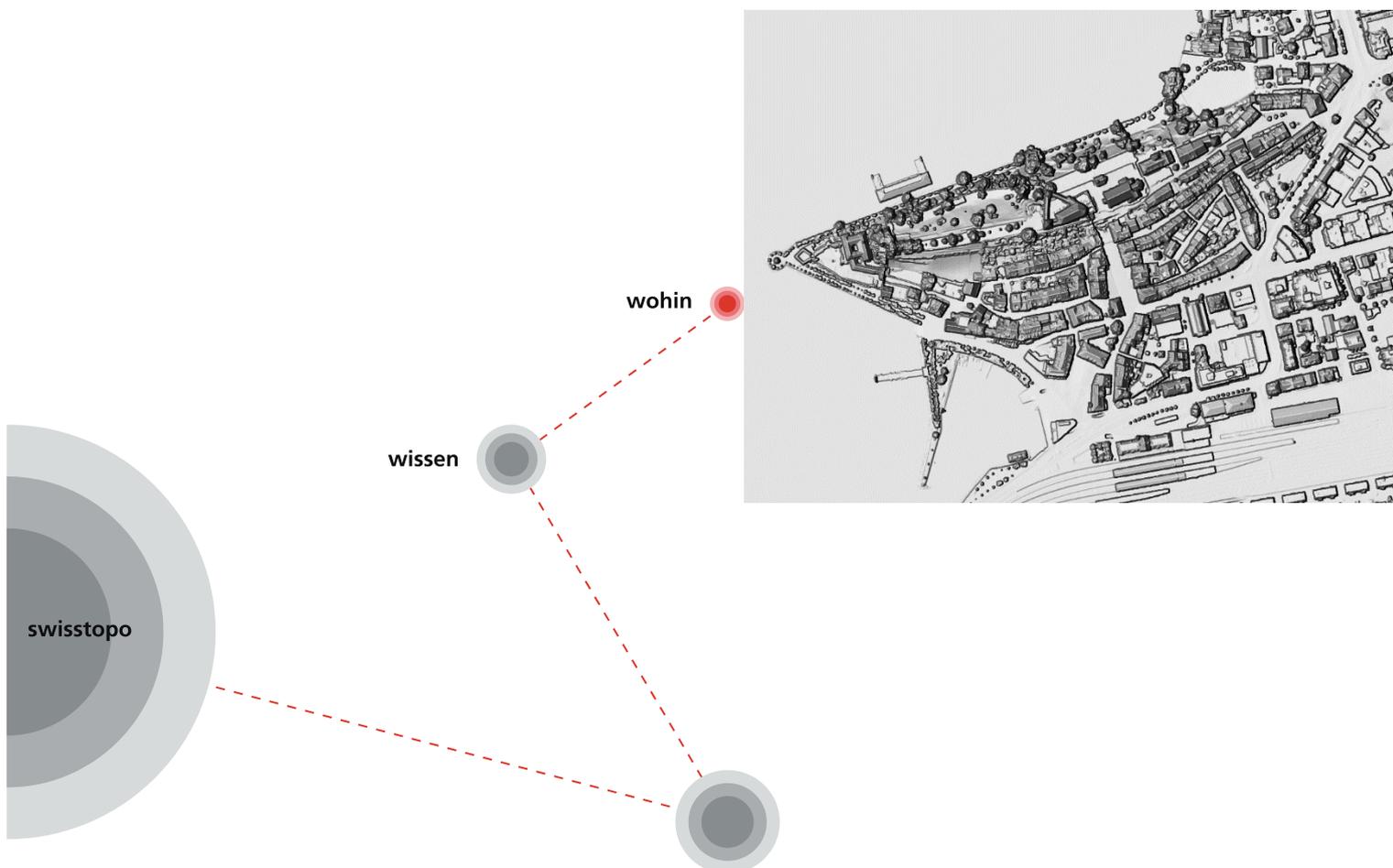


swissSURFACE^{3D} Raster

Das hoch aufgelöste Oberflächenmodell der Schweiz



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Bundesamt für Landestopografie swisstopo
Office fédéral de topographie swisstopo
Ufficio federale di topografia swisstopo
Uffizi federal da topografia swisstopo

www.swisstopo.ch

Inhaltsverzeichnis

1	swissSURFACE ^{3D} Raster.....	3
1.1	Kurzbeschreibung	3
1.2	Dateninhalt und Datenmodell.....	4
1.3	Geografische Ausdehnung	5
1.4	Planung	6
1.5	Datenformate	6
1.6	Auflösung und Koordinatensystem	7
1.7	Metadaten	8
1.8	Einsatzbereiche.....	9
2	Datenbezug	9
2.1	Auskunft und Bestellung	9
2.2	Preis	9
2.3	Nutzungsbedingungen	9
2.4	Lieferung	10
3	Produktion	10
3.1	Ausgangslage	10
3.2	Grundlagedaten und Produktionsablauf	10
3.3	Qualitätskontrolle	11
3.4	Nachführung.....	11
3.5	Einschränkungen bei der Herstellung von swissSURFACE ^{3D} Raster	12

1 swissSURFACE3D Raster

1.1 Kurzbeschreibung

swissSURFACE^{3D} Raster ist ein digitales Oberflächenmodell (DOM), welches die Form der Erdoberfläche abbildet, wobei beständigen und sichtbare Landschaftselemente wie Boden, Bewuchs, Wälder, Hochbauten und weitere Kunstbauten einbezogen werden. Davon ausgeschlossen sind Hochspannungsleitungen und Masten. swissSURFACE^{3D} Raster basiert auf den airborne LiDAR-Daten von swissSURFACE^{3D}.

