

Zeitschrift:	Geomatik Schweiz : Geoinformation und Landmanagement = Géomatique Suisse : géoinformation et gestion du territoire = Geomatica Svizzera : geoinformazione e gestione del territorio
Herausgeber:	geosuisse : Schweizerischer Verband für Geomatik und Landmanagement
Band:	116 (2018)
Heft:	10
Artikel:	Temporale Metadaten swissALTI3D
Autor:	Weidmann, Y. / Gador, F. / Artuso, R.
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-815963

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 10.02.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Temporale Metadaten swissALTI^{3D}

Die Zeit als zusätzliche Dimension des Höhenmodells

Digitale Höhenmodelle aus verschiedenen Herkunftsjahren sind zentrale Datensätze für die Berechnung von Volumen- und Massenveränderungen in der Glaciologie. Das swissALTI^{3D} ist mit seiner homogenen Datenqualität und einer garantiierten Aktualisierung ein idealer Datensatz für die schweizweite Berechnung solcher Veränderungen. Eine unumgängliche Grundlage für eine sichere Verwendung sind temporale Metadaten. In der vorliegenden Arbeit wird das Konzept und die Umsetzung zur Ableitung eines zusätzlichen Datensatzes mit temporalen Metadaten aus den Ursprungsdaten des swissALTI^{3D} vorgestellt.

Pour les calculs de bilans de masse et de variations volumiques en glaciologie, les modèles altimétriques provenant d'années différentes sont des jeux de données essentiels. Doté d'une qualité homogène et d'un cycle de mise à jour garanti, swissALTI^{3D} est un jeu de données idéal pour les calculs des variations précitées sur le territoire Suisse. Néanmoins, les métadonnées temporelles de mise à jour sont une source d'information indispensable afin d'utiliser ce jeu de données. Dans l'objectif de rendre cette utilisation possible, un jeu de données contenant les métadonnées temporelles de mise à jour a été conçu et mis en production.

I modelli altimetrici digitali risalenti ad annate diverse sono set di dati fondamentali per il calcolo dei cambiamenti di volumi e misure in glaciologia. Con la sua qualità omogena di dati e la sua attualizzazione garantita, swissALTI^{3D} è il set di dati ideale per calcolare questi cambiamenti su tutto il territorio svizzero. I metadati temporali costituiscono una base inconsueta per un utilizzo sicuro. In questo lavoro di diploma si presenta il concetto e il processo per derivare dai dati originari di swissALTI^{3D} un set di dati addizionale con metadati temporali.

Y. Weidmann, F. Gander, R. Artuso

1. Hintergrund und Motivation

Digitale Höhenmodelle sind in der Glaciologie die wichtigste Basis zur Berechnung von Volumenveränderungen in Gletschern. Gletscheroberflächen sind einem steten Wandel unterworfen, sie können sich zwischen zwei Aufnahmedaten zum Teil massiv verändern. Als Beispiel verringerte sich die Höhe im Zungenbereich des Griesgletschers (Obergoms, VS) zwischen 2007 und 2012 um bis zu 25 Meter.

Die nachfolgende Grafik zeigt als weiteres Beispiel die Berechnung der Höhenveränderung des Findelengletschers bei Zermatt (VS) zwischen 2005 und 2010. Die negativen Werte entsprechen der Höhenabnahme zwischen den beiden Jahren. Von der Höhenabnahme ist vor allem das Zehrgebiet und im Speziellen die Gletscherzunge betroffen. Für die Analyse der Höhenveränderungen von Schweizer Gletschern wurden von der Versuchsanstalt für Wasserbau, Hydrologie und Glaciologie (VAW) der ETH Zürich in der Vergangenheit eigene Höhenmodelle hergestellt. Diese wurden in aufwendiger Arbeit aus historischen und aktuel-

len Luftbildern der swisstopo oder von privaten Firmen erzeugt. Aufgrund des grossen Aufwands konnte auf diese Weise nur eine geringe Anzahl ausgewählter Gletscher über einen längeren Beobachtungszeitraum erfasst werden.

