename / Sonstiger Objektname / Gattungsname Siedlung (*)
 - o **40 Objekte** (Punkt ZM) → **32,5 KB**
 - o Attribute: FID / Shape / F_CODE / F_NAME / NAME / ERFASS_ART / HOEHE_MEER / VAR_NAME / ERSTELLDAT / BEARBDAT / OBJECTID / GLOBALID
- NAM_7700_RIED_P.shp:
 - o Dies umfasst folgende Objekte: Riedname
 - o **2209 Objekte** (Punkt ZM) → **1,11 MB**
 - o Attribute: FID / Shape / F_CODE / F_NAME / NAME / INDIKATOR / KG_NUMMER / LFD_NUMMER / ERSTELLDAT / BEARBDAT / OBJECTID / GLOBALID

VERKEHR

	Geometrie	Objektanzahl	Größe [MB]
VER_1100_STRASSE_L.shp	Polylinie	37608	51,2
VER_1200_BAUTEN_P.shp	Punkt	215	0,35
VER_1300_BAHN_L.shp	Polylinie	526	0,42
VER_1400_LIFT_L.shp	Polylinie	244	0,14
VER_1500_LIFTSTATION_P.shp	Punkt	712	0,17

- VER_1100_STRASSE_L.shp:
 - o Dies umfasst folgende Objekte: Bundesstraße A / Bundesstraße S / Landesstraße B / Landesstraße L / Regionalstraße / Betriebsstraße / Parkplatzzu- und abfahrt / Bundesstraße R / Fahrweg / Traktorweg / Ortsgasse / Fußweg / Fußspur / Fußweg breit
 - o **37608 Objekte** (Polylinie) → **51,2 MB**
 - o Attribute: FID / Shape / F_CODE / F_NAME / ERFASS_ART / LAGE / STUFE / KREIS-VER / NAME / KURZBEZ_N / KURZBEZ_E / ERSTELLDAT / BEARBDAT / OBJECTID / GLOBALID / SHAPE_LEN

- VER_1200_BAUTEN_P.shp:
 - o Dies umfasst folgende Objekte: Mautstation / Parkplatz / Sender / Tankstelle / Verkehrskontrollplatz / Zollstation / Bahnhof Gebäude / Flugplatz Gebäude / Hubschrauberlandeplatz / Fähreanlegestelle / Hafen Gebäude (*) / Schiffsstation
 - o **215 Objekte** (Punkt) → **346 KB**
 - o Attribute: FID / Shape / F_CODE / F_NAME / ERFASS_ART / NAME / ART / BETREIBER / KURZBEZ / PLZ / ADRESSE / HAUS_NR_1 / HAUS_NR_2 / HAUS_NR_B1 / HAUS_NR_B2 / SONST_HAUS / ADR_CODE / SUB_CODE / ERSTELLDAT / BEARBDAT / OBJECTID / GLOBALID

- VER_1300_BAHN_L.shp:
 - o Dies umfasst folgende Objekte: Anschlussbahn / Normalspurbahn / Schmalspurbahn / Straßenbahn / U-Bahn / Zahnradbahn
 - o **526 Objekte** (Polylinie) → **421 KB**
 - o Attribute: FID / Shape / F_CODE / F_NAME / ERFASS_ART / LAGE / STUFE / NAME / ELEKTRISCH / STRECKE / ERSTELLDAT / BEARBDAT / OBJECTID / GLOBALID / SHAPE_LEN

- VER_1400_LIFT_L.shp:
 - o Dies umfasst folgende Objekte: Personenseilbahn / Kabinenumlaufseilbahn / Sessellift / Schleplift / Materialeilbahn / Förderband / Schrägaufzug
 - o **244 Objekte** (Polylinie) → **135 KB**
 - o Attribute: FID / Shape / F_CODE / F_NAME / NAME / STUFE / ERSTELLDAT / BEARBDAT / OBJECTID / GLOBALID / SHAPE_LEN

- VER_1500_LIFTSTATION_P.shp:
 - o Dies umfasst folgende Objekte: Bergstation / Stütze / Talstation / Zwischenstation
 - o **712 Objekte** (Punkt) → **166 KB**
 - o Attribute: FID / Shape / F_CODE / F_NAME / ERFASS_ART / ERSTELLDAT / BEARBDAT / OBJECTID / GLOBALID

3.1.3.2 Salzburg

Auch für die Region um den Salzburger Flughafen soll zunächst ein Überblick über den Gebietsumfang sowie den Aktualitätsstand der DLM-Daten erfolgen:

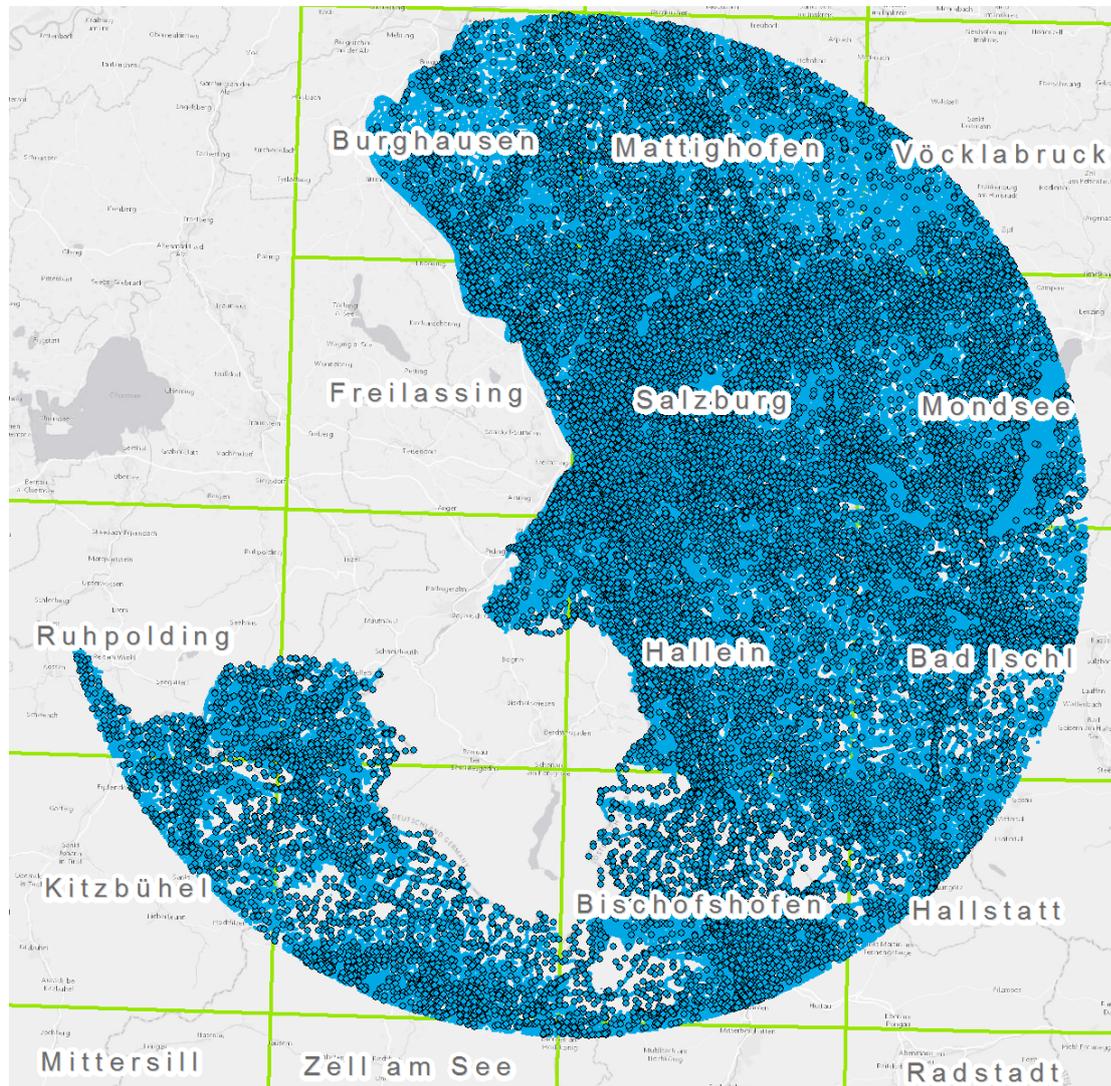


Abbildung 34: Gebietsumfang der DLM-Daten - Salzburg und Umgebung

Blatt-Name	Blatt-Nummer	DLM-Aktualitätsstand
Burghausen	NM 33-10-27	2015
Mattighofen	NM 33-10-28	2015
Vöcklabruck	NM 33-10-29	2015
Freilassing	NL 33-01-03	2015
Salzburg	NL 33-01-04	2015
Mondsee	NL 33-01-05	2015
Ruhpolding	NL 33-01-08	2013
Bad Reichenhall	NL 33-01-09	2010
Hallein	NL 33-01-10	2010
Bad Ischl	NL 33-01-11	2013
Kitzbühel	NL 33-01-14	2006
Saalfelden am Steinernen Meer	NL 33-01-15	2010
Bischofshofen	NL 33-01-16	2012
Hallstatt	NL 33-01-17	2012
Zell am See	NL 33-01-21	2010
Sankt Johann im Pongau	NL 33-01-22	2012

Bezugssystem: ETRS 1989 UTM Zone 33N (Transversale Mercator-Projektion)

Da die Shape-Files für das Salzburger Gebiet exakt so aufgebaut sind, wie die oben vorgestellten Daten der Bodenseeregion, seien an dieser Stelle lediglich die Tabellen mit den Dateinamen, dem Geometrietyp, die Objektanzahl und die Speichermenge aufgeführt.

BAUTEN

	Geometrie	Objektanzahl	Größe [MB]
<i>BAU_2100_KOMM_EINRICHTUNG_P.shp</i>	Punkt	952	1,46
<i>BAU_2200_BETRIEBSEINRICHTUNG_P.shp</i>	Punkt	1563	2,15
<i>BAU_2300_KULTUR_P.shp</i>	Punkt	3476	4,03
<i>BAU_2400_FREIZEIT_P.shp</i>	Punkt	667	0,78
<i>BAU_2500_SONSTIGE_L.shp</i>	Polylinie	21	0,06
<i>BAU_2700_STROMLEITUNG_L.shp</i>	Polylinie	66	0,10
<i>BAU_2800_STROMMAST_P.shp</i>	Punkt	2207	0,56

BODENBEDECKUNG

	Geometrie	Objektanzahl	Größe [MB]
<i>BOD_5300_WASSER_F.shp</i>	Polygon	2494	4,84

GEBIETSNUTZUNG

	Geometrie	Objektanzahl	Größe [MB]
<i>GEB_3200_FREIZEIT_F.shp</i>	Polygon	572	0,53
<i>GEB_3300_VERKEHR_F.shp</i>	Polygon	139	0,15
<i>GEB_3400_BETRIEBSEINRICHTUNG_F00.shp</i>	Polygon	45	0,05

GEWÄSSER

	Geometrie	Objektanzahl	Größe [MB]
<i>GEW_4100_FLIESSEND_L.shp</i>	Polylinie	15229	22,2
<i>GEW_4200_VERSORGUNG_L.shp</i>	Polylinie	13	0,02
<i>GEW_4300_BAUTEN_P.shp</i>	Punkt	1108	0,55

NAMEN

	Geometrie	Objektanzahl	Größe [MB]
<i>NAM_7100_SIEDLUNG_P.shp</i>	Punkt	3998	5,82
<i>NAM_7200_GEBIET_P.shp</i>	Punkt	321	0,24
<i>NAM_7300_BERG_P.shp</i>	Punkt	1453	1,06
<i>NAM_7400_GLETSCHER_P.shp</i>	Punkt	1	0,004
<i>NAM_7500_GEWAESSER_P.shp</i>	Punkt	495	0,37
<i>NAM_7600_SONSTIGE_P.shp</i>	Punkt	317	0,24
<i>NAM_7700_RIED_P.shp</i>	Punkt	3907	1,95

- NAM_7400_GLETSCHER_P.shp:
 - o Dies umfasst folgende Objekte: Gletscher > 6 km Länge / Gletscher 2-6 km Länge / Gletscher < 2 km Länge
 - o **1 Objekt** (Punkt ZM) → **3,85 KB**
 - o Attribute: FID / Shape / F_CODE / F_NAME / NAME / VAR_NAME / ERFASS_ART / ERSTELLDAT / BEARBDAT / OBJECTID / GLOBALID

VERKEHR

	Geometrie	Objektanzahl	Größe [MB]
VER_1100_STRASSE_L.shp	Polylinie	92379	126
VER_1200_BAUTEN_P.shp	Punkt	597	0,95
VER_1300_BAHN_L.shp	Polylinie	904	0,77
VER_1400_LIFT_L.shp	Polylinie	146	0,08
VER_1500_LIFTSTATION_P.shp	Punkt	289	0,07

3.2 LDBV

Das LDBV stellt für das Projekt sowohl verschiedene DGM- und DOM-Daten (bDOM, LiDAR, LAZ), als auch das 2D-DLM, Hausumringe, Orthophotos und LoD2-Gebäudemodelle zur Verfügung.

3.2.1 DGM

3.2.1.1 DGM1_ascii

Anzahl Dateien: 198

Format: ASCII-XYZ

Namensbeispiel: 4318_5272.g01dgm

Auflösung: 1m / Rasterzelle

Kachelgröße: 2x2 km (2000 x 2000 Rasterzellen)

Bounding-Box

4319596, 5262260

4363602, 5288601

→ Dies ergibt eine Fläche von 44x26km

Bezugssystem

XY: DHDN_3_Degree_Gauss_Zone_4 (WKID: 31468 Authority: EPSG)

Z: Höhenbezugssystem DHHN92

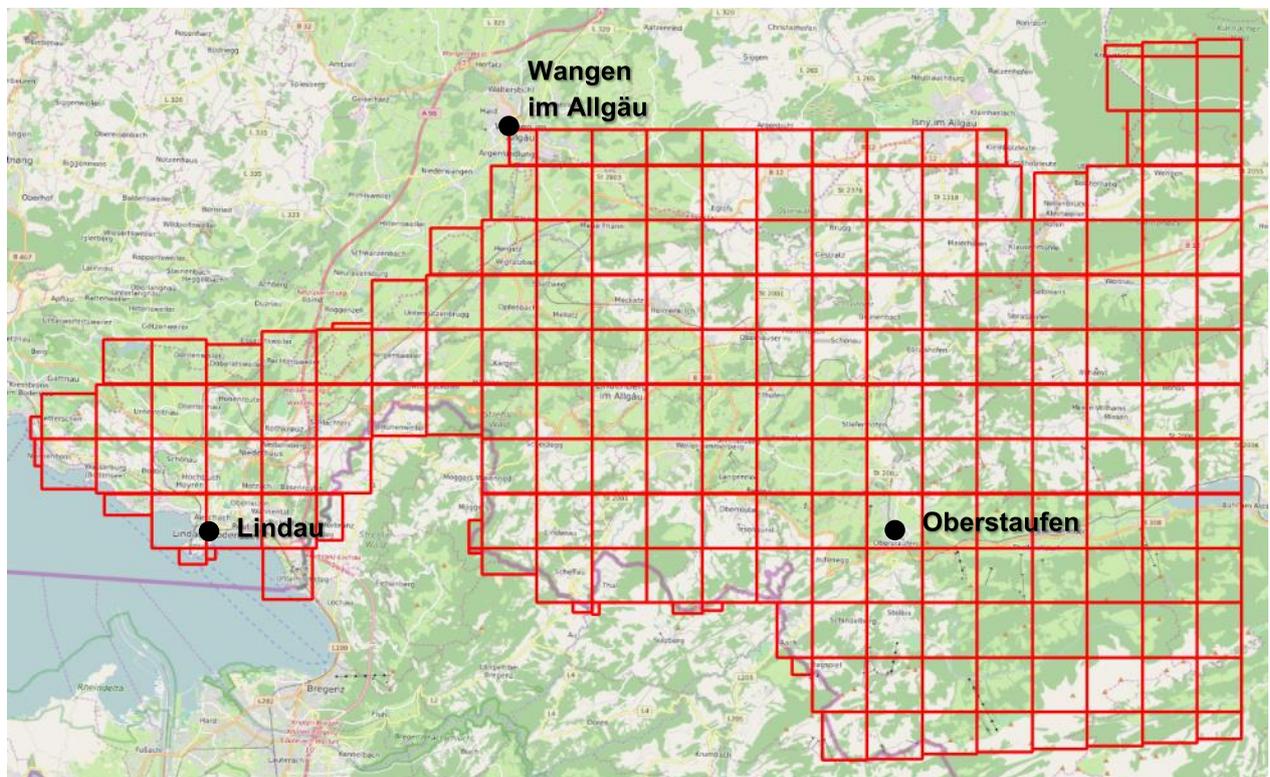


Abbildung 35: DGM1_ascii – Kachelübersicht



Abbildung 36: Ausschnitt Kachel 4328-5270.g01dgm

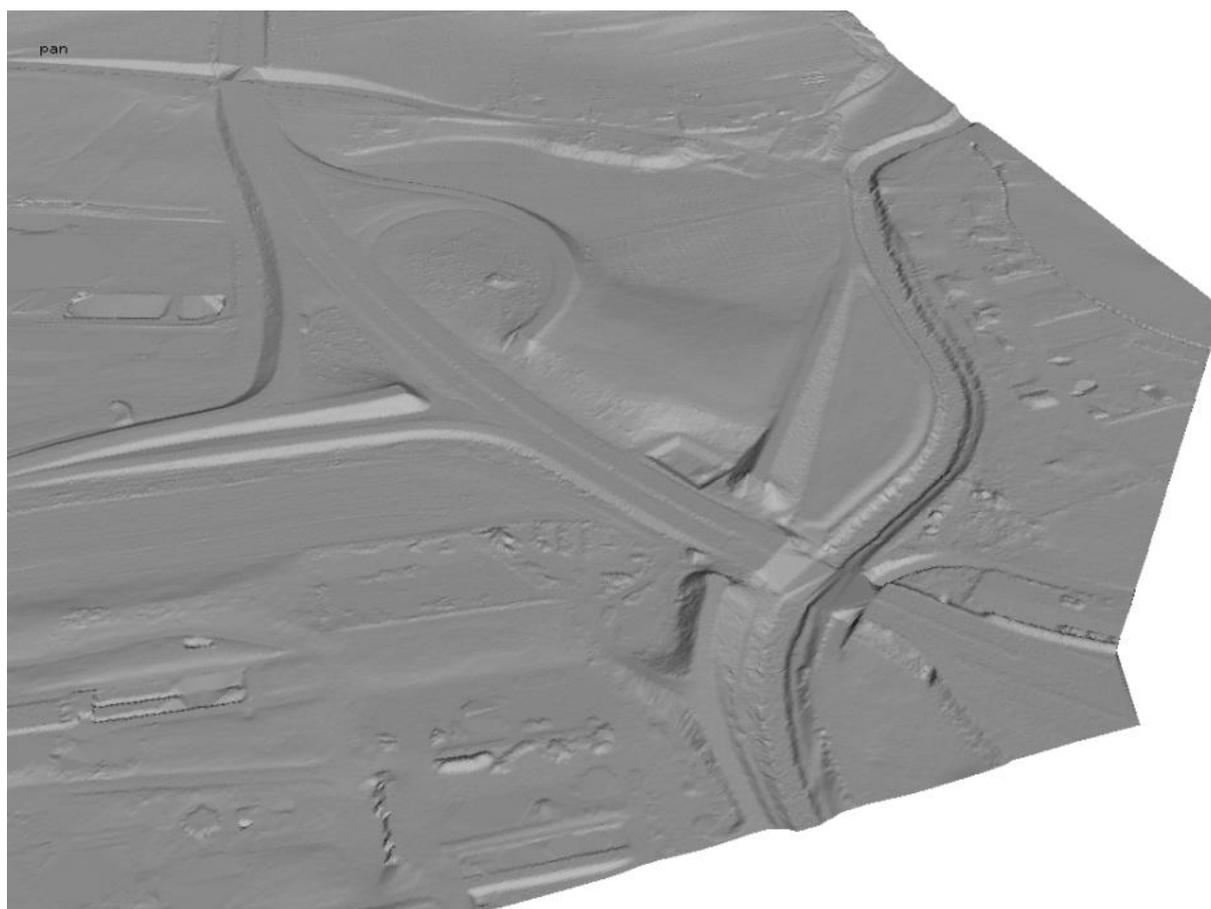


Abbildung 37: 3D-Ansicht Blatt 4328_5270.g01dgm (trianguliert)

3.2.1.2 gis_DGM_ascii

Anzahl Dateien: 2523

Format: ASCII-XYZ

Namensbeispiel: 43195_52730.g01dgm

Auflösung: 1m / Rasterzelle

Kachelgröße: 0,5x0,5km (500 x 500 Rasterzelle)

Bounding-Box

4319596, 5263622

4362503, 5286365

→ Dies ergibt eine Fläche von 43x23km

Bezugssystem

XY: DHDN_3_Degree_Gauss_Zone_4 (WKID: 31468 Authority: EPSG)

Z: Höhenbezugssystem DHHN92

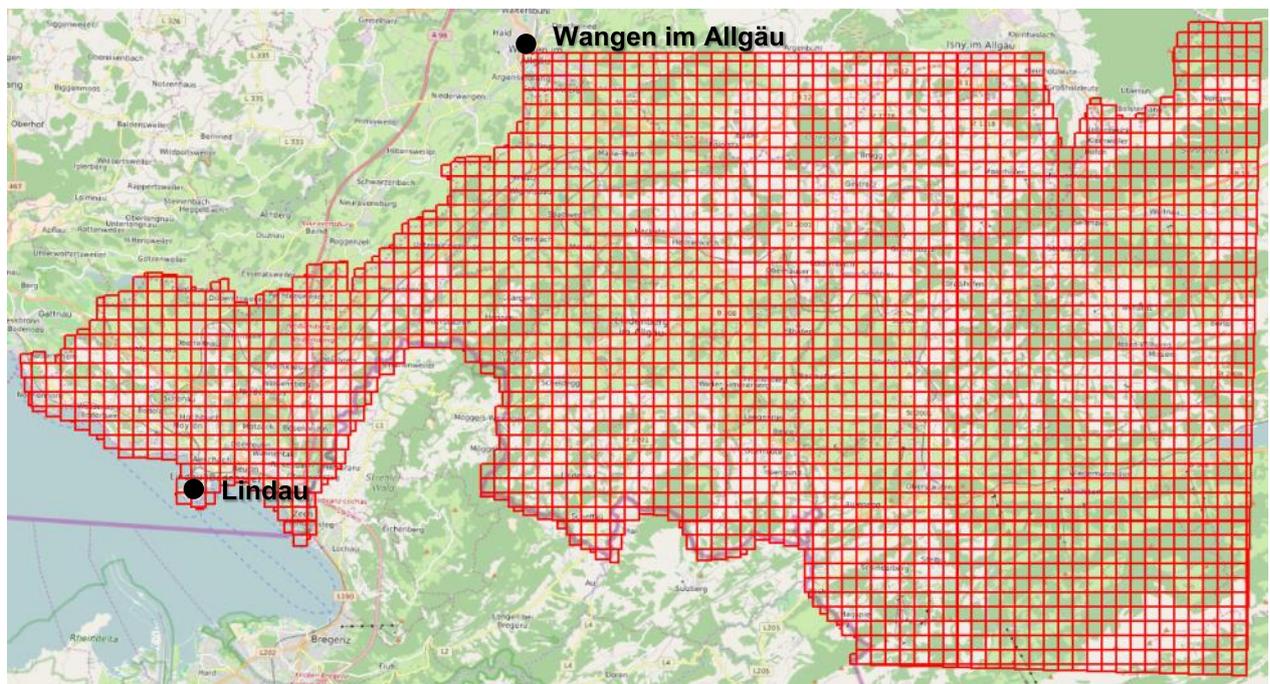


Abbildung 38: gis_DGM_ascii – Kachelübersicht

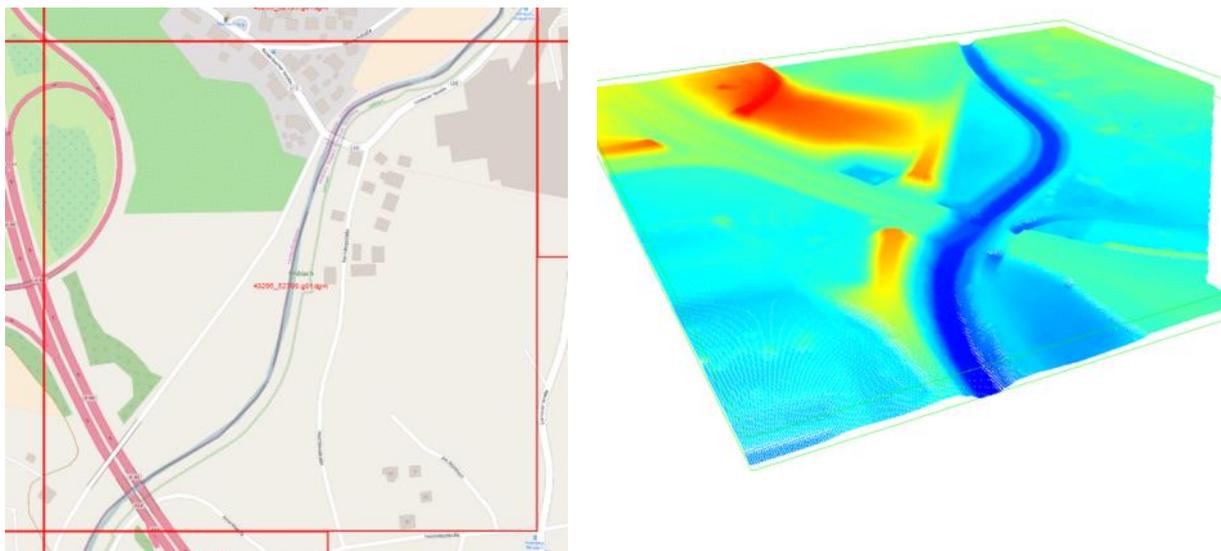


Abbildung 39: Ausschnitt Kachel 43295_52700.g01dgm

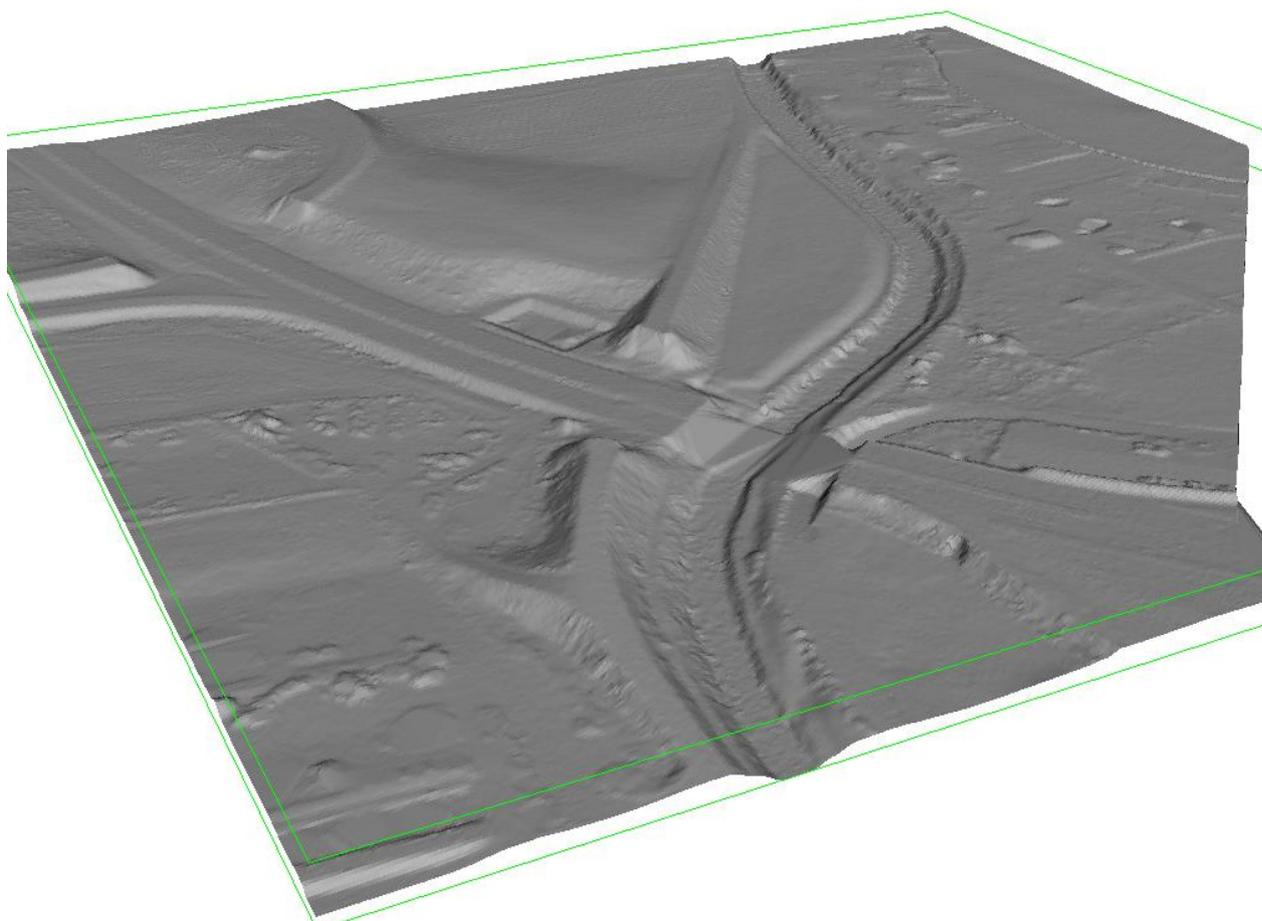


Abbildung 40: 3D-Ansicht Blatt 43295_52700.g01dgm (trianguliert)

3.2.1.3 Salzburg_DGM_EsriGrid_ascii_Corner

Anzahl Dateien: 2324

Format: ASCII-GRID (ASC)

Namensbeispiel: 4530_5288.asc

Auflösung: 1m / Rasterzelle

Kachelgröße: 1x1 km (1000 x 1000 Rasterzellen)

Bounding-Box

4530000, 5258000

4583000, 5339000

→ Dies ergibt eine Fläche von 53x81km

Bezugssystem

XY: DHDN_3_Degree_Gauss_Zone_4 (WKID: 31468 Authority: EPSG)

Z: Höhenbezugssystem DHHN92

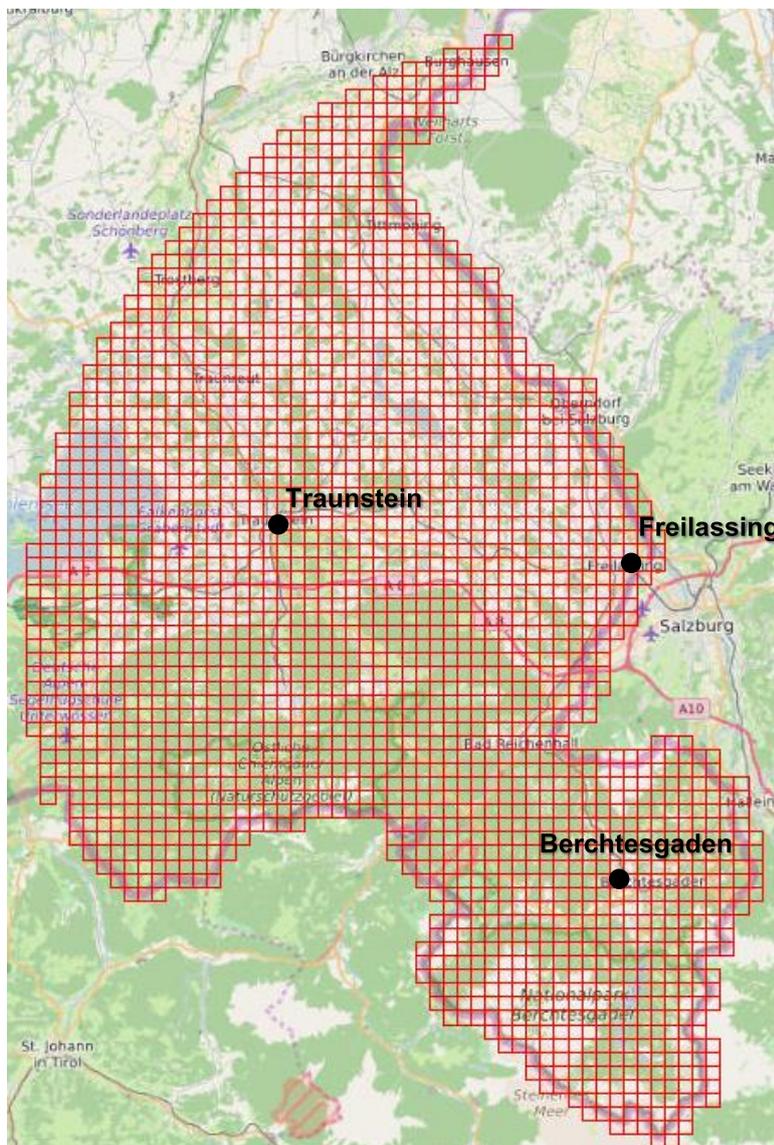


Abbildung 41: Kachelübersicht

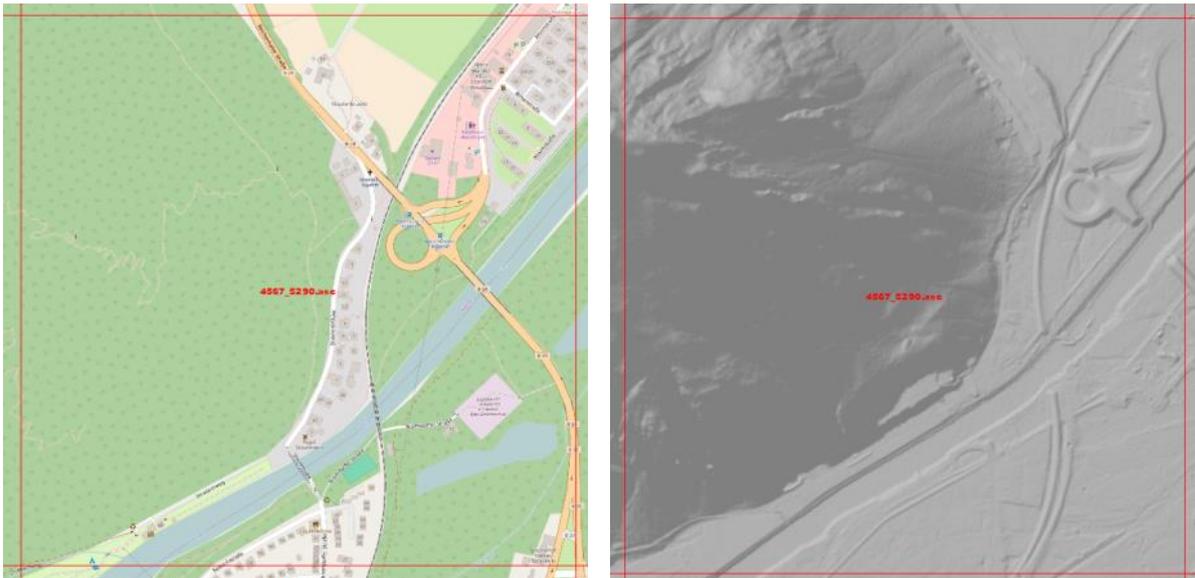


Abbildung 42: Ansicht Kachel 4567_5290

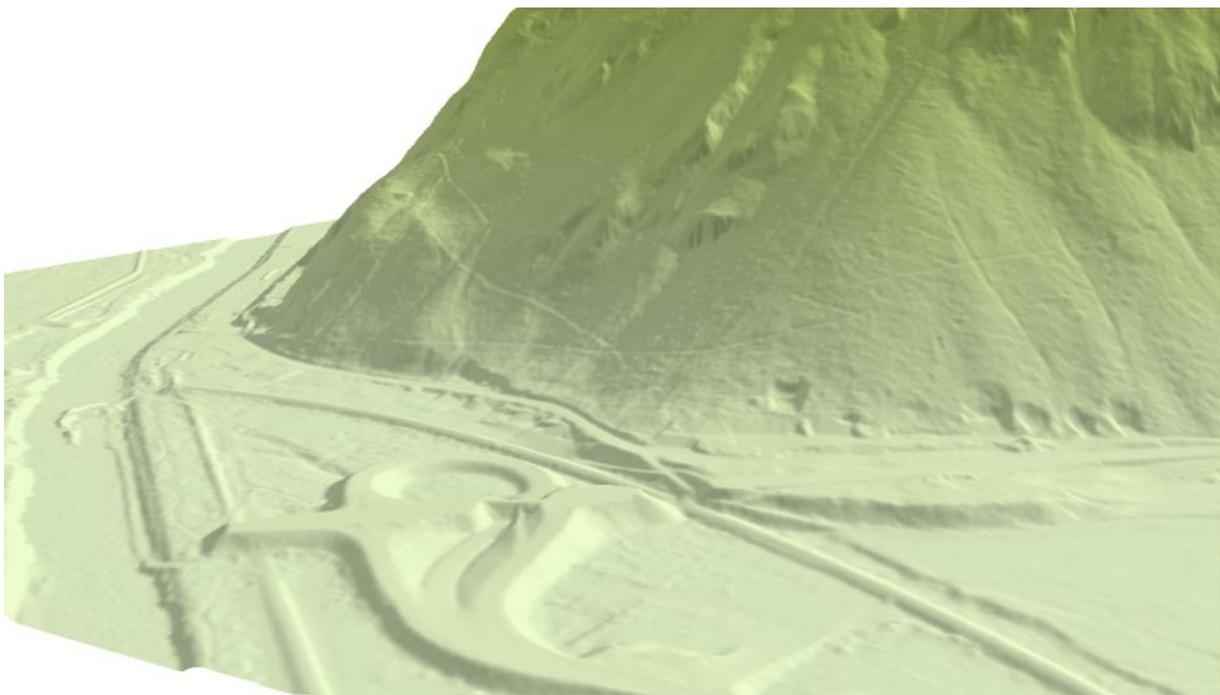


Abbildung 43: Kachel 4567_5290: Detailansicht

3.2.2 DOM

3.2.2.1 Bodensee_bDOM

Unter einem bDOM versteht man Bildbasierte Digitale Oberflächenmodelle. Ausgangsbasis für die Generierung eines bDOMs sind orientierte Luftbilder.

Anzahl Dateien: 1358

Format: LAZ (V1.2) – unklassifiziert – RGB-Color

Erfassungsmethode: Photogrammetrie

Namensbeispiel: 4319_5273_40_bDOM.laz

Auflösung: 40cm / Rasterzelle

Kachelgröße: 1x1 km (2500 x 2500 Rasterzellen)

Bounding-Box

4319000, 5263000

4363000, 5287000

→ Dies ergibt eine Fläche von 44x24km

Bezugssystem

XY: DHDN_3_Degree_Gauss_Zone_4 (WKID: 31468 Authority: EPSG)

Z: Höhenbezugssystem DHHN92

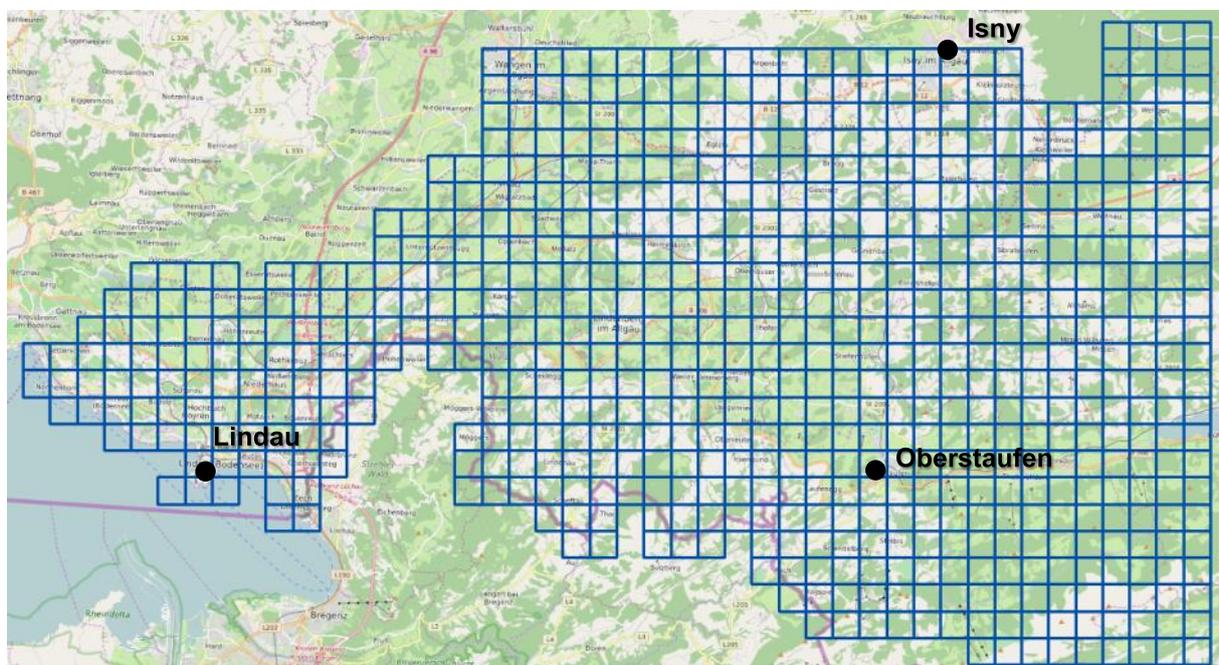


Abbildung 44: Bodensee_bDOM – Kachelübersicht



Abbildung 45: Bodensee_bDOM – Beispiel Kachel 4329_5270_40_bDOM

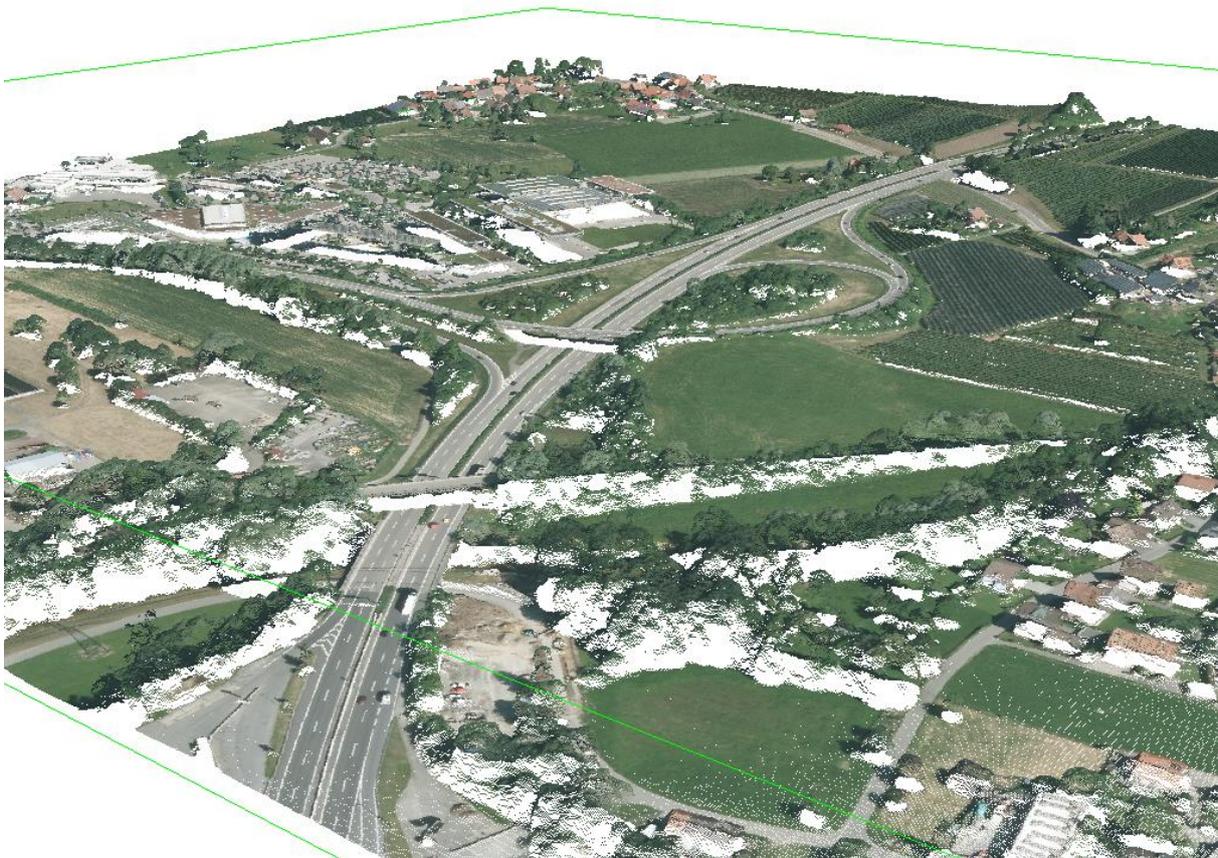


Abbildung 46: Bodensee_bDOM – 3D-Ansicht Kachel 4329_5270_40_bDOM (RGB)

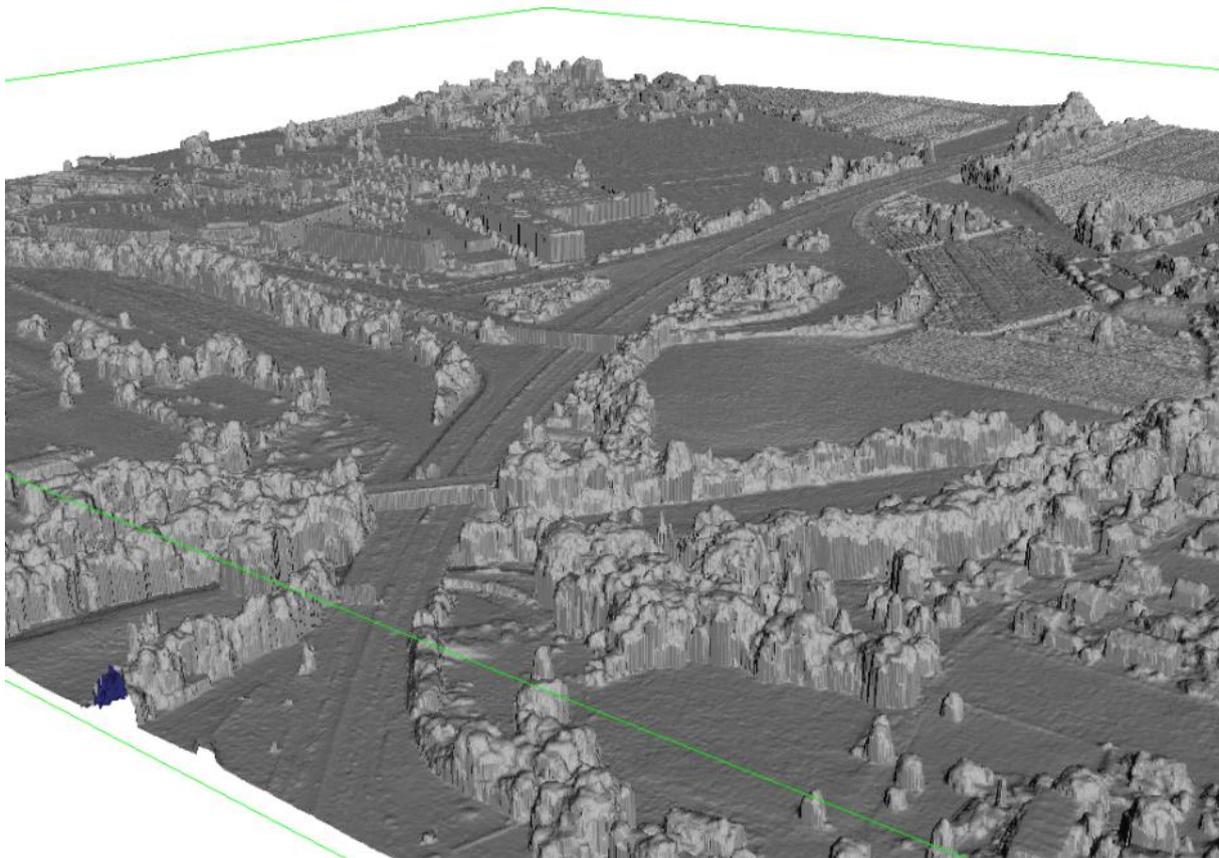


Abbildung 47: Bodensee_bDOM – 3D-Ansicht Kachel 4329_5270_40_bDOM (Trianguliert)

3.2.2.2 Bodensee_LiDAR

Anzahl Dateien: 681

Format: LAZ (V1.2)

Klassen:

2 (Boden) :	819377666 (70,619%)
6 (Gebäude) :	19522514 (1,683%)
9 (Gewässer) :	1743 (0,0%)
20 (Zwischenecho) :	321278949 (27,69%)
22 (Brücke) :	28647 (0,002%)
23 (synthet./abgeleiteter Punkt) :	77278 (0,007%)

Erfassungsmethode: LIDAR

Punktdichte: 1,7 Punkte/m²

Namensbeispiel: 4319_5273_all.laz

Kachelgröße: 1x1 km

Bounding-Box

4319590, 5263800

4362700, 5286400

→ Dies ergibt eine Fläche von 43x23km

Bezugssystem

XY: DHDN_3_Degree_Gauss_Zone_4 (WKID: 31468 Authority: EPSG)

Z: Höhenbezugssystem DHHN92

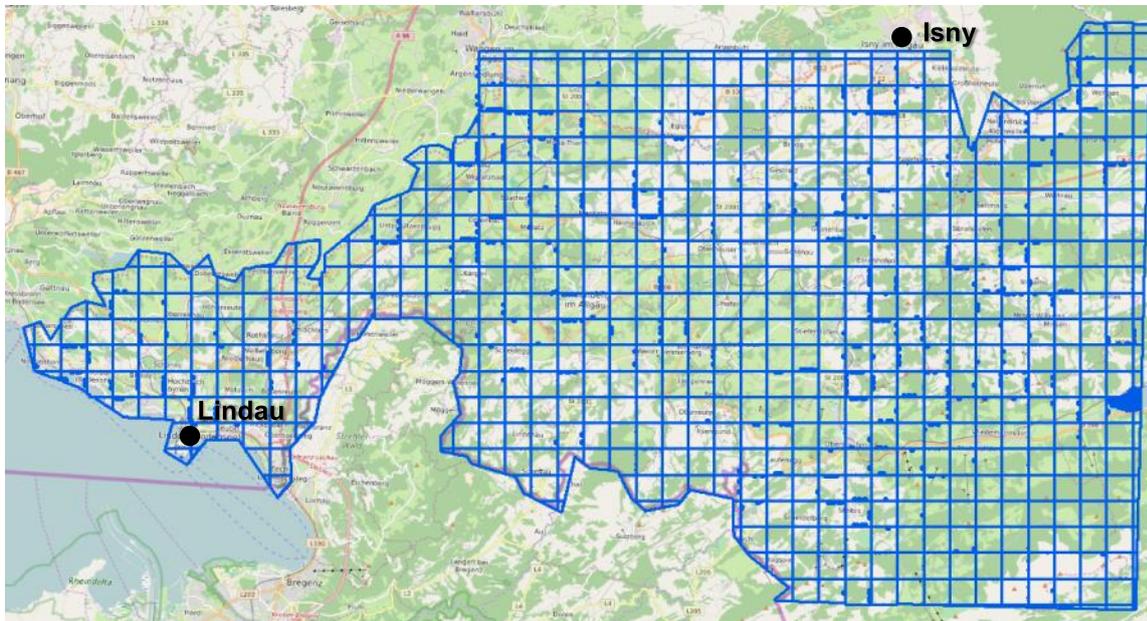


Abbildung 48: Bodensee_LiDAR – Kachelübersicht

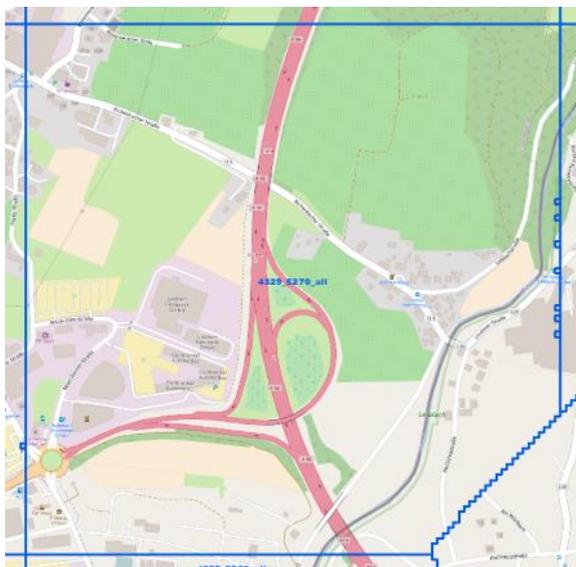


Abbildung 49: Bodensee_LiDAR – Beispiel Kachel 4329_5270_all

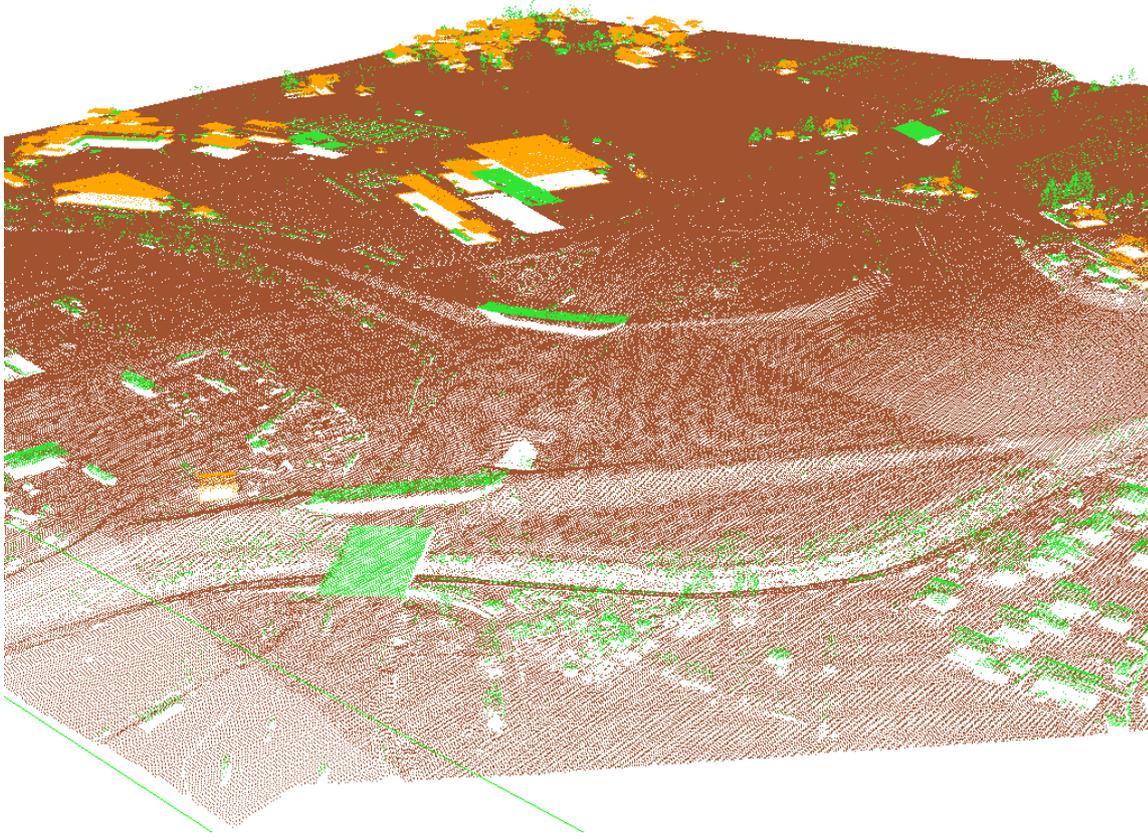


Abbildung 50: Bodensee_LiDAR – 3D-Ansicht Kachel 4329_5270_all (last return, Farbe: Classification - Rot: first return, Grün: intermediate return, Blau: last return, Gelb: single return)

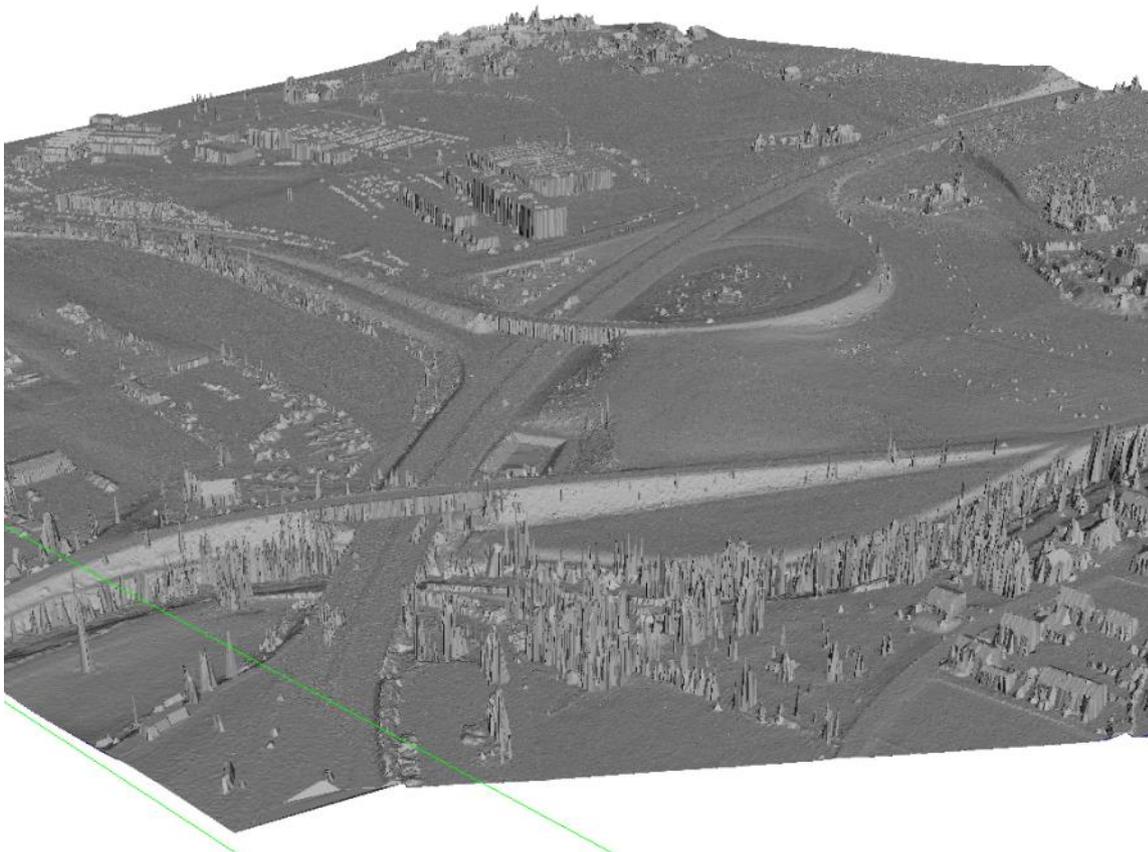


Abbildung 51: Bodensee_LiDAR – 3D-Ansicht Kachel 4329_5270_all (trianguliert)

3.2.2.3 Geodatenpool_bDOM

Anzahl Dateien: 143

Format: LAZ (V1.2) – unklassifiziert – RGB-Color

Erfassungsmethode: Photogrammetrie

Namensbeispiel: 4318_5272_40_bDOM_clipped.laz

Auflösung: 40cm / Rasterzelle

Kachelgröße: 1x1 km (2500 x 2500 Rasterzellen)

Bounding-Box

4318000, 5268000

4335000, 5280000

→ Dies ergibt eine Fläche von 17x12km

Bezugssystem

XY: DHDN_3_Degree_Gauss_Zone_4 (WKID: 31468 Authority: EPSG)

