

Vergleich von Eishöhen und Oberflächenveränderungen in Alaska und Südgrönland

Uwe HOFMANN¹, Thomas HITZIGER², Werner STEMPFHUBER³, Wilfried KORTH³

¹Beuth Hochschule für Technik, Berlin · uhofmann@beuth-hochschule.de

²BTU Cottbus-Senftenberg, Cottbus

³Beuth Hochschule für Technik, Berlin

1 Einführung

Weltweit tritt die aktuelle Klimaentwicklung, ausgelöst durch verschiedene Einflüsse der letzten Jahre, immer mehr in den Focus der Öffentlichkeit. Die von der Menschheit verursachten klimaschädlichen Emissionen, insbesondere CO₂, führen durch den Treibhauseffekt zu einem Anstieg der Temperatur der erdnahen Atmosphäre und Änderung der Niederschläge. Als Folge der Temperaturänderungen ergeben sich unter anderem:

- Verringerung des Volumens der großen Eisschilde und Gletscher
- Veränderung der Fließgeschwindigkeit der Gletscher
- Verschiebung der Permafrostgrenzen

Besonders die Gletscher und Eisschilde reagieren sehr sensibel auf diese Klimaveränderungen und sind somit wichtige Indikatoren der ablaufenden Prozesse. Um diese beurteilen zu können, ist die Datenerfassung und wissenschaftliche Analyse der Veränderungen notwendig. Dies geschieht heute u. a. mit Verfahren der Satellitenaltimetrie und GNSS, wobei in kurzer Zeit große Flächen in cm-Genauigkeit vermessen werden.

In den beiden Untersuchungsgebieten wurden Punkte mit satellitengestützten Vermessungsverfahren bestimmt. Diese Vermessungen ‚in situ‘ bestätigen die weltweite Tendenz der Verringerung der Volumen.

2 Juneau Icefield Research Program (JIRP)

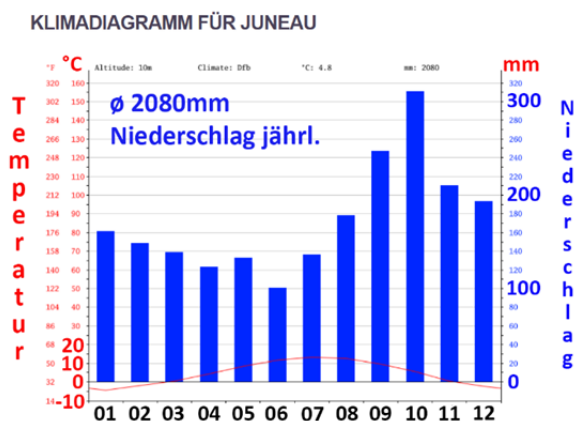


Abb. 1:
Klimadiagramm Juneau
Zum Vergleich:
Innsbruck: **897mm**
Berlin: **570mm**
(<https://de.climate-data.org/>)

An der Westküste Nordamerikas liegt im südlichen Teil von Alaska in den Küstengebirgen (Boundary Ranges) das Juneau Icefield. Die vorherrschenden Westwinde transportieren die warme, feuchte Luft des Pazifiks an das Küstengebirge. Die maritimen Luftmassen steigen auf, das Ergebnis sind die hohen Niederschlagsmengen in West-Alaska (Abb. 1).

Prof. Dr. Maynard Malcolm Miller, des „Glaciological and Arctic Sciences Institute“ gründete 1946 das Juneau Icefield Research Program. Hauptziel war es, potentiellen Polarwissenschaftlern eine akademische und praktische Ausbildung im Rahmen einer „Summer School“ anzubieten. Während dieser Ausbildung wurden in verschiedenen Feldern, zum Beispiel Geologie, Biologie, Geophysik, Meteorologie und Vermessung glaziologische Daten erfasst, wissenschaftlich analysiert und archiviert.

