

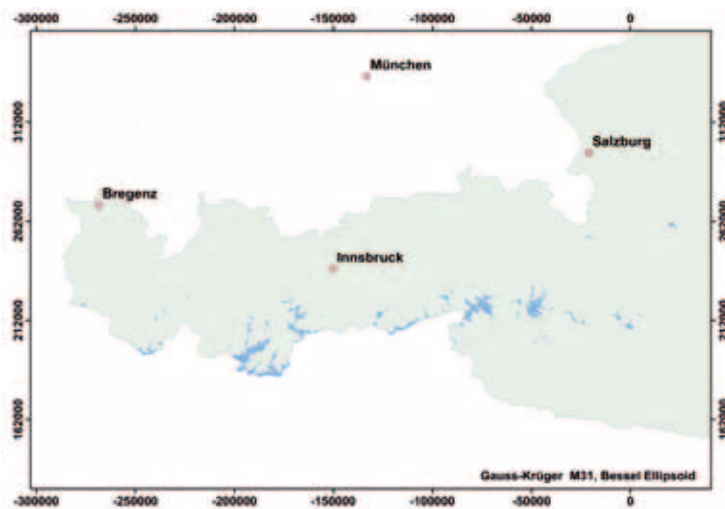
# Das „Ewige Eis“ auf dem Rückzug

In 30 Jahren wird von den fünf bayerischen Gletschern wohl nur noch der Höllentalferner übrig sein. Zu diesem Ergebnis kommt der Bayerische Gletscherbericht, für den die Glaziologen Christoph Mayer und Wilfried Hagg von der Bayerischen Akademie der Wissenschaften erstmals alle Daten der bayerischen Gletscher analysiert haben. Der Bericht ist ein wichtiges Instrument der Grundlagenforschung. Umweltminister Marcel Huber hat ihn am 2. Juli 2012 im Alpinen Museum in München der Öffentlichkeit vorgestellt.

VON CHRISTOPH MAYER

BEOBSCHTUNGEN DER Pegelstände an den Küsten weltweit zeigen, dass der mittlere Meeresspiegel beständig steigt, und zwar seit 1870 insgesamt etwa 21 cm ( das entspricht durchschnittlich 1,5 mm pro Jahr). Neue Messungen legen nahe, dass die Geschwindigkeit dieses Anstiegs in den letzten Dekaden zunimmt. Ein Teil davon beruht auf der Erwärmung der Ozeane, denn wenn sich das Wasser erwärmt, dehnt es sich gleichzeitig aus. Mehr als die Hälfte des beobachteten Meeresspiegelanstiegs stammt allerdings von einer Zunahme der Wassermassen in den Ozeanen – und dieses Wasser kann nur aus den auf dem Festland gespeicherten Eisreserven stammen. Wenngleich in diesem Zu-

Beispiel des Österreichischen Gletscherinventars von 1998. Die Gletscherflächen sind blau dargestellt.



sammenhang die Eismassen der Polargebiete langfristig einen weitaus wichtigeren Einfluss auf den Meeresspiegel haben, so spielen dennoch auch die Gletscher der Gebirgsregionen eine wichtige Rolle. Sie sind Wasserspeicher, die die lokale und regionale Hydrologie nachhaltig beeinflussen. In den letzten 150 Jahren haben sie deutlich an Masse verloren, das Schmelzwasser ist in die Ozeane abgeflossen. Allerdings ist es sehr schwierig, die Verluste tatsächlich zu messen und damit eine quantitative Aussage über den tatsächlichen Beitrag der Gletscher zum Meeresspiegelanstieg zu machen.

## Zur Idee der Gletscherinventare

Das Hauptproblem besteht darin, dass bis heute nicht alle vergletscherten Gebiete vollständig kartiert sind und man daher auch nicht genau weiß, wie viele Gletscher es weltweit gibt und wie groß das Eisvolumen ist. Schon für die erste internationale hydrologische Dekade (1965 bis