Mit dem Produkt swissALTI^{3D} der swisstopo steht nun seit wenigen Jahren ein schweizweites, homogenes Höhenmodell mit einer hohen räumlichen und zeitlichen Auflösung zur Verfügung. Im Gegensatz zu individuell hergestellten Höhenmodellen mit klar definierten Datenquellen sind aber die Eingangsdaten des swissALTI^{3D} stark heterogen. Es basiert auf vielen Ursprungsdatentypen, die auf unterschiedliche Art und zu unterschiedlichen Zeitpunkten erfasst werden.

Die Grunddaten des swissALTI^{3D} bestehen aus einer hoch aufgelösten Punktfolge (0.5–20 Punkte pro Quadratmeter) und einer grossen Anzahl von Bruchkanten. Aus diesen beiden Grundelementen wird ein unregelmässiges Dreiecksnetz (Triangulated Irregular Network, TIN) gebildet. Dieses TIN wird anschliessend als Zwei-Meter-Raster interpoliert und steht als Produkt swissALTI^{3D} den Anwendern zur Verfügung (swisstopo 2018).

Wie oben erwähnt, stammen die Punktfolge und die Bruchlinien aus unterschiedlichen Datenquellen (z.B. Dense Image Matching (DIM) von Luftbildern (Hirschmüller 2008), LiDAR u.a.m.), welche zu unterschiedlichen Zeitpunkten aufgenommen werden. Im Rahmen der Überarbeitung des swissALTI^{3D} bei der swisstopo werden in Gebieten mit veränderten Höhenwerten entweder die bisherigen Daten durch neue ergänzt oder innerhalb des betroffenen Gebiets werden alle Daten gelöscht und durch die neuen ersetzt. Dies führt einerseits zu einem stetig angepassten, akkuraten Höhenmodell aber andererseits auch zu einem Datensatz, der in Bezug auf die zeitliche Herkunft der Grunddaten eine grosse Heterogenität aufweist.

Aufgrund dieser Datenstruktur ist bei der Berechnung von Höhendifferenzen zwischen zwei Releases des swissALTI^{3D} also nicht nur die räumliche Komponente zu berücksichtigen; die zeitliche Herkunft

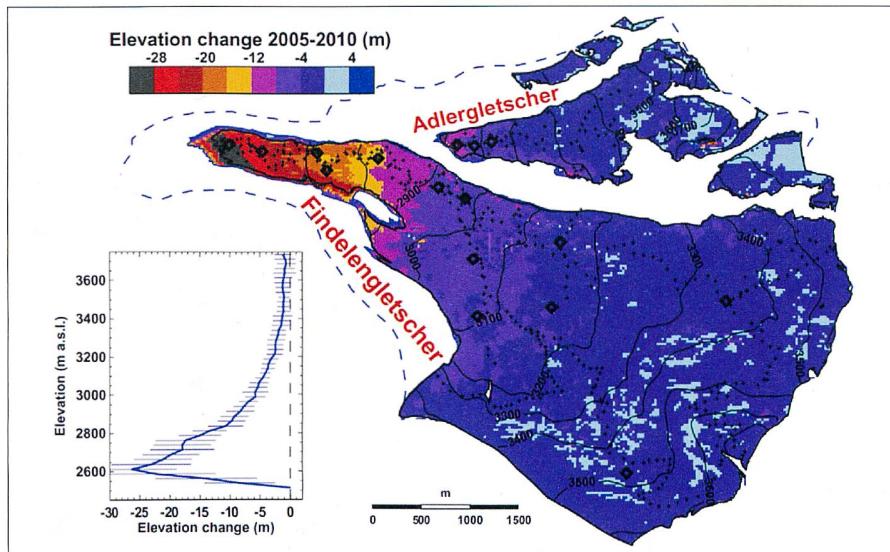


Abb. 1: Höhenveränderung des Findelengletschers (Zermatt, VS) zwischen 2005 und 2010 (Huss et al 2014).

