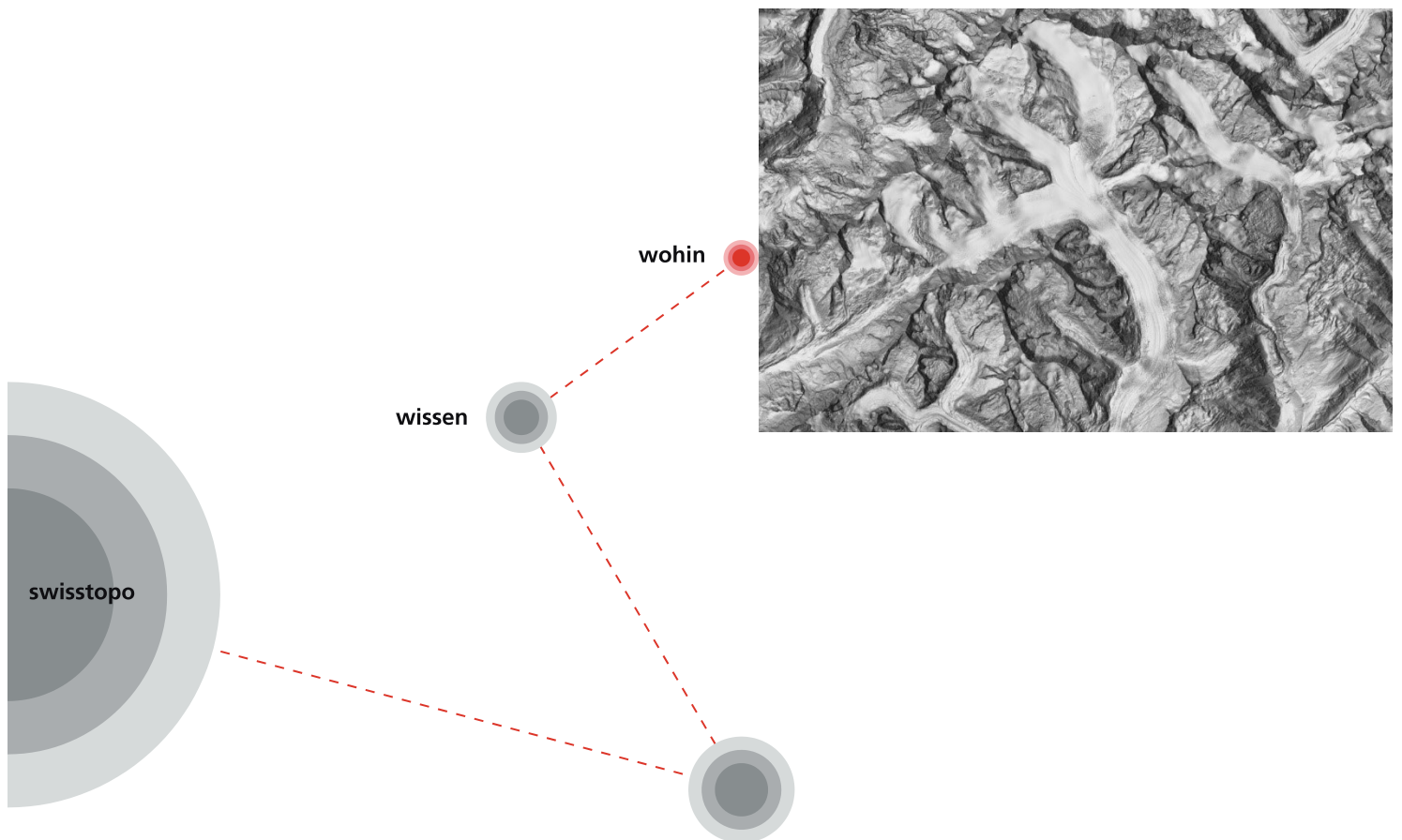


# swissALTI<sup>3D</sup>

## Das hoch aufgelöste Terrainmodell 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](http://www.swisstopo.ch)

# Inhaltsverzeichnis

1	swissALTI <sup>3D</sup> .....	3
1.1	Kurzbeschreibung .....	3
1.2	Dateninhalt und Datenmodell .....	3
1.3	Perimeter .....	4
1.4	Qualität und Genauigkeit .....	4
1.5	Datenformate .....	4
1.6	Auflösung und Datenmengen .....	6
1.7	Koordinatensystem .....	6
1.8	Einsatzbereiche .....	6
1.9	Nachführung und Publikation .....	6
2	Datenbezug .....	7
2.1	Auskunft und Bezug .....	7
2.2	Preis .....	7
2.3	Nutzungsbedingungen .....	7
2.4	Lieferung .....	7
3	Produktion .....	7
3.1	Ausgangslage .....	7
3.2	Grundlagedaten und Produktionsprozesse .....	7
3.2.1	Produktionsumgebung .....	7
3.2.2	Laserdaten .....	8
3.2.3	Stereokorrelation .....	8
3.2.4	Luftbilder .....	8
3.2.5	Manuelle stereoskopische Messungen .....	8
3.2.6	Von den Vektordaten zum Rastermodell .....	8
3.3	Nachführung .....	10
3.3.1	Vorgehensweise .....	10
3.3.2	Nachführungskriterien .....	10
3.3.3	Luftbilder .....	10
3.3.4	Zeitliche Abfolge eines Nachführungsprozesses .....	11
3.3.5	Planung .....	11
3.3.6	Nachführungsbeispiele .....	12
4	Grenzen bei der Modellierung von swissALTI <sup>3D</sup> .....	14
5	Entwicklung von swissALTI <sup>3D</sup> .....	15

# 1 swissALTI<sup>3D</sup>

## 1.1 Kurzbeschreibung

swissALTI<sup>3D</sup> ist ein hoch aufgelöstes digitales Terrainmodell (DTM), welches die Geländeformen der Schweiz und des Fürstentums Liechtenstein ohne Bewuchs und Bebauung beschreibt. Es wird in einem Nachführungszyklus von 6 Jahren aktualisiert.

## 1.2 Dateninhalt und Datenmodell

swissALTI<sup>3D</sup> stellt das DTM als Rasterdatensatz oder als xyz-Datei (textbasiertes Format) in regelmäßigen Gittern mit Maschenweiten von 0,5m, 2m, 5m und 10m dar. Jede Zelle eines Rasters oder jeder Punkt der xyz-Datei enthält einen Höhenwert. Das verwendete Gitter orientiert sich am Schweizerischen Koordinatensystem CH1903+.

