Alaska. Viele einzelne Gletscher sind zu einem grossen zusammengeflossen. Bildausschnitt ca. 25×15 km

Zustand per Satellit

Gletscherbeobachtung aus dem Weltall

Satellitenbilder eröffnen faszinierende Einblicke in kaum zugängliche Regionen der Erde, so auch in Gletschergebiete. Mit Hilfe von internationalen Beobachtungsprojekten[1] werden heute die Gletscher der ganzen Welt und ihr aktueller Zustand erfasst.

Gletscher gelten als wichtige Indikatoren für weltweite Klimaveränderungen, spiegeln sich doch in Rückzug oder Vorstoss Schwankungen von Temperatur und Niederschlag wider. So weist der gegenwärtige Rückzug der meisten Gletscher der Welt auf eine atmosphärische Erwärmung hin. Gletscher sind aber auch für den Wasserhaushalt bedeutsam, denn sie speichern Süsswasser, weshalb sie für viele Regionen der Welt ein wichtiges Wasserreservoir bilden. In den dicht besiedelten Gebirgen der Welt wie beispielsweise in den Alpen oder im Himalaya sind Gletscher aber nicht nur ein Segen. Ausbrüche von Gletscherseen oder Abbrüche von Eislawinen können Menschenleben fordern und hohe Sachschäden anrichten.

Gletschervielfalt

Dank Satellitenaufnahmen können Gletscher weltweit beobachtet und verglichen werden. So unterschiedlich Klima, Geologie oder Topografie der Gebirgsregionen weltweit sind, so verschiedenartig sind auch die vorhandenen Gletscher.

Arktische Gletscher

Typisch für die kalte und trockene Arktis sind blendend weisse, meist schuttfreie Gletscher, die sich pfannkuchenartig in die Ebenen ergiessen. Das Eis dieser Gletscher ist so kalt, dass in ihm eingeschlossene Luftblasen nicht von Schmelzwasser gefüllt werden, weshalb das Sonnenlicht reflektiert wird. Zugleich machen die tiefen Temperaturen das Eis zäh, was die ungewohnte Form der Eisströme bewirkt. Bei solch kalten Gletschern wirkt sich ein Anstieg der Lufttemperatur zuerst in einer Erhöhung der Eistemperatur und nicht unmittelbar in einem Gletscherrückzug aus.

Eiskappen, Eisfelder und Eisschilde

Grosse zusammenhängende Eiskörper werden je nach Grösse und Form als «Eisschilde» (Antarktis und Grönland), «Eiskappen» (z. B. auf Island) oder «Eisfelder» bezeichnet. Zwei der grössten und schönsten Eisfelder der Erde sind das nördliche und das südliche Patagonische Eisfeld. Ihre Auslassgletscher reichen oft weit in bewaldetes Gelände hinab. Bei ihrem Rückzug bleiben riesige Seen oder Fjorde zurück.

Piedmontgletscher

In den Gebirgen Alaskas vereinigen sich kleinere Seitenarme zu immer grösseren Eisströmen, die sich als so genannte Piedmontgletscher in das Tiefland ergiessen. Dabei verlieren die ursprünglichen Gletscherteile ihre Identität nicht. Entspringen sie Karren mit unterschiedlicher Geologie, ist diese an der Zunge des Piedmontgletschers durch die unter-

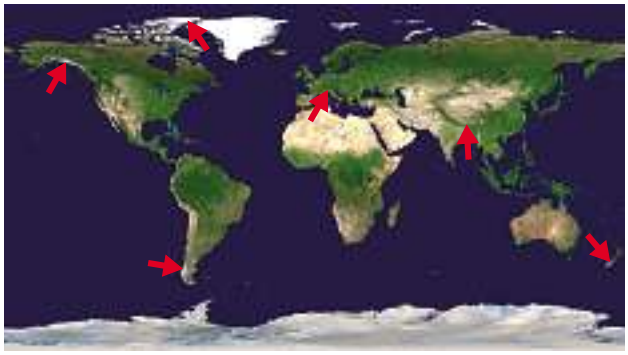


Foto: Andreas Kääb/MODIS

Satellitenbilder in diesem Beitrag

Foto: Andreas Kääb/ASTER

Gletscher auf Ellesmere Island in der Kanadischen Arktis. Bildausschnitt ca. 15×15 km

1 Bei den internationalen Projekten World Glacier Monitoring Service WGMS und Global Land Ice Measurements from Space GLIMS sind Schweizer Wissenschafter sehr engagiert.

Foto: Andreas Kääb/Landsat

Foto: Andreas Kääb/ASTER

Hauptkamm des Himalaya zwischen Tibet (oben) und Bhutan (unten). Bildausschnitt ca. 60×30 km

Foto: Andreas Kääb/ASTER

Auslassgletscher aus dem nördlichen Patagonischen Eisfeld. Bildausschnitt ca. 18×15 km. Links und oben ist der Endmoränenbogen der kleinen Eiszeit zu erkennen.

schiedlichen Farben des Schuttes wieder sichtbar. Der einzelne Eisstrom eines Piedmontgletschers kann verschieden schnell fliessen, mal schneller, mal langsamer als der benachbarte Gletscherteil. Manche werden sogar für einige Monate instabil und preschen dann mehrere Kilometer talwärts (Surge). Ergebnis dieser unterschiedlichen Fliessgeschwindigkeiten ist eine bizarr gefaltete gemeinsame Gletscherzunge.