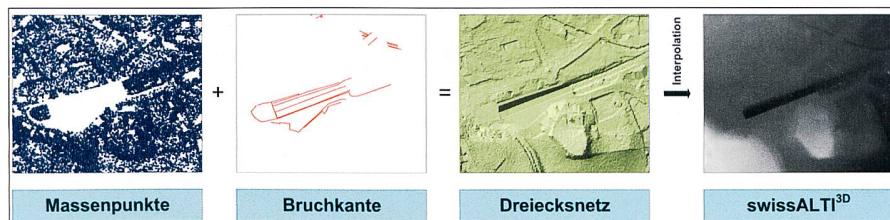


Abb. 2: Komponenten und Abhängigkeiten des gerasterten swissALTI^{3D}.

der Daten im Berechnungsperimeter sollte ebenfalls als wichtige Information in die Kalkulationen einbezogen werden. Ein zusätzliches Element, das bei Berechnungen berücksichtigt werden sollte, ist die zeitliche Stabilität der einzelnen Massenpunkten. Diese ist unter anderem abhängig von der materiellen Ausprägung der Geländeoberfläche (z. B. Fels,

Lockergesteine oder Gletscher). Die folgende Abbildung zeigt exemplarisch ein Gebiet um eine Gletscherzunga, die Farben visualisieren die Stabilität der Messpunkte, bzw. die Dynamik der Geländeänderungen: In Gletschergebieten sind über die Zeit grössere Veränderungen im Gelände zu erwarten, entsprechend muss mit ständigen Anpassungen

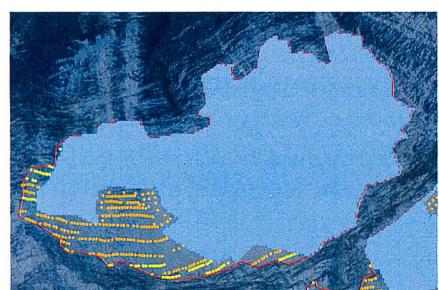


Abb. 3: Zeitliche Heterogenität der Grunddaten des swissALTI^{3D}. Die verschiedenen Farben entsprechen den verschiedenen Herkunftsjahren der Massenpunkte.

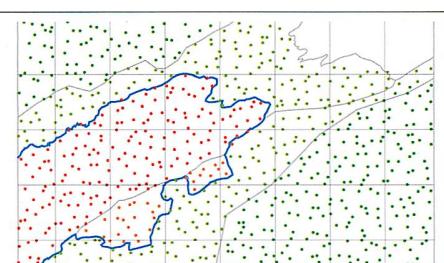


Zunge des Griesgletscher (Obergoms, VS 2015)

im swissALTI^{3D} gerechnet werden. Im Gegensatz dazu müssen Gebiete mit kaum oder wenig Höhenänderungen (stabiler Fels oder Lockergesteine) nur in wenigen Fällen angepasst werden. Aus dem Release-Jahr des swissALTI^{3D} kann der Erfassungszeitpunkt für eine einzelne Rasterzelle nicht abgeleitet werden. Zudem können im swissALTI^{3D}-Rasterdatensatz neben der Höhe keine weiteren Attribute in der geforderten Art geführt werden. Um swissALTI^{3D} trotzdem für die Anwendungen in der Glaziologie verwenden zu können, wurde die Erstellung einer neuen Metadatenebene zu den zeitlichen Informationen der swissALTI^{3D}-Grunddaten geplant. Die Anforderungen an diese Ebene wurden im Rahmen des Gletschermonitorings Schweiz (GLAMOS, www.glamos.ch) ausgearbeitet und beschrieben (Weidmann 2015). Diese Anforderungen wurden im Rahmen der Zusammenarbeit zwischen GLAMOS und swisstopo (2015–2018) umgesetzt und dienten ebenfalls der Integration des Gletscherinventars Schweiz in das swissTLM^{3D} (Gross 2018).

2. Prototyp für die Generierung eines zeitlichen Metadatenlayers swissALTI^{3D}

Als Proof-Of-Concept und Prototyp wurde durch die Firma Geoldee Weidmann das Vorgehen, die Datenstruktur und das Darstellungsmodell konzeptuell erarbeitet



Stabilität einzelner Massenpunkte über die Zeit: Rot: sehr dynamische Höhenveränderungen (Gletscher, Toteis, ...). Grün: kaum bis wenig Höhenveränderung (Fels und Lockergesteine).

Abb. 4: Heterogenität der Stabilität einzelner Massenpunkte über die Zeit.

und als GeoProcessor für ArcGIS in C# umgesetzt.