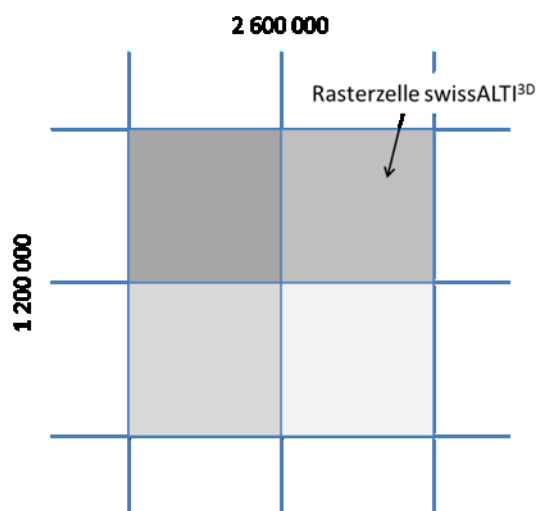


Abbildung 1: Schema des Rastermodells von swissALTI<sup>3D</sup>

Die Höheninformationen für swissALTI<sup>3D</sup> stammen aus verschiedenen Datenquellen. Unterhalb von 2000 m ü.M. liefern Lasermesspunkte die notwendigen Grundlagedaten. Oberhalb von 2000 m ü.M. werden teilweise Lasermesspunkte als Grundlage verwendet. Teilweise werden mittels Stereokorrelation Punktwerte berechnet und falls notwendig gezielt fotogrammetrisch überarbeitet (Integration von Bruchkanten, neuen Messpunkten oder Ausschlussflächen). Für die Nachführungen am DTM kommen hauptsächlich fotogrammetrische Methoden zum Einsatz. Die neuen Höhenwerte werden entweder mittels Stereokorrelation automatisch berechnet oder manuell durch stereoskopische 3D-Messungen generiert. Zusätzlich können alte Daten mit aktuelleren Laserdaten ersetzt werden.

### 1.3 Perimeter

swissALTI<sup>3D</sup> deckt die gesamte Fläche der Schweiz und des Fürstentums Liechtenstein ab. In den Ausgaben 2011 - 2013 reichte der Perimeter bis an die Landesgrenzen. Ab der Ausgabe 2014 ragt der Produktionsperimeter des DTM um 25 Meter über die Landesgrenzen der Schweiz und Liechtenstein hinaus. In Gebieten, wo neue LiDAR-Daten integriert wurden, verläuft der Perimeter entlang quadratischer Kacheln, die die Landesgrenze berühren. Seen entlang von Landesgrenzen wurden vollständig und grenzüberschreitend integriert.

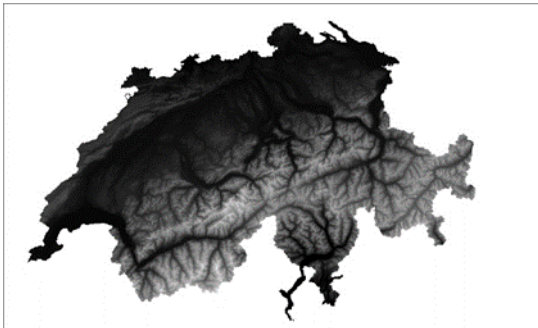


Abbildung 2: Produktabdeckung

### 1.4 Qualität und Genauigkeit

Angesichts der unterschiedlichen Datengrundlagen und Erhebungsmethoden weist swissALTI<sup>3D</sup> keine einheitliche Genauigkeit auf. Zusammenfassend lässt sich die Genauigkeit folgendermaßen beschreiben:

- Unterhalb 2000 m ü.M.:  $\pm 30\text{cm}$   $1\sigma$  (neue LiDAR-Daten)
- Unterhalb 2000 m ü.M.:  $\pm 50\text{cm}$   $1\sigma$  (Stereokorrelation)
- Oberhalb 2000 m ü.M.:  $\pm 1\text{m} - 3\text{m}$   $1\sigma$
- Manuelle Nachführung (Messpunkte, Bruchkanten, Flächen): mittlere Abweichung 25cm – 1m

Die Angaben entsprechen jeweils den Genauigkeiten in allen drei Dimensionen (Lage und Höhe) und beziehen sich auf das feinmaschige 50cm-Raster. Für genauere Informationen zu den verschiedenen Ausgaben (Releases) von swissALTI<sup>3D</sup> wird auf die jährlich erscheinenden Nachführungsinformationen verwiesen ([www.swisstopo.ch](http://www.swisstopo.ch) unter der Rubrik Geodaten und Applikationen > Höhenmodelle > swissALTI3D > Weiterführende Informationen > Dokumente > Nachführungsinformation).

### 1.5 Datenformate

swissALTI<sup>3D</sup> steht in zwei Standardausgabeformaten zur Verfügung. Je nach Format kann der Inhalt der gelieferten Dateien leicht variieren.

#### Cloud optimized GeoTIFF(COG)

Das GeoTIFF ist ein Rasterformat, welches neben den sichtbaren Rasterdaten auch Informationen zur Georeferenzierung enthält. Jedes Pixel in swissALTI<sup>3D</sup> besitzt einen Höhenwert (Z). Die Daten stehen mit einer 32 Bit-Abstufung und als „floating point“ (Gleitkommazahl) zur Verfügung. Die Anzahl erscheinender Nachkommastellen eines berechneten Höhenwerts ist bei der Gleitkommazahl nicht fix festgelegt, sondern von den Einstellungen des Anwendersystems abhängig. Cloud optimized geotiffs sind durch ihre interne Filestrukturierung optimiert für cloud-services.

#### 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, denen je-

swissALTI3D

weils ein Höhenwert zugeordnet ist. Als Grundlagedatensatz für die Erzeugung der xyz-Datei dienen die Rasterdaten aus der ESRI File Geodatabase (FGDBR). 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. Im Gegensatz zu den Rasterformaten wird bei diesem Format die Höheninformation immer mit vier Nachkommastellen angegeben. Der Datensatz wird ausschliesslich als xyz-Datei ausgeliefert.

```

X Y Z
2600001.0 1197999.0 543.1631
2600003.0 1197999.0 543.1957
2600005.0 1197999.0 543.2305
2600007.0 1197999.0 543.3422
2600009.0 1197999.0 543.2497
2600011.0 1197999.0 543.3432
2600013.0 1197999.0 543.3812
2600015.0 1197999.0 543.3675
2600017.0 1197999.0 543.4473
2600019.0 1197999.0 543.4793
2600021.0 1197999.0 543.4341

```

swissALTI3D\_.xyz

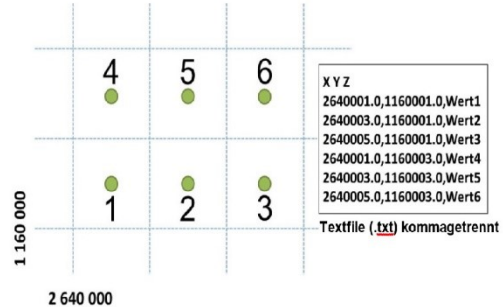


Abbildung 3: Aufbau der Datenstruktur einer xyz-Datei (links) und die Darstellung als Punktwerte in einem GIS (rechts). Der Wert 1 entspricht der Höheninformation des Punktes 1.

