

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: 105 (2007)

Heft: 6

Artikel: Photogrammetrische Erfassung von Fliess- und Staublawinen mit
digitalen Amateur-Kameras

Autor: Wicki, P. / Laranjeiro, L.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-236430>

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: 13.01.2026

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

Photogrammetrische Erfassung von Fliess- und Staublawinen mit digitalen Amateur-Kameras

Eine wesentliche Komponente beim Studium des dynamischen Verhaltens von Fliess- und Staublawinen ist die Kenntnis der Dimension, Form, Entwicklung und Geschwindigkeit realer Lawinen. Die dynamische Photogrammetrie kann den Forschern genau diese Produkte liefern und ist darum eine wichtige Technik zur Erfassung von Lawinen.

Une composante importante, lors de l'étude du comportement dynamique d'avalanches de neige ou de poussière est la connaissance des dimensions, de la forme, de l'évolution et de la vitesse d'avalanches réelles. La photogrammétrie dynamique est à même de fournir exactement ces produits aux chercheurs et constitue, pour cette raison, une technique importante pour la saisie des avalanches.

Un elemento essenziale nello studio del comportamento dinamico delle valanghe radenti e di quelle nubiformi risiede nella conoscenza di dimensione, forma, sviluppo e velocità delle valanghe reali. La fotogrammetria dinamica è riuscita a fornire proprio questi prodotti e costituisce quindi una tecnica importante nel rilevamento delle valanghe.

P. Wicki, L. Laranjeiro

1. Einleitung

Seit knapp zehn Jahren werden im schweizerischen Lawinenversuchsgelände im Vallée de la Sionne (Landeskoordinaten 595000/127000) vom Eidg. Institut für Schnee- und Lawinenforschung (SLF) Experimente mit künstlich ausgelösten Lawinen durchgeführt. Die aus den Experimenten gewonnenen Daten dienen dem Studium des dynamischen Verhaltens von Fliess- und Staublawinen und dem Bestimmen der Kräfte, die beim Aufprall von Lawinen auf Hindernisse entstehen. Mit verschiedenen Messverfahren (Radar, optische Korrelationssensoren, Photogrammetrie, Videogrammetrie) werden Daten erfasst, welche in die Verifizierung und Kalibrierung physikalischer Modelle und numerischer Computermodelle einfließen¹.

Die Frage, was eine Staublawine physikalisch genau ist und wie sie entsteht, beschäftigt die Lawinenforschung nach wie

vor. Um diese Frage zu beantworten, ist es von grossem Interesse zu wissen, wie sich die Staubwolke einer Lawine entwickelt, wie sie ihre Position, Form und Grösse im Verlaufe der Zeit verändert und wie sie Energie aufnimmt und wieder abgibt.

Diese Informationen können aus den photogrammetrischen Auswertungen der Lawine gewonnen werden: Die Auswertungen der vor und nach dem Lawinenniedergang aufgenommenen Luftbilder des Anriss- und Ablagerungsbereichs dienen der Bestimmung der verfrachteten Schneevolumina und der Messung der Anrisshöhen entlang der Anrisskanten. Die Auswertung der terrestrischen Bilder, welche während dem Lawinenniedergang aufgenommen werden, dienen der Messung der Frontlinien der Lawinen, der Ermittlung von Fliessgeschwindigkeiten und -volumina und der Extraktion digitaler Oberflächenmodelle während ausgewählter Zeitschnitte des Lawinenniedergangs⁴. Die terrestrischen Bilder wurden früher mit Videokameras vom Typ Sony DCR-

TRV-900 aufgenommen. Um die Qualität der gewonnenen Daten zu verbessern, wurden die Videokameras ab dem Winter 2004/05 durch synchron ausgelöste, digitale Photokameras mit einer höheren Auflösung ersetzt⁵. Mit dieser Aufnahme-Konfiguration konnten in den vergangenen drei Wintern insgesamt fünf Lawinen-Ereignisse aufgenommen werden. Vier dieser fünf Ereignisse wurden photogrammetrisch ausgewertet.