Gletscher und Gletscherseen im Himalaya

Die Gletscherseen, als typische Folge der Gletscherrückzüge gegenwärtig häufiger, sind in den Alpen meist nicht länger als einige 100 Meter, im Himalaya erreichen sie hingegen Längen bis zu mehreren Kilometern. Oft nur durch instabile Moränen aufgestaut, bilden diese Gletscherseen eine grosse Bedrohung für die Talbevölkerung. Besonders häufig treten Gletscherseen vor den Zungen von so genannten Talgletschern auf. Das sind Gletscher, die in flachen Tälern enden und typisch für den Himalaya sind. Diese Talgletscher reichen auf der niederschlags- und vegetationsreichen Südseite des Hauptkammes bis in bewachsenes Gebiet hinunter. Da das feuchte Klima die Felsverwitterung fördert, sind viele dieser Gletscher fast vollständig mit Schutt bedeckt. Dieser schützt vor Sonneneinstrahlung, wodurch die Aus-

wirkungen der Klimaerwärmung etwas verzögert werden.

Auf der Nordseite des Himalaya, nur wenige Kilometer vom Südhang entfernt, finden sich dann Merkmale, die aus Arktis und Antarktis bekannt sind wie die durch Lufteinschlüsse bedingte grössere Helligkeit des Eises oder die pfannkuchenartigen Gletscherformen, die von einer besonders hohen Zähigkeit des Eises zeugen.

Wie Satelliten Gletscher wahrnehmen

Nicht in jedem Gebiet der Erde können vergletscherte Gebiete vom Boden aus beobachtet werden, da sie oft schwer zugänglich und auch sehr gross sind. Mit diesen Problemen sieht sich der in Zürich stationierte World Glacier Monitoring Service WGMS konfrontiert, der mit zahllosen Helfern vor Ort seit langem bodengestützte Beobachtungen weltweit an einer Auswahl von Gletschern betreibt. Von Satelliten ergeben sich ganz andere Möglichkeiten. Ziel des internationalen Projekts Global Land Ice Measurements from Space GLIMS ist denn auch die erste komplette Bestandesaufnahme der Gletscher der Erde. Dabei werden die verschiedenen Möglichkeiten der Satellitenkameras genutzt: das Aufspalten der Farben in so genannte spektrale Kanäle, Infrarotaufnahmen vor allem für Wärmehinweise und Stereoaufnahmen für die dreidimensionale Form. Dank Satellitenaufnahmen können Formen und Prozesse auf und neben dem Gletscher besser interpretiert und die Vegetationszonen beispielsweise in den Gletschervorfeldern abgegrenzt werden. Satellitenaufnahmen, die die unterschiedlichen, von der Wellenlänge abhängigen Reflexionen von Eis und Schnee nutzen, bilden die Basis für das Kartieren der Gletscher. So sind kürzlich die Schweizer Gletscher neu vermessen worden.

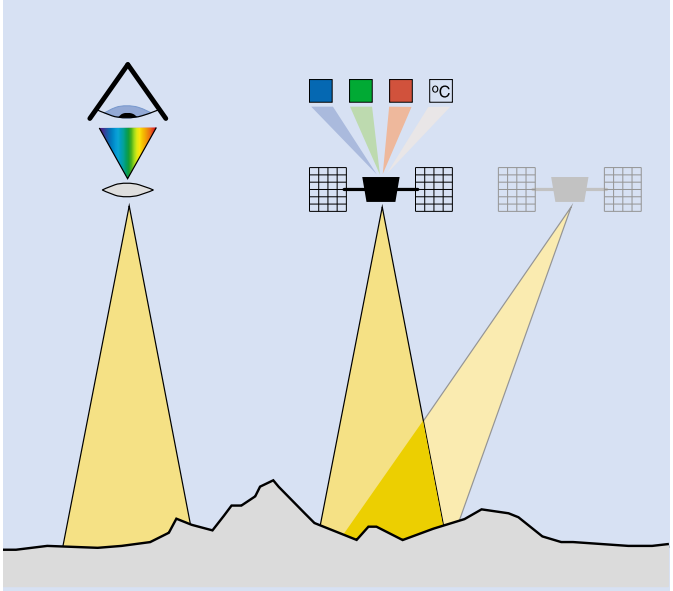
Satelliten mit Gletscherbeobachtungsaufgaben überfliegen jeden Punkt der Erde im Abstand von ca. 2 Wochen, weshalb bei günstigen Witterungsverhältnissen Gletscherveränderungen weltweit genau verfolgt werden können. Dazu geeignete Satellitenbilder existieren seit den 1980er-Jahren. Seither hat sich vor allem die Detailwiedergabe in den Bildern stark verbessert. In den in diesem Beitrag abgedruckten originalen Satellitenbildern entspricht ein Bildelement (Pixel) einer 15×5 m grossen Fläche auf der Erdoberfläche. Bereits sind aber Satelliten mit Auflösungen von wenigen Metern oder gar Dezimetern im Weltall. So werden Satelliten in Zukunft immer häufiger wertvolle Dienste leisten, um den Zustand der Gletscher weltweit zu untersuchen.

Dr. Andreas Kääb, Frank Paul und Christian Huggel,
Geographisches Institut der Universität Zürich

Foto: Andreas Kääb/ASTER

Der Unteraargletscher im Grimselgebiet aus 700 km Höhe. Bildausschnitt ca. 16×11 km

Abbildung: Andreas Kääb



Satelliten können die Farben der Erdoberfläche sowie deren Temperatur getrennt sehen. Nehmen sie das Gelände aus verschiedenen Positionen auf, kann seine dreidimensionale Form berechnet werden.

Foto: Andreas Kääb/ASTER

Die auf Grund von infraroten Stereo-Satellitenbildern berechnete Schrägansicht des Tasman-Gletschers in Neuseeland. Bild leicht beschnitten, Originalausschnitt ca. 25×25 km