Abbildung 4 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.

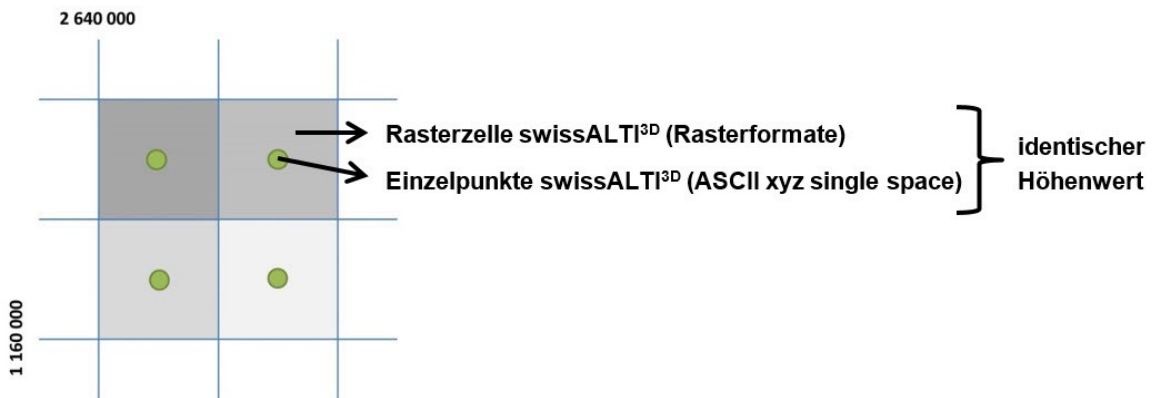


Abbildung 4: Vergleich zwischen der Rasterdarstellung und der Punktwolke

## 1.6 Auflösung und Datenmengen

swissALTI<sup>3D</sup> wird als Rasterdatensatz oder als regelmässiges Punktegitter (xyz-Datei) mit einheitlichen Maschenweiten von 0,5m und 2m angeboten.

Die feinmaschige Auflösung des 50cm-Rasters führt schnell zu grossen Datenmengen. Je nach Ansprüchen an die Auflösung steht dem Benutzer mit dem grobmaschigeren DTM (2m-Maschenweite) ein Datensatz mit reduzierter Datenmenge zur Verfügung. In Tabelle 1 sind die zu erwartenden Datenmengen (kompletter Datensatz) getrennt nach Auflösung für jedes Format von swissALTI<sup>3D</sup> übersichtlich aufgelistet.

Tabelle 1: Datenmengen für den kompletten Datensatz von swissALTI<sup>3D</sup>

Bodenauflösung	Datenmenge nach Format (ganzer Datensatz)	
	GeoTIFF	ASCII XYZ
50cm	800 GB	5 TB
2m	50.5 GB	308 GB

## 1.7 Koordinatensystem

swissALTI<sup>3D</sup> wird standardmässig in LV95 LN02 angeboten. Die Bereitstellung in anderen Referenzsystemen wird auf Anfrage geprüft.

Detaillierte Angaben über Referenzsysteme sind auf der Internetseite von swisstopo aufgeführt (unter der Rubrik Wissen und Fakten > Geodäsie / Vermessung > Geodätische Bezugssysteme).

## 1.8 Einsatzbereiche

Die Einsatzmöglichkeiten von swissALTI<sup>3D</sup> sind vielfältig. Dieses DTM bietet für unterschiedliche Fragestellungen eine optimale Datengrundlage. Es kann beispielsweise für folgende Anwendungen genutzt werden:

- als Höhenbasisdatensatz in einem Geografischen Informationssystem (GIS)
- als Grundlage für die Orthorektifizierung von Luft- und Satellitenbildern
- als Grundlage für 3D-Visualisierungen, Simulationen oder Modellberechnungen
- als Grundlage für Sichtbarkeits- und Ausbreitungsanalysen (Strahlung, Lärm, usw.)
- als Grundlage für Reliefanalysen und abgeleitete Produkte (u.a. Hangneigung, Exposition, Reliefschattierungen, Sonnen-Schattenmuster, Sichtbarkeitsanalysen, landesweite Höhenkurven)
- als Grundlage für Geländemonitoring und Kartierungen in allen Höhenlagen
- als Planungsinstrument in den Bereichen Raumplanung, Mobilität, Telekommunikation, Naturgefahren und Forstwesen

## 1.9 Nachführung und Publikation

Nachführungen erfolgen mittels Fotogrammetrie gestützt auf aktuellen Luftbildern von swisstopo im 6 – Jahreszyklus. Pro Jahr wird 1/6 des Produktperimeters systematisch aktualisiert. Von swissALTI<sup>3D</sup> erscheinen jedes Jahr zwei neue Ausgaben (Releases). Für genauere Informationen zu den verschiedenen Ausgaben wird auf die jährlich erscheinenden Nachführungsinformationen verwiesen. ([www.swisstopo.ch](http://www.swisstopo.ch) unter der Rubrik Geodaten und Applikationen > Höhenmodelle > swissALTI<sup>3D</sup> > Weiterführende Informationen > Dokumente > Nachführungsinformation).

## 2 Datenbezug

### 2.1 Auskunft und Bezug

swissALTI<sup>3D</sup> kann einfach auf der Produktseite [swissALTI3D \(admin.ch\)](#) heruntergeladen werden. Durch die Eingabe verschiedener Parameter (Perimeter, Auflösung, Format) wird die gewünschte Variante definiert.

Für Auskünfte stehen Ihnen die Mitarbeiter der Geodatenabgabe ([geodata@swisstopo.ch](mailto:geodata@swisstopo.ch)) gerne zur Verfügung.

### 2.2 Preis

swissALTI<sup>3D</sup> ist ein Geobasisdatensatz des Bundes und steht somit den Nutzern kostenfrei zur Verfügung, sofern es in den online angebotenen Varianten selbstständig heruntergeladen wird. Spezialvarianten können auf Anfrage ebenfalls zur Verfügung gestellt werden, in diesen Fällen wird aber eine Dienstleistungsgebühr erhoben.

### 2.3 Nutzungsbedingungen

Die Geodaten von swisstopo werden mit Nutzungsbedingungen abgegeben, welche den gesetzlichen Grundlagen entsprechen. Die Nutzungsbedingungen erlauben eine freie Nutzung von swissALTI<sup>3D</sup> für alle Zwecke und verpflichten die Nutzenden lediglich zur Quellenangabe «Quelle: Bundesamt für Landestopografie swisstopo» oder «© swisstopo».

Weitere Angaben zu den Nutzungsbedingungen finden Sie auf der [Internetseite](#) von swisstopo.