2. Aufnahme-Konfiguration

Die Aufnahme-Konfiguration wird im Vallée de la Sionne von den natürlichen Gegebenheiten diktiert. Bedingt durch das unwegsame, bewaldete Gelände auf der Gegenhangseite des Lawinenzuges bieten sich nur wenige Orte als geeignete Kamerastandorte an. Die beiden Photo-Kameras vom Typ Canon EOS 20D wurden auf den Punkten LA und G3 platziert (siehe Abb. 1). Mit dem dritten zur Verfügung stehenden Standort BR ergibt sich eine wesentlich längere Basis, aufgrund des grossen Konvergenzwinkels entsteht aber ein schlechter stereoskopischer Eindruck. Von diesem Standpunkt aus wurden darum nur zur Verbesserung der Orientierung des photogrammetrischen Blocks Bilder gemacht.

Durch die Montage der Kameras im Hochformat und die Einstellung der Brennweite auf 18 mm (entspricht 29 mm im Kleinbild-Format) kann das ganze Gebiet auf jeweils einem Bild festgehalten werden. Um bei der Orientierung der Bilder eine Selbstkalibrierung durchführen zu können, wurden vor dem Lawinenniedergang zusätzlich gekantete Aufnahmen gemacht. Bei den Aufnahmen wurde darauf geachtet, dass die beiden Kameras ausser der Blende exakt dieselben Einstellungen aufweisen. Die Auslösung erfolgt im manuellen Modus, um Verzögerungen bei der Auslösung zu vermeiden.

Der Bildmassstab liegt zwischen 1:140 000 im Anrissgebiet und 1:30 000 im Ablagerungsbereich der Lawine, die Kantenlänge eines Pixels variiert im Objektraum zwischen 0.93 m und 0.21 m.

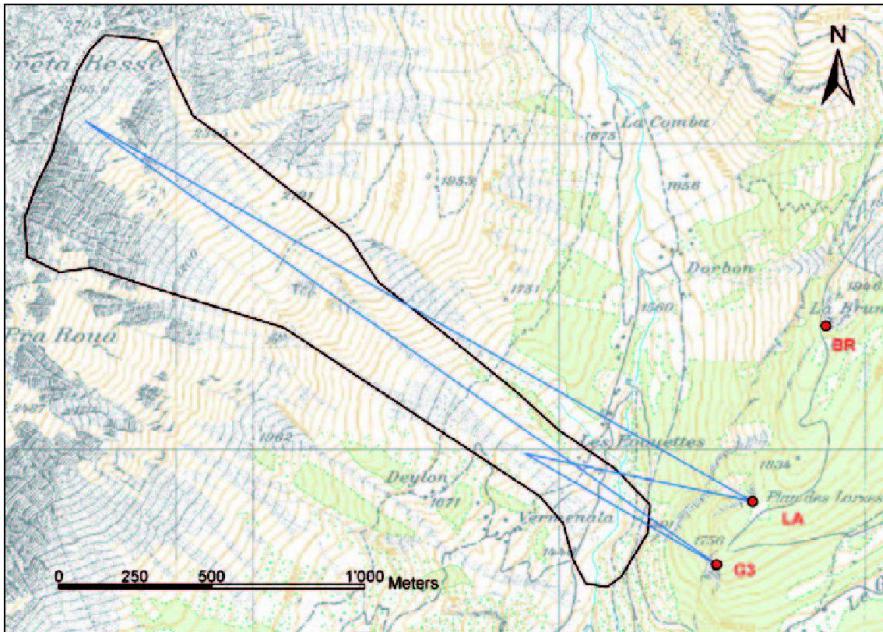


Abb. 1: Die möglichen Kamera-Standpunkte G3, LA und BR (rot) mit den Visuren ins Anriss- und Ablagerungsgebiet (blau) und dem Gefahrenbereich der Lawine (schwarz). Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (BA071266).