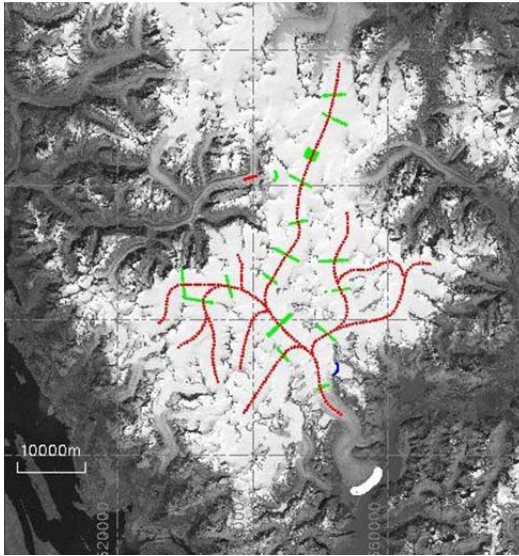


Abb. 2:
Übersicht über das Juneau Icefield mit
Längs- und Querprofilen
(Quelle: Landsat)

Seit den 80er Jahren des vorigen Jahrhunderts bringen sich deutsche Universitäten, vorrangig mit geodätischen Überwachungsmessungen, ein. Während der jährlichen Kampagnen wird das Eisfeld von den Teilnehmern durchquert. Ein Teilprojekt ist die Bestimmung der Oberflächenhöhen mittels GNSS Profilmessungen. Seit 2011 unterstützt die Beuth Hochschule Berlin regelmäßig die Durchführung der geodätischen Messungen. Diese werden zusammen mit Studenten ausgeführt und ausgewertet. Damit die Höhen der jährlichen Epochen untereinander vergleichbar sind, ist es notwendig, immer an den Positionen der Nullmessung eine neue Messepoche durchzuführen. Die Einzelpunkte werden in Längs- und Querprofilen zusammengefasst und erstrecken sich über die verschiedenen Gletscher des Eisfeldes (Abb. 2).

3 Projekt Südgrönland

1912 fand die erste wissenschaftliche Überquerung des Inlandeises statt, die Länge der Traverse betrug rund 700km. Geleitet wurde diese Expedition von dem Schweizer Meteorologen Alfred de Quervain. Als Transportmittel wurden damals Hundeschlitten eingesetzt. 2002 wurde unter der Leitung von Prof. W. Korth das grönländische Inlandeis auf dieser

historischen Route von Ost nach West überquert und ein Messprofil, bestehend aus 32 Punkten, angelegt (Abb. 3). Mit den Traversen 2006, 2010 und 2015 fanden 3 Folgemessungen statt, die nächste ist für 2019 geplant.

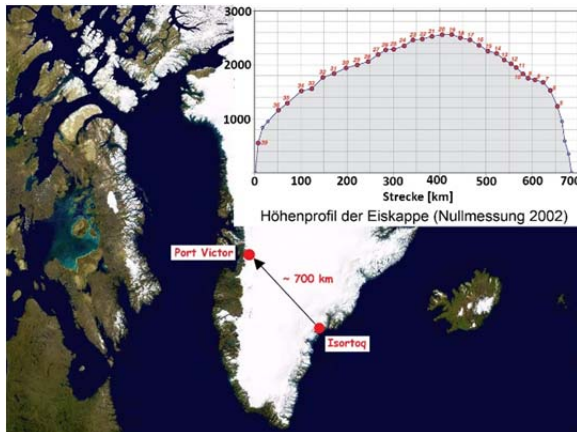


Abb. 3: Übersicht des Grönlandprofils unterschiedliche Maßstäbe in y/x (Google Maps)

4 Koordinatenbestimmung mit GNSS

Die Messtechnologie ist in beiden Projekten sehr ähnlich. Grundlage ist immer eine Nullepoche. Die Folgemessungen liefern an den gleichen 2D-Positionen die aktuellen Höhen. Im Juneau Icefield existieren Festpunkte, die Koordinatenbestimmungen finden in Echtzeit statt (Real-Time-Kinematic). Die Auswertungen der Grönlanddaten erfolgen im Postprocessing (PPP) mit Daten der benachbarten Stationen des International GNSS Services. In beiden Fällen beträgt die Genauigkeit der Höhen wenige cm.

5 Vergleich der Höhenänderungen

4.1 Juneau Icefield

Für das Eisfeld ist das Längsprofil A dargestellt, welches die Volumenabnahme verdeutlicht. Dargestellt sind Messungen im zeitlichen Abstand von 8 Jahren und zusätzlich noch die letzte aktuelle Messung von 2018 – 2 Jahre (Abb. 4).