### 2.4 Lieferung

Die Daten können vom Kunden entweder direkt per Download (online) bezogen oder als Auslieferung auf einem Datenträger bestellt werden. Bei der Auslieferung auf einem Datenträger werden Bereitstellungskosten verrechnet.

## 3 Produktion

### 3.1 Ausgangslage

Als Vorgängerprodukt von swissALTI<sup>3D</sup> steht DHM25 seit 1999 im Einsatz. Dieses flächendeckende Höhenmodell wurde seinerzeit auf der Grundlage von digitalisierten Höhenkurven aus den 1 : 25 000 Landeskarten abgeleitet und mit einer Maschenweite von 25m angeboten. Eine Nachführung fand beim DHM25 nie statt. Mit swissALTI<sup>3D</sup> sollte ein neues DTM geschaffen werden, das nicht nur besser aufgelöst und flächendeckend in homogener Qualität vorhanden ist, sondern auch systematisch nachgeführt werden kann.

### 3.2 Grundlagedaten und Produktionsprozesse

#### 3.2.1 Produktionsumgebung

Mit dem Aufbau von swissALTI<sup>3D</sup> im Juni 2008 stellte swisstopo die Produktionsmethoden für die Erstellung eines DTM um. Im Gegensatz zum kartenbasierten DHM25, nimmt bei swissALTI<sup>3D</sup> nebst den Lasermessungen vor allem die digitale Fotogrammetrie eine zentrale Rolle im Produktionsverfahren ein. Für die Modellierung der komplexen Schweizer Topografie nutzt swisstopo die Eigenschaften einer modernen Produktionsinfrastruktur. Die sogenannte TopGIS-Umgebung ermöglicht die Anwendung verschiedener Produktionsmethoden aus den Bereichen GIS und Fotogrammetrie, die Kombination und den Einbezug von Daten unterschiedlicher Herkunft sowie die Haltung grosser Datenmengen in

einer zentralen Datenbank. Mit der Möglichkeit einer flexiblen Zusammenstellung von bestehenden und neu erfassten Daten wurde sowohl die Voraussetzung für eine regelmässige Nachführung geschaffen, wie auch die Qualität des gesamten Produkts swissALTI<sup>3D</sup> erheblich verbessert.

### **3.2.2 Laserdaten**

Zwischen 2000 und 2007 wurde die Oberfläche der Schweiz und Liechtenstein ein erstes Mal mit einem Laserscanner bis zu einer Höhe von 2000 m ü.M. vermessen. Daraus entstand das Produkt DTM-AV. Die Höhendaten aus dieser luftgestützten Messkampagne (Airborne Laserscanning) dienen für swissALTI<sup>3D</sup> als Modellierungsgrundlage in Gebieten unterhalb von 2000 m ü.M. Seit 2017 werden die veralteten Laserdaten schrittweise durch aktuellere ersetzt und in das Produkt swissALTI<sup>3D</sup> integriert. Die neue Vermessung erfolgt über die gesamte Fläche und wird 2023 abgeschlossen sein. Mit einer Genauigkeit von bis zu 10cm (Höhe) und 20cm (Lage) besteht das DTM in diesen Regionen aus sehr präzisen Basisdaten.

### **3.2.3 Stereokorrelation**

Für Gebiete über 2000 m,ü.M. stehen Laserdaten noch nicht flächendeckend zur Verfügung. Deshalb musste swisstopo für diese Teile des Alpen- und Voralpenraums neue Höhendaten generieren. Mittels Stereokorrelation wurden anhand von überlappenden Luftbildpaaren automatisiert Höhenwerte berechnet und in einem regelmässigen 50cm-Punktgitter dargestellt. Aus diesen Vektordaten abgeleitet entstand das DTM über 2000m, welches mit einer Genauigkeit von  $\pm 1\text{m} - 3\text{m}$  Bestandteil des Produkts swissALTI<sup>3D</sup> ist.

### **3.2.4 Luftbilder**

Die Stereokorrelation wird jeweils mit den aktuellsten vorhandenen ADS-Luftbildstreifen von swisstopo durchgeführt. Für die Anwendung dieses Verfahrens braucht es Luftbilder mit verschiedenen Aufnahmewinkeln und einer ausreichenden Querüberlappung. Die zum Einsatz kommenden Luftbildaufnahmen weisen folgende Eigenschaften auf:

- GSD 25cm (im Alpen- und Voralpenraum), GSD 10cm (übrige Gebiete und Tallinien)
- Querüberlappung ca. 50%
- Aufnahmewinkel  $-10^\circ$ ,  $0^\circ$  und  $14^\circ$
- 16 bit
- CIR

### **3.2.5 Manuelle stereoskopische Messungen**

Die in Kapitel 3.2.4 beschriebenen Luftbilder werden auch für die manuellen stereoskopischen Höhenmessungen (3D-Messungen) benötigt. Mit dieser fotogrammetrischen Methode ergänzen oder verbessern Operateure die bestehenden Messpunkte mit neuen Messpunkten, Bruchkanten oder Ausschlussflächen. Solche manuelle 3D-Messungen werden bei Nachführungen (siehe Kapitel 3.3), bei generellen Verbesserungen an den Originaldaten oder bei fehlenden Grundlagedaten vorgenommen. Gründe für mangelhafte oder fehlende Daten aus der Stereokorrelation sind hauptsächlich auf ungünstige oder unterschiedliche Verhältnisse bei den Luftbildaufnahmen zurückzuführen (z.B. überbelichtete Luftbilder, Schatten, Wolken, vorhandene Vegetation über 2000 m ü.M., Übergang verschiedener Aufnahmezeitpunkte, Übergang von Laserdaten zu stereokorrelierten Daten). Bei Daten aus den stereoskopischen Messungen liegt die Genauigkeit zwischen 10cm und 50cm.

### **3.2.6 Von den Vektordaten zum Rastermodell**

Die unterschiedlich erfassten Grundlagedaten werden als Vektordaten in einer zentralen Datenbank abgelegt. Es handelt sich dabei um Punktwolken aus den Lasermessungen, Punktwolken aus der Stereokorrelation, Punktwolken aus den manuellen stereoskopischen Messungen sowie manuell erfasste Bruchkanten und Ausschlussflächen. Aus diesen Elementen in vektorieller Form wird anschliessend ein



TIN (Triangulated Irregular Network) berechnet und erstellt. Mittels linearer Interpolation erfolgt schlussendlich die Transformation vom TIN in das gewünschte Rastermodell.

Die Interpolation ist eine Modellierung der Realität und hängt von Algorithmen ab, die mit der Zeit ändern können. Deshalb sind Unterschiede zwischen den Jahren, den Formaten und den gewünschten Gebieten möglich, auch wenn es keine Geländeänderungen gibt. Sie sind jedoch weit unter der geforderten Genauigkeit des Produkts swissALTI<sup>3D</sup>.

