

Blick von der Beobachtungsstation auf den Fluchtkogel. Unterhalb liegt die Schwarzwandzunge, der westliche Teil des Vernagtgletschers.



Berggipfel in Bewegung

Jedes Jahr verschieben sich die Alpen um wenige Zentimeter, während sich das Gebirge gleichzeitig hebt. Die Akademie betreibt im Ötztal **eine der höchsten Messstationen**, die zuverlässig Daten liefert, um diese Bewegung sichtbar zu machen.

Von **Christof Völksen**

Berge haben eine besondere Bedeutung in der Vermessung. Sie überragen weite Gebiete und sind bereits aus der Ferne gut sichtbar. Daher sind sie ideale Standort- oder Zielpunkte für Vermessungsarbeiten. Das Ausmessen großer geodätischer Netze war in der Anfangszeit angewandte Geometrie: Messtrupps erklimmen die Gipfel, um mit Theodoliten Winkelmessungen zu entfernten Zielen durchzuführen. Bei dieser sogenannten Triangulation wird ein Gebiet in Dreiecke aufgeteilt, um anschließend

die Lage der Punkte zu berechnen, indem man die Winkel zwischen ihnen und mindestens eine Seitenlänge misst. Später, ab Anfang der 1960er Jahre, ersetzte die Trilateration mit genauen elektromagnetischen und elektrooptischen Entfernungsmessern die Methode der Triangulation. Die Vermessungsarbeit im Gebirge hatte aber weiterhin auch ihre Nachteile, denn die Messausrüstung musste stets unter großen Anstrengungen auf die Berge getragen werden. Gemessen werden konnte nur bei gutem Wetter.

Eine Revolution in der Vermessung

Das in den 1970er Jahren entstandene amerikanische Global Positioning System (GPS) revolutionierte die Vermessung. Das System wurde entwickelt, um jederzeit, wetterunabhängig und überall auf der Welt Positionen in Echtzeit

auf wenige Meter genau zu bestimmen. Die Geodäten verstanden sehr schnell, dass durch die gemeinsame Auswertung der Beobachtungsdaten mehrerer Punkte relative Positionen, also der Vektor zwischen zwei Punkten, auf wenige Millimeter genau bestimmbar waren. Dazu ist es nicht einmal nötig, dass man sich gegenseitig sehen kann, sondern nur, dass man dieselben Satelliten beobachtet. Damit verloren Vermessungspunkte auf den Bergen ihre Bedeutung für die Landesvermessung und die amtlichen Vermessungsbehörden, denn nun konnte man weltweit mit Hilfe eines Netzes von Referenzstationen seine Position genau bestimmen. Neben GPS kommen heute auch Systeme wie das russische GLONASS, das europäische Galileo und das chinesische Beidou zum Einsatz, die man kurz als GNSS (Global Navigation Satellite Systems) bezeichnet.



Aufbau der Messstation im Sommer 2010 auf dem Schwarzkögele: Das Stativ wird im Fels verankert.

Messstation auf über 3.000 Metern Höhe

Dennoch bleiben für die Berge konkrete wissenschaftliche Fragestellungen bestehen: Welche Prozesse führen zur Gebirgsformung, und ist dieser Prozess noch beobachtbar? Mit Hilfe von fest installierten GNSS-Beobachtungsstationen können 24 Stunden am Tag Daten aufgezeichnet und anschließend ausgewertet werden. Aus den täglich neu bestimmten Koordinaten lassen sich Bewegungsraten einer Referenzstation in der Horizontalen und der Vertikalen millimetergenau ableiten. Aber dazu muss eine solche Station zunächst aufgebaut und mit Strom versorgt werden. Wieder ist es also notwendig, Geräte und Instrumente unter großen Mühen auf den Berg zu tragen.

Im Juli 2010 hat sich das Projekt Erdmessung und Glaziologie der BAdW dieser Herausforderung gestellt und eine GNSS-Permanentstation auf dem Schwarzkögele oberhalb des Vernagtferners, einem Gletscher im österreichischen Ötztal, eingerichtet. Die gesamte Ausrüstung wurde durch unwegsames Gelände über 400 Höhenmeter zu Fuß an die jetzige Position transportiert und anschließend installiert. Eine besondere Herausforderung waren neben der exponierten Lage vor allem die Stromversorgung und die Datenanbindung. Die Stromversorgung konnte über eine Photovoltaikanlage sichergestellt werden, einmal am Tag werden die Daten per Satellit nach München übertragen. Die Messstation auf dem Schwarzkögele ist eine der entlegensten GNSS-Permanentstationen in Europa und mit 3.075 Metern auch eine der höchsten. Noch höher liegt nur noch eine Schweizer Station am Jungfrauoch mit über 3.500 Metern. Diese ist aber mit der Seilbahn erreichbar und mit dem Strom- und Datennetz vor Ort verbunden.

Plattentektonik in den Alpen

Seit 2010 liefert die Station am Vernagtferner kontinuierlich GNSS-Beobachtungsdaten. In dieser Zeit hat sie sehr zuverlässig gearbeitet, und weniger als 3 Prozent der möglichen Daten gingen verloren. Verluste treten insbesondere nach Schneestürmen auf, wenn die Solarzellen für mehrere Tage mit Schnee bedeckt sind und keinen Strom produzieren können. Die gewonnenen Daten dienen geodätischen Arbeiten auf dem Gletscher und werden für geodynamische Studien genutzt.

In einer gemeinsamen Analyse mit dem Deutschen Geodätischen Forschungsinstitut der TU München hat das Team an der Akademie die Daten von rund 210 GNSS-Beobachtungsstationen im Alpenraum über einen Zeitraum von mehr als zehn Jahren gesammelt und anschließend ausgewertet. Für jeden Tag wurden neue Koordinaten bestimmt und aus deren Zeitreihe dann Geschwindigkeiten abgeleitet. Das Ergebnis: Aufgrund der Plattentektonik bewegt sich die Station Schwarzkögele jedes Jahr 26 Millimeter nach Nordosten. Die jährliche Hebung durch die Auffaltung der Alpen beträgt 2,3 Millimeter. Es ist ein sehr kleines Signal, aber dank modernster Technik trotzdem nachweisbar.

Dr.-Ing. Christof Völksen

ist organisatorischer Leiter des Projekts „Erdmessung und Glaziologie“ an der BAdW. Er analysiert Daten von Satellitennavigationssystemen zur Bestimmung geodätischer Referenzsysteme und forscht unter anderem zu geodynamischen Prozessen auf Island und in den Alpen.



Foto: BAdW/Erdmessung und Glaziologie

Jährliche Inspektion: Die Solaranlage, die Funktion des GNSS-Empfängers und die Batterien werden jeden Sommer überprüft.

Welche Prozesse führen zur Gebirgsformung, und ist dieser Prozess noch beobachtbar?