Z: Höhenbezugssystem DHHN92

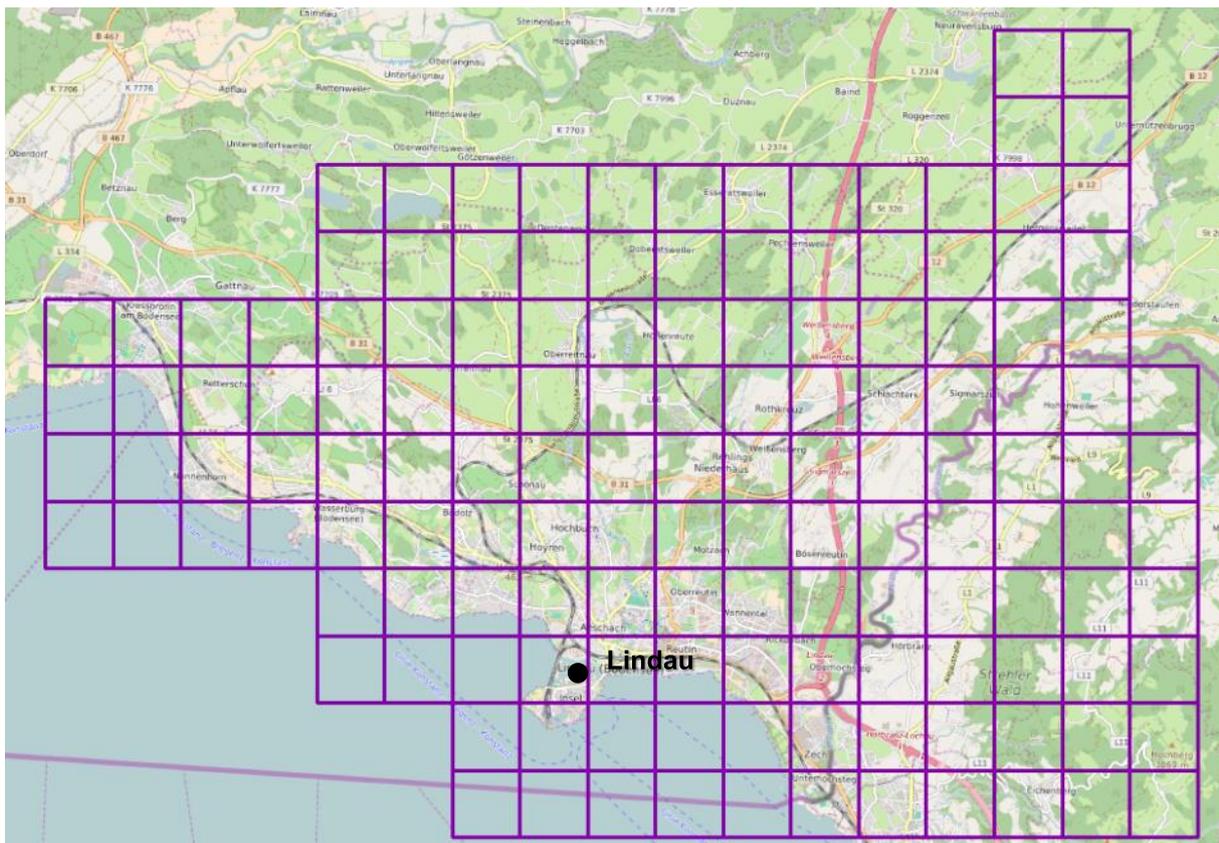


Abbildung 52: Geodatenpool_bDOM - Kachelübersicht



Abbildung 53: Bodensee_bDOM – Beispiel Kachel 4329_5270_40_bDOM_clipped

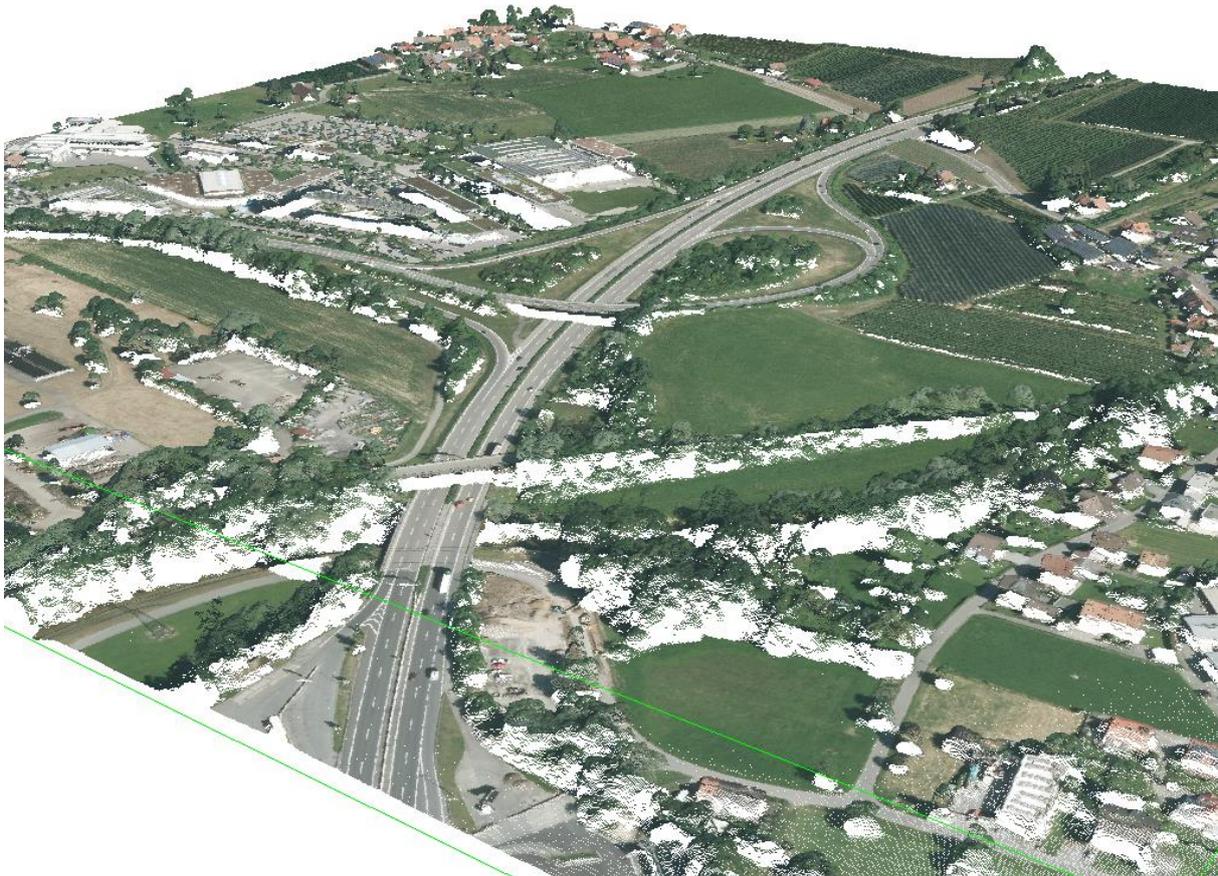


Abbildung 54: Bodensee_bDOM – 3D-Ansicht Kachel 4329_5270_40_bDOM_clipped (RGB)

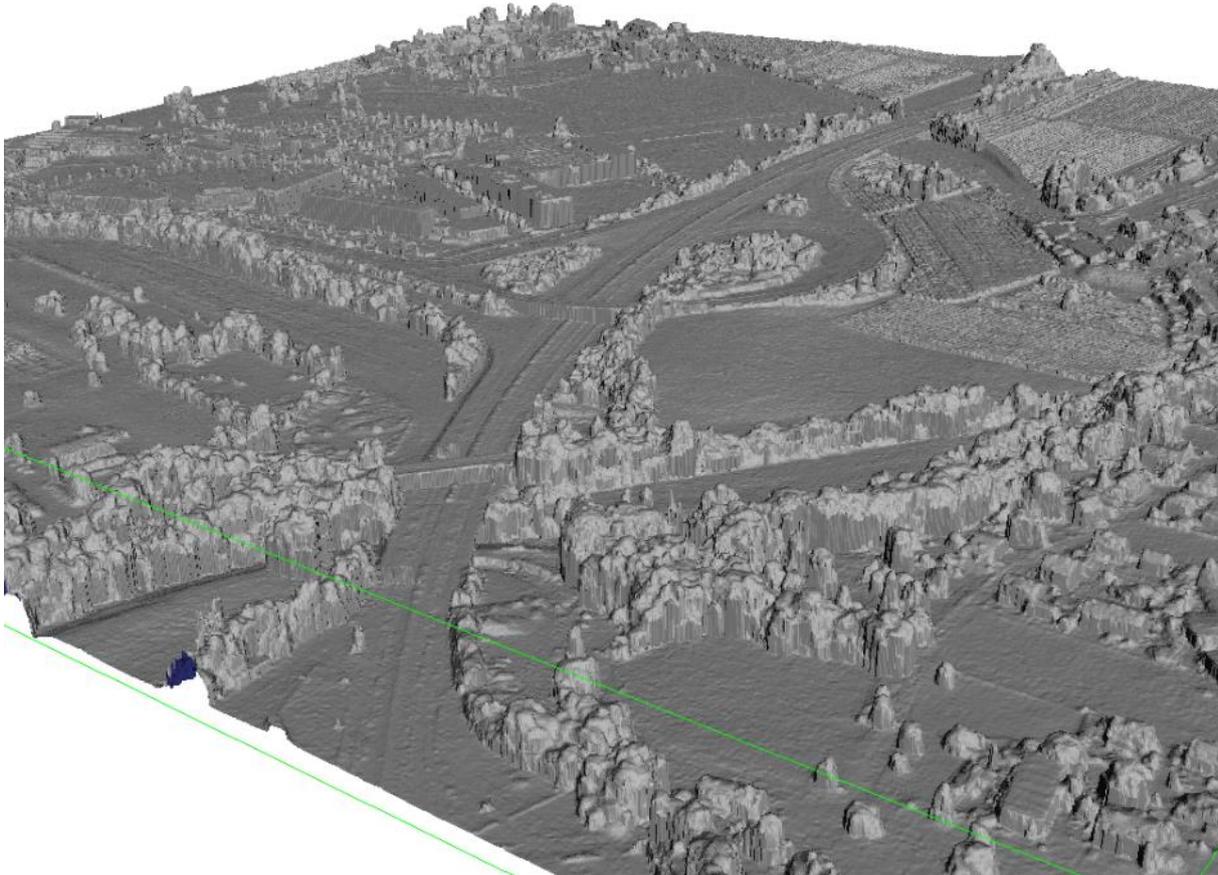


Abbildung 55: Bodensee_bDOM – 3D-Ansicht Kachel 4329_5270_40_bDOM_clipped (Trianguliert)

3.2.2.4 gisLP_LAZ

Anzahl Dateien: 2530

Format: LAZ (V1.2)

Klassen:

1 (unklassifiziert):	123716098	(9,677%)
2 (Boden):	817568924	(63,95%)
6 (Gebäude):	19476921	(1,523%)
9 (Gewässer):	1440	(0,0%)
20 (Zwischenecho):	317611299	(24,843%)
23 (synth./abgeleiteter Punkt):	75257	(0,006%)

Erfassungsmethode: LIDAR

Namensbeispiel: 43195_52730_all.laz

Kachelgröße: 0,5x0,5 km

Bounding-Box

4319590, 5263620

4362510, 5286370

→ Dies ergibt eine Fläche von 43x23km

Bezugssystem

XY: DHDN_3_Degree_Gauss_Zone_4 (WKID: 31468 Authority: EPSG)

Z: Höhenbezugssystem DHHN92

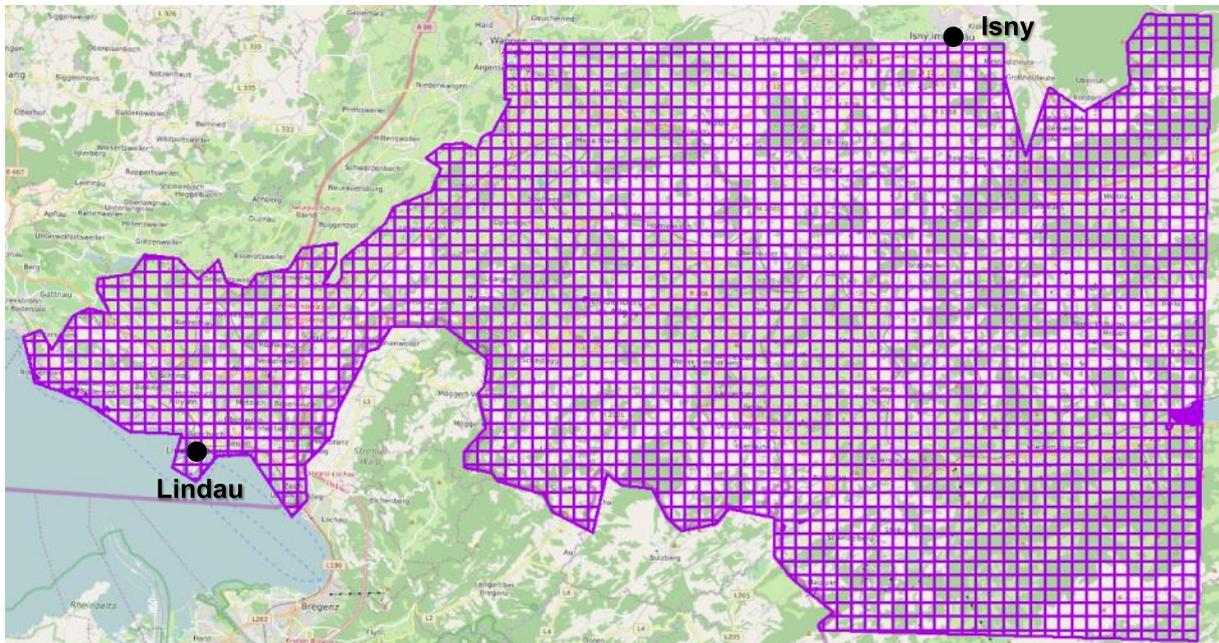


Abbildung 56: gisLP_LAZ – Kachelübersicht



Abbildung 57: gisLP_LAZ – Beispiel Kachel 43295_52700_all

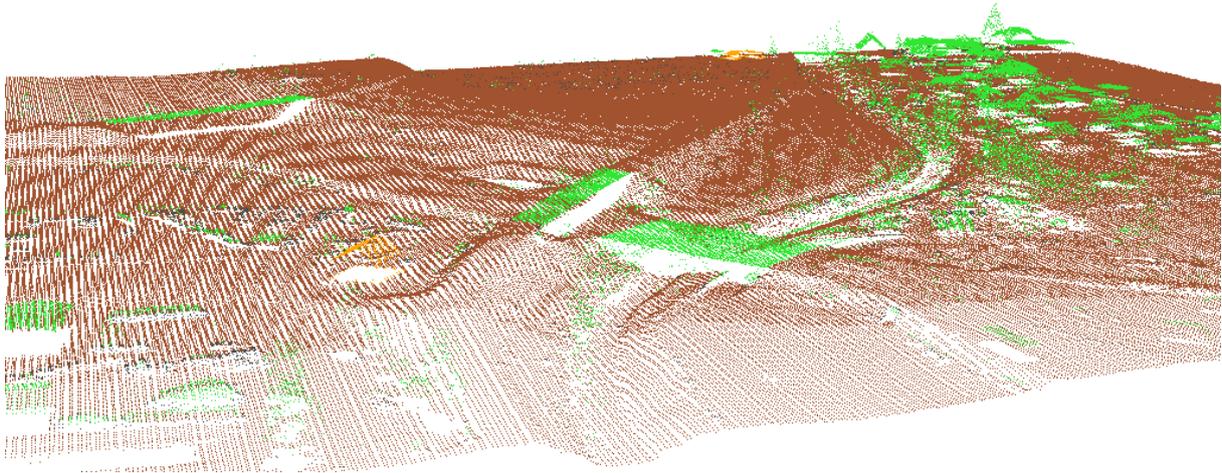


Abbildung 58: gisLP_LAZ – 3D-Ansicht Kachel 43295_52700_all (last return, Farbe: Classification - Rot: first return, Grün: intermediate return, Blau: last return, Gelb: single return)

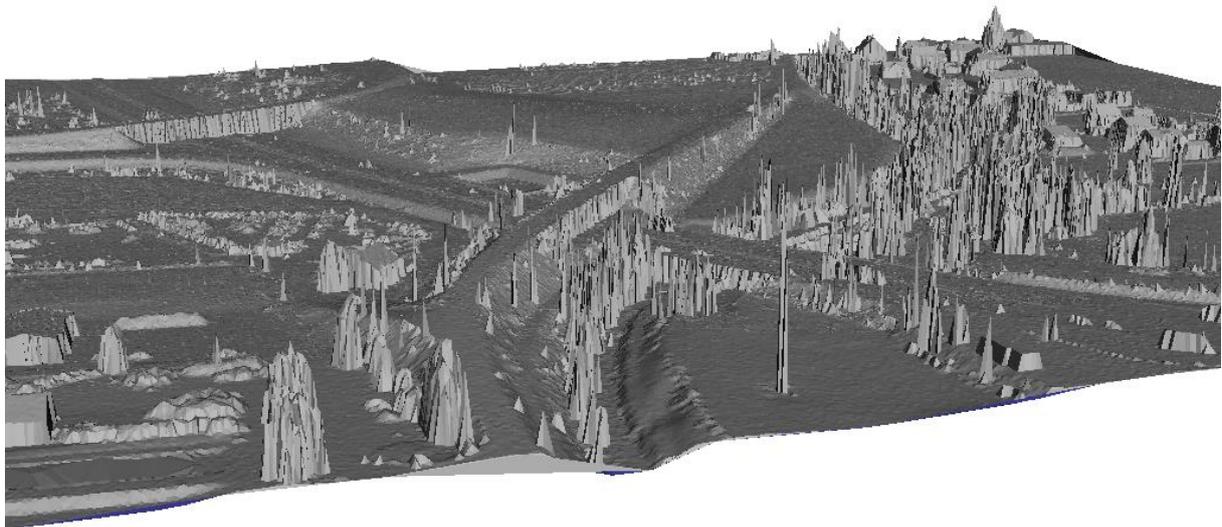


Abbildung 59: gisLP_LAZ – 3D-Ansicht Kachel 43295_52700_all (trianguliert)

3.2.2.5 Salzburg_bDOM

Anzahl Dateien: 4846

Format: LAZ (V1.2) – unklassifiziert – RGB-Color

Erfassungsmethode: Photogrammetrie

Namensbeispiel: 4530_5288_40_bDOM.laz

Auflösung: 40cm / Rasterzelle

Kachelgröße: 1x1 km (2500 x 2500 Rasterzellen)

Bounding-Box

4530000, 5258000

4584000, 5339000

→ Dies ergibt eine Fläche von 54x81km

Bezugssystem

XY: DHDN_3_Degree_Gauss_Zone_4 (WKID: 31468 Authority: EPSG)

Z: Höhenbezugsystem DHHN92

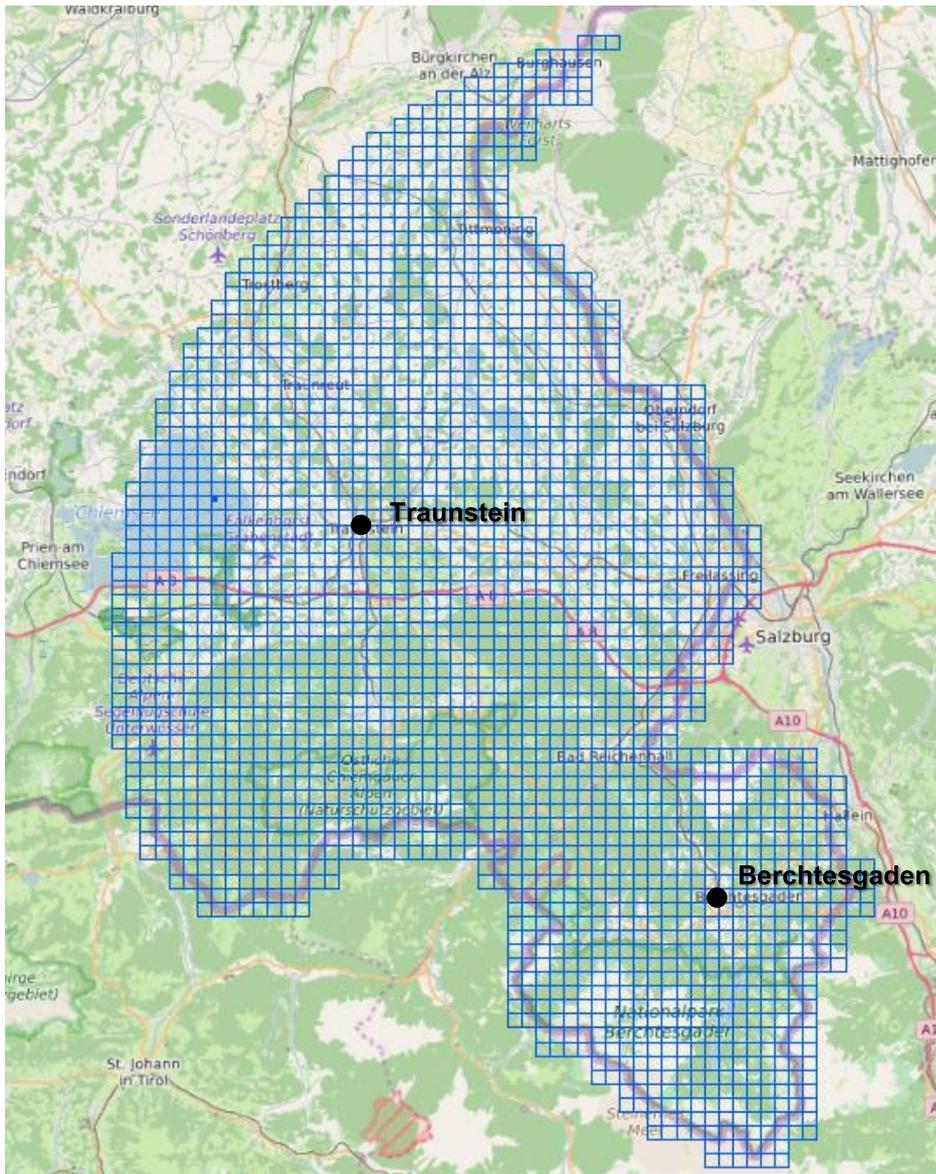


Abbildung 60: Salzburg_bDOM – Kachelübersicht

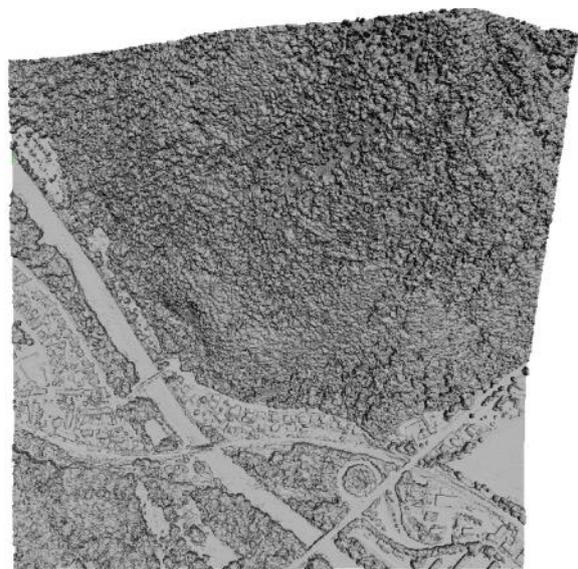
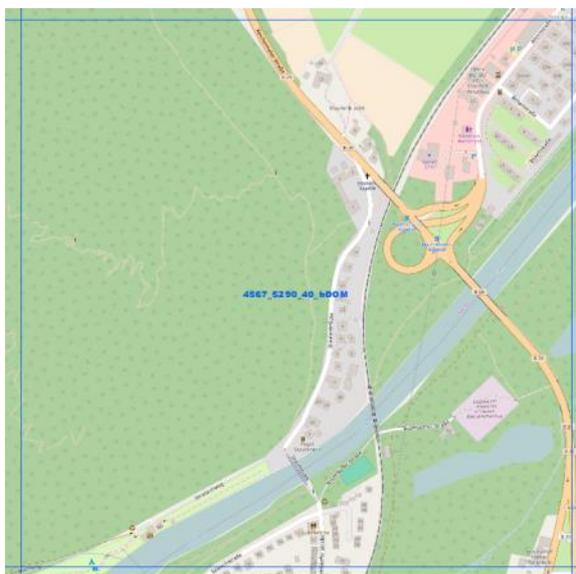


Abbildung 61: Salzburg_bDOM – Beispiel Kachel 4567_5290_all



Abbildung 62: Salzburg_bDOM – 3D-Ansicht Kachel 4567_5290_40_bDOM (Farbe: RGB)

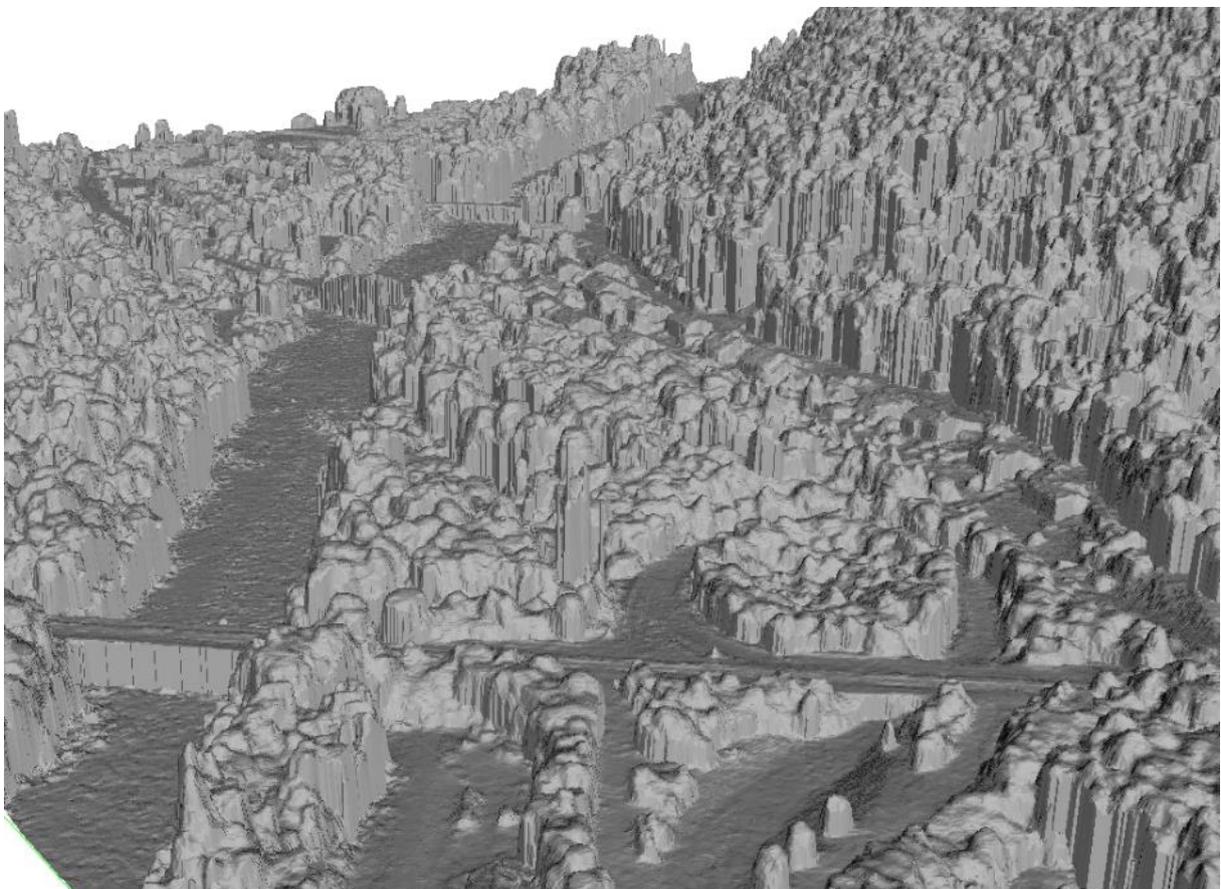


Abbildung 63: Salzburg_bDOM – 3D-Ansicht Kachel 4567_5290_40_bDOM (trianguliert)

3.2.2.6 Salzburg_LiDAR

Anzahl Dateien: 2358

Format: LAZ (V1.2)

Klassen:

1 (unklassifiziert):	2059882797	(19,346%)
2 (Boden):	6884686732	(64,659%)
6 (Gebäude):	138054603	(1,297%)
9 (Gewässer):	19648	(0,0%)
20 (Zwischenecho):	1564468276	(14,693%)
22 (Brücke):	18761	(0,0%)
23 (synth./abgeleiteter Punkt):	610632	(0,006%)

Erfassungsmethode: LIDAR

Punktdichte: 3,69 Punkte/m²

Namensbeispiel: 43195_52730_all.laz

Kachelgröße: 1x1 km

Bounding-Box

4529900, 5258620

4582900, 5340000

→ Dies ergibt eine Fläche von 53x81km

Bezugssystem

XY: DHDN_3_Degree_Gauss_Zone_4 (WKID: 31468 Authority: EPSG)

Z: Höhenbezugssystem DHHN92

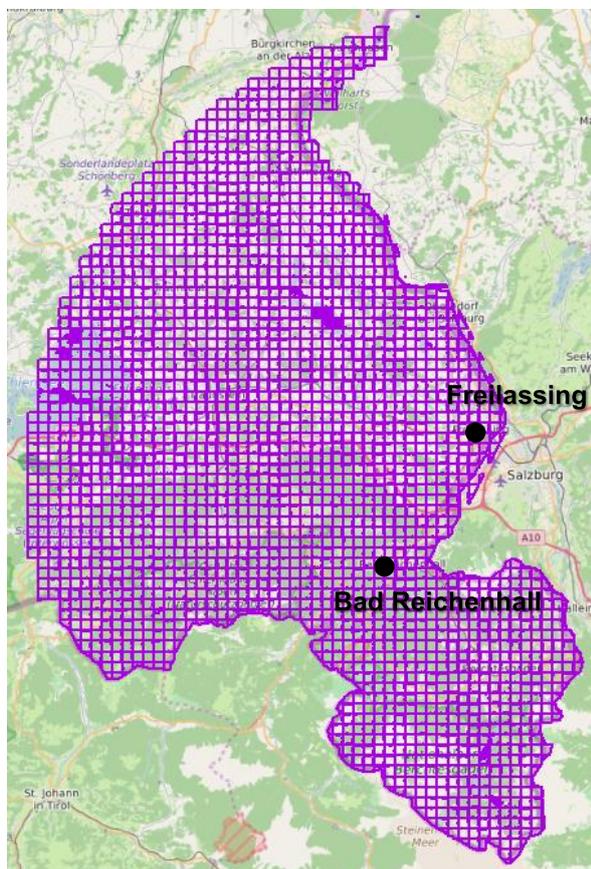


Abbildung 64: Salzburg_LiDAR – Kachelübersicht



Abbildung 65: Salzburg_LiDAR – Beispiel Kachel 4567_5290_all

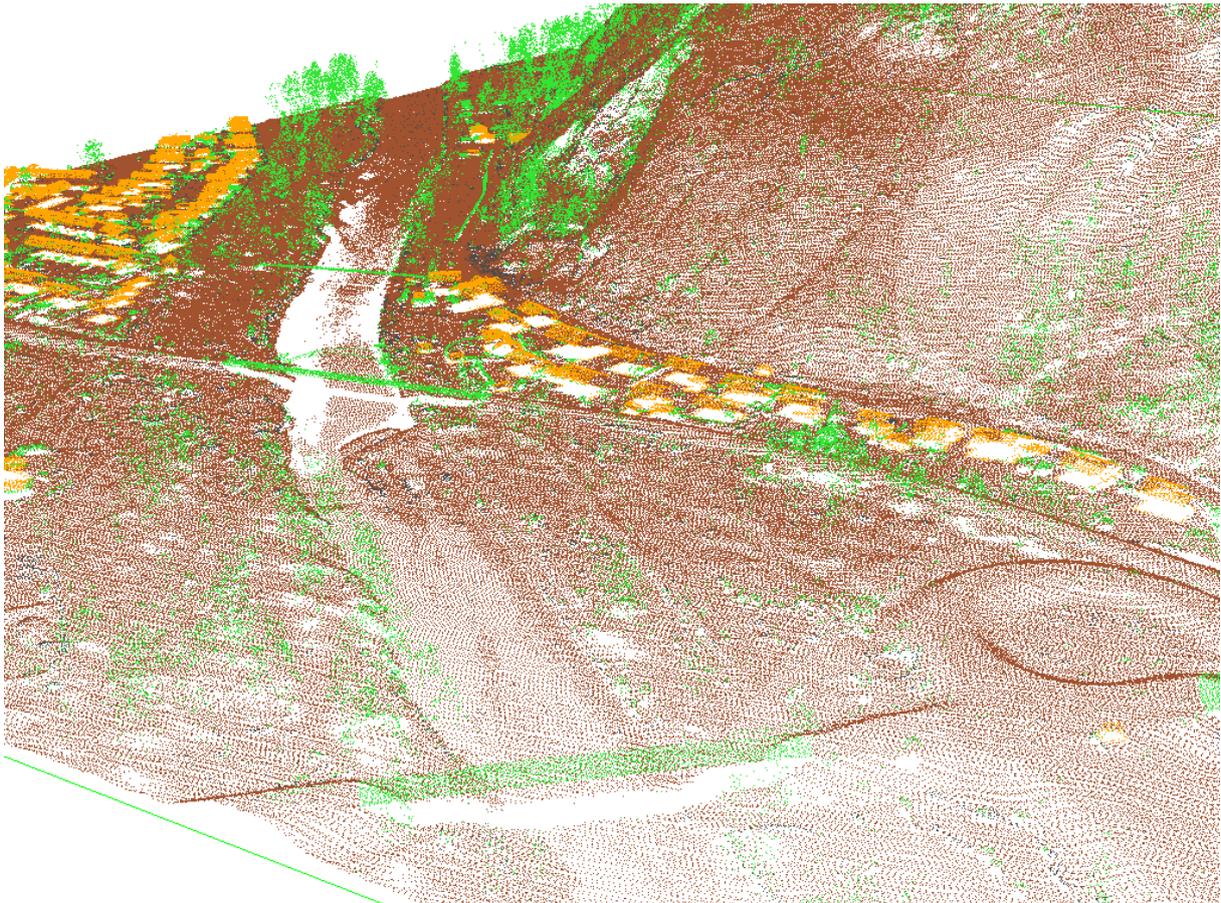


Abbildung 66: Salzburg_LiDAR – 3D-Ansicht Kachel 4567_5290_all (last return, Farbe: Classification -
- Rot: first return, Grün: intermediate return, Blau: last return, Gelb: single return)



Abbildung 67: Salzburg_LiDAR – 3D-Ansicht Kachel 4567_5290_all (trianguliert)

3.2.3 2D Basis-DLM

Alle Shape-Files liegen in GK4 (EPSG 31468) vor: DHDN_3_Degree_Gauss_Zone_4.

Die Blattfläche der beiden Bayerischen Gebiete (um den Bodensee und Freilassing) beträgt insgesamt 4723,53km².

3.2.3.1 Bodensee

Für das Testgebiet am Bodensee wurden die folgenden TK25-Blätter berücksichtigt:

8323	Tettngang
8324	Wangen i.Allgäu-West
8325	Wangen i.Allgäu-Ost
8326	Isny i.Allgäu-Süd
8423	Kressbronn am Bodensee
8424	Lindau (Bodensee)
8425	Weiler-Simmerberg
8426	Oberstaufen
8444	Hoher Göll
8543	Funtensee

Die Aufteilung und Kategorisierung der Shape-Files beruht auf dem ATKIS-Basis-DLM (AAA) der AdV (Stand: 2013).

Aufbauend auf diesen Themenbereichen erfolgt die weitere Untergliederung der einzelnen Files:

- Gebiete
- Gewässer
- Relief
- Siedlung
- Vegetation
- Verkehr

Diese Unterteilung liegt für jedes der TK25-Blätter einzeln vor. Stellvertretend für die restlichen Blätter sei daher beispielhaft das Gebiet Freilassing (601_DLM25_8143_n) gewählt und die Struktur anhand dieser Daten im folgenden Kapitel näher beschrieben.

3.2.3.2 Salzburg

Die Salzburger Testdaten umfassen die folgenden TK25-Blätter:

7841	Garching a.d.Alz	8240	Marquartstein
7842	Burghausen	8241	Ruhpolding
7940	Obing	8242	Inzell
7941	Trostberg	8243	Bad Reichenhall
7942	Tittmoning	8340	Reit im Winkl
8040	Eggstätt	8341	Seegatterl
8041	Traunreut	8342	Schneizlreuth
8042	Waging a.See	8343	Berchtesgaden West
8043	Laufen	8344	Berchtesgaden Ost
8140	Prien a.Chiemsee	8442	Hirschbichl
8141	Traunstein	8443	Königssee
8142	Teisendorf	8444	Hoher Göll
8143	Freilassing	8543	Funtensee

GEBIETE

	Geometrie	Objektanzahl	Größe [KB]
<i>geb01_f.shp</i>	Polygon	12	3180
<i>geb01_l.shp</i>	Polylinie	19	41,5
<i>geb03_f.shp</i>	Polygon	1	4,08
<i>geb03_p.shp</i>	Punkt	6	3,24

- **GEB01** (Verwaltungsgebiete):
 - Diese Ebene beinhaltet die Objektartengruppe „*Administrative Gebietseinheiten*“
 - [geb01_f.shp](#):
 - Dies umfasst folgende Objektarten: KommunalesGebiet / Gebiet_Regierungsbezirk / Gebiet_Kreis / Gebiet_Bundesland
 - **12 Objekte** (Polygon) → **3,18 MB**
 - Attribute: FID / Shape / LAND / MODELLART / OBJART / OBJART_TXT / OBJID / HDU_X / BEGINN / ENDE / ADM / AVG / BEZ_GEM / BEZ_VWG / BEZ_KRS / BEZ_LAN / BEZ_RBZ / SCH
 - [geb01_l.shp](#):
 - Dies umfasst folgende Objektarten: Gebietsgrenze
 - **19 Objekte** (Polylinie) → **41,5 KB**
 - Attribute: FID / Shape / LAND / MODELLART / OBJART / OBJART_TXT / OBJID / HDU_X / BEGINN / ENDE / AGZ

- **GEB03** (Schutzgebiete):
 - Diese Ebene beinhaltet Schutzgebiete
 - [geb03_f.shp](#):
 - Dies umfasst folgende Objektarten: NaturUmweltOderBodenschutzrecht
 - **1 Objekt** (Polygon) → **4,08 KB**
 - Attribute: FID / Shape / LAND / MODELLART / OBJART / OBJART_TXT / OBJID / HDU_X / BEGINN / ENDE / OBJART_Z / OBJID_Z / ADF / BEZ / FKT / NAM / NRS / NUM / RZS / SGN / ZON / ZUS
 - [geb03_p.shp](#):
 - Dies umfasst folgende Objektarten: NaturUmweltOderBodenschutzrecht
 - **6 Objekte** (Punkt) → **3,24 KB**
 - Attribute: FID / Shape / LAND / MODELLART / OBJART / OBJART_TXT / OBJID / HDU_X / BEGINN / ENDE / ADF / BEZ / NAM / ZUS

GEWÄSSER

	Geometrie	Objektanzahl	Größe [KB]
<i>gew01_f.shp</i>	Polygon	225	220
<i>gew01_l.shp</i>	Polylinie	1329	706
<i>gew02_p.shp</i>	Punkt	5	2,73
<i>gew03_l.shp</i>	Polylinie	222	128

- **GEW01** (Gewässer und Bauwerke an Gewässern):
 - Die Objektartengruppe umfasst die mit Wasser bedeckten Flächen
 - [gew01_f.shp](#):
 - Dies umfasst folgende Objektarten: Fliessgewaesser / StehendesGewaesser
 - **225 Objekte** (Polygon) → **220 KB**

- Attribute: FID / Shape / LAND / MODELLART / OBJART / OBJART_TXT / OBJID / HDU_X / BEGINN / ENDE / OBJART_Z / OBJID_Z / BEZ / FKT / GWK / SKZ / HYD / IDN / NAM / NTZ / SFK / TID / WDM / ZNM / ZUS
- [gew01_l.shp](#):
 - Dies umfasst folgende Objektarten: Gewaesserachse
 - **1329 Objekte** (Polylinie) → **706 KB**
 - Attribute: FID / Shape / LAND / MODELLART / OBJART / OBJART_TXT / OBJID / HDU_X / BEGINN / ENDE / OBJART_Z / OBJID_Z / BRG / FKT / FLR / GWK / HYD / IDN / NAM / SFK / WDM / ZNM / ZUS
- **GEW02** (Besondere Gewässermerkmale):
 - Diese Ebene beinhaltet Objektarten, die einen Bezug zu Gewässer haben
 - [gew02_p.shp](#):
 - Dies umfasst folgende Objektarten: Gewaessermerkmal / Wasserspiegelhoehe
 - **5 Objekte** (Punkt) → **2,73 KB**
 - Attribute: FID / Shape / LAND / MODELLART / OBJART / OBJART_TXT / OBJID / HDU_X / BEGINN / ENDE / ART / BEZ / HHO / HYD / NAM / HWS
- **GEW03** (Gewässerachse):
 - Diese Ebene beinhaltet die Objektart „Gewässerstationierungsachse“
 - [gew03_l.shp](#):
 - Dies umfasst folgende Objektarten: Gewaesserstationierungsachse
 - **222 Objekte** (Polylinie) → **128 KB**
 - Attribute: FID / Shape / LAND / MODELLART / OBJART / OBJART_TXT / OBJID / HDU_X / BEGINN / ENDE / AGA / FLR / GWK / IDN / NAM / ZNM

RELIEF

	Geometrie	Objektanzahl	Größe [KB]
<i>rel01_l.shp</i>	Polylinie	1	2,16

- **REL01** (Reliefformen):
 - Diese Objektartengruppe beschreibt charakteristische Reliefformen
 - [rel01_l.shp](#):
 - Dies umfasst folgende Objektarten: DammWallDeich
 - **1 Objekt** (Polylinie) → **2,16 KB**
 - Attribute: FID / Shape / LAND / MODELLART / OBJART / OBJART_TXT / OBJID / HDU_X / BEGINN / ENDE / OBJART_Z / OBJID_Z / ART / BEZ / FKT / HHO / NAM / HHL / TFE

SIEDLUNG

	Geometrie	Objektanzahl	Größe [KB]
<i>sie01_f.shp</i>	Polygon	64	101
<i>sie02_f.shp</i>	Polygon	1660	1110
<i>sie03_f.shp</i>	Polygon	62	47
<i>sie03_l.shp</i>	Polylinie	10	11,5
<i>sie03_p.shp</i>	Punkt	219	84,3
<i>sie05_p.shp</i>	Punkt	21	13,1

- **SIE01** (Ortslage):
 - Diese Ebene beinhaltet alle Objekte der Objektart „AX_Ortslage“; „Ortslage“ ist eine im Zusammenhang bebaute Fläche. Die Ortslage enthält neben 'Wohnbaufläche', 'Industrie- und Gewerbefläche', 'Fläche gemischter Nutzung', 'Fläche besonderer funktionaler Prägung' auch die dazu in einem engen räumlichen und funktionalen Zusammenhang stehenden Flächen des Verkehrs, von Gewässern, von Flächen, die von 'Bauwerke und sonstige Einrichtungen' für Erholung, Sport und Freizeit belegt sind, sowie von 'Vegetationsflächen'.³
 - [sie01_f.shp](#):
 - Dies umfasst folgende Objektarten: Ortslage
 - **64 Objekte** (Polygon) → **101 KB**
 - Attribute: FID / Shape / LAND / MODELLART / OBJART / OBJART_TXT / OBJID / HDU_X / BEGINN / ENDE / NAM / ZNM

- **SIE02** (Baulich geprägte Flächen):
 - Diese Objektartengruppe beinhaltet die bebauten und nicht bebauten Flächen, die durch die Ansiedlung von Menschen geprägt werden und zur Ansiedlung beitragen.
 - [sie02_f.shp](#):
 - Dies umfasst folgende Objektarten: FlaechеBesondererFunktionalerPraegung / FlaechеGemischterNutzung / Friedhof / Halde / IndustrieUndGewerbeflaechе / SportFreizeitUndErholungsflaechе / TagebauGrubeSteinbruch / Wohnbauflaechе
 - **1660 Objekte** (Polygon) → **1,11 MB**
 - Attribute: FID / Shape / LAND / MODELLART / OBJART / OBJART_TXT / OBJID / HDU_X / BEGINN / ENDE / AGT / BEB / BEZ / FGT / FKT / NAM / PEG / ZNM / ZUS

- **SIE03** (Bauwerke und sonstige Einrichtungen):
 - Diese Ebene umfasst die Objektarten der Objektartengruppe „*Bauwerke und Einrichtungen in Siedlungsflächen*“
 - [sie03_f.shp](#):
 - Dies umfasst folgende Objektarten: BauwerkOderAnlageFuerIndustrieUndGewerbe / BauwerkOderAnlageFuerSportFreizeitUndErholung
 - **62 Objekte** (Polygon) → **47 KB**
 - Attribute: FID / Shape / LAND / MODELLART / OBJART / OBJART_TXT / OBJID / HDU_X / BEGINN / ENDE / ART / ATP / BEZ / BRO / BWF / FKT / HHO / HYD / KMA / NAM / OFL / PRO / SPE / SPO / ZUS
 - [sie03_l.shp](#):
 - Dies umfasst folgende Objektarten: Leitung / SonstigesBauwerkOderSonstigeEinrichtung
 - **10 Objekte** (Polylinie) → **11,5 KB**
 - Attribute: FID / Shape / LAND / MODELLART / OBJART / OBJART_TXT / OBJID / HDU_X / BEGINN / ENDE / ART / ATP / BEZ / BRO / BWF / FKT / HHO / HYD / KMA / NAM / OFL / PRO / SPE / SPO / ZUS / SPG
 - [sie03_p.shp](#):
 - Dies umfasst folgende Objektarten: BauwerkOderAnlageFuerIndustrieUndGewerbe / SonstigesBauwerkOderSonstigeEinrichtung / VorratsbehaelterSpeicherbauwerk
 - **219 Objekte** (Punkt) → **84,3 KB**
 - Attribute: FID / Shape / LAND / MODELLART / OBJART / OBJART_TXT / OBJID / HDU_X / BEGINN / ENDE / ART / ATP / BEZ / BRO / BWF / FKT / HHO / HYD / KMA / NAM / OFL / PRO / SPE / SPO / ZUS

³ Digitales Basis-Landschaftsmodell (AAA-Modellierung), 2013

- **SIE05** (Gebäude):
 - Diese Ebene beinhaltet die Objektarten „Gebäude“ und „Bauteil“
 - [sie05_p.shp](#):
 - Dies umfasst folgende Objektarten: Turm
 - **21 Objekte** (Punkt) → **13,1 KB**
 - Attribute: FID / Shape / LAND / MODELLART / OBJART / OBJART_TXT / OBJID / HDU_X / BEGINN / ENDE / OBJART_N / OBJID_N / BWF / GFK / HHO / HOH/ NAM / NTZ / OFL / WGF / ZUS / HNR / PNR / LNR / SCH

VEGETATION

	Geometrie	Objektanzahl	Größe [KB]
<i>veg01_f.shp</i>	Polygon	2021	1330
<i>veg02_f.shp</i>	Polygon	1003	882
<i>veg03_f.shp</i>	Polygon	42	36,9
<i>veg04_f.shp</i>	Polygon	36	53,1
<i>veg04_l.shp</i>	Polylinie	6	3,43
<i>veg04_p.shp</i>	Punkt	6	2,97

- **VEG01** (Landwirtschaftliche Nutzfläche):
 - Diese Ebene beinhaltet alle Objekte der Objektart „Landwirtschaft“
 - [veg01_f.shp](#):
 - Dies umfasst folgende Objektarten: Landwirtschaft
 - **2021 Objekte** (Polygon) → **1,33 MB**
 - Attribute: FID / Shape / LAND / MODELLART / OBJART / OBJART_TXT / OBJID / HDU_X / BEGINN / ENDE / VEG
- **VEG02** (Forstwirtschaftliche Nutzfläche):
 - Diese Ebene beinhaltet alle Objekte der Objektart „Wald“
 - [veg02_f.shp](#):
 - Dies umfasst folgende Objektarten: Wald
 - **1003 Objekte** (Polygon) → **882 KB**
 - Attribute: FID / Shape / LAND / MODELLART / OBJART / OBJART_TXT / OBJID / HDU_X / BEGINN / ENDE / BEZ / NAM / VEG / ZUS
- **VEG03** (Vegetationsflächen):
 - Diese Ebene umfasst die übrigen Objektarten der Objektartengruppe Vegetation außer Wald und Landwirtschaft
 - [veg03_f.shp](#):
 - Dies umfasst folgende Objektarten: Gehoelz / Moor
 - **42 Objekte** (Polygon) → **36,9 KB**
 - Attribute: FID / Shape / LAND / MODELLART / OBJART / OBJART_TXT / OBJID / HDU_X / BEGINN / ENDE / FKT / NAM / OFM
- **VEG04** (Vegetationsmerkmal):
 - Diese Objektartengruppe beschreibt den zusätzlichen Bewuchs einer Grundfläche
 - [veg04_f.shp](#):
 - Dies umfasst folgende Objektarten: Vegetationsmerkmal
 - **36 Objekte** (Polygon) → **53,1 KB**
 - Attribute: FID / Shape / LAND / MODELLART / OBJART / OBJART_TXT / OBJID / HDU_X / BEGINN / ENDE / BEZ / BRO / BWS / NAM / ZUS

- [veg04_l.shp](#):
 - Dies umfasst folgende Objektarten: Vegetationsmerkmal
 - **6 Objekte** (Polylinie) → **3,43 KB**
 - Attribute: siehe [veg04_f.shp](#)
- [veg04_p.shp](#):
 - Dies umfasst folgende Objektarten: Vegetationsmerkmal
 - **6 Objekte** (Punkt) → **2,97 KB**
 - Attribute: siehe [veg04_f.shp](#)

VERKEHR

	Geometrie	Objektanzahl	Größe [KB]
ver01_f.shp	Polygon	68	37,7
ver01_l.shp	Polylinie	3929	2110
ver02_l.shp	Polylinie	2659	1460
ver03_f.shp	Polygon	5	7,05
ver03_l.shp	Polylinie	104	57,7
ver06_f.shp	Polygon	16	15,0
ver06_l.shp	Polylinie	568	353
ver06_p.shp	Punkt	37	21,2

- **VER01** (Straßenverkehr):
 - Diese Objektartengruppe enthält die bebauten und nicht bebauten Flächen, die dem Verkehr dienen
 - [ver01_f.shp](#):
 - Dies umfasst folgende Objektarten: Platz / Strassenverkehr
 - **68 Objekte** (Polygon) → **37,7 KB**
 - Attribute: FID / Shape / LAND / MODELLART / OBJART / OBJART_TXT / OBJID / HDU_X / BEGINN / ENDE / FKT / NAM / STS / ZNM
 - [ver01_l.shp](#):
 - Dies umfasst folgende Objektarten: Fahrbahnachse / Strassenachse
 - **3929 Objekte** (Polylinie) → **2,11 MB**
 - Attribute: FID / Shape / LAND / MODELLART / OBJART / OBJART_TXT / OBJID / HDU_X / BEGINN / ENDE / OBJART_Z / OBJID_Z / FKT / NAM / STS / ZNM / BDI / BDU / BVB / BEZ / BFS / BRF / BRV / FSZ / FTR / OFM / WDM / ZUS
- **VER02** (Wege):
 - Diese Ebene beinhaltet die Objektarten Weg, Pfad, Steig und *Fahrwegachse*
 - *Weg, Pfad, Steig* ist ein befestigter oder unbefestigter Geländestreifen, der zum Befahren und/oder Begehen vorgesehen ist.
 - *Fahrwegachse* beschreibt die Geometrie und die Eigenschaften eines Wirtschaftsweges. Zum Wirtschaftsweg gehören auch Seitenstreifen und Gräben zur Wegentwässerung
 - [ver02_l.shp](#):
 - Dies umfasst folgende Objektarten: Fahrwegachse / WegPfadSteig
 - **2659 Objekte** (Polylinie) → **1,46 MB**
 - Attribute: FID / Shape / LAND / MODELLART / OBJART / OBJART_TXT / OBJID / HDU_X / BEGINN / ENDE / ART / BEF / BEZ / BRV / FKT / MKG / NAM / STS / ZNM

- **VER03** (Bahnverkehr):
 - Diese Ebene beinhaltet die Objektarten der Objektartengruppen *Verkehr* und *Bauwerke, Anlagen und Einrichtungen für den Verkehr*, die dem Bahnverkehr dienen
 - [ver03_f.shp](#):
 - Dies umfasst folgende Objektarten: Bahnverkehr
 - **5 Objekte** (Polygon) → **7,05 KB**
 - Attribute: FID / Shape / LAND / MODELLART / OBJART / OBJART_TXT / OBJID / HDU_X / BEGINN / ENDE / FKT
 - [ver03_l.shp](#):
 - Dies umfasst folgende Objektarten: Bahnstrecke / Gleis
 - **104 Objekte** (Polylinie) → **57,7 KB**
 - Attribute: FID / Shape / LAND / MODELLART / OBJART / OBJART_TXT / OBJID / HDU_X / BEGINN / ENDE / BKT / ELK / GLS / NAM / NRB / SPW / ZNM / ZUS

- **VER06** (Verkehrsbauwerke und -anlagen):
 - Dies sind flächenförmige Anlagen, die dem Verkehr dienen
 - [ver06_f.shp](#):
 - Dies umfasst folgende Objektarten: Bahnverkehrsanlage / BauwerkImGewaesserbereich / BauwerkImVerkehrsbereich
 - **16 Objekte** (Polygon) → **15,0 KB**
 - Attribute: FID / Shape / LAND / MODELLART / OBJART / OBJART_TXT / OBJID / HDU_X / BEGINN / ENDE / ART / BEZ / BFK / BRO / BWF / DHU / KMA / NAM / OFM / STS / ZNM / ZUS
 - [ver06_l.shp](#):
 - Dies umfasst folgende Objektarten: BauwerkImGewaesserbereich / BauwerkImVerkehrsbereich
 - **568 Objekte** (Polylinie) → **353 KB**
 - Attribute: siehe *ver06_f.shp*
 - [ver06_p.shp](#):
 - Dies umfasst folgende Objektarten: Bahnverkehrsanlage / BauwerkImGewaesserbereich / Flugverkehrsanlage / Strassenverkehrsanlage
 - **37 Objekte** (Punkt) → **21,2 KB**
 - Attribute: siehe *ver06_f.shp*

3.2.4 DOP

Die Orthophotos haben eine Auflösung von 20cm.

3.2.4.1 Bodensee

- **Anzahl der Dateien:** 628
- **Namensbeispiel:** 4319000_5273000.tif
- **Format:** TIF, 24bit, RGBI
- **Auflösung:** 20cm / px
- **Kachelgröße:** 1 x 1 km (5000 x 5000 px)
- **Raumbezug:** DHDN_3_Degree_Gauss_Zone_4

Zu jedem Orthophoto sind außerdem Informationen zur Bildflug(unter)nummer sowie zum Aufnahmetag enthalten.



Abbildung 68: 4325000_5273000.tif

3.2.4.2 Salzburg

- **Anzahl der Dateien:** 2938
- **Namensbeispiel:** 4524000_5286000.tif
- **Format:** TIF, 24bit, RGBI
- **Auflösung:** 20cm / px
- **Kachelgröße:** 1 x 1 km (5000 x 5000 px)
- **Raumbezug:** DHDN_3_Degree_Gauss_Zone_4

Zu jedem Orthophoto sind außerdem Informationen zur Bildflug(unter)nummer sowie zum Aufnahmetag enthalten.

3.2.5 Gebäudegrundrisse

Die Shape-Files liegen in GK4 (EPSG 31468) vor: DHDN_3_Degree_Gauss_Zone_4.

3.2.5.1 Bodensee

- **Name der Datei:** Gebaeude_BY.shp
- **Geometrie:** Polygon
- **Anzahl der Objekte:** 56143 (18815 Hauptgebäude / 37328 Nebengebäude)
- **Größe:** 10,7 MB
- **Attribute:** FID / Shape / AGS
- **Aktualität:** 03.08.2016



Abbildung 69: Gebäudegrundrisse (Lindenberg im Allgäu)

3.2.5.2 Salzburg

- **Name der Datei:** Gebaeude_BY.shp
- **Geometrie:** Polygon
- **Anzahl der Objekte:** 236943 (81659 Hauptgebäude / 155284 Nebengebäude)
- **Größe:** 46,3 MB
- **Attribute:** FID / Shape / AGS
- **Aktualität:** 03.08.2016

3.2.6 LoD2 - Gebäudemodelle

Die Bereitstellung der LoD2-Daten erfolgt in folgender Ausführung:

- Gekachelt, 1000 x 1000 m
- Ausgabeformat: CityGML
- Koordinatensystem: GK4 (EPSG 31468)

3.2.6.1 Bodensee

Gebäudemodelle im Level of Detail 2 sind für den in Abbildung 70 blau eingegrenzten Bereich im Umfeld von Lindau verfügbar.

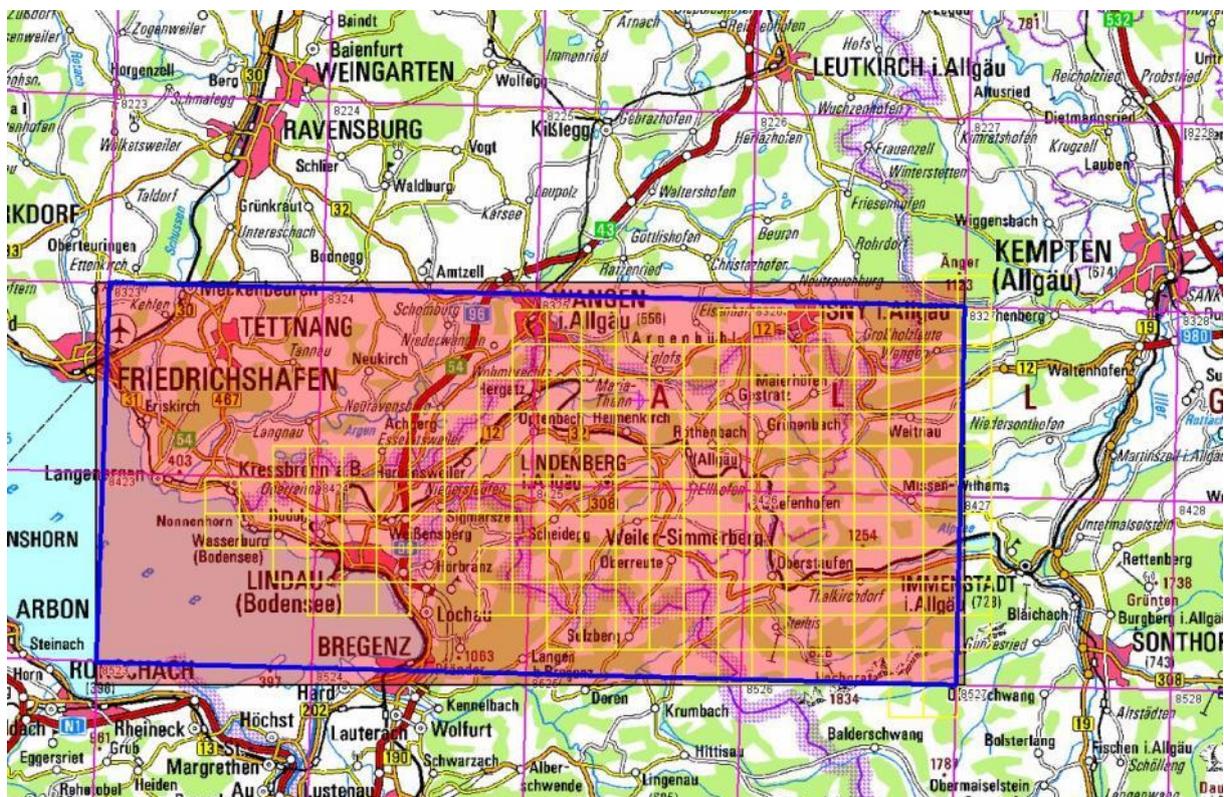


Abbildung 70: Gebietsumgriff – Bodenseegebiet

In dem oben dargestellten Gebiet wurden insgesamt 58.600 LoD2-Gebäude generiert.

- **Anzahl der Dateien:** 1058
- **Größe:** 862 MB
- **Namensbeispiel:** 4343_5269.gml

3.2.6.2 Salzburg

Um den Salzburger Flughafen sind die LoD2-Gebäudemodelle im blau eingegrenzten Bereich der Abbildung 71 verfügbar.