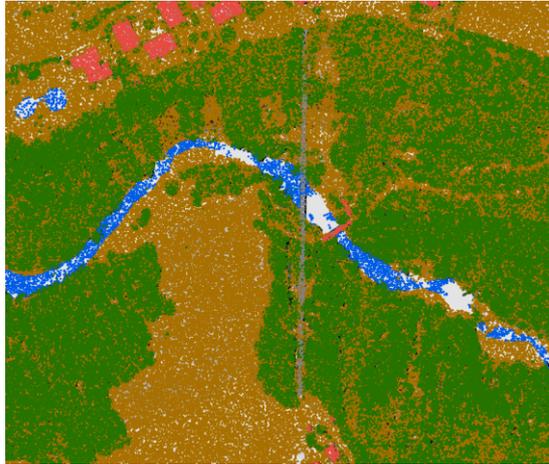


Abbildung 1: Vogelperspektive der Haggenbrücke bei St.Gallen, Lidarpunktwolke des Datensatzes swissSURFACE^{3D}

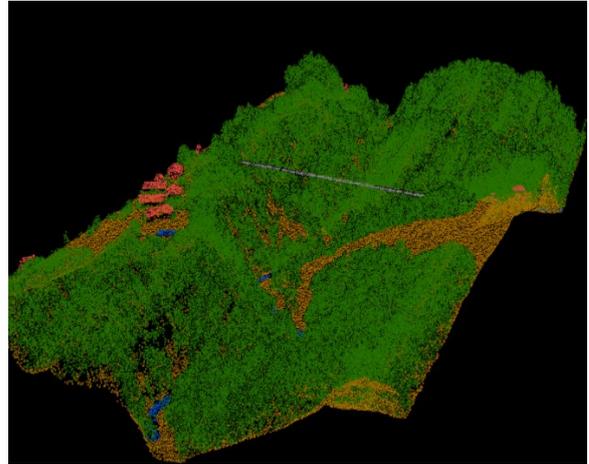


Abbildung 2: 3D-Ansicht des gleichen Ausschnitts und des gleichen Datensatzes

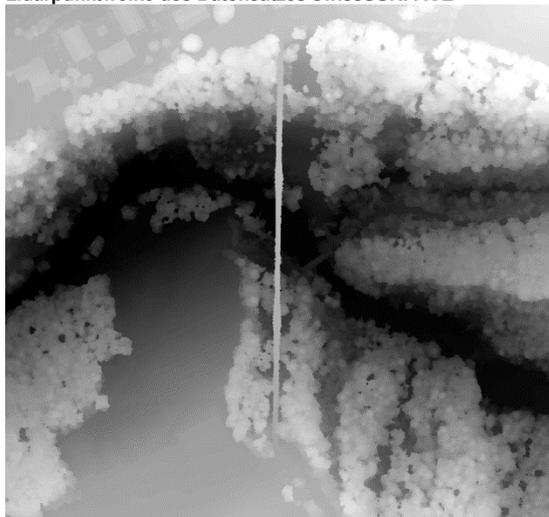


Abbildung 3: Gleicher Ausschnitt, digitales Oberflächenmodell swissSURFACE^{3D} Raster



Abbildung 4: Gleicher Ausschnitt, multidirektionale Reliefschattierung des DOM swissSURFACE^{3D} Raster

1.2 Dateninhalt und Datenmodell

swissSURFACE^{3D} Raster repräsentiert das DOM als Rasterdatensatz oder Punktwolke (xyz-Datei, textbasiertes Format) in einem regelmässigen Gitter mit einer Maschenweite von 0.5m. Jede Rasterzelle respektive jeder Punkt der Punktwolke weist genau einen Höhenwert auf. Dieser wird durch eine Interpolation aus den Höhenwerten der LiDAR-Punkte ermittelt. Das dem Raster zugrundeliegende Gitter wird an dem schweizerischen Koordinatensystem CH1903+ / LV95 ausgerichtet. Aufgeteilt wird der Datensatz in Kacheln von 1km². Für die Indexierung werden die vier ersten Ziffern der südwestlichen Koordinaten der jeweiligen Kachel verwendet.

