

|                     |   |
|---------------------|---|
| <b>Zeitschrift:</b> | Geomatik Schweiz : Geoinformation und Landmanagement =<br>Géomatique Suisse : géoinformation et gestion du territoire =<br>Geomatica Svizzera : geoinformazione e gestione del territorio |
| <b>Herausgeber:</b> | geosuisse : Schweizerischer Verband für Geomatik und<br>Landmanagement  |
| <b>Band:</b>        | 114 (2016)  |
| <b>Heft:</b>        | 9   |
| <b>Artikel:</b>     | Hochaufgelöste repetitive UAV-Flüge für die Glaziologie in Nordwest-<br>Grönland  |
| <b>Autor:</b>       | Weidmann, Yvo / Jouvet, Guillaume / Funk, Martin  |
| <b>DOI:</b>         | <a href="https://doi.org/10.5169/seals-630655">https://doi.org/10.5169/seals-630655</a>   |

### **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:** 22.01.2026

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

# Hochauflöste repetitive UAV-Flüge für die Glaziologie in Nordwest-Grönland

Am Bowdoin-Gletscher in Nordwest Grönland werden die unterschiedlichsten Eigenschaften und Parameter der Kalbungsvorgänge untersucht. Dies im Rahmen eines gemeinsamen Forschungsprojektes der Hokkaido Universität in Sapporo (Japan) und der Versuchsanstalt für Wasserbau und Glaziologie (VAW) der ETH Zürich. Neben Daten aus zwei tiefen Bohrlöchern und weiteren Sensoren kommen auch Bildflüge mit einer Luftbilddrohne zum Einsatz. Diese Drohne wurde spezifisch für dieses Projekt an der VAW entworfen und gebaut. Die aus den Flügen im Sommer 2015 hergeleiteten Höhenmodelle und Orthophotos flossen dann in die mathematische Modellierung des Gletscherkörpers ein.

*Au glacier de Bowdoin dans le nord-ouest du Groenland on examine les plus diverses caractéristiques et paramètres des détachements de pans de glace, ceci dans le cadre d'un projet de recherches commun de l'Université de Hokkaido à Sapporo (Japon) et des Laboratoires de recherches hydrauliques, hydrologiques et glaciologiques de l'EPFZ (VAW/ETHZ). A part des données de deux forages profonds et d'autres senseurs on a aussi procédé à des vols d'images avec un drone d'images aériennes. Ce drone a été spécialement conçu et construit au VAW. Les modèles altimétriques et les orthophotos issus des vols de l'été 2015 ont ensuite été introduits dans la modélisation mathématique du corps du glacier.*

Sul ghiacciaio Bowdoin nella Groenlandia nord-occidentale si studiano le proprietà e i parametri del fronte di distacco. Si tratta di un progetto comune di ricerca tra l'Università Hokkaido di Sapporo (Giappone) e il Laboratorio di ricerca in campo idraulico, idrologico e glaciologico VAW del Politecnico di Zurigo. Accanto ai dati provenienti da due pozzi profondi e da altri sensori si realizzano anche voli fotogrammetrici con un drone destinato alle riprese aeree. Questo drone è stato sviluppato e costruito dal VAW appositamente per questo progetto. I modelli altimetrici e le ortofoto derivati da questi voli nell'estate del 2015 sono successivamente confluiti nella modellizzazione matematica del corpo del ghiacciaio.

Y. Weidmann, G. Jouvet, M. Funk

## Das Projekt Bowdoin-Gletscher

Der Bowdoin-Gletscher befindet sich an der nordwestlichen Küste der grönlandischen Eiskappe ( $77^{\circ} 42' N$ ;  $68^{\circ} 35' W$ ) und ist ein rund drei Kilometer breiter und zehn Kilometer langer Meeresgletscher. An der Kalbungsfront liegt der Gletscher selber auf dem Grund des Fjordes auf, ist 250 Meter dick und bewegt sich mit etwa 1.5 Meter pro Tag zum Meer. Im Gegensatz zu den Me-

resgletschern im Süden von Grönland, erfahren die Gletscher im Norden erst in den letzten Jahren Veränderungen in Länge, Dicke und Fliessverhalten. Somit können in diesen Breitengraden solche Veränderungen in einem sehr frühen

Stadium beobachtet und beschrieben werden.

