

Das Schmelzen der Wassertürme

Was der Verlust von Gletschereis für Folgen hat

Schwindendes Gletscher- und Meereis ist schon länger bekannt als ein klarer und besorgniserregender Effekt des Klimawandels.

Larissa van der Laan und Prof. Dr.-Ing. Kristian Förster vom Institut für Hydrologie und Wasserwirtschaft zeigen anhand von Klima- und hydrologischen Daten, wie der Verlust messbar ist und welche Folgen er für die Wasserversorgung in den Alpen haben kann.



1

Abbildung 1
Der Hintereisferner an einem warmen Sommertag (31.8.2015). Erkennbar ist der sehr große Anteil blanken Eises („dunklerer Teil des Gletschers“), das normalerweise gegen Ende des recht kurzen Sommers im Hochgebirge noch von Firn bzw. schon vom ersten Neuschnee bedeckt ist.
Foto: Kristian Förster

Eine bekannte Metapher für Klimawandelfolgen ist der Eisbär oder der Pinguin auf einer schmelzenden Eisscholle, um die schwerwiegenden Auswirkungen zu verdeutlichen. Aber auch näher als in den Polarregionen sehen wir die Effekte auf Eis und Schnee sehr klar. Wenn man auf die Alpen blickt, sieht man Gletscher nicht mehr als imposante ‚Weiße Riesen‘ wie einst, sondern als kleine Eisfelder,

leere Flächen zurücklassend. Der ‚Ewige Schnee‘ auf den Berggipfeln besteht im Sommer meist nur noch aus kleinen Flecken (Abbildung 1). Dies hat nicht nur einen Einfluss auf das Aussehen von Gebirgsregionen, sondern auch auf die Menschen dieser Regionen. Historisch haben Menschen, die stromabwärts von Gletschern und schneereichen Gipfeln leben, das Wasser von Schnee und Gletschern für

landwirtschaftliche Bewässerung, Trinkwasser, Wasserkraft und andere Wasserbedarfe verwendet. Etwa 22 Prozent der Weltbevölkerung, über 1,6 Milliarden Menschen, leben in oder stromabwärts von diesen Berggebieten, die wir die Wassertürme der Welt nennen. Sie haben diesen Namen bekommen, weil sie genau die Funktion eines Wasserturmes, nur auf großem Maßstab, haben: lebenswichtiges Wasser speichern und bereitstellen.

Aus diesem Grund ist es sehr wichtig, genau zu verstehen, was die Menge an Schnee und Eis auf der Erde beeinflusst, und wie man diese Prozesse vorhersagen kann. Dies wird unter anderem erforscht, indem man mit Satelliten-, Feld- und hydrologischen Daten die Schnee- und Eismassen bestimmt und mit meteorologischen Beobachtungen, etwa Temperatur und Niederschlag, lokale und globale Klimatrends erörtert. Diese Daten fließen dann in hydrologische Gletschermodelle ein, um Vorhersagen zu Schmelze, Abfluss und somit für die Wasserwirtschaft treffen zu können.

Die wichtigsten Prozesse für die Speicherung und Abfluss von Wasser aus Gletscher- und Schneeflächen sind die Akkumulation (die Zufuhr von Schnee, Lawinen und Wind) und die Ablation (das Schwinden der Gletscher- und

Schneemasse durch Schmelze). Diese Prozesse fassen wir zusammen in dem Begriff Massenbilanz, auch die ‚Gesundheit‘ eines Gletschers genannt. Ist der Gletscher ‚gesund‘, bleibt die Nettomasse über das Jahr verteilt gleich, also wird so viel Masse hinzugefügt wie abschmilzt, oder der Gletscher wächst sogar. Ist die Massenbilanz hingegen negativ, heißt dies, dass der Gletscher mehr Masse verliert als gewinnt, und somit schrumpft. Der Zeitpunkt und das Ausmaß der Akkumulation und Ablation hängen weitgehend von Niederschlag und Temperatur ab. Sie bestimmen, wie viel Schnee auf den Gletscher fällt und wie viel Schnee und Eis schmelzen. Das durch die Gletscherschmelze freigesetzte Wasser bewegt sich stromabwärts und erreicht entlang der Flüsse Städte und Ökosysteme.