Die Länge der Basis zwischen den Kameras beträgt 240 m, der Abstand zum Objekt zwischen 2600 m und 600 m.

3. Orientierung und Resultate

Die Lawinenereignisse der Winter 2004/05 und 2005/06 konnten jeweils am selben Tag im Abstand von ca. einer Stunde ausgelöst werden. Der gesamte photogrammetrische Bildverband eines Aufnahmetages wurde in einem Block orientiert, wodurch sich für diese beiden Winter je eine Ausgleichung ergab. Im schneearmen Winter 2006/07 herrschten nie ideale Bedingungen, um eine Lawine auszulösen.

Die Standardabweichung der Gewichtseinheit a posteriori liegt bei beiden Blöcken im Bereich von 5 μm (1 Pixel = 6.4 μm). Die durchschnittlichen Residuen der Stützpunkte (RMS) betragen 1.6 m in der Lage und 1 m in der Höhe. Eine Analyse der mittleren Fehlerellipsen der Stützpunkte zeigt die grösste Ausdehnung in Aufnahme-Richtung im oberen Bildbereich, dem Anrissgebiet der Lawine. Dies ist auf das ungünstige Abstand-Basis-Ver-

hältnis und die damit verbundenen schleifenden Strahlenschnitte zurückzuführen. Die Resultate der Ausgleichung sind aufgrund der schwachen Blockgeometrie und der nicht einwandfreien inneren Orientierung der Kameras mit Vorsicht zu genießen. Darum wurden mittels Messungen in den orientierten Bildern weitere Genauigkeitsuntersuchungen durchgeführt.

Eine visuelle Nachmessung der Stützpunkte ergab eine Abweichung (RMS) gegenüber den Sollwerten von 5.4 m im oberen Bereich und 2.2 m im unteren Bereich des Lawinenzuges. Weiter wurden im ganzen Lawinenhang Punkte auf der noch intakten Schneoberfläche gemessen, deren Höhen mit dem Geländemodell verglichen wurden. Auch hier zeigt sich mit zunehmendem Abstand von den Kameras eine deutliche Abnahme der Genauigkeit.

4. Produkte

Der stereoskopisch auswertbare Teil des Lawinenniedergangs dauert je nach Grösse und Geschwindigkeit der Lawine ca. eine Minute. Danach ist die Front nur noch

von der Kamera, welche auf G3 (siehe Abb. 1) platziert ist, einsehbar. Im Normalfall wird alle fünf Sekunden ein Bild ausgewertet, dazu kommen ausgewählte Zeitschnitte im Sekundentakt, wodurch sich zwischen 12 und 20 auszuwertende Stereomodelle ergeben.

Alle Versuche, automatisch ein Oberflächenmodell über die Lawine zu berechnen, sind bis anhin gescheitert. Die Prozesse sind entweder abgestürzt oder haben keine brauchbaren Resultate ergeben. Aus diesem Grund erfolgt die Auswertung der Bilder nach wie vor visuell. Die Operateur-Arbeit ist sehr zeitaufwendig und mit einigen Problemen verbunden: Nebelschwaden, Schatten und die unscharfen Konturen des Staubanteils der Lawine erschweren das Absetzen der Messmarke auf der Oberfläche. In jedem Stereomodell werden sowohl die Frontlinie (siehe Abb. 2) als auch die komplette Lawinenoberfläche digitalisiert.