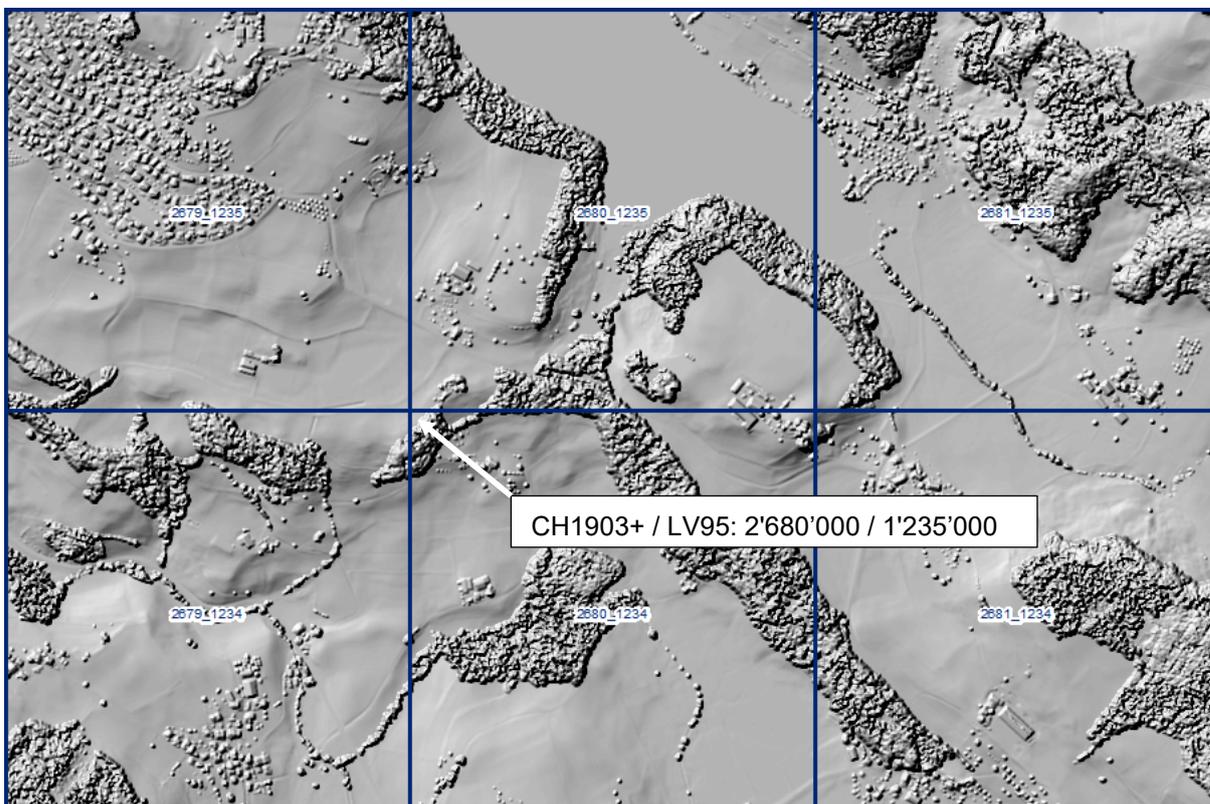


Abbildung 5: Kacheleinteilung swissSURFACE^{3D} Raster

1.3 Geografische Ausdehnung

swissSURFACE^{3D} Raster wird langfristig die gesamte Fläche der Schweiz und des Fürstentums Liechtenstein abdecken. Momentan befindet sich das Produkt in der Aufbauphase und wird jedes Jahr um etwa einen Sechstel der Schweiz ergänzt. Der Produktperimeter folgt nicht exakt der Schweizer bzw. Liechtensteiner Grenze (schwarz eingezeichnet in Abbildung 6). Er wird durch km²-Kacheln definiert, welche die Landesgrenzen der Schweiz oder des Liechtensteins berühren oder von solchen Kacheln umgeben sind. Ebenso sind auch die im Ausland liegenden Seeufer der grenzdefinierenden Seen Bodensee, Lac Léman, Lago di Lugano, Lago di Lei, Lago di Livigno und Lago Maggiore vollständig Teil des Perimeters. Kacheln, die auf der Grenze von zwei Aufbauzyklen liegen, werden zwei Mal produziert.