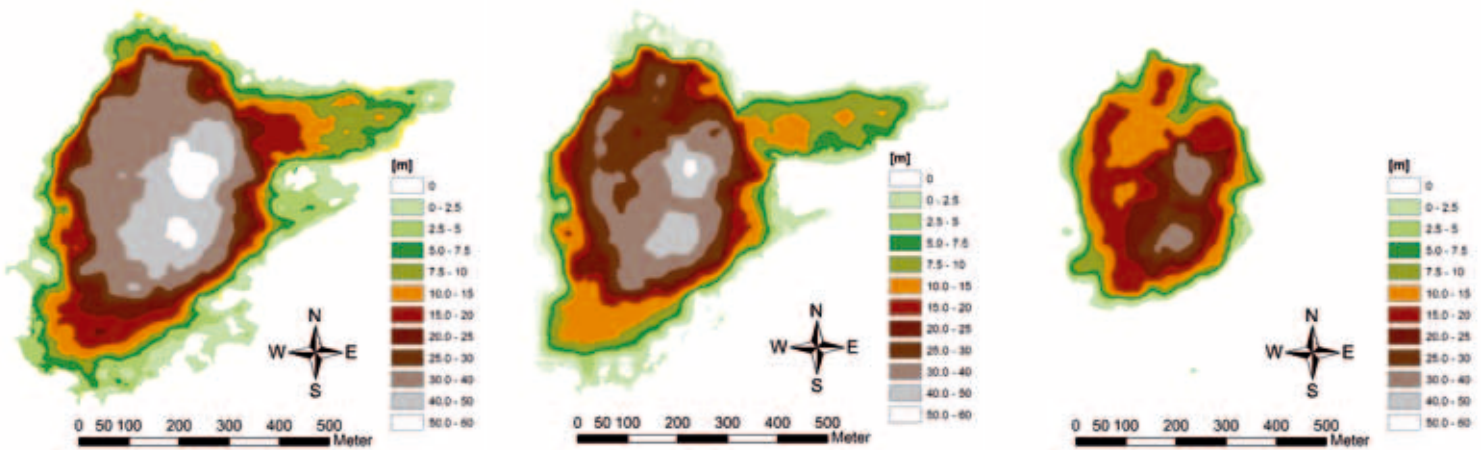


Der Nördliche Schneeferner im September 2009, von der Bergstation der Zugspitzbahn aus gesehen.

1974) plante man daher, alle Gletscher außerhalb der Polarregionen zu erfassen. Bis heute sind für etwas mehr als die Hälfte dieser Gletscher in unterschiedlichen Inventaren Daten gespeichert, wobei in den meisten Fällen die Position, die Höhen- und Längenerstreckung und die Fläche bekannt sind. Nicht verfügbar sind in der Regel Informationen über das Eisvolumen, die entscheidend sind für die Berechnung des gespeicherten Wassers und auch für Untersuchungen zur Dynamik der Gletscher. Der größte Teil der Informationen ist im World Glacier Inventory (WGI) abgelegt, das über den World Glacier Monitoring Service (WGMS) in Zürich oder das National Snow and Ice Data Center (NSIDC) in Boulder, Colorado zugänglich ist. Zusätzlich existiert ein weiteres Inventar, das ausschließlich auf der Basis von Fernerkundungsdaten beruht und vom Global Land Ice Measurements from

Space Projekt (GLIMS) betreut wird. Für einzelne Länder bestehen außerdem nationale Inventare, die jeweils sehr unterschiedliche Informationen enthalten.

Ursprünglich bestand die Absicht, die Beobachtungen des globalen Inventars in einem Abstand von 50 Jahren zu wiederholen. Inzwischen zeigen die Beobachtungen in vielen Regionen der Erde, dass diese Zeitspanne einerseits beim derzeitigen raschen Gletscherschwund zu lang ist, andererseits aber nicht einmal das erste Inventar in dieser Zeitspanne vollständig bearbeitet werden konnte. Die Untersuchungen zu den globalen Gletscherveränderungen können daher nur auf statistische Methoden zurückgreifen, um aus den bestehenden Beobachtungen auf die globale Entwicklung zu schließen. Dabei müssen jedoch auch die sehr unterschiedlichen klimatischen Verhältnisse in den jeweiligen Gebieten berücksichtigt werden. Speziell das fehlende Wissen um die Eisvolumina bringt eine erhebliche



**Eisdickenverteilung des Nördlichen Schneeferners im Jahr 1999 (links) und 2006 (Mitte). Die rechte Abbildung zeigt die Eisdicken des Gletschers im Jahr 2020, vorausgesetzt, die Abschmelzung bleibt so wie in den vergangenen zehn Jahren.**

Unsicherheit für die Prognose der zukünftigen Gletscherentwicklung mit sich, da ohne Wissen über die Eisdicke aus der Bilanz von Schneefall und Eisschmelze keine Flächenänderung der Gletscher berechnet werden kann. Es ist jedoch auch in Zukunft nicht zu erwarten, dass sich die Informationsdichte über die Eisdicken von Gletschern wesentlich verbessert. Dazu sind die erforderlichen Messungen zu zeitaufwändig und personalintensiv. Es bleibt daher nur die Möglichkeit, die fehlende Information auf der Basis von existierenden Beobachtungen und physikalischen Prinzipien indirekt zu bestimmen.