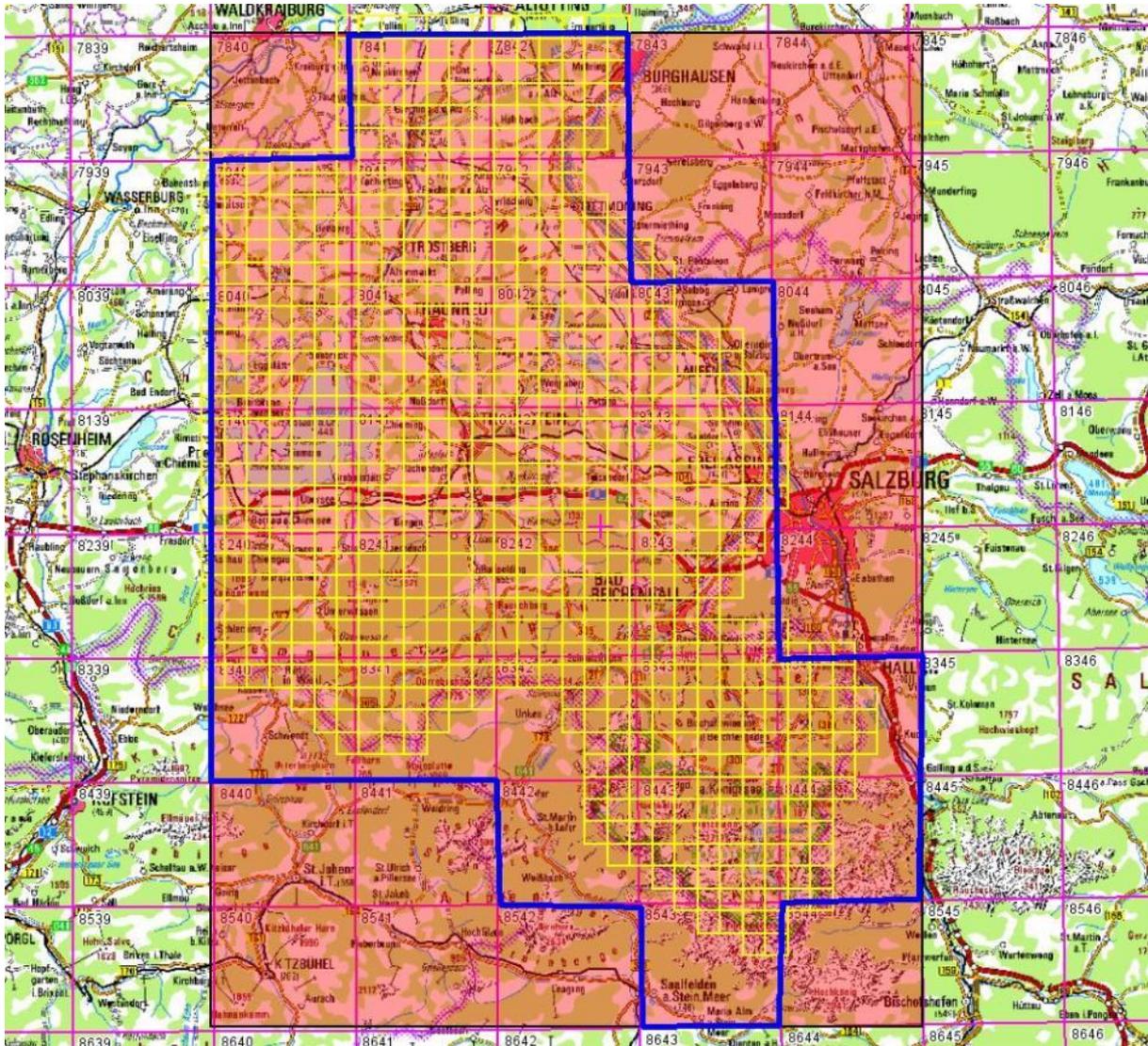


Abbildung 71: Gebietsumgriff - Salzburg-Flughafen

Die Anzahl der LoD2-Gebäude beträgt für obigen Ausschnitt 241.519.

- **Anzahl der Dateien:** 4828
- **Größe:** 3,44 GB
- **Namensbeispiel:** 4524_5298.gml

3.3 LGL

Das LGL stellt für das Projekt das DGM und verschiedene DOM, das 2D-DLM, DOPs, Gebäudegrundrisse und die entsprechenden LoD2-Gebäudemodelle zur Verfügung.

3.3.1 DGM

Anzahl Dateien: 733

Format: ASCII-XYZ

Namensbeispiel: 35445282.1m

Auflösung: 1m / Rasterzelle

Kachelgröße: 1 x 1 km

Bounding-Box

3538000

5271000

3577000

5294000

→ Dies ergibt eine Fläche von 39x23 km

Bezugssystem

XY: DHDN_3_Degree_Gauss_Zone_3 (WKID: 31467 Authority: EPSG)

Z: DHHN92, Höhe ü.NN

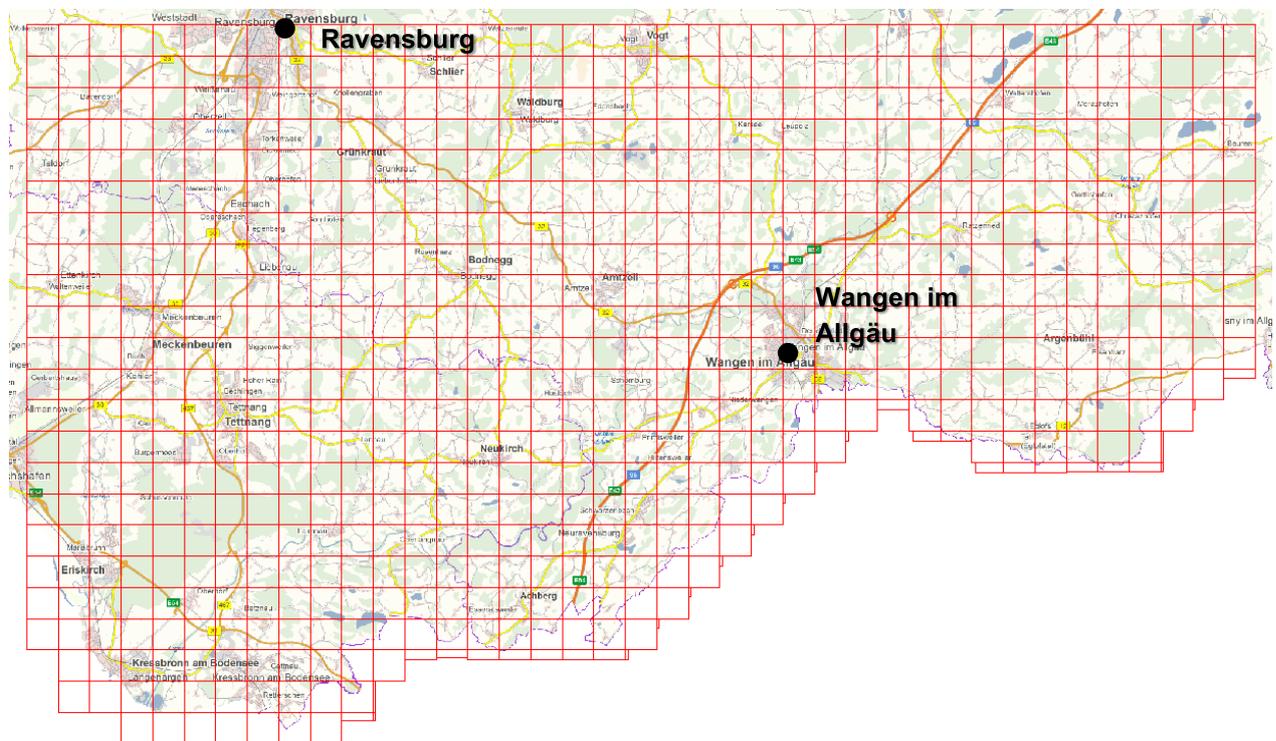


Abbildung 72: DGM1 – Kachelübersicht



Abbildung 73: Ausschnitt Kachel 35435281

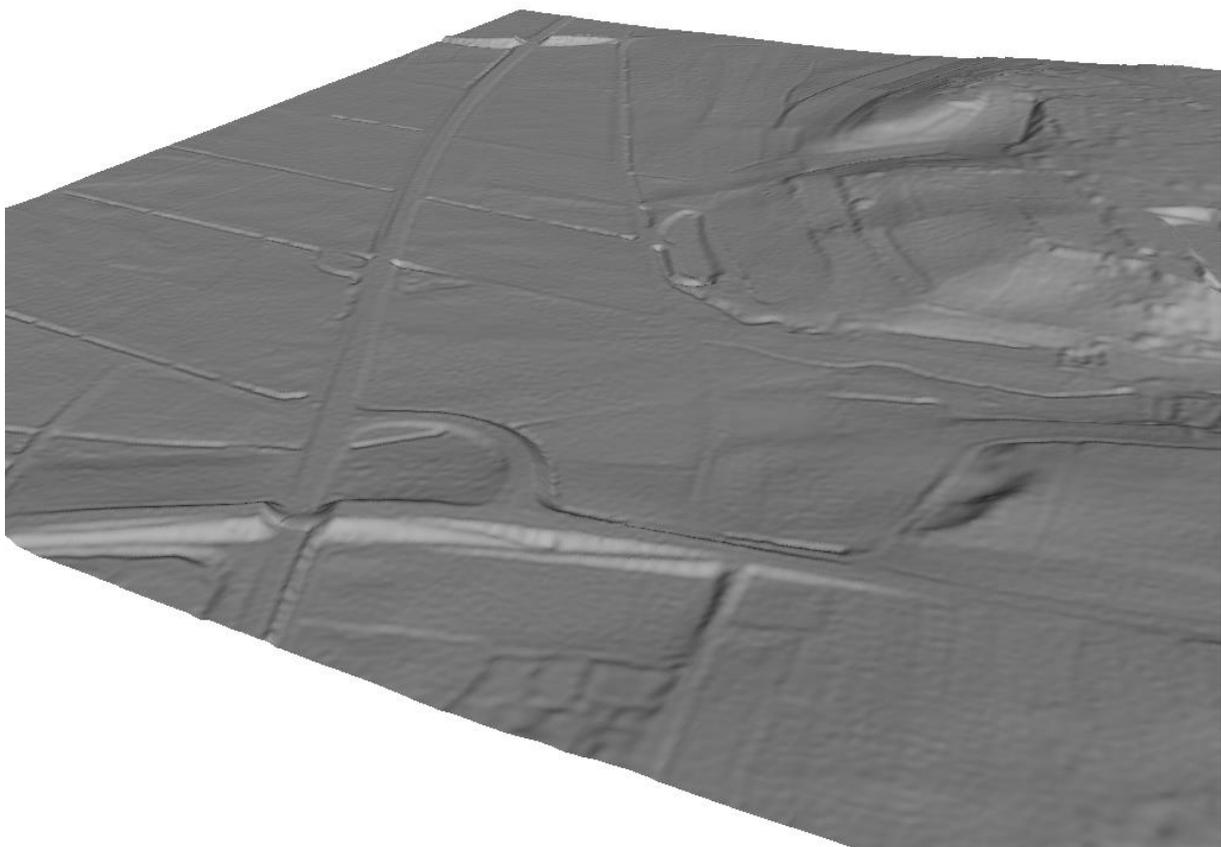


Abbildung 74: 3D-Ansicht Kachel 35435281 (trianguliert)

3.3.2 DOM

Das LGL stellt neben einem DOM mit einer Auflösung von 5m auch ein DOM mit einer 1m-Auflösung sowie ein normiertes Oberflächenmodell zur Verfügung.

3.3.2.1 DOM 5

Anzahl Dateien: 724

Format: ASCII-XYZ

Namensbeispiel: 35445282.5m

Auflösung: 5m / Rasterzelle

Kachelgröße: 1 x 1 km

Bounding-Box

3538000

5271000

3577000

5294000

→ Dies ergibt eine Fläche von 39x23 km

Bezugssystem

XY: DHDN_3_Degree_Gauss_Zone_3 (WKID: 31467 Authority: EPSG)

Z: DHHN92, Höhe ü.NN

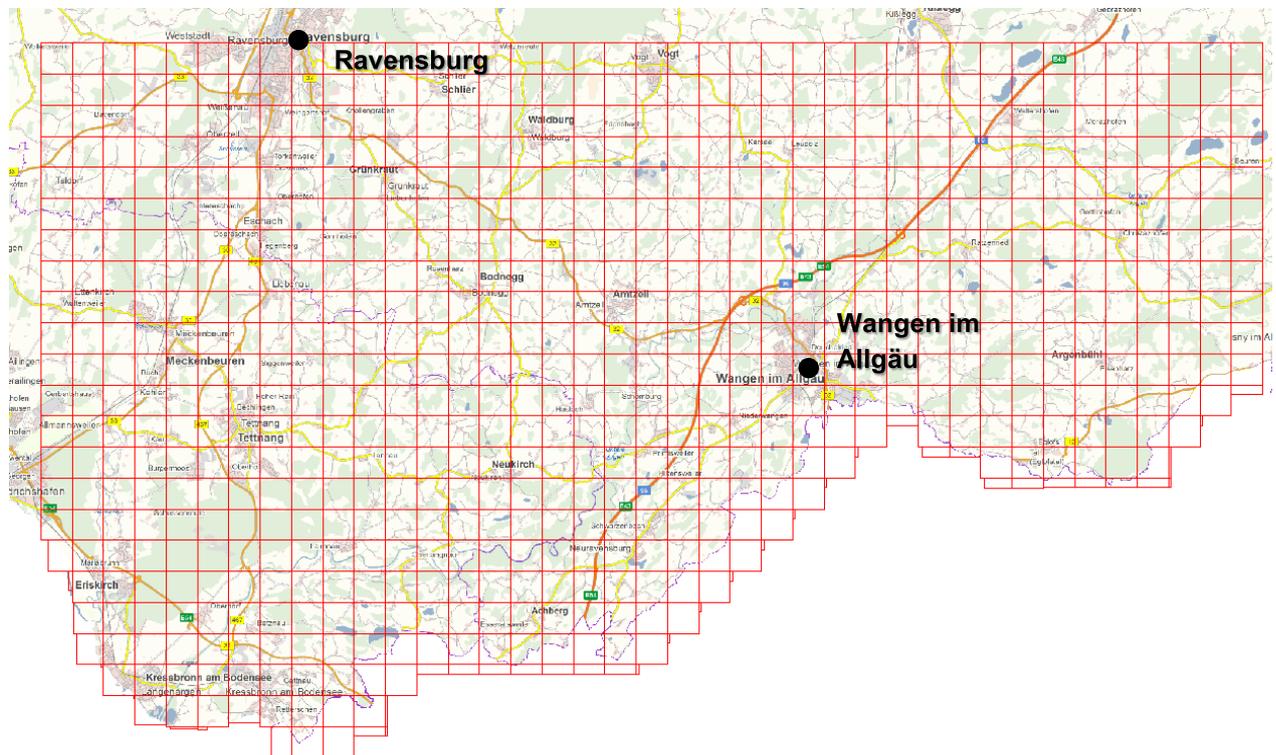


Abbildung 75: DOM5 - Kachelübersicht

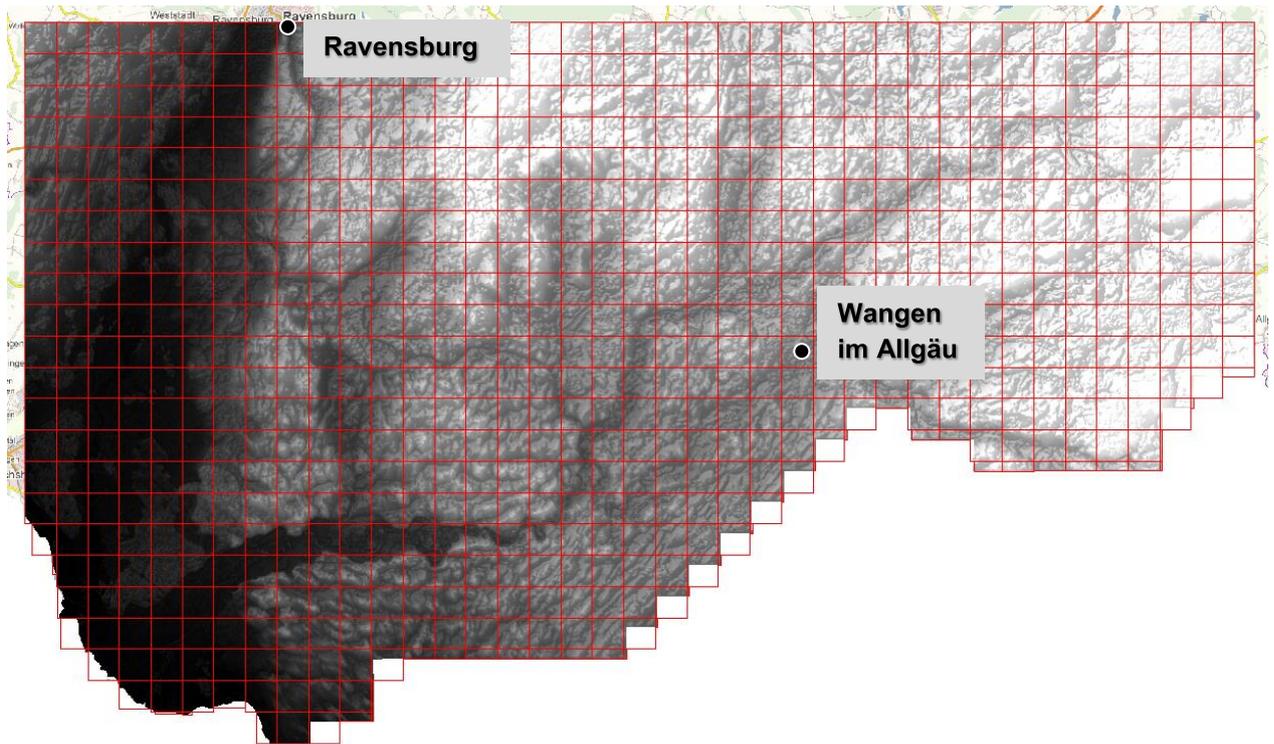


Abbildung 76: Daten als 5m-Höhenraster

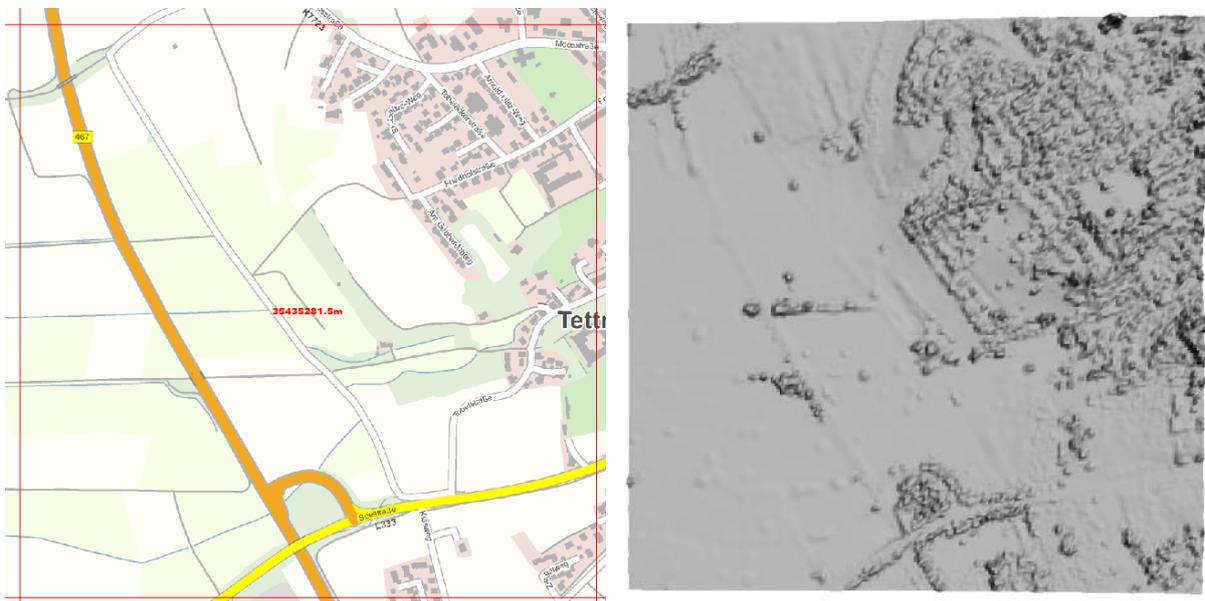


Abbildung 77: Ausschnitt Kachel 35435281

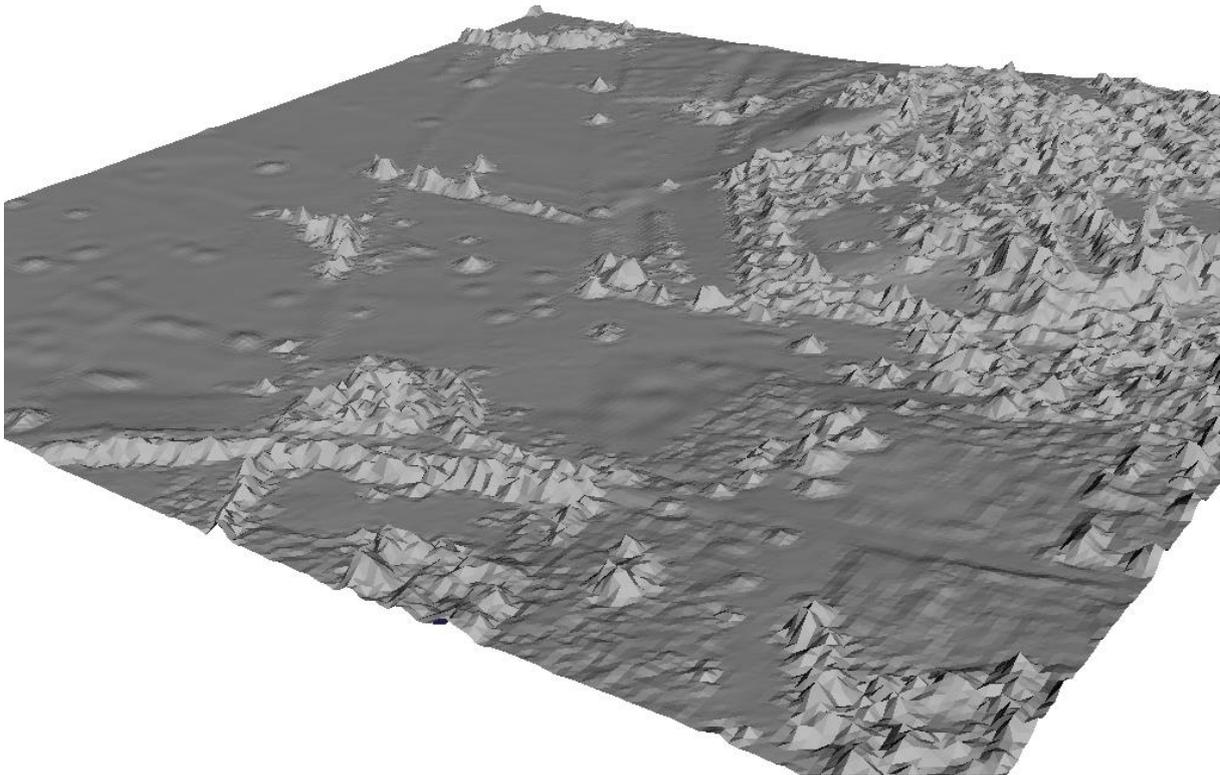


Abbildung 78: 3D- Ansicht Kachel 35435281 (trianguliert)

3.3.2.2 DOM 1

Anzahl Dateien: 48

Format: ASCII-XYZ

Namensbeispiel: 3560_5285_dom.xyz

Auflösung: 1m / Rasterzelle

Kachelgröße: 5 x 5 km

Bounding-Box

3538000

5271000

3577000

5294000

→ Dies ergibt eine Fläche von 39x23 km

Bezugssystem

XY: DHDN_3_Degree_Gauss_Zone_3 (WKID: 31467 Authority: EPSG)

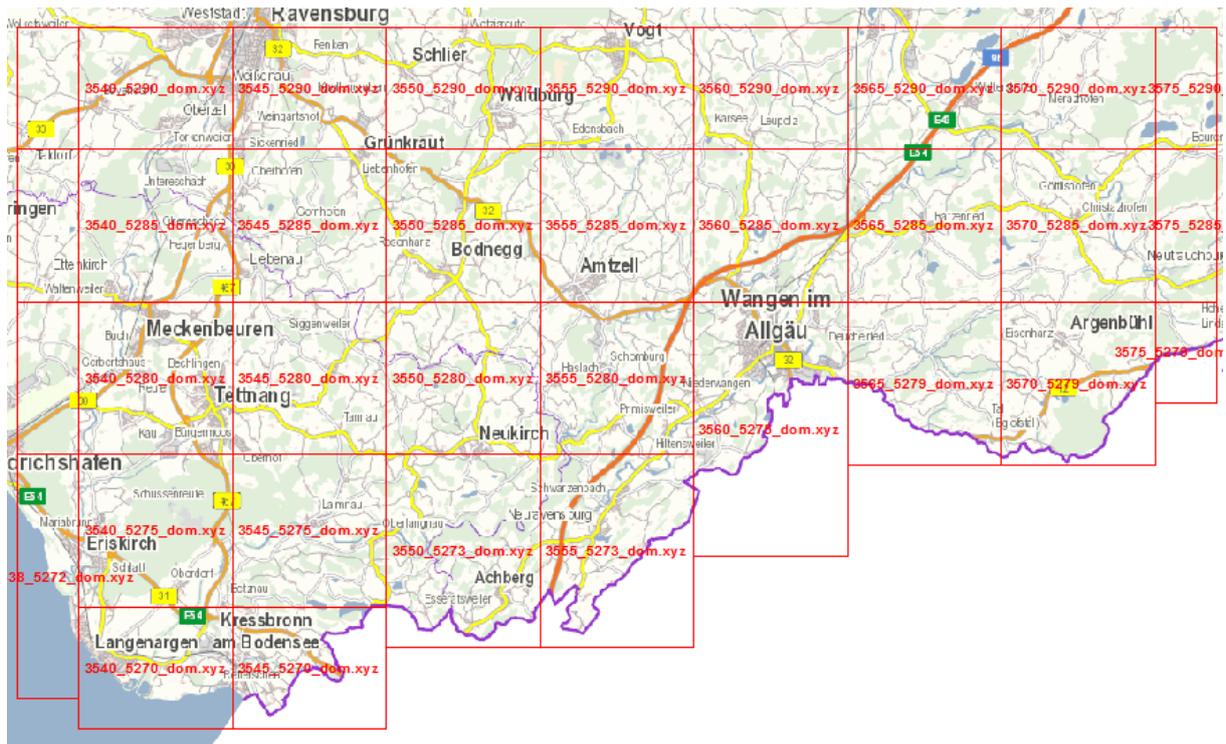


Abbildung 79: DOM1 - Kachelübersicht

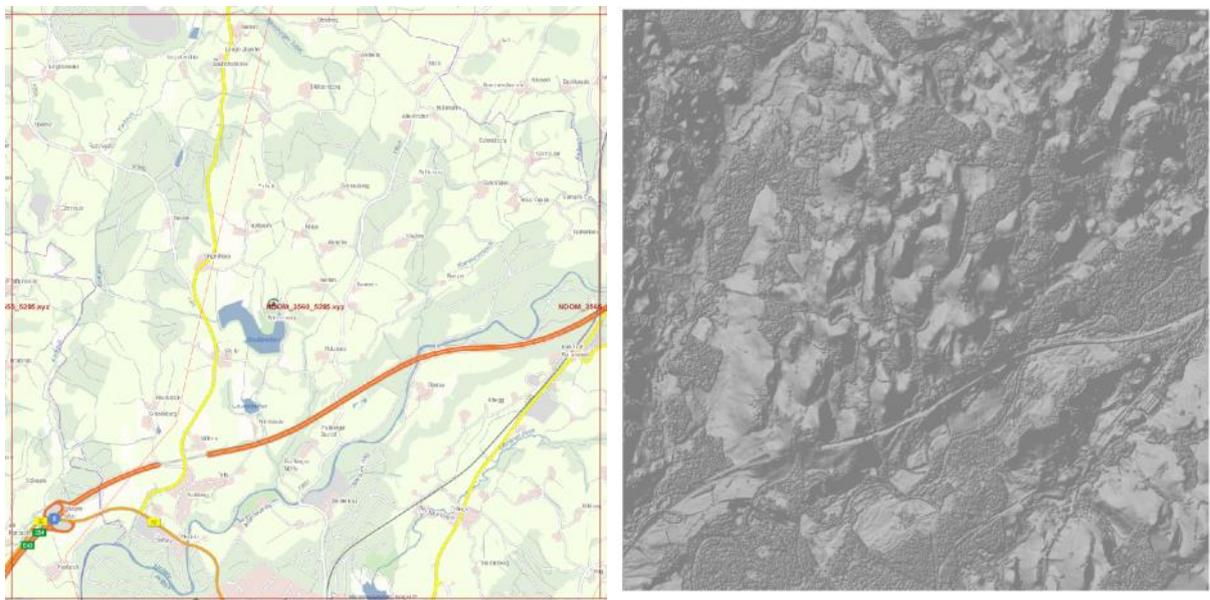


Abbildung 80: Ausschnitt Kachel 3560_5285



Abbildung 81: Detail-Ansicht Kachel 3560_5285

3.3.2.3 NDOM

Ein nDOM ist ein normalisiertes DOM; dieses entsteht aus der Differenz von DOM und DGM. Es bildet Landschaftsobjekte wie Gebäude und Vegetation auf einer Kartenebene ab.

Anzahl Dateien: 14

Format: ASCII-XYZ

Namensbeispiel: NDOM_3560_5285.xyz

Auflösung: 1m / Rasterzelle

Kachelgröße: 5 x 5 km

Bounding-Box

3538000

5285000

3570000

5294000

→ Dies ergibt eine Fläche von 32x9 km

Bezugssystem

XY: DHDN_3_Degree_Gauss_Zone_3 (WKID: 31467 Authority: EPSG)



Abbildung 82: NDOM - Kachelübersicht

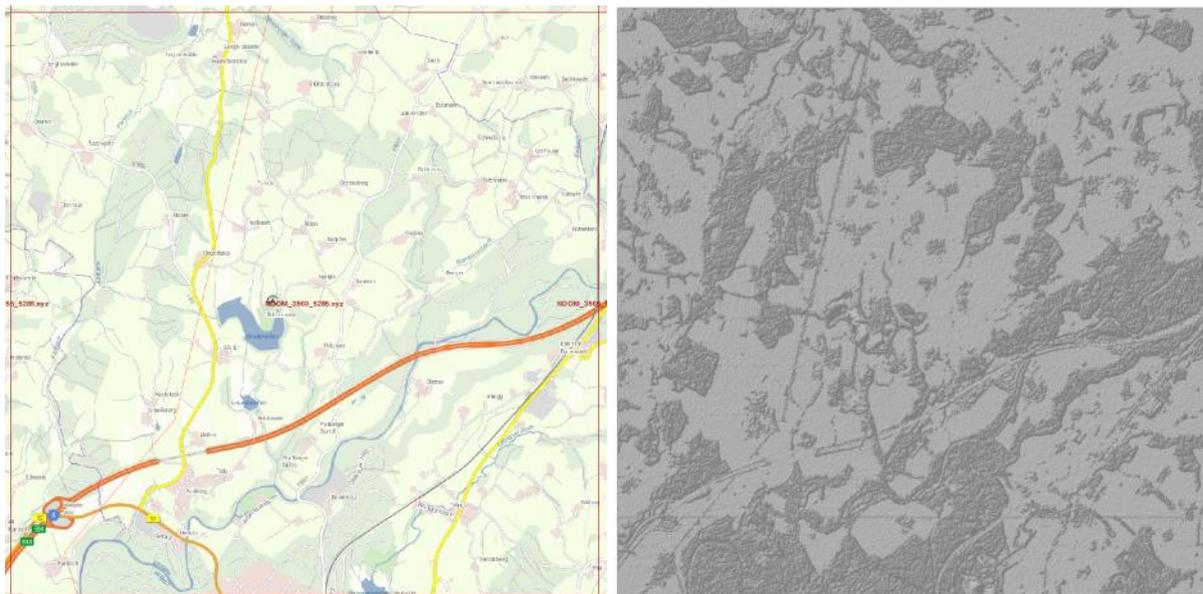


Abbildung 83: Ausschnitt Kachel 3560_5285



Abbildung 84: Detail-Ansicht Kachel 3560_5285

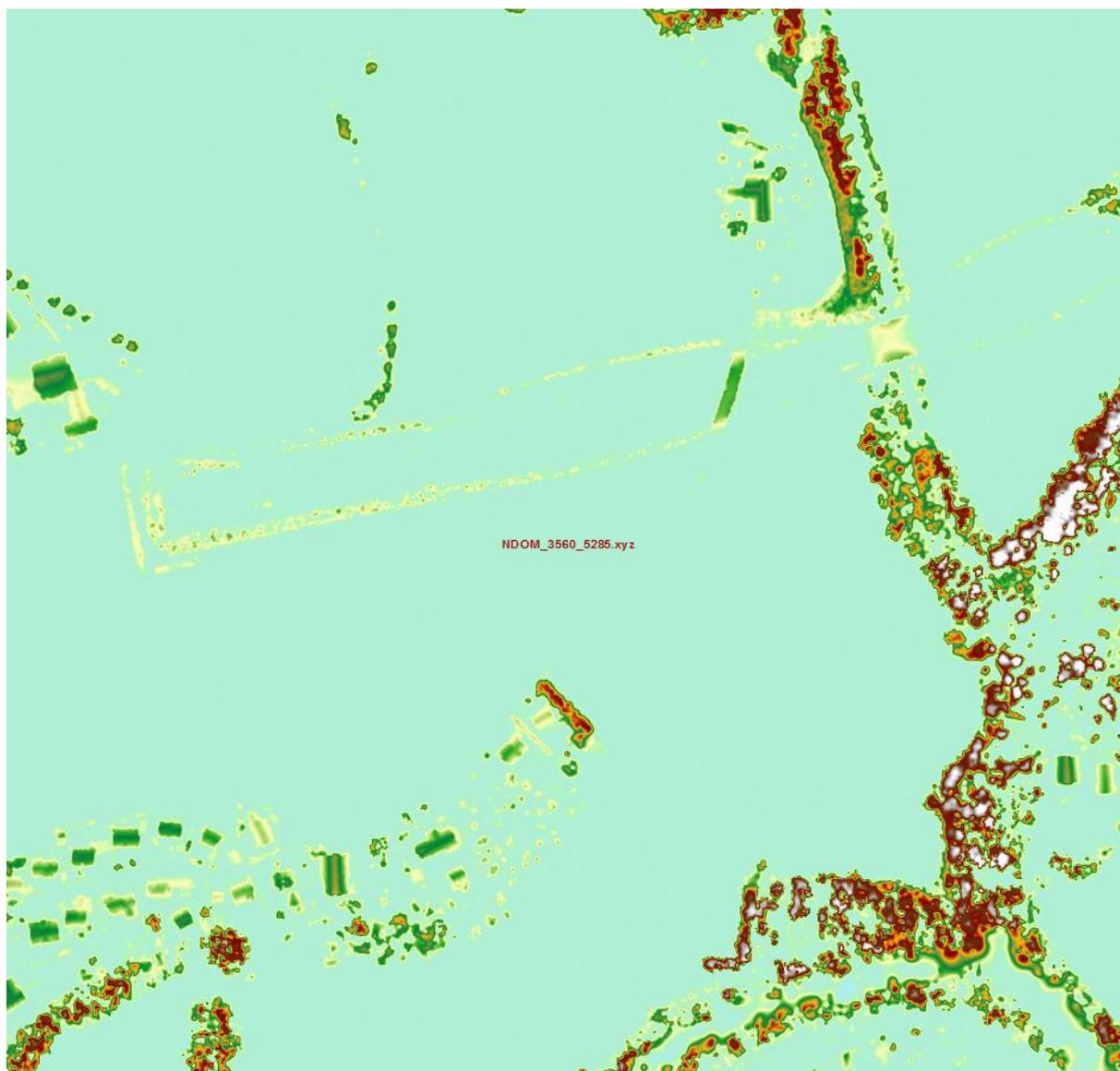


Abbildung 85: Detail-Ansicht Kachel 3560_5285 – (Höhen-) Farbkodiert (niedrig – hoch)



3.3.3 2D-DLM

Dieses Gebiet setzt sich aus den folgenden Kommunalen Gebieten in den Kreisen Ravensburg sowie dem Bodenseekreis zusammen (im Regierungsbezirk Tübingen).



Abbildung 86: Gebietsumfang der 2D-DLM-Daten - Bodenseegebiet (Baden-Württemberg)

Alle Shape-Files liegen in DHDN_3_Degree_Gauss_Zone_3 (EPSG 31467) vor.

Wie bereits die Daten vom LDBV sind auch die Shape-Dateien vom LGL entsprechend dem Digitalen Basis-Landschaftsmodell des Bundesamts für Kartographie und Geodäsie kategorisiert.

Da diese Untergliederung bereits detailliert für die LDBV-Daten erläutert wurde, sollen im Folgenden lediglich der Geometrietyp, die Anzahl der Objekte sowie die dazugehörige Datenmenge in einer Tabelle aufgeführt werden.

Die aufgeführten Zahlen beziehen sich dabei jeweils auf das gesamte Gebiet (vgl. obige Karte).

GEBIETE

	Geometrie	Objektanzahl	Größe [MB]
geb01_f.shp	Polygon	27	1,15
geb01_l.shp	Polylinie	11406	3,02
geb02_f.shp	Polygon	8	0,005
geb02_p.shp	Punkt	1870	0,91
geb03_f.shp	Polygon	89	0,17
geb03_p.shp	Punkt	70	0,03

- **GEB02** (Geographische Gebiete):

→ Diese Ebene beinhaltet Objektarten, die geographische Gebiete beschreiben

o [geb02_f.shp](#):

- Dies umfasst folgende Objektarten: Insel
- **8 Objekte** (Polygon) → **5,47 KB**
- Attribute: FID / Shape / LAND / MODELLART / OBJART / OBJART_TXT / OBJID / HDU_X / BEGINN / ENDE / LTP / NAM

- [geb02_p.shp](#):
 - Dies umfasst folgende Objektarten: Landschaft / Wohnplatz
 - **1870 Objekte** (Punkt) → **908 KB**
 - Attribute: FID / Shape / LAND / MODELLART / OBJART / OBJART_TXT / OBJID / HDU_X / BEGINN / ENDE / LTP / NAM / BEZ / EWZ / ZNM

GEWÄSSER

	Geometrie	Objektanzahl	Größe [MB]
<i>gew01_f.shp</i>	Polygon	576	0,60
<i>gew01_l.shp</i>	Polylinie	68042	29,1
<i>gew02_f.shp</i>	Polygon	3	0,003
<i>gew02_p.shp</i>	Punkt	196	0,06
<i>gew03_l.shp</i>	Polylinie	2385	1,04

- **GEW02** (Besondere Gewässermerkmale):
 - Diese Ebene beinhaltet Objektarten, die einen Bezug zu Gewässer haben
 - [gew02_f.shp](#):
 - Dies umfasst folgende Objektarten: Gewässermerkmal
 - **3 Objekte** (Polygon) → **2,57 KB**
 - Attribute: FID / Shape / LAND / MODELLART / OBJART / OBJART_TXT / OBJID / HDU_X / BEGINN / ENDE / ADP / ART / BEZ / FKT / HHO / HYD / NAM

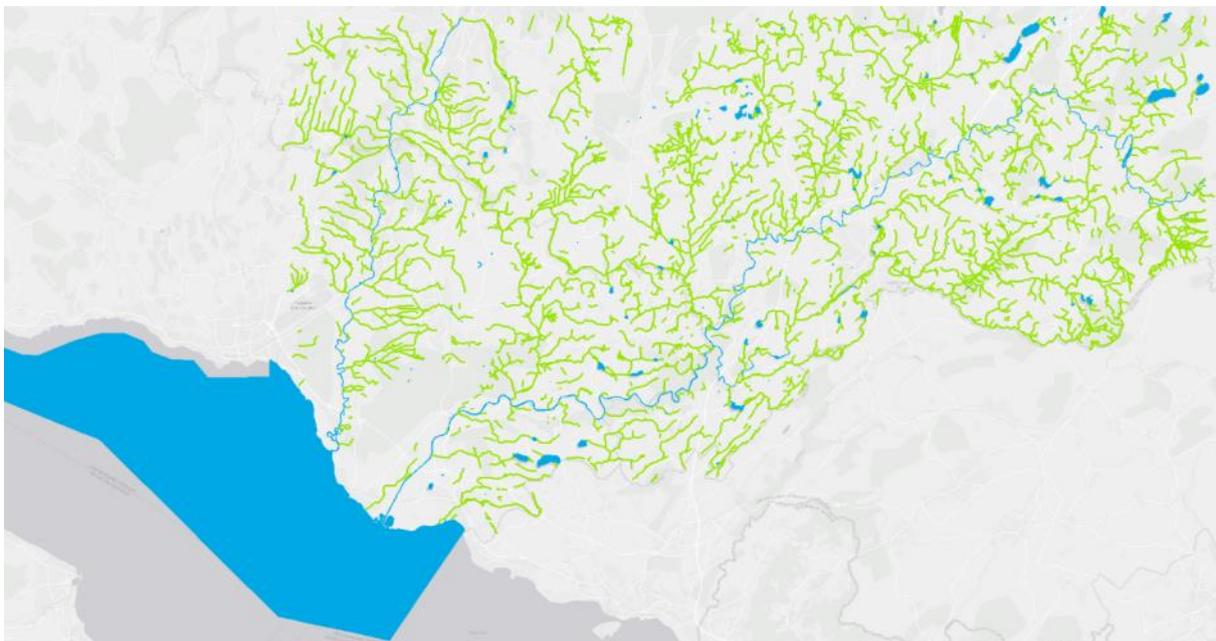


Abbildung 87: *gew01_f.shp* (blau) und *gew01_l.shp* (grün)

RELIEF

	Geometrie	Objektanzahl	Größe [MB]
<i>rel01_l.shp</i>	Polylinie	420	0,17

SIEDLUNG

	Geometrie	Objektanzahl	Größe [MB]
<i>sie01_f.shp</i>	Polygon	311	0,59
<i>sie02_f.shp</i>	Polygon	9146	6,45
<i>sie03_f.shp</i>	Polygon	236	0,12
<i>sie03_l.shp</i>	Polylinie	1036	0,46
<i>sie03_p.shp</i>	Punkt	1932	0,73
<i>sie04_f.shp</i>	Polygon	5	0,007
<i>sie04_p.shp</i>	Punkt	1	0,001
<i>sie05_p.shp</i>	Punkt	49	0,03

- **SIE04** (Besondere Anlagen auf Siedlungsflächen):
 - Diese Objektartengruppe sind flächen- oder linienförmige Anlagen, die unterschiedliche Objektarten aus verschiedenen, nicht eindeutig thematisch abgrenzbaren Bereichen überlagern können
 - [sie04_f.shp](#):
 - Dies umfasst folgende Objektarten: Hafen
 - **5 Objekte** (Polygon) → **6,67 KB**
 - Attribute: FID / Shape / LAND / MODELLART / OBJART / OBJART_TXT / OBJID / HDU_X / BEGINN / ENDE / BEZ / HFK / KON / NAM / NTZ / ZUS
 - [sie04_p.shp](#):
 - Dies umfasst folgende Objektarten: Grenzübergang
 - **1 Objekt** (Punkt) → **1,39 KB**
 - Attribute: FID / Shape / LAND / MODELLART / OBJART / OBJART_TXT / OBJID / HDU_X / BEGINN / ENDE / BEZ / HFK / KON / NAM / NTZ / ZUS

VEGETATION

	Geometrie	Objektanzahl	Größe [MB]
<i>veg01_f.shp</i>	Polygon	13842	9,67
<i>veg02_f.shp</i>	Polygon	7860	6,68
<i>veg03_f.shp</i>	Polygon	3007	1,98
<i>veg04_f.shp</i>	Polygon	1185	0,93
<i>veg04_l.shp</i>	Polylinie	661	0,25
<i>veg04_p.shp</i>	Punkt	90	0,03

VERKEHR

	Geometrie	Objektanzahl	Größe [MB]
<i>ver01_f.shp</i>	Polygon	903	0,58
<i>ver01_l.shp</i>	Polylinie	91445	44
<i>ver02_l.shp</i>	Polylinie	158176	69,9
<i>ver03_f.shp</i>	Polygon	33	0,02
<i>ver03_l.shp</i>	Polylinie	969	0,44
<i>ver04_f.shp</i>	Polygon	8	0,008
<i>ver05_f.shp</i>	Polygon	8	0,008
<i>ver05_l.shp</i>	Polylinie	61	0,02
<i>ver06_f.shp</i>	Polygon	64	0,06
<i>ver06_l.shp</i>	Polylinie	9416	5,47
<i>ver06_p.shp</i>	Punkt	40	0,02
<i>ver07_p.shp</i>	Punkt	244	0,08

- **VER04** (Flugverkehr):
 - Diese Ebene umfasst die baulich geprägte Fläche und die mit ihr in Zusammenhang stehende Freifläche, die ausschließlich oder vorwiegend dem Flugverkehr dient
 - [ver04_f.shp](#):
 - Dies umfasst folgende Objektarten: Flugverkehr
 - **8 Objekte** (Polygon) → **7,88 KB**
 - Attribute: FID / Shape / LAND / MODELLART / OBJART / OBJART_TXT / OBJID / HDU_X / BEGINN / ENDE / ART / BEZ / NAM / NTZ / ZUS

- **VER05** (Schiffsverkehr):
 - Diese Ebene beinhaltet die Objektarten *Schiffsverkehr* und *Schiffahrtlinie, Fährverkehr*
 - [ver05_f.shp](#):
 - Dies umfasst folgende Objektarten: Schiffsverkehr
 - **8 Objekte** (Polygon) → **8,28 KB**
 - Attribute: FID / Shape / LAND / MODELLART / OBJART / OBJART_TXT / OBJID / HDU_X / BEGINN / ENDE / FKT / ZUS
 - [ver05_l.shp](#):
 - Dies umfasst folgende Objektarten: SchiffahrtlinieFährverkehr
 - **61 Objekte** (Polylinie) → **20,5 KB**
 - Attribute: FID / Shape / LAND / MODELLART / OBJART / OBJART_TXT / OBJID / HDU_X / BEGINN / ENDE / ART / NAM

- **VER07** (Angaben zum Straßennetz):
 - Dies sind linienförmige Angaben, die im Bezug zu Verkehrsanlagen stehen
 - [ver07_p.shp](#):
 - Dies umfasst folgende Objektarten: Nullpunkt
 - **244 Objekte** (Punkt) → **79,6 KB**
 - Attribute: FID / Shape / LAND / MODELLART / OBJART / OBJART_TXT / OBJID / HDU_X / BEGINN / ENDE / OBJART_Z / OBJID_Z / BEZ_Z / BEZ / ANU

3.3.4 DOP

Die Orthophotos aus dem Jahr 2013 haben eine Auflösung von 20cm.

- **Anzahl der Dateien:** 695
- **Namensbeispiel:** 35385281.tif
- **Format:** TIF, 32bit, RGBI
- **Auflösung:** 20cm / px
- **Kachelgröße:** 1 x 1 km (5000 x 5000 px)



Abbildung 88: 35385281.tif - Flughafen Friedrichshafen

3.3.5 Gebäudegrundrisse

- **Name der Datei:** Bodensee_Allgaeu.shp
- **Geometrie:** Polygon
- **Anzahl der Objekte:** 89874
- **Größe:** 129 MB
- **Attribute:** FID / Shape / ADVSTANDAR / NAME / AX_DATENER / ART / KN / GFK / HAUSNR / SCHLUESSEL / STRASSE / AGS / GEMEINDE / A_DATUM / ALKISOID / KACHEL3D / SHAPE_AREA / SHAPE_LEN



Abbildung 89: Gebäudegrundrisse (Gegend um Hofkammerstraße)

3.3.6 LoD2-Gebäudemodelle

Die 3D-Gebäudemodelle wurden vollautomatisch abgeleitet (ohne manuelle Verbesserung). Die Datenquelle für Dachhöhe und Dachform sind ein Airborne Laserscan und 10cm Stereo Luftbilder (ohne Belaubung).

- 1 **gml-Datei**: Bodensee_Allgaeu.gml → 89883 3D-Gebäude
- **Koordinatenreferenzsysteme**: DE_DHDN_3GK3*DE_DHHN92_NH
- **Aktualität**: 2014-12-28

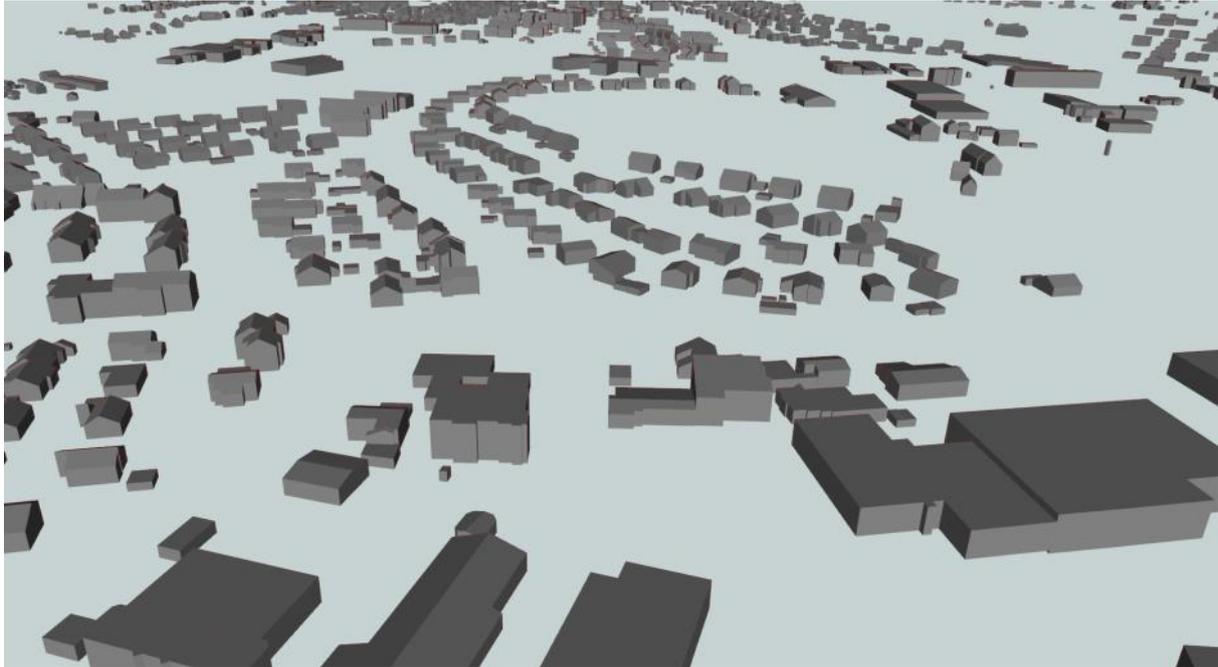


Abbildung 90: LoD2-Gebäudemodelle (Gegend um Hofkammerstraße)

3.4 Zusammenfassung – Datenevaluierung

3.4.1 Gebietsgröße

3.4.1.1 Bodensee

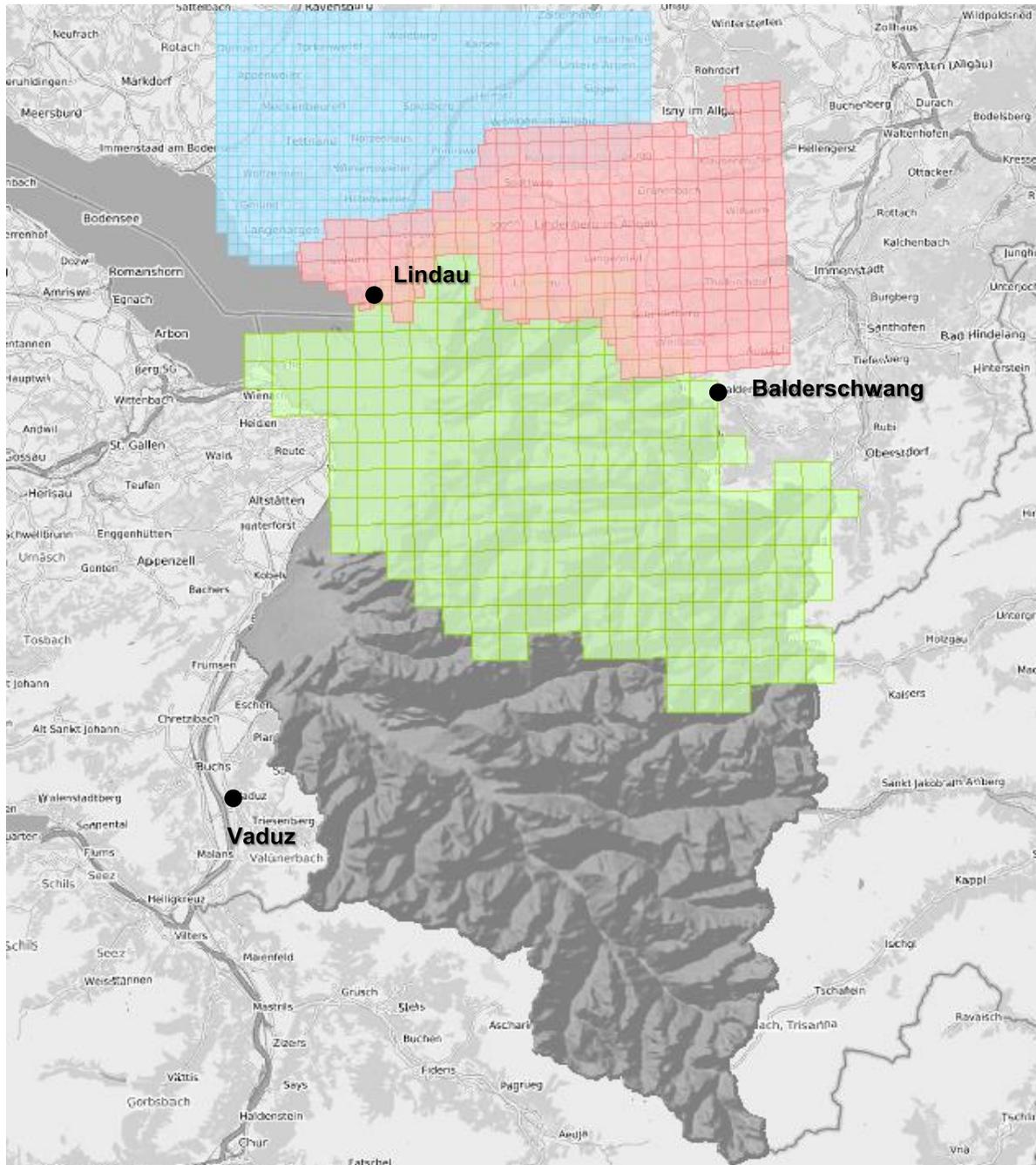


Abbildung 91: Verfügbarkeit DGM (**BEV**: grün (TIFF), **LVG Vorarlberg**: Schummerung (IMG), **LDBV**: rot, **LGL**: blau)

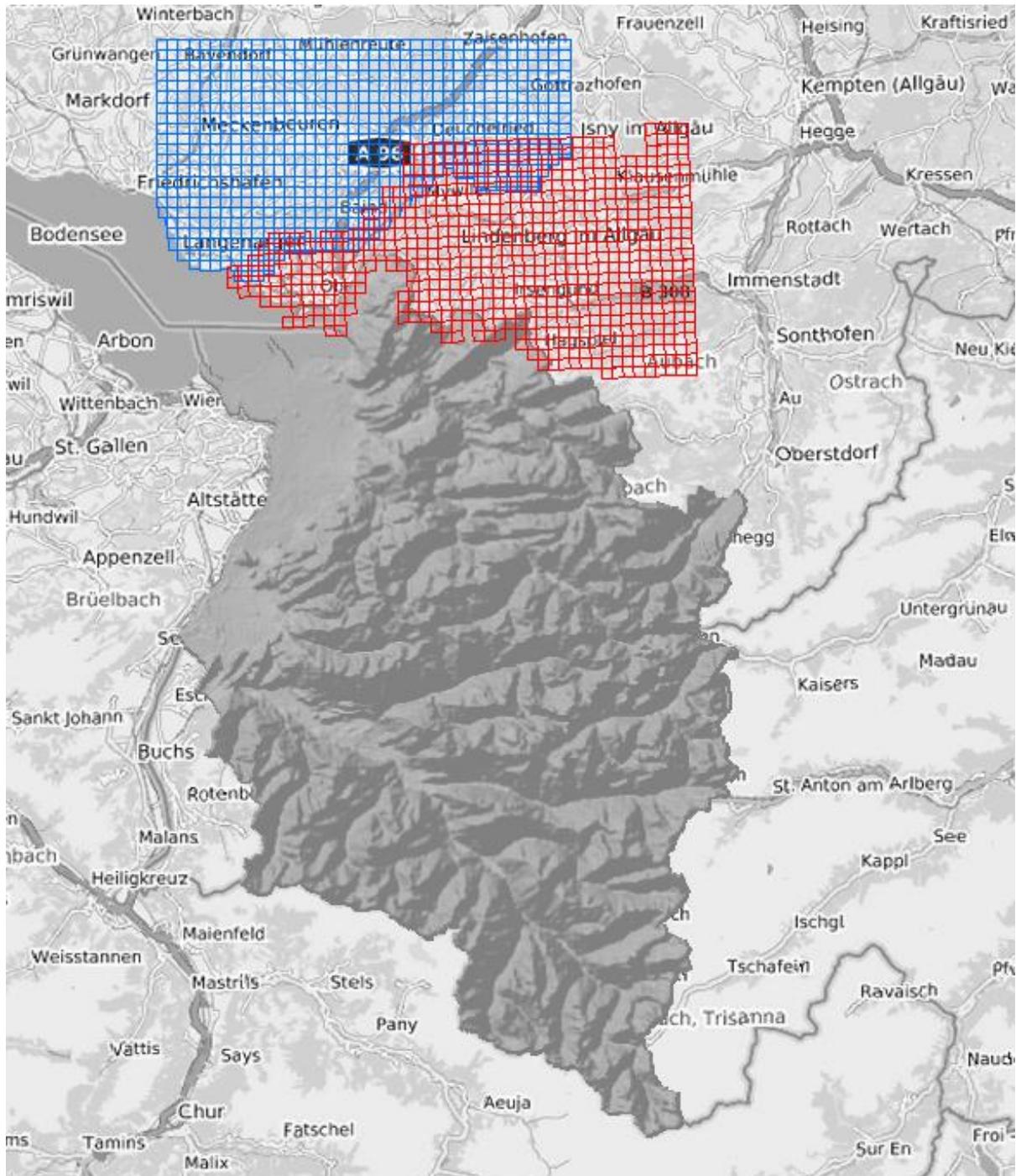


Abbildung 92: Verfügbarkeit DOM (*LVG Vorarlberg*: Schummerung, *LDBV*: rot, *LGL*: blau)

3.4.1.2 Salzburg

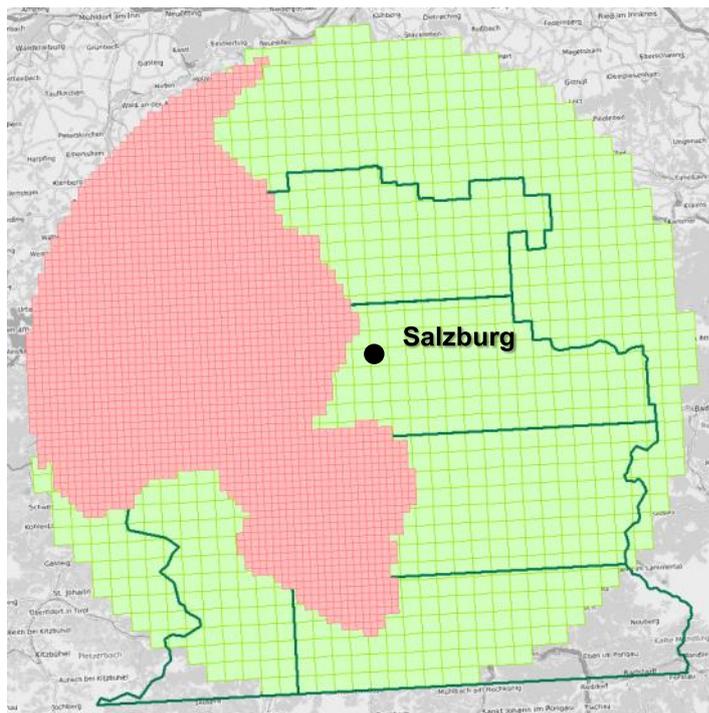


Abbildung 93: Verfügbarkeit DGM (**BEV**: grün, **SAGIS (DGM1)**: dunkelgrün, **LDBV**: rot)

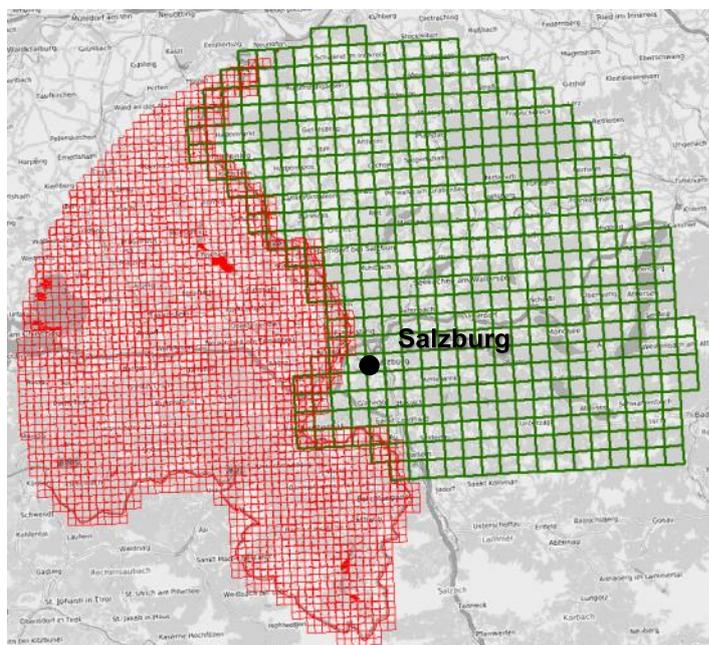


Abbildung 94: Verfügbarkeit DOM (**BEV**: grün, **LDBV**: rot)

Von der Annahme ausgehend, dass für das Projekt das Vorhandensein von DGM und DOM notwendig ist, ist ein ausreichend großes Gebiet mit Daten versorgt.

3.4.1.3 Resultat

Das Gebiet Salzburg ist ausreichend groß mit Daten versorgt; das Gebiet Bodensee ebenso.

3.4.2 Datenqualität

3.4.2.1 BEV

DGM

- *Bodensee:*

Daten (TIFF) mit 10m Auflösung grenzwertig, Daten (IMG) mit 0,5m / Rasterzelle mehr als ausreichend.