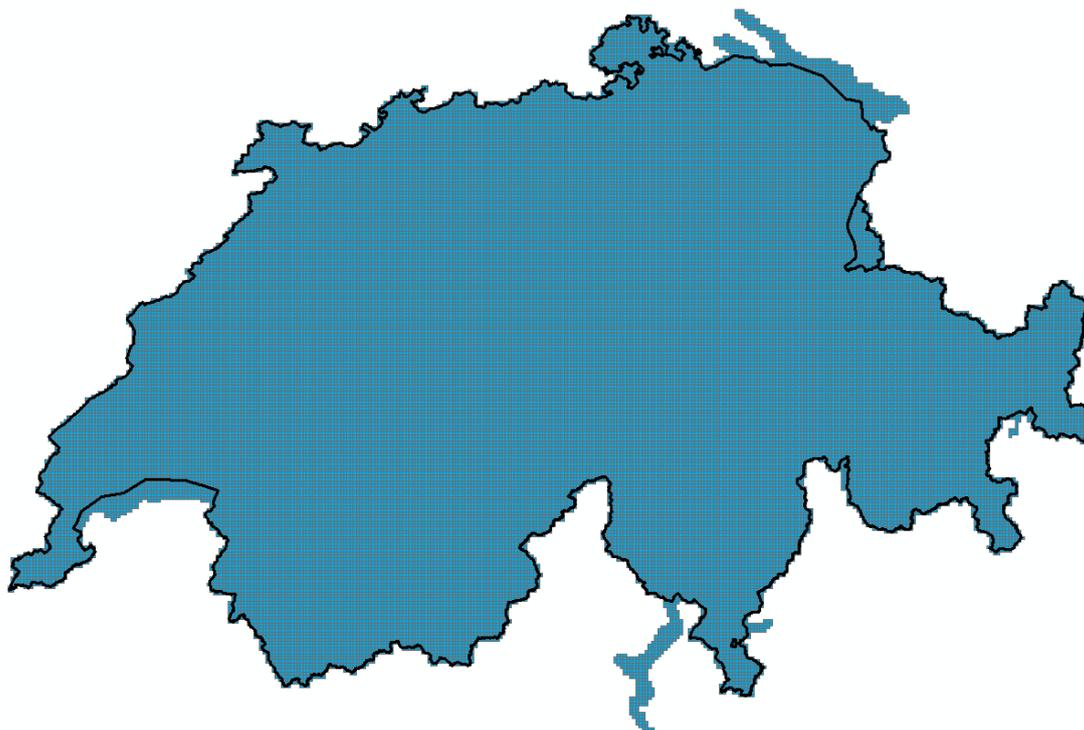


Abbildung 6: Geografische Ausdehnung von swissSURFACE^{3D} Raster

1.4 Planung

Da swissSURFACE^{3D} Raster direkt aus den LiDAR-Daten von swissSURFACE^{3D} abgeleitet wird, hängt der Zeitplan von dem Produktionsablauf des Letzteren ab. In der unten angefügten Abbildung und Tabelle sind die Realisierungseinheiten der LiDAR-Befliegung für swissSURFACE^{3D}, wie auch die geplanten Publikationstermine für swissSURFACE^{3D} Raster ersichtlich. Geplant ist, dass der gesamte Perimeter bis 2025 publiziert wird. Aufgrund der grossen und topografisch komplexen Teilgebiete Graubünden sowie Wallis und Bern besteht eine gewisse Unsicherheit in der Planung, die sich in teilweise Verzögerungen um ein Jahr in der Publikation von swissSURFACE^{3D} Raster widerspiegeln (siehe Abbildung 7: Geplante Publikationsetappen swissSURFACE^{3D}). Die Etappen für die Publikation sehen wie folgt aus:

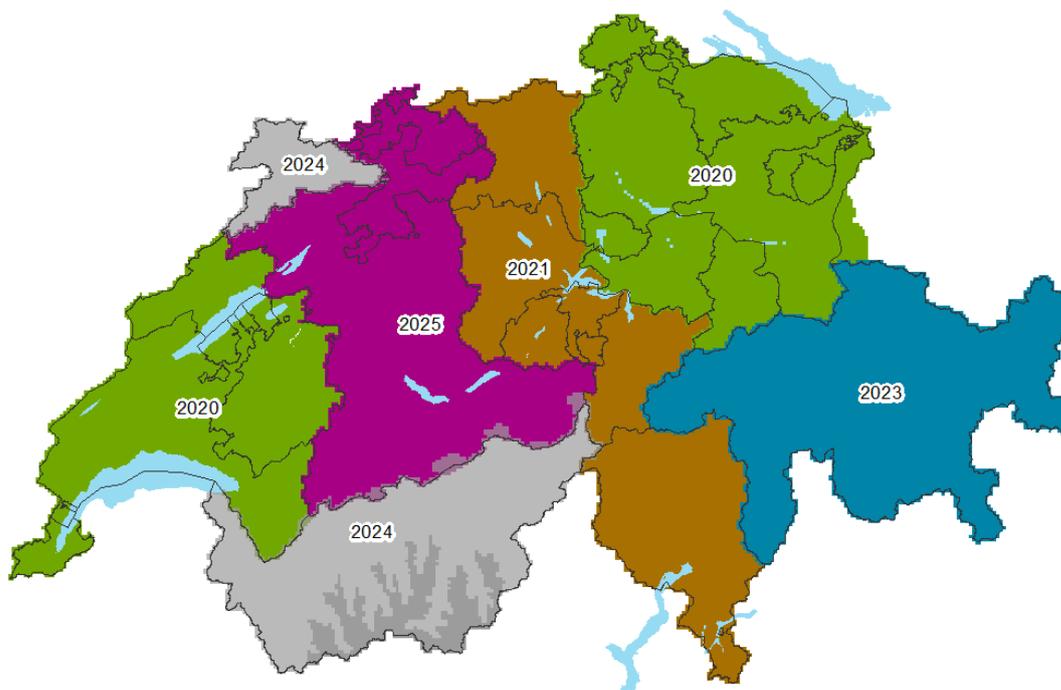


Abbildung 7: Geplante Publikationsetappen swissSURFACE^{3D}

Tabelle 1: Planung der Datenerfassung für swissSURFACE^{3D} und Publikation von swissSURFACE^{3D} Raster

Realisierungseinheit LiDAR-Befliegungen	Kantone	Publikation swissSURFACE ^{3D} Raster
RE 2017/2018	AI, AR, FL, GL, SG, SH, SZ, TG, ZG, ZH	2020
RE 2018/2019	FR, GE, NE, VD	2020
RE 2019/2020	AG, LU, NW, OW, UR, TI	2021
RE 2020/2021	GR	2023
RE 2021/2022	JU, VS	2024
RE 2022/2023	BE, BL, BS, SO	2025

1.5 Datenformate

swissSURFACE^{3D} Raster wird in drei Standardformaten zur Verfügung gestellt. Je nach Format kann der Inhalt der gelieferten Daten leicht variieren.

TIFF / TFW

Das binäre Format wird oft als Standard für die Speicherung von Rasterdaten verwendet. Jeder Höhenwert Z wird als Gleitkommazahl gespeichert, wobei die Anzahl Nachkommastellen der Höhenwerte systemabhängig ist und somit variieren kann. Die Georeferenzierung der Daten ist in diesem Format nicht inhärent und erfolgt deshalb mittels TFW-File.