Wie seit längerem bekannt ist, verlieren Gletscher weltweit an Masse: Zwischen 2002 und 2016 wurde von der GRACE-Satellitenmission ein Massenverlust von 8 Millimeter Meeresspiegelanstiegsäquivalent beobachtet. Weitere Beobachtungen, basierend auf verschiedenen Messmethoden, legen einen Massenverlust von 27 ± 22 Millimeter für die Zeitspanne von 1961 bis 2016 nahe. Der jährliche Verlust zwischen 2006 und 2016 liegt bei circa 0,9 mm Meeresspiegelanstiegsäquivalent, mit einer steigenden Tendenz. Weil sich mit diesen Veränderungen in den Massenbilanzen auch die Abflussmengen verändern, müssen sich flussabwärts gelegene Städte und Gemeinden in den nächsten Jahren auf Veränderungen einstellen, die sich grob in zwei Kategorien einteilen lassen: Überschwemmungen und Wassermangel.

Mit zunehmender Schmelze gibt es mehr Wasser als üblich, was die Wasserführung

der Flüsse erhöht und proglaziale Seen entstehen lässt – Seen zwischen Gletscherzunge und Moränenrücken, wo das Eis verschwunden ist. Dies führt zu einem erhöhten Hochwasserrisiko durch die höhere Wasserführung in den Flüssen und zum Aufbrechen dieser proglazialen Seen, was zu sogenannten Gletscherseeausbruchsfluten führt. Diese können katastrophale Folgen haben.

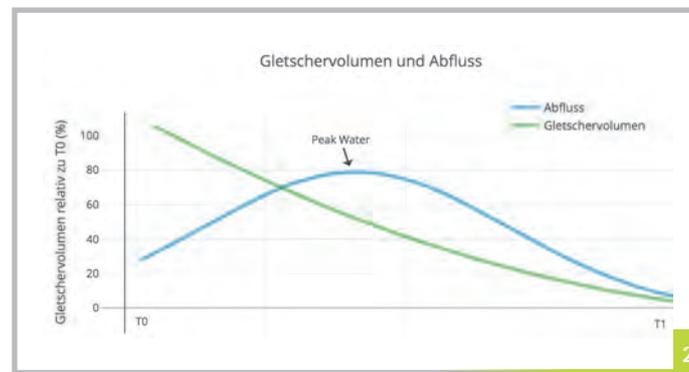


Abbildung 2
Schematische Darstellung von Gletschervolumen und Abfluss bei einem Gletscher mit negativer Massenbilanz. ‚Peak Water‘ wird mit dem Pfeil angedeutet.
Quelle: eigene Darstellung

Eine Studie aus dem Jahr 2016 analysierte 1348 Überschwemmungen von 332 Gletscherseen. 36 Prozent dieser Überschwemmungen hatten gesellschaftliche Auswirkungen, darunter Todesfälle, Zerstörung von Infrastruktur und Ökologie. Insgesamt wurden bis 2016 weltweit mehr als 12.000 Todesfälle als direkt durch Gletscherfluten verursacht gemeldet.

Diese Zunahme der Wasserfreisetzung von Gletschern kann jedoch nicht unbegrenzt fortgesetzt werden. Irgendwann erreicht ein Gletscher seine maximale Wasserabgabe, das sogenannte ‚Peak Water‘ (Spitzenwasser) eines Gletschers, siehe *Abbildung 2*. Ab diesem Zeitpunkt hat die Gletschergröße und damit die Speicherkapazität so weit abgenommen, dass seine saisonale Freisetzung von Schmelzwasser abnimmt, was zu Trockenzeiten und Dürren stromabwärts führt. Bei vielen Gletschern auf der ganzen

Welt ist ihr ‚Peak Water‘ Punkt bereits überschritten oder wird voraussichtlich in den kommenden 20-30 Jahren erreicht. Eine globale Studie über die hydrologische Reaktion auf den Gletschermassenverlust kommt zu dem Schluss, dass von 56 großen vergletscherten Flussgebieten mehr als ein Drittel bis zum Jahr 2100 einen Rückgang des Abflusses von mehr als 10 Prozent erfahren könnte.

Diese Menge ist hoch genug, um Wasserknappheit in den betroffenen stromabwärts gelegenen Regionen zu verursachen, was enorme Herausforderungen beim Management der Wasserressourcen darstellt. Auch die saisonale Schneebedeckung wird verschiedenen Klimaszenarien zu Folge zurückgehen. Dies betrifft sowohl die Menge an Schnee – also die Akkumulation festen Niederschlags – als auch die Dauer der Schneebedeckung. Verringern sich sowohl die Schneemenge als auch die Dauer der Schneebedeckung, steht weniger Schmelzwasser zur Überbrückung des Wasserbedarfs in der warmen Jahreszeit bereit. Studien deuten darauf hin, dass bis zum Jahr 2100 bis zu 50 Prozent der Bevölkerung von Wasserknappheit betroffen sein könnten, was zu einem großen Teil auf die geringeren Schneemengen und das Schrumpfen der Gletscher zurückzuführen ist.