Die konzeptuelle Grundanforderung an einen temporalen Metadatenlayer ist die Bestimmung des Herkunftsjahrs für jeden Massenpunkt der swissALTI^{3D}-Grunddaten innerhalb einer frei wählbaren Fläche. Die gesammelten Informationen werden anschliessend über die Fläche aggregiert, statistisch ausgewertet und dargestellt. Der neu programmierte Geoprocessor liest jeden einzelnen Massenpunkt des swissALTI^{3D} aus einer Geodatenbank aus und dekodiert das Herkunftsdatum aus dem Attribut *Messure*.

Zur Aggregierung der Herkunftsjahre wurden Versuche mit Polygonflächen verschiedener Grösse durchgeführt. Die aussagekräftigsten Resultate für die Glaziologie wurden mit regelmässigen Kacheln mit einer Kantenlänge von 0,5–3 km erzielt.

Für die Umsetzung des temporalen Metadatenlayers wurde eine Kachelgrösse mit einer Kantenlänge von 1 km gewählt. Damit konnten zwei Anforderungen erfüllt werden, zum einen bleibt die Variabilität der Daten innerhalb einer Kachel in einem überschaubaren Rahmen, zum anderen stellt sie ein Kompromiss dar zwischen der detaillierten Datierung des swissALTI^{3D} und den durchschnittlichen Gletschergrössen. Zudem entspricht die Kantenlänge von 1 km der Kachelung des SWISSIMAGE (ab 2018). Versuche der Aggregierung über ganzen Gletscherflächen anstelle einzelner Kacheln zeigten ebenfalls brauchbare Resultate. Sie wurden verwendet, um die Homogenität der Daten über variable Gebiete zu prüfen.

3. Realisierung, Datensatz und Darstellung

Die jährliche Nachführung des Produktes swissALTI^{3D} wird zurzeit jedes Jahr auf Ende Dezember abgeschlossen. Zu diesem Zeitpunkt wird die Produktionsdatenbank als eine integrale Kopie auf einem internen, gesicherten Server gespeichert. Damit kann sichergestellt werden, dass Arbeitsstände von Produktionsdaten für abgeleitete Produkte auch mittelfristig

verfügbar sind und dass die weitere Produktion parallel zu der Ableitung der jährlichen Produkte weiterlaufen kann. Aus der gesicherten und eingefrorenen Kopie der Produktionsdatenbank wird anschliessend der in dieser Arbeit beschriebene Metadatensatz abgeleitet. Für den Release 2018 wurde dies noch manuell ausgeführt, ab dem Jahr 2019 soll dann der temporale Metadatensatz jeweils automatisch abgeleitet werden. Der Ableitungsprozesse der Metadaten verläuft in zwei Schritten:

a) Bildung der geometrischen Grundeinheiten für die statistische Auswertung der Herkunftsjahre

Wie erläutert, bilden die Kacheln des SWISSIMAGE die Basis für die Aggregierung und Statistik. Um die Anforderungen der Glaziologie zu erfüllen, wurden für den Release 2018 nur Gletscherflächen des swissTLM^{3D} berücksichtigt (Gross 2018). Diese Gletscherflächen wurden mit den Kacheln des SWISSIMAGE verschneitten.

b) Statistische Auswertung der Herkunftsjahre pro Grundeinheit

Als Erstes werden alle Massenpunkte und Bruchkanten für jede geometrische

Grundeinheit aus der Kopie der Produktionsdatenbank gelesen.

Für die Berechnung der Statistik müssen Bruchkanten auf ihre Vertices reduziert werden. Die Bruchkanten sind jeweils stereoskopisch gemessene 3D-Linien, sie bestehen aus mindestens zwei Vertices, jeder Vertex wird in der Statistik mit dem gleichen Gewicht wie ein einzelner Massenpunkt berücksichtigt.

Alle Massenpunkte und Vertices verfügen über drei räumliche Koordinaten (Easting, Northing und Höhe) sowie einen Measure-Wert. Im Measure-Wert sind drei Metadatenwerte kodiert: Genauigkeit, Herkunft und Herkunftsdatum (siehe Tabelle). Der beschriebene temporale Metadatensatz berücksichtigt ausschliesslich das *Herkunftsdatum* der Massenpunkte und Vertices.

