

Und sie bewegen sich doch ...

Franziska Konitzer

■ ... zumindest ein bisschen. Vor Kurzem haben Geodäten mithilfe von 300 GPS-Stationen erstmals ein umfassendes kinematisches Modell des Alpenraums erstellt.

Früher, ja früher, da war vieles besser. Zumindest was die Höhe von Deutschlands höchstem Berg, der Zugspitze, angeht. Denn die ist derzeit nämlich kein Dreitausender, sondern lediglich 2962 Meter hoch. Aber früher, als auf ihrer Spitze keine Landesgrenze verlief, da sah auch die Zugspitze selbst noch ein bisschen anders aus. Da war sie noch über dreitausend Meter hoch. Also: vielleicht.

Zu diesem Schluss ist zumindest ein Team von Geologen des Landesamtes für Umwelt in diesem Sommer gekommen. Die Geologen hatten nämlich Überreste eines Bergsturzes analysiert, bei dem vor 3750 Jahren eine ganze Menge Material vom Gipfel der Zugspitze abbrach und gen Tal rauschte. So fanden sie heraus, dass unten mehr Material herumliegt, als nun oben zu fehlen scheint. Ergo: Vielleicht gab es ja zuvor schon einen Bergsturz. Vielleicht war die Zugspitze einmal um einige Dutzend Meter höher. Sicher sein können sich die Geologen allerdings nicht.

Aber auch was nicht war, kann ja noch werden, auch wenn wir alle dann weitaus länger warten müssten als 3750 Jahre. Denn die Zugspitze ist Teil des Wettersteingebirges, das wiederum zu den Nördlichen Kalkalpen gehört, und die Alpen, die rühren sich. Sie wachsen. Wenn auch nur ein bisschen. Insgesamt legen sie nämlich derzeit pro Jahr stolze 1,8 Millimeter in der Höhe zu – im Durchschnitt, versteht sich. Der südliche Teil der westlichen Alpen beispielsweise rührt sich fast gar nicht, auf jeden Fall weniger als 0,5 Millimeter pro Jahr. Das liegt unter der Messungengenauigkeit. Es gibt aber Regionen in den zentralen westlichen Alpen oder in den Schweizer Alpen, die mit ihren 2 Millimetern pro Jahr Wachstum in vertikaler Richtung dagegen fast rasant anmuten.

Das ist aber noch nicht alles: Das gesamte Gebirge wandert derzeit gen Norden, immerhin um einen ganzen halben Millimeter pro Jahr. Und in Süd- und Osttirol kommt noch eine Rotation in östlicher Richtung dazu. An manchen Stellen wird das Gebirge gedehnt, wiederum an anderen Stellen gestaucht.

300 GPS-Antennen und zwölf Jahre Messzeit

Diese hochgenaue Vermessung der Bewegungen des Alpenraums ist Laura Sánchez und ihren Kollegen vom Deutschen Geodätischen Forschungsinstitut der TU München in Zusammenarbeit mit dem Projekt Erdmessung und Glaziologie der Bayerischen Akademie der Wissenschaften zu verdanken. Die Geodäten wiederum



Quelle: DGF-TUM

Eine der GPS-Stationen befindet sich auf dem bayerischen Breitenberg. Insgesamt haben deutsche Geodäten fünf GPS-Stationen im Rahmen des Projekts ALPS-GPS QUAKENET errichtet.

können den 300 GPS-Antennen, die über den gesamten Alpenraum verteilt sind, danken, dass sich ihr kinematisches Modell mit weit weniger »vielleichts« und »ungefährs« herumschlagen muss als die Geologen mit ihrer bronzezeitlichen Zugspitze. Denn Sánchez und ihre Kollegen konnten mithilfe der Antennen die Bewegungen der Alpen erstmals umfassend, flächendeckend und vor allem einheitlich erfassen. Heraus kam ein Bewegungsmodell, das es so bislang noch nicht gab, vorgestellt im Fachmagazin »Earth System Science Data«.

Wie aber erstellt man ein solches Modell? Das Grundprinzip dahinter ist einfach. In ihrem Büro an der TU München erklärt es Laura Sánchez mit vier Punkten, die sie auf ein Blatt Papier zeichnet, angeordnet in einem Rechteck. Jeder dieser Punkte stellt eine GPS-Antenne dar, deren genaue Position in allen drei Raumrichtungen über Satelliten erfasst werden kann, wenn auch mit unterschiedlichen Genauigkeiten. GPS liefert in der Horizontalen eine höhere Genauigkeit als in der Höhe.

»Die Antennen selbst befinden sich auf richtigen Pfeilern, die einen Meter tief in den Boden reichen«, erzählt Sánchez. »Das sind richtige Monumente. Mithilfe von GPS können wir herausfinden, wie sich eine Station absolut gegenüber dem Geozentrum bewegt.« Sie zeichnet vier weitere Punkte, dieses Mal angeordnet in einem etwas unordentlichem Viereck. »Wir messen, ob dieses Viereck so bleibt oder sich verändert.« Ausgeweitet auf Dreihundert heißt das: Die GPS-Antennen bilden ein Gitter. Die Veränderungen ihrer Positionen versetzt das Gitter in Bewegung und erfasst so auch die Bewegung des Grundes, in dem die Antennen installiert sind.