**Inventare der wichtigsten Gletscherregionen**

Glücklicherweise existieren für einige der wichtigen Gebirgsregionen vollständige Inventare, die für eine Vielzahl von Untersuchungen herangezogen werden können. So sind etwa im Gebiet der früheren Sowjetunion alle Gletscher der Gebirge systematisch kartiert worden. Der daraus hervorgegangene „Katalog Lednikov“ stellt heute eine wertvolle Informationsquelle über die Ausdehnung z. B. der zentralasiatischen Gletscher in den 1950er und 1960er Jahren dar. Mit neuen Kartierungen auf der Grundlage von Satelliten-

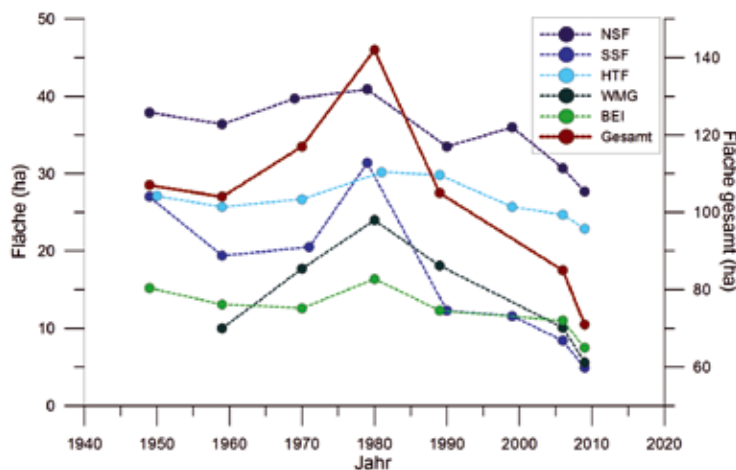
aufnahmen konnten wir zeigen, dass sich für das Naryn-Einzugsgebiet in Kirgisistan (Tien Schan Gebirge) die Gletscherfläche seit Mitte des letzten Jahrhunderts um etwa 23 % verringert hat.

In den europäischen Alpen, wo in den meisten Ländern Gletscherinventare existieren, sind ähnliche Veränderungen zu beobachten. Die Gletscher der österreichischen Alpen verloren in der Periode von 1969 bis 1998 17 % ihrer Fläche, was mit den Flächenänderungen im Untersuchungsgebiet des Tien Schan vergleichbar ist. Diese Beispiele zeigen, dass gerade Wiederholungsmessungen wertvolle Hinweise auf die zeitliche Entwicklung der Gletscher geben – und nur dadurch sind Erkenntnisse über den Zusammenhang mit längerfristigen Klimaveränderungen möglich. In Österreich mit seinen über 900 Gletschern auf einer Fläche von heute weniger als 470 km<sup>2</sup> wurde das erste Inventar 1969 erstellt. Da nicht nur bei der neuen Vermessung von 1998, sondern auch bei der ersten Kartierung detaillierte Höhenmodelle erstellt wurden, kann man nun auch genaue Volumenänderungen für diesen Zeitraum berechnen.

**Das bayerische Gletscherinventar**

In Bayern, dem einzigen deutschen Bundesland, in dem Gletscher existieren, ist die Arbeit deutlich einfacher als in den meisten anderen Regionen mit Gletschern: Da es insgesamt nur fünf Gletscher gibt (Nördlicher und Südlicher Schneeferner, Höllentalferner, Watzmanngletscher und Blaueis), können auch detaillierte Messungen in regelmäßigen Abständen durchgeführt werden. Zudem existiert in München eine lange Tradition der Hochgebirgskartographie, die in ihren Anfängen auch wesentlich durch das Akademienmitglied Sebastian Finsterwalder (1862–1951) geprägt wurde. Die bayerischen Gletscher wur-

**Flächenentwicklung der fünf bayerischen Gletscher seit 1949 (NSF: Nördlicher Schneeferner, SSF: Südlicher Schneeferner, HTF: Höllentalferner, WMG: Watzmanngletscher, BEI: Blaueis).**





den daher schon im 19. Jahrhundert im Detail dokumentiert. Diese Daten bilden die Grundlage für eine außergewöhnlich lange Beobachtungsreihe, die in ihrer Vollständigkeit vermutlich einzigartig ist. Seit Mitte des 20. Jahrhunderts werden alle bayerischen Gletscher in einem Abstand von etwa zehn Jahren neu kartiert. Dies ermöglicht eine lückenlose Dokumentation der Gletscherentwicklung in den bayerischen Alpen seit mehr als 60 Jahren.