Nach der Dekodierung des Herkunftsjahrs aus den Measure-Werten, wird die Statistik berechnet. Dabei werden für jede geometrische Grundeinheit die folgenden Kennwerte berechnet:

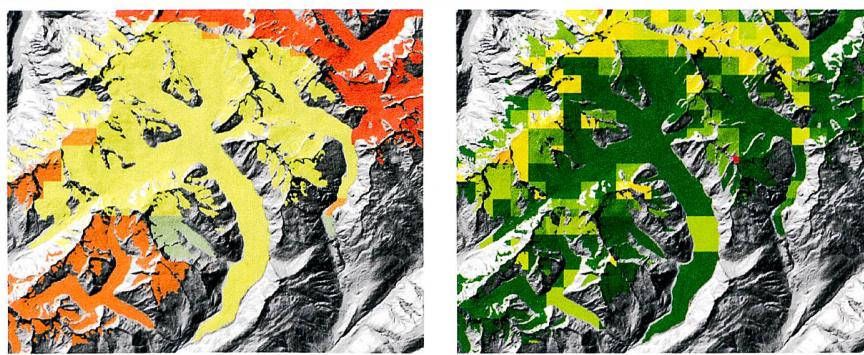
- Das älteste Jahr, aus welchem ein Massenpunkt/Vertex stammt (Min)
- Das jüngste Jahr, aus welchem ein Massenpunkt/Vertex stammt (Max)
- Das Herkunftsdatum mit den meisten Massenpunkten/Vertices (Mode)



Abb. 5: Herleitung der geometrischen Grundeinheiten für die statistische Auswertung der Herkunftsjahre.

Genauigkeit	Herkunft	Herkunftsdatum
0–10 cm	GN/TLM Nachführung	2007
10–25 cm	TLM Spezialnachführung	2008
25–50 cm	LiDAR swisstopo	2009
50–100 cm	LiDAR extern	2010
usw.	usw.	usw.

Tab. 1: Exemplarischer Auszug aus der Tabelle mit möglichen Metadatenwerten für Massenpunkte oder Vertices.



Herkunftsjahre mit den meisten Massenpunkten

Die Region des Aletschgletschers wurde in der Vergangenheit in unterschiedlichen Befliegungsblöcken erfasst. Dies widerspiegelt sich in den zum Teil scharfen Abgrenzungen auch innerhalb von Gletscherflächen. Die neuen Befliegungsblöcke der swisstopo berücksichtigen diese Problematik und wurden entsprechend angepasst.

Zeitspanne zwischen dem ältesten und jüngsten Punkt

Dunkelgrün zeigt Gebiete mit einer Zeitspanne zwischen 0 und wenigen Jahren. Bedingt durch die grossen Höhenänderungen in den Zehrgebieten muss dort jeweils das gesamte Höhenmodell angepasst werden.

In den höheren gelegenen Akkumulationsgebieten können auch Daten aus mehreren Jahren verwendet werden (gelb/orange Gebiete)

gie. Der temporale Metadatenlayer ist aber kein Datensatz, dessen Anwendung sich auf die Glaziologie beschränkt. Grundsätzlich kann festgehalten werden, dass dieser Metadatenlayer zukünftig ein zwingendes Hilfsmittel für alle Nutzer sein sollte, welche Oberflächenveränderungen basierend auf den Daten des swissALTI^{3D} berechnen und/oder beurteilen.

Bedingt durch die verborgene Komplexität der Originaldaten des swissALTI^{3D} und den Zusammenhängen zwischen den unterschiedlichen statistischen Kenngrössen des Metadatenlayers kann diese Datenebene nicht als Laienwerkzeug betrachtet werden. Ihre Handhabung bedingt fundierte Kenntnisse in der Herstellung und im Umgang mit Höhenmodellen.

Zukünftig wird mit jedem jährlichen Release des swissALTI^{3D} ebenfalls der temporale Metadatenlayer neu berechnet und herausgegeben. Er kann bei der swisstopo bezogen werden.