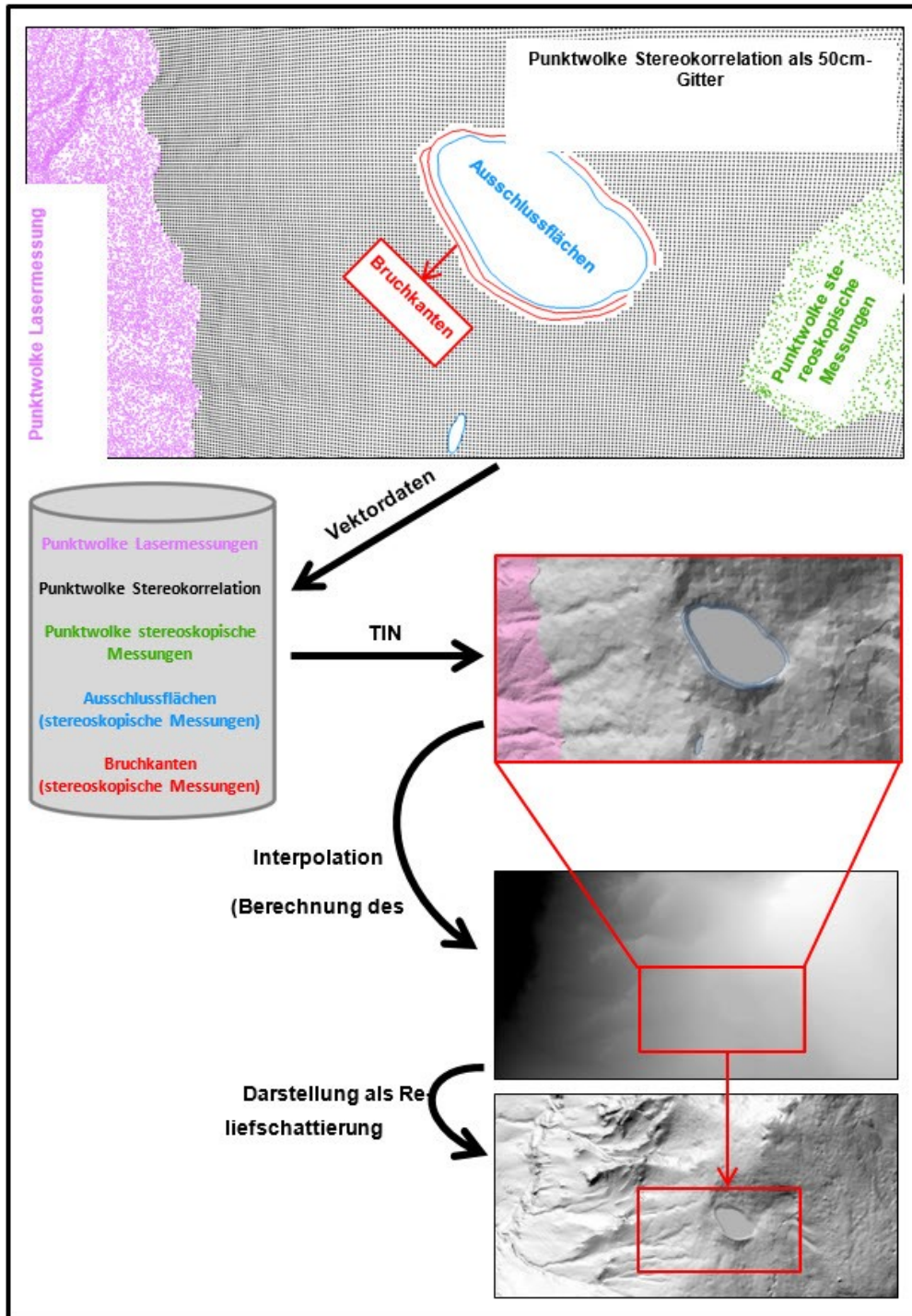


Abbildung 5: Produktionsschema von swissALTI<sup>3D</sup>.

## 3.3 Nachführung

### 3.3.1 Vorgehensweise

Gestützt auf aktuellen Luftbildern können Geländeänderungen regelmässig nachgeführt oder grundsätzliche Verbesserungen an vorhandenen Daten vorgenommen werden. Die ganze Nachführung erfolgt aus einer Kombination von automatischen Messungen mittels Stereokorrelation (automatische Ermittlung von neuen Massenpunkten auf offenen Flächen) und manuellen stereoskopischen Messungen (Punkte löschen, neue Punkte messen, Bruchkanten messen, usw.). Typische Ursachen für Geländeänderungen sind der Bau von Infrastrukturen und Gebäuden, die Entwicklung von Abbaugebieten und Deponien, Revitalisierungsprojekte oder naturbedingte Ereignisse (z.B. Bergstürze, Erdbeben, Entstehung neuer Flussläufe, usw.)

### 3.3.2 Nachführungskriterien

Die Nachführung von swissALTI<sup>3D</sup> wird unter Berücksichtigung folgender Kriterien umgesetzt:

- Es werden nur Veränderungen mit einer Abweichung in der Höhe von über  $\pm 50\text{cm}$  aktualisiert.
- Die Homogenität des Datensatzes soll gesteigert werden. Dazu wird beispielsweise die Modellierung des DTM im Bereich von Brücken verbessert. Bei Seen wird eine neue umhüllende Bruchkante (Ausschlussfläche) erfasst. Diese Bruchkante spiegelt nicht zwingend den jeweiligen Wasserstand wieder, sondern wird auf Höhe der Vegetationsgrenze gelegt und anschliessend im Hinblick auf die Kompatibilität mit den übrigen TLM-Daten nicht mehr angepasst.
- Wenn möglich werden parallel zu den Aktualisierungsarbeiten zusätzlich Verbesserungen an den Originaldaten vorgenommen (z.B. bei Fehlern in den Grundlagedaten).
- Bei kontinuierlichen Veränderungen werden keine Anpassungen vorgenommen (z.B. bei einem sich laufend verändernden Flusslauf).

### 3.3.3 Luftbilder

Die Luftbilder, welche für die Nachführungsarbeiten benötigt werden, weisen nicht über den gesamten Bearbeitungsbereich eine einheitliche Bodenauflösung (GSD) auf. Im Alpen- und Voralpenraum stehen Luftbilder mit einer Bodenauflösung von 25cm zu Verfügung. Für die übrigen Gebiete und gewisse Tallinien können Luftbilder mit einer Bodenauflösung von 10 cm genutzt werden. Wegen den unterschiedlichen Bildmassstäben kann nicht eine einheitliche Datengenauigkeit über das gesamte Gebiet erreicht werden. Grundsätzlich resultiert aus höher aufgelösten Luftbildaufnahmen auch eine höhere Genauigkeit.