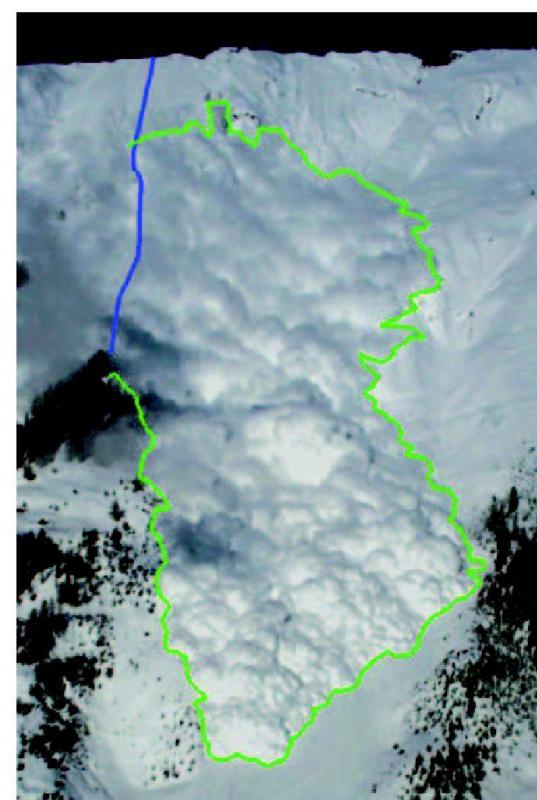


Abb. 2: Die erste Lawine vom 6. März 2006 inklusive Frontlinie (grün) 60 Sekunden nach der Sprengung. Die blaue Linie dient der Abgrenzung des betrachteten Perimeters.

