

**Zeitschrift:** Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik : VPK = Mensuration, photogrammétrie, génie rural

**Herausgeber:** Schweizerischer Verein für Vermessung und Kulturtechnik (SVVK) = Société suisse des mensurations et améliorations foncières (SSMAF)

**Band:** 98 (2000)

**Heft:** 3

**Artikel:** Expedition Spitzbergen : GPS im Dienste der Glaziologie

**Autor:** Vieser, P. / Vieli, A.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-235625>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **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. [Voir Informations légales.](#)

### **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. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 02.04.2025

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

# Expedition Spitzbergen – GPS im Dienste der Glaziologie

Das hochaufgelöste Erfassen der Oberflächenfliessgeschwindigkeit des Hansgletschers auf Spitzbergen war Ziel einer Expedition im Sommer 1999. Das Projekt wird im Rahmen einer Dissertation an der ETH Zürich bearbeitet. Die vermessungstechnischen Arbeiten wurden von einem Diplomanden der Fachhochschule beider Basel (FHBB) durchgeführt.

*Le but d'une expédition en été 1999 consistait à saisir avec haute résolution la vitesse de déplacement de la surface du Hansgletscher à Spitzbergen. Ce projet fait l'objet d'une dissertation à l'EPF Zürich. Les travaux de mensuration ont été exécutés par un diplomant de la Haute école spécialisée des deux Bâle.*

Nell'estate 1999 lo scopo di una spedizione è consistito nel rilevamento ad alta risoluzione della velocità di scorrimento della superficie del ghiacciaio dell'Hans a Spitzbergen. Il progetto è condotto nell'ambito di una dissertazione al Politecnico di Zurigo. Le operazioni relative alla tecnica di misurazione sono state eseguite da un diplomando della Scuola universitaria professionale (FHBB) dei due cantoni di Basilea.

P. Vieser, A. Vieli

## Einleitung

Ein Forschungsprojekt der ETH Zürich befasst sich im Rahmen einer Doktorarbeit mit der Eisbergkalbung und dem Fliessverhalten von kalbenden Gletschern. Ziel des Projektes ist die Identifikation und Quantifizierung der physikalischen Grössen, welche die Eisbergproduktionsrate und die Fliessdynamik solcher Gletscher beeinflussen. Im Rahmen dieses Projektes sind auf dem Hansgletscher, einem kalbenden Gletscher in Spitzbergen, zwei glaziologische Messkampagnen durchgeführt worden. Schwerpunkt dieser Untersuchungen war die Bestimmung von Oberflächenfliessgeschwindigkeiten des Hansgletschers sowie deren zeitlichen und räumlichen Änderungen. Die in der ersten Feldkampagne (Theodolitmessungen im Sommer 1998) erhaltenen Resultate [1] und Erfahrungen ermutigten zu einer zweiten, umfangreicheren Kampagne mittels GPS. Diese GPS-Kampagne vom Sommer 1999 [2] wurde im Rahmen einer interdisziplinären Zusammenarbeit der Fachhochschule beider Basel (FHBB) und der ETH Zürich durchgeführt und wird im vorliegenden Bericht vorgestellt.

Es werden Resultate der GPS-Kampagne sowie Erfahrungen aus den Feldarbeiten und Auswertungen präsentiert. Zudem soll der Bericht am Beispiel der Spitzbergen-Expedition 1999 einen Einblick geben in die Anwendung von GPS in der glaziologischen Forschung.

## Untersuchungsgebiet

Der Hansgletscher, Ort der durchgeführten Untersuchungen, liegt in Südspitz-

bergen auf dem 77. Breitengrad. Der Gletscher ist 16 km lang und bis zu drei Kilometer breit. Er endet mit einer 1.5 km breiten und ca. 30 m hohen Kalbungsfrent im Meer (Abb. 1). In Spitzbergen herrscht arktisches Klima. Die Temperaturen bewegen sich zwischen 2 °C und 5 °C, wobei auch Temperaturen unter dem Gefrierpunkt keine Ausnahme bilden. Als Stützpunkt der Untersuchungen im Sommer 1998 und 1999 diente die in unmittelbarer Nähe zum Gletscher gelegene polnische Forschungsstation. Eine Messkampagne auf einem Gletscher in der Arktis, fern ab jeglicher Zivilisation bringt einige Probleme mit sich und erfordert Flexibilität und Improvisationsvermögen. So muss zum Beispiel zum Schutz vor Eisbären immer eine Waffe mitgetragen werden.