Empfehlung: Hochaufgelöstes DGM verwenden.

- *Salzburg:*

Auflösung von 1m hervorragend.

DOM

Auflösung von 0,5m (GRID) reicht für eine Auswertung aus.

2D-DLM

Die Thematik „Vegetation“ fehlt für die österreichischen Gebiete komplett. Insbesondere hohe einzelne Bäume wären jedoch v.a. für die Anwendung „eTOD“ von besonderem Interesse.

3.4.2.2 LDBV

DGM

Auflösung von 1m hervorragend.

DGM1_ascii und **gis_DGM_ascii** sind identisch (Vergleich Ansicht)

- Größe der Kachelung (DGM1_ascii: 1x1km, gis_DGM_ascii: 0,5x0,5km)
- Kachelgröße unterschiedlich

Empfehlung: Verwendung **DGM1_ascii**, da Kachelgröße den restlichen Daten entspricht.

DOM

- *LiDAR:*

Auflösung hervorragend, Reduzierung auf Last-Pulse, Trennung zwischen Boden- und Nichtbodenpunkte möglich.

Bodensee_LiDAR und **gisLP_LAZ** sind identisch (Vergleich Header)

- Größe der Kachelung (Bodensee_LiDAR: 1x1km, gisLP_LAZ: 0,5x0,5km)
- Gebietsgröße unterschiedlich

Empfehlung: Verwendung **Bodensee_LiDAR**, da Kachelgröße den restlichen Daten entspricht

- *BDOM*:

Auflösung mit 40cm / Rasterzelle hervorragend, Details sind gut zu erkennen.

Bodensee_bDOM und **Geodatenpool_bDOM** sind identisch

→ **Bodensee_bDOM** (größeres Gebiet)

3.4.2.3 LGL

DGM

Auflösung von 1m hervorragend.

DOM

- *DOM 5* (Auflösung: 5m / Rasterzelle) ist nicht geeignet, um Details zu erkennen (s. 3.3.2 DOM)
- *DOM 1* ist gut geeignet, um Details zu erkennen.
- Das normalisierte DOM (*NDOM*) ermöglicht es, z.B. Brücken durch ihren Höhenunterschied zu erkennen. Das normalisierte DOM ist aktuell im nördlichen Bereich der LGL-Daten vorhanden, was für einen Test ausreicht.

3.4.2.4 Resultat

Bezüglich der 2D-DLM-Daten ist es von Vorteil, dass sowohl die Daten des LDBV als auch die des LGL auf der Basis des ATKIS-Basis-DLM der AdV strukturiert sind. Das DLM des BEV weicht hiervon zwar ab, ähnelt der Struktur aber stark.

Nach telefonischem Kontakt mit dem BEV wurde berichtet, dass bis Ende des Jahres 2016 Höhenangaben für die von eTOD relevanten Objekte als Attribut ergänzt sein werden. Die Vegetation ist hierbei jedoch nicht vorgesehen. Hierzu eine *Anmerkung von Herrn Franzen (BEV)*: „Die Bodenbedeckungserfassung ist derzeit vom Projektstadium im Übergang zum Regelbetrieb, in den Projektgebieten aber leider noch nicht vorhanden.“

Herr Wurzer (BEV) hat beim Abschluss-Workshop darauf hingewiesen, dass für die 2. Phase des Projekts Gebäudegrundrisse für die beiden Testgebiete bezogen werden können (in unterer Tabelle ist dies schraffiert dargestellt, da die Daten bei Anfertigung des Berichts nicht vorlagen und entsprechend nicht evaluiert wurden).

Sobald die DOPs aus 2016 beim LGL vorliegen, können auch diese für das Projekt bereitgestellt werden.

Abschließend sei ein tabellarischer Überblick darüber gegeben, inwiefern sich die verschiedenen Daten für das Projekt 3D-DLM eignen. Dabei gelte die folgende Symbolik:

- **Grün:** geeignet
- **Gelb:** bedingt geeignet
- **Rot:** ungeeignet / fehlt

ÜBERBLICK - DATENQUALITÄT

	BEV		LDBV		LGL
	Bodensee	Salzburg	Bodensee	Salzburg	Bodensee
DGM					
DOM					
2D-DLM					
DOP					
Gebäudegrundrisse					
LoD2-Gebäudemodell					

3.4.3 Bezugssystem

3.4.3.1 Lagebezugssystem

Insgesamt liegen die Daten in 6 unterschiedlichen Lagebezugssystemen vor.

Bodensee

BEV:

- **DOM / DGM:** MGI_Austria_GK_West (WKID: 31254 Authority: EPSG)
- **2D-DLM:** ETRS_1989_UTM_Zone_33N (EPSG: 25833)

LDBV: DHDN_3_Degree_Gauss_Zone_4 (WKID: 31468 Authority: EPSG)

LGL: DHDN_3_Degree_Gauss_Zone_3 (WKID: 31467 Authority: EPSG)

Salzburg

BEV:

- **DOM / DGM:**
 - o MGI_Austria_GK_Central (WKID: 31255 Authority: EPSG)
 - o MGI_Austria_GK_M31 (WKID: 31258 Authority: EPSG)
- **2D-DLM:** ETRS_1989_UTM_Zone_33N (EPSG: 25833)

LDBV: DHDN_3_Degree_Gauss_Zone_4 (WKID: 31468 Authority: EPSG)

Anmerkung von Herrn Dr. Roschlaub (LDBV): „Am LDBV sind die Datenbestände des DGM, LiDAR und ATKIS in UTM32 und UTM33 verfügbar; jedoch sind das LoD2 und die bDOM-Daten nur in GK4 verfügbar.“

Zielbezugssystem

Generell würde es sich anbieten, alle Daten nach UTM zu überführen (Salzburg UTM33, Bodensee UTM32)⁴.

ABER: Das Konvertieren von LiDAR-Daten ist auf Grund der Datenmenge und der fehlenden Möglichkeit, die Daten direkt zu konvertieren sehr aufwändig.

Daher würde sich das Bezugssystem der LiDAR-Daten (LDBV – GK4) als Zielsystem anbieten, was allerdings im Bereich Bodensee sehr grenzwertig ist; dieses läge schon tief im GK3-Streifen.

Eine andere Möglichkeit wäre, dass die Analyse der Zielgebiete getrennt in den jeweiligen länderbezogenen Systemen der Datenlieferanten erfolgt und erst im Anschluss die Ergebnisse in ein einheitliches Bezugssystem gebracht werden. Für die Transformation könnte die Bundeseinheitliche Transformation für ATKIS® (BeTA2007) der Adv verwendet werden⁵. Nachteil: Das anschließende Transformieren der 3D-Objekte kann im Allgemeinen zu Problemen bei der Planarität von Flächen führen.

⁴ An dieser Stelle sei auf den Leitfaden „Bezugssystemwechsel auf ETRS89/UTM“ des Runden Tisch GIS e.V. verwiesen: http://rundertischgis.de/publikationen/leitfaeden.html#a_koordinatentrans

⁵ <http://www.adv-online.de/Geodaetische-Grundlagen/Transformation/Transformation-BeTA2007/>

3.4.3.2 Höhenbezugssystem

BEV: Gebrauchshöhen (Pseudoorthometrische Höhen); Pegel: Triest 1875 (Für das DOM aus Salzburg liegen (noch) keine statistischen Angaben einer Genauigkeit vor; Vergleiche mit Referenzdaten zeigen aber maximale Abweichungen im Bereich von 30 - 50 cm)

LVG Vorarlberg: Gebrauchshöhen; Höhe über Adria (Genauigkeit: 1 Sigma +/- 10 cm)

LDBV: GCG2011 (Höhengenauigkeit für DGM besser $\pm 0,2$ m; für Laserpunkte ca. 0,10 m (ebenes, freies Gelände); die Höhengengenauigkeit beim DOM unterscheidet sich je nach Fluglos (einheitlich gilt maximal 150cm (Extremfall)))

LGL: DHHN92, Höhe ü.NN (Genauigkeit im Durchschnitt: +/- 20 cm)

4 Datenmodell und Semantisches Mapping

Wie bereits in Kapitel 2.7 vermerkt, werden im weiteren Projektverlauf die beiden Anwendungsszenarien „eTOD“ und „Überflutung“ im Detail betrachtet.

	DGM	Gebäude	Straßen	Schienen	Brücken	Tunnel	Gewässer	Vegetation	Leitungen
eTOD	•	•			•			•	•
Überflutung	•	•	•	•	•	•	•	•	•

Auf Grundlage dieser beiden Anwendungsszenarien (und der oben aufgeführten Übersicht der dafür benötigten Objektarten) werden für die Erstellung des Datenmodells die folgenden Objektarten berücksichtigt:

- Gebäude
- Straßen & Schienen
- Brücken
- Tunnel (Unterführung, Durchlässe)
- Gewässer
- Vegetation
- Oberirdische Leitungen (Hochspannungsleitungen, Skilifte)
- Sonstige Bauwerke: Türme, Windräder, Staumauern (Dämme, Deiche)

4.1 Datenmodell

Als anzuwendendes Datenmodell kommen zunächst verschiedene Möglichkeiten in Betracht. Denkbar sind z. B. eine generelle Erweiterung von ALKIS / ATKIS oder von INSPIRE um die dritte Dimension, das TLM (Topographisches Landschaftsmodell) oder CityGML (City Geography Markup Language).

	Benötigte Objektarten in 3D verfügbar	Objekte in unterschiedlichen LoDs modellierbar	Europäischer / internationaler Standard
ALKIS 7.0 ⁶	+	+	-
	(Gebäude und DGM)	(nur Gebäude und Bauwerke)	
TLM ^{3D}	+	- ⁷	-
INSPIRE	+	+	+
	(Gebäude)	(nur Gebäude)	
CityGML	+	+	+

⁶ Siehe <http://www.adv-online.de/AAA-Modell/Dokumente-der-GeoInfoDok/GeoInfoDok-7.0/>

⁷ Anmerkung von Herrn Dr. Streilein: Die Modellierungsphilosophie in TLM folgt der Maxime, dass das Modell möglichst nah an der Beobachtung ist und unterschiedliche Darstellungen oder Objektsegmentierungen in definierten Ableitungen erzeugt werden. D.h. Objekte in unterschiedlichen LoD sind implizit modellierbar.

Die unterschiedlichen Datenmodelle haben einige Vor-, aber auch Nachteile (siehe obige Tabelle). So sind z.B. in ALKIS 7.0 oder INSPIRE die für das Projekt benötigten Objektarten zum Teil nicht in 3D repräsentierbar. Teilweise ist es nicht möglich, die einzelnen Objekte in unterschiedlichen Levels of Detail zu modellieren (für ALKIS 7.0 und INSPIRE ist dies lediglich für Gebäude bzw. Bauwerke möglich). Hinzu kommt, dass weder ALKIS 7.0, noch das TLM europäisch bzw. international standardisierte Anwendungsschemata sind (auch wenn sie auf internationalen Standards aufsetzen).

Bezogen auf diese Aspekte bietet sich CityGML (Gröger et al., 2012) als Datenmodell für dieses Forschungsprojekt an. CityGML ist ein internationaler, offener Standard und die erforderlichen Objektarten sind in den unterschiedlichen LoDs in den thematischen Modulen des Standards verfügbar.

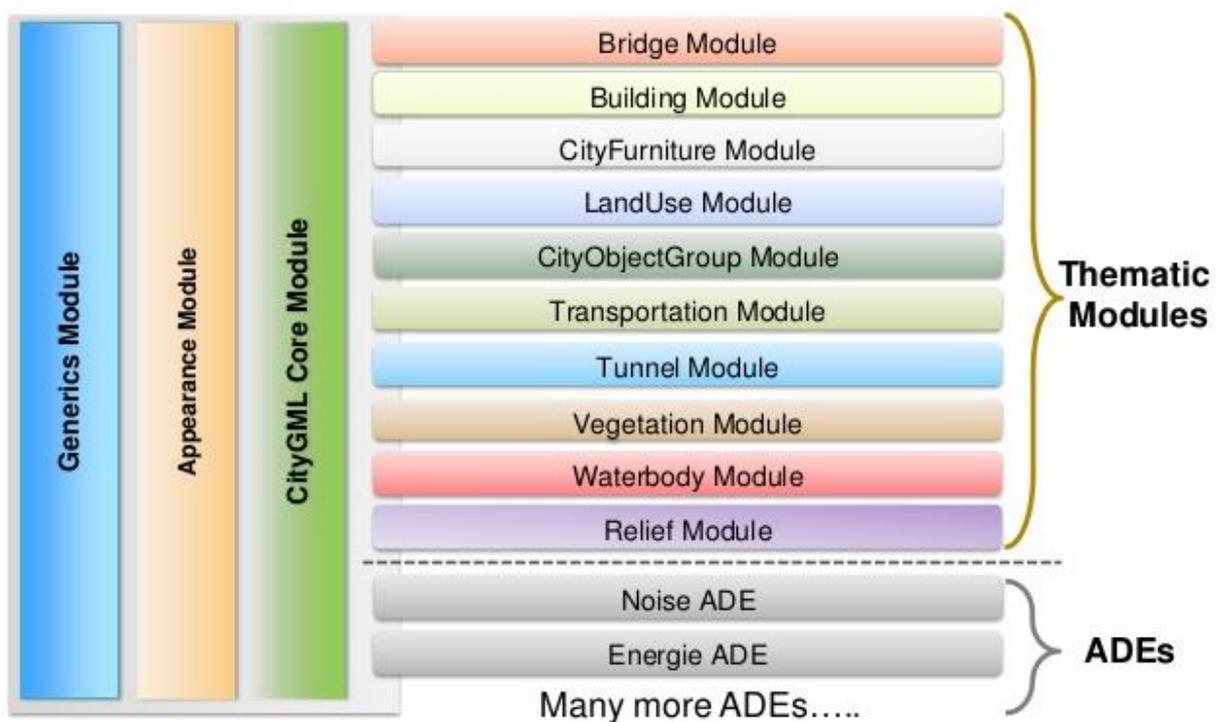


Abbildung 95: Thematische Module des CityGML-Standards [Kolbe 2015]

CityGML ist modular aufgebaut und deckt verschiedenste thematische Bereiche einer Stadt ab: Gebäude, Verkehrsflächen, Vegetation, Wasserkörper bis hin zur Landnutzung und dem Gelände. Das CityGML-Datenmodell ist in der Modellierungssprache UML beschrieben. Die CityGML UML-Diagramme der einzelnen Module können Gröger et al. (2012) entnommen werden. Aus dem Datenmodell abgeleitet definiert CityGML auch ein XML-basiertes Transferformat.

Die folgende Abbildung zeigt, wie CityGML als fachübergreifendes, einheitliches Datenmodell genutzt werden kann, um die Lücke zwischen Anwendungen und Produktmodellen für Geobasisdaten zu schließen. So deuten beispielsweise die in beide Richtungen zeigenden Pfeile zwischen CityGML und den Anwendungen „Überflutungssimulation“ und „Energetische Analysen“ darauf hin, dass das CityGML-Datenmodell Möglichkeiten für derartige Anwendungen bietet, ihre Quelldaten aus dem 3D-Landschaftsmodell zu beziehen und die Simulations- bzw. Analyseergebnisse zur semantischen Anreicherung der Objekte des Landschaftsmodells genutzt werden.

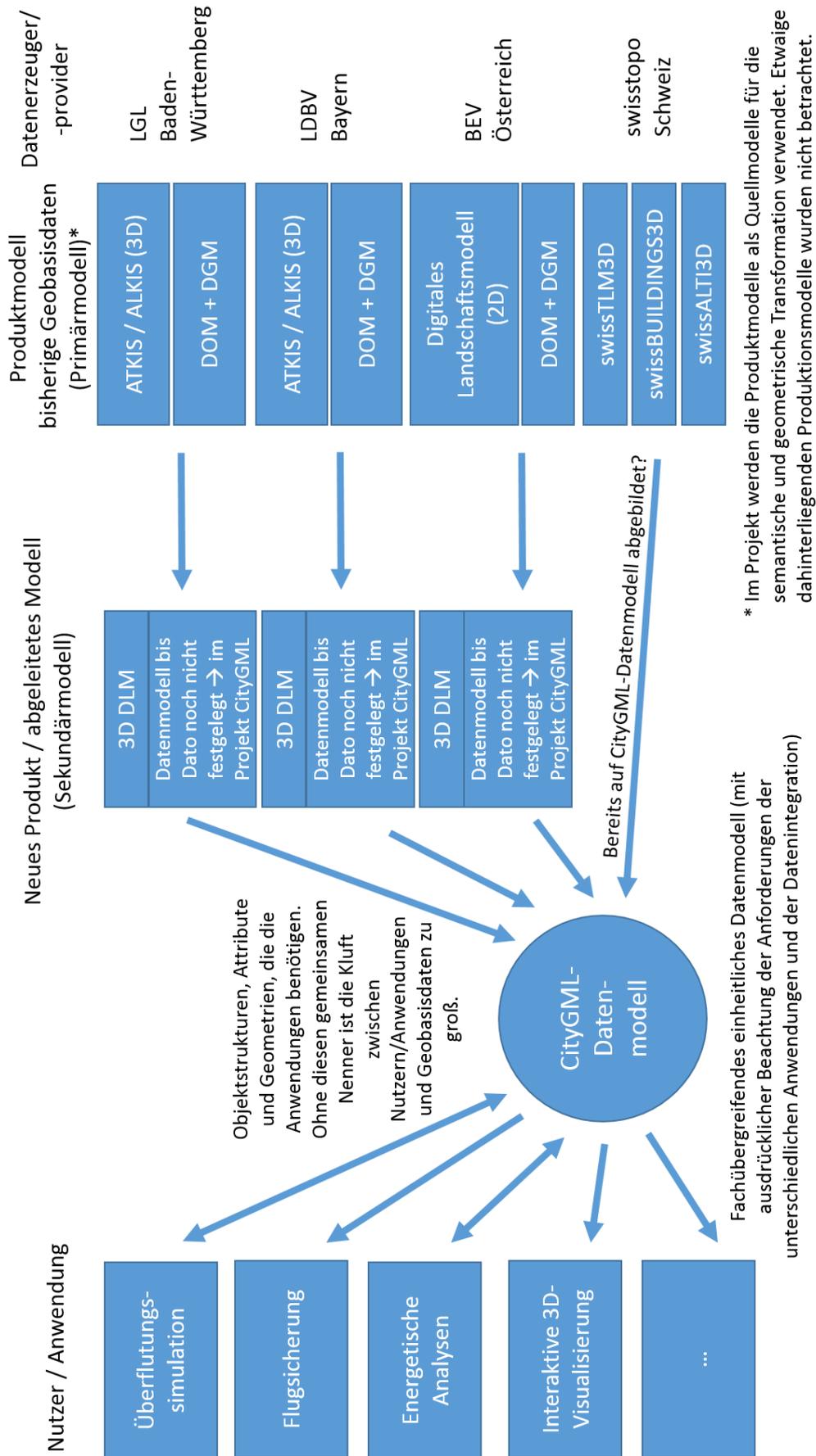


Abbildung 96: CityGML als fachübergreifendes einheitliches Datenmodell mit ausdrücklicher Beachtung der Anforderungen der unterschiedlichen Anwendungen und der Datenintegration

4.2 Semantisches Mapping

Ziel des Semantischen Mappings ist es, die Quellschemata (d. h. die von den Auftraggebern bereitgestellten 2D-DLM-Daten) auf das Zielschema (in diesem Fall CityGML) abzubilden. Da sowohl die LDBV-Daten als auch die Daten des LGL auf dem ATKIS-Basis-DLM (AAA) der Adv beruhen, können diese beiden Ausgangsdaten zu einem Quellschema („AAA“) zusammengefasst werden. Für das Quellschema der BEV-Daten muss zusätzlich ein eigenes Mapping durchgeführt werden.

Da die Gebäudemodelle des LDBV und des LGL bereits im CityGML-Format (Level of Detail 2) vorliegen, erübrigt sich an dieser Stelle eine weitere Betrachtung dieser Thematik. Vom BEV wurden für die 1. Projektphase keine Grundrisse der Gebäude zur Verfügung gestellt. Somit wird die Thematik „Gebäude“ bei der Durchführung des Semantischen Mappings auf CityGML nicht weiter betrachtet.

Alle anderen Objektklassen, die im Rahmen des 3D-DLM-Projekts von Interesse sind, werden auf die entsprechend passenden CityGML-Klassen abgebildet. So werden beispielsweise Straßen auf die Klasse *Road*, Gleise auf die Klasse *Railway*, Gewässer auf die Klasse *WaterBody* und Hochspannungsleitungen bzw. Windräder auf die Klasse *CityFurniture* abgebildet. Herauszustellen ist an dieser Stelle, dass die Objekte jeder Klasse durch die Attribute *class*, *function* und *usage* semantisch weiter klassifiziert werden können (Donaubauer et al., 2016). So kann ein Objekt, das auf die CityGML-Klasse *TransportationComplex* abgebildet wird, zum Beispiel der Klasse „Straßenverkehr“ (*road traffic*) und der Funktion „Autobahn“ (*highway*) zugeordnet werden. Des Weiteren können Angaben über die Geometrie der Objekte getroffen werden: Beispielsweise kann die Klasse *PlantCover* mittels zwei unterschiedlicher Geometrien modelliert werden: *MultiSurface* (aus 2,5D-Flächen zusammengesetzte Oberfläche) oder *MultiSolid* (Volumenkörper); durch die zusätzliche Zuordnung der LoD-Stufe wird berücksichtigt, wie detailliert das entsprechende Objekt dargestellt wird.

Mittels der beiden Mapping-Tabellen (BEV und AAA)⁸ konnten alle in den Quellschemata vorhandenen Klassen und Attribute erfolgreich nach CityGML abgebildet werden. Für den Fall, dass es für ein Attribut der Quelldaten kein passendes Pendant im CityGML-Standard gab, wurden diese Informationen als generische CityGML-Attribute überführt, die so benannt wurden, wie die entsprechenden Attribute im Quellschema.

Die folgende Tabelle zeigt die Zuordnung zwischen ausgewählten Klassen der Quellschemata „BEV“ bzw. „AAA“ und dem Zielschema „CityGML“.

CityGML	BEV	AAA
tran:Road	VER_1100_STRASSE_L	AX_Strassenverkehr (42000)
tran:Railway	VER_1300_BAHN_L	AX_Bahnverkehr (42010) AX_Gleis (53006)
wtr:WaterBody	BOD_5300_WASSER_F GEW_4100_FLIESSEND_L	AX_Fliessgewaesser (44001) AX_StehendesGewaesser (44006)
veg:PlantCover	- - -	AX_Wald (43002)
frn:CityFurniture	BAU_2700_STROMLEITUNG_L BAU_2800_STROMMAST_P	AX_Leitung (51005) AX_BauwerkOderAnlageFuerIndustrie UndGewerbe (51002); BWF: 1251

Um den Vorgang des Mappings etwas genauer darzustellen, soll an dieser Stelle beispielhaft die Thematik „AX_Bahnstrecke“ (42014) und „AX_Gleis“ (53006) behandelt werden. Die beiden Objektarten des AAA-Quellschemas sind in der Shape-Datei *ver03_1.shp* enthalten. Das entsprechende Mapping ist auf Seite 104 ersichtlich.

Da unter *AX_Bahnstrecke* nicht nur die tatsächliche Bahnstrecke (im engeren Sinne) enthalten ist, sondern zusätzlich auch z.B. Bergbahnen, Standseilbahnen, Magnetschwebbahnen, u.v.m., müssen diese zunächst herausgefiltert werden. Dies geschieht über das Attribut *BKT* (Bahnkategorie); im Einzelnen sind dies 1300 (Seilbahn, Bergbahn), 1301 (Zahnradbahn), 1302 (Standseilbahn), 1400 (Museumsbahn), 1500 (Bahn im Freizeitpark) und 1600 (Magnetschwebbahn).

⁸ Die beiden Mapping-Tabellen sind diesem Abschlussbericht beigelegt (siehe *3D-DLM – Mapping-Tabelle.xlsx*).

Das Quellschema wird auf das Modul „Transportation“ – Klasse *Railway* (dies ist eine Subklasse des *TransportationComplex*) – abgebildet. Nun können alle in der Shape-Datei enthaltenen Attribute entsprechend gemappt werden:

NAM (ZNM):	Name (Zweitname)	→	<code>gml::_Feature::name (0..*)</code>
OBJID:	eindeutiger Objektidentifikator	→	<code>gml::_Feature::id (0..1)</code>
BEGINN:	Lebenszeitintervall beginnt	→	<code>_CityObject::creationDate (0..1)</code>
ENDE:	Lebenszeitintervall endet	→	<code>_CityObject::terminationDate (0..1)</code>

Zielschema (CityGML)				Quellschema (LDBV- und LGL-Daten)			
Objektklassen-name	Attributname / Assoziationsrolle / Constraint	Attributtyp	M	Objektklassen-name	Attributname	Funktion	Kommentar
				ver03_l.shp		"BKT" = '1300' / '1301' / '1302' / '1400' / '1500' / '1600' herausfiltern	umfasst die Objektarten 'Bahnstrecke' (42014) und 'Gleis' (53006)
tran::Railway	gml::Feature::name	CodeType	0..*		NAM (ZNM)		
	gml::Feature::id	ID	0..1		OBJID		
	_CityObject::creationDate	xs::Date	0..1		BEGINN		
	_CityObject::terminationDate	xs::Date	0..1		ENDE		
	Railway::class	gml::CodeType	0..1			Konstante: 1060 (rail traffic)	
	Railway::usage	gml::CodeType	0..*		BKT	ValueMapping zw. BKT und Codelist: 1100 --> 1805 (rail) 1104 --> 1810 (city train) 1200 --> 1815 (city railway) 1201 --> 1820 (tram) 1202 --> 1825 (subway)	BKT (Bahnkategorie): Eisenbahn: 1100 Güterverkehr: 1102 S-Bahn: 1104 Stadtbahn: 1200 Straßenbahn: 1201 U-Bahn: 1202
	TransportationComplex::lod0Network::gml:GeometricComplex			*	Shape	2D --> 3D	eTOD: auf DGM legen
	TransportationComplex::lod2MultiSurface::gml:MultiSurface			0..1	Shape	2D --> 3D	Überflutung: Gleise im Abstand der Spurweite (SPW) extrudieren / evtl. Gleisanzahl berücksichtigen (mittels "GLS")
	_CityObject::genericAttribute::name	xs:string		1		Konstante: "Landeskennung" / "Modellartenkennung" / "Objektart_Text"	
	_CityObject::genericAttribute::stringAttribute::value	xs:string		1	LAND / MODELLART / OBJART_TXT		
_CityObject::genericAttribute::name	xs:string		1		Konstante: "Elektrifizierung" / "Anzahl_Streckengleise" / "Nr_Bahnstrecke" / "Spurweite" / "Zustand" / "Feature_ID" / "Objektart" / "hatDirektUntenExistiert"		
_CityObject::genericAttribute::intAttribute::value	xs:int		1	ELK / GLS / NRB / SPW / ZUS / FID / OBJART / HDU_X		ELK: Elektrifiziert: 1000 Nicht elektrifiziert: 2000 GLS: Einleisig: 1000 Zweigleisig: 2000 SPW: Normalspur: 1000 (--> 1435mm) Schmalspur: 2000 Breitspur: 3000 ZUS: stillgelegt: 2100 Im Bau: 4000	
_CityObject::genericAttribute::name	xs:string		1		Konstante: "min_Hoehe" / "max_Hoehe"		
_CityObject::genericAttribute::measureAttribute::value	gml::MeasureType		1	minHeight / maxHeight			

Abbildung 97: Mapping - ver03_l.shp

Die semantische Klassifizierung erfolgt über:

Railway::class (0..1) → Konstante: **1060 (rail traffic)**
Railway::usage (0..*) → Value Mapping zwischen BKT und der Codelist:
1100 → 1805 (rail)
1104 → 1810 (city train)
1200 → 1815 (city railway)
1201 → 1820 (tram)
1202 → 1825 (subway)

Da die geometrische Modellierung der Schienen für die beiden Anwendungsszenarien *eTOD* und *Überflutung* nicht den gleichen Ansprüchen genügen muss, erfolgt das Mapping auf zwei unterschiedliche Geometrien bzw. in zwei unterschiedlichen Levels of Detail:

eTOD → **TransportationComplex::lod0Network:gml::GeometricComplex**
Überflutung → **TransportationComplex::lod2MultiSurface:gml::MultiSurface**

Alle weiteren Attribute werden schließlich als generische Attribute abgebildet. Je nach Datentyp unterscheidet man:

gen::stringAttribute
gen::intAttribute
gen::doubleAttribute
gen::dateAttribute
gen::uriAttribute
gen::measureAttribute
gen::genericAttributeSet

Insbesondere sei auf die beiden unteren Zeilen der Abbildung 97 hingewiesen. Hier sind die zwei generischen Attribute *minHeight* und *maxHeight* aufgeführt. Das Speichern der minimalen und maximalen absoluten Höhe als Attribut ist deshalb sinnvoll, weil mittels dieser Attribute in einfachen Viewern räumliche Selektionen ausgeführt werden können; eine mögliche Abfrage könnte wie folgt lauten:

„*Selektiere alle Straßen oberhalb von 500 m Höhe*“.

Wegen dieses Mehrwerts, sollten für jede Objektart die beiden Attribute *minHeight* und *maxHeight* berücksichtigt werden.

5 Methoden für Transformation 2D nach 3D

Grundsätzlich kann für den Übergang von 2D nach 3D auf eine Reihe von Vorarbeiten zurückgegriffen werden, die jedoch an die in den Quelldaten verfügbaren Informationen und deren Qualität angepasst werden müssen. So diskutiert Heipke (2016) Methoden zur Integration von 2D-Vektordaten und DGM, mit dem Ziel Lage- und Höhendaten geometrisch und semantisch korrekt zu integrieren. Insbesondere zur Beseitigung geometrischer Abweichungen zwischen DGM- und 2D-DLM-Daten, wie sie sowohl bei Kombination eines DGM mit relativ großer Maschenweite und eines geometrisch genauen DLM, als auch bei Kombination eines hochgenauen DGM mit generalisierten DLM-Daten auftreten können, sollten die von Heipke beschriebenen Methoden in Betracht gezogen werden. Die Anpassung von Höhendaten an die als lagerichtig angenommenen 2D-Vektordaten erfolgt hier über eine vermittelnde Ausgleichung mit Nebenbedingungen. Die Nebenbedingungen enthalten sowohl Gleichungen (alle Seehöhen müssen identisch sein), als auch Ungleichungen (Längs- und Querprofile einer Straße dürfen einen gewissen Wert nicht überschreiten). Die zweite von Heipke vorgestellte Methode, um die beiden Datensätze anzupassen, sind die sogenannten Snakes (auch als parametrische aktive Konturen bezeichnet). Oude et al. (2013) stellen Methoden vor, die in Abhängigkeit der Semantik der 2D-DLM-Daten automatisch die für die jeweilige Objektklasse relevanten Punkte aus klassifizierten Laserscanning-Punktwolken extrahieren und für den 2D-3D-Übergang nutzen. Ebenfalls unter Nutzung der Semantik der 2D-DLM-Objekte werden die Höhen benachbarter Polygone regelbasiert aneinander angeglichen, so dass zum Beispiel beim Angrenzen eines Gewässers an eine Straße beide Objekte ihre Höhe behalten und die entstehende Lücke automatisch mit einem Objekt (Uferböschung, Kaimauer) gefüllt wird. Diese Methoden könnten insbesondere dann in Betracht gezogen werden, wenn eine 2D-Tesselation (wie sie zum Beispiel mit dem ALKIS-Bestandteil „Tatsächliche Nutzung“ gegeben ist) in eine 3D-Präsentation überführt werden soll. Donaubaue et al. (2016) stellen prozedurale Verfahren zur Generierung von 3D-Infrastrukturobjekten vor, die sich zum Beispiel für Leitungstrassen, Seilbahnanlagen, Brücken und Tunnel einsetzen lassen. Zur Ermittlung der tatsächlichen Breite von in 2D-DLM linienhaft repräsentierten Objekten wie Straßen und Flüsse kann, sofern entsprechende Fernerkundungsdaten vorliegen, die von Kolbe et al. (2015) beschriebene Methode in Betracht gezogen werden.

Aufbauend auf diesen Methoden, soll im Folgenden der eigentliche Übergang der 2D-DLM-Daten (unter Berücksichtigung des DGM bzw. DOM) in die dritte Dimension erfolgen.

5.1 Allgemeines

Im Folgenden werden an Hand der vorliegenden Referenz- und Testdaten der Auftraggeber und für die im vorherigen Kapitel festgelegten Objektarten (siehe Seite 99) beispielhaft Methoden zur Anhebung der 2D-Informationen auf 3D aufgeführt.

5.2 Methodenüberblick – Übergang von 2D nach 3D

5.2.1 Punkthafte Elemente

Grundsätzlich müssen bei der Anhebung eines Punktes in die dritte Dimension zwei unterschiedliche Aspekte betrachtet werden:

Einerseits können die im 2D-DLM vorhandenen Punkte auch im 3D-DLM als Punktobjekte – auf der entsprechenden relativen Höhe über dem DGM – repräsentiert werden. So kann beispielhaft ein Seilbahnmast als ein 3D-Punkt auf der relativen Masthöhe über dem Gelände dargestellt werden. Der Punkt kann dann als Einfügepunkt für ein entsprechendes Visualisierungsmodell dienen (implizite Geometrie).

Eine weitere Möglichkeit, mit Punkten im 3D umzugehen, stellt die Anhebung punkthafter Elemente durch Interpolation mit dem DOM bzw. DGM dar. Extrudiert man eine reine Punktgeometrie, führt dies im 3D zu einer senkrechten Linie. Ist diese Geometrie nicht ausreichend, kann die Punktrepräsentation aus 2D zunächst in eine Fläche umgewandelt werden. Dies können Kreis- oder Rechteckflächen sein, deren Mittelpunkt der ursprüngliche Punkt ist und deren Ausdehnung über eine einfache Funktion (z.B. abhängig von Objektart oder Eigenschaften des Punktes) ermittelt werden kann. Die resultierende Fläche wird in 3D entsprechend der relativen Höhe des Objekts (DOM-DGM) extrudiert; das Ergebnis ist somit ein 3D-Körper. Der Z-Wert ist bei allen Flächenrandpunkten identisch und wird aus einem geeigneten Mittelwertverfahren erzeugt, das dafür sorgt, dass einzelne Ausreißer im DOM keinen oder nur sehr geringen Einfluss auf das Ergebnis haben.

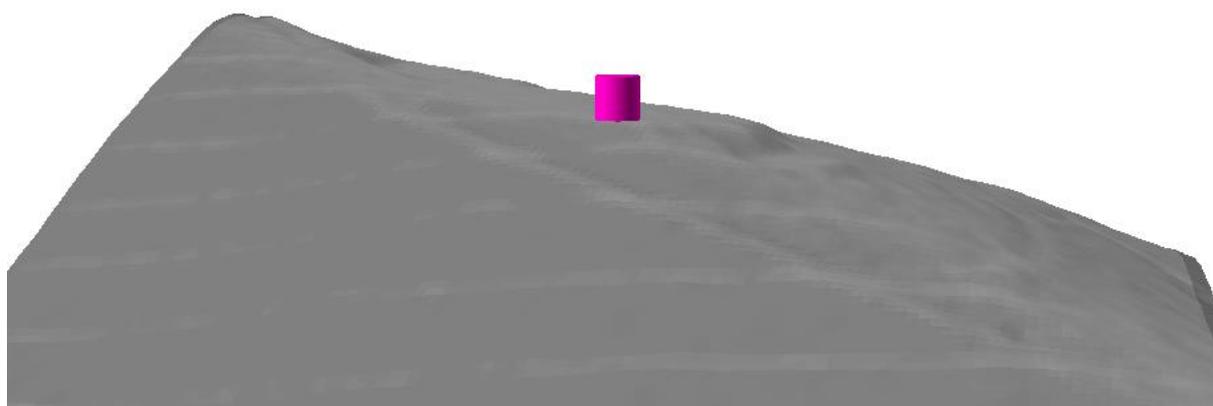


Abbildung 98: Punktförmiges Objekt (Turm) als 3D-Objekt mit einem definierten Durchmesser (Höhenableitung mittels DOM-DGM).

5.2.1.1 Symbolisierung

Im Idealfall kann der Punkt durch ein entsprechendes 3D-Symbol repräsentiert werden. Voraussetzung hierfür ist die Zuordnung zu einem Symbol durch einen entsprechenden Schlüssel (Objekttyp). Damit kann eine wesentlich realistischere Darstellung von Objekten erfolgen.

Ist z.B. bei einem Windrad der Typ bekannt und hinterlegt, kann dieses durch ein entsprechend hinterlegtes Symbol dargestellt werden. Damit würde sogar das Abgreifen der Höhe entfallen, da diese durch den Windradtyp gegeben ist.

Vorteil: Ist die Rotordarstellung des Symbols entsprechend dargestellt, wird durch das Symbol immer die Maximalhöhe wiedergegeben (s. auch Probleme bei der Höhendarstellung von Windrädern in Kapitel 5.3.9).

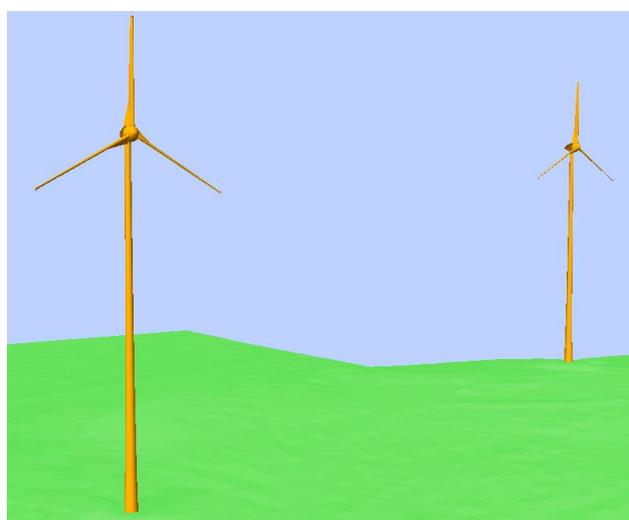


Abbildung 99: Symbolisierung von Windrädern

5.2.2 Linienhafte Elemente

5.2.2.1 Z-Informationen für die Linienachse

Die Höheninformationen können aus den bereitgestellten Oberflächenmodellen (DGM, DOM) durch Interpolation übernommen werden. Dabei können entweder nur die vorhandenen Stützpunkte mit Z-Werten versorgt werden oder die Linie enthält in einem definierbaren Abstand Zwischenpunkte um eine genauere Höhenübernahme zu ermöglichen.

Wird die Höheninformation nur an den Stützpunkten übernommen, wird das Objekt an sich nicht verändert. Allerdings ist dann die Höhengenaugigkeit geringer; es kann zu Über- / Unterschneidungen mit der zugrundeliegenden Oberfläche kommen, vor allem dann, wenn die Stützpunktdichte gering ist.

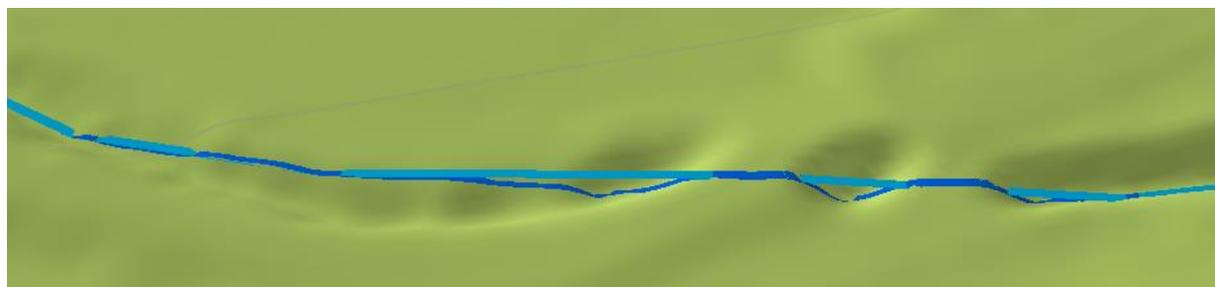


Abbildung 100: **Hellblau:** Höhe an Stützpunkten, **Dunkelblau:** Höhe über Zwischenpunkte (Distanz: 1m)

Ungenauigkeiten im DGM / DOM werden bei Interpolationen eher ausgegült, da die Linie an solchen Stellen das DGM unterschneidet. Dies hängt allerdings auch stark von der Anzahl der Zwischenpunkte ab.



Abbildung 101: Linie folgt bei Interpolation an Stützpunkten dem DGM

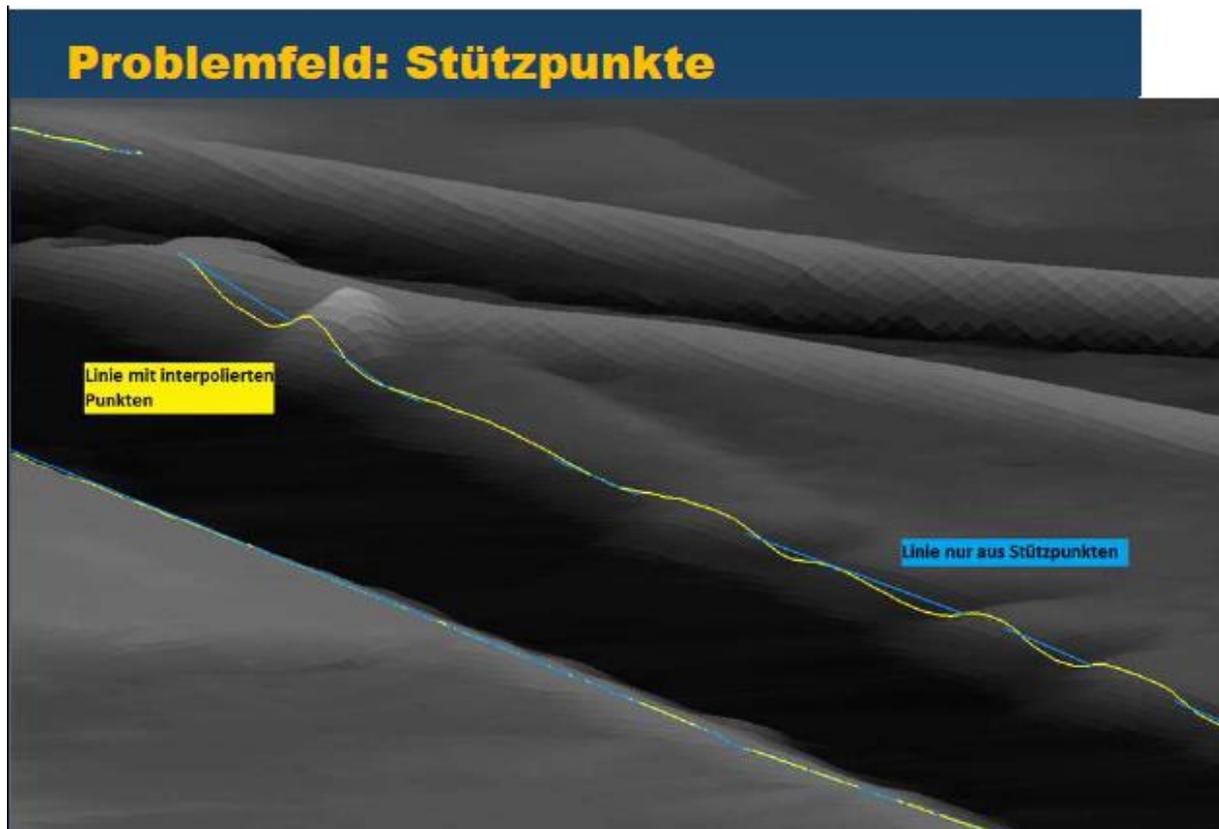


Abbildung 102: Problemfeld Stützpunkte [Dr. Roschlaub, LDBV, 2016]

5.2.2.2 Visualisierung einer erweiterten Linie als ein symbolisiertes Band

Wie in 2D so wird auch in 3D ein linienhaftes Objekt häufig durch ein Band einer bestimmten Breite repräsentiert. Diese Breite lässt sich aus einer einfachen Funktion abhängig von Objektart und Eigenschaften ermitteln (z.B. Bundesstraße breiter als Landesstraße) und als Attribut der Linie speichern.

Die Z-Koordinaten können dann wie folgt ermittelt werden:

1. Linienbreite wird als Attribut übernommen
2. Linie wird auf DGM angehoben → Linie mit Z-Koordinaten
3. Visualisierung der Linie im 3D-Viewer als Band mit der entsprechenden Breite (aus dem Attribut)

Das Ergebnis ist eine Linie, die als Band dargestellt ist (Z-Koordinaten des Randes entsprechen Z-Koordinaten der Ursprungslinie) mit der Breite aus dem entsprechenden Attribut.

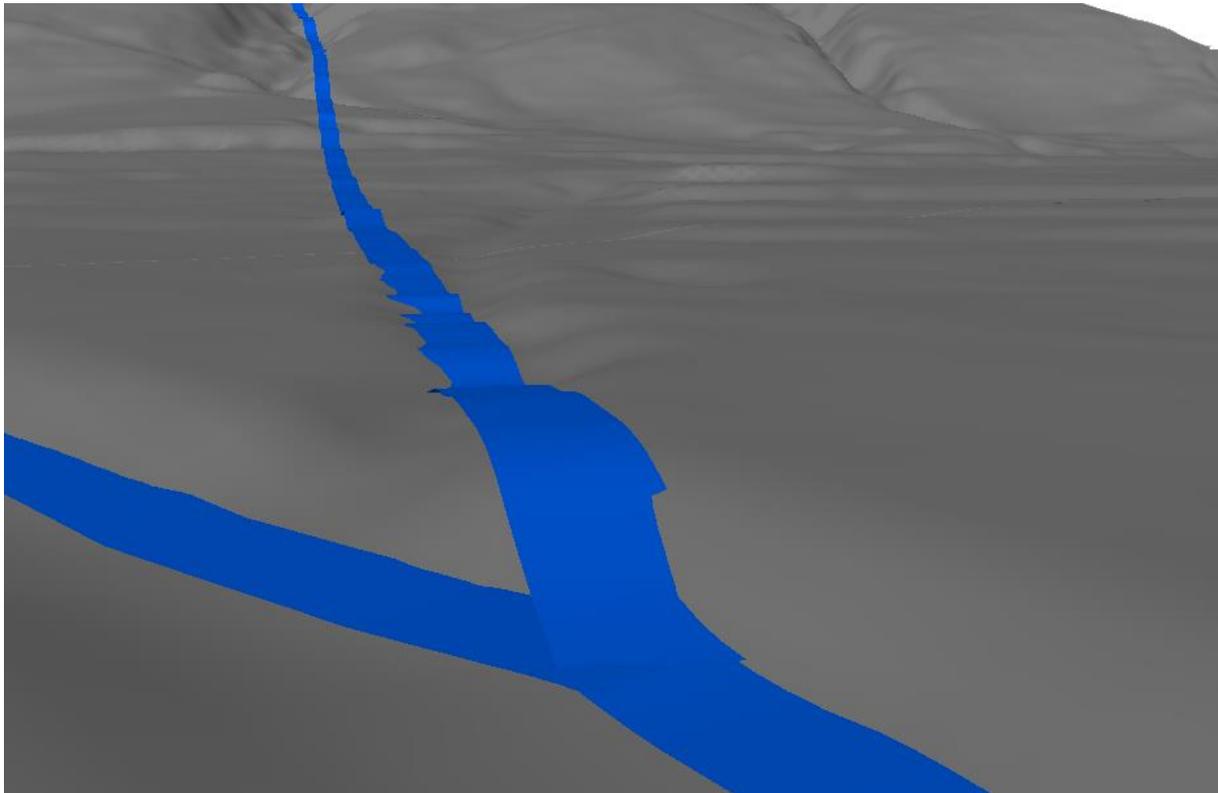


Abbildung 103: Linienhaftes Objekt als Band auf DGM1

Vorteile:

- Keine ‚schiefe Fläche‘; es entspricht z.B. bei Straßen und Flüssen eher der Realität
- Einfache Erzeugung
- Geringe Datenmenge im Vergleich zur Umsetzung als Fläche

Nachteile:

- Linie kann DGM unter- oder überschneiden (insbesondere bei breiten „Bändern“)
- Virtuelle Fläche (wird vom Viewer generiert) und damit keine flächenhaften Analysen (wie z.B. Flächenverschneidung) möglich

5.2.2.3 Polygon

Alternativ zur Verwendung von Linie und Attribut für die Breite, kann aus der ursprünglichen 2D-Linie auch eine echte 3D-Fläche generiert werden. Der Prozess gestaltet sich dann wie folgt:

1. Linienbreite wird als Attribut übernommen
2. Generierung eines Puffers um die Linie mit der Breite aus dem Attribut; es entsteht ein flächenhaftes Element
3. Anhebung der Flächenrandpunkte auf das DGM (dieser Schritt entspricht einer 'inversen Projektion'; die Dimensionalität wird erweitert)

Das Ergebnis ist eine 3D-Fläche mit der Breite aus dem Linienattribut, die für ihren Außenrand die Höhen des DGM wiedergibt.

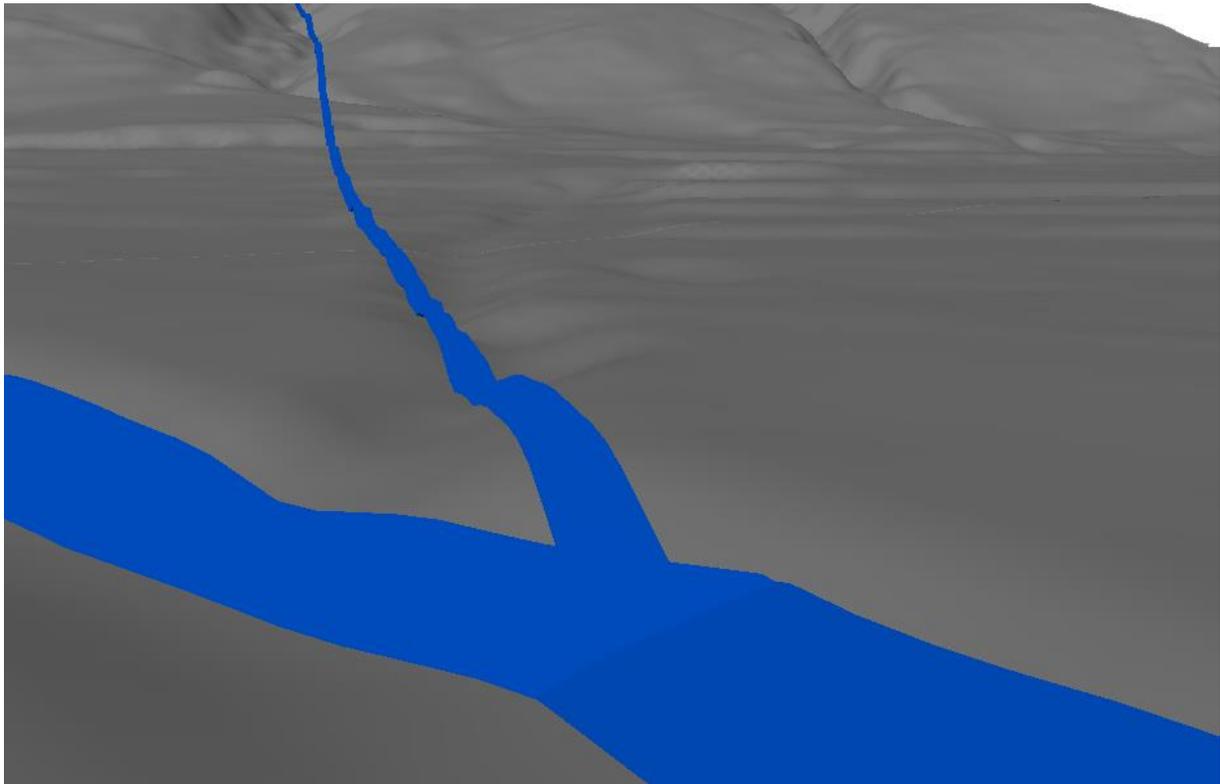


Abbildung 104: Linienhaftes Objekt als Fläche auf DGM1

Vorteile:

- Echte Fläche; keine zusätzliche Darstellungsberechnung durch den Viewer (s. Darstellung als symbolisiertes Band) nötig
- 3D-Flächenoperationen sind möglich
- Weniger Über- / Unterschneidungen, als beim Band

Nachteile:

- Fläche kann DGM trotzdem unter- oder überschneiden, da nur Flächenrandpunkte anliegen
- Flächenhöhe entspricht DGM; das Aussehen ist je nach Objektklasse eher unnatürlich – insbesondere deshalb, weil die (aus Eigenschaften / Klassifizierungen ermittelte) Breite des Objektes häufig nicht mit der realen Breite übereinstimmt

5.2.2.4 Geschlossenes Objekt mit Extrudierung

Zur besseren, realitätsnäheren graphischen Darstellung kann ein linienhaftes Objekt auch in Form eines Polygons (s. vorheriger Abschnitt) dargestellt werden. Dies wird mit einer bestimmten „Dicke“ über das Gelände extrudiert. Das ist insbesondere für vom Menschen erzeugte Objekte wie Straßen sinnvoll. Die „Dicke“ entspricht dann z.B. dem Straßenbelag.

Die Generierungsmethodik ist identisch wie bei Polygonen; nur muss das Objekt zusätzlich um ein Höhe vertikal extrudiert werden.

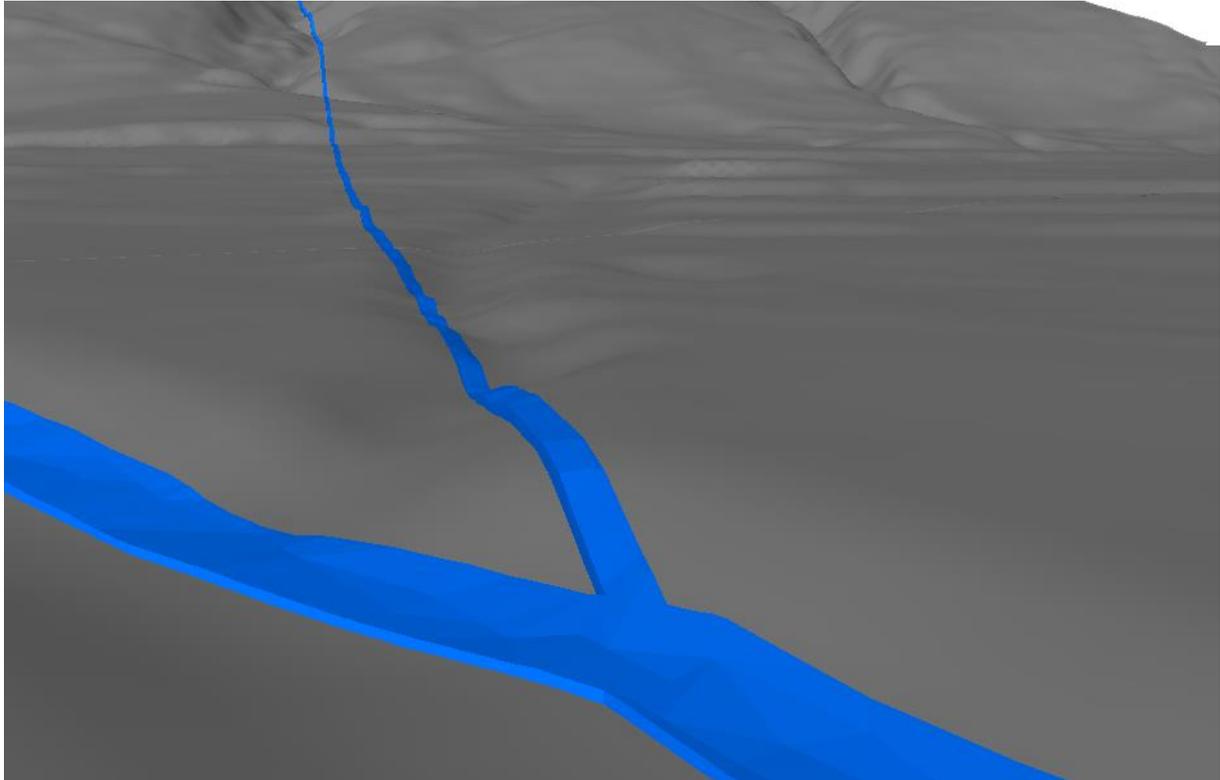


Abbildung 105: Linienhaftes Objekt als Multipatch auf DGM1 (in ArcScene)

Vorteile:

- Echtes Objekt; keine zusätzliche Darstellungsberechnung durch den Viewer (s. Darstellung als symbolisiertes Band) nötig
- Keine Über- / Unterschneidungen, wenn x groß genug gewählt wurde

Nachteil:

- Block ist bei Flüssen unnatürlich (dieser würde 'auslaufen')

5.2.3 Flächenhafte Elemente

Aus Flächen (Polygonen) können 3D-Körper gebildet werden, indem das Polygon in Z-Richtung extrudiert wird. So können z.B. Gebäude oder Vegetationsflächen erstellt werden.

Anmerkung: Polygone, die beispielsweise Gewässer darstellen, sollten nicht extrudiert werden, sondern besser 'nur' auf das Niveau des DGM angehoben werden.

5.2.3.1 Allgemeines

5.2.3.1.1 Höheninformation bestimmen

Für das 3D-Objekt muss die Grund- und Objekthöhe bestimmt werden. Mindestens eine von diesen beiden Höhen (im Wesentlichen die Grundhöhe) muss als absolute Höhe definiert sein. Die andere Höhe (z.B. Objekthöhe) kann dann abgeleitet werden.

Die Höheninformationen können aus mehreren Quellen bestimmt werden:

1. Grund- / Basishöhe aus dem Geländemodell (muss also vorhanden sein)
2. Objekthöhe aus der Geometrie
3. Objekthöhe aus einem Objektattribut
4. Objekthöhe aus einer konstanten Höhenangabe

5.2.3.1.2 3D-Grundfläche bestimmen

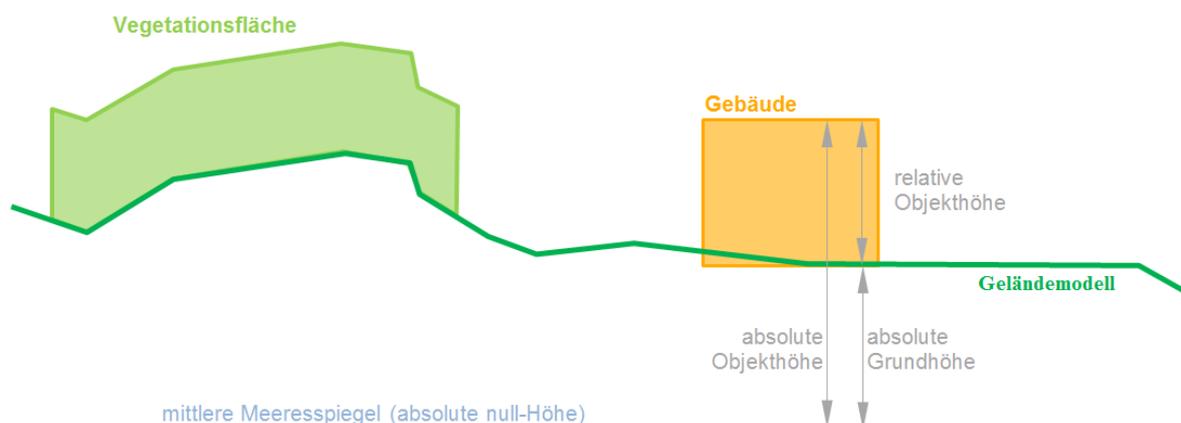
Beim Platzieren eines 3D-Objektes auf das Geländemodell gibt es in der Regel die folgenden Optionen:

- 3D-Objekt auf die minimale Geländehöhe setzen, also auf die min. Z-Höhe innerhalb des Objektpolygons. So kann verhindert werden, dass das 3D-Objekt an einigen Stellen über dem Geländemodell schwebt. Die Grundfläche des 3D-Objektes bleibt flach.
- 3D-Objekt mit dem 3D-Geländemodell verschneiden. Hier passt die Grundfläche exakt zum Geländemodell, wobei die 3D-Grundfläche zum Geländemodell in mehrere Teilflächen aufgetrennt wird.

5.2.3.1.3 Art der oberen Abschlussfläche bestimmen

Wie bei der 3D-Grundflächen eines 3D-Objektes, gibt es auch für die Objektbildung für die 3D-Oberfläche mehrere Optionen:

- Die 3D-Oberfläche (d.h. das obere Begrenzungs-polygon) wird flach gehalten (Gebäude, Seen)
- Die 3D-Oberfläche folgt der Geländemodelloberfläche (Vegetations- oder Verkehrsflächen).



5.2.3.2 Projektion auf das Gelände

Die einfachste Darstellung erfolgt über das Projizieren der Fläche auf das Geländemodell, d.h. die Fläche wird trianguliert und mit den Höheninformationen des DGM versehen. Dabei bestimmt die Dichte und Genauigkeit der Dreiecksvermaschung die Präzision, mit der die Fläche dem DGM folgt.

Nachteil

Das Geländemodell kann durch die Fläche ‚durchscheinen‘. Das heißt, es entstehen bei der Projektion des Polygons auf die Fläche koplanare 3D-Flächen, bei deren Visualisierung die Verdeckungsreihenfolge nicht entschieden werden kann (Gröger & Kolbe 2004).