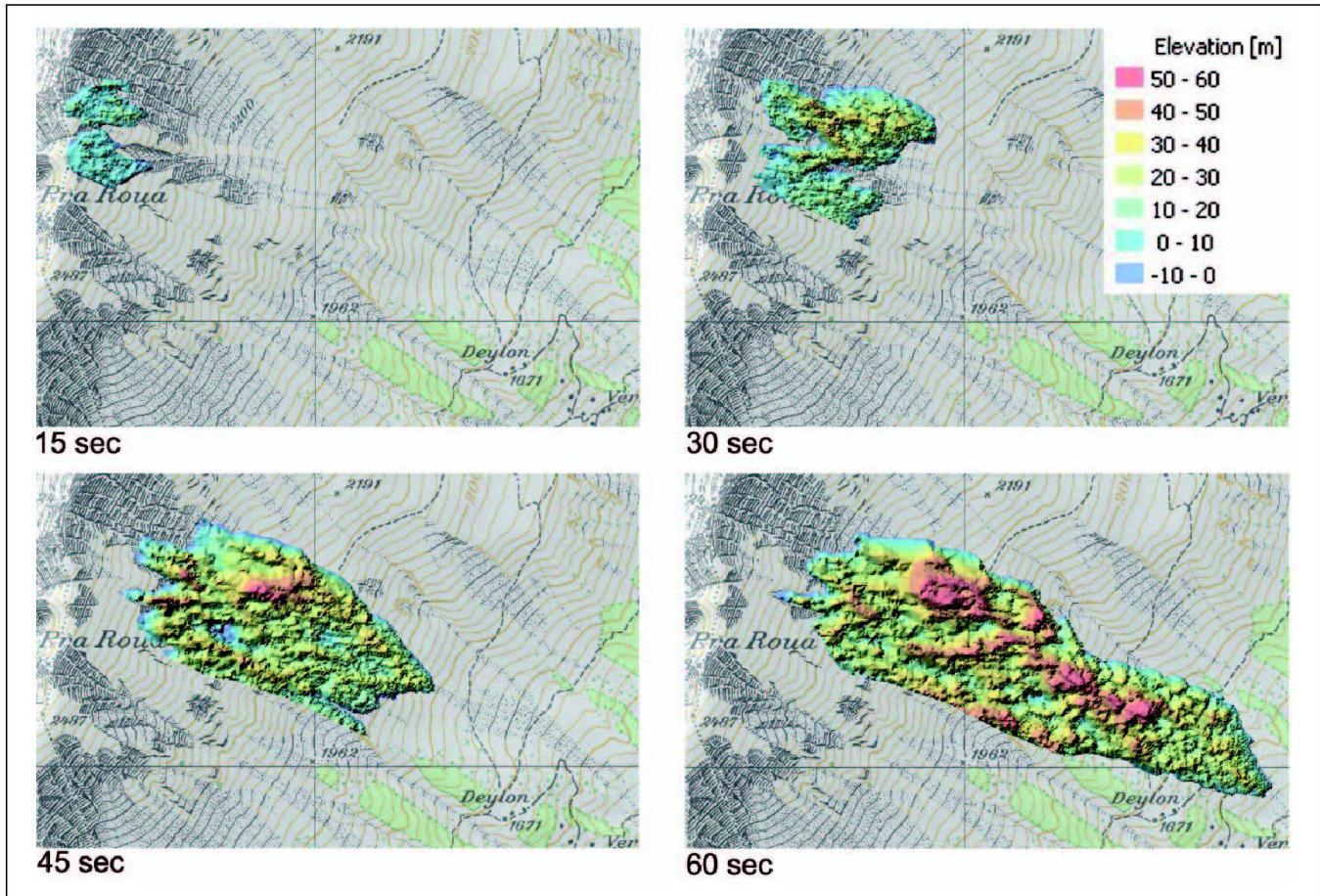


Abb. 3: Die Höhenkarte der ersten Lawine vom 6. März 2006 15, 30, 45 und 60 Sekunden nach der Sprengung. Farblich dargestellt ist die Höhe der Staubwolke relativ zum Geländemodell. Reproduziert mit Bewilligung von swisstopo (BA071266).

Aus dieser visuell gemessenen Punktwolke und den Frontlinien der Lawinen wird in einem ersten Prozessierungsschritt für jeden Zeitschnitt ein Oberflächenmodell über die Lawine gerechnet. Aus der Differenz zwischen Oberflächen- und Geländemodell ergeben sich die in Abb. 3 dargestellten Höhenkarten, wobei die Höhendifferenzen nicht in Lotrichtung, sondern senkrecht zur lokalen Gelände neigung und Exposition gerechnet werden. Als weiteres Produkt kann aus der Differenz zwischen Oberflächen- und Geländemodell das totale Volumen der Lawine inklusive Staubwolke berechnet werden. Diese Zahlen erlauben den Lawinenforschern am SLF, das Volumen des mitgerissenen Schnee-/Luftgemischs zu quantifizieren.

Mit Hilfe der Höhenkarten kann die Entwicklung einzelner Elemente der Lawine

studiert werden. Die Kenntnis der Lage, Höhe und Entwicklung der sich an der Oberfläche bildenden Turbulenzstrukturen liefert wertvolle Informationen zur Quantifizierung des zerstörerischen Pulverschnees in der Staubwolke der Lawine.

Dichtegetriebene Strömungen weisen in ihrem Frontbereich eine charakteristische Form auf. Die Form der Oberfläche im Frontbereich der Lawine wird darum mit der theoretisch vermuteten Form verglichen und erlaubt damit Rückschlüsse auf die Korrektheit der theoretischen Hypothesen. Aus diesem Grund wird die Punktwolke im Frontbereich mit einer höheren Punktdichte digitalisiert.

Zur Kalibrierung und Verifizierung der in der Einleitung erwähnten numerischen Modelle wird in erster Linie die Frontgeschwindigkeit benötigt. Diese lässt sich

aus der Lage der Front und der Zeitdifferenz zwischen den Aufnahmen berechnen. Als letztes werden entlang von vordefinierten Linien Längs- und Querprofile gerechnet. Da die meisten dieser Produkte nicht mit Standard-GIS-Tools erstellt werden können, wurden die Prozesse mittels VBA-Scripts in ArcMap automatisiert.

5. Fazit

Die photogrammetrischen Auswertungen der im Vallée de la Sionne künstlich ausgelösten Lawinen sind für die Lawinenforschung eine wichtige Datenquelle. Es gibt keine andere Möglichkeit als die dynamische Photogrammetrie oder die Videogrammetrie, um die Dynamik sich schnell bewegender Objekte lagerichtig visuell darzustellen, zu quantifizieren und

zu studieren. Aus diesem Grund müssen unsere Bestrebungen daraufhin zielen, die Prozessierungszeit so kurz wie möglich zu halten, um zu günstigen Konditionen so viel Information wie nur möglich gewinnen zu können. Der wichtigste Schritt in diese Richtung wäre die automatische Generierung des Oberflächenmodells der Lawine während möglichst vieler Zeitschnitte, nimmt doch die Digitalisierung der Oberfläche und der Frontlinien 70–80% der gesamten Produktionszeit in Anspruch.