## Kampagne 99

### Messkonzept

Schwerpunkt der Kampagne 99 war die Erfassung von kurzzeitigen Änderungen der Oberflächenfliessgeschwindigkeiten sowie die Bestimmung der räumlichen Verteilung der Fliessgeschwindigkeiten. Ferner sollte eine mögliche vertikale Hebung des Gletschers beobachtet werden. Dazu wurden auf dem Hansgletscher vier GPS-Systeme 200 der Firma Leica auf jeweils 6 Meter langen, in den Gletscher ge-

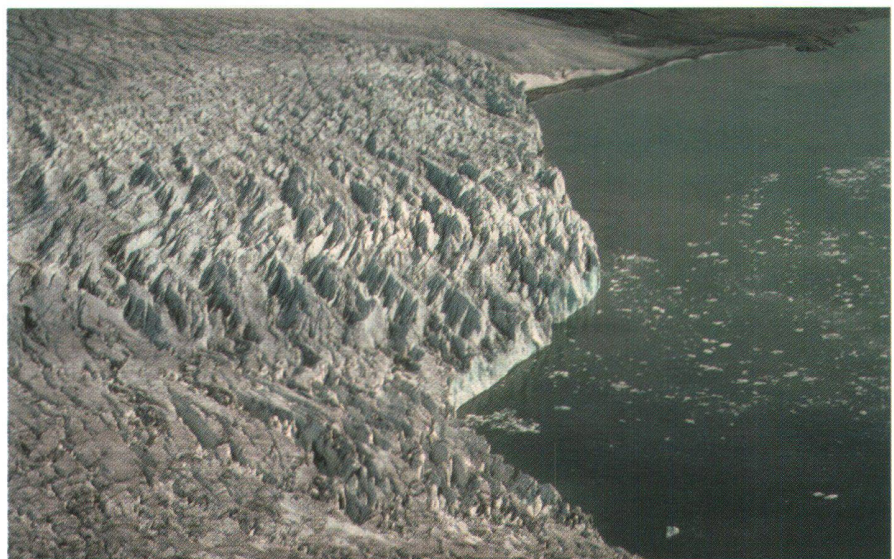


Abb. 1: Gletscherfront des Hansgletschers auf Spitzbergen (Foto P. Vieser).

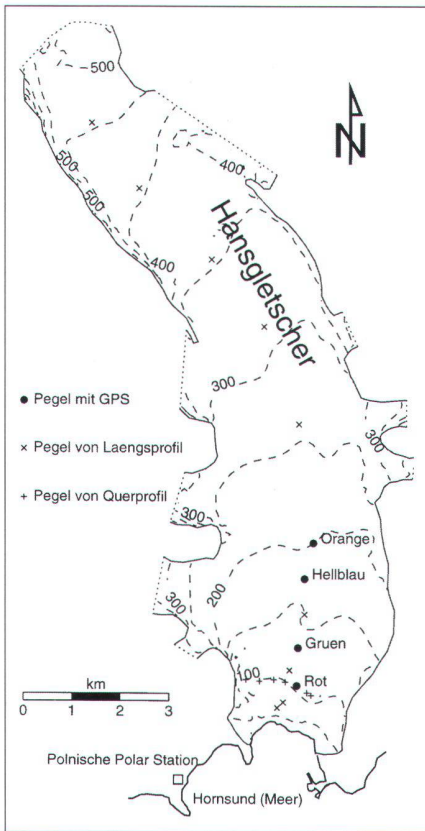


Abb. 2: Situationskarte des Untersuchungsgebietes am Hansgletscher. Die schwarzen Punkte bezeichnen die Position der fest installierten GPS-Pegel.