Anmerkung: Laut der ISO 19107 und den Anforderungen typischer Geoinformationssystemen und Geodatenbanken müssen alle Punkte eines Polygons koplanar sein. Insofern erzeugt das beschriebene Vorgehen ungültige Geometrien!

Lösungsansatz

Ein sehr simples und einfach umzusetzendes Verfahren, um das Problem zu beheben, ist das Addieren von kleinen Höhenoffsets (wenige Zentimeter) auf die oben liegenden 3D-Flächen (siehe untere Abbildung).

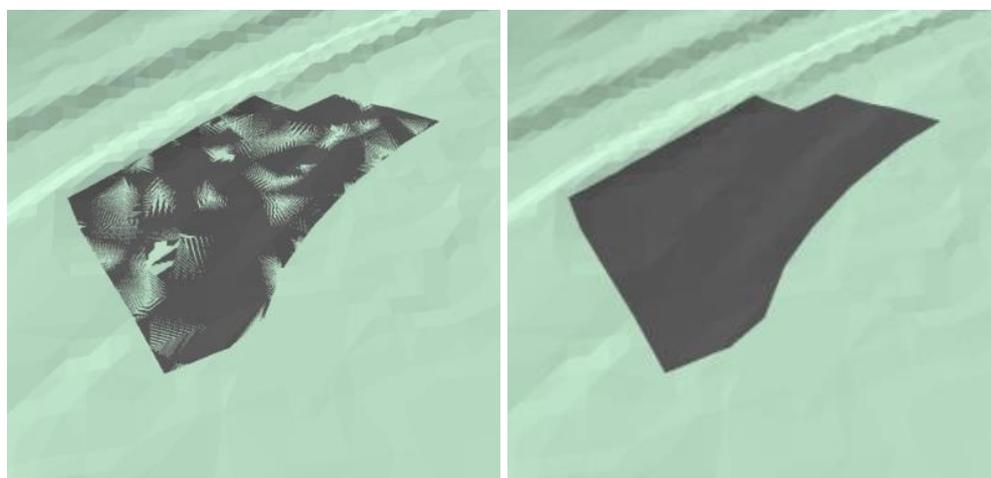


Abbildung 106: Fläche auf das Gelände projiziert, rechts mit einer Verschiebung von 0,5m in positiver z-Richtung

Bei stärker bewegtem Gelände sollte dagegen von diesem Verfahren abgesehen werden. Aufgrund der beschränkten Rechengenauigkeit werden nämlich bei der Visualisierung „die eigentlich unten liegenden Flächen sichtbar“ (Gröger & Kolbe 2004). Ein weiteres allgemeines Problem besteht darin, dass durch den künstlichen Höhenoffset die tatsächlichen Höhen der 3D-Geometrien verändert werden.

Aus diesen Gründen sollte ein anderer Lösungsansatz gewählt werden. Dieses Verfahren beruht auf der **Partitionierung des DGMs**:

Die linienhaft vorliegenden Ränder der 2D-Polygone werden mittels einer Constraint (Delaunay) Triangulation als Bruchkanten in das DGM eingerechnet. Damit wird sichergestellt, dass

- (1) jeder Teil der DGM-Oberfläche nur einmal repräsentiert wird, und
- (2) jedes Dreieck des TINs genau einem oberflächenstrukturierenden Objekt zugeordnet werden kann.

(Gröger & Kolbe 2004).

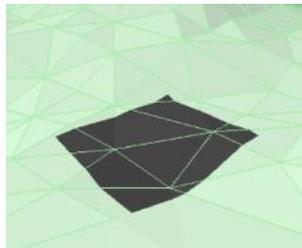
Nach anschließender Subtraktion aller DLM-Objekte aus dem DGM, bleibt von diesem nur eine ‚zerstückelte‘ Restfläche übrig.

Ein Nachteil der Partitionierung des DGMs ist allerdings, dass bei einer Veränderung des DLMs eine Neuberechnung erforderlich ist.

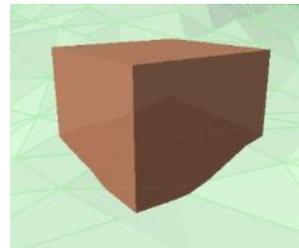
5.2.3.3 Volumenkörper mit planarer Oberfläche

Das Geländemodell wird als Basis für die absolute Grundhöhe verwendet. Da das Gelände nur selten flach ist, gibt es mehrere Varianten für die Generierung:

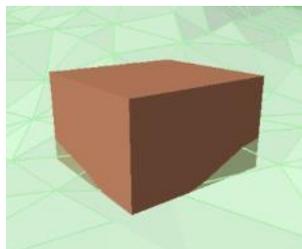
- **Anheben der Fläche auf das Geländemodell:** Das Objekt sitzt genau auf dem Gelände. Die Grundfläche wird aus dem Geländemodell generiert (via inverser Projektion und Interpolation) – es wird also aus mehreren Dreiecken zusammengesetzt.
- **Objekt auf den tiefsten Geländepunkt setzen:** Das Objekt wird auf dem tiefsten Punkt platziert, der innerhalb der Fläche auf dem Gelände liegt. Die Grundfläche des Objekts kann flach (und somit einfach) bleiben. Statt dem tiefsten Geländepunkt kann auch der mittlere oder höchste Geländepunkt verwendet werden. Dabei kann es vorkommen, dass das Objekt über dem Gelände schwebt.
- **Nur Stützpunkte der Fläche mit dem Geländemodell verschneiden:** Um die Anzahl der generierten Polygone zu reduzieren oder die Stützpunkte nicht zu verändern, kann die Verschneidung auch nur mit den Flächenstützpunkten durchgeführt werden. Dabei sitzt das Objekt an den Stützpunkten genau auf dem Gelände. Zwischen den Stützpunkten entstehen aber zwangsweise Differenzen zum Geländemodell (s. auch [Problemfeld Stützpunkte](#)).



a) Grundrisspolygon auf das Gelände projiziert



b) Grundriss mit Gelände verschnitten



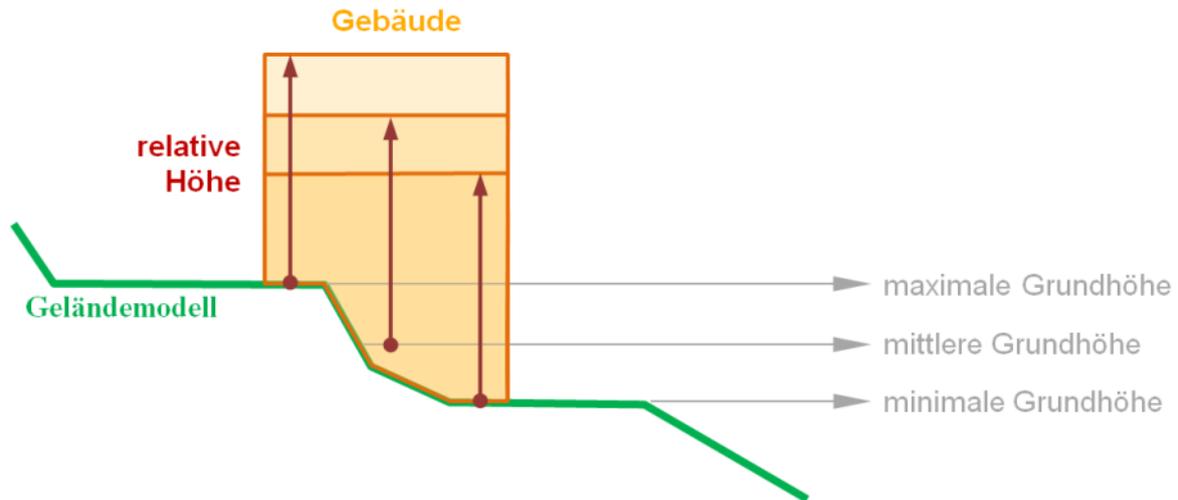
c) Grundriss auf tiefsten Geländepunkt



d) Grundrissknoten mit Gelände verschnitten

Ist die Grundfläche nicht eben (weil z.B. das Objekt mit dem Gelände verschnitten wurde) und es wurde keine absolute Objekthöhe übergeben (wie z.B. bei einem See), muss eine Referenzhöhe festgelegt werden, auf die sich die relative Höhe bezieht:

- minimale Grundhöhe
- mittlere Grundhöhe
- maximale Grundhöhe



5.2.3.4 Dem Gelände folgende Volumenkörper

Bei größeren Flächen, wie unterschiedlichen Vegetationsflächen (z.B. Waldfläche) ist eine flache Oberfläche unrealistisch. Hier sollte die Oberfläche dem Geländemodell folgen.

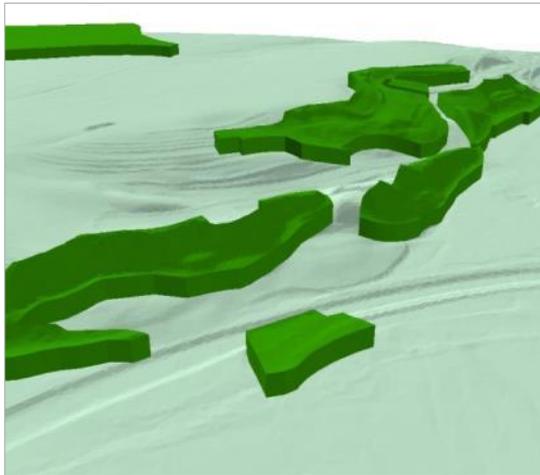


Abbildung 107: Darstellung von Waldflächen als dem Gelände folgenden Volumenkörper

Die Höhe der Volumenkörper kann über ein Attribut (direkt oder abgeleitet) oder aus der Messung der Differenz von DOM und DGM übergeben werden.

5.3 Objektarten

5.3.1 Allgemeines

Im Folgenden werden die im Vorfeld an Hand der Anwendungsszenarien ausgewählten Objektarten dahingehend untersucht, ob und mit welchen Methoden sie automatisiert auf eine 3D-Repräsentation angehoben werden können. Basis für die Untersuchungen sind die von den Auftraggebern bereitgestellten Daten.

Dabei wird wegen der unterschiedlichen Modelle grundsätzlich zwischen den Daten des BEV und den Daten aus Deutschland (AAA) unterschieden.

Hinweis zur Genauigkeit des DSM 10 beim BEV

Das DSM 10 des BEV ist auch in der Z-Achse für einige Objektklassen zu ungenau.

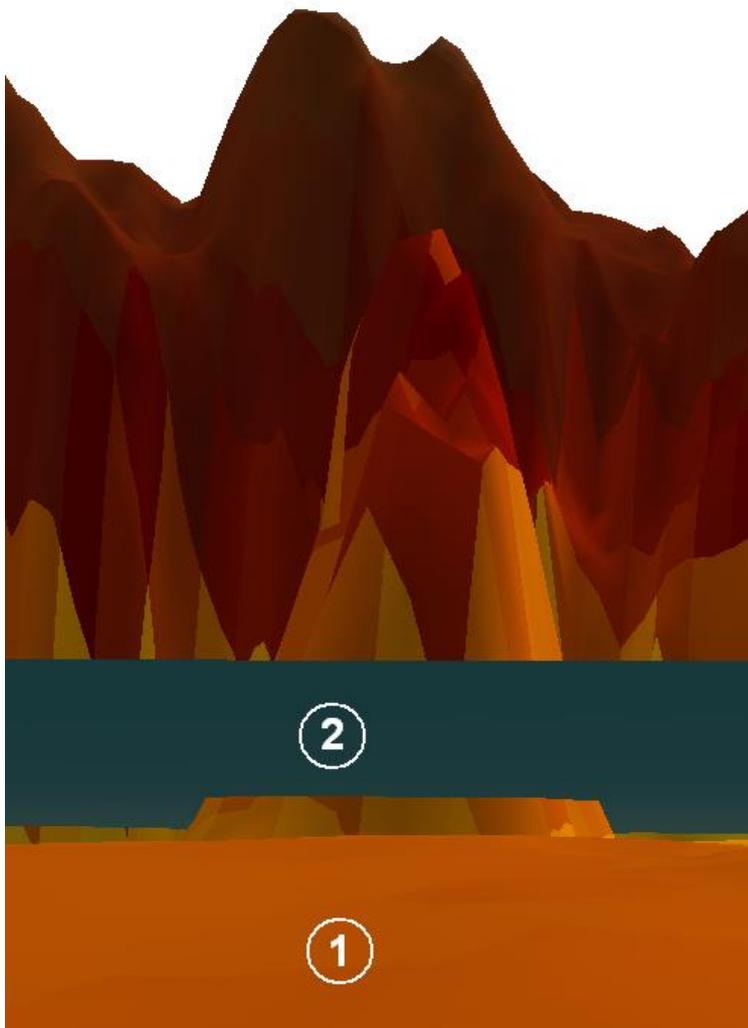


Abbildung 108: 1: Bodenhöhe - DSM 10 / 2: Bodenhöhe – DGM (Betrachterperspektive)

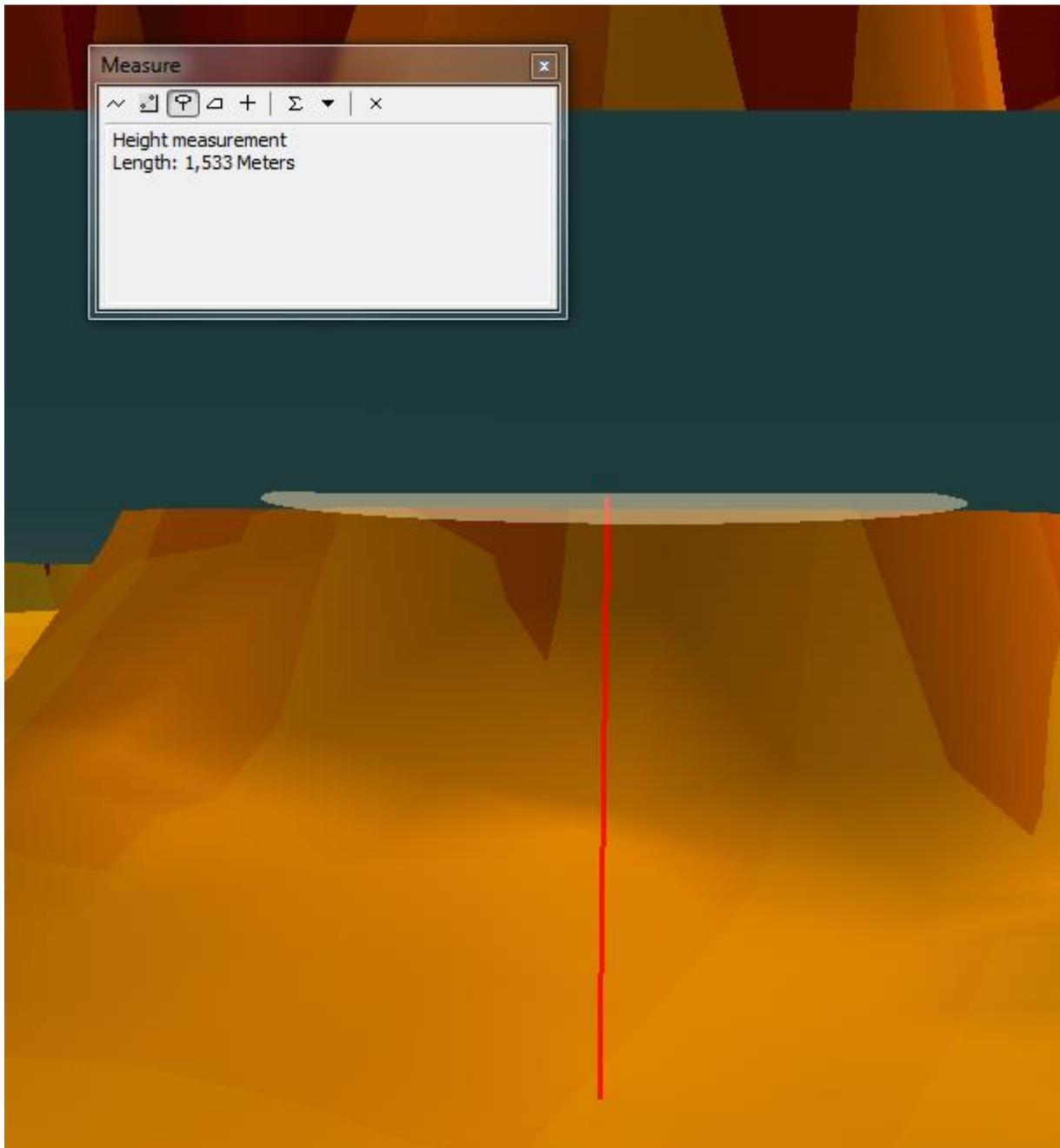


Abbildung 109: Unterschied Bodenhöhen DSM 10 zu DGM, der Boden des DSM10 schwebt über dem DSM 1 Gelände (Betrachterperspektive)

Die Unterschiede der Bodenhöhen zwischen DSM 10 und DGM betragen in den Datenbeispielen mehr als einen Meter.

5.3.2 Gebäude

Wie bereits in Kapitel 4.2 erläutert, wird diese Objektart bzgl. der 2D→3D-Transformation nicht weiter beachtet. Grund dafür ist zum einen, dass sowohl das LDBV, als auch das LGL bereits LoD2-Gebäudemodelle im CityGML-Format geliefert haben. Zum anderen wurden vom BEV keine Gebäudegrundrisse zur Verfügung gestellt; somit ist auch hier keine weitere Behandlung dieser Objektart nötig bzw. möglich.

5.3.3 Straßen & Schienen

Bei diesen Objektarten handelt es sich in 2D entweder um linienhaft oder um flächenhaft modellierte Objekte. Ob eine Linien- oder eine Flächenrepräsentation verwendet wird, hängt von verschiedensten Kriterien (z.B. der Art der Straße) ab und ist tlw. innerhalb einer Objektart uneinheitlich.

Die Ableitung der Höheninformation für die Anhebung auf eine 3D-Modellierung kann hier grundsätzlich durch Anhebung auf das Geländemodell erfolgen. Dabei sind zwei wichtige Ausnahmen zu beachten, für die dies nicht gilt:

- Brücken
- Tunnel

5.3.3.1 Straßen

Wenn Straßen über ihre Achse als linienhafte Objekt in 2D modelliert vorliegen, so ist die Methode zur Ermittlung der Straßenbreite ein wesentlicher Bestandteil zur Anhebung auf 3D.

5.3.3.1.1 Ermittlung der Straßenbreite

5.3.3.1.1.1 BEV

Die Daten sind in 2D als Linien modelliert. Eine Information zur realen Straßenbreite liegt nicht vor.

Daher kann die Straßenbreite nur über eine Funktion in Abhängigkeit vom Straßentyp (F_CODE) abgeleitet werden. Eine solche Breite ist naturgemäß nur eine grobe Annäherung an die Realität. Dies illustrieren die folgenden Abbildungsbeispiele.



Abbildung 110: Reale und ideale Straßenbreite (Beispiel 1)

In Abbildung 110 differiert die reale Straßenbreite bei identischem Straßentyp (z.B. durch zusätzliche Abbiege- oder Überholspuren).



Abbildung 111: Reale und ideale Straßenbreite (Beispiel 2)



Abbildung 112: Reale und ideale Straßenbreite (Beispiel 3)

Beispiel 2 und 3 zeigen Straßen, die durchgängig vom Typ Fahrweg (1121) sind. In der Realität schwankt die Breite zwischen 2,5 m und 4,5 m.

5.3.3.1.1.2 AAA

Für die AAA-Daten aus Deutschland gilt zunächst identisch das im vorigen Abschnitt zu den BEV-Daten Gesagte. Auch hier liegt im Allgemeinen keine Information über die reale Breite des jeweiligen Straßenabschnitts vor.

Die Straßenbreite lässt sich aus dem Feld *WDM* (Widmung) ableiten, ggf. ergänzt durch Inhalt der folgenden Felder:

- **BRF**: breiteDerFahrbahn (42003, 42005)
- **BRV**: breiteDesVerkehrsweges (42003)

Hinweis: Die Breite der Fahrbahn (des Verkehrsweges) gilt für die entsprechende Achse und nicht pro Fahrspur (FSZ).

Außerdem kann die Straßenbreite zusätzlich über die folgenden Informationen beeinflusst werden:

- **IBD**
 - Europastraße: 2001
- **BDI**
 - Durchgangsverkehr: 1000
 - Ortsverkehr: 2000
 - Sammelverkehr: 2001
 - Anliegerverkehr: 2002
- **BDU**
 - Überörtlicher Verkehr: 1000
 - Fernverkehr: 1001
 - Regionalverkehr: 1002
 - Nahverkehr: 1003
- **BFS**
 - Mit Radweg: 1000
 - Mit Fußweg: 2000
 - Mit Rad- und Fußweg: 3000

Die folgenden Informationen zu den Fahrbahnstreifen haben dagegen nur eine begrenzte Aussagekraft für die Ermittlung der Straßenbreite:

- **FSZ**: Anzahl der Fahrstreifen (42003, 42005)
- **FTR**: Fahrbahntrennung (42003, 42005)

Fahrbahnachse versus Straßenachse:

Existieren in einem Straßenabschnitt Fahrbahnachse und Straßenachse gemeinsam, so ist die Fahrbahnachse für die Ermittlung der Straßenbreite und für die Modellierung in 3D maßgeblich.



Abbildung 113: Fahrbahnachse (rot), Straßenachse (grau) auf der Autobahn A8

Zuordnung über *OBJEKTID_Z*:

Objekte der Objektarten *Straßenachse* (42003) und *Fahrbahnachse* (42005) zeigen über die Relation *istTeilVon* auf ZUSOs der Objektart *Straße* (42002). Die konkrete Zuordnung ist mit den Attributen *OBJART_Z* und *OBJID_Z* definiert. Die Attribute des ZUSOs (Zusammengesetzte Objekte) sind allen REOs (Raumbezogenes Elementarobjekt) redundant zugeordnet worden.

5.3.3.1.2 Modellierung von Straßen in 3D

Eine Modellierung der Straßenhöhe aus der Verschneidung des DGM mit den Straßenrandpunkten ergibt auf Grund der oben beschriebenen Rahmenbedingungen wenig Sinn. Außerdem würde ein solches Verfahren häufig dazu führen, dass die Straßenoberfläche uneinheitliche Höhen aufweisen würde, was im Normalfall nicht der Realität entspricht und bei Visualisierungen für das menschliche Auge sofort störend wirkt.

Daher wird der Ansatz empfohlen, die Anhebung von Straßen auf 3D über die Verschneidung der Achse mit dem DGM durchzuführen (Höheninterpolation an Stützpunkten). Die Darstellung kann dann über Bänder unterschiedlicher Breite erfolgen, wobei die Breite aus dem Straßentyp (z.B. *F_CODE*) abgeleitet werden kann.

Hinweis: Für diesen Fall gilt, dass in CityGML nur die 3D-Linie (Iod0Network) enthalten ist; die Visualisierung muss in einem aus CityGML abgeleiteten 3D-Grafikformat – wie KML oder glTF – erfolgen. Für geometrische Analysen auf der Grundlage von CityGML steht dann nur das Iod0Network zur Verfügung.

Die folgende Abbildung zeigt ein beispielhaftes Ergebnis einer solchen Modellierung (Straßen als Bänder).



Abbildung 114: 3D-Modellierung: Straßen als Bänder mit aus *F_CODE* abgeleiteter Breite

Neben der Möglichkeit, Straßen nur als 3D-Linien zu repräsentieren und erst bei der Visualisierung zu puffern, besteht auch die Möglichkeit, Straßen flächenhaft in CityGML (als LoD1-Road-Objekt) zu speichern.

5.3.3.2 Schienen

Gleisobjekte sind grundsätzlich linienhaft modelliert und ihre Anhebung auf 3D erfolgt über die inverse Projektion auf das Geländemodell, wobei die Wahl der Stützpunktabstände entscheidend für die Realitätsnähe der Modellierung ist. Im Unterschied zu Straßen sind wechselnde Steigungen bei Gleisen sehr viel seltener. Daher sollten die Stützpunkte hier in jedem Fall gefiltert werden.

Eine Besonderheit bei Bahnstrecken ist die Tatsache, dass diese in sehr vielen Fällen mehrgleisig vorliegen.

5.3.3.2.1 Abbildung mehrgleisiger Strecken

5.3.3.2.1.1 BEV

Die BEV-Daten enthalten kein Attribut, um zuverlässig ableiten zu können, ob die Bahnlinie eine mehrgleisige oder eine eingleisige Strecke repräsentiert.

Das Attribut *STRECKE* hat zwar den Eintrag *Mehrgleisig*. Dieser wird aber auch bei eingleisigen Strecken verwendet, die parallel zu anderen eingleisigen oder mehrgleisigen Strecken verlaufen. Außerdem lässt sich hieraus nicht die Anzahl der parallel verlaufenden Strecken ermitteln.



Abbildung 115: Parallele Gleislinien

Die obige Abbildung zeigt ein Beispiel, bei dem alle abgebildeten Linien das Attribut *'Mehrgleisig'* haben, obwohl nur die obere Strecke tatsächlich mehrgleisig ist.

Für eine Definition als mehrgleisige Strecke kann die Spurbreite aus dem *F_CODE* abgeleitet werden. Aus diesem Wert können dann *n* Parallelen mit dem Abstand *BREITE/n* gebildet werden.

Wichtig: Bei der Anhebung auf 3D als parallele Linien ist darauf zu achten, dass die Höheninformation der Mittelachse übernommen wird.



Abbildung 116: 3D-Visualisierung: Gleise als parallele 'Röhren'

5.3.3.2.1.2 AAA

In den AAA-Daten wird unterschieden zwischen den Objektarten **AX_Gleis** (53006) und **AX_Bahnstrecke** (42014).

Eine Unterscheidung im Detail hinsichtlich Kategorie, Anzahl der Gleise, Elektrifizierung, Spurweite, Zustand findet nur bei der Objektart **AX_Bahnstrecke** statt.

Die Objektart **AX_Gleis** kann aber auch mehrgleisig sein, wie das Beispiel in der unteren Abbildung zeigt.

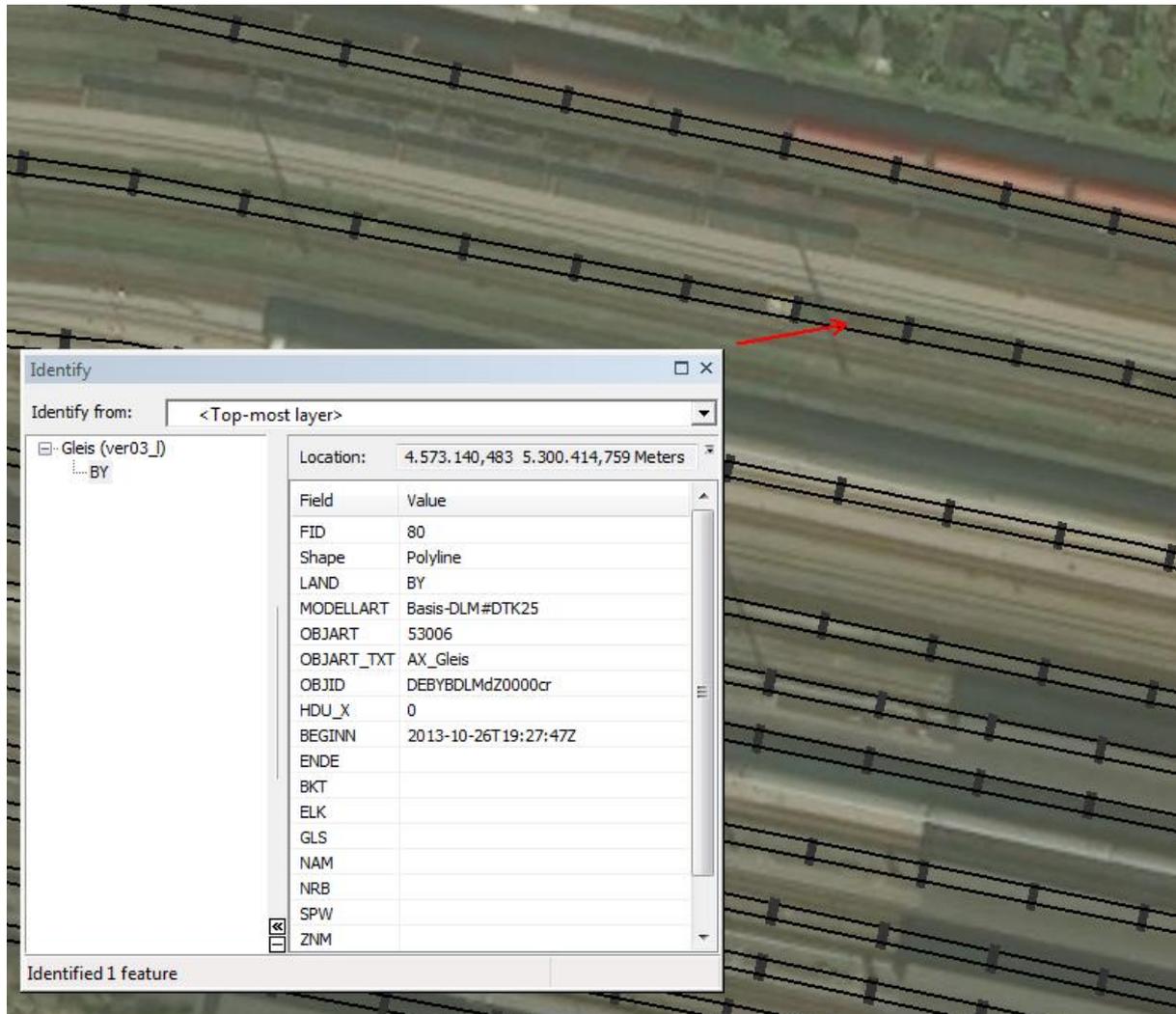


Abbildung 117: AX_Gleis und Eigenschaft GLS (Beispiel 1)

Die Objektart *AX_Gleis* ist im Beispiel mit Code für Eingleisig (GLS=1000) belegt. In der Realität handelt es sich aber um eine mehrgleisige Strecke.

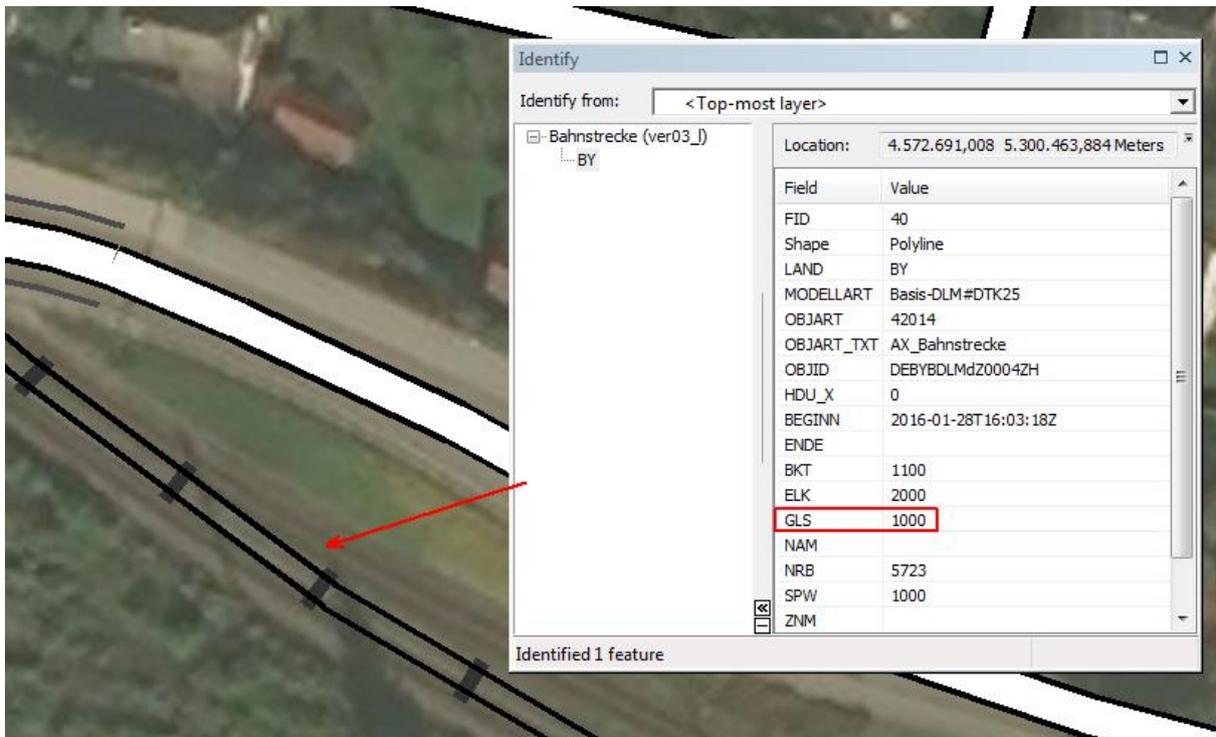


Abbildung 118: *AX_Gleis* und Eigenschaft *GLS* (Beispiel 2)

Daraus folgt, dass eine zuverlässige Ableitung der Gleisanzahl aus dem Attribut *GLS* nicht möglich ist.

Eine weitere Problematik bei der Modellierung einzelner Gleise stellt der Übergang von mehrgleisigen auf eingleisige Strecken dar. Entweder muss hier die eingleisige Strecke in beide Gleise der zweigleisigen Strecke münden oder in eine der beiden Gleise.

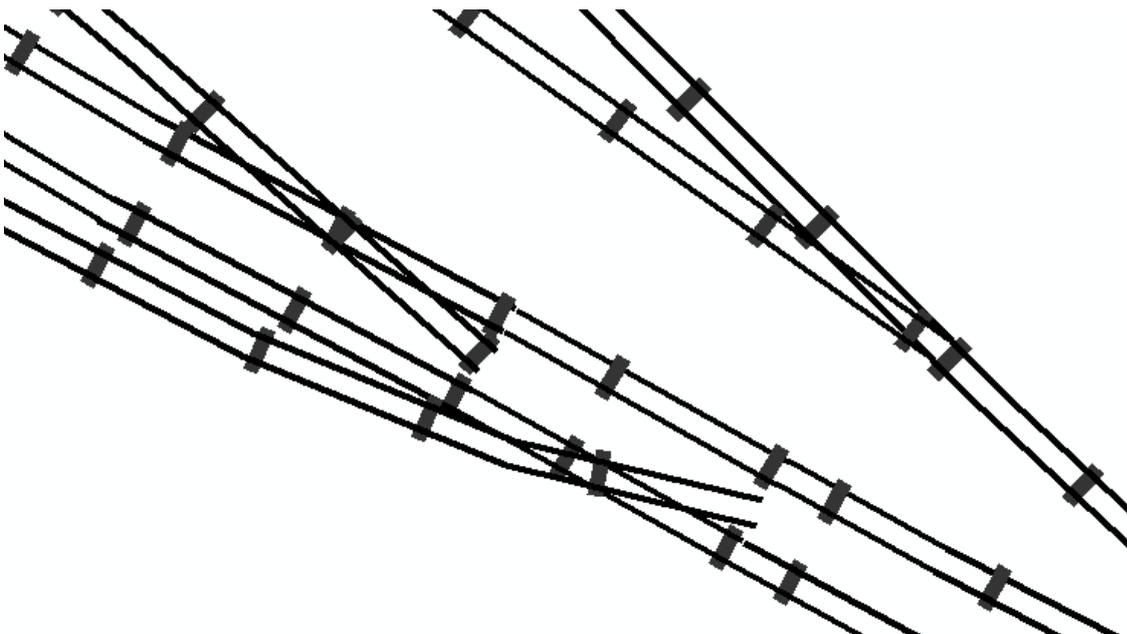


Abbildung 119: Eingleisige Bahnstrecke endet in einer zweigleisigen Bahnstrecke im mittleren Schotterbett

5.3.4 Brücken

Die Objektklasse Brücken stellt bzgl. der Anhebung auf 3D eine Besonderheit innerhalb der Verkehrsobjekte dar. Zur Ermittlung der Höheninformation muss hier das DOM und nicht das DGM herangezogen werden. Entscheidend für eine 3D-Modellierung von Brücken ist dabei der Übergang von der auf dem Gelände aufliegenden Verkehrslinie (Straße, Gleis) zu der am DOM orientierten Brücke. Hier darf es nicht zu einem Höhenversatz kommen, was in der Praxis bedeutet, dass ein automatisierter Prozess zumindest im Rahmen einer Post-Operation die resultierenden 3D-Objektklassen gemeinsam betrachten und ggf. „vernähen“ (also höhenmäßig angleichen) muss.

Grundsätzlich ist bei der Modellierung von Brückenobjekten zwischen den beiden Themenkomplexen

- **3D-Ableitung der Fahrbahnen, Schienen- und Wasserwege** (siehe 5.3.4.1)
- **Erzeugung der Brückenkonstruktion** (siehe 5.3.4.2)

zu unterscheiden. Diese beiden Aspekte werden im Folgenden näher betrachtet.

5.3.4.1 3D-Verlauf der Fahrbahn

Die 3D-Modellierung von Brücken erfolgt in der Regel auf Basis der Höhenverschneidung der Brückenachse. Dabei handelt es sich um eine Polyline, die ggf. aus der entsprechenden Klasse abgeleitet werden muss.

Hinweis: Brücken gibt es nicht nur für Straßen und Eisenbahnen sondern auch für fließende Gewässer.

5.3.4.1.1 BEV

Brücken werden in 2D als Teil des zugehörigen Streckenobjektes (Straße, Bahn, Fluss) modelliert. Dafür wird das Attribut *LAGE* verwendet. Die Anhebung auf 3D erfolgt dann wie beschrieben durch Verschneidung mit dem DOM.

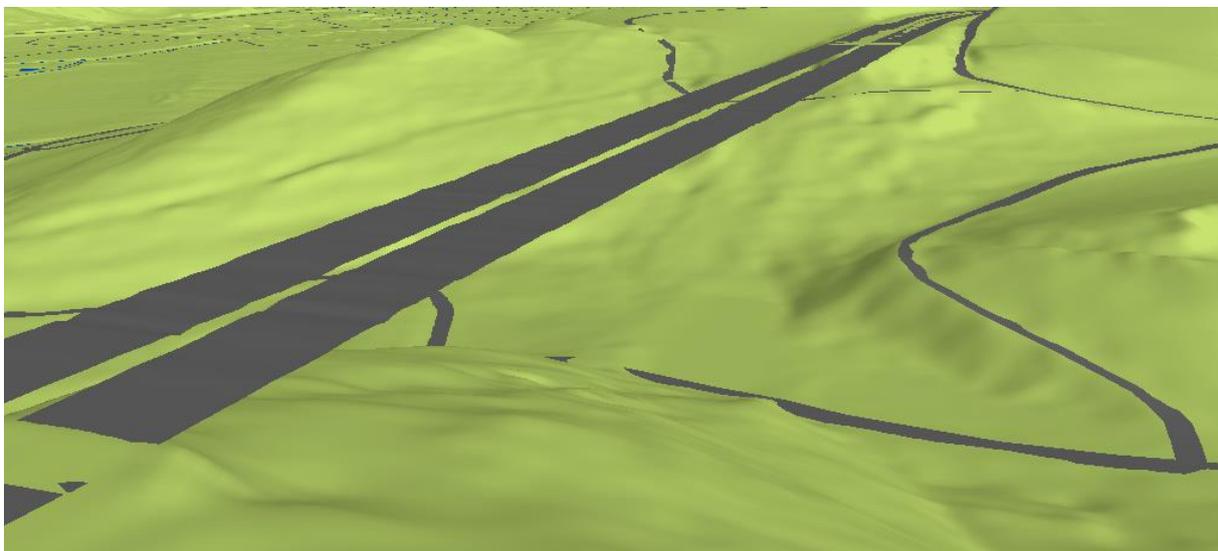


Abbildung 120: Aus DOM abgeleitete Brücke mit der der zugehörigen Straße entsprechenden Symbologie

Die folgenden Ausführungen zur Methodik der Transformation und Anhebung von Brücken von 2D in 3D im Abschnitt 5.3.4.1.3 und 5.3.4.1.4 kann grundsätzlich auch für die Daten des BEV Anwendung finden.

5.3.4.1.2 AAA

Im AAA-Datenmodell sind Brücken eine eigene Objektklasse (*ver06_f*, *ver06_l*, *ver06_p*), deren Objekte quasi redundant „über“ den zugehörigen Verkehrsobjekten liegen.

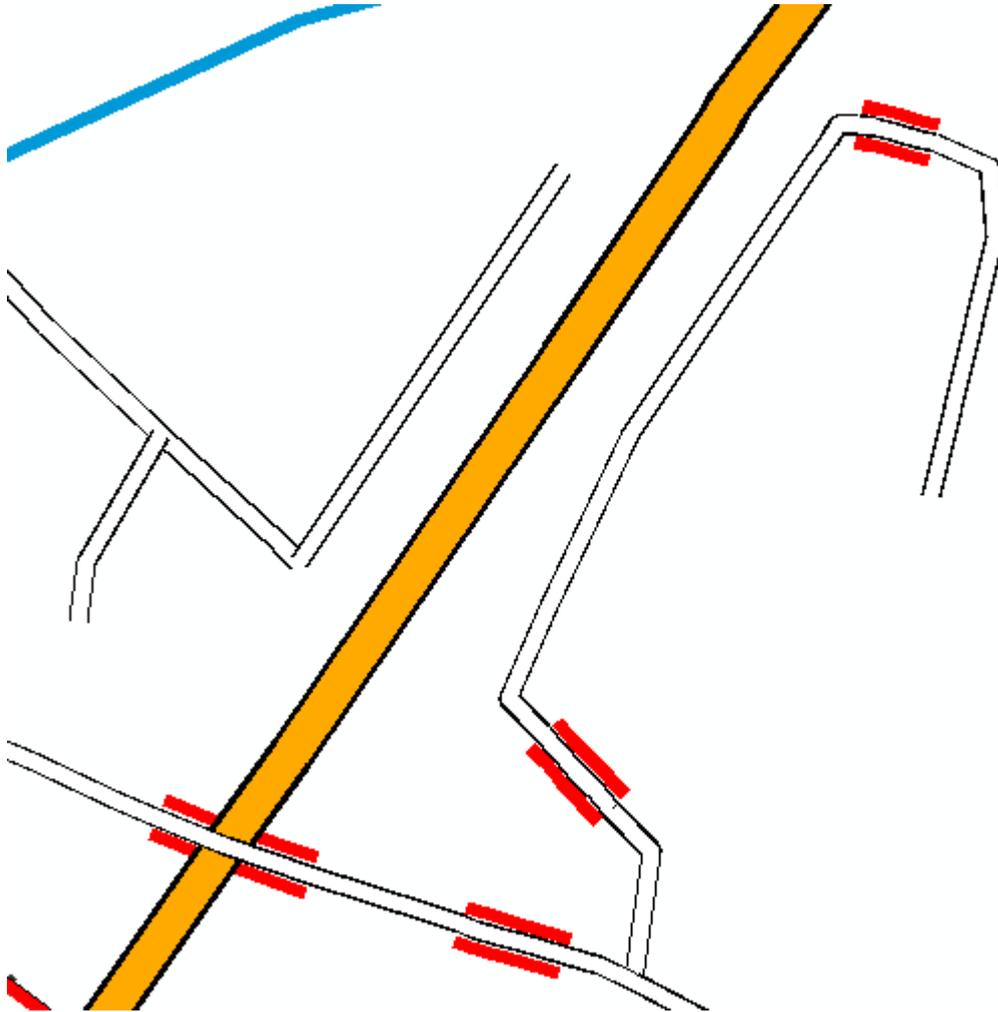


Abbildung 121: Brückenobjekte AAA (rote Doppellinie)

5.3.4.1.2.1 Höhenübernahme aus Brückenobjekten

Wurde im Rahmen der im Folgenden beschriebenen Methoden den Brückenobjekten erfolgreich eine Höhe zugewiesen, so muss diese Höhe anschließend auch an den Abschnitt des „darunter“ liegenden Verkehrsobjektes (*Strasse*, *Bahn*, *Fluss*) übergeben werden.

5.3.4.1.3 Überblick zur 2D → 3D Transformation für Brücken

Grundsätzlich bieten sich 2 Möglichkeiten der Brückentransformation an.

Der erste Ansatz wäre eine Geometrieverbesserung der Achsen und Widerlager (d.h. des Anfangs- und Endpunktes von Überführungen) und die Verwendung einer Standardbreite, da die sich anschließenden Straßen vor und nach der Brücke ebenfalls nur mit einer Standardbreite visualisiert werden.

Der im Folgenden beschriebene zweite, etwas komplexere Ansatz setzt auf eine Brückenerkennung aus den DOM-Daten. Dieser Prozess der Anhebung von Brücken auf eine 3D-Modellierung gestaltet sich überblicksweise wie folgt:

- Übernahme der 2D-Geometrien aus 2D-DLM-Shape (linienhaft)
- Analyse der Laserdaten im Bereich der Brückengeometrie
 - a. Feststellung der Brückenbreite
 - b. Generierung der Brückenfläche 2D
 - c. Verschneidung der Brückenfläche 2D mit LAS-Daten
 - d. Brückenfläche 3D
- Die Brückenbreite sollte mit einem Parameter (Shift) skalierbar sein

Hinweis: Mit diesem Verfahren werden Brücken im LoD1 erzeugt. Aufbauend auf den mittels dieses Verfahrens erzeugten Geometrien, könnten bei Bedarf Brücken in höheren LoD-Stufen mittels prozeduraler Verfahren erzeugt werden (siehe Donaubaer et al., 2016).

5.3.4.1.4 Arbeitsschritte im Detail

5.3.4.1.4.1 Höhenwerte für Brückenachse übernehmen

Verschneiden der Brückenlinien mit dem DOM. Dabei wird pro parametrierbarem Brückenabschnitt (z.B. 1 Meter) ein Stützpunkt erzeugt und mit dem DOM verschnitten. Es entstehen Linien mit Z-Koordinaten, die exakt der Oberfläche folgen:



©GeoBasis-DE/LVermGeoRP2015⁹



Abbildung 122: Verschneiden der Brückenlinie mit dem DOM (Beispiel 1)

⁹ Die Daten, die für die Bearbeitung verwendet wurden, sind grundsätzlich – wenn nicht anders aufgeführt – von den Auftraggebern zur Verfügung gestellt worden.



©GeoBasis-DE/LVermGeoRP2015



Abbildung 123: Verschneiden der Brückenlinie mit dem DOM (Beispiel 2)

5.3.4.1.4.2 Brückenhöhe mitteln

Zur Glättung und zur Vermeidung von Ausreißern wegen ungenauer Lage der Brückenendpunkte empfehlen sich die folgenden Nachverarbeitungsschritte:

- Erstellen einer Liste der Z-Werte aller Linienstützpunkte (einer pro Meter, s.o.) und Berechnen des Mittelwerts (Median - am besten bei hoher Streuung). Eintragen des Wertes in einem Attributfeld.

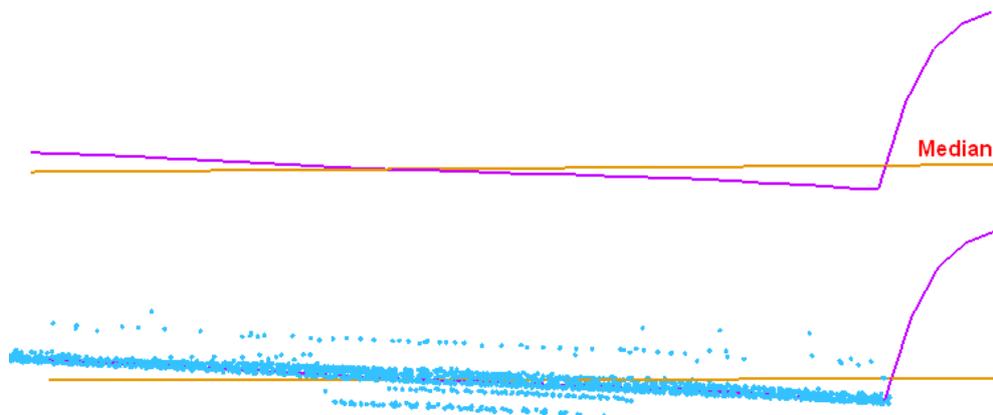


Abbildung 124: Glättung durch Mittelwert

Nachteil dieses reinen Mittelwertverfahrens: Es werden keine Steigungen abgebildet.

Ausgehend von der Prämisse, dass Brücken zumeist eine gleichmäßige Steigung haben (einfacher Ansatz), erfolgt eine Berechnung der mittleren Steigung:

- Berechnen der Höhenunterschiede von Punkt zu Punkt (ZP2-ZP1, ZP3-ZP2, ...) und ermitteln des Medians dieser Liste → mittlere Steigung
- Holen des Punktes mit der geringsten Distanz zur mittleren Steigung (Drehpunkt)
- Hinzufügen / Abziehen des mittleren Höhenunterschieds ausgehend vom Drehpunkt (da der Punktabstand immer gleich ist – 1 Meter, s.o. – ist bei gleicher Steigung auch die Höhendifferenz immer gleich).

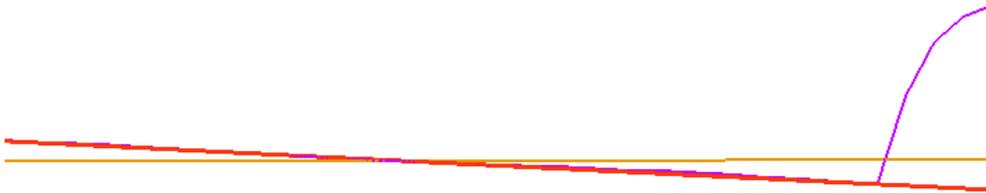


Abbildung 125: Brückensteigung (Beispiel 1)

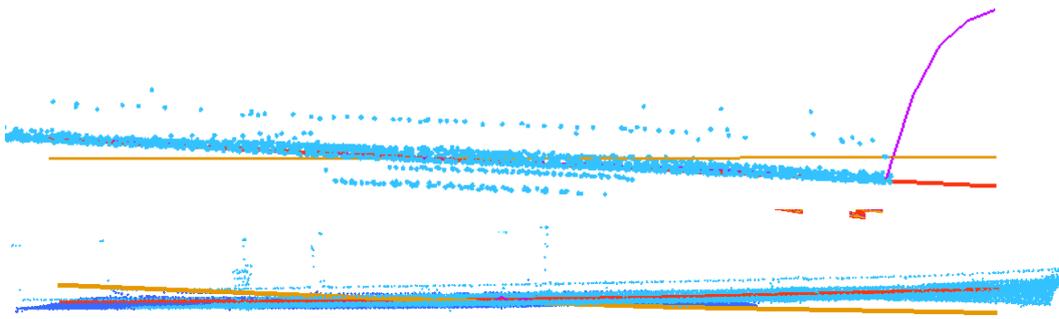


Abbildung 126: Brückensteigung (Beispiel 2 und 3)

Bei dem beschriebenen Verfahren sind folgende komplexere Fälle von Brückengeometrien zunächst nicht berücksichtigt:

- Gebogene Brücken

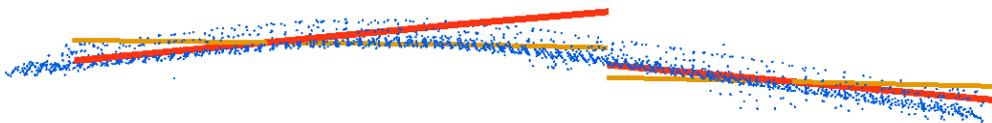


Abbildung 127: Gebogene Brücken

- Brücken mit unterschiedlicher Steigung

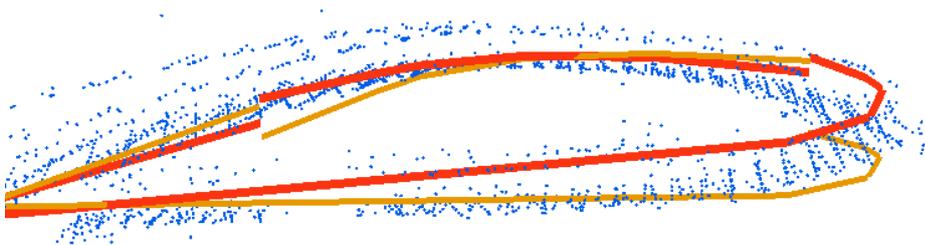


Abbildung 128: Brücken mit unterschiedlicher Steigung

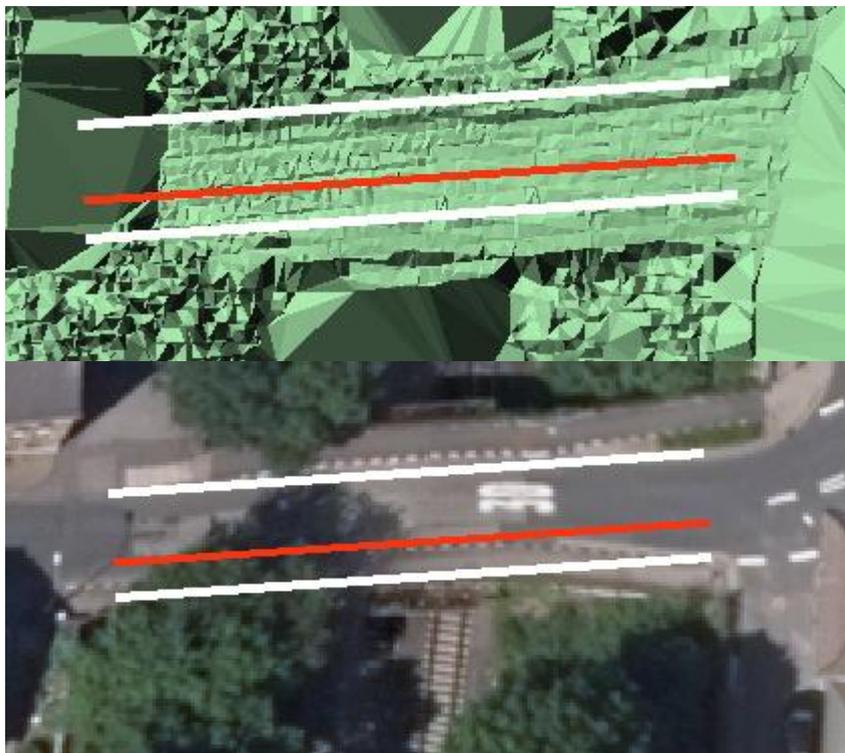
5.3.4.1.4.3 Möglicher Zusatzschritt: Brückenbreite ¹⁰

Um eine realistischere Abbildung von Brücken in 3D zu erhalten, ist die Ermittlung der realen Brückenbreite aus dem Oberflächenmodell über das im Folgenden beschriebene Verfahren denkbar.

Ermitteln der Brückenbreite; dabei Festlegung einer maximalen Brückenbreite (Grenzwert) um Endlosläufern vorzubeugen (z.B. 20m):

1. Erzeugen eines Feldes für Breite rechts und links der Achse.
2. Grobdurchgang: Erzeugen von Parallelen im Abstand von einem Meter (parametrierbar), jeweils für links und rechts. Dabei wird jede Seite getrennt abgearbeitet.
3. Holen der mittleren Höhe (Punkt 2 und 3) der Parallele und vergleichen mit der in Punkt 3 ermittelten mittleren Höhe der Brückenachse. Vergleichstoleranz parametrierbar. Im untersuchten Beispiel ergab ein Wert von 25 cm die besten Ergebnisse.
 - a. Liegt der Wert innerhalb der Toleranz, wird der aktuelle Abstandwert in das jeweilige Feld (Breite-links oder Breite-rechts) übernommen und die Brücke für den nächsten Durchgang übergeben.
 - b. Liegt der Wert außerhalb der Toleranz, ist die maximale Breite überschritten. Die Parallele wird für den Feindurchgang übernommen.
4. Feindurchgang: Schleifen-Durchlauf b) und c) mit feinerer Granulierung (z.B. Parallelenabstand von 20 cm).
5. Am Ende hat jede Brückenlinie einen Wert für die Breite bzw. den Abstand rechts und links der Brückenachse.

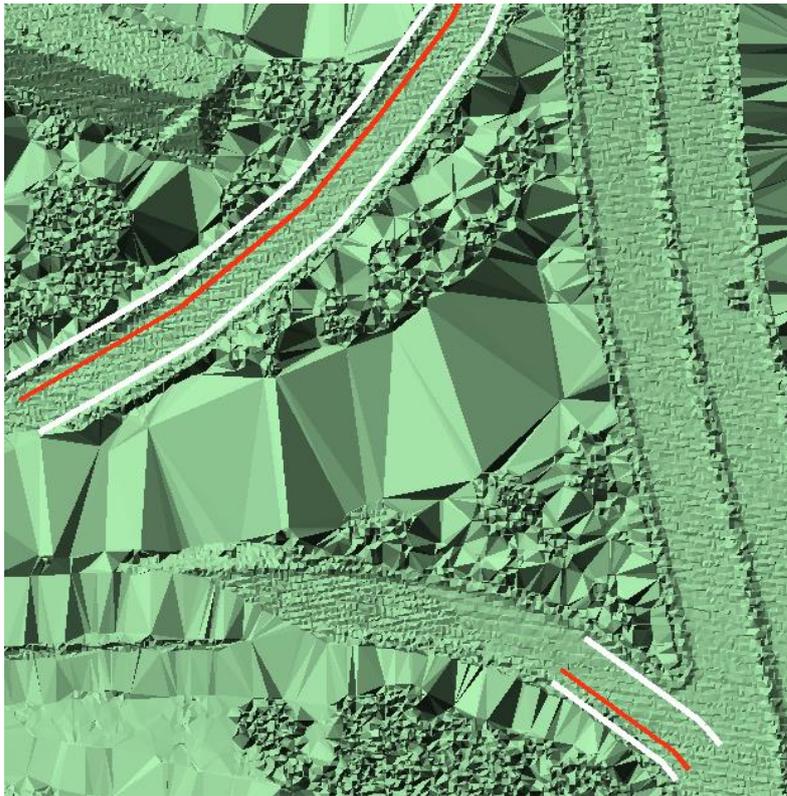
Diese getrennte Vorgehensweise für rechts und links der Achse ist notwendig, da die Brückenachsen häufig nicht die Mitte der realen Brücke repräsentieren.



©GeoBasis-DE/LVermGeoRP2015

Abbildung 129: Ermittlung reale Brückenbreite (Beispiel 1)

¹⁰ Die Ermittlung der tatsächlichen Brückenbreiten stellt im Rahmen der 1. Projektphase keine zentrale Aufgabe dar. Vielmehr sollte mit standardisierten Brückenbreiten gearbeitet werden, die den anschließenden Straßenbreiten entsprechen.



©GeoBasis-DE/L VermGeoRP2015



©GeoBasis-DE/L VermGeoRP2015

Abbildung 130: Ermittlung reale Brückenbreite (Beispiel 3)

Die obigen Beispiele zeigen sehr schön die Verschiebung der in AAA vorhandenen Brückenachsen gegenüber der Mitte der realen Brückenlage. Außerdem wird bei der Überlagerung mit Orthophotos der durch die heutige 2D-Modellierung der Brücken bedingte Lagefehler dieser Objekte in Orthophotos deutlich.

Abschließend erfolgen zur Bildung des 3D-Brückenobjektes noch die folgenden Arbeitsschritte:

6. Verknüpfen angrenzender Linien und mitteln von Höhe und Steigung
7. Bilden von 3D-Flächen aus den Linien mit Z-Koordinaten.

5.3.4.1.5 Grenzen des Verfahrens

5.3.4.1.5.1 Datenprobleme und Sonderfälle

5.3.4.1.5.1.1 DOM ↔ DGM – unterschiedliche Höhen

Die aus dem DOM ermittelte Höhe stimmt nicht mit dem DGM überein:

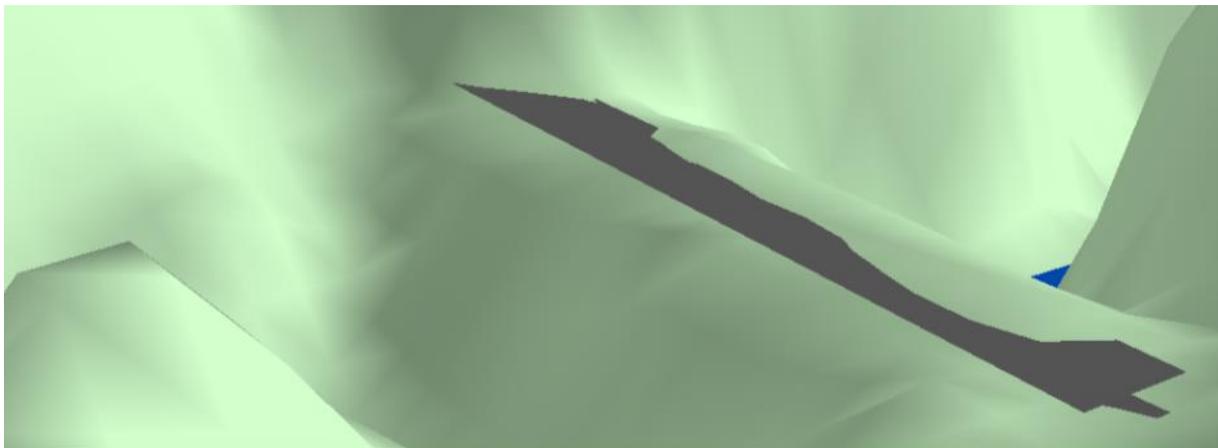


Abbildung 131: Mittlere Höhe korrekt ermittelt

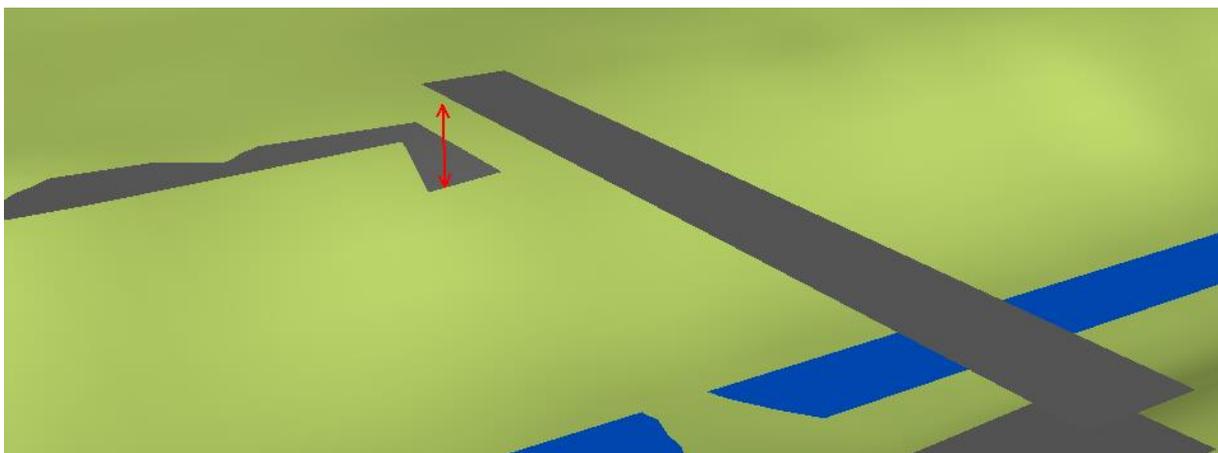


Abbildung 132: Brückenkopf liegt über DGM

Da generell DGM und DOM nie 100prozentig zueinander passen, ist ein Vernähen an den Nahtstellen Brücke ↔ Straße notwendig.