ESRI ASCII Grid

Das textbasierte proprietäre ESRI ASCII-Grid-Format kann zur Übertragung von zellenbasierten Informationen genutzt und anschliessend mittels entsprechender Software wieder als Rasterdatensatz angezeigt werden. Die Datenstruktur besteht aus Headerinformationen gefolgt von Zellenwertinformationen. Im Header werden die Rastereigenschaften wie Anzahl Zeilen und Spalten, Koordinaten des Rasterursprungs (linke untere Zelle des Rasters) und die Zellengrösse angegeben. Die unterhalb der Headerinformationen aufgeführten Ziffern entsprechen den Höhenwerten, der an der jeweiligen Position liegenden Rasterzelle. Die erste Zelle liegt in der nordwestlichen Ecke der Kachel. Innerhalb einer Zeile werden die verschiedenen Zellenwerte mit Leerzeichen getrennt. Am Zeilenende wird mittels Absatzzeichen der Übergang auf die darauffolgende Zeile definiert. Der erste Wert gehört zur nordwestlichsten Zelle der Kachel.

Die Höhenwerte von swissSURFACE^{3D} werden innerhalb der ASCII-Datei mit zwei Nachkommastellen angegeben.

In Abbildung 8 ist ein Ausschnitt der Kachel 2704_1231 als ESRI ASCII GRID Datei dargestellt, rechts davon die Reliefschattierung der ganzen Kachel. Da sich im Nordwesten der Kachel eine Seefläche befindet, variieren die Höhen im entsprechenden Beispiel nicht.

```
ncols 2000
nrows 2000
xllcorner 2704000
yllcorner 1231000
cellsize 0.5
nodata value -9999
406.05 406.05 406.05 406.05 406.05
406.05 406.05 406.05 406.05 406.05
406.05 406.05 406.05 406.05 406.05
406.05 406.05 406.05 406.05 406.05
406.05 406.05 406.05 406.05 406.05
406.05 406.05 406.05 406.05 406.05
406.05 406.05 406.05 406.05 406.05
406.05 406.05 406.05 406.05 406.05
406.05 406.05 406.05 406.05 406.05
406.05 406.05 406.05 406.05 406.05
```

Abbildung 8: ESRI ASCII GRID Filestruktur



Abbildung 9: Reliefschattierung der Kachel 2704_1231

ASCII X, Y, Z single space

Das Format "ASCII X,Y,Z single space" ist das einzige Datenformat, welches keine direkte Darstellung von Rasterzellen zulässt. Stattdessen erfolgt die Darstellung in Form von Einzelpunkten mit Koordinaten x und y, denen jeweils ein Höhenwert z zugeordnet ist (siehe Abbildung 10). Ein Punkt des "ASCII X,Y,Z single space"-Formats wird immer im Zentrum einer Rasterzelle positioniert. Der zugehörige Höhenwert entspricht jenem der Rasterzelle, in der sich der Bezugspunkt befindet. Abbildung 11 zeigt den Unterschied zwischen den Rasterformaten und dem „ASCII X, Y, Z single space“-Format. Beim ersteren bezieht sich der Höhenwert auf eine Rasterzelle. Die xyz-Datei referenziert die Höheninformation hingegen auf einen Punkt in der Mitte der Rasterzelle.

```
x y z
2704435.75 1231981.75 405.82
2704436.25 1231981.75 405.77
2704436.75 1231981.75 411.5
2704437.25 1231981.75 411.5
2704437.75 1231981.75 411.5
2704438.25 1231981.75 411.51
2704438.75 1231981.75 411.51
2704439.25 1231981.75 411.51
2704439.75 1231981.75 411.54
2704440.25 1231981.75 411.55
```

Abbildung 10: Struktur eines xyz-files

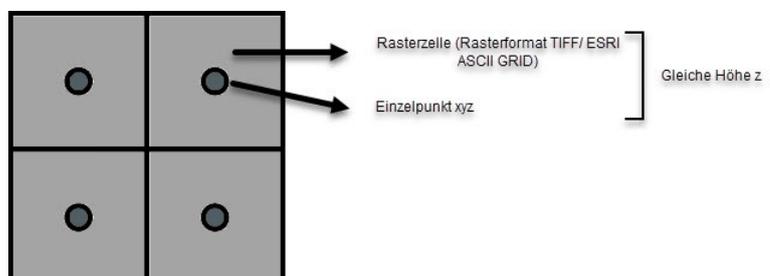


Abbildung 11: Vergleich Raster- und Punktdaten

1.6 Auflösung und Koordinatensystem

swissSURFACE^{3D} Raster wird ausschliesslich mit einer Auflösung von 0.5 Metern und im Koordinatensystem LV95/LN02 angeboten.

1.7 Metadaten

Die Metadaten zu swissSURFACE^{3D} Raster werden in einem shapefile mitgeliefert. Da swissSURFACE^{3D} Raster von LiDAR-Daten (swissSURFACE^{3D}) abgeleitet wird, werden einige Attribute ebenfalls aus den LiDAR-Daten abgeleitet.