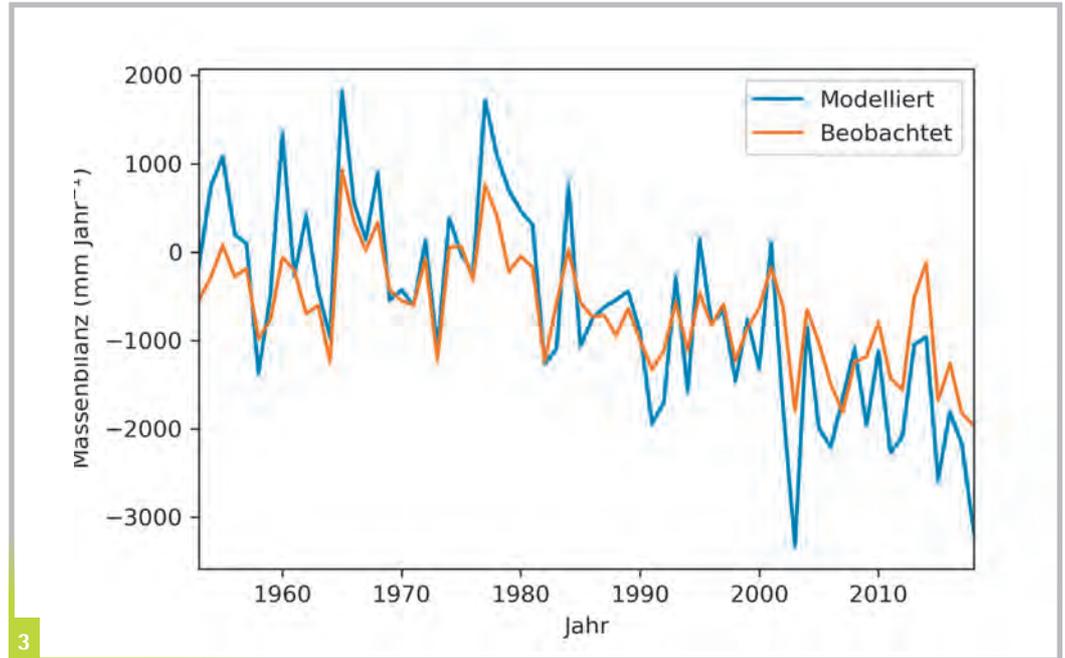


Abbildung 3
 Modellierte und beobachtete Massenbilanz des Hintereisferners von 1950 bis Gegenwart.
 Quelle: eigene Darstellung

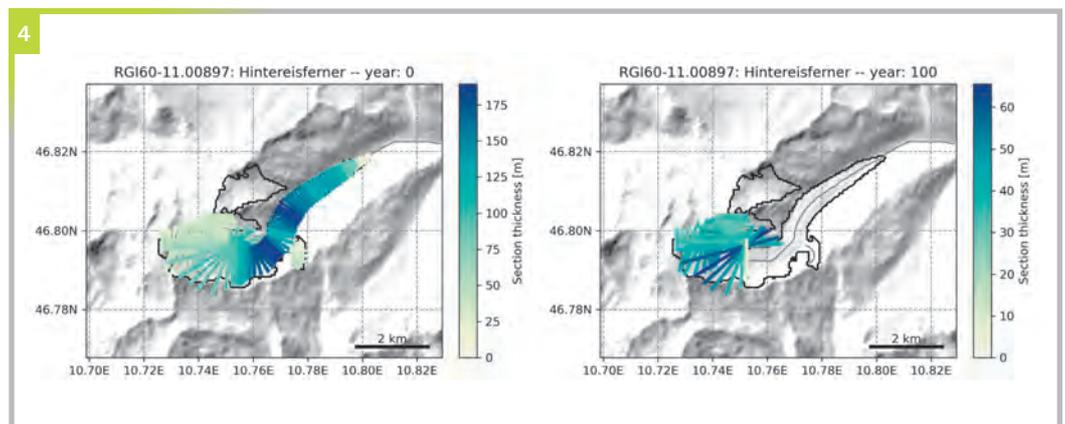
Um den Einfluss der Gletscher zeitlich und räumlich genauer vorhersagen zu können, ist die wissenschaftliche Untersuchung von Gletschermassenbilanzen für das 20. und 21. Jahrhundert ein wichtiges Forschungsthema am Institut für Hydrologie und Wasserwirtschaft der Leibniz Universität Hannover. In der Arbeitsgruppe ‚Gebirgshydrologie‘ wird im Rahmen des DFG Projektes ‚GLISSADE‘ unter anderem auf dekadischer (circa 10 Jahre) und saisonaler (circa 6 Monate) Skala an der Vorhersage von Gletschermassenbilanzen geforscht. Dafür kommt das Gletschermodell OGGM (Open Global Glacier