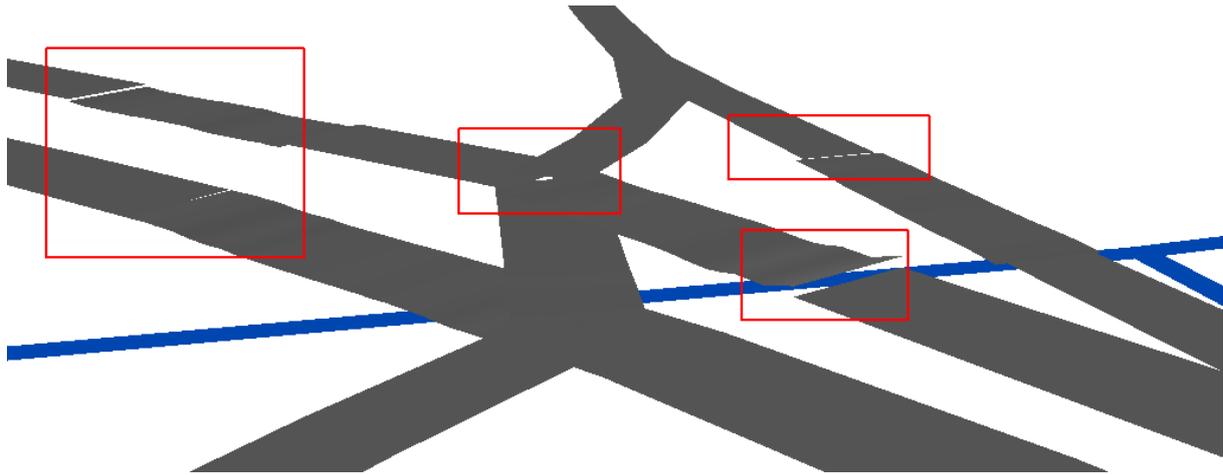


Abbildung 133: Nahtstellen Brücke <-> Straße

5.3.4.1.5.1.2 Brücke zu kurz

Der klassifizierte Brückenabschnitt ist zu kurz und / oder die Brückenlager fehlen im DGM.

→ Folge: Eisenbahnlinien fallen ins Tal.

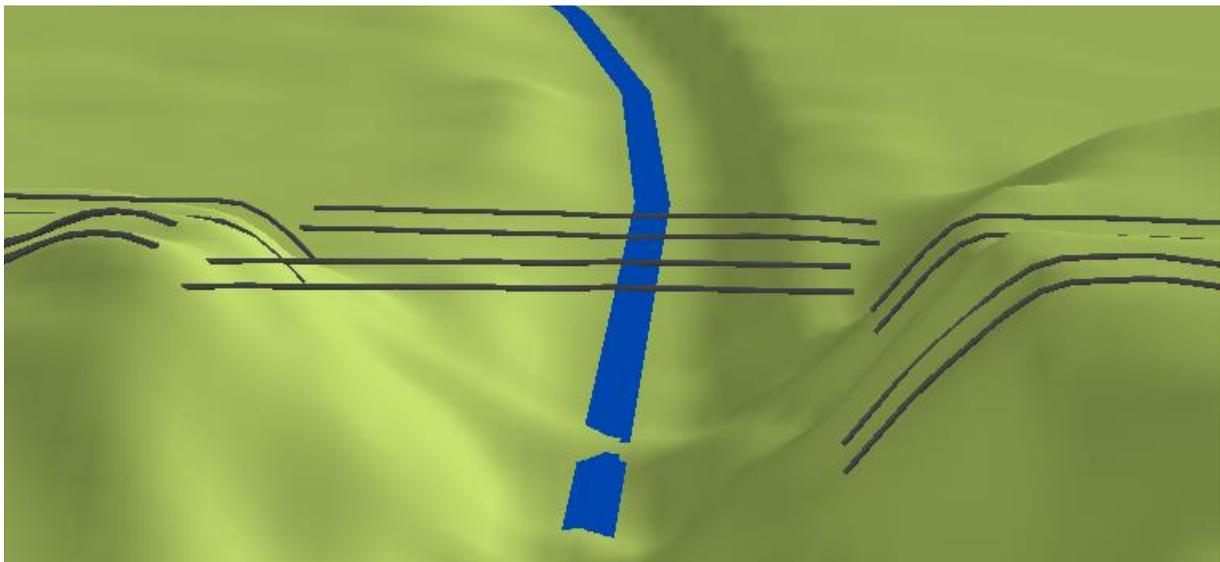


Abbildung 134: Zu kurze Brücke

5.3.4.1.5.1.3 Brücke nicht klassifiziert

Der Straßenabschnitt ist in den Daten nicht als Brücke klassifiziert.



Abbildung 135: Nicht als Brücke klassifizierter Abschnitt

5.3.4.1.5.1.4 Brücken mit Aufbauten

Brücken mit Aufbauten können zu fehlerhaften Höhen bei der Brückenableitung führen.



Abbildung 136: Bahnbrücke mit Eisenfachwerk

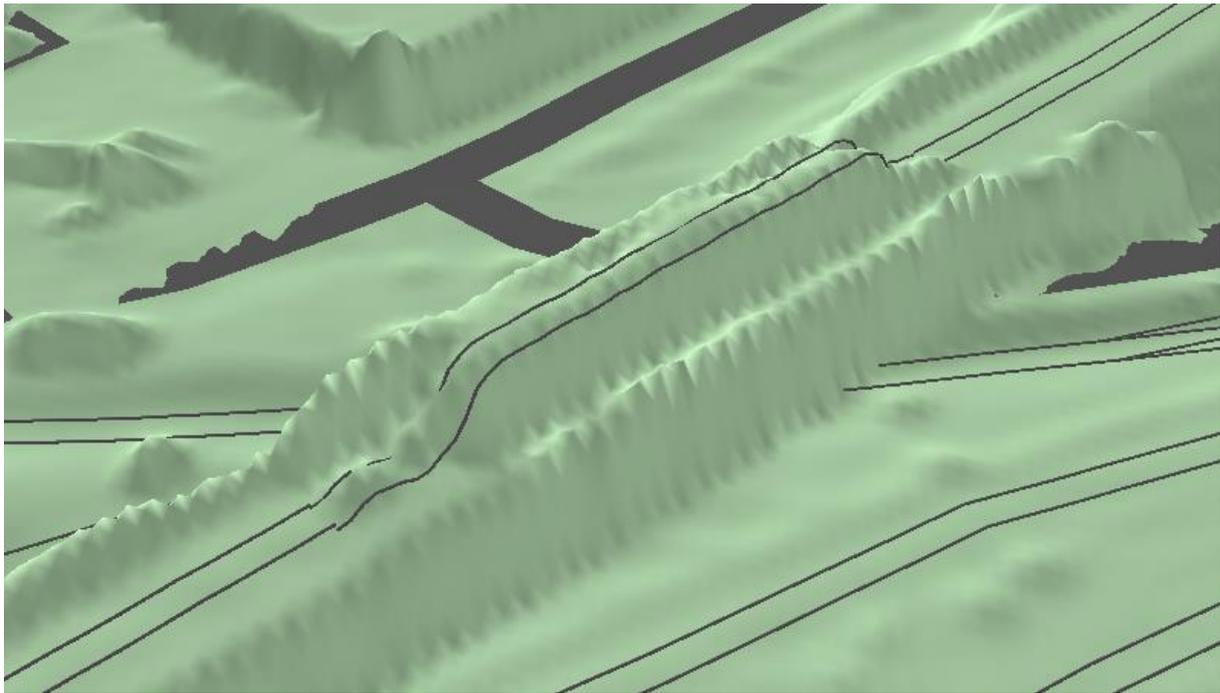


Abbildung 137: Darstellung des DOM mit erzeugter Brückenlinie

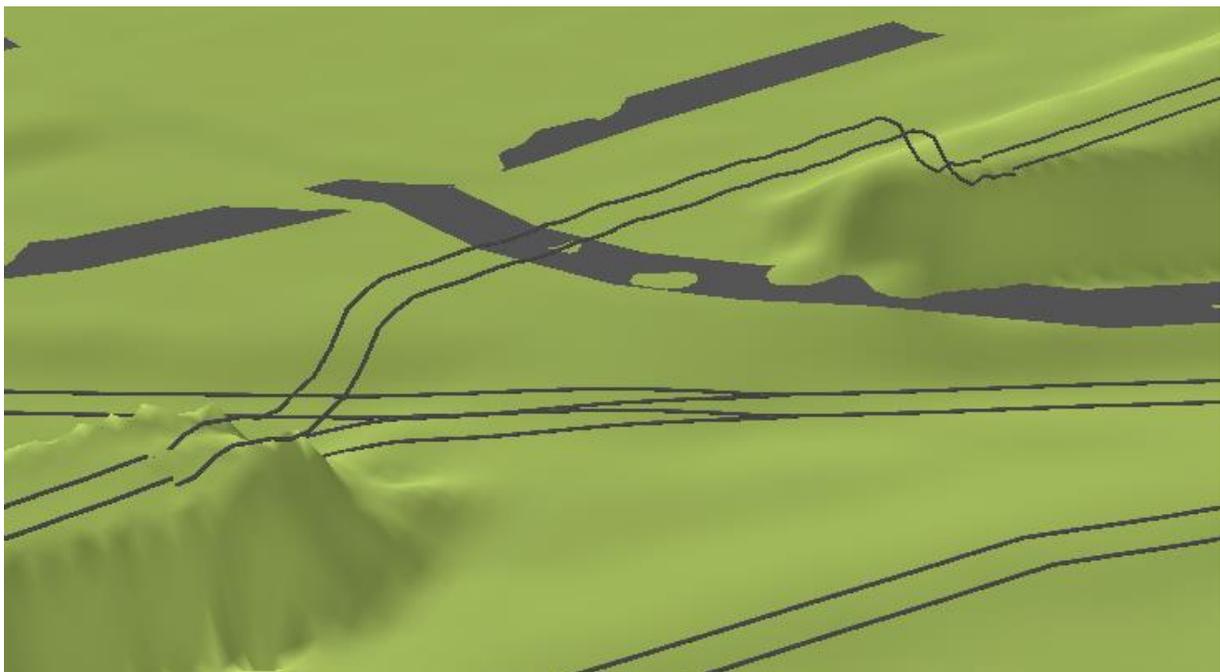


Abbildung 138: Darstellung mit DGM und erzeugter Brückenlinie

Dieses Problem bei der realistischen Darstellung ist gleichzeitig ein gewünschter Effekt für den Anwendungsfall *eTOD*: Die Brückenhöhe wird im DOM mitgeliefert. Das bedeutet aber auch, dass für diese Anwendung Brücken grundsätzlich mit ihren Aufbauten zu modellieren sind.

5.3.4.1.5.1.5 Brücken unter Vegetation

Liegt eine Brücke komplett unter der Vegetation, so kann ihre Höhe im Allgemeinen nicht aus dem DOM abgeleitet werden.

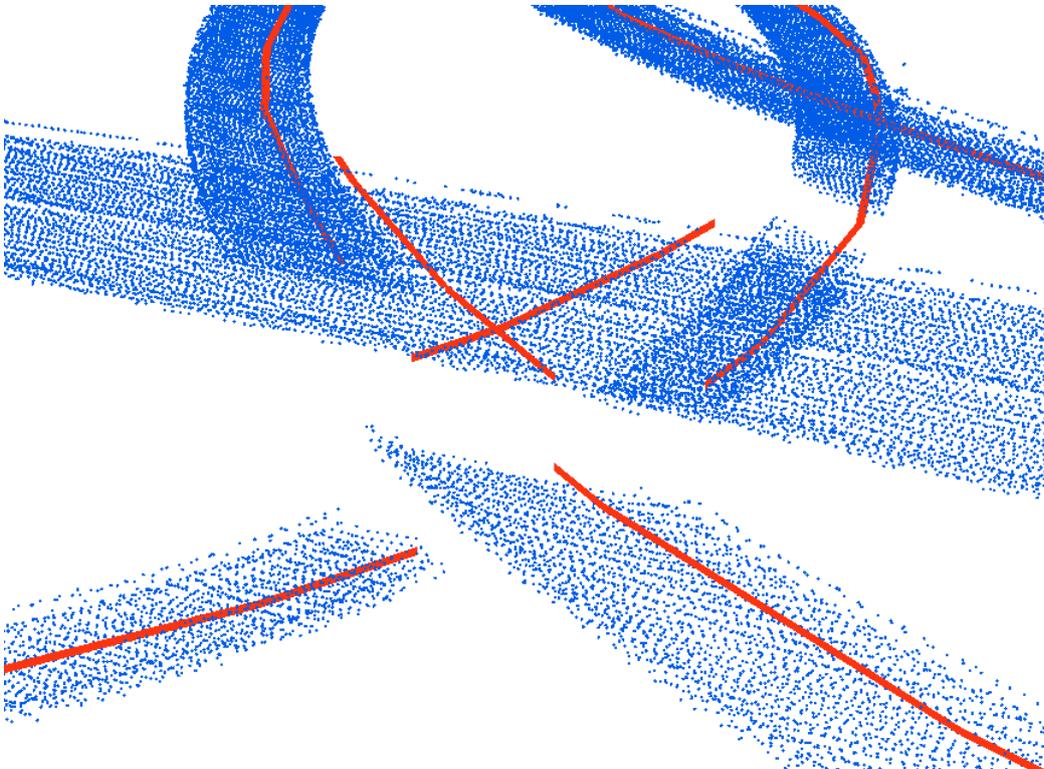


©GeoBasis-DE/LVermGeoRP2015

Abbildung 139: Brücke unter Vegetation

5.3.4.1.5.1.6 Komplexe Brückenbauten

Unterführungen innerhalb größerer und komplexerer Brücken lassen sich mit dem Verknüpfen der Anschlusslinien und einem Verlaufsvergleich korrigieren:



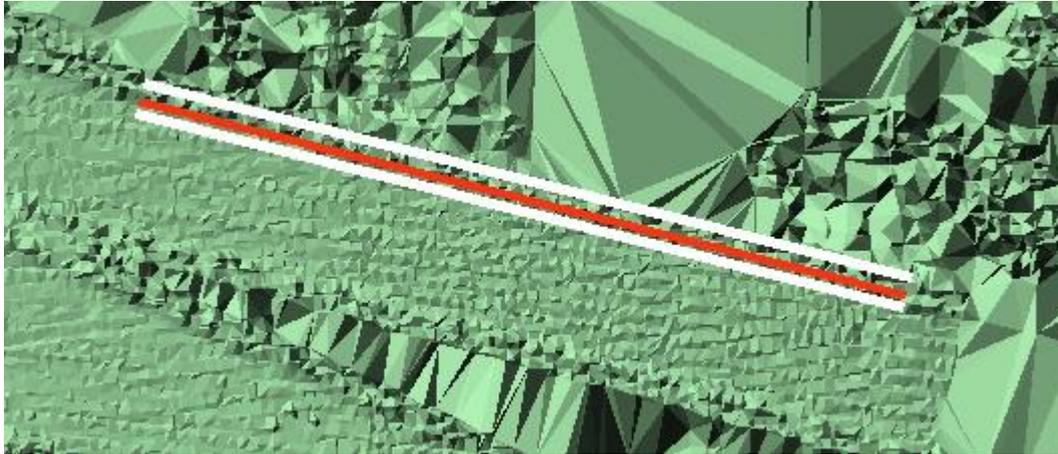
©GeoBasis-DE/LVermGeoRP2015

Abbildung 140: Komplexe Brücke

5.3.4.1.5.2 Probleme bei der Ermittlung der Breite

5.3.4.1.5.2.1 Brückenachse neben Brücke

Liegt die Brückenachse vollständig neben den zugehörigen Laserdaten, so kann kein korrektes Höhenmittel berechnet werden. Daher kann hier auch keine korrekte Breite ermittelt werden.

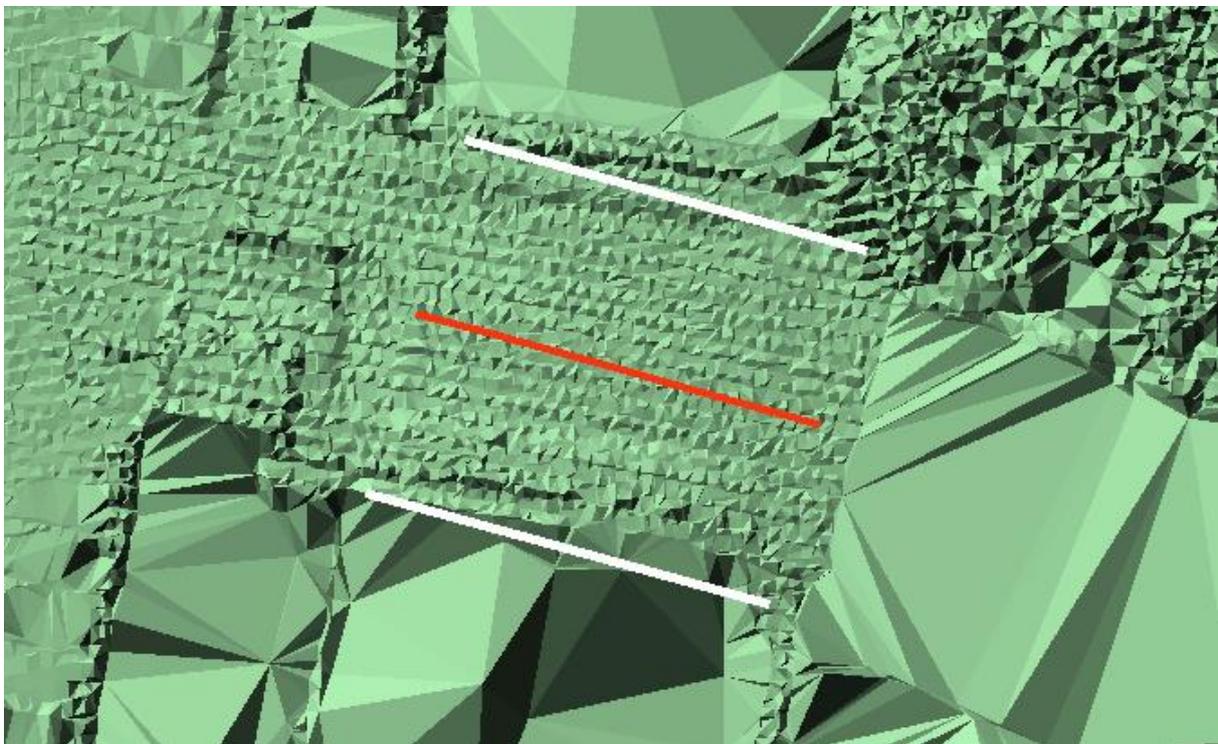


©GeoBasis-DE/LVermGeoRP2015

Abbildung 141: Brückenachse neben realer Brückenlage

5.3.4.1.5.2.2 Brückenachse nicht parallel

Liegt die Brückenachsen nicht parallel zum Brückenrand, wird eine ‚schiefe‘ Brücke erstellt.



©GeoBasis-DE/LVermGeoRP2015

Abbildung 142: „Schiefe Brückenachse“

5.3.4.2 Erzeugung der Brückenkonstruktion

Oft genügt es nicht, lediglich die Fahrbahn in 3D zu modellieren. Vielmehr ist es für diverse Anwendungen notwendig, das gesamte Brückenbauwerk (u.a. mit Pfeilern) als 3D-Objekt in das Digitale Landschaftsmodell zu integrieren. Eine Möglichkeit, dies umzusetzen, stellt die prozedurale Modellierung dar.

Anmerkung: Die detaillierte Modellierung von Brückenbauwerken wurde im 3D-DLM-Projekt nicht durchgeführt. Vielmehr soll die allgemeine Methodik zur Erzeugung von komplexen Brückenkonstruktionen aufgezeigt werden. Diese wurden bereits in dem Projekt VoDLM3D angewandt und sehr umfassend von Roman Esch im Rahmen seiner Masterarbeit am Lehrstuhl für Geoinformatik „Prozedurale Generierung von 3D-Straßennetzwerken unter Berücksichtigung von Brücken und Tunneln am Beispiel Vorarlberg“ behandelt. Diese Ergebnisse seien im Folgenden kurz vorgestellt.

Mittels prozeduraler Modellierung können ausgehend von sehr einfachen Geometrien (z.B. der Brückenmittelachse) (halb-) automatisch komplexe 3D-Objekte erzeugt werden. Die Generierung dieser Objekte erfolgt mittels Anwendung von Regeln. Für die prozedurale Modellierung im Rahmen der Masterarbeit von Roman Esch wurde die Software CityEngine genutzt.

In unterer Abbildung wird ersichtlich, wie ausgehend von einer sehr einfachen Geometrie (initiales Shape) durch Anwenden unterschiedlicher Regeln die einzelnen Elemente einer 3D-Brücke detailliert modelliert werden können.

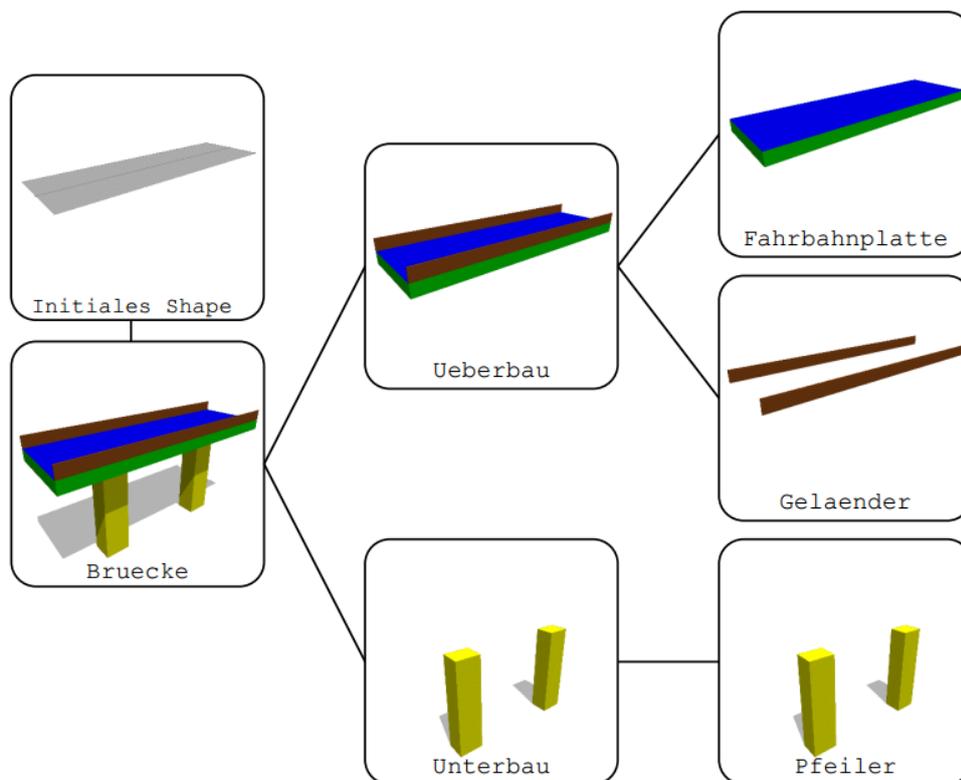


Abbildung 143: Hierarchie der einzelnen Bauelemente ausgehend vom initialen Shape [Esch 2016]

Im Folgenden ist die dazugehörige Regel für die Erzeugung der Pfeiler dargestellt. Hier wird zunächst die Länge der Brückenachse abgefragt; ist diese länger als 6m, so wird die Regel `Pfeiler2` ausgeführt. Diese positioniert die Pfeiler an den korrekten Stellen (in vordefinierten Abständen jeweils in der Mitte der Fahrbahn). Die anschließende Regel `Pfeiler3` sorgt dann dafür, dass der Pfeiler in negativer z-Richtung entsprechend dem Elevationswert extrudiert wird. Anschließend werden die Pfeiler mit unterschiedlichen Farben eingefärbt.

```

Unterbau --> Pfeiler

Pfeiler -->
case geometry.du(0,unitSpace)>6: Pfeiler2
else : NIL

Pfeiler2 -->
split(u, unitSpace, 0) { ~(Abstand/2) : NIL | 2.5 : split(v, unitSpace, 0){ ~2.5 :
NIL | 2: Pfeiler3 | ~2.5: NIL} | ~(Abstand/2) : NIL}*

Pfeiler3 -->
t(0,-1,0)
extrude(y, -elevation)

comp(f){
  bottom: color("#ffff00") x| # GELB für piers_Wall
  top: color("#ff00ff") x| # MAGENTA für piers_Ground
  front: color("#ffff00") x| # GELB für piers_Wall
  back: color("#ffff00") x| # GELB für piers_Wall
  left: color("#ffff00") x| # GELB für piers_Wall
  right: color("#ffff00") x # GELB für piers_Wall
}

```

In Abbildung 144 sind exemplarisch drei Brückenkörper dargestellt, die mittels prozeduraler Modellierung generiert wurden.

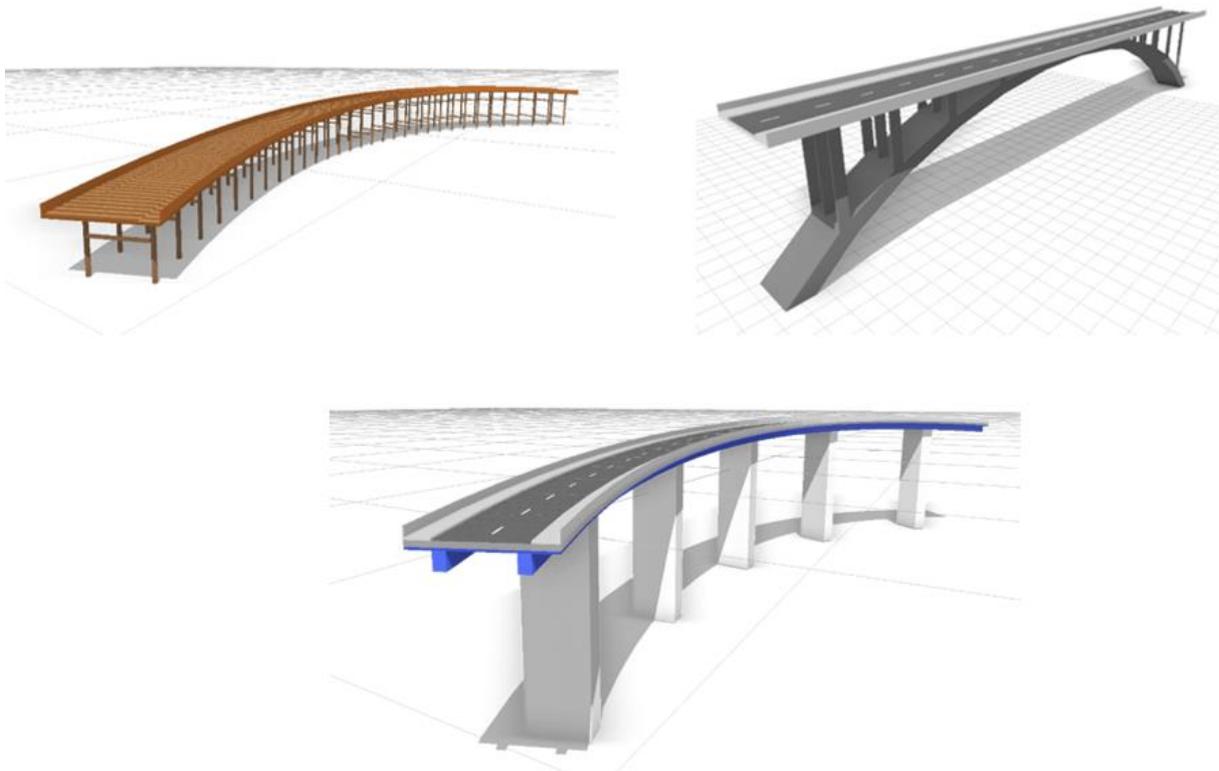


Abbildung 144: Mittels Prozeduraler Modellierung erzeugte Brückenobjekte - links: Holztragwerkbrücke / rechts: Bogentragwerkbrücke / unten: Balkentragwerkbrücke [Esch 2016]

5.3.5 Gewässer

Bei der Objektart Gewässer muss zwischen linienhafter 2D-Repräsentation (Bach, kleinerer Fluss) und flächenhafter 2D-Repräsentation (See, großer Fluss) unterschieden werden.

Die folgenden Ausführungen beziehen sich auf die Daten des BEV, können aber sinngemäß auch auf die AAA-Daten übertragen werden. Spezielle Anmerkungen zum Thema Gewässer und AAA finden sich im Abschnitt 5.3.5.5.

5.3.5.1 Gewässer – linienhaft

Bei der Modellierung von linienhaften Flussläufen muss generell die Lage der 2D-Achsen berücksichtigt werden (Informationen hierzu sind meist als Attribute hinterlegt). Die Lage gibt Aufschluss darüber, ob das Gewässer ebenerdig (d. h. auf dem Gelände) oder eventuell unterirdisch verläuft. In letzterem Fall müssten die Höhenverläufe dieser Abschnitte auf eine andere Weise bestimmt werden, als es in den folgenden Kapiteln beschrieben wird. Ein mögliches Verfahren zur Höhenbestimmung dieser Abschnitte kann es zum Beispiel sein, die Höhen der auf beiden Seiten angrenzenden ebenerdigen Segmentendpunkte abzugreifen und basierend auf diesen Höhen mittels einer linearen Interpolation einen fiktiven Höhenverlauf für die unterirdischen Segmente zu modellieren. Damit wäre gewährleistet, dass ein zusammenhängendes Gewässernetz vorliegt.

Für den Fall, dass die Gewässer ebenerdig verlaufen, gelten die folgenden Ausführungen.

5.3.5.1.1 Gewässer Breite

4101	Fluss > 20 m Breite
4102	Fluss 5-20 m Breite
4103	Bach < 5 m Breite
4104	Bach zeitweise wasserführend

Das Attribut für Gewässertyp (*F_CODE*) gibt nur einen groben Aufschluss über die Flussbreite. Demnach muss mit einer repräsentativen Flussbreite (pro Typ) gearbeitet werden.

5.3.5.1.2 Möglicher Ansatz zur Anhebung auf 3D

- Neues Attribut *BREITE* mit Breitenangabe pro *F_CODE* (z.B. 4103 → 3m / 4104 → 1m).
- Erzeugen eines Polygons mit entsprechender Breite.
- Übernahme der ‚Bodenhöhe‘ aus dem DGM; Extrusion um 1m in positiver Z-Richtung, um ein unterlaufen des DGM zu vermeiden.

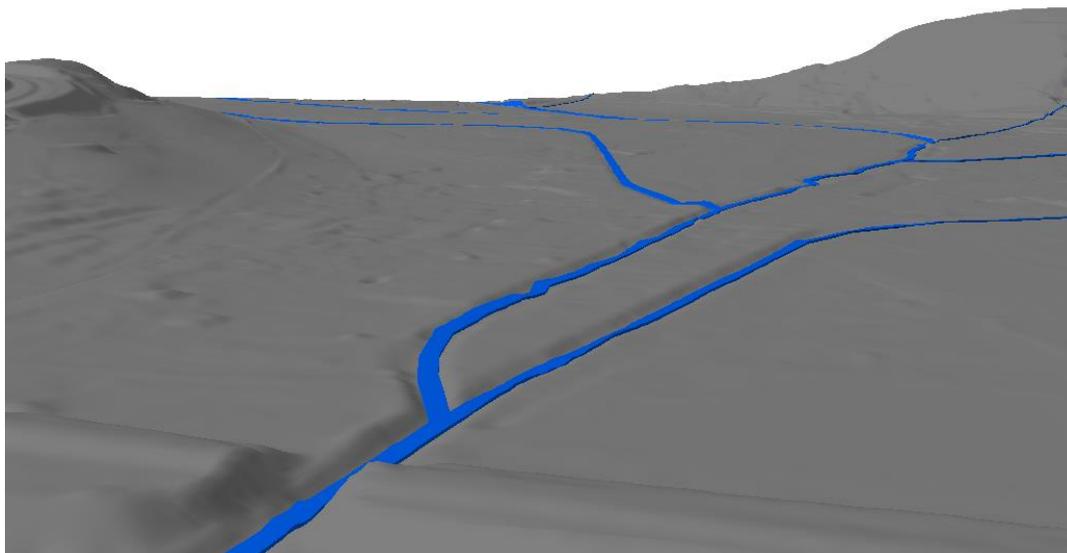


Abbildung 145: Fluss (*F_CODE* = 4103), 3m Breite, 1m 'Höhe'

5.3.5.1.3 ERFASS_ART = Logische Verknüpfung

Bäche / Flüsse mit *ERFASS_ART* und/oder *LAGE* = ‚Logische Verbindung‘ müssen entfernt werden, da sie keinen realen Verlauf widerspiegeln.

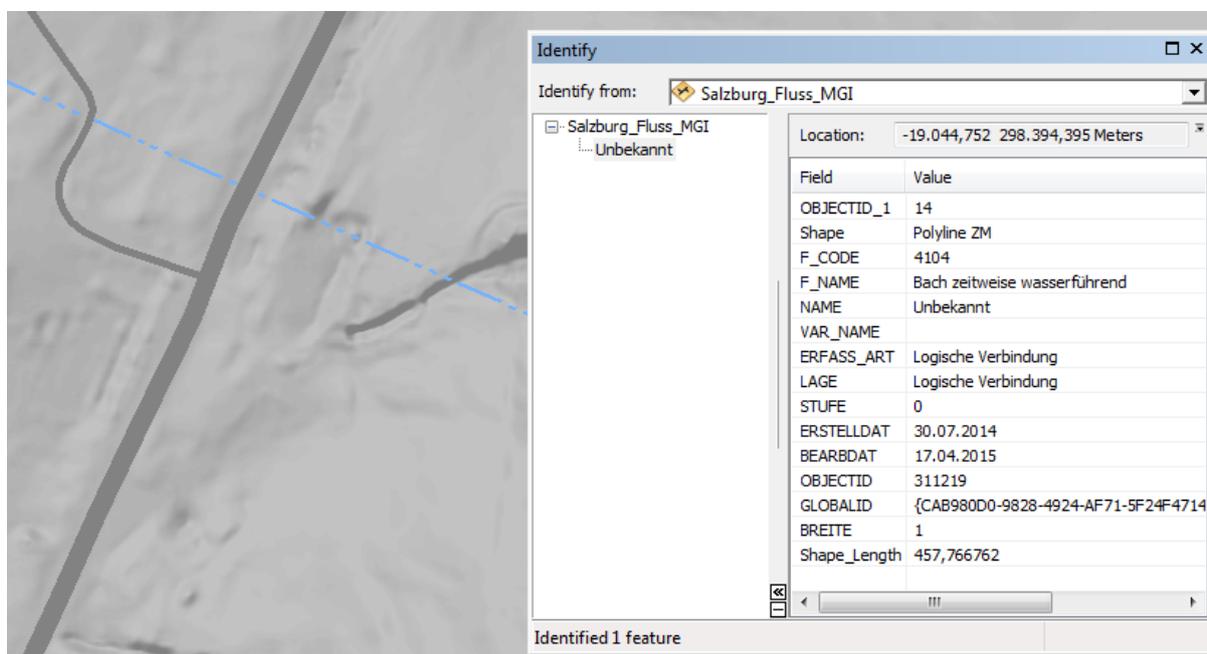


Abbildung 146: *ERFASS_ART* = Logische Verbindung

Leider wird das Attribut für eine logische Verbindung nicht durchgängig geführt. Tatsächlich ist z.B. im Bereich der Seen in der folgenden Abbildung kein einziges Fließgewässer als ‚logische Verbindung‘ attribuiert.

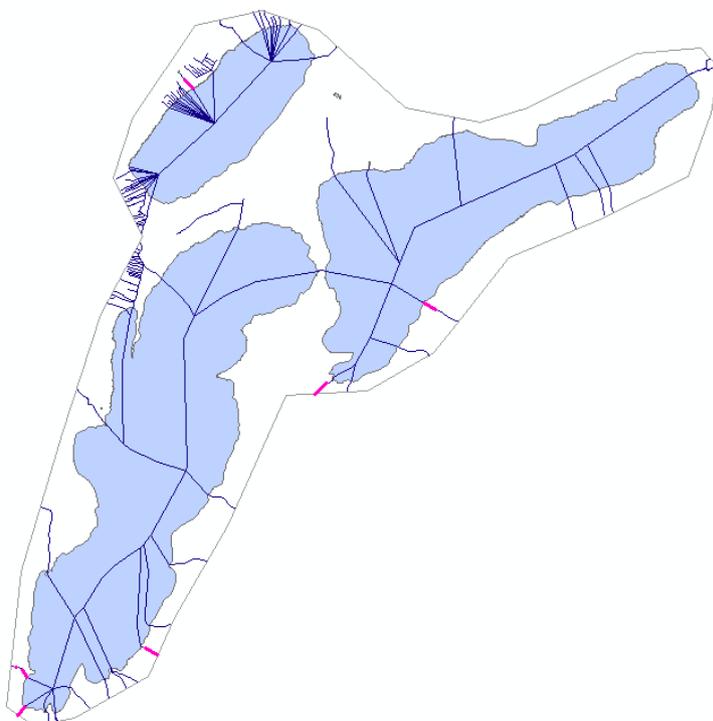


Abbildung 147: Logische Verbindung bei Seen

Nur die Magenta eingefärbten Bereiche sind als ‚virtuelle Verbindung‘ oder ‚unterirdisch‘ gekennzeichnet (hellblau: See). Daraus folgt, dass Fließgewässer innerhalb von Seen von der Darstellung ausgenommen werden müssen.

5.3.5.1.4 Genauigkeit

Die Erfassungsgenauigkeit von kleinen Bächen (vor allem F_CODE 4104 – zeitw. Wasser führend) ist teilweise sehr gering. Diese sind evtl. über das Attribut *ERFASS_ART* zu filtern und aus der 3D-Modellierung auszuklammern.

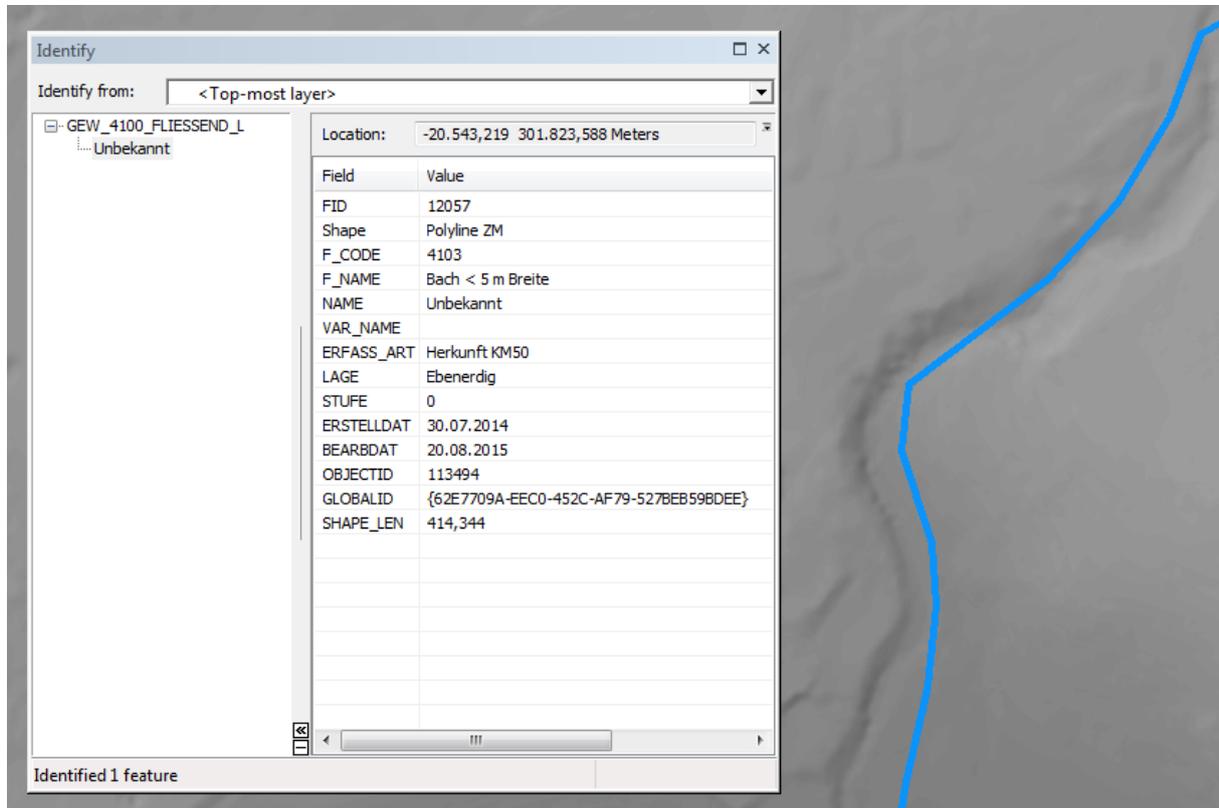


Abbildung 148: Erfasster Bach liegt neben dem eigentlichen Bett

Auch bereits bei kleineren Ungenauigkeiten kann die Anhebung auf 3D mit dem beschriebenen Verfahren dazu führen, dass ein Fluss den Hang ‚entlangkriecht‘.

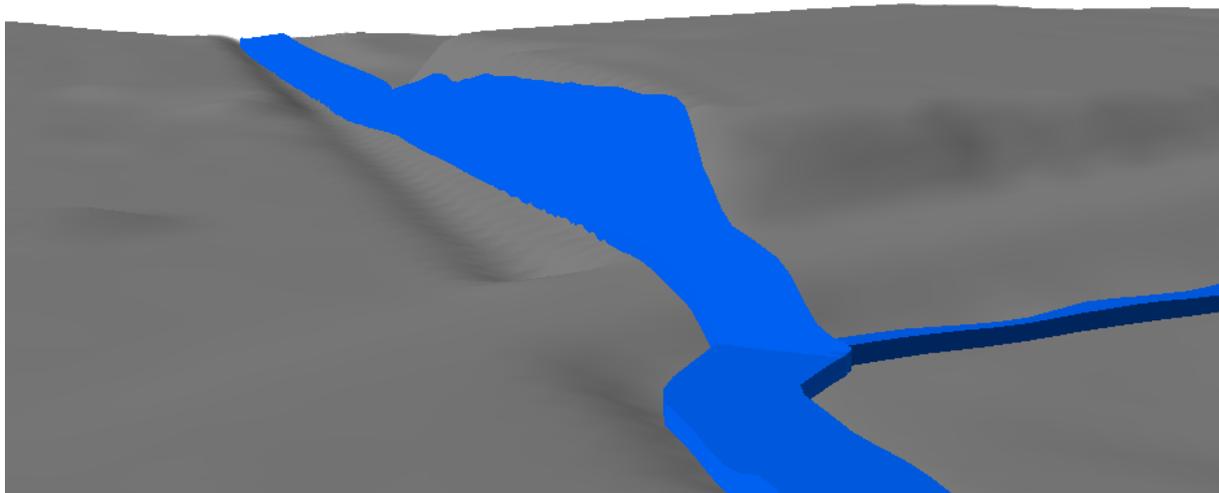


Abbildung 149: Datenungenauigkeit DGM oder Gewässerobjekt

5.3.5.1.5 Fehlklassifikation

Ist an einer Stelle der Fluss nicht als ‚unterirdisch‘ klassifiziert und / oder das DGM nicht entsprechend angelegt, führt dies dazu, dass der Fluss / Bach über ein Hindernis ‚springt‘.

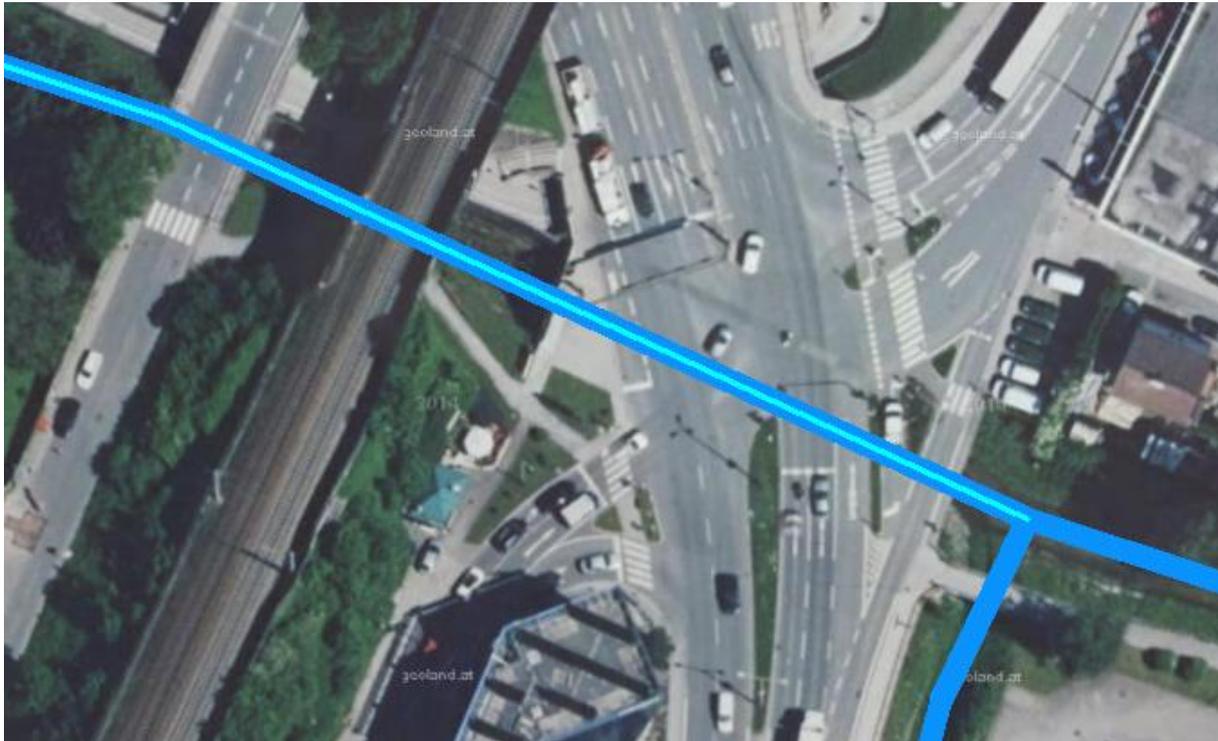


Abbildung 150: Fehlklassifizierung

Der Bach ist im obigen Beispiel als ‚ebenerdig‘ klassifiziert. Laut DOP könnte hier nur eine Brücke unterflossen werden.



Abbildung 151: DGM deutet auf Untertunnelung hin

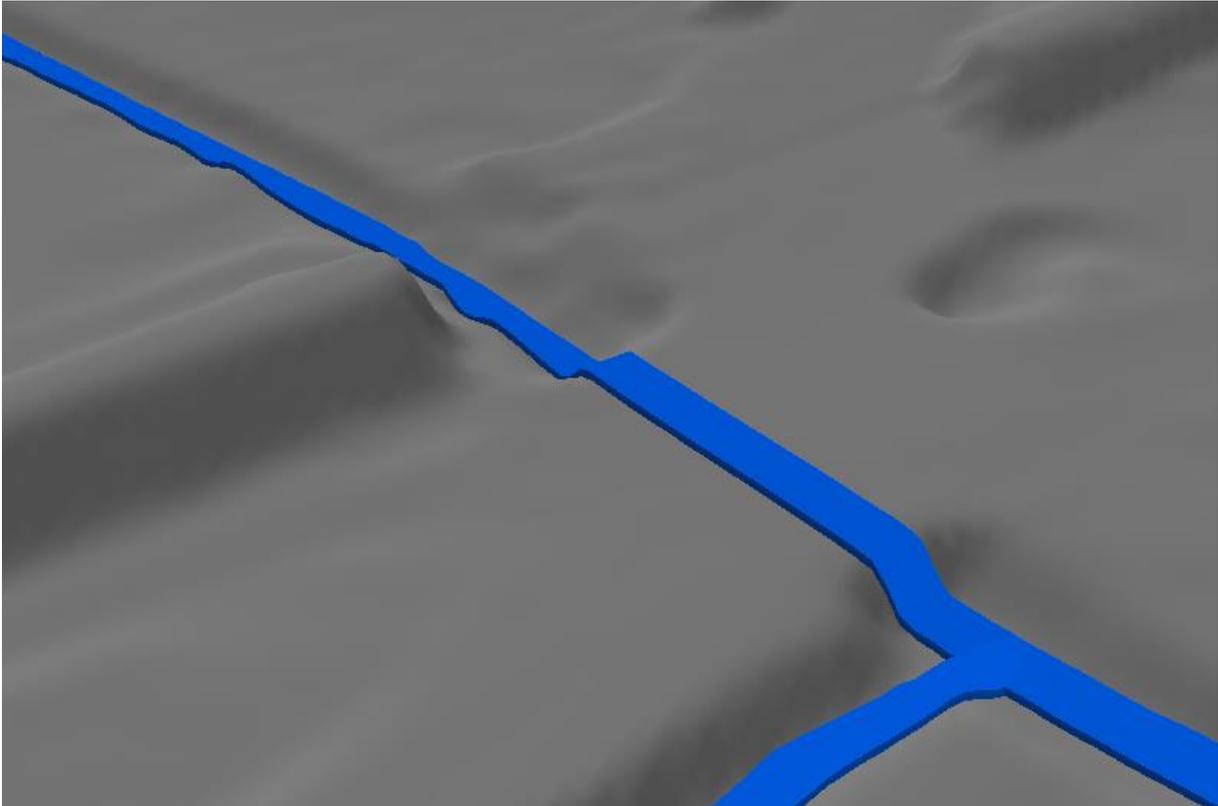


Abbildung 152: 3D-Modellierung mit DGM-Verschnitt

Die Folge des abgebildeten Datenproblems ist in der obigen Abbildung zu sehen: Der Bach 'springt' über die Erhöhung im DGM.

5.3.5.2 Gewässer – flächenhaft

5301	Fluss
5311	See, Teich
5321	Klärbecken
5322	Schwimmbecken

Bei der Anhebung von 2D auf 3D ist bei flächenhaften Gewässern zu unterscheiden zwischen fließenden Gewässern (Oberfläche dem DGM folgende) und stehenden Gewässern (Oberfläche bildet eine Ebene). Zum Beispiel:

F_CODE < 5310: Fließend

F_CODE >= 5310: Stehend

5.3.5.2.1 Stehende Gewässer

Die Seekante wird mit dem DGM verschnitten. Dabei kann es zu Unterschneidungen mit dem DGM und zu uneinheitlichen Höhen kommen.

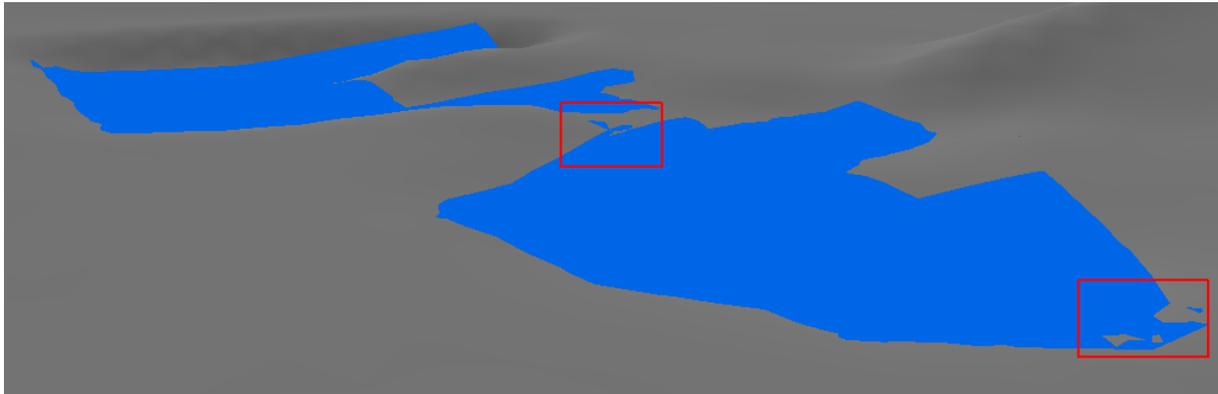


Abbildung 153: Unterschneidung bei Umsetzung ohne Extrusion

Extrusion auf maximale Höhe der Seekante (ebene Seefläche): Der See/Teich erhebt sich unnatürlich aus dem umgebenden DGM.

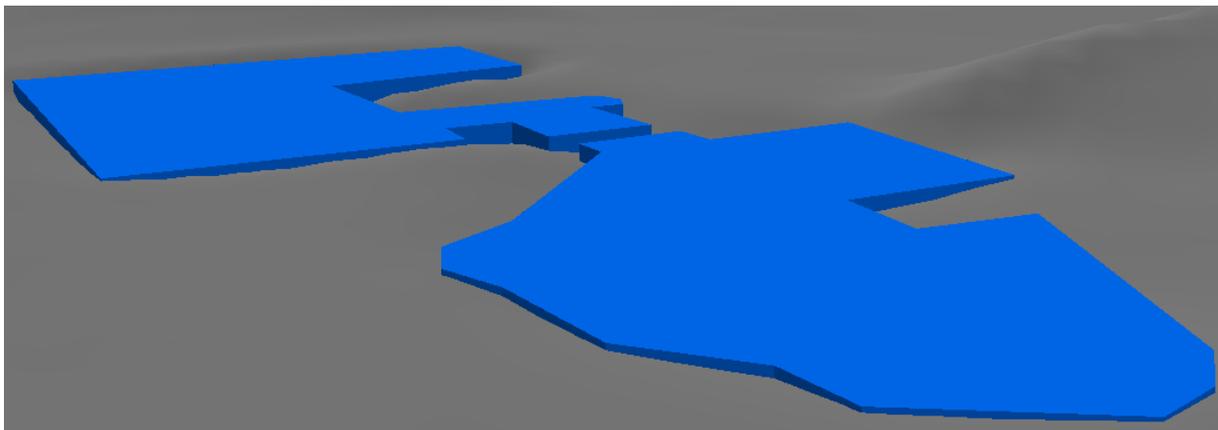


Abbildung 154: Extrusion auf maximale Seehöhe

Extrusion um Wert x zu jedem Höhenwert (unebene Seefläche): Keine Unterschneidungen, Seefläche hebt sich nur minimal ab, keine Unterschneidung.

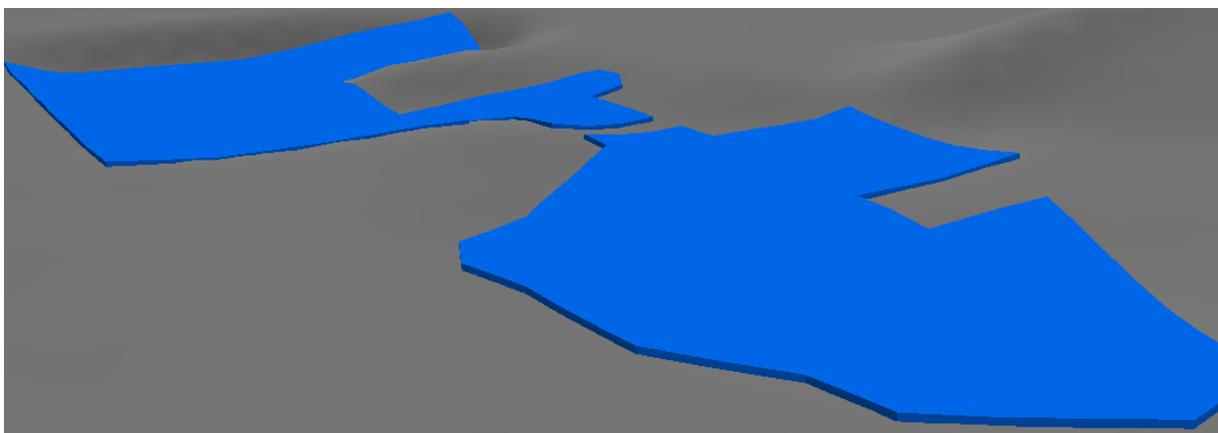


Abbildung 155: Extrusion um einheitlichen Betrag

Größere Seen: Hier kann die Oberflächenhöhe aus dem Attribut *HOEHE_MEER* übernommen werden (Zusätzliche Unterscheidung notwendig, ob dieser Wert valide ist (< 9998)):

Unterschneidung mit DGM, da dieses nicht die reale Seetiefe enthält.

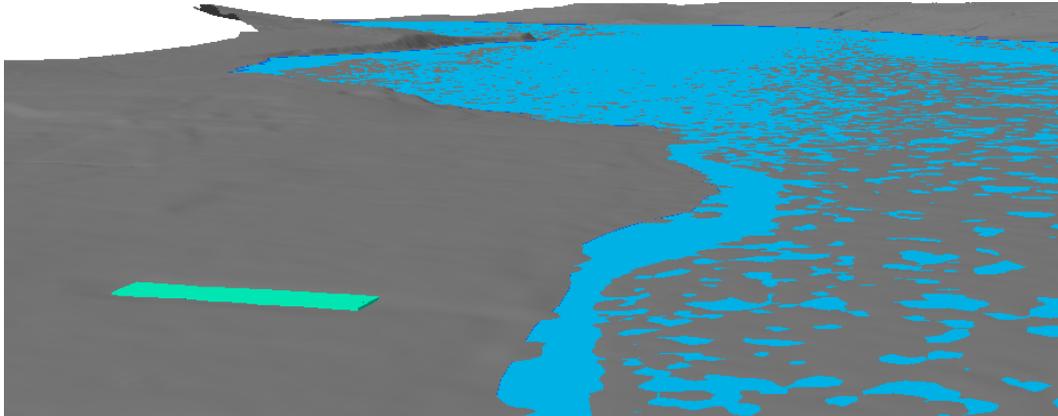


Abbildung 156: Mattsee (Meereshöhe 503) mit DGM-Unterschneidung; links ein Becken mit einfacher Extrusion auf DGM-Höhe

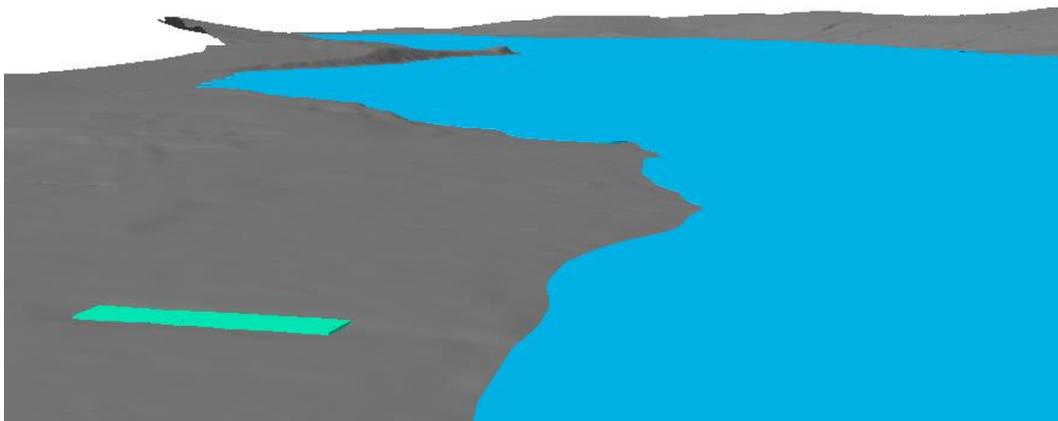


Abbildung 157: Mattsee um 50cm 'angehoben' (Extrusion); keine Unterschneidung mehr

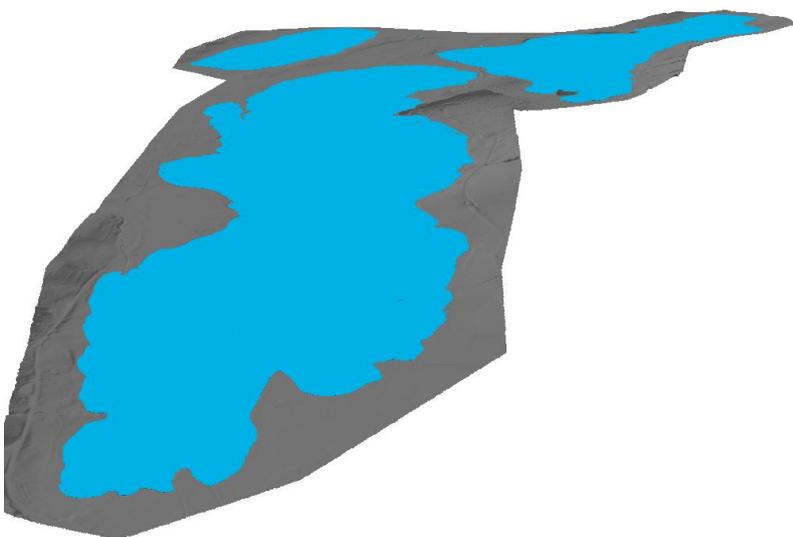


Abbildung 158: Obertrumersee, Grabensee und Mattsee in der Übersicht (Seehöhe + 50cm)

5.3.5.3 Herausforderungen bei der Modellierung von Gewässern

Sowohl bei linienhaften als auch bei flächenhaften Gewässerflächen geht die Überführung in die Dritte Dimension mit einigen Herausforderungen einher (siehe hierzu beispielhaft Abbildung 145, Abbildung 149 oder Abbildung 155). In diesen werden die allgemeingültigen Kriterien für einen natürlichen und realistischen Verlauf von Gewässerflächen nicht erfüllt. Generell müssen die folgenden Punkte gewährleistet sein:

- Gewässer dürfen nicht 'auslaufen'; das bedeutet, dass die modellierten 3D-Objekte stets mit dem Gelände abschließen müssen.
- Die Fließrichtung von Flüssen muss konstant bergabwärts verlaufen.
- Die Oberfläche von Seen muss eben sein; das Querprofil eines Flusses muss horizontal verlaufen (das gleiche gilt im Übrigen auch für die Thematik der Straßen).