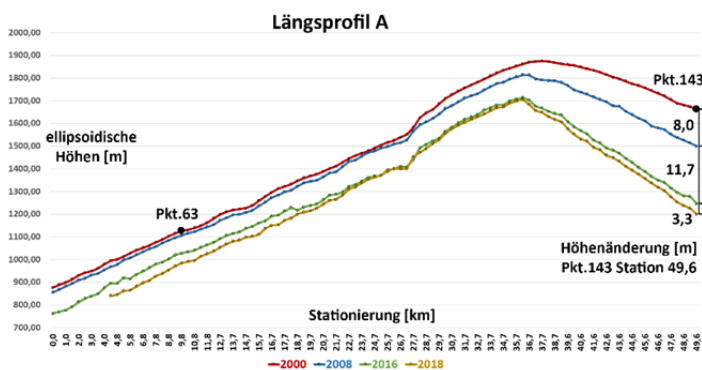


Abb. 4: Längsprofil A Nord-Süd Taku, Matthes und Llewellyn Gletscher

Die obige Grafik stellt als Übersicht alle Punkte des jeweiligen Profils zu ausgewählten Zeitabschnitten dar, visualisieren die verschiedenen Raten der Änderungen über die Länge des Profils. Ein anderer Ansatz ist es, alle jährlichen Daten an einzelnen Punkten zu vergleichen. Die verschiedenen meteorologischen Einflüsse führen zu unterschiedlichen Schmelzraten. Die Trendlinien zeigen die verschiedenen Tendenzen entsprechend der Lage und der klimatischen Einflüsse (Abb. 5).

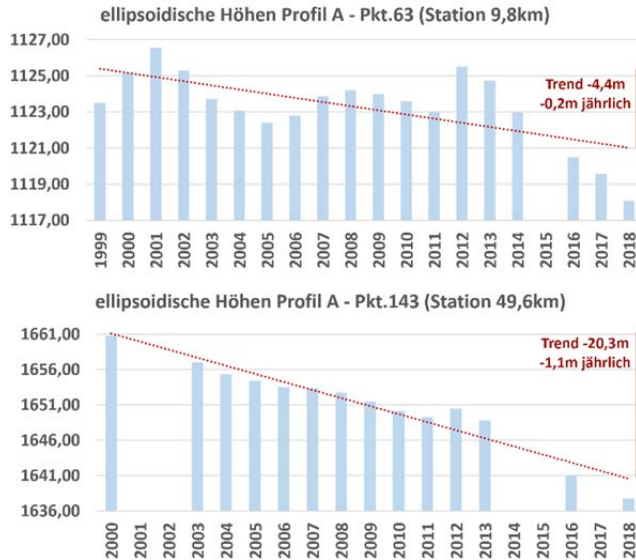


Abb. 5:
Höhenänderungen Profil LongA
Punkte 63 und 143 bis 2018
Pkt.63 (Taku Gletscher)
Deutliche, meteorolog. Einflüsse, geringer Trend
Pkt.143 (Llewellyn Gletscher)
weniger Variationen, negativer Trend viel ausgeprägter

4.2 Südgrönland

Die Höhenänderungen in den Küstengebieten Südgrönland sind mit denen in Alaska vergleichbar. Ein Anstieg der negativen Volumenbilanz in den letzten Jahren ist deutlich zu erkennen. Die Graphen der Differenzbildung jeweils zweier Messperioden (insgesamt 4, Nullmessung 2002 und 3 Folgemessungen) veranschaulichen die Entwicklung besser als reine Höhenprofile (Abb. 6).