Model) zum Einsatz, mit welchem diese Vorhersagen für einzelne Gletscher sowie für komplette Regionen, wie zum Beispiel die Alpen, oder für alle Gletscher weltweit – etwa 200.000 insgesamt – durchgeführt werden können.

Um die Genauigkeit des Modells zu testen, wird es anhand beobachteter Gletscherdaten angepasst, um realistischere Ergebnisse zu liefern. Einige Gletscher, insbesondere in den Alpen, verfügen über umfangreiche Datensätze zu Änderungen der Gletscherlänge und -massenbilanz. 274 Gletscher, die eine Aufzeichnung von mehr als fünf Jahren

aufweisen, werden als Referenzgletscher bezeichnet und verwendet, um neue Modelle zu testen. Einer der bekanntesten dieser Referenzgletscher ist der Hintereisferner, ein Gletscher in den Ötztaler Alpen in Österreich (Abbildung 1). Die Abbildung 3 zeigt einen Beispiellauf mit OGGM mit Gletschermassenbilanzveränderungen im Laufe der Zeit im Vergleich mit beobachteten Daten. Die korrekte modelltechnische Abbildung vergangener Gletscherveränderungen ist eine wichtige Voraussetzung für die Simulation von zukünftigen Gletscherveränderungen auf Basis von Klimaszenarien (Abbildung 4).

Abbildung 4
 Beispiel eines Modelllaufs für den Hintereisferner. Gezeigt wird die Eisdicke vor und nach 100 Jahren unter Annahme konstanter Klimabedingungen der Periode 1985-2015. Dieses Experiment zeigt die Entwicklung des Gletschers trotz hypothetischem ‚gestoppten Klimawandel‘ und damit die gravierenden Langzeitfolgen der Erwärmung seit 1850.
 Quelle: eigene Darstellung



Wie die Nutzung von Klimadaten und hydrologischen Daten deutlich macht, ist das Gebiet der Gletscher- und Schneewissenschaft interdisziplinär. Nur mit wissenschaftlicher Zusammenarbeit sowie lokalem Wissen aus betroffenen Regionen haben Klimaschutz und Anpassung an den Klimawandel eine Chance, die Schäden für die Gesellschaft zu minimieren. Dies bedarf genauer Planung, sowohl im Bereich des Hochwasserschutzes als auch des Wasserressourcenmanagements. Ziel ist es, die betroffene Bevölkerung zu schützen, damit sie dort weiterhin leben kann ohne von Überschwemmungen und Dürren betroffen zu sein. Wir hoffen, mit unserer Forschung einen kleinen Baustein zu dieser wichtigen Arbeit beitragen zu können.



Larissa van der Laan

Jahrgang 1992, ist Doktorandin am Institut für Hydrologie und Wasserwirtschaft. Ihre Arbeitsschwerpunkte sind Gletschermodellierung auf verschiedenen temporalen und geografischen Skalen, Klimadatenaufbereitung und Analyse sowie Unsicherheitsanalyse. Kontakt: vdlaan@iww.uni-hannover.de



Prof. Dr. Kristian Förster

Jahrgang 1981, ist Juniorprofessor für Urbane Hydrologie am Institut für Hydrologie und Wasserwirtschaft der Fakultät für Bauingenieurwesen und Geodäsie. Gemeinsam mit seinem Team und Wissenschaftler*innen angrenzender Disziplinen forscht er in den Bereichen urbane und alpine Hydrologie sowie Hydroklimatologie. Kontakt: foerster@iww.uni-hannover.de

**starting
BUSINESS**
GRÜNDUNGSSERVICE DER
LEIBNIZ UNIVERSITÄT HANNOVER



WWW.STARTING-BUSINESS.DE

**TRÄUMEN ODER
MACHEN?**

JETZT EIGENES **STARTUP** GRÜNDEN
UND FÖRDERUNG SICHERN!