bohrten Aluminiumstangen, fest installiert. Die vier Pegel mit den Empfängern wurden entlang einer Fließlinie des Gletschers in den unteren 5 km gleichmäßig verteilt (Abb. 2). Die Stromversorgung der Empfänger wurde durch Solarpanels sichergestellt (Abb. 3). Die Referenzstation wurde direkt bei der Forschungsstation installiert und mit Strom aus dem Generator gespeist. Der Messzyklus betrug, mit wenigen Ausnahmen, 3 Stunden mit einer Sessionsdauer von jeweils 20 Minuten und einer Epochzeit von 15 Sekunden (Rapid Static). Das Messintervall von 3 Stunden wurde auf Grund der aus der Kampagne 98 bekannten Fließgeschwindigkeiten festgelegt.

**Datenfluss**

Bedingt durch die Einschränkung, dass bei den GPS-Systemen 200 nur 8 Timer Mis-



Abb. 3: Pegel Grün mit Solarpanel und dem GPS-Empfänger (Foto A. Vieli).

sions programmiert werden können, mussten die Daten jeden Tag ausgelesen werden. Somit wurden die Pegel jeden Tag aufgesucht, die Speicherkarten gewechselt und die Timer Missions neu programmiert. Zurück in der Station wurden die Daten auf den Computer übertragen und anschließend berechnet. Durch diese «Online-Auswertung» war es möglich, auf allfällige Probleme bei den Messungen schnell zu reagieren.

**Anschluss an das lokale System**

Direkt vor der polnischen Forschungsstation befindet sich ein astronomischer Punkt, von dem die lokalen Koordinaten bekannt waren (UTM, Zone 33x Nord, 15° Ost). Durch eine genaue absolute Positionierung des Messnetzes über 24 Stunden auf der Referenzstation und gleichzeitiger Messung auf dem astronomischen Punkt, wurden genaue

WGS84-Koordinaten dieser Punkte bestimmt. Mit einer Helmerttransformation wurden anschließend die Transformationsparameter direkt von WGS84 ins lokale System gerechnet.

**Erreichte Genauigkeiten**

Genauigkeitsbestimmungen von dynamischen Messungen sind einiges komplexer als bei statischen Messungen. In der Annahme, dass sich der Gletscher auf kurze Distanzen (2 m) linear bewegt, wurden durch die gemessenen Positionen der einzelnen Pegel, während einer stabilen Phase des Gletschers, Regressionsgeraden gerechnet. Der senkrechte Abstich eines gemessenen Punktes auf die Gerade repräsentiert demnach eine Komponente der Lagegenauigkeit. Mit dem selben Verfahren wurden auch die Höhengenaugkeiten bestimmt.

Während kurzer Zeit wurde am Rande des

Pegel	Länge der BL	Höhendifferenz zu Referenz	m <sub>Lage</sub>	m <sub>Höhe</sub>
A (statisch)	1.8 km	26 m	4 mm	13 mm
Rot	3.0 km	69 m	5 mm	17 mm
Grün	3.5 km	113 m	5 mm	17 mm
Hellblau	4.8 km	148 m	7 mm	23 mm
Orange	5.5 km	183 m	9 mm	29 mm

Tab. 1: Zusammenstellung der erreichten Genauigkeiten.

Gletschers ein statischer Punkt gemessen. Diese Messungen dienen zur Plausibilitätskontrolle der gerechneten Werte. Unter Einbezug der in Tabelle 1 aufgeführten Werte kann die erreichte Lagegenauigkeit folgendermassen spezifiziert werden:  $\sigma_{\text{Lage}} = 3 \text{ mm} + 1 \text{ ppm}$ . Die erreichte Höhengenaugigkeit ist gegenüber der Lagegenauigkeit um den Faktor 3 schlechter ausgefallen. In unseren Breitengraden rechnet man mit einer um zirka den Faktor 2 schlechteren Höhengenaugigkeit. Die Tatsache, dass die maximale Satellitenelevation auf Spitzbergen jedoch nur 60 Grad beträgt und somit Satelliten im Zenit fehlen, lassen diese Werte jedoch plausibel erscheinen.