Weiter gilt es, die Orientierung der Bilder zu verbessern und damit die Lagegenauigkeit zu erhöhen. Die Resultate der Ausgleichung aus dem Winter 2005/06 sind nach wie vor nicht ganz befriedigend. Obwohl zusätzliche gekantete Bilder in die Ausgleichung aufgenommen wurden, um die Selbstkalibrierung zu stabilisieren, konnten die Ausgleichsresultate nicht signifikant verbessert werden. Ein zusätz-

lich aufgenommenes Bild vom Kamera-standpunkt BR zur Verlängerung der Basisslinie brachte aufgrund der schlechten Bildqualität (Nebelschwaden) eine Vergrösserung der Kontrollpunkt-Residuen. Dieses Bild konnte darum in der Ausgleichung nicht berücksichtigt werden. Eine weitere Verbesserung und Stabilisierung der Orientierung scheint vor allem mit der Verwendung von weniger verzeichnungsstarken Objektiven möglich. Aufgrund des schneearmen letzten Winters konnten diese Bestrebungen aber noch nicht in die Tat umgesetzt werden.

Anwendungen. Oldenburg (D), Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg (D).

- 3 Vallet, J., 2002: Suivi d'aérosols par vidéogrammétrie: Etude de faisabilité. EPF Lausanne.
- 4 Vallet, J. & Turnbull, B. & Joly, S. & Dufour, F., 2004: Observations on powder snow avalanches using videogrammetry. Cold Regions Science and Technology, Volume 39: Issues 2–3, Pages 153–159.
- 5 Wicki, P. 2005: Photogrammetrie bewegter Objekte mit digitalen Amateur-Kameras. Geomatik Schweiz, 9/2005, Seiten 520–522.

Literaturverzeichnis:

- 1 Amman, W. L., 1999: A new Swiss test-site for avalanche experiments in the Vallée de la Sionne/Valais. Cold Regions Science and Technology, Volume 30, Issues 1–3: Pages 3–11.
- 2 Luhmann, T., 2003: Nahbereichsphotogrammetrie: Grundlagen, Methoden und

Patrick Wicki
Lucinda Laranjeiro
Eidg. Forschungsanstalt WSL
Zürcherstrasse 111
CH-8903 Birmensdorf
lucinda.laranjeiro@wsl.ch
patrick.wicki@wsl.ch



Trimble® VX Spatial Station

Die neue Trimble VX Spatial Station kombiniert optische Totalstation, 3D-Scanner und Video-Station zu einem neuen, einzigartigen Gesamtsystem. Die gemessenen Objektdaten werden direkt in der Video-Anzeige dargestellt. Sie verifizieren Ihre Messungen mit einem Blick direkt mit dem realen Bild im Feld.

Totalstation mit Video und 3D-Scanning

Die Integration des 3D-Scanners in die leistungsfähigste Robotic-Totalstation (Trimble S6) ermöglicht einen problemlosen Einstieg in die neuen Scanning-Märkte. Die neue Trimble VX Spatial Station müssen Sie gesehen haben. Rufen Sie uns an!



Branchenführende Innovation

- 3D-Scanner integriert in optischer Totalstation.
- Digitalbilder gemeinsam mit Messpunkten speichern.
- Direkte Darstellung der Objektdaten in der Video-Anzeige.
- Komplett neue Anwendungsbereiche.



allnav ag
Obstgartenstrasse 7 CH-8006 Zürich
Telefon 043 255 2020 Fax 043 255 2021
allnav@allnav.com www.allnav.com

Geschäftsstelle in Deutschland: D-71522 Backnang

 **Trimble.**