Es müssen jetzt in der Glaziologie Erfahrungen mit diesem temporalen Metadatenlayer gesammelt werden. Es wäre aber wünschenswert und spannend, auch weitere Fachbereiche, welche sich mit stetigen Oberflächenveränderungen (z.B. Massenbewegungen und Naturgefahren) befassen, in die weitere Diskussion mit einzubeziehen.

Dank

An dieser Stelle möchten wir uns bei der Gruppe «Bilddaten und Höhenmodelle» der swisstopo für die fruchtbare Zusammenarbeit und bei der Glaziologie VAW-ETH für die Beurteilung der Metadaten aus der Sicht Glaziologie bedanken. Andreas Baumeler (Digikarto, Zürich) sei für die Durchsicht und Korrektur des Textes und für die fachlichen Diskussionen gedankt.

statistisch ausgewerteten temporalen Parameter einer geometrischen Grundeinheit ab. Die entscheidenden Kennwerte sind das Herkunftsdatum mit den meisten Punkten (Mode) und die Zeitspanne zwischen dem ältesten und jüngsten Herkunftsdatum (Range). Der Modus (eng. Mode) bezeichnet das Jahr, das für die spezifische Höhe der Gletscheroberfläche verwendet wird. Der Range gibt eine Information über die Heterogenität der swissALTI^{3D}-Daten innerhalb der geometrischen Grundeinheit. Bei glaziologischen Modellierungen dürfen nur Einheiten für Berechnungen berücksichtigt werden, bei welchen die Zeitspanne möglichst gering ist. Im optimalen Fall stammen alle Punkte aus dem gleichen Jahr.

4. Fazit, Aussicht und Diskussion

Mit dem vorgestellten temporalen Metadatenlayer existiert ein neues Werkzeug zur qualitativen und quantitativen Beurteilung des swissALTI^{3D} als Grundlage für Berechnungen im Rahmen der Glaziolo-

Literatur:

- Huss, M., Joerg, P.C., Zemp, M. and Salzmann, N. (2014). High uncertainty in 21st century runoff projections from glacierized basins. *Journal of Hydrology*, 510, 35–48.

Weidmann, Y. (2015). Anforderungen an die Erfassung der Produkte swissTLM3D, swissALTI3D und SWISSIMAGE der swisstopo. Expertenkommission Kryosphäre Arbeitsgruppe Gletscher.

Gross, M. (2018). Gletscher in Echtzeit beobachten. ETH-News, <https://www.ethz.ch/de-news-und-veranstaltungen/eth-news/news/2018/08/sommerserie-glamos.html>

swisstopo (2018). swissALTI3D Das hoch aufgelöste Terrainmodell der Schweiz. https://www.swisstopo.admin.ch/content/swisstopo-internet/de/home/products/height/alti3d/_jcr_content/contentPar/tabs/items/documents/tab1/1464690554132.download/swissALTI3D_detaillierte%20Produktinfo_201802_DE.pdf

kumente/tabPar/downloadlist/downloads/846_1464690554132.download/swissALTI3D_detaillierte%20Produktinfo_201802_DE.pdf

Hirschmüller, H. (2008). Semi-Global Matching - Motivation, Developments and Applications. Photogrammetric Week 11, 173-184. Wichmann. Photogrammetric Week, 9–13 Sept 2011, Stuttgart, Germany.

Yvo Weidmann
VAW
ETH Zurich
CH-8092 Zürich
weidmann@vaw.baug.ethz.ch

Florian Gandor
Roberto Artuso
swisstopo
CH-3084 Wabern
Florian.Gandor@swisstopo.ch
Roberto.Artuso@swisstopo.ch



*„Wir unterstützen
Sie beim durchgehenden
Digitalisierungsprozess
vom Feld bis in Ihr Geo-
informationssystem.“*



Michael Schulz, Vertriebsleiter rmDATA Schweiz

Besuchen Sie den **rmDATA Geomatik Event** am 23. Januar 2019 in Zürich. Der Datenfluss von der Vermessung bis zum fertigen Plan oder bis in Ihr GIS wird Sie begeistern!

rmDATA Vermessung. Intelligente Software – konsequent einfach

rmDATA AG | Bahnhofstrasse 23, 8956 Killwangen | Tel: 041 5112131 | office@rmdatagroup.ch | www.rmdatagroup.ch