Folgende Attribute sind im Metadaten-shapefile enthalten:

Tabelle 2: Metadatenattribute von swissSURFACE^{3D} Raster

<i>Tilekey</i>	Kachel-Index: Entspricht den ersten vier x- und y-Koordinatenziffern der südwestlichen Ecke der Kachel.
<i>ReleaseKey</i>	Veröffentlichungsattribut, inkrementell: jede Veröffentlichung eines Teilgebiets erhält eine neue Nummer.
<i>Version</i>	Kachelversion: Kacheln können doppelt vorkommen (z.B. weil sie korrigiert wurden). Ausgeliefert wird jeweils nur die neueste Version.
<i>Fly_y_min</i>	Flugjahr, in welchem die Befliegung der Kachel gestartet wurde.
<i>Fly_y_max</i>	Flugjahr, in welchem die Befliegung der Kachel beendet wurde.
<i>hist_bin</i>	Flugtage, an welchen die Kachel aufgenommen wurde, ab Starttag 0 der dem Tag in <i>time_min_g</i> entspricht. Die einzelnen Flugtage werden durch ein Komma getrennt.
<i>hist_nb</i>	Anzahl LiDAR-Punkte die pro Tag der Befliegung der Kachel aufgenommen wurden. Diese Angabe gibt einen Überblick über die zeitliche und räumliche Verteilung der Kachelaufnahme.
<i>Time_min_g</i>	Start der LiDAR-Befliegung pro Kachel.
<i>Time_max_g</i>	Ende der LiDAR-Befliegung pro Kachel.
<i>Nb_day_fli</i>	Anzahl Flugtage, die für die Aufnahme der Kachel benötigt wurden.
<i>StatusDate</i>	Publikationsdatum.
<i>ImportDate</i>	Datum der Überführung in die Publikationsumgebung.
<i>MD5</i>	Hashwert.
<i>UUID</i>	Unique Identifier.
<i>Shape_Leng</i>	Geometrieattribut: Länge des Kachelumrisses.
<i>Shape_Area</i>	Geometrieattribut: Fläche der Kachel.

Folgendes Beispiel soll der Veranschaulichung für die Verwendung der Metadaten dienen:

TileKey	ReleaseKey	Version	Fly_y_min	Fly_y_max	hist_bin	hist_nb	time_min_g	time_max_g	nb_day_fli
1 2704_1231	1	1	2018	2018	0,10,18	424943,373525,8970057	20180325	20180412	3

Abbildung 12: Metadatenbeispiel der Kachel 2704_1231, Release 2020

Die LiDAR-Befliegung der Kachel 2704_1231 wurde im Jahr 2018 gestartet und im gleichen Jahr beendet. Insgesamt wurden die Daten für diese Kachel an 3 Tagen erfasst. An Tag 0 wurden ungefähr 425000, zehn Tage später wurden ca. 374000 und 18 Tage später fast 9 Mio. Punkte erfasst. Die meisten Punkte innerhalb der Kachel wurden also am 12. April (*time_min_g* + 18) erfasst, womit auch ein Grossteil der entsprechenden swissSURFACE^{3D} Raster-Kachel den Oberflächenzustand an diesem Datum zeigt. Solche Informationen können beispielsweise von Nutzen sein, wenn Untersuchungen im Bereich der Forstwirtschaft gemacht werden. Die Metadaten geben allerdings keine räumliche Verteilung der Aufnahmezeitpunkte wieder.

1.8 Einsatzbereiche

Die Einsatzmöglichkeiten von swissSURFACE^{3D} Raster sind vielfältig. Es kann beispielsweise für folgende Anwendungen genutzt werden:

- Abfluss- und Massenbewegungsmodelle unter Berücksichtigung von Vegetation und Bauten
- Herstellung von (True)-Orthophotos
- Modellierung des Sonnenenergiepotentials für Gebäudedächer, Fassaden etc.
- Rendering von 3D-Visualisierungen
- Line-of-sight Berechnungen
- Biomassenmodellierung für die Forstwirtschaft
- Berechnung von terrain-normalisierten Höhen unter Einbezug von swissALTI^{3D} (z.B. Gebäude Höhe relativ zum Boden)

2 Datenbezug

2.1 Auskunft und Bestellung

Für den Moment ist swissSURFACE^{3D} Raster nicht im Onlineshop bestellbar. Wenden Sie sich deshalb bitte für Auskünfte und Bestellungen an die Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter der Geodatenabgabe (geodata@swisstopo.ch).

2.2 Preis

swissSURFACE^{3D} Raster ist ein Geobasisdatensatz des Bundes und unterliegt somit der Gebührenverordnung des Bundesamtes für Landestopografie (GebV-swisstopo). Der Preis entspricht demjenigen von swissALTI^{3D} und hängt von der Fläche und vom Lizenztyp ab. Auch diesbezüglich können Sie sich gerne an geodata@swisstopo.ch wenden.

2.3 Nutzungsbedingungen

Die Nutzung von swissSURFACE^{3D} Raster setzt eine Lizenz voraus. Der Lizenztyp wird durch die Art der Datennutzung bestimmt. Die verschiedenen Lizenztypen können über den unten angefügten Link eingesehen werden. Mit der Lizenzierung erhält der Kunde die Nutzungsbestimmungen und die Einwilligung zur Nutzung der Daten. Das Eigentum an den Daten verbleibt in jedem Fall beim Bundesamt für Landestopografie.

Informationen zu den verschiedenen Lizenztypen:

<https://www.swisstopo.admin.ch/de/swisstopo/rechtsgrundlagen/lizenzen.html>

2.4 Lieferung

swissSURFACE^{3D} Raster wird in Kacheln von einem Quadratkilometer geliefert. Eine Kachel kann nicht weiter aufgeteilt werden. Es werden alle Kacheln geliefert, die sich innerhalb des bestellten Perimeters befinden oder durch diesen berührt werden. Der Preis wird aufgrund der Fläche des bestellten Perimeters berechnet. Je nach Datenmenge wird swissSURFACE^{3D} Raster per FTP oder per Post auf einem Datenträger (USB-Stick oder Festplatte) zugestellt.