Nimmt man die älteren Informationen hinzu, die einerseits auf der Interpretation von historischen Moränenständen beruhen und andererseits auf der Auswertung der ersten Gletscherkartierungen, dann ergibt sich folgendes Bild: Auf dem neuzeitlichen Höhepunkt ihrer Ausdehnung in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts umfassten die bayerischen Gletscher etwa 4 km<sup>2</sup>. Seitdem hat sich die Fläche beinahe kontinuierlich verringert: Um 1950 waren die Gletscher schon auf ein Viertel (1,07 km<sup>2</sup>) geschrumpft, und im Jahr 2009 waren noch 0,71 km<sup>2</sup> oder knapp 18 % der ursprünglichen Fläche erhalten. In diesem Zeitraum gab es nur eine kurze

Periode vor 1980, in der die Gletscher in Bayern und auch im restlichen Alpenraum geringfügig vorstießen. Ähnlich wie für die beiden Zeitpunkte der Gletscheraufnahme in Österreich existieren auch für die Beobachtungen an den bayerischen Gletschern seit 1949 genaue Höhenmodelle, die es ermöglichen, neben der Flächenvariation auch die Veränderung des Volumens zu bestimmen. Aus der Volumendifferenz kann dann der langfristige Einfluss der Gletscher auf die Wasserführung in den angrenzenden Flüssen bestimmt werden. Die saisonale Verschiebung der Wasserführung aufgrund der Speicherung von Niederschlag als Schnee und Eis und deren Abschmelzen während der warmen Sommermonate geht daraus jedoch nicht hervor. Die kumulierten, über die Gesamtfläche gemittelten Höhenverluste seit 1949 variieren zwischen 17 m und 24 m, wobei die Gletscher in geschützten Muldenlagen (Höllentalferner, Blaueis) die geringeren Werte zeigen und der nach Süden ausgerichtete Nördliche Schneeferner am stärksten abgeschmolzen ist.

Aus den regelmäßigen Vermessungen der Gletscheroberfläche kann ein räumliches Muster der Höhenänderungen erstellt werden. Allerdings ist dies nur für die Vergangenheit möglich. Um zu-

künftige Flächenveränderungen voraussagen zu können, benötigt man die tatsächliche Eisdickenverteilung der Gletscher, die nur mit aufwändigen Messungen ermittelt werden kann. Für die bayerischen Gletscher wurden diese Messungen in den vergangenen Jahren durchgeführt, so dass nun ein vollständiges Inventar nicht nur der Flächen, sondern auch der dreidimensionalen Geometrie und deren Änderungen während der letzten 60 Jahre zur Verfügung steht. Das Wissen über den Gletscheruntergrund erlaubt es,

**Das Blaueis in den Jahren 1924 und 2007. Der Gletscher ist seit etwa sieben Jahren zweigeteilt.**



neben der Berechnung der absoluten Volumenveränderung für jede Messperiode auch unter bestimmten klimatischen Voraussetzungen die zukünftige Gletschergeometrie zu berechnen. Damit existiert für die bayerischen Gletscher eine hervorragende Datenbasis, die es ermöglicht, die Variabilität der kleinen Alpengletscher im Detail zu untersuchen – also einer Gletscherklasse, der bei weitem die meisten Gletscher der Alpen angehören. Das Inventar und einige Ergebnisse zur Wechselwirkung zwischen Klima und Gletscherverhalten wurden im Juli 2012 in einem allgemeinverständlichen Bericht des Bayerischen Staatsministeriums für Umwelt und Gesundheit veröffentlicht.

#### DER AUTOR

*Dr. Christoph Mayer ist wissenschaftlicher Mitarbeiter der Kommission für Erdmessung und Glaziologie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften. Seine Forschungsschwerpunkte liegen in der fernerkundlichen und geophysikalischen Beobachtung von Gletschern weltweit.*

#### Literatur und WWW

Bayerisches Staatsministerium für Umwelt und Gesundheit (Hrsg.), Bayerische Gletscher im Klimawandel – ein Statusbericht, 2012

Download unter [www.bestellen.bayern.de](http://www.bestellen.bayern.de)