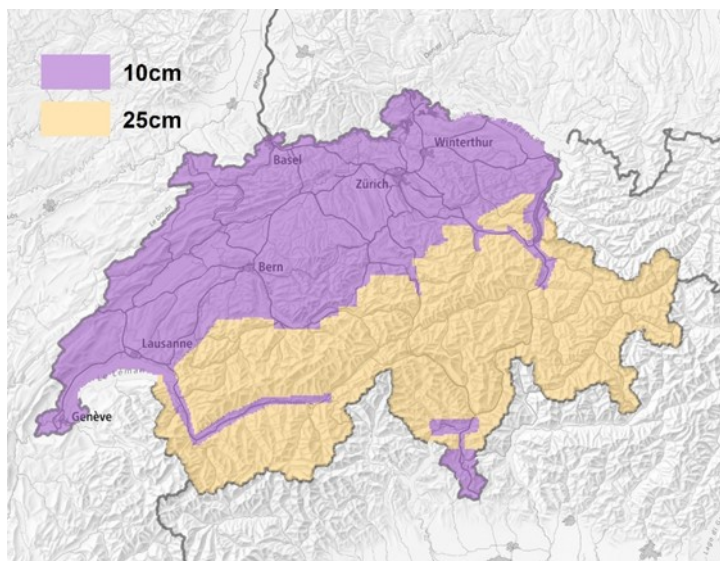


Abbildung 6: Verteilung der verfügbaren Luftbildaufnahmen in Bezug auf ihre Bodenauflösung

### 3.3.4 Zeitliche Abfolge eines Nachführungsprozesses

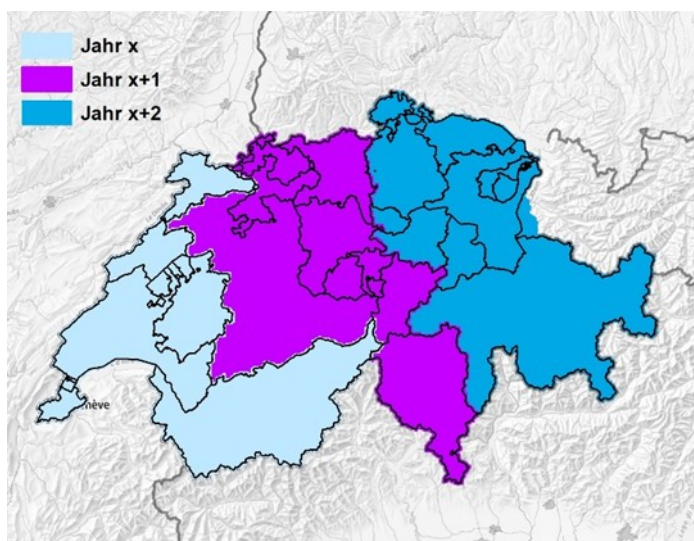
Der Nachführungsprozess besteht zu einem grossen Teil aus manuellen Messungen, Kontrollen und Aufbereitungsarbeiten. Deshalb muss vom Zeitpunkt der Luftbildbefliegung bis zur endgültigen Publikation der aktualisierten Daten mit einer Bearbeitungszeit von zirka zwei Jahren gerechnet werden. Ein neuer Ausgabeblock enthält somit die Informationen, welche mit der Datenerhebung ungefähr zwei Jahre vor der Ausgabe registriert werden konnten.

**Tabelle 2: Zeitliche Abfolge eines Nachführungsprozesses**

	Jahr x				Jahr x + 1				Jahr x + 2	
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2	Q3	Q4	Q1	Q2
Luftbildbefliegung (Datenerhebung)										
Diverse Bearbeitungsprozesse										
Publikation der aktualisierten Daten										

### 3.3.5 Planung

Die Nachführungsarbeiten von swissALTI<sup>3D</sup> werden jeweils mit der Gesamtnachführung des Topografischen Landschaftsmodells (TLM) koordiniert. Es wird pro Jahr 1/3 der Fläche des Produktperimeters aktualisiert. Abbildung 7 zeigt die Flugplanung für die Luftbildaufnahmen. Die nachgeführten swissALTI<sup>3D</sup>-Daten werden jedes Jahr in einer neuen Ausgabe angeboten. Für genauere Informationen zu den verschiedenen Ausgaben wird auf die jährlich erscheinenden Nachführungsinformationen verwiesen ([www.swisstopo.ch](http://www.swisstopo.ch) unter der Rubrik Geodaten und Applikationen > Höhenmodelle > swissALTI3D > Weiterführende Informationen > Dokumente > Nachführungsinformation).



**Abbildung 7: Nachführungsblöcke der Luftbildaufnahmen**

### 3.3.6 Nachführungsbeispiele

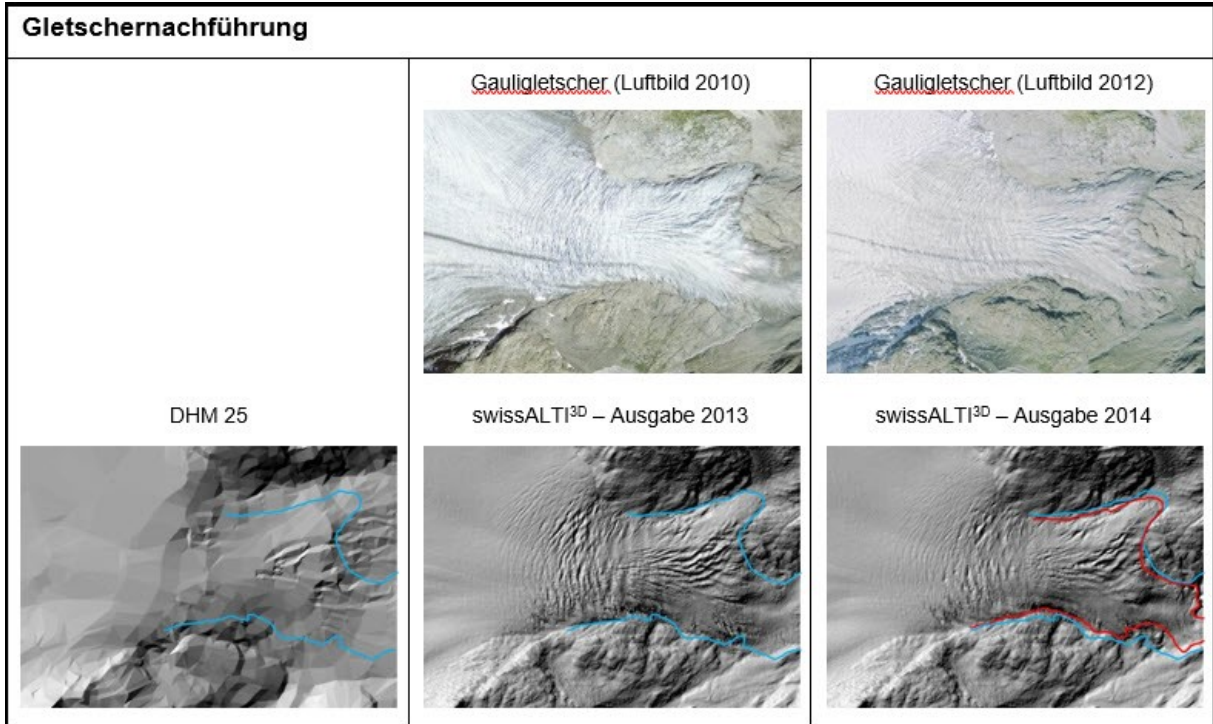


Abbildung 8: Beispiel einer Gletschernachführung. Die blauen bzw. roten Linien geben die Gletscherausdehnungen in den Jahren 2010 respektive 2021 an.