Andreas Koch hat in seiner Dissertation (Koch 2006) auf diese Kriterien hingewiesen und ein neues Verfahren für die semantische Integration von zweidimensionalen GIS-Daten und Digitalen Geländemodellen vorgestellt. Hierbei werden zunächst mittels eines mathematischen Optimierungsverfahrens die Daten korrigiert (da die 2D-DLM-Daten und das DGM häufig nicht konsistent zueinander sind) und anschließend die Daten geometrisch integriert.

Ein Beispiel, wie mit Hilfe dieser Methode Seen des ATKIS Basis-DLM mit dem ATKIS DGM5 semantisch integriert werden konnten, zeigt die folgende Abbildung.

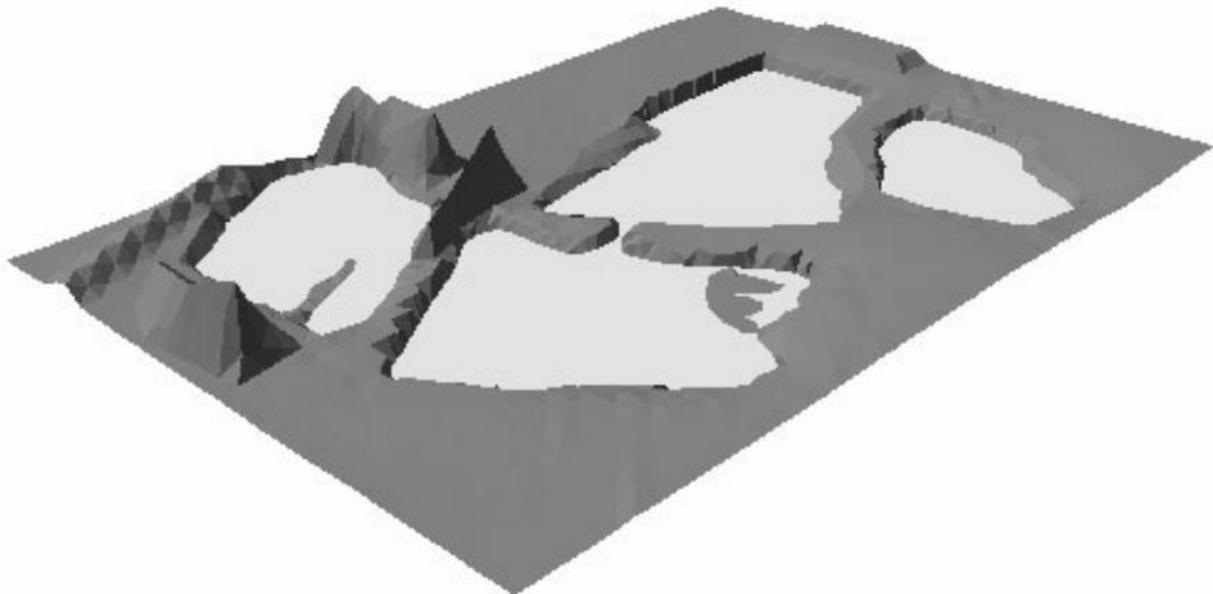


Abbildung 159: Ergebnis der semantischen Integration von DGM und Seen [Koch 2006]

Als Ergebnis erhält man Seen, die durch horizontale Ebenen repräsentiert sind. Die Nachbarpunkte befinden sich über dem jeweiligen Seenniveau.

5.3.5.4 Übergang Gewässer linienhaft <> flächenhaft

Der Übergang von linienhaften zu flächenhaften Objekten ist insofern problematisch, da es schwierig ist, eine gemeinsame ‚Einflusshöhe‘ zu definieren. Dies gilt gerade bei größeren Seen mit einer definierten Höhe (*HOEHE_MEER*), da eine auf dem DGM basierende Höhe (DGM-Höhe + Extrusion) meistens zu einer anderen Endhöhe führt, wie die Angabe einer festen, absoluten Höhe.

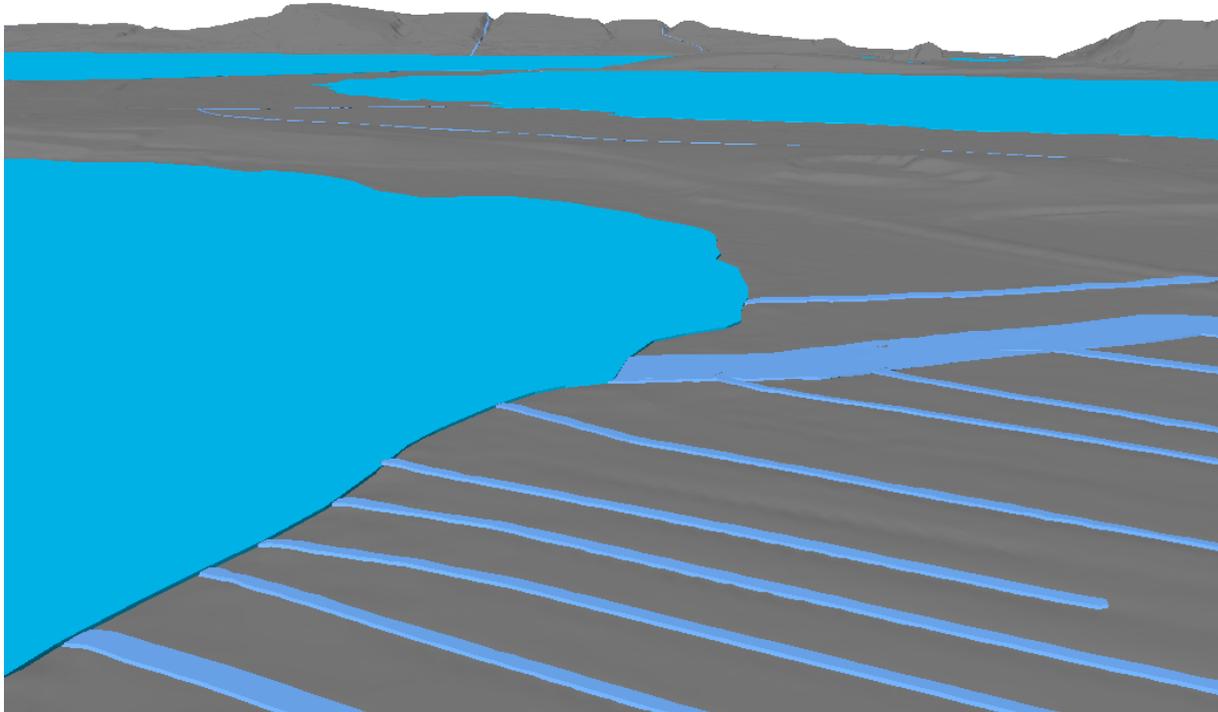


Abbildung 160: Fließgewässer münden in einen See mit fester, absoluter Höhe

Ist der Ab- / Einfluss auf beiden Seiten DGM-basierend mit identischem ‚Extrusions-Plus‘, so erfolgt der Anschluss nahtlos.

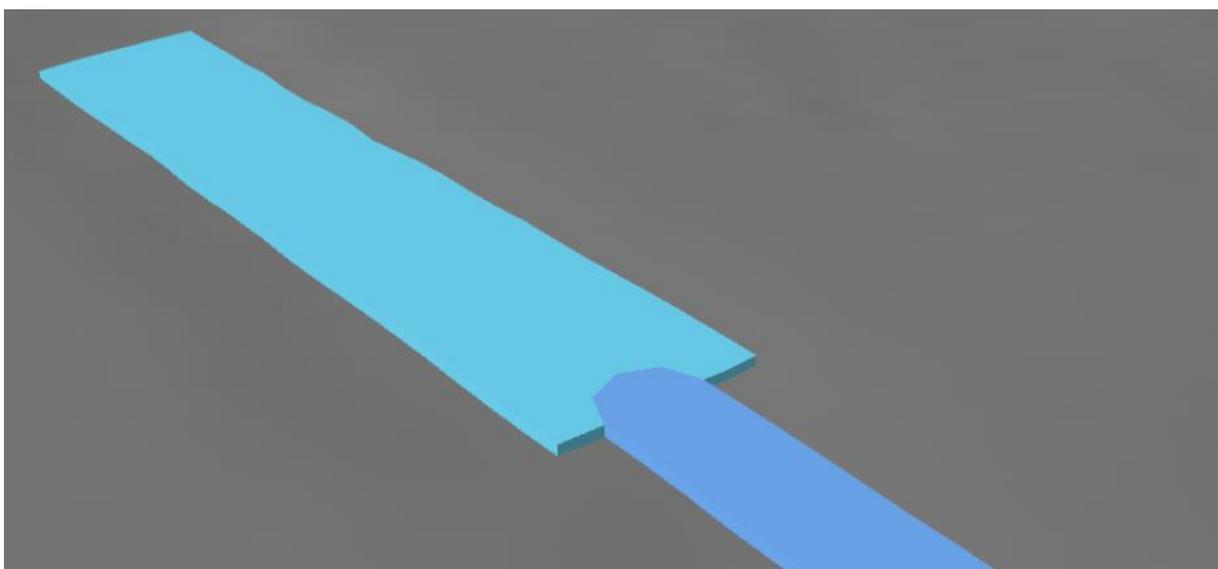


Abbildung 161: Nahtloser Übergang von See in Fluss (beide mit DGM-basierender Höhe mit 50cm Extrusion)

5.3.5.5 Anmerkungen zu Gewässern in ATKIS-Daten

5.3.5.5.1 Gewässer linienhaft

Sind enthalten in **gew01_I.shp**, Objektart *Gewaesserachse* (44004).

Die Linienbreite kann über das Attribut WDM abgeleitet werden:

1310: Gewässer I. Ordnung (Bundeswasserstraße)

1320: Gewässer I. Ordnung (nach Landesrecht)

1330: Gewässer II. Ordnung

1340: Gewässer III. Ordnung

5.3.5.5.2 Gewässer flächenhaft

Unterscheidung zwischen Fließ- und Stehendgewässer über Objektart (OBJART):

44001: Fließgewässer

44006: Stehendes Gewässer

Kein Attribut mit Angabe der Oberflächenhöhe vorhanden.

5.3.6 Vegetation

Die Objektart Vegetation ist nur in den AAA-Daten vertreten. Es ist vor allem die Thematik Wald (*veg02_f.shp*, Objektart 43002) von Interesse.

Die Objekt-Höhe ergibt sich aus der Höhendifferenzberechnung DOM-DGM innerhalb des Waldpolygons, wobei festgelegt werden muss, ob die mittlere Höhe (realistischere Wiedergabe) oder die maximale Höhe (*eTod - Flugsicherheit*) übernommen werden soll.

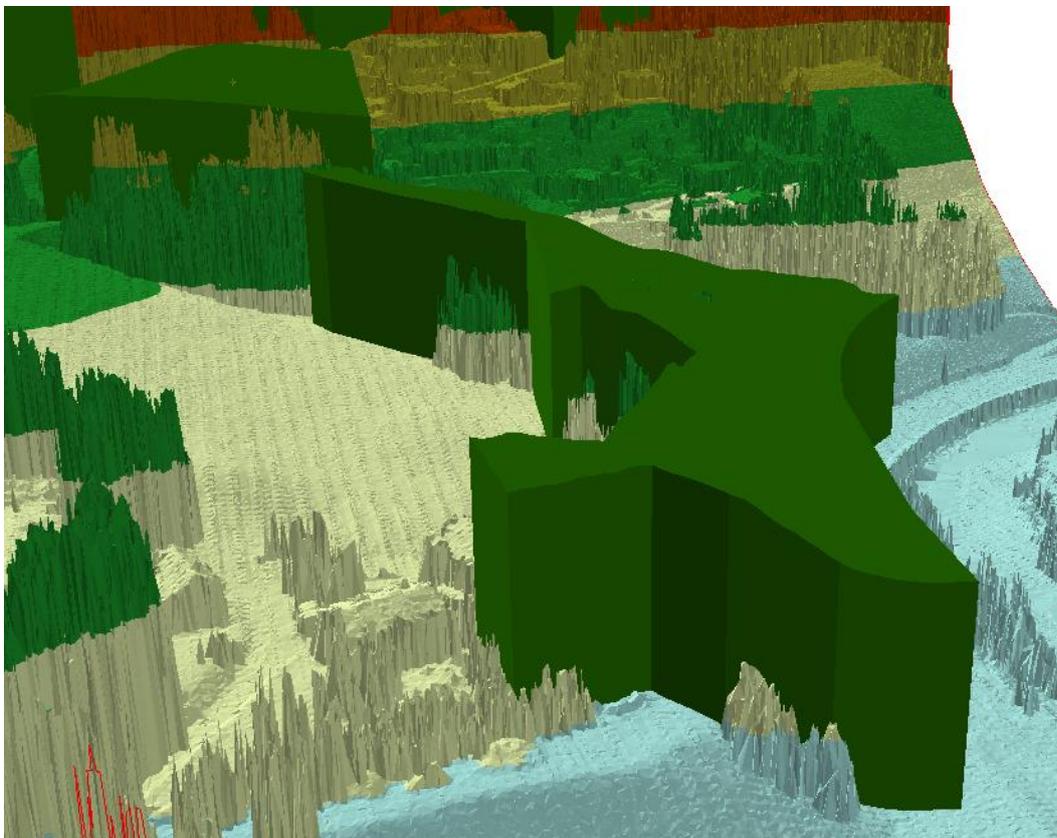


Abbildung 162: Waldobjekt - übernommen wurde die maximale Höhe, DOM als TIN.

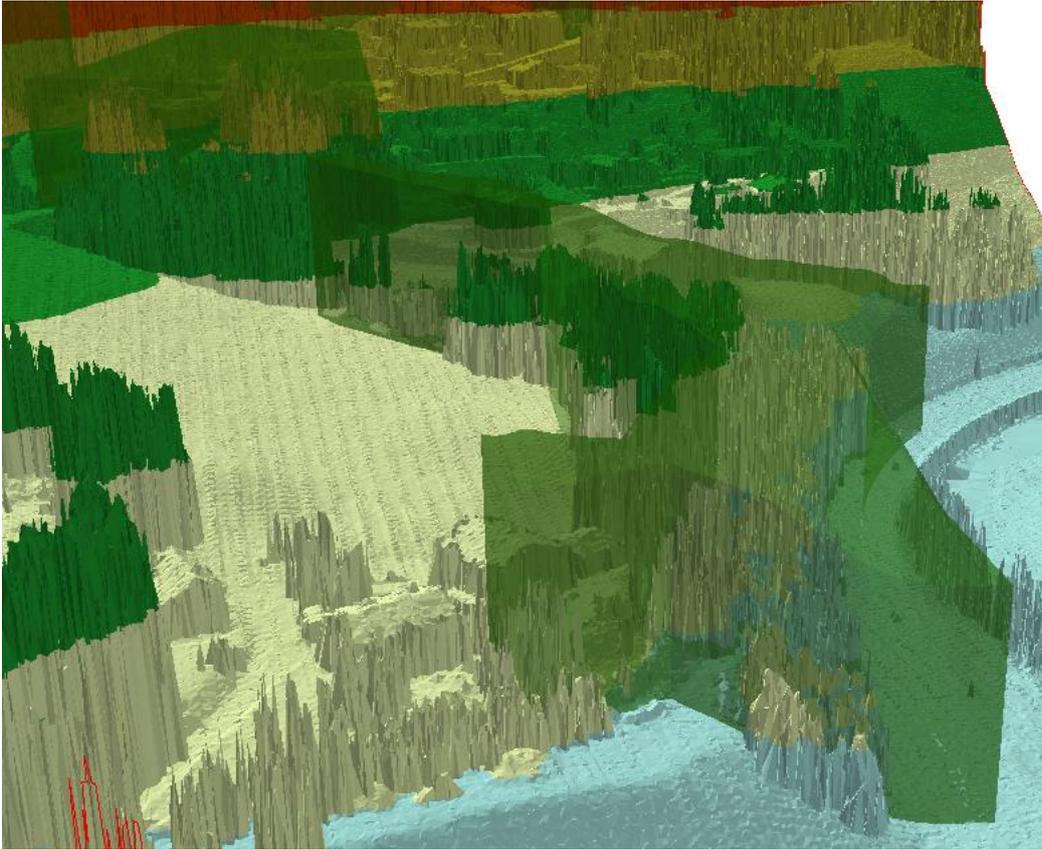


Abbildung 163: Gleiches Waldobjekt, 50% Transparenz, man erkennt die niedrigere Durchschnittshöhe innerhalb des Objekts



Abbildung 164: Waldobjekt mit gemittelter Höhe (mittlere Höhendifferenz innerhalb des Objekts)

5.3.7 Oberirdische Leitungen

Die Hochspannungsleitungen setzen sich im 2D aus zwei verschiedenen Geometrien zusammen:

- *Strommasten* als punktförmige Objekte
- *Stromleitungen* als linienhafte Objekte

Die Erzeugung der Objektgeometrie von Hochspannungsleitungen erfolgt mittels eines Workflowbasierten Verfahrens (konkret mit der Software FME – Feature Manipulation Engine).

Wie aus Abbildung 165 ersichtlich wird, geht neben den 2D-DLM- Objekten auch das digitale Geländemodell als Input mit ein. Idealerweise sollte u.a. die Bauart und die relative Höhe des Mastes sowie beispielsweise die Seilanzahl bekannt sein (Donaubauer et al., 2016). Ist dies nicht der Fall, so können die fehlenden Angaben z.B. aus der Literatur entnommen werden und für den Leitungstyp typische Standardwerte genutzt werden, oder es kann auf LAS-Daten zurückgegriffen werden. In diesem Fall wurde eine fiktive relative Masthöhe von 80 m angenommen.

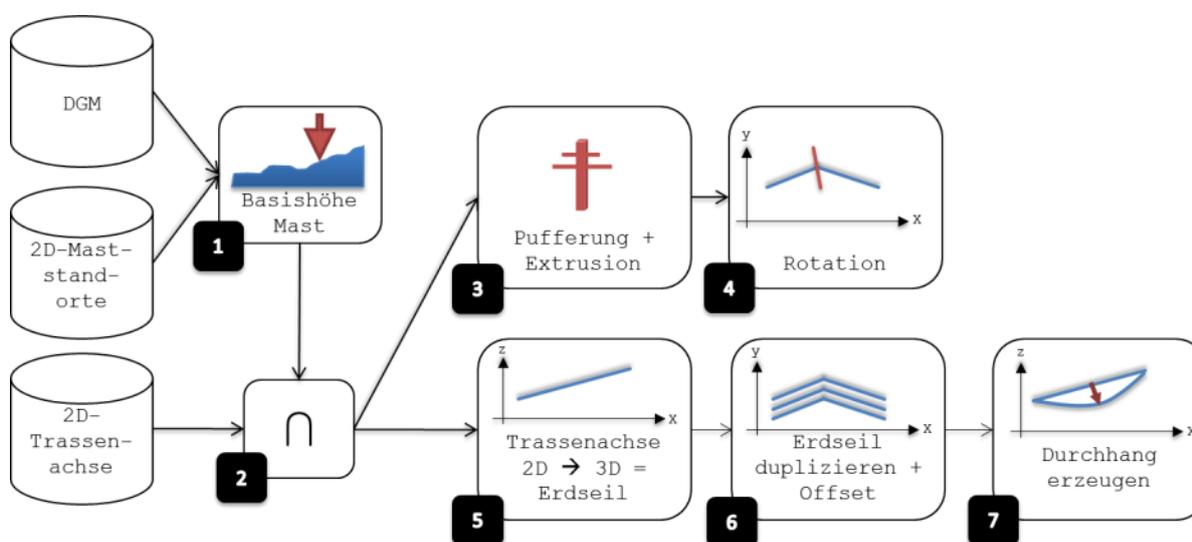


Abbildung 165: Workflow für die Erzeugung der Objektgeometrien von Hochspannungsleitungen [Donaubauer et al., 2016]

Die Erzeugung der Objektgeometrie findet vollautomatisch in folgenden Schritten statt:

- (1) Für die Erzeugung der Mastgeometrie werden in einem ersten Schritt für die punkthaften Objekte aus dem 2D-DLM die entsprechenden Höhenwerte aus dem DGM extrahiert. Sowohl die Bodenhöhe am Maststandort, als auch die absolute Masthöhe (Summe aus Bodenhöhe und relativer (geschätzter) Masthöhe) werden als Attribute bei den punkthaften Objekten gespeichert. Aus den 2D-Punktobjekten und der in einem Attribut gespeicherten Bodenhöhe werden 3D-Punkte erzeugt.
- (2) Nachfolgend werden durch geometrische Überlagerung der Linien- und Punktobjekte die Sachinformationen der Leitungen an die Masten übertragen und umgekehrt.
- (3) Anschließend werden die Punkte als quadratische Grundform gepuffert. Um eine Geometrie für den Mastschaft zu erstellen, werden die entstandenen Quadrate bis zur absoluten Masthöhe extrudiert. Zusätzlich werden die Masttraversen als horizontale Linien mit entsprechender Länge und in der entsprechenden Höhe erzeugt. Die Linien werden mit einem Standardwert in 3D gepuffert, wodurch horizontale Zylinder entstehen, die mit der Geometrie des Mastschafts aggregiert werden.
- (4) Die aggregierten Geometrien werden im nächsten Schritt so um die Z-Achse gedreht, dass die Traversen in Richtung der Winkelhalbierenden zwischen den beiden Segmenten der Trassenachse zeigen, die am jeweiligen Mast zusammenstoßen.
- (5) Das über die Mastspitzen laufende Erdseil und die an den Traversen hängenden Leiterseile werden aus den linienhaften 2D-Objekten erzeugt, welche die Achsen der jeweiligen Trassen repräsentieren, wobei für den horizontalen Verlauf des Erdseils die 2D-Geometrie der Trassenachse direkt

verwendet werden kann. Um den Höhenverlauf des Erdseils zu bestimmen, wird für die Eckpunkte der Linie des entsprechenden 2D-Linienzugs die absolute Höhe der entsprechenden Mastpunkte übernommen.

- (6) Die Leiterseile werden, ausgehend vom Erdseil mit horizontalem und vertikalem Versatz als Parallelen zum Erdseil erzeugt.
- (7) Um einen realistischen Durchhang der Seile anzunähern, werden die Liniengeometrien in kurze Segmente (z. B. 5m) zerlegt. Für jeden Anfangs- und Endpunkt eines Segments kann dann der Durchhang berechnet werden. Dies geschieht unter der Annahme eines genormten Seils und einer typischen Leiterzugkraft mit folgender Formel nach Kießling (2001):

$$f = \frac{H}{m_{cg}} \left[\cosh\left(\frac{m_{cg} \cdot a}{2H}\right) - \cosh\left(\frac{m_{cg} \cdot x}{H}\right) \right]$$

mit

f	lotrechter Durchhang
H	Leiterzugkraft
m_{cg}	Seilgewichtskraft
a	Spannweite
x	Abszisse des Seilkurvenscheitels (zur Vereinfachung wird von einer symmetrischen Seilkurve ausgegangen, d.h. von gleich hohen Aufhängepunkten)

Wendet man diesen Algorithmus nun auf die vom BEV zur Verfügung gestellten Daten an, so erhält man das folgende Ergebnis (da keinerlei Informationen über das tatsächliche Aussehen der Masten / Leitungen vorliegen, wurde die unten dargestellte Geometrie frei gewählt):



Abbildung 166: Erzeugte Mast- und Seilgeometrie (Erdseil und Leiterseile)

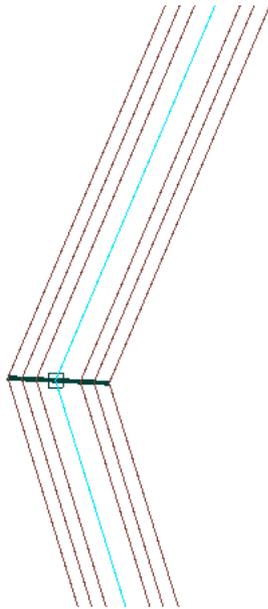


Abbildung 167: Aufsicht - erzeugte Mast- und Seilgeometrie

In obiger Abbildung erkennt man sehr gut, dass der Mast bzw. dessen Masttraversen entsprechend der Winkelhalbierenden zwischen zwei aufeinander treffenden Trassensegmente ausgerichtet sind.

Neben der geometrischen Erzeugung, werden auch die Attribute sowohl der Masten als auch der Leitungen auf die entsprechenden CityGML-Objekte abgebildet. Hierfür eignet sich der in FME verfügbare Transformer *AttributeCreator*. Wie man Abbildung 168 entnehmen kann, sind die meisten der (Mast-) Attribute generisch.

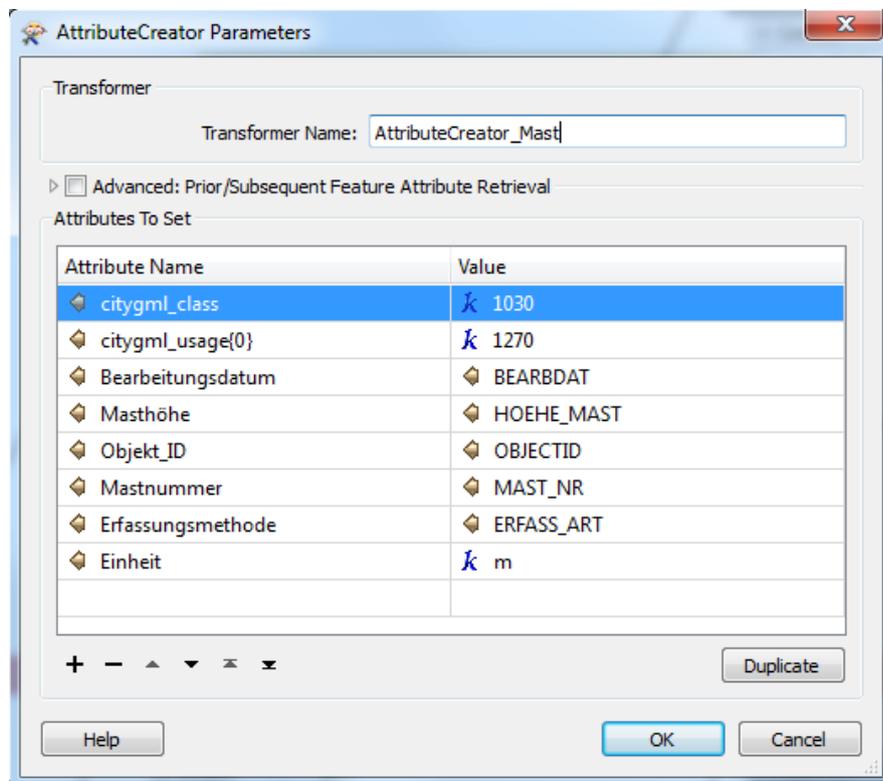


Abbildung 168: Abbildung der in den 2D-DLM enthaltenen Attribute auf CityGML

In unterer Abbildung ist ein Ausschnitt eines 3D-DLM in Vorarlberg dargestellt. Der 3D-WebClient wurde im Rahmen eines im Jahr 2015 abgeschlossenen Projekts in Kooperation mit dem LVG Vorarlberg, der TU München sowie virtualcitySYSTEMS erstellt. Der Ausschnitt enthält neben Straßen, Flüssen und Gebäuden auch Hochspannungsleitungen, die nach oben beschriebenem Prinzip erzeugt wurden.

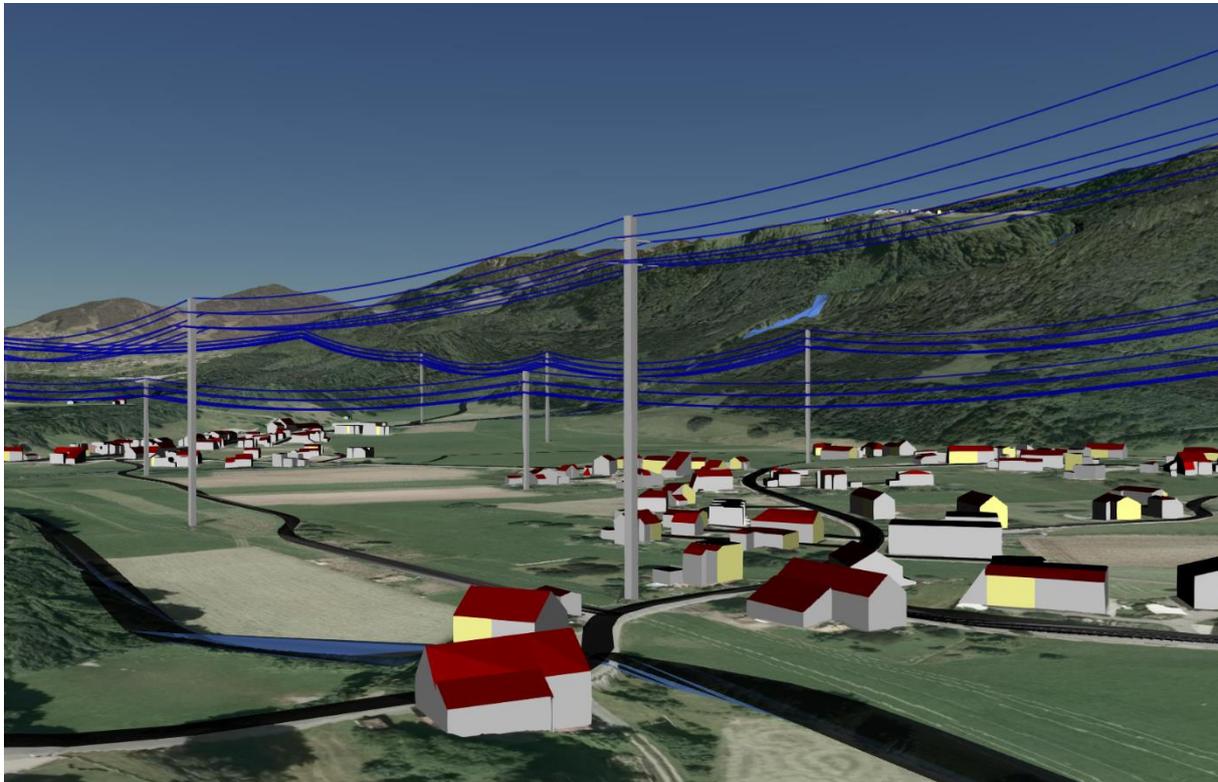


Abbildung 169: 3D-WebClient: Erzeugte Hochspannungsleitungen und Strommasten (Erzeugung der Objekte erfolgte im Rahmen des Projekts VoDLM3D) [Abschlussbericht – VoDLM3D, 2015]

5.3.8 Türme

Diese Objektarten sind in 2D in der Regel als punkthafte Objekte modelliert. Es können aber auch flächenhafte Informationen vorliegen, die dann z.B. die Ausdehnung des Fundaments abbilden. Bei Türmen kann für eine automatische Anhebung auf 3D in der Regel und etwas vereinfacht davon ausgegangen werden, dass der Durchmesser vom Boden bis zum höchsten Punkt konstant bleibt.

5.3.8.1 BEV

5.3.8.1.1 Wasserturm

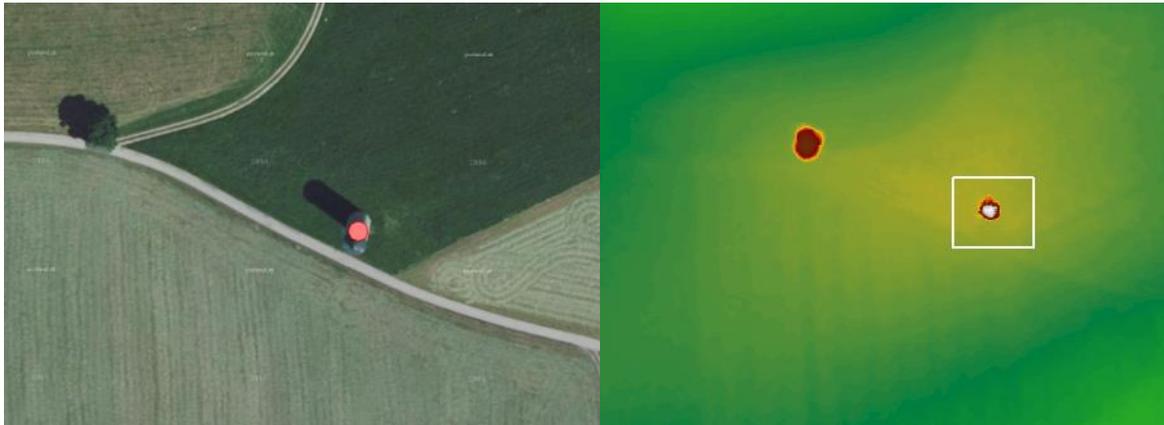


Abbildung 170: Wasserturm eindeutig in Orthophoto (links) und DSM (rechts) 0,5 zu identifizieren

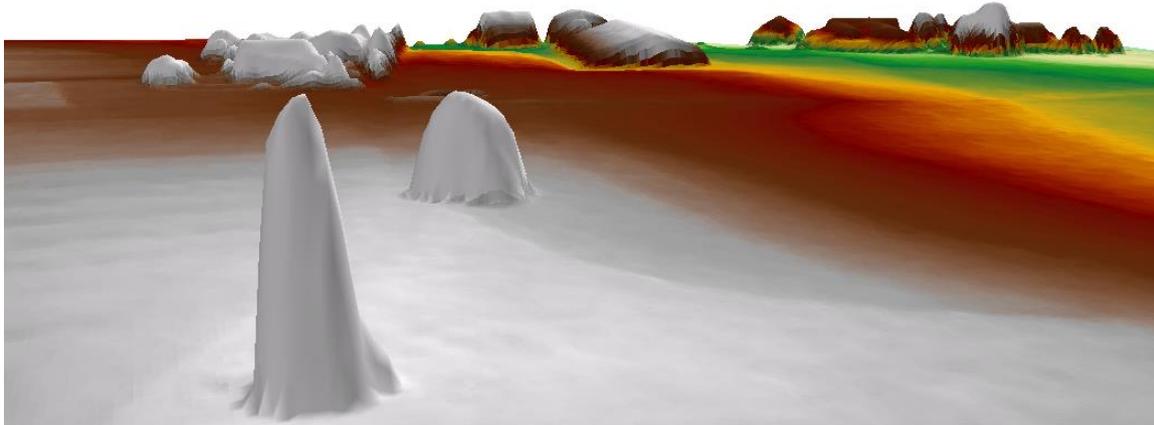


Abbildung 171: Wasserturm im DSM 0,5 (Vordergrund)

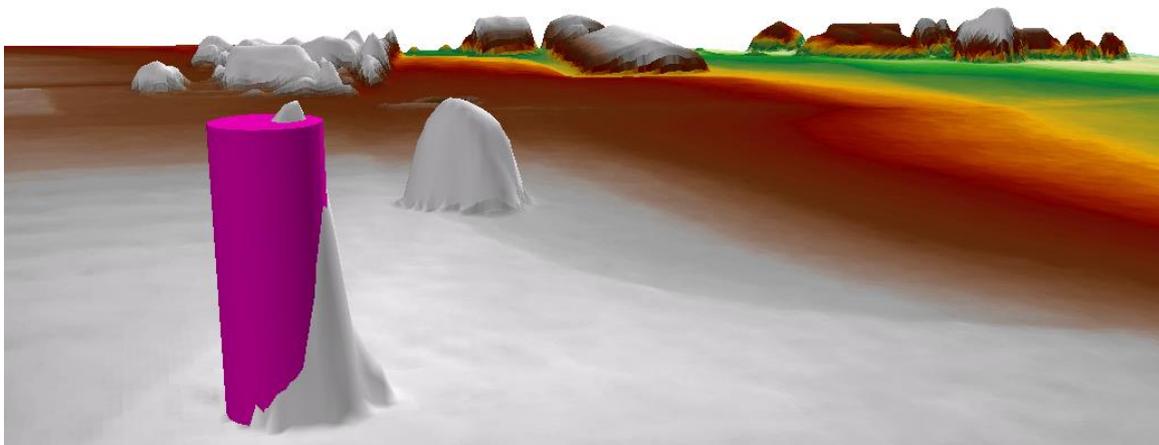


Abbildung 172: Wasserturm als Zylinder-Symbol mit Durchmesser: 7,8 Meter, Höhe: 21,5 m

5.3.8.1.2 Turm / Warte

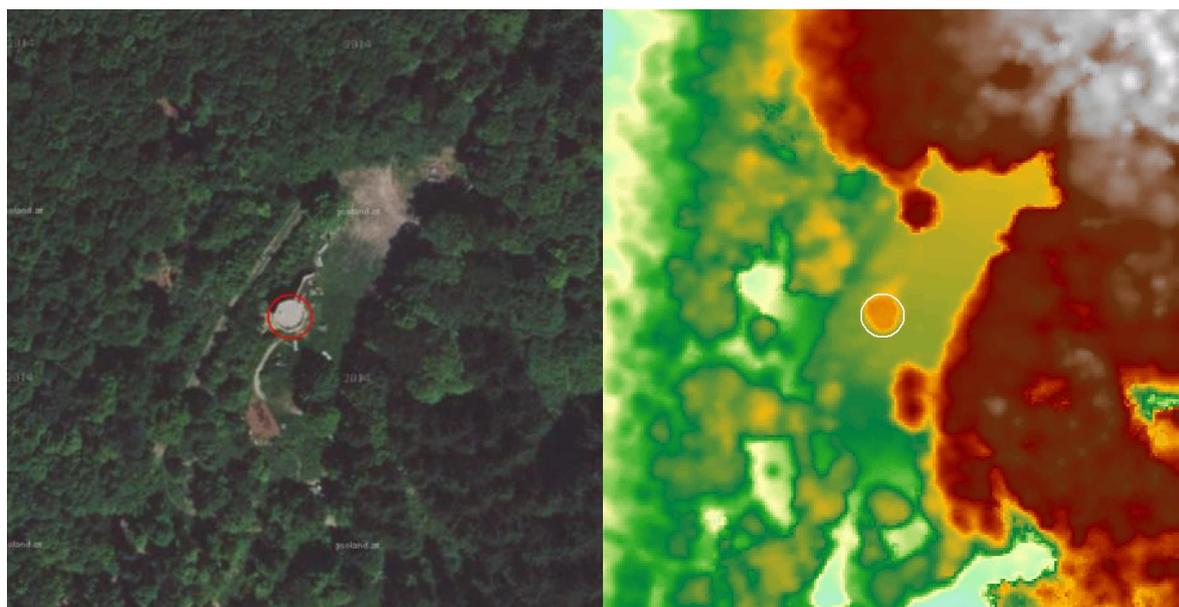


Abbildung 173: Turm / Warte - links Orthophoto / rechts DSM 0,5m

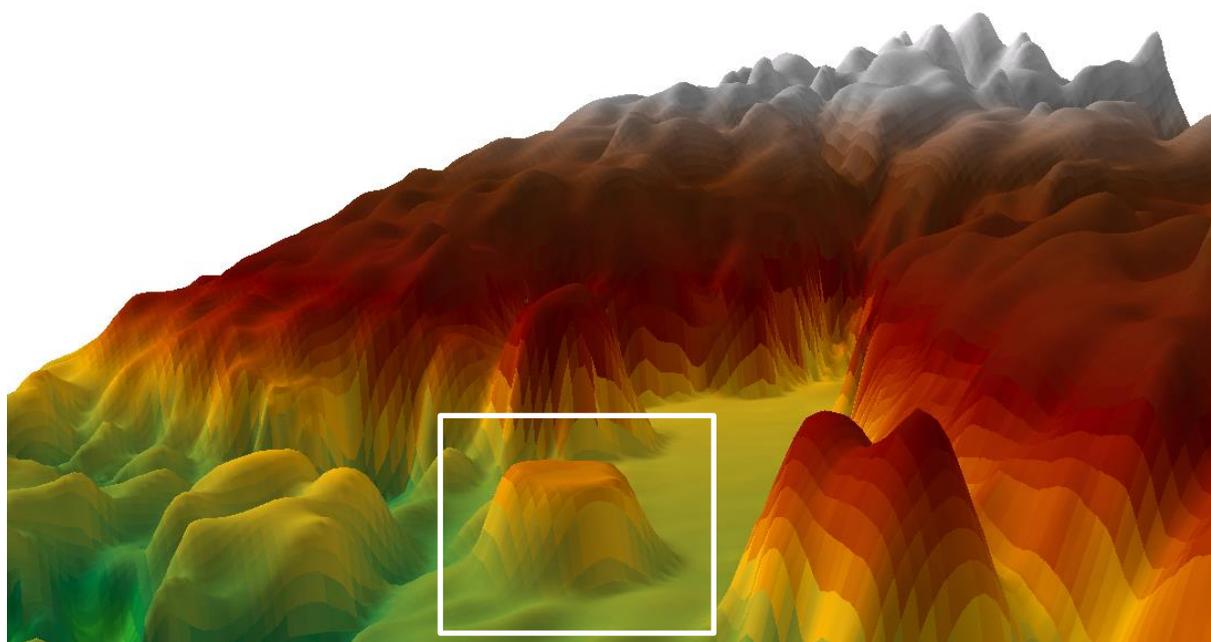


Abbildung 174: Turm / Warte im DSM 0,5

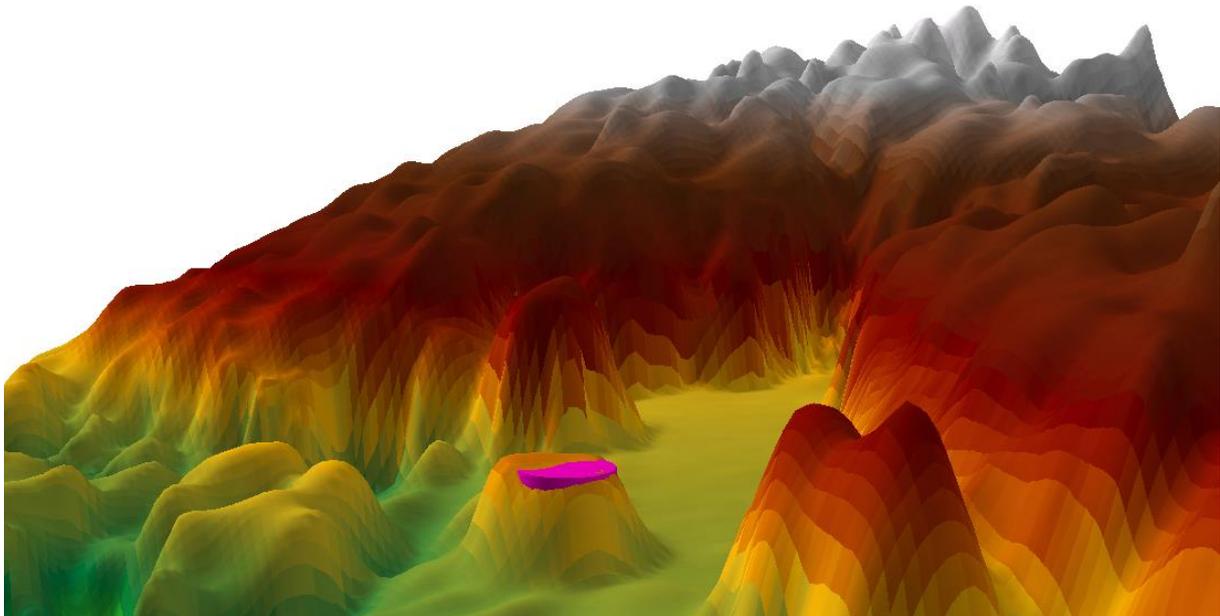


Abbildung 175: Turm / Warte als Symbol dem DSM hinterlegt (Höhe: 4,5m, Durchmesser: 4,5m)

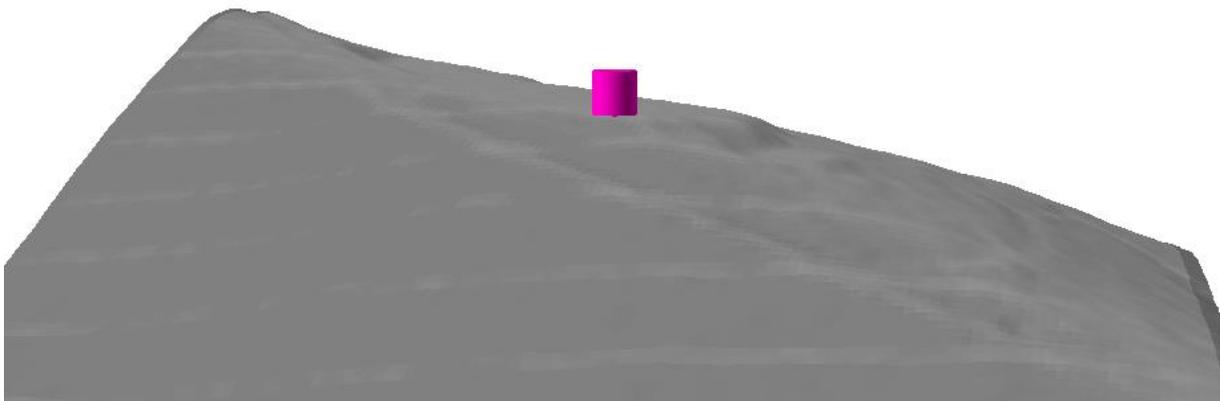


Abbildung 176: Turm / Warte auf DGM

Im Beispiel zeigt sich die prinzipielle Eignung der Daten für die automatisierte Anhebung auf 3D. Allerdings ist für eine realitätsnahe Visualisierung die Frage der Turmdurchmesser entscheidend. Im Unterschied zu Funkmasten kann aber bei Türmen eher der Grundriss für die Extrusion zu einem 3D-Körper verwendet werden.

5.3.8.2 AAA

5.3.8.2.1 Kirchturm

Kirchturm / Glockenturm (*BWF 1002*) ist die in den vorliegenden Daten mit Abstand am häufigsten vorkommende Art eines Turms (Im Beispiel LDBV: 317 von 347 Objekten). Grundsätzlich kann davon ausgegangen werden, dass Kirchen und die zugehörigen Türme in Deutschland über die in allen Bundesländern durchgeführte LoD-Modellierung der Gebäude bereits als 3D-Objekte vorliegen.

5.3.8.2 Aussichtsturm

Bei dieser Objektart ist bereits die optische Lokalisierung in den LAS-Daten schwierig bis unmöglich. Daher wird hier eine automatische Anhebung auf 3D ebenfalls problematisch.

Dies illustrieren die folgenden Beispiele:

Erster Aussichtsturm (*DEBYBDLMeW000420*) konnte nicht im LAS-Datensatz lokalisiert werden:

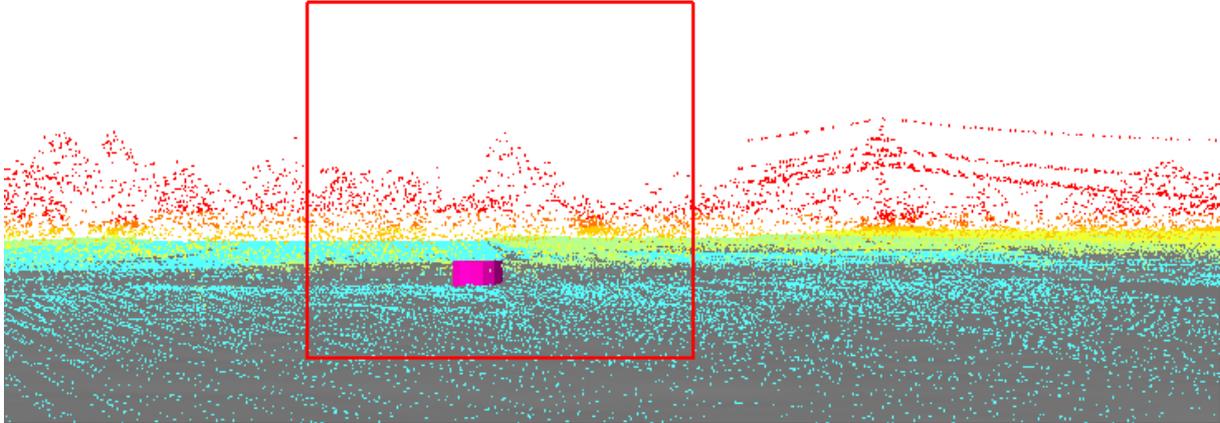


Abbildung 177: Aussichtsturm nicht lokalisierbar (Beispiel 1)

Auch Aussichtsturm 2 (*DEBYBDLMdX0004E6*) konnte nicht in den LAS-Daten gefunden werden:

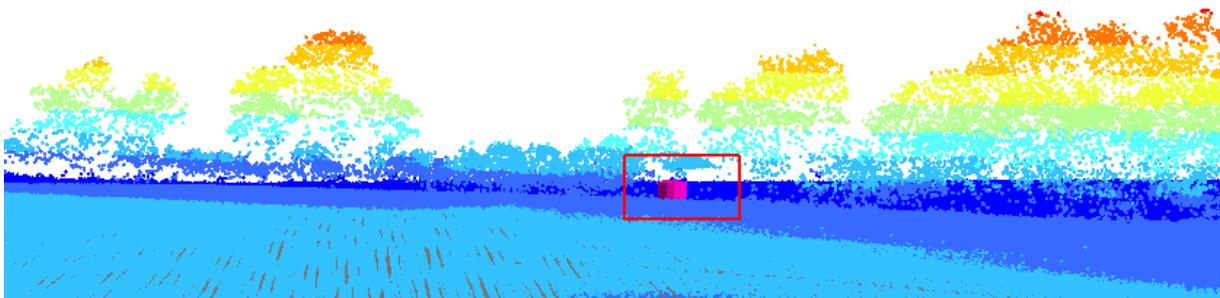


Abbildung 178: Aussichtsturm nicht lokalisierbar (Beispiel 2)

5.3.8.2.3 Sonstiges (Silo)

Beispiel Turm vom Typ ‚Sonstiges‘ – wahrscheinlich ein Silo. Auch für diesen niedrigen Typ kann die Höhe einwandfrei abgegriffen und eine Anhebung auf 3D automatisiert erfolgen.

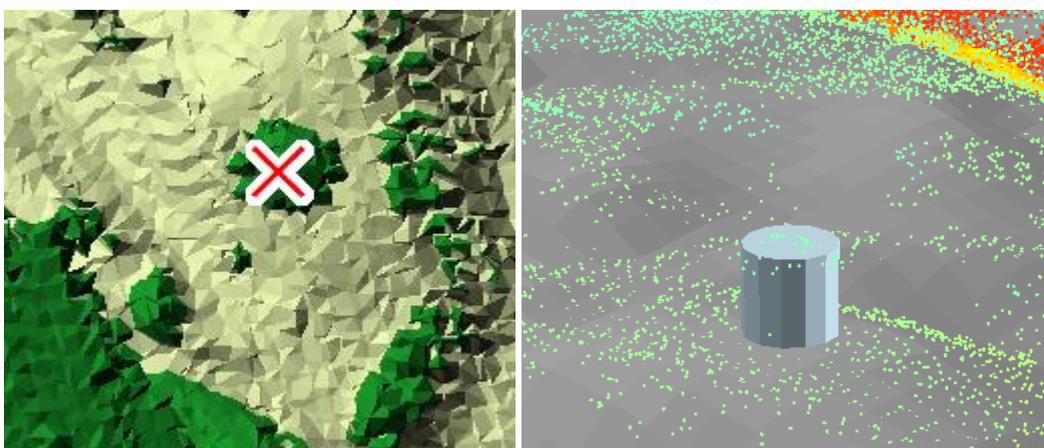


Abbildung 179: Darstellung in 2D und in 3D (Durchmesser 4m, Höhe aus DOM, Bodenhöhe DGM)

5.3.9 Windräder

Windräder sind in 2D als punkthafte Objekte modelliert. Bei der Anhebung von Windrädern in 3D wird üblicherweise nur die Nabenhöhe, nicht die Rotorhöhe wiedergegeben. Es wird also der Mast des Windrades modelliert.

Dies ist allerdings im Kontext der Anwendung *eTOD* (Flugsicherheit) problematisch, da hier die Rotordurchmesser relevant sind. Dem könnte evtl. bei bekanntem Rotordurchmesser durch entsprechende vertikale Verlängerung der 3D-Objektgeometrie begegnet werden.

Auch entspricht die vereinfachte Darstellung nicht der Erwartung an Anwendungen wie Bürgerbeteiligungen. Um dem zu begegnen wäre die Darstellung über ein Symbol sinnvoll (s. 5.2.1.1 Symbolisierung), dazu wären aber a) das Wissen über den Windradtyp und b) ein dem entsprechenden Symbol notwendig.

5.3.9.1 BEV

Die zuverlässige Ermittlung eines Höhenwertes ist nicht eindeutig möglich. Dafür ist die Auflösung des DSM nicht hoch genug (Die folgenden Abbildungen zeigen diese Problematik beispielhaft). Daher muss ein Interpolationsverfahren im Umkreis des Punktes angewendet werden (siehe Abschnitt 5.2.1).

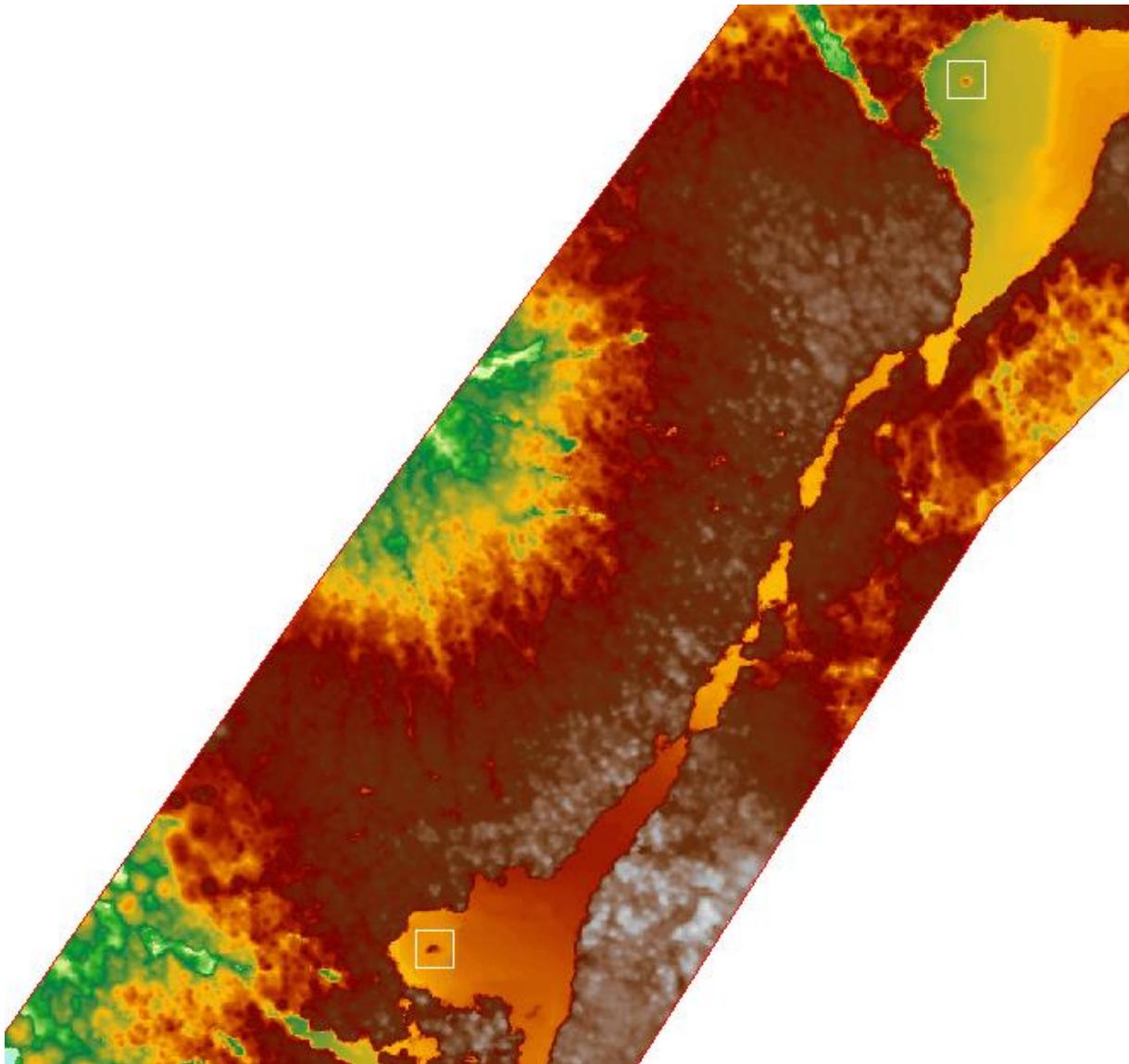


Abbildung 180: Windräder im DSM (weiße Rahmen)

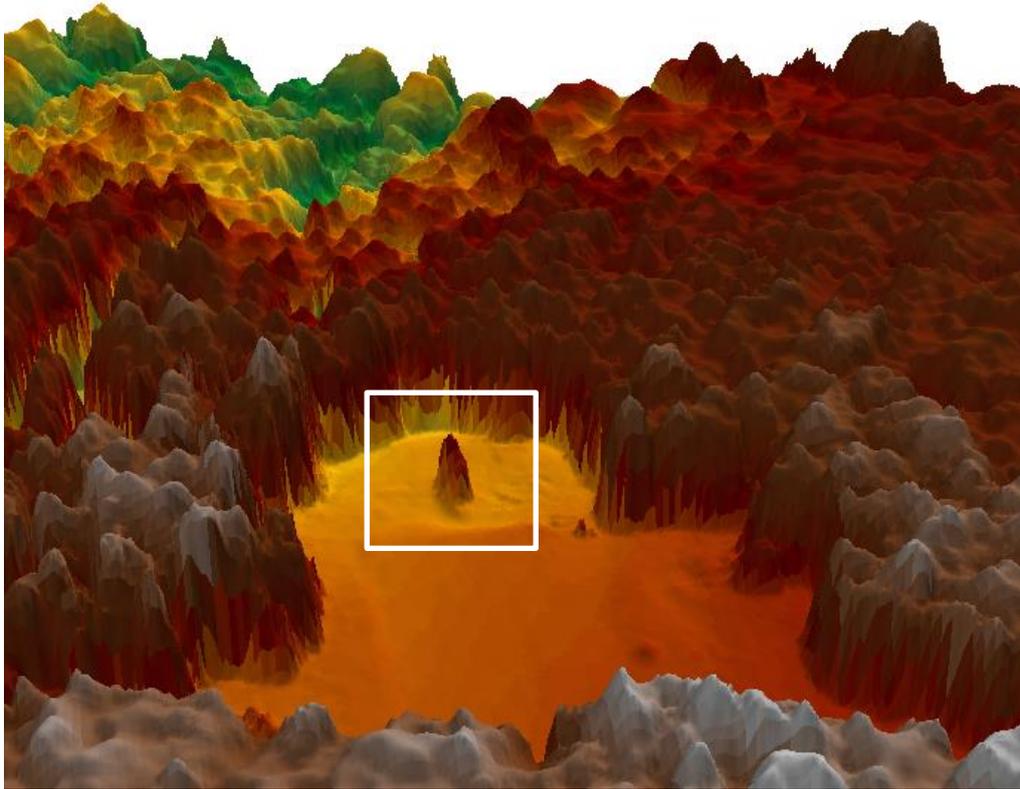


Abbildung 181: Höhengspitze eines Windrads

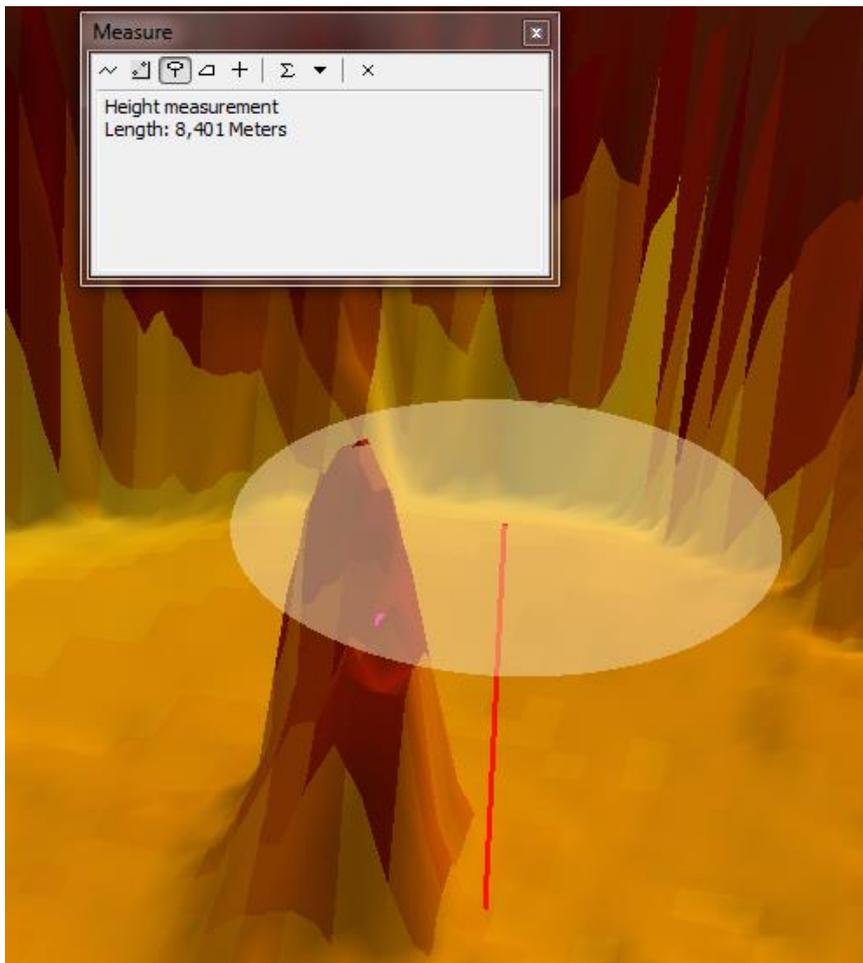


Abbildung 182: Höhenmessung in ArcScene

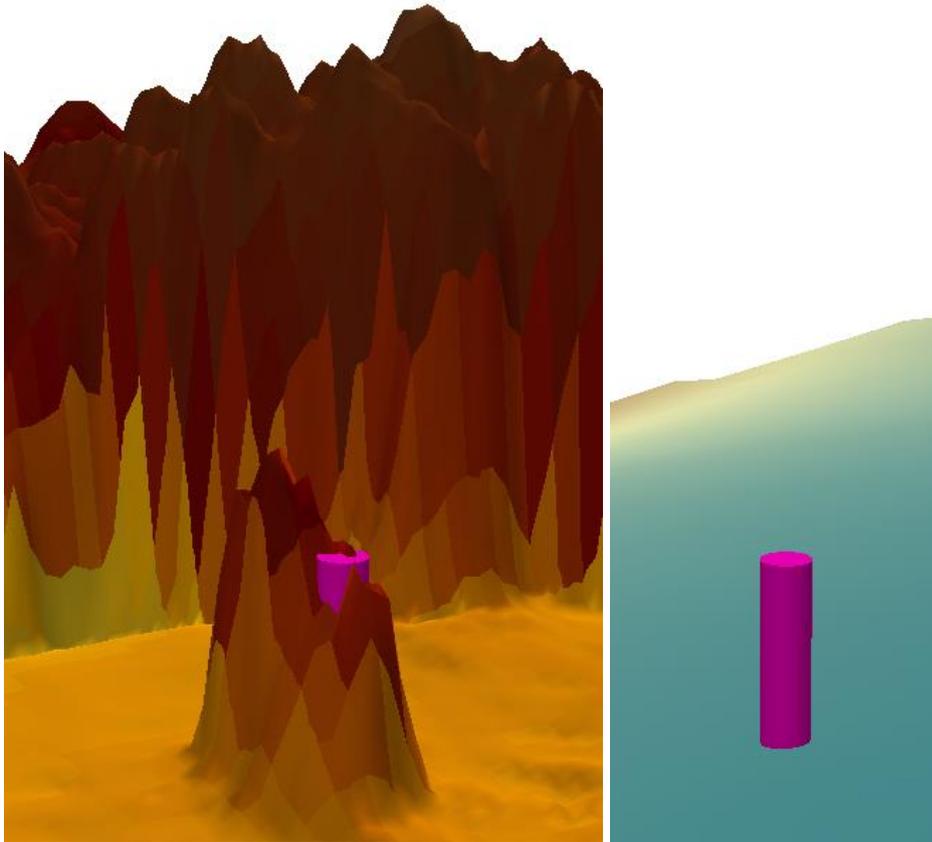


Abbildung 183: Windrad symbolisiert – Durchmesser 2m (links mit DSM / rechts ohne DSM)

Zur Ermittlung einer korrekten Höhe bietet sich für Windräder eine Funktion an, die den Umkreis des Windrades mit dem DSM verschneidet und nach Maxima sucht. Zur Stabilisierung dieses Ansatzes muss darauf geachtet werden, dass Ausreißer in den DSM-Daten ausgeschlossen werden.