3 Produktion

3.1 Ausgangslage

Vorgänger von swissSURFACE^{3D} Raster ist das DOM, welches mit Hilfe der ersten Generation von LiDAR-Daten und in Hochgebirgslagen mittels Höhenmodell DTM25 erstellt wurde. Es ist nach der Ersterfassung nicht mehr nachgeführt worden. Seit 2017 werden neue LiDAR-Daten für die ganze Schweiz erfasst. Diese Daten weisen eine hohe Präzision und Punktdichte auf und eignen sich ausgezeichnet für die Herstellung eines Oberflächenmodells. Mit einem aktuellen Oberflächenmodell in Rasterformat wird zugleich dem Kundenwunsch nach einer alternativen Form der LiDAR-Daten entsprochen.

3.2 Grundlagedaten und Produktionsablauf

Grundlage für swissSURFACE^{3D} Raster bilden die LiDAR-Punktwolken von swissSURFACE^{3D}. Aus den LiDAR-Daten werden folgende Punkteklassen zur Generierung der Oberfläche verwendet:

- Boden (Klasse 2)
- Vegetation (Klasse 3)
- Gebäude (Klasse 6)
- Gewässer (Klasse 9) für kleinere Gewässerflächen
- Brücken, Stege, Viadukte (Klasse 17)

Bei grösseren Gewässern treten oft Fehler in der Triangulation der Oberfläche auf (Abbildung 13), da die Ufergebiete nicht immer klar modelliert sind oder zu verschiedenen Zeitpunkten mit unterschiedlichen Wasserständen aufgenommen wurden.

Um diese unsaubere Triangulation der Gewässeroberflächen zu beheben, werden die Gewässervektoren der Bodenbedeckungsklassen *stehende Gewässer* und *Fliessgewässer* aus dem topografischen Landschaftsmodell (swissTLM^{3D}) hinzugezogen (Abbildung 14). Diese ermöglichen eine bessere Modellierung von Flussufern grösserer Flüsse (mind. 5m Breite) und Seeufern (Abbildung 15).



Abbildung 13: Interpolationsfehler Gewässer



Abbildung 14: Gewässervektoren (blau)



Abbildung 15: swissSURFACE^{3D} Raster nach den Verbesserungen mittels Gewässervektoren und spike-free Algorithmus

Der Produktionsablauf erfolgt automatisch. Die wichtigsten Schritte (stark vereinfacht) sehen wie folgt aus:

1. Generieren von Polygonflächen basierend auf den Bodenbedeckungsklassen Fließgewässer und stehende Gewässer von swissTLM^{3D} und Erzeugung synthetischer Wasserpunkte innerhalb dieser Polygone. Wasserpunkte innerhalb der Seen erhalten eine konstante Höhe. Da Flüsse nicht eben sind, müssen auch die Höhen der Wasserpunkte darin variieren. Durch Triangulation der Stützpunkte der Flussufer werden verschiedene Polygonflächen pro Fluss für alle grösseren Flüsse generiert, jede mit einer eigenen Höhe. Den Wasserpunkten werden die Höhen der jeweiligen Polygonflächen zugewiesen. Die Neigung des Flusses wird so approximiert.
2. Sämtliche als Wasser klassifizierten LiDAR-Punkte innerhalb der zuvor generierten Polygonflächen werden gelöscht und durch die synthetischen Wasserpunkte ersetzt.
3. Zusammenführung der synthetischen Wasserpunkte mit der restlichen LiDAR-Punktwolke (Punktklassen 2, 3, 6, 17 und 9 für kleinere Gewässerflächen).
4. Transformation von Punktwolke zu Raster: Triangulation mittels «spike-free» Algorithmus und Interpolation des DOM Rasters.
5. Ableiten der verschiedenen Datenformate.

Die in Schritt 4 beschriebene Triangulation mittels spike-free Algorithmus in lastools ermöglicht eine verbesserte Repräsentation der Oberfläche von Vegetationsflächen und Gebäudedächern (Abbildung 17). Diese weisen ohne Anwendung des spike-free Algorithmus nadelförmige oder wellenartige Strukturen auf (Abbildung 16). Im Unterschied zur üblichen DSM-Triangulation werden nicht nur *first returns* der Laserpulse zur Erstellung des DOM verwendet. Detailliertere Infos finden sich hier:

<https://rapidlasso.com/2016/02/03/generating-spike-free-digital-surface-models-from-lidar/>