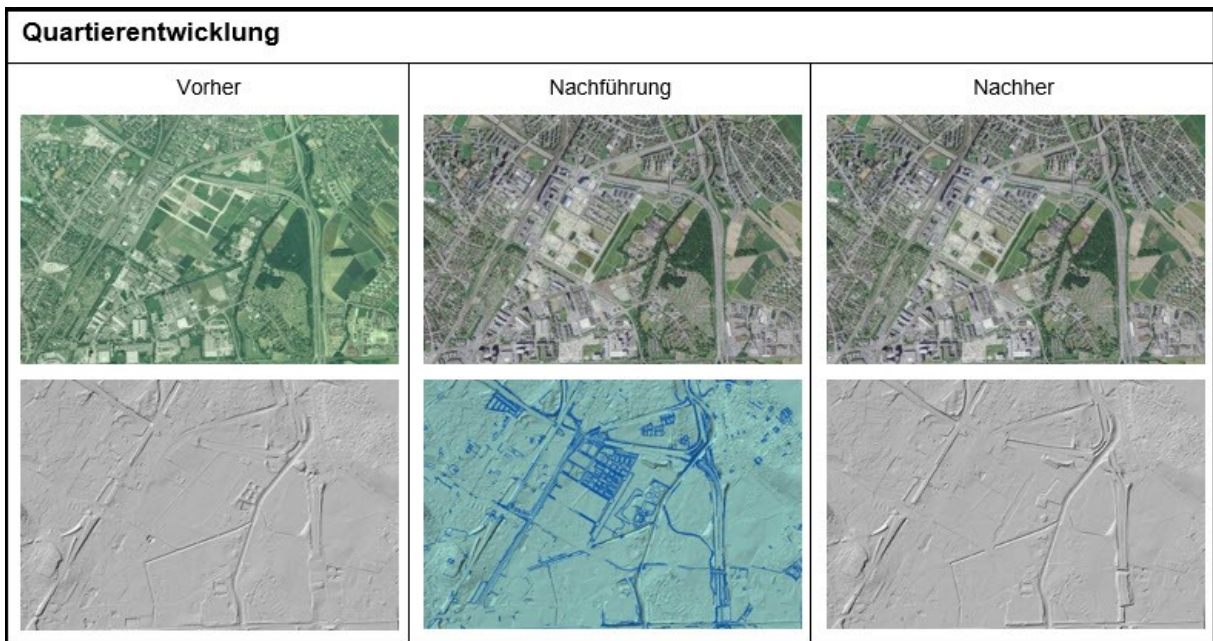


Abbildung 9: Beispiel einer Nachführung in neu überbautem Gebiet.

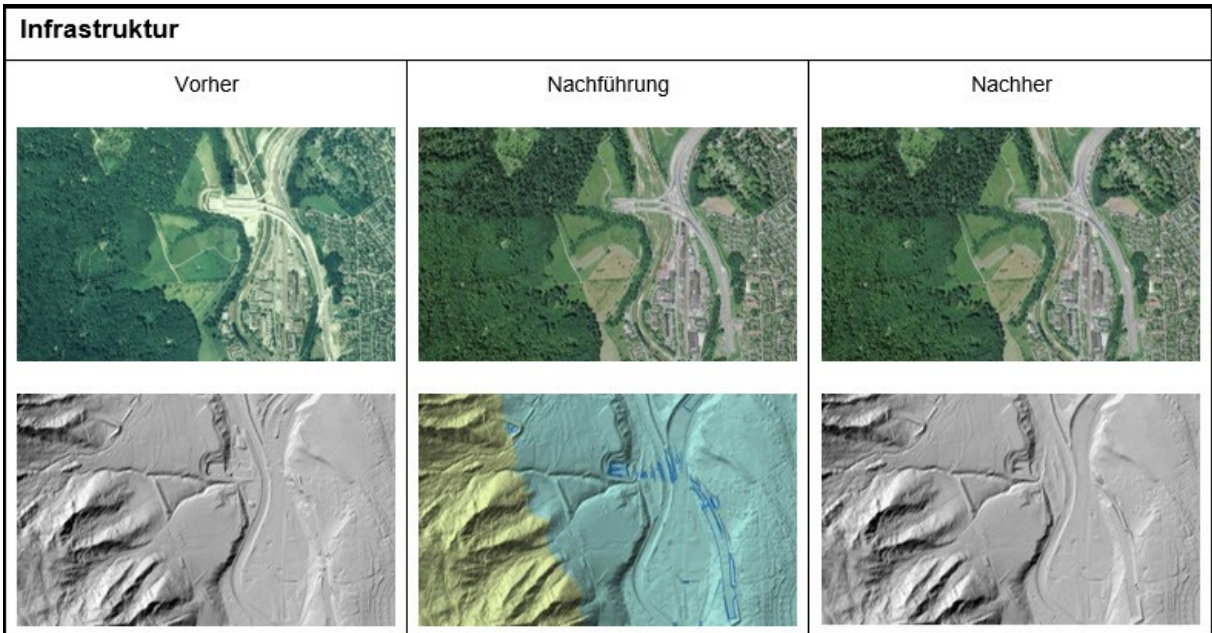


Abbildung 10: Aktualisierung nach der Fertigstellung einer neuen Autobahninfrastruktur



Abbildung 11: Beispiel einer Nachführung in der Umgebung eines Schutzdammes.