## Resultate

Aus den gemessenen Verschiebungen und Zeitdifferenzen zwischen zwei Sesssionen sind die Fliessgeschwindigkeiten des Gletschers an den Orten der Pegel bestimmt worden. Die in Abbildung 4 dargestellten Geschwindigkeiten repräsentieren das gleitende Mittel aus 5 Messungen. Diese Glättung der Kurven wurde zur besseren Darstellung der Resultate vorgenommen. In dieser Darstellung ist deutlich das Beschleunigungsereignis um den 17. Juli zu erkennen. Die Höchstgeschwindigkeit in dieser Phase erreicht an allen Pegeln den 4-bis 5-fachen Wert der normalen Fliessgeschwindigkeit. Ein genaueres Betrachten der Geschwindigkeitskurven zeigt auch, dass die Höchstgeschwindigkeiten an den Pegeln zu verschiedenen Zeitpunkten erreicht wurden. Trotz der um den Faktor 3 schlechteren Höhengenaugigkeit ist es gelungen, eine signifikante Höhenänderung während der Beschleunigungsphase nachzuweisen. So hat sich die Oberfläche des Gletschers bei Pegel Orange um rund 10 cm und bei den Pegeln Grün und Rot um jeweils 5 cm angehoben.

Auslöser des beobachteten Beschleunigungsereignisses ist die erhöhte Schmelzwasserproduktion auf dem Gletscher, bedingt durch eine ausgeprägte Föhnlage und die damit verbundenen erhöhten Lufttemperaturen. Der erhöhte Schmelzwasser-Input hebt kurzzeitig den Wasser-

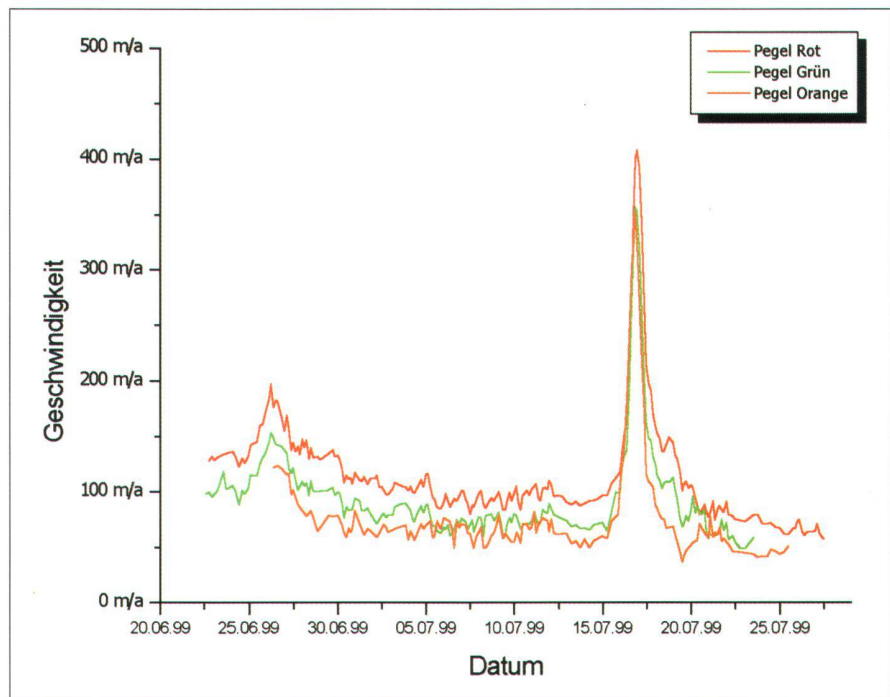


Abb. 4: Fliessgeschwindigkeit des Gletschers an drei Pegeln berechnet aus den GPS-Positionierungen.