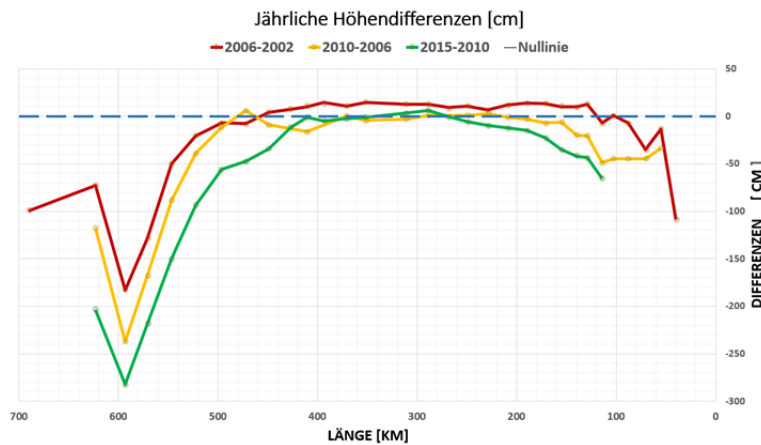


Abb. 6:
Höhendifferenzen
der Profile
2002 bis 2015

Der Bereich der geringen Differenzen um die Nulllinie wird immer kleiner, da die Ablationszonen höhere Lagen erreichen und sich in die zentralen Gebiete ausbreiten. Der negative Ausschlag auf der linken Seite (km 590) repräsentiert das Einzugsgebiet des Jakobshavner Eisstromes, eines der schnellsten Gletscher der Welt. Die Beschleunigung der Volumenverluste in den Küstenbereichen (I und III) stellen die Kurven der Abbildung 7 dar. Der Bereich I deckt wieder das Einzugsgebiet des Jakobshavner Eisstromes ab.

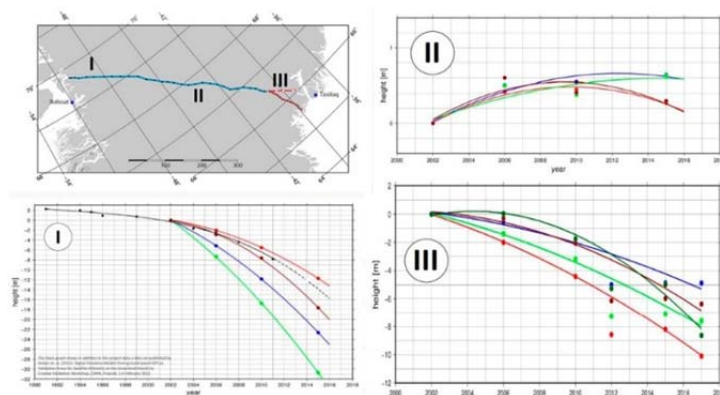


Abb. 7:
Höhenänderungen
Südgrönland
2002 bis 2017

5 Fazit

Der Vergleich beider Eisfelder zeigt gemeinsame und unterschiedliche Reaktionen auf die klimatischen Änderungen. Der Bereich des Juneau-Icefields, welches dem maritimen Meeresklima ausgesetzt ist, zeigt viel größere jährliche Variationen. Ab 2012 verstärkt sich der negative Trend deutlich. Die abgewandte Seite Kanadas (Bsp. Llewellyn Gletscher) reagiert ähnlich gleichmäßig wie die große Eiskappe Grönlands. Beiden gemeinsam sind die hohen Schmelzraten in den tieferen Lagen, verglichen mit der stabileren Situation in den Zentren der Gebiete. Aber auch dort treten in den letzten Jahren Massenverluste auf.

Neben der Höhenänderung werden auf dem Juneau Icefield mehr als 30 Snowpits bis auf den Sommerhorizont des vorigen Jahres gegraben. Die Ergebnisse sind die jährliche Akkumulationsrate und ein vertikales Dichteprofil des Schnees. Diese Messungen erlauben dann die Bestimmung der Massenbilanz des Gletschersystems. Solche Messungen sind auch in Grönland erforderlich und sollen in der Kampagne 2019 durchgeführt werden.

Literatur

- KORTH, W., HITZIGER, T., KÜCHENMEISTER, T., HOFMANN, U. & PAWELKA, K. (2017): Klimabedingte Veränderungen des Inlandeises in Grönland. 19. Internationale geodätische Woche, Obergurgl 2017, Wichmann Verlag, Berlin, ISBN 978-3-87907-624-6, S. 164-173
- STEMPFHUBER, W., (2015): Gletschermonitoring am Juneau Icefield in Alaska. 18. Internationale geodätische Woche, Obergurgl 2015, Wichmann Verlag, Berlin, ISBN 978-3-87907-554-6, S. 233-238