Im Rahmen des Projektes wurde während der Expedition im Juli 2014 eine Vielzahl von unterschiedlichen Sensoren installiert. Unter anderem wurden drei 250 Meter tiefe Bohrlöcher erstellt und mit Sensoren bestückt. Um ein vollständiges Bild der Spaltenbildung und der damit verbundenen Kalbungereignisse sowie eine detaillierte Auswertung der Geschwindigkeitsfelder des Gletschers zu erhalten, wurde 2015 zusätzlich eine Luftbilddrohne eingesetzt.

## Motivation für hochauflöste UAV Flüge

Die Prozesse an den Kalbungsfronten von Meeresgletscher sind momentan noch wenig verstanden. Die aktuellen mathematischen Gletschermodelle erlauben keine zuverlässige Simulation der Prozesse. Für den Aufbau solcher Modelle ist unter anderem eine detaillierte Geometrie der Gletscheroberfläche notwendig. Neben einer hohen räumlichen Auflösung ist die zeitliche Auflösung entscheidend. Bei einer Fliessgeschwindigkeit des Gletschers von rund 1.5 Meter pro Tag lassen sich durch repetitive Überflügen mit sehr kurzen Zeitabständen grossflächige Veränderungen zuverlässig detektieren. Mittels solcher repetitiver Daten lassen sich neben der Veränderung der Gletscherdicke auch Geschwindigkeitsfelder, Hauptverzerrung und Scherspannungen berechnen. Diese Daten dienen weiter als Input in die mathematische Modellierung der Kalbungsfront. Die folgende Abbildung zeigt den Datenfluss zwischen den repetitiven Luftbildflügen und der mathematischen Modellierung.



Abb. 1: Lokalität des Bowdoin-Gletschers in Nordwest Grönland (links) und Übersicht der mit Drohnenflügen beobachteten Kalbungsfront (grüne Fläche).

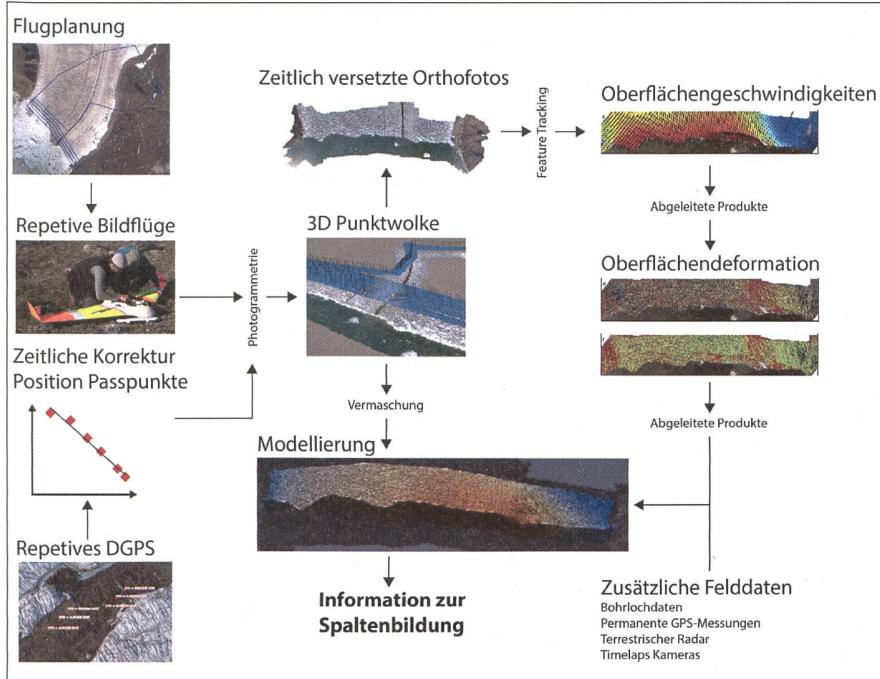


Abb. 2: Detaillierter Datenfluss und Abhängigkeiten zwischen den Luftbildflügen, der Photogrammetrie und den daraus folgenden Analysen und Modellen.

## Konzeption und Bau des Nurflüglers Skywalker X8

Um den erforderlichen Detaillierungsgrad und die Ausdehnung der photogrammetrischen Daten zu garantieren, wurde eigens eine Luftbilddrone entwickelt. Die Wahl und das Design der Drone richteten

sich nach den folgenden Anforderungen:

- Flüge mit einer Distanz von mehr als 50 Kilometer
- Flüge autonom und ausserhalb von Sichtverbindung
- Nutzlast von 0.5–1.0 Kilogramm
- Konfiguration muss offen, dokumentiert und zugänglich sein.

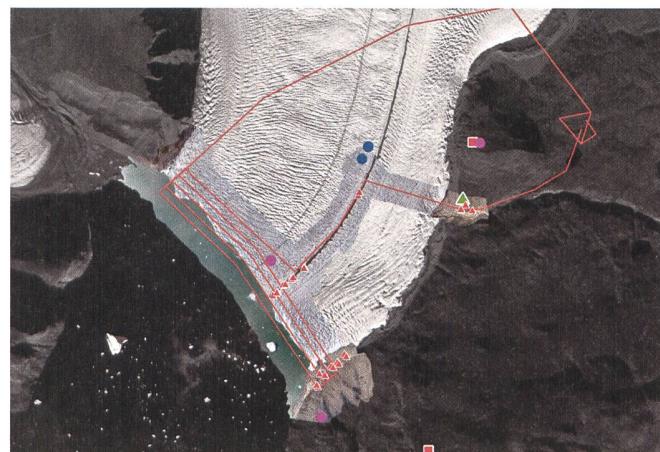


Abb. 3: Flugplan (rote Linie) der Flüge über die Kalbungsfront und die DGPS-Kontrollpunkte (rote Dreiecke). Zusätzlich die Lokalitäten der Seismik- und Infrasound-Arrays (violette Punkte), der Timelaps-Kameras (rote Viercke) und das Camp der Expedition 2015 (grünes Dreieck).

Basierend auf den Erfahrungen von Ryan et al. (2015), fiel die Wahl auf den Nurflügler Skywalker X8. Es handelt sich dabei um ein Modell mit einer Spannweite von rund 2.1 Meter und einer grosszügig dimensionierten Ladebucht. In Zusammenarbeit mit der Firma eFlight wurden Motor und Batterien so berechnet, dass die definierten Flugeigenschaften erfüllt werden können. Für die gesamte Flugsteuerung wurde der Autopilot Pixhawk der Firma 3DR und die ArduPilotMega (APM) Plattform in Kombination mit der ebenfalls frei erhältlichen Flugplanningssoftware APM-MissionPlanner verwendet.

## Expedition 2015

Während der Expedition im Juli 2015 konnten zwei lange Flüge für die Kartierung der gesamten Kalbungsfront durchgeführt werden. Die Abbildung 4 zeigt den detaillierten Flugplan sowie die Lokalität der mit DGPS eingemessenen Passpunkte. Für die Orientierung der Luftbildblöcke wurde eine Vielzahl von Passpunkten eingemessen. Bedingt durch die Fließgeschwindigkeit des Gletschers von rund 1.5 Meter pro Tag, mussten die Passpunkte auf dem Gletscher wiederholt eingemessen und numerisch korrigiert werden. Während der Expedition muss-

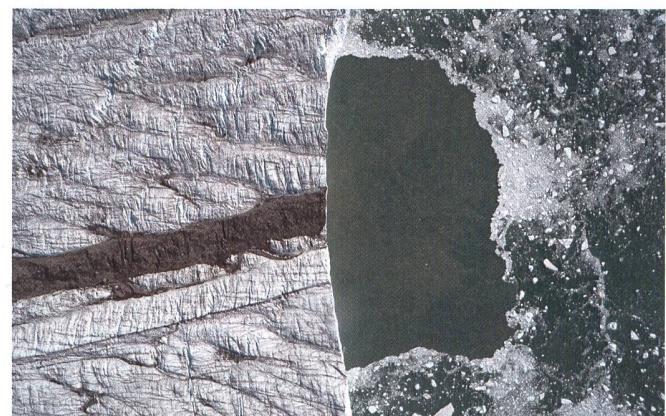


Abb. 4: Bilder der Kalbungsfront beim Bildflug vom 11. Juli 2015. Der Gletscher bricht rund 40 Meter senkrecht zum Meer ab und bildet die rund drei Kilometer lange Front. Ein grosser Süßwasserstrom aus dem Inland entwässert sich unter dem Gletscher und taucht direkt vor der Kalbungsfront auf.

ten Wege gefunden werden, um mit den sehr unzuverlässigen Kompassmessungen umgehen zu können. Bedingt durch die Nähe zum magnetischen Nordpol und die damit sehr stark geneigten Feldlinien, ist eine übliche Navigation kaum möglich. Über die Konfiguration der Flugelektronik konnte die Navigation prioritätär über GPS und die Kenntnis über den zurückgelegten Flugpfad gelöst werden.

## Fazit

Trotz den schwierigen Bedingungen in Nordgrönland und den ambitionierten Flugplänen konnte die auf OpenSource-basierende Eigenbau-Drohne erfolgreich eingesetzt werden. Der Einsatz einer solchen Eigenbau-Drone hat sich auch insofern bewährt, als dass sämtliche Parameter und Komponenten kontrollierbar und konfigurierbar sind. Mit den hochauflösten photogrammetrischen Daten

konnten wertvolle Input-Parameter für die mathematische Modellierung der Kalbungsvorgänge von Meeresgletscher erstellt werden. Diese Parameter erlauben eine deutliche Verbesserung der aktuellen Modelle und somit des Verständnisses der Kalbungsvorgänge. Im Rahmen einer Expedition im Juli 2016 sind weitere Flüge mit einer deutlich höheren zeitlichen Auflösung geplant.

### Literatur:

Ryan, J. C., a. L. Hubbard, J. E. Box, J. Todd, P. Christoffersen, J. R. Carr, T. O. Holt, and N. Snooke. 2015. «UAV Photogrammetry and Structure from Motion to Assess Calving Dynamics at Store Glacier, a Large Outlet Draining the Greenland Ice Sheet.» *The Cryosphere* 9 (1): 1–11. doi:10.5194/tc-9-1-2015.

Yvo Weidmann  
Versuchsanstalt für Wasserbau und  
Glaziologie  
ETH Zürich  
CH-8093 Zürich  
weidmann@vaw.baug.ethz.ch

Geoldee  
Mythenquai 353  
Postfach 1209  
CH-8038 Zürich

Guillaume Jouvet  
Versuchsanstalt für Wasserbau und  
Glaziologie  
ETH Zürich  
CH-8093 Zürich

Martin Funk  
Versuchsanstalt für Wasserbau und  
Glaziologie  
ETH Zürich  
CH-8093 Zürich



GEOBOX AG · Technoparkstrasse 2 · 8406 Winterthur  
044 515 02 80 · info@geobox.ch · www.geobox.ch  
SUPPORT HOTLINE: 044 515 02 88 · support@geobox.ch  
Knowledgebase: www.kb.geobox.ch

**AUTODESK.**  
Silver Partner

**Specialization**  
Civil Infrastructure

**Value Added Services**  
Consulting Specialized



Ihr kompetenter Partner im schweizer GIS-Markt mit Autodesk Produkten und eigenen GEOBOX Fachschalen