druck am Gletscherbett an. Dies führt zu erhöhtem Gleiten am Gletscherbett. Zusätzliche Wasserdruckmessungen in einer Gletschermühle haben gezeigt, dass der Gletscher während dem Beschleunigungsereignis sogar für kurze Zeit lokal das Schwimmgleichgewicht erreicht hat. Abbildung 4 gibt zudem einen Eindruck über die räumliche Verteilung der Fliessgeschwindigkeiten im Zungengebiet des Gletschers. Gehen wir entlang der Fliesslinie vom obersten Pegel Orange über Grün zu Rot hinunter zur Front, nehmen die Fliessgeschwindigkeiten deutlich zu. Diese Zunahme der Geschwindigkeiten gegen die Front scheint für kalbende Gletscher typisch zu sein.

## Weitere Messungen

Parallel zu den Geschwindigkeitsmessungen wurde vier Mal ein Längsprofil über den ganzen Gletscher gemessen. Ziel dieser Messungen war, die Geschwindigkeitsverteilung über den ganzen Gletscher und die Höhe der Gletscheroberfläche zu bestimmen. Die gemessenen Fliessgeschwindigkeiten am oberen Ende des Gletschers im Akkumulationsgebiet

sind mit ungefähr 20 m/a deutlich kleiner als an den vier fixen Pegel im Gletscherzungenbereich. Die bereits im Gletscherzungenbereich beobachtete Zunahme der Geschwindigkeiten gegen die Front wurden durch diese Längsprofilmessungen bestätigt. Weiter wurde auf Höhe von Pegel Rot ein Querprofil über die Hälfte des Gletschers gemessen. Durch dreimaliges Messen dieses Profils konnten auch hier starke räumliche und zeitliche Variationen der Geschwindigkeiten gemessen werden. Mit diesen Messungen kann nun der Eisdurchfluss für beliebige Querschnitte entlang des Gletschers abgeschätzt werden.

## Schlussfolgerungen

Die Ziele der Kampagne im Sommer 1999, die Erfassung von kurzzeitigen Schwankungen der Fliessgeschwindigkeit, sowie einer vertikalen Hebung des Gletschers, wurden in der angestrebten Genauigkeit erreicht. Tageszeitliche Schwankungen der Fliessgeschwindigkeit liegen im Bereich des Messfehlers und konnten nicht nachgewiesen werden. Die Resultate und

Erfahrungen der Kampagne 99 sowie weitere Erfahrungen [3] haben gezeigt, dass sich das hier beschriebene GPS-Messverfahren sehr gut eignet für Anwendungen in der Glaziologie, im Speziellen zur Bestimmung von Oberflächenflussgeschwindigkeiten von Gletschern und deren kurzzeitigen Änderungen. Die hohe Genauigkeit, die Zuverlässigkeit und vor allem die Wetterunabhängigkeit sind Pluspunkte dieser Methode. Mit neueren Geräten, als diese auf Spitzbergen verwendet wurden, ist es auch möglich, eine unbeschränkte Anzahl von Timer Missions zu programmieren und somit die Geräte für längere Zeit (einige Wochen) unbeaufsichtigt auf dem Gletscher zu installieren [3]. Einschränkend wirken hier höchstens die Speicherkapazität und die Stromversorgung.

Zum Einsatz von GPS in arktischen Breiten haben sich gewisse Einschränkungen ergeben. An vereinzelt Tagen traten vermehrt Probleme beim Lösen der Basislinien auf. Dies ist auf die erhöhte ionosphärische Aktivität in den Polregionen zurückzuführen [4]. Wie bereits im Kapitel Genauigkeiten diskutiert, wirken die fehlenden Satelliten im Zenit negativ auf die Höhengenaugkeit.

Was bleibt sind Erinnerungen an sechs Wochen Spitzbergen, die unberührte Natur, die langen Tage, in denen die Sonne nie untergeht, der Gletscher, der täglich sein Gesicht änderte und nicht zuletzt eine sehr interessante Arbeit. Diese interdisziplinäre Zusammenarbeit der Fachgebiete Geomatik und Glaziologie war für beide Seiten eine Bereicherung.