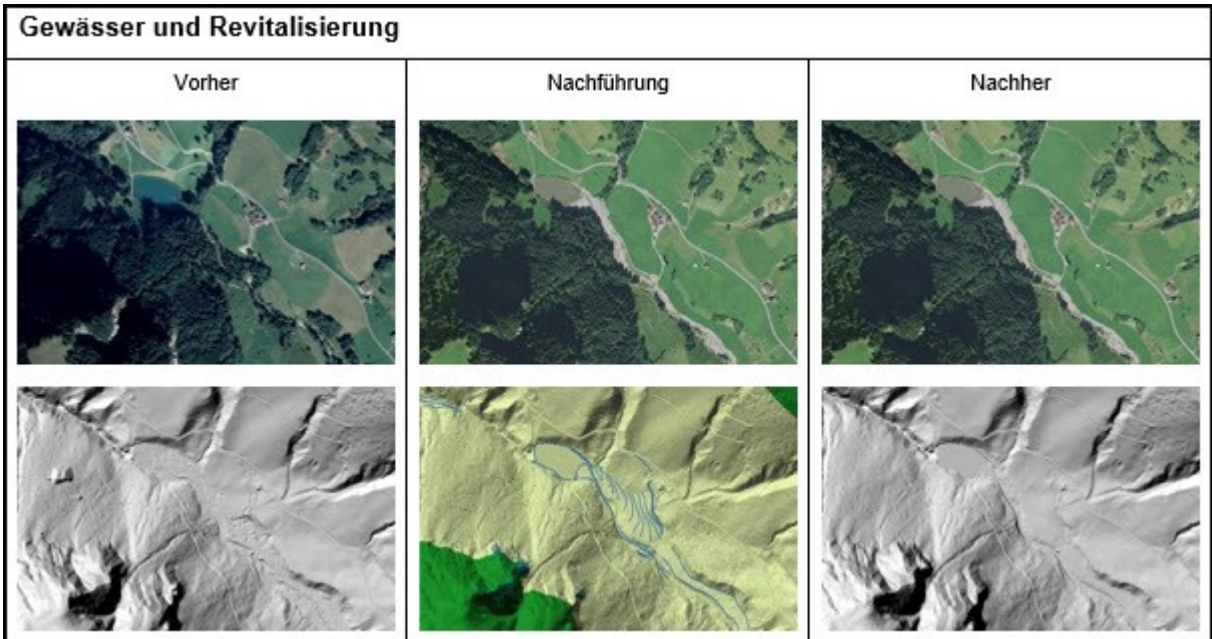


Abbildung 11: Nachführung in einem Revitalisierungsgebiet und Verbesserung der Daten im Bereich von Gewässerflächen.

## 4 Grenzen bei der Modellierung von swissALTI<sup>3D</sup>

Mit swissALTI<sup>3D</sup> kann swisstopo ein Produkt anbieten, welches sich durch seine hohe Qualität und die systematische Nachführung auszeichnet. Dennoch sind den lasergestützten und fotogrammetrischen Produktionsmethoden gewisse Grenzen gesetzt. In den folgenden Situationen kann nicht immer ein DTM in gewohnter Qualität gewährleistet werden.

### Vegetation über 2000 m ü.M.

Wie in Kapitel 3.2.6 beschrieben, stehen für swissALTI<sup>3D</sup> in bewaldeten Gebieten oberhalb von 2000 m ü.M. keine der gängigen Grundlagedaten flächendeckend zur Verfügung. In dieser Höhe wurden Lasermessungen nur für Teilgebiete durchgeführt und aufgrund des Waldes besteht die Möglichkeit nicht, Messpunkte aus der Stereokorrelation oder stereoskopischen Messungen zu gewinnen. Die vorhandenen Datenlücken wurden mit dem älteren und weniger präzisen DHM25 geschlossen.

### Unterschiedliche Aufnahmezeitpunkte

Unterschiedliche Aufnahmezeitpunkte von Luftbildern können an den jeweiligen Bildübergängen zu sichtbaren Geländeunterschieden führen. Besonders deutlich kommt dies in schneebedeckten Gebieten zum Vorschein, in denen das Niveau der Schneedecke innerhalb von kurzen Zeitabständen stark variieren kann. Aber auch auf Grund der periodischen Nachführungen im 6-Jahreszyklus können Unstimmigkeiten an Blockrändern auftreten. Wenn zum Beispiel eine Blockgrenze durch ein grossflächiges Rutsch- oder Bergsturzgebiet führt, kann es vorkommen, dass mit der Nachführung und den aktuellsten Luftbildern die Geländeänderungen auf der einen Seite angepasst werden, währenddessen die Aktualisierung auf der anderen Seite erst später stattfindet.

### Nachführungen in Waldgebieten

Im Gegensatz zu Lasermessungen kann der Waldboden mit fotogrammetrischen Methoden kaum modelliert werden. Bei Geländeänderungen im Wald (z.B. nach dem Bau eines neuen Waldweges) ist die Nachführung daher schwierig und nicht immer gewährleistet.

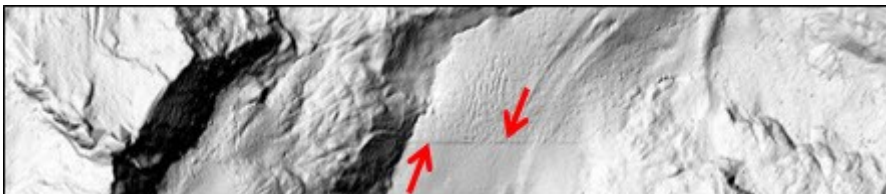


Abbildung 12: Unterschiedliche Schneehöhen infolge abweichender Luftbildaufnahmen.

### Modellierung von Fliessgewässern

Wegen den ständig wechselnden Bedingungen ist die präzise Modellierung von Fliessgewässern sowohl mit Lasermessungen wie auch basierend auf fotogrammetrischen Methoden nicht immer möglich. Laufend verändernde Wasserläufe und Wasserstände, teilweise vegetationsbedeckte Bäche und Flüsse sowie die winkelabhängige Durchlässigkeit von Laserstrahlen in Gewässern führen bei der Erzeugung des DTM gelegentlich zu ungenauen Ergebnissen.

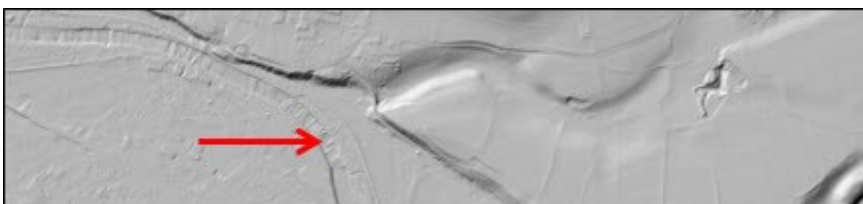


Abbildung 13: Modellierungsprobleme in Bereichen von Fliessgewässern.

## 5 Entwicklung von swissALTI<sup>3D</sup>

Von swissALTI<sup>3D</sup> erscheinen pro Jahr zwei Ausgaben mit aktualisierten Daten. Detaillierte Angaben zu den durchgeführten Arbeiten, Erweiterungen und Datenständen können für jede Ausgabe in den jährlich erscheinenden Nachführungsinformationen eingesehen werden.

Nachführungsinformationen:

[www.swisstopo.ch](http://www.swisstopo.ch) unter der Rubrik Geodaten und Applikationen > Höhenmodelle > swissALTI3D > Weiterführende Informationen > Dokumente > Nachführungsinformation