Diese Antennen sind über den gesamten Alpenraum verteilt, von Frankreich bis in die Slowakei, von Italien

bis nach Deutschland. »2004 hat die EU ein Projekt für den Alpenraum gestartet«, so Sánchez. Dieses Projekt namens ALPS-GPS QUAKENET sah den Aufbau der Messstationen vor, die über Landesgrenzen hinweg gemeinsam betrieben werden. Davon profitieren nicht nur Geodäten, sondern auch Erdbebenforscher, Meteorologen oder die Landwirtschaft. Ziel war es, ein GPS-Netzwerk aufzubauen, dessen Daten in Echtzeit verfügbar sind, und das vor allem bei Naturkatastrophen zum Einsatz kommen soll. Die deutschen Geodäten steuerten dafür fünf Messstationen auf deutscher Seite bei. Diese geringe Anzahl ist nicht weiter verwunderlich, da die deutschen Alpen vorrangig aus Voralpen bestehen.

Die Alpenbewegung im 15-Sekunden Takt

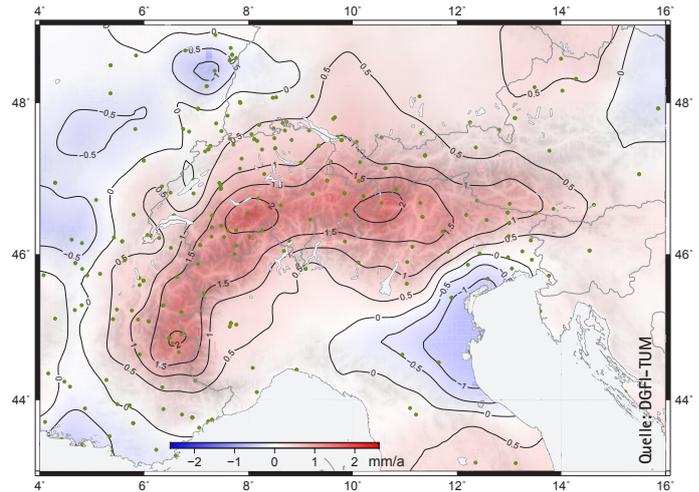
Seit rund 12 Jahren wird die Position all dieser GPS-Stationen im 15-Sekunden Takt gemessen. Da kommt einiges zusammen: Für ihr kinematisches Modell mussten die Geodäten rund eine halbe Million Datenpunkte verarbeiten. Der lange Beobachtungszeitraum ist dabei der relativen Trägheit der Alpen geschuldet. »Die Bewegungen sind so klein, dass wir nach einem Jahr lediglich feststellen können, dass sie sich um 0,2 Millimeter bewegt haben – plus minus 2 Millimeter«, sagt Sánchez. »Wir mussten also so lange warten, bis unsere echte Messgröße größer als die Unsicherheit war.«

Zwischendurch durften sich die Geodäten auch nicht von systematischen Fehlern oder Störquellen aus der Ruhe bringen lassen, wie etwa dem leichten Auf und Ab der Stationen. Das hat nämlich nichts mit dem bewegten Gebirge zu tun, sondern mit den Jahreszeiten und der Schneeschmelze. Auch andere kleine Mysterien konnte das Team lösen, wie etwa die einzelne Messstation im italienischen Bologna, die regelrecht zu oszillieren schien – ohne ersichtlichen Grund und ohne, dass der Boden unter ihr tatsächlich mitschwang. Schließlich fand das Team heraus, das zwischen den inneren und den äußeren Zylindern, die die Antenne festhalten, Wasser gelangt war. Das froh und schmolz und froh wieder und setzte so die ganze Messstation scheinbar in Bewegung.

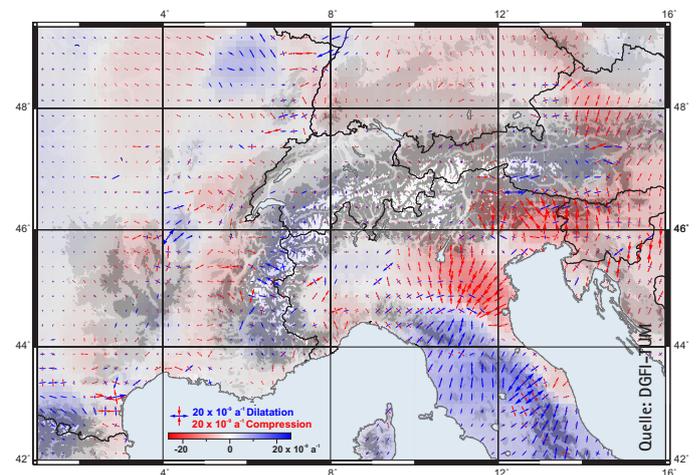
Aber inzwischen ist das kinematische Modell von Sánchez, das auf all diesen gesammelten GPS-Daten aufbaut und das die Bewegung der Alpen mit Millimetergenauigkeit wiedergibt, fertig. Nun ist es prinzipiell keine Überraschung, dass die Alpen weiter wachsen. Schließlich bewegt sich die afrikanische Kontinentalplatte immer noch gen Norden, prallt dabei gegen die eurasische Kontinentalplatte und sorgt so für dieses Auftürmen der Erde. Gab es denn trotzdem die eine oder andere Überraschung in den Ergebnissen?

Ein Bewegungsmodell für Alle

Sánchez schmunzelt. »Die Alpen sind eine der am meisten untersuchten Gebirge überhaupt«, sagt sie. Also eher nicht. Der Wert ihres Modells liegt aber tatsächlich nicht



Geodäten konnten auf die horizontale Deformation der Alpen schließen – also darauf, dass sie im Durchschnitt pro Jahr insgesamt ein klein wenig wachsen. Die grünen Punkte zeigen die Positionen der GPS-Antennen.



Die Alpen sind auch horizontal in Bewegung: In den blau markierten Bereichen dehnen sie sich, in rot markierten Bereichen tritt eine Kompression auf.

so sehr darin, dass es grundsätzlich große Neuigkeiten verkündet – sondern dass es