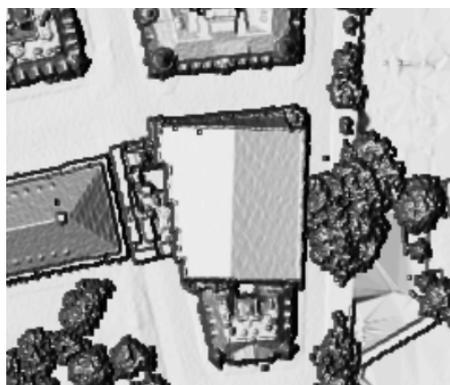


Abbildung 16: Nadelförmige und wellenartige Strukturen bei Bäumen und Dächern

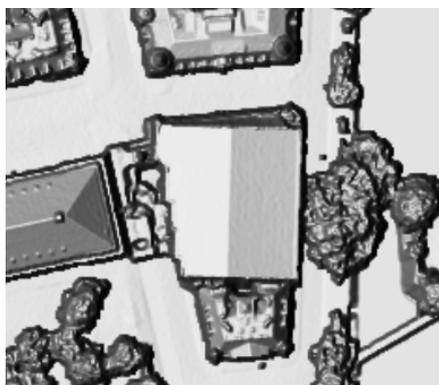


Abbildung 17: Bessere Darstellung nach Anwendung des spike-free Algorithmus

3.3 Qualitätskontrolle

Die Qualitätskontrolle beschränkt sich auf ein Minimum, da das Produkt von swissSURFACE^{3D} abgeleitet wird, welches einer rigorosen Qualitätskontrolle unterzogen wird. Im Wesentlichen wird überprüft, dass Gewässerflächen korrekt interpoliert wurden, also vollständig eben sind, und dass keine Artefakte in Form von «spikes» oder Datenlücken vorhanden sind.

3.4 Nachführung

Aufgrund der Abhängigkeit zu swissSURFACE^{3D} ist eine Nachführung des Produkts swissSURFACE^{3D} Raster nur sinnvoll, wenn ersteres ebenfalls nachgeführt wird. Zum jetzigen Zeitpunkt (2020) ist für beide Produkte keine Nachführung vorgesehen.

3.5 Einschränkungen bei der Herstellung von swissSURFACE^{3D} Raster

Abhängigkeit von swissSURFACE^{3D}

Die Erfassung der LiDAR-Daten kann durch verschiedene Faktoren verzögert werden. Diese Verzögerungen wirken sich direkt auf die Produktion von swissSURFACE^{3D} Raster.

Unterschiedliche Erfassungszeitpunkte der Daten kommen immer wieder vor. Dadurch können sichtbare Übergänge entstehen, beispielsweise, wenn sich der Vegetationszustand zwischen zwei Datenerfassungen stark verändert hat.

Obwohl die Klassifikation der LiDAR-Daten einer strengen Kontrolle unterzogen wird, können Klassifikationsfehler nicht verhindert werden. Diese Fehler können im DOM nicht mehr behoben werden und sind deshalb sichtbar (Abbildung 18: Klassifikationsfehler:).

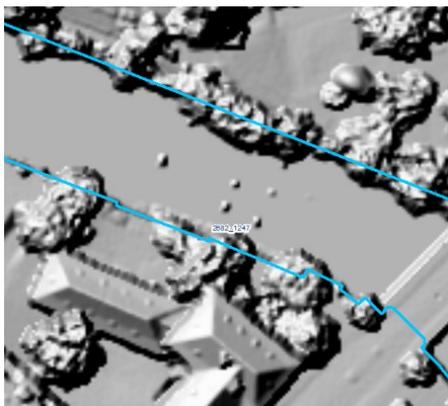


Abbildung 18: Klassifikationsfehler:
Vegetationspunkte auf den Gewässeroberflächen

Gewässerflächeninterpolation

Die Objektklassen Fließgewässer und stehende Gewässer von swissTLM^{3D} werden anhand von Luftbildern periodisch nachgeführt. Der Wasserstand der Gewässer in diesen Luftbildern kann variieren. Wurde die LiDAR-Befliegung bei niedrigem Wasserstand, die als swissTLM^{3D}-Grundlage dienenden Luftbilder jedoch bei hohem Wasserstand geflogen, kann es vorkommen, dass kleine Inseln innerhalb eines Gewässers einen niedrigeren Höhenwert aufweisen, als das Gewässer selber (Abbildung 19).

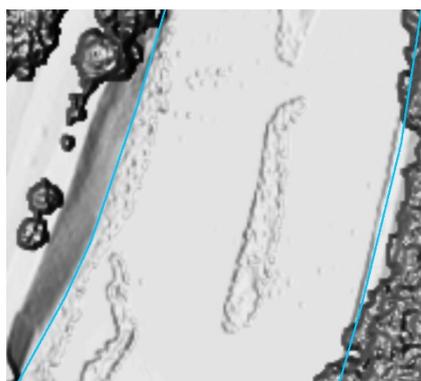


Abbildung 19: Tieferliegende Inseln

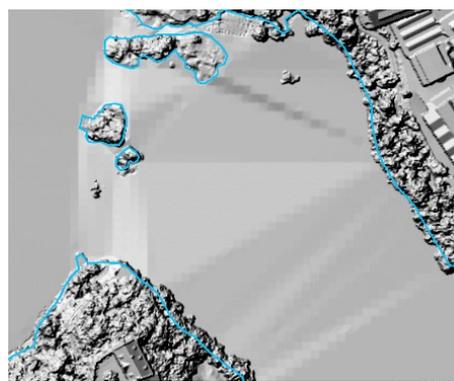


Abbildung 20: Abstufungen im Bereich
des Rheinfalls

Von den swissTLM^{3D} -Fließgewässern werden nur die Uferzonen erfasst. Wie in 3.2 beschrieben, werden Dreiecke zwischen den Stützpunkten der Flussuferlinien erzeugt. Diese Triangulation der Flussuferstützpunkte wird als Abstufung sichtbar, wenn das Gefälle des Flusses gross ist (Abbildung 20).