5.3.9.2 AAA

Die Windräder sind in den Daten der Laserbefliegung (LAS-Daten) gut zu erkennen.

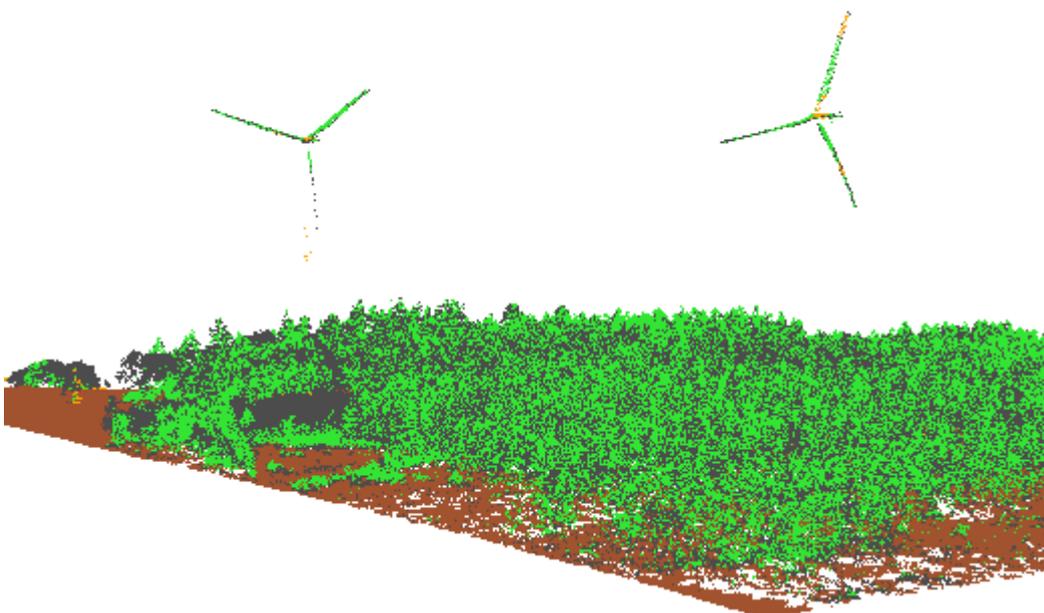


Abbildung 184: Windräder sind im LAS-Viewer eindeutig zu erkennen

Die Position des Windrades in den DLM-Daten des LDBV weicht aber tlw. um mehr als 10 Meter von den Positionen in den LAS-Daten ab.

Die Position aus dem Datensatz der Hausumringe (*Gebaeude_BY.shp*) passt dagegen einwandfrei.



Abbildung 185: Orthogonale Ansicht (LAS als TIN): Positionen des Windrades aus dem DLM als rotes Kreuz, Position aus Datensatz der Hausumringe (*Gebaeude_BY.shp*): Roter Kreis

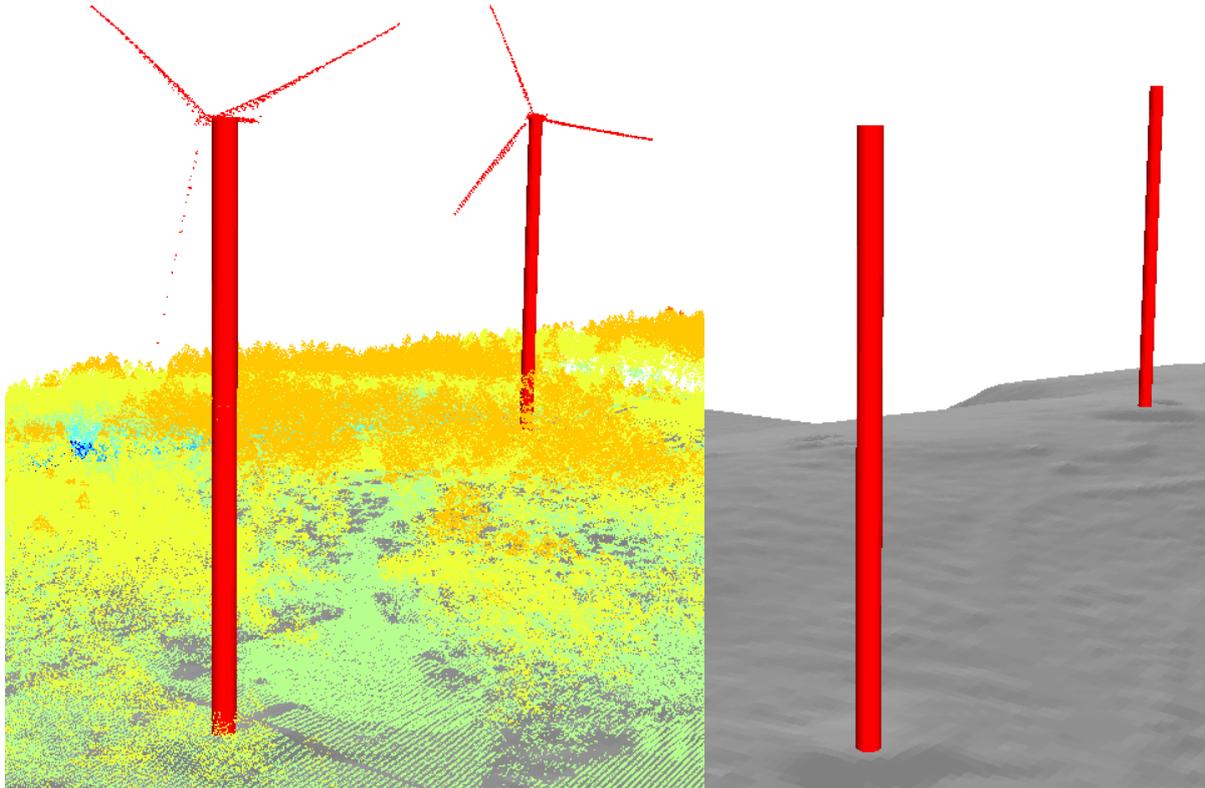


Abbildung 186: Extrudierter Windrad-Grundriss (Bodenhöhe: DGM), Extrusion auf DOM

5.3.10 Sonstiges: Sender, Masten und Fernmeldetürme

Diese Objektarten sind in 2D in der Regel als punkthafte Objekte modelliert. Es können aber auch flächenhafte Informationen vorliegen, die dann z.B. die Ausdehnung des Fundaments abbilden. Solche Flächen dürfen bei der Übernahme in 3D nicht einfach extrudiert werden. Vielmehr wird eine Information zum Turmdurchmesser benötigt. Liegt diese nicht als Attribut vor, kann sie über eine Funktion z.B. aus der Art des Turms / Masts ermittelt werden.

5.3.10.1 BEV



Abbildung 187: Sender mit berechneter Höhe



Abbildung 188: Darstellung des Senders im Gelände (links mit DSM / rechts ohne DSM)

Höhe des Senders ist nicht ermittelbar; es ist nur die Höhe des zugehörigen Gebäudes abgreifbar.

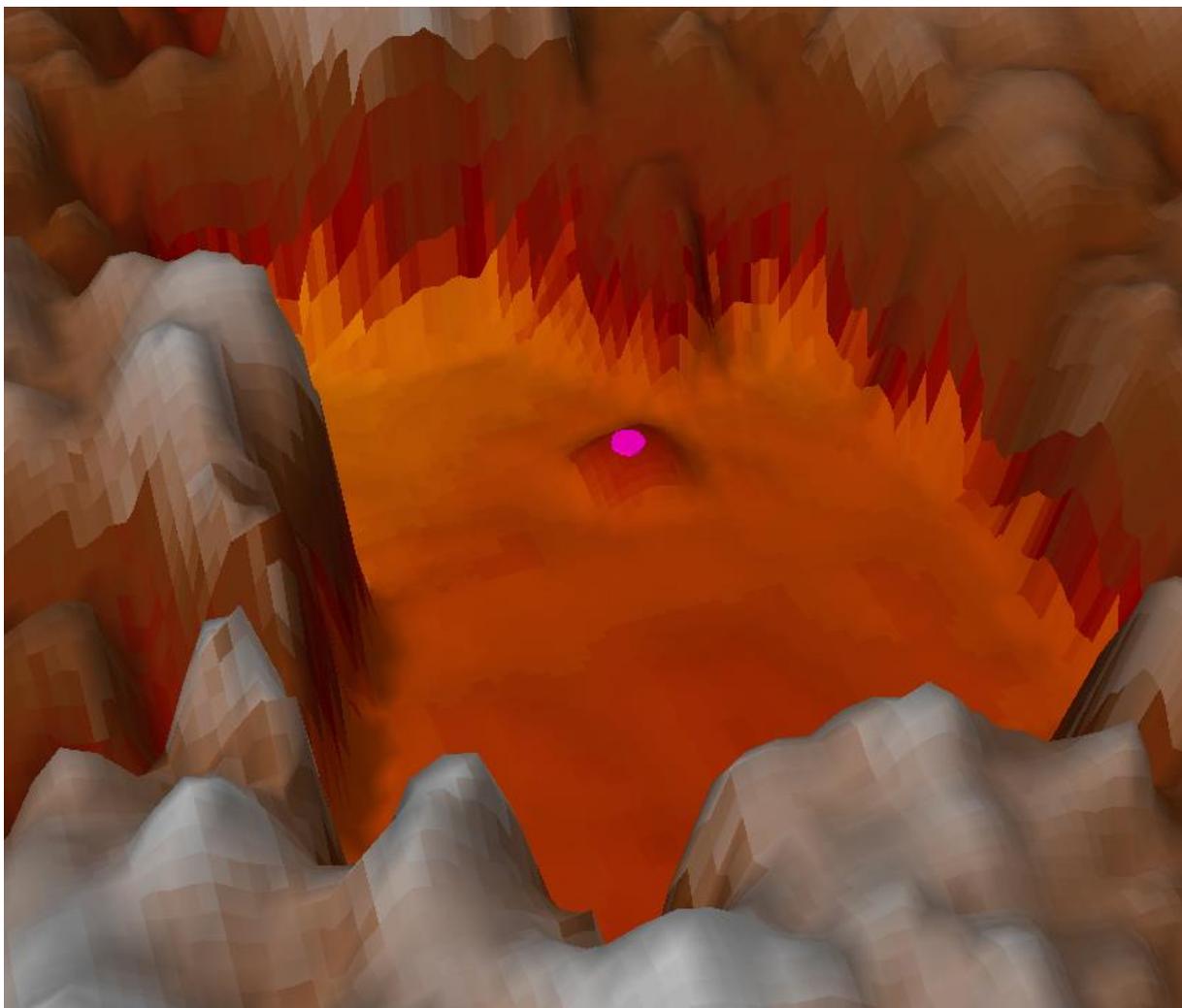
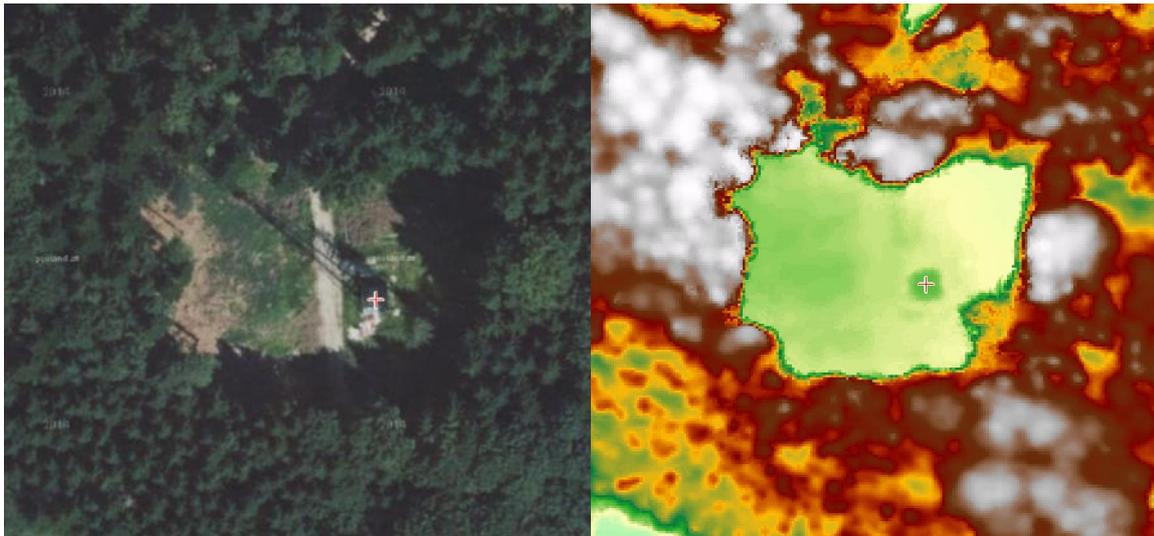


Abbildung 189: ‚Mast‘ in ArcScene - Durchmesser 2m / Höhe 3,5 m

Auch hier ist zu erkennen, dass die Auflösung des DSM nicht ausreichend ist, um die Höhe des Masts korrekt abzugreifen. Gerade im Hinblick auf eTOD ist aber die exakte Höhe äußerst wichtig.



Abbildung 190: Sender im Wald

Bei diesem Beispiel ergibt sich das Problem, dass die aus dem höchsten Punkt ermittelte Z-Koordinate evtl. der Waldoberkante und nicht der Höhe des Senders entspricht. Aus Sicht der Anwendung *eTOD* wäre es ein unkritischer Fehler, wenn der Wald tatsächlich den Sender überragt. Wäre es dagegen andersherum (die Sendeanlage ist höher als der Wald), müsste der Sender als zusätzliches Hindernisobjekt erkannt und entsprechend modelliert werden (siehe hierzu beispielhaft die folgende Abbildung 191).

5.3.10.2 AAA

Fernmeldetürme (*OBJART* = 53009, *BWF* = 1008) sind in den LAS-Daten gut auszumachen.

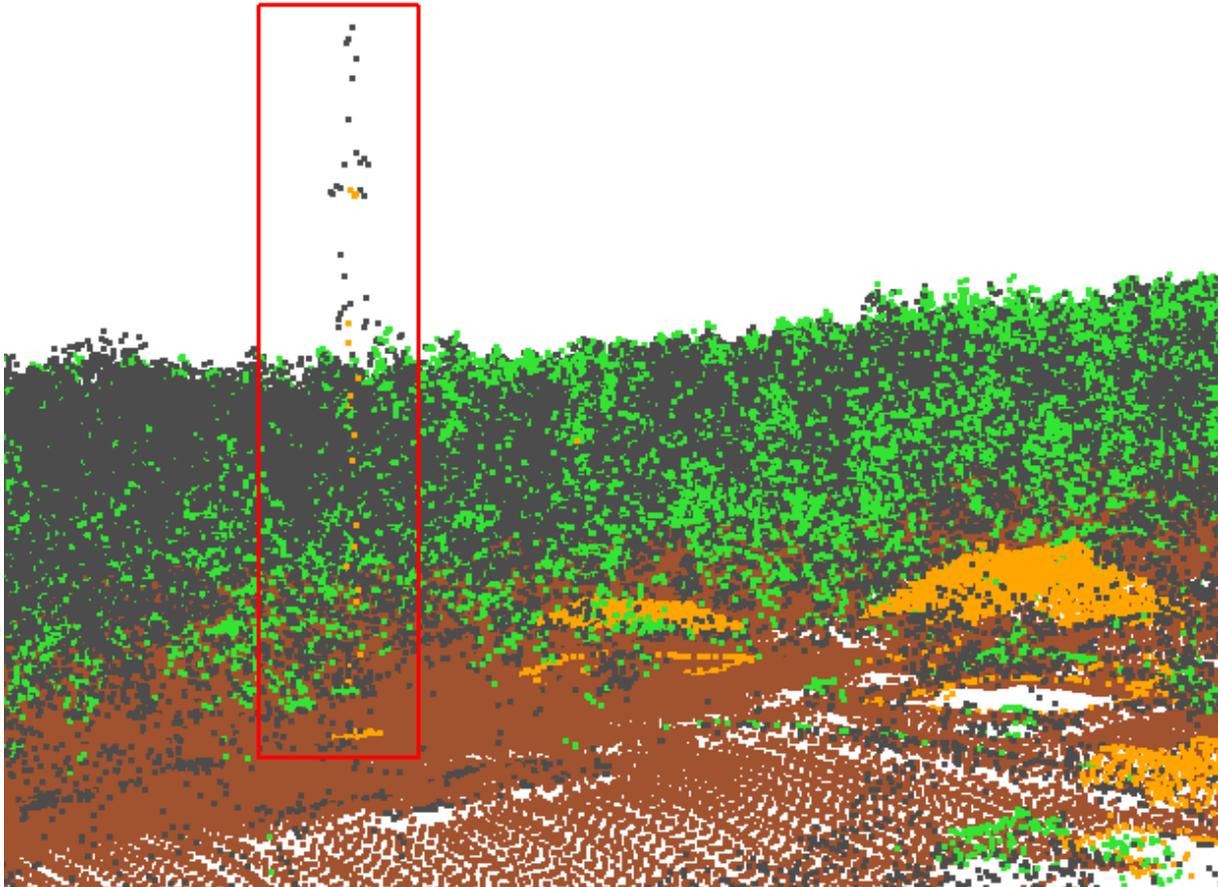


Abbildung 191: Fernmeldeturm in LiDAR-Daten (ist deutlich höher als die Umgebung)

Wie auch bei den Windrädern ist die Position der DLM-Daten nicht korrekt und damit zur Höhenableitung ungeeignet. Nur der Datensatz der Hausumringe (*Gebaeude_BY.shp*) gibt die korrekte Position wieder.



Abbildung 192: Orthogonale Ansicht (LAS als TIN): Position des Fernmeldeturms im DLM als rotes Kreuz / Position aus dem Datensatz der Hausumringe (*Gebaeude_BY.shp*): Roter Kreis

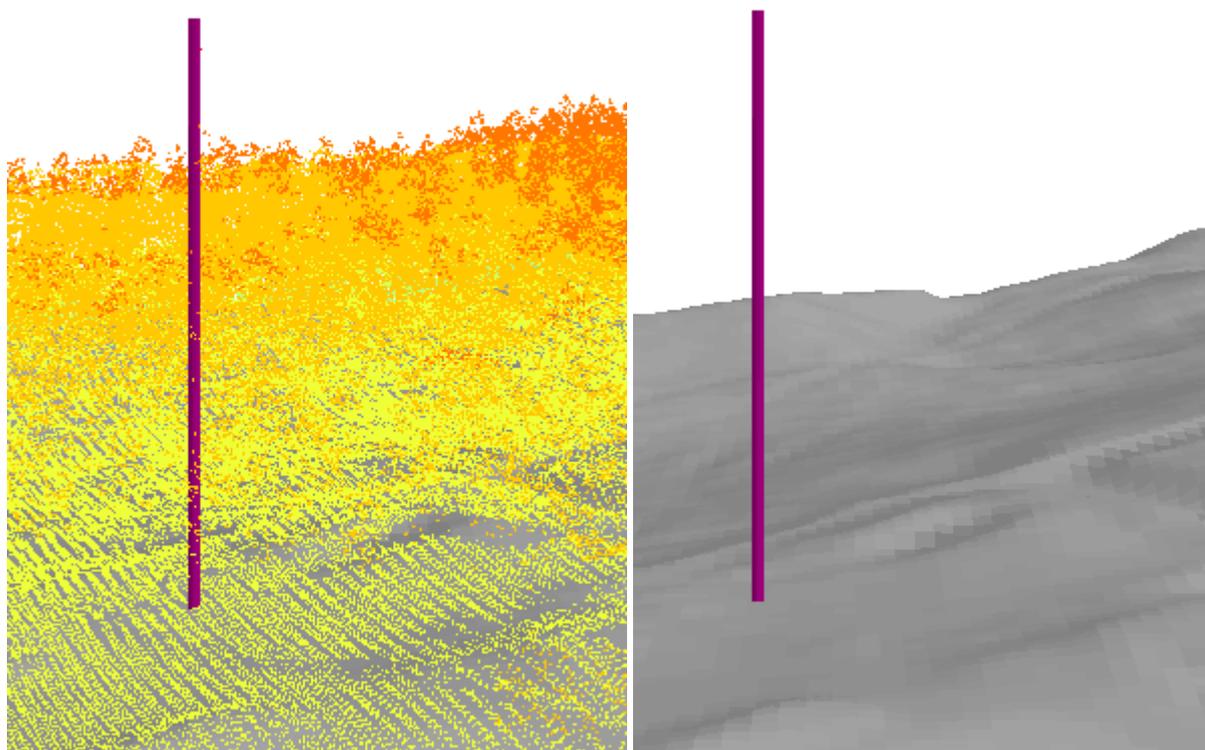


Abbildung 193: Extrudierter Funkturm (Bodenhöhe: DGM), Extrusion auf DOM

Im Beispiel zeigt sich die prinzipielle Eignung der Daten für die automatisierte Anhebung auf 3D. Allerdings ist für eine realitätsnahe Visualisierung die Frage der Turmdurchmesser wichtig.

6 Zusammenfassung und Fazit

Auf Grundlage der bisherigen Untersuchungen zeigt sich, dass es grundsätzlich möglich ist, die im Rahmen des Projekts betrachteten Objektarten ausgehend von einem 2D-DLM und dem Gelände- bzw. Oberflächenmodell automatisiert in ein dreidimensionales Digitales Landschaftsmodell - basierend auf dem Datenmodell von CityGML – zu überführen. Es gilt jedoch, dass die einzelnen Verfahren individuell anzupassen sind; dies unterliegt zum einen den jeweiligen Objektklassen, aber auch den Eigenschaften der entsprechenden 3D-Informationen aus dem DGM und / oder DOM, sowie den Informationen, die im 2D-Modell vorhanden sind.

Die Wahl der Transformationsmethode hängt u.a. davon ab, auf welchen Anwendungszweck die resultierenden 3D-Objekte abzielen. Sind zum Beispiel hinsichtlich der Objektart ‚Brücke‘ für die Thematik *eTOD* die Maße eventuell vorhandener Aufbauten von enormer Wichtigkeit, ist dies für ein Überflutungsszenario eher belanglos. Für Überschwemmungsereignisse ist es vielmehr interessant, zu wissen, wo sich Brückenpfeiler befinden und welche Gestalt diese haben; dadurch würden sich beispielsweise Rückschlüsse in Strömungssimulationen ziehen lassen.

Diese eben erläuterte Herausforderung in der Umsetzung der 2D→3D-Transformation hat zur Konsequenz, dass je nach Anwendungsszenario unterschiedliche Detailgrade der Objektarten von Belang sind. Anzustreben ist daher, keine statischen, parallelen Datenbestände – d.h. verschiedene Formen des gleichen Datenbestandes – für dieselbe Objektart vorzuhalten, sondern vielmehr einen Methodensatz zu implementieren und bedarfsgerecht anzuwenden, mit dem die genannten unterschiedlichen Detailgrade abgeleitet werden können. Konkret sei dies beispielhaft an der Thematik „Gebäude“ dargestellt: Liegt ein 3D-Gebäude im LoD2 vor, so kann ausgehend von diesem recht einfach auch ein Gebäude im LoD1 abgeleitet werden. Man kann demnach ein paralleles Vorhalten von Gebäudemodellen in den unterschiedlichen Detailstufen vermeiden. Dieser Ansatz wäre in ähnlicher Weise auch für die anderen Objektarten des Landschaftsmodells anzustreben, wobei die LoD-Stufen von CityGML alleine als Differenzierung für unterschiedliche Anwendungsanforderungen aus heutiger Sicht nicht ausreichen.

Allgemein sollte man sich daher für den Aufbau dieses Methodensatzes zur 2D→3D-Transformation die folgenden Fragen vor Augen führen:

- Welcher Grad der Generalisierung ist akzeptabel bzw. welcher Detaillierungsgrad ist erforderlich?
- Geht es um die Auswertbarkeit oder um die reine Visualisierung?
- Welche Annahmen für nicht oder nicht ausreichend vorhandene Ausgangsinformationen können getroffen werden, ohne das eigentliche Resultat des 3D-Objekts zu stark zu verfälschen?

Aus Mangel an Informationen mussten in dieser Konzeptionsphase teilweise idealisierte Größen für die Transformation genutzt werden (z. B. für Straßen- oder Flussbreiten). Eine noch genauere und realitätsnähere Modellierung wäre mit detaillierteren Informationen möglich, wobei immer im Einzelfall abzuwägen bleibt, welcher Mehrwert im Sinne der Anwendungsanforderungen aus einer solchen realitätsnäheren Modellierung erwächst. Die für eine zweite Projektphase vorgesehene prototypische Implementierung der Methoden und testweise Transformation der Daten für die genannten Testgebiete lässt weitere Erkenntnisse erwarten, u.a. zu den Themen Automatisierbarkeit, Qualität der Ergebnisdaten und lagemäßiger Übereinstimmung von DGM, DOM und 2D-DLM.

Abschließend sei an dieser Stelle explizit darauf hingewiesen, dass im Rahmen dieser ersten Projektphase weder eine Untersuchung hinsichtlich Datenmanagementmethoden stattfand, noch versucht wurde, Performancesteigerungen bei großflächigeren Berechnungen zu erzielen. Genauso wenig war die konkrete Implementierung von Transformationsalgorithmen Bestandteil des Projekts. All diese Punkte können aber durchaus Gegenstand einer solchen zweiten Projektphase sein.

Literaturverzeichnis

- AUSTRO CONTROL GMBH / ITV CONSULT** (2016), Datenproduktspezifikation für Luftfahrthindernisse in Österreich. https://www.austrocontrol.at/flugsicherung/aim_services/datenauflieferung_gemaess_adq
- BACHOFER, F.** (2011), Einfluss der vertikalen Genauigkeit von DGM auf das EcoRouting von Elektrofahrzeugen. In: Beiträge zum 23. AGIT-Symposium Salzburg; S. 338-346. http://gispoint.de/fileadmin/user_upload/paper_gis_open/AGIT_2011/537508006.pdf
- BILDSTEIN, F.** (2014), Nutzung von Geodaten zur Visualisierung geospezifischer Übungsszenarien in Trainingssimulatoren; In: DGPF Tagungsband 23 / 2014
- BILJECKI, F., STOTER, J., LEDOUX, H., ZLATANOVA, S., & CÖLTEKIN, A.** (2015), Applications of 3D City Models: State of the Art Review. In: ISPRS International Journal of Geo-Information; Nr.4; S. 2843
- COORS, V., HOLWEG, D., MATTHIAS, E., & PETZOLD, B.** (2013), 3D-Stadtmodelle: Projekte im Raum. In: Geo-Forum (Hrsg.). <http://www.ingeforum.de/files/3d-stadtmodelle.pdf>
- DONAUBAUER, A., ESCH, R. & KOLBE, T. H.** (2016), Prozedurale Verfahren zur Generierung von 3D-Infrastrukturobjekten. In: Kolbe, T. H.; Bill, R.; Donaubaue, A. (Hrsg.): Geoinformationssysteme 2016. Wichmann.
- ESCH, R.** (2016), Prozedurale Generierung von 3D-Straßennetzwerken unter Berücksichtigung von Brücken und Tunneln am Beispiel Vorarlberg. Masterarbeit, Lehrstuhl für Geoinformatik, Technische Universität München.
- GRÖGER, G. & KOLBE, T.H.** (2004), 3D-Stadtmodellierung auf der Basis internationaler GI-Standards. In: Zipf & Coors (Hrsg.): 3D-Geoinformationssysteme, Wichmann.
- GRÖGER, G., BENNER, J., DÖRSCHLAG, D., DREES, R., GRUBER, U., LEINEMANN, K., & LÖWNER, M.-O.** (2005), Das interoperable 3D-Stadtmodell der SIG 3D. 130. Jg. xxx/2005 zfv.
- GRÖGER, G., KOLBE, T. H., NAGEL, C., & HÄFELE, K.-H.** (2012), OpenGIS City Geography Markup Language (CityGML) Encoding Standard, Version 2.0.0. Open Geospatial Consortium.
- HEIPKE, C.** (2016), Herausforderungen bei der Erstellung von 3D-DLMs. In: Kolbe, T. H., Bill, R., Donaubaue, A. (Hrsg.): Geoinformationssysteme 2016. Wichmann.
- ISPRS** (2016), From Human History to the Future with Spatial Information; XXIII ISPRS Congress, Prague. 12. – 19. Juli 2016
- KADEN, R.** (2014), Berechnung der Energiebedarfe von Wohngebäuden und Modellierung energiebezogener Kennwerte auf der Basis semantischer 3D-Stadtmodelle. Dissertation. Lehrstuhl für Geoinformatik, Technische Universität München
- KADEN, R. & KOLBE, T. H.** (2014), Simulation-Based Total Energy Demand Estimation of Buildings using Semantic 3D City Models. International Journal of 3-D Information Modeling 3 (2), 2014, 35-53
- KEIGHTLEY, K. E. & BAWDEN, G. W.** (2010), 3D volumetric modeling of grapevine biomass using Tripod LiDAR. Computers and Electronics in Agriculture (Volume 74, Issue 2), 2010, 305-312
- KIEBLING, F., NEFZGER, P., KAJNTZYK, U.** (2001), Freileitungen – Planung, Berechnung, Ausführung. Springer, Berlin Heidelberg.
- KOCH, A.** (2006), Semantische Integration von zweidimensionalen GIS-Daten und Digitalen Geländemodellen. Dissertation. Universität Hannover.

- KOLBE, T.H.** (2016), 3D-Stadt- und Landschaftsmodellierung. Vorlesung 09 zu Geoinformatik 2. Lehrstuhl für Geoinformatik, Technische Universität München
- KOLBE, T.H., BURGER, B. & CANTZLER, B.** (2015), CityGML goes to Broadway. In: Fritsch, D. (Hrsg.): Photogrammetric Week '15, Wichmann.
- KUNDE, F. & MARX C.** (2015), Abschlussbericht zum Projekt VoDLM3D. unveröffentlicht.
- MACHL, T., EWALD, W., DONAUBAUER, A. & KOLBE, T. H.** (2016), Entwicklung eines Werkzeugs zur landesweit flächendeckenden Analyse landwirtschaftlicher Transportbeziehungen in Bayern. In: Zeitschrift für Geodäsie, Geoinformation und Landmanagement (zfv), Heft 3/2016, 197-205.
- NAGEL, C., KUNDE F. & ROSS, L.** (2015), Solaratlas Berlin. In: Willkomm, P., Kaden, R., Coors, V. & Kolbe, T. H. (Hrsg.): Leitfaden 3D-GIS und Energie. Runder Tisch GIS e.V.
- NOUVEL, R., ZIRAK, M., DASTAGEERI, H., COORS, V. & EICKER, U.** (2014), Urban energy analysis based on 3D city model for national scale applications; 5. German-Austrian IBPSA Conference, RWTH Aachen University. http://www.ibpsa.org/proceedings/bausimPapers/2014/p11117_final.pdf
- OUDE ELBERINK, S., STOTER, J., LEDOUX, H. & COMMANDEUR, T.** (2013), Generation and Dissemination of a National Virtual 3D City and Landscape Model for the Netherlands. In: Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, 79 (2), 147-158.
- QIAO, Q., ZHANG, T.** (2009), 3D-GIS for barrier lake disaster reduction and risk management. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.222.2045&rep=rep1&type=pdf>
- RADIES, C.** (2013), Prozedurale Generierung von Gebäudemodellen aus Geobasisdaten und Daten der Bauleitplanung mit der Software CityEngine. Masterarbeit. Lehrstuhl für Geoinformatik, Technische Universität München
- TÄUBER, M.-A., & ROTH, M.** (2011), GIS-basierte Sichtbarkeitsanalysen - Ein Vergleich von digitalen Gelände- und Landschaftsmodellen als Eingangsdaten von Sichtbarkeitsanalysen. zfv.
- WILLENBORG, B., SINDRAM, M., & KOLBE, T. H.** (2016), Semantische 3D-Stadtmodelle als Datenaustauschplattform für feldbasierte Simulationen; Dreiländertagung der DGPF, OVG und SGPF, Bern. 8. Juni 2016

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Aussichtsqualität von Wohnanlagen aus [Coors et al., 2013].....	8
Abbildung 2: Schattenwurfsimulation für unterschiedliche Sonnenpositionen [Biljecki et al., 2015]	9
Abbildung 3: Abstandsflächendarstellung [Coors et al., 2013].....	9
Abbildung 4: 3D-Ansicht einer Windenergieanlage [Coors et al., 2013].....	9
Abbildung 5: Dynamische Simulation einer Bebauung [Radies, 2013].....	10
Abbildung 6: Virtuelle Beleuchtung einer Fußgängerzone [Coors et al., 2013]	11
Abbildung 7: Punktobjekt zur Repräsentation von Windkraftanlagen (maximale Windradhöhe) [Austro Control GmbH / ITV Consult, 2016, 34]	12
Abbildung 8: Simulation für Detonationen und Druckwellen [Willenborg et al., 2016]	13
Abbildung 9: Verkehrsszenario (Berlin) [Coors et al., 2013]	13
Abbildung 10: 3D-Beschriftungen zur besseren Orientierung [Kolbe, 2016]	14
Abbildung 11: Energieatlas Berlin [Kaden et al., 2013].....	15
Abbildung 12: Überflutungsszenario - Stuttgart Innenstadt [Coors et al., 2013].....	15
Abbildung 13: 3D-Lärmsimulation [Biljecki, 2015].....	16
Abbildung 14: Dreidimensionale Darstellung eines Skigebiets in Vorarlberg [VoDLM3D-Abschlussbericht, 2015].....	17
Abbildung 15: Gebietsumfang des 3D-DLM-Projekts (korallenrot: BEV , grün: LDBV , gelb: LGL)	20
Abbildung 16: Vorarlberg DGM – Kachelübersicht	21
Abbildung 17: Vorarlberg DGM - Ausschnitt Kachel 1127-532_DGM	22
Abbildung 18: Vorarlberg DGM – Übersicht	23
Abbildung 19: Vorarlberg DGM – Ausschnitt.....	23
Abbildung 20: Vorarlberg DGM - Detail.....	24
Abbildung 21: Salzburg DGM 10 – Kachelübersicht	25
Abbildung 22: Salzburg DGM 10 – Ausschnitt Kachel 4330-533_DGM	26
Abbildung 23: Salzburg DGM 10 – 3D-Ansicht Kachel 4230-533_DGM	26
Abbildung 24: Salzburg DGM 1 – Kachelübersicht	27
Abbildung 25: Salzburg DGM 1 - Ausschnitt Kachel dgm_teil_1	28
Abbildung 26: Vorarlberg DOM – Übersicht	29
Abbildung 27: Vorarlberg DOM – Ausschnitt.....	29
Abbildung 28: Vorarlberg DOM – Detail	30
Abbildung 29: Salzburg DGM / DSM (grün: DSM)	30
Abbildung 30: Salzburg DSM – Kachelübersicht	31
Abbildung 31: Salzburg DSM - Ausschnitt Kachel 4230-533_DSM.....	32
Abbildung 32: 3D-Ansicht Kachel 4330-523_DSM – Detailansicht (Rasterauflösung 1m).....	32
Abbildung 33: Gebietsumfang der DLM-Daten - Bodensee-Gebiet.....	33
Abbildung 34: Gebietsumfang der DLM-Daten - Salzburg und Umgebung	39
Abbildung 35: DGM1_ascii – Kachelübersicht	42
Abbildung 36: Ausschnitt Kachel 4328-5270.g01dgm	43
Abbildung 37: 3D-Ansicht Blatt 4328_5270.g01dgm (trianguliert)	43
Abbildung 38: gis_DGM_ascii – Kachelübersicht	44
Abbildung 39: Ausschnitt Kachel 43295_52700.g01dgm.....	45
Abbildung 40: 3D-Ansicht Blatt 43295_52700.g01dgm (trianguliert)	45
Abbildung 41: Kachelübersicht.....	46
Abbildung 42: Ansicht Kachel 4567_5290.....	47
Abbildung 43: Kachel 4567_5290: Detailansicht.....	47
Abbildung 44: Bodensee_bDOM – Kachelübersicht	48
Abbildung 45: Bodensee_bDOM – Beispiel Kachel 4329_5270_40_bDOM	49
Abbildung 46: Bodensee_bDOM – 3D-Ansicht Kachel 4329_5270_40_bDOM (RGB)	49
Abbildung 47: Bodensee_bDOM – 3D-Ansicht Kachel 4329_5270_40_bDOM (Trianguliert)	50
Abbildung 48: Bodensee_LiDAR – Kachelübersicht	51
Abbildung 49: Bodensee_LiDAR – Beispiel Kachel 4329_5270_all	51
Abbildung 50: Bodensee_LiDAR – 3D-Ansicht Kachel 4329_5270_all (last return, Farbe: Classification - Rot: first return, Grün: intermediate return, Blau: last return, Gelb: single return).....	52
Abbildung 51: Bodensee_LiDAR – 3D-Ansicht Kachel 4329_5270_all (trianguliert)	52
Abbildung 52: Geodatenpool_bDOM - Kachelübersicht	53
Abbildung 53: Bodensee_bDOM – Beispiel Kachel 4329_5270_40_bDOM_clipped	54
Abbildung 54: Bodensee_bDOM – 3D-Ansicht Kachel 4329_5270_40_bDOM_clipped (RGB).....	54

Abbildung 55: Bodensee_bDOM – 3D-Ansicht Kachel 4329_5270_40_bDOM_clipped (Trianguliert)	55
Abbildung 56: gisLP_LAZ – Kachelübersicht	56
Abbildung 57: gisLP_LAZ – Beispiel Kachel 43295_52700_all	56
Abbildung 58: gisLP_LAZ – 3D-Ansicht Kachel 43295_52700_all (last return, Farbe: Classification - Rot: first return, Grün: intermediate return, Blau: last return, Gelb: single return)	57
Abbildung 59: gisLP_LAZ – 3D-Ansicht Kachel 43295_52700_all (trianguliert)	57
Abbildung 60: Salzburg_bDOM – Kachelübersicht	58
Abbildung 61: Salzburg_bDOM – Beispiel Kachel 4567_5290_all	58
Abbildung 62: Salzburg_bDOM – 3D-Ansicht Kachel 4567_5290_40_bDOM (Farbe: RGB)	59
Abbildung 63: Salzburg_bDOM – 3D-Ansicht Kachel 4567_5290_40_bDOM (trianguliert)	59
Abbildung 64: Salzburg_LiDAR – Kachelübersicht	60
Abbildung 65: Salzburg_LiDAR – Beispiel Kachel 4567_5290_all	61
Abbildung 66: Salzburg_LiDAR – 3D-Ansicht Kachel 4567_5290_all (last return, Farbe: Classification - Rot: first return, Grün: intermediate return, Blau: last return, Gelb: single return)	61
Abbildung 67: Salzburg_LiDAR – 3D-Ansicht Kachel 4567_5290_all (trianguliert)	62
Abbildung 68: 4325000_5273000.tif	70
Abbildung 69: Gebäudegrundrisse (Lindenberg im Allgäu)	71
Abbildung 70: Gebietsumgriff – Bodenseegebiet	72
Abbildung 71: Gebietsumgriff - Salzburg-Flughafen	73
Abbildung 72: DGM1 – Kachelübersicht	74
Abbildung 73: Ausschnitt Kachel 35435281	75
Abbildung 74: 3D-Ansicht Kachel 35435281 (trianguliert)	75
Abbildung 75: DOM5 - Kachelübersicht	76
Abbildung 76: Daten als 5m-Höhenraster	77
Abbildung 77: Ausschnitt Kachel 35435281	77
Abbildung 78: 3D- Ansicht Kachel 35435281 (trianguliert)	78
Abbildung 79: DOM1 - Kachelübersicht	79
Abbildung 80: Ausschnitt Kachel 3560_5285	79
Abbildung 81: Detail-Ansicht Kachel 3560_5285	80
Abbildung 82: NDOM - Kachelübersicht	81
Abbildung 83: Ausschnitt Kachel 3560_5285	82
Abbildung 84: Detail-Ansicht Kachel 3560_5285	82
Abbildung 85: Detail-Ansicht Kachel 3560_5285 – (Höhen-) Farbkodiert (niedrig – hoch)	83
Abbildung 86: Gebietsumfang der 2D-DLM-Daten - Bodenseegebiet (Baden-Württemberg)	84
Abbildung 87: gew01_f.shp (blau) und gew01_l.shp (grün)	85
Abbildung 88: 35385281.tif - Flughafen Friedrichshafen	88
Abbildung 89: Gebäudegrundrisse (Gegend um Hofkammerstraße)	89
Abbildung 90: LoD2-Gebäudemodelle (Gegend um Hofkammerstraße)	90
Abbildung 91: Verfügbarkeit DGM (BEV: grün (TIFF), LVG Vorarlberg: Schummerung (IMG), LDBV: rot, LGL: blau)	91
Abbildung 92: Verfügbarkeit DOM (LVG Vorarlberg: Schummerung, LDBV: rot, LGL: blau)	92
Abbildung 93: Verfügbarkeit DGM (BEV: grün, SAGIS (DGM1): dunkelgrün, LDBV: rot)	93
Abbildung 94: Verfügbarkeit DOM (BEV: grün, LDBV: rot)	93
Abbildung 95: Thematische Module des CityGML-Standards [Kolbe 2015]	100
Abbildung 96: CityGML als fachübergreifendes einheitliches Datenmodell mit ausdrücklicher Beachtung der Anforderungen der unterschiedlichen Anwendungen und der Datenintegration	101
Abbildung 97: Mapping - ver03_l.shp	104
Abbildung 98: Punktförmiges Objekt (Turm) als 3D-Objekt mit einem definierten Durchmesser (Höhenableitung mittels DOM-DGM)	107
Abbildung 99: Symbolisierung von Windrädern	107
Abbildung 100: Hellblau: Höhe an Stützpunkten, Dunkelblau: Höhe über Zwischenpunkte (Distanz: 1m)	108
Abbildung 101: Linie folgt bei Interpolation an Stützpunkten dem DGM	108
Abbildung 102: Problemfeld Stützpunkte [Dr. Roschlaub, LDBV, 2016]	109
Abbildung 103: Linienhaftes Objekt als Band auf DGM1	110
Abbildung 104: Linienhaftes Objekt als Fläche auf DGM1	111
Abbildung 105: Linienhaftes Objekt als Multipatch auf DGM1 (in ArcScene)	112
Abbildung 106: Fläche auf das Gelände projiziert, rechts mit einer Verschiebung von 0,5m in positiver z-Richtung	114
Abbildung 107: Darstellung von Waldflächen als dem Gelände folgenden Volumenkörper	116
Abbildung 108: 1: Bodenhöhe - DSM 10 / 2: Bodenhöhe – DGM (Betrachterperspektive)	117

Abbildung 109: Unterschied Bodenhöhen DSM 10 zu DGM, der Boden des DSM10 schwebt über dem DSM 1 Gelände (Betrachterperspektive)	118
Abbildung 110: Reale und ideelle Straßenbreite (Beispiel 1)	119
Abbildung 111: Reale und ideelle Straßenbreite (Beispiel 2)	120
Abbildung 112: Reale und ideelle Straßenbreite (Beispiel 3)	120
Abbildung 113: Fahrbahnachse (rot), Straßenachse (grau) auf der Autobahn A8	122
Abbildung 114: 3D-Modellierung: Straßen als Bänder mit aus F_CODE abgeleiteter Breite	123
Abbildung 115: Parallele Gleislinien	124
Abbildung 116: 3D-Visualisierung: Gleise als parallele 'Röhren'	124
Abbildung 117: AX_Gleis und Eigenschaft GLS (Beispiel 1)	125
Abbildung 118: AX_Gleis und Eigenschaft GLS (Beispiel 2)	126
Abbildung 119: Eingleisige Bahnstrecke endet in einer zweigleisigen Bahnstrecke im mittleren Schotterbett	126
Abbildung 120: Aus DOM abgeleitete Brücke mit der der zugehörigen Straße entsprechenden Symbologie	127
Abbildung 121: Brückenobjekte AAA (rote Doppellinie)	128
Abbildung 122: Verschneiden der Brückenlinie mit dem DOM (Beispiel 1)	129
Abbildung 123: Verschneiden der Brückenlinie mit dem DOM (Beispiel 2)	130
Abbildung 124: Glättung durch Mittelwert	130
Abbildung 125: Brückensteigung (Beispiel 1)	131
Abbildung 126: Brückensteigung (Beispiel 2 und 3)	131
Abbildung 127: Gebogene Brücken	131
Abbildung 128: Brücken mit unterschiedlicher Steigung	131
Abbildung 129: Ermittlung reale Brückenbreite (Beispiel 1)	132
Abbildung 130: Ermittlung reale Brückenbreite (Beispiel 3)	133
Abbildung 131: Mittlere Höhe korrekt ermittelt	134
Abbildung 132: Brückenkopf liegt über DGM	134
Abbildung 133: Nahtstellen Brücke <> Straße	135
Abbildung 134: Zu kurze Brücke	135
Abbildung 135: Nicht als Brücke klassifizierter Abschnitt	136
Abbildung 136: Bahnbrücke mit Eisenfachwerk	136
Abbildung 137: Darstellung des DOM mit erzeugter Brückenlinie	137
Abbildung 138: Darstellung mit DGM und erzeugter Brückenlinie	137
Abbildung 139: Brücke unter Vegetation	138
Abbildung 140: Komplexe Brücke	138
Abbildung 141: Brückenachse neben realer Brückenlage	139
Abbildung 142: „Schiefe Brückenachse“	139
Abbildung 143: Hierarchie der einzelnen Bauelemente ausgehend vom initialen Shape [Esch 2016]	140
Abbildung 144: Mittels Prozeduraler Modellierung erzeugte Brückenobjekte - links: Holztragwerkbrücke / rechts: Bogentragwerkbrücke / unten: Balkentragwerkbrücke [Esch 2016]	141
Abbildung 145: Fluss (F_CODE = 4103), 3m Breite, 1m 'Höhe'	142
Abbildung 146: ERFASS_ART = Logische Verbindung	143
Abbildung 147: Logische Verbindung bei Seen	143
Abbildung 148: Erfasster Bach liegt neben dem eigentlichen Bett	144
Abbildung 149: Datenungenauigkeit DGM oder Gewässerobjekt	144
Abbildung 150: Fehlklassifizierung	145
Abbildung 151: DGM deutet auf Untertunnelung hin	145
Abbildung 152: 3D-Modellierung mit DGM-Verschnitt	146
Abbildung 153: Unterschneidung bei Umsetzung ohne Extrusion	147
Abbildung 154: Extrusion auf maximale Seehöhe	147
Abbildung 155: Extrusion um einheitlichen Betrag	147
Abbildung 156: Mattsee (Meereshöhe 503) mit DGM-Unterschneidung; links ein Becken mit einfacher Extrusion auf DGM-Höhe	148
Abbildung 157: Mattsee um 50cm 'angehoben' (Extrusion); keine Unterschneidung mehr	148
Abbildung 158: Obertrumersee, Grabensee und Mattsee in der Übersicht (Seehöhe + 50cm)	148
Abbildung 159: Ergebnis der semantischen Integration von DGM und Seen [Koch 2006]	149
Abbildung 160: Fließgewässer münden in einen See mit fester, absoluter Höhe	150
Abbildung 161: Nahtloser Übergang von See in Fluss (beide mit DGM-basierender Höhe mit 50cm Extrusion)	150
Abbildung 162: Waldobjekt - übernommen wurde die maximale Höhe, DOM als TIN.	151

Abbildung 163: Gleiches Waldobjekt, 50% Transparenz, man erkennt die niedrigere Durchschnittshöhe innerhalb des Objekts.....	152
Abbildung 164: Waldobjekt mit gemittelter Höhe (mittlere Höhendifferenz innerhalb des Objekts) ...	152
Abbildung 165: Workflow für die Erzeugung der Objektgeometrien von Hochspannungsleitungen [Donaubauer et al., 2016].....	153
Abbildung 166: Erzeugte Mast- und Seilgeometrie (Erdseil und Leiterseile)	154
Abbildung 167: Aufsicht - erzeugte Mast- und Seilgeometrie	155
Abbildung 168: Abbildung der in den 2D-DLM enthaltenen Attribute auf CityGML	155
Abbildung 169: 3D-WebClient: Erzeugte Hochspannungsleitungen und Strommasten (Erzeugung der Objekte erfolgte im Rahmen des Projekts VoDLM3D) [Abschlussbericht – VoDLM3D, 2015] ...	156
Abbildung 170: Wasserturm eindeutig in Orthophoto (links) und DSM (rechts) 0,5 zu identifizieren .	157
Abbildung 171: Wasserturm im DSM 0,5 (Vordergrund).....	157
Abbildung 172: Wasserturm als Zylinder-Symbol mit Durchmesser: 7,8 Meter, Höhe: 21,5 m.....	157
Abbildung 173: Turm / Warte - links Orthophoto / rechts DSM 0,5m	158
Abbildung 174: Turm / Warte im DSM 0,5.....	158
Abbildung 175: Turm / Warte als Symbol dem DSM hinterlegt (Höhe: 4,5m, Durchmesser: 4,5m) ...	159
Abbildung 176: Turm / Warte auf DGM	159
Abbildung 177: Aussichtsturm nicht lokalisierbar (Beispiel 1)	160
Abbildung 178: Aussichtsturm nicht lokalisierbar (Beispiel 2).....	160
Abbildung 179: Darstellung in 2D und in 3D (Durchmesser 4m, Höhe aus DOM, Bodenhöhe DGM)	160
Abbildung 180: Windräder im DSM (weiße Rahmen)	161
Abbildung 181: Höhengspitze eines Windrads.....	162
Abbildung 182: Höhenmessung in ArcScene.....	162
Abbildung 183: Windrad symbolisiert – Durchmesser 2m (links mit DSM / rechts ohne DSM)	163
Abbildung 184: Windräder sind im LAS-Viewer eindeutig zu erkennen.....	163
Abbildung 185: Orthogonale Ansicht (LAS als TIN): Positionen des Windrades aus dem DLM als rotes Kreuz, Position aus Datensatz der Hausumringe (Gebaeude_BY.shp): Roter Kreis	164
Abbildung 186: Extrudierter Windrad-Grundriss (Bodenhöhe: DGM), Extrusion auf DOM	165
Abbildung 187: Sender mit berechneter Höhe	166
Abbildung 188: Darstellung des Senders im Gelände (links mit DSM / rechts ohne DSM)	166
Abbildung 189: ‚Mast‘ in ArcScene - Durchmesser 2m / Höhe 3,5 m	167
Abbildung 190: Sender im Wald.....	168
Abbildung 191: Fernmeldeturm in LiDAR-Daten (ist deutlich höher als die Umgebung)	169
Abbildung 192:Orthogonale Ansicht (LAS als TIN): Position des Fernmeldeturms im DLM als rotes Kreuz / Position aus dem Datensatz der Hausumringe (Gebaeude_BY.shp): Roter Kreis	169
Abbildung 193: Extrudierter Funkturm (Bodenhöhe: DGM), Extrusion auf DOM.....	177

Anhang

Teilnehmerliste des Workshops “Anforderungsanalyse für ein 3D Digitales Landschaftsmodell“ (am 27.06.2016 an der TUM):

AUFTRAGGEBER

	Name	Position
Bundesamt für Eich- und Vermessungswesen	Michael Franzen	Leiter der Gruppe Vermessungswesen
Landesamt für Digitalisierung, Breitband und Vermessung Bayern	Michael Ortner	Vertretung von Dr. Robert Roschlaub
Landesamt für Geoinformation und Landentwicklung Baden-Württemberg	Berthold Klauser Manfred Gültlinger	Abteilungsleiter - Produktion

AUFTRAGNEHMER

	Name	Position
Runder Tisch GIS e.V.	Dr. Gabriele Aumann	Geschäftsführerin

PROJEKT BETEILIGTE

	Name	Position
M.O.S.S. Computer Grafik Systeme GmbH	Georg Fiutak Philipp Willkomm	2. Vorstand des RT GIS e.V. und Projektleiter
TU München - Lehrstuhl für Geoinformatik	Prof. Thomas H. Kolbe Dr. Andreas Donaubauer Caroline Marx	1. Vorstand des RT GIS e.V.

EXTERNE TEILNEHMER

	Name	Position
LfL - Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft	Dr. Xaver Zenger	
LOC - Leonhard Obermeyer Center	Stefan Kaufmann	Geschäftsführer
Obermeyer Planen + Beraten GmbH	Wolfhard Franken	
Planungsverband Äußerer Wirtschaftsraum München	Robert Triebel	

<i>TU München - Lehrstuhl für Bodenordnung und Landentwick- lung</i>	Nina Kiehlbrei	
<i>Verwaltung für Ländliche Entwick- lung - Bereich Zentrale Aufgaben</i>	Barbara Donaubaue	

Bedeutung der Farbgebung:

- *Dunkelgrün*: 'Die Anwendung erfordert ein 3D-DLM'
- *Hellgrün*: 'Ein 3D-DLM erweitert die Möglichkeit'

Notwendige Objektarten						
DGM	Gebäude	Straßen	Schienen	Brücken	Tunnel	Gewässer

allg. (ortsbildprägende)
Sonderbauten

Anwendungsszenarien	Sichtbarkeitsanalyse	x	LoD1 / LoD2	LoD3	LoD1				
	Verschattungsanalyse	x	LoD1 / LoD2	LoD3			(LoD1)		
	Standortplanung	x	LoD2 (LoD3)		LoD1	x			(LoD1)
	Infrastrukturbau und Stadtplanung	x	LoD2	LoD2	LoD0			x	x
	Beleuchtungssimulation	x		LoD3	x	x	x	x	
	Flugsicherung	x	LoD1 / LoD2	mind. LoD2			(LoD2)		
	Detonationssimulation	x	LoD3				x	x	
	Trainingssimulatoren (Auto / Tram)	x	LoD2	LoD3	(LoD2)	(LoD2)	(mind. LoD2)	(LoD4)	
	Mobilität	x	LoD1		(LoD0-LoD2)	x	(LoD2)	(LoD2)	
	Energieplanung	x	LoD2						
	Überflutung	x	LoD1		(LoD0)	(LoD0)	(LoD1)	(LoD2)	(LoD1)
	Landwirtschaft und Forstmanagement	x			x				
	Lärmausbreitung	x	LoD1		LoD2	x	x	x	
	Tourismus	x		LoD2	LoD0				LoD1

		Notwendige Objektarten				
		Vegetation	Stadtmöblierung	Leitungen	Sonstiges	
			allg.	Sonstiges	Tierhaltungs- anlagen	Sonstiges
Anwendungsszenarien	Sichtbarkeitsanalyse	LoD2 (Art des Waldes)		Verkehrsschilder / Laternen	LoD0 / LoD1	
	Verschattungsanalyse	LoD2	x		LoD0 / LoD1	
	Standortplanung	LoD2				Modelle der zu errichtenden Anlagen
	Infrastrukturbau und Stadtplanung	(LoD1)			x	Digitale Bauleitpläne (2D)
	Flugsicherung	(LoD2)			(LoD0 / LoD1)	
	Detonationssimulation	(LoD2)	x		x	
	Trainingssimulatoren (Auto / Tram)	LoD1	x			Haltestellen, Verkehrszeichen, Fahrbahnmarkierungen
	Mobilität			fahrbahnahe Schilder o.ä.	x	
	Energieplanung	(LoD2)				
	Überflutung				LoD1	Dämme / Durchlässe / Bodenbedeckung
	Landwirtschaft und Forstmanagement	mind. LoD2				Landschaftselemente / Bodenbedeckung / Entwässerungsgräben / Dämme
	Lärmausbreitung	LoD2	x			
Tourismus	(LoD1)			(LoD0 / LoD1)		