## Dank

Die Feldkampagne wurde unterstützt und ermöglicht durch das Institut für Klimaforschung der ETH Zürich und durch die VAW, ETH Zürich. Die Autoren möchten sich beim Geophysikalischen Institut der polnischen Akademie der Wissenschaften (Warschau) für die Benützung der Infrastruktur auf Spitzbergen bedanken. Einen ganz speziellen Dank gebührt Prof. Dr. J. Jania von der Universität Schlesien (Polen), der uns bei der Planung und Durchführung der Expedition unterstützt hat.

Ebenfalls einen Dank richtet sich an Prof. Dr. Stephan Nebiker, Dozent an der Fachhochschule beider Basel, dessen fachliche Unterstützung im Vorfeld der Kampagne und während der Auswertung der Daten im Rahmen der Diplomarbeit, viel zum positiven Gelingen dieser Expedition beigetragen hat.

## Literatur:

- [1] Vieli, A., Funk, M., Blatter, H., in press. Tidewater glaciers: frontal flow acceleration and basal sliding. *Annals of Glaciology*, IGS 1999.
- [2] Wieser, P., unveröffentlicht. GPS-Kampagne Spitzbergen. Diplomarbeit an der Fachhochschule beider Basel, 2000.
- [3] Meinck, M., unveröffentlicht. Untersuchungen zum Fließverhalten von Gletschern. Diplomarbeit HTW Dresden, 1998.
- [4] Wanninger, L., SPN 3/1994. Beobachtung kleinräumiger ionosphärischen Störungen mit GPS und ihre Vermeidung bei GPS-Messungen, 1994.

Pascal Wieser  
Eschikon 7  
CH-8315 Lindau (ZH)  
e-mail: wieser@yahoo.com

Andreas Vieli  
Institut für Klimaforschung ETH  
Winterthurerstrasse 190  
CH-8057 Zürich  
oder  
VAW, ETH Zentrum  
Gloriastrasse 37/39  
CH-8092 Zürich  
e-mail: vieli@vaw.baug.ethz.ch



## Projektposter für Geomatiktag 2000 4.– 6. Mai in Thun

Im Expo-Gelände von Thun findet am Geomatiktag 2000 eine umfassende berufsspezifische Ausstellung statt. Nicht nur für Branchenkenner sondern auch für externe Besucher ist es von grossem Interesse zu sehen, welche Projekte in den verschiedenen Ingenieur- und Vermessungsbüros verfolgt werden.

Das OK freut sich, wenn Ihr Büro mit einem bis maximal drei Postern präsent ist. Die Poster sollen aktuelle, wichtige Projekte mittels Bildern und Texten darstellen, damit BesucherInnen einen Querschnitt durch die aktuellen Tätigkeitsgebiete in unserem Berufsfeld erhalten.

Die Poster sollten folgende Bedingungen erfüllen:

- Format A0
- Titel, Urheber, Firmenname und Datum müssen vermerkt sein
- Abgabefrist: bis spätestens am 4. Mai 2000 an OK Geomatiktag

Für eine zweckmässige Platzeinteilung in der Ausstellungshalle ist das OK Geomatiktag auf eine vorgängige Ankündigung der Anzahl Posters bis 15. März 2000 an untenstehende Adresse angewiesen.

Wir freuen uns, Ihnen am Geomatiktag 2000 eine attraktive Postergalerie präsentieren zu dürfen und wünschen allen viel Spass und gutes Gelingen beim Erstellen der interessanten Darstellungen.

Für Fragen im Zusammenhang mit den Postern und dem Geomatiktag 2000 stehen wir Ihnen gerne zur Verfügung, oder besuchen Sie unsere Homepage.

OK Geomatiktag 2000  
Postfach 37  
3602 Thun  
Tel. 033/225 40 50  
Fax 033/225 40 60  
[www.geo-thun.ch/geomatiktag.html](http://www.geo-thun.ch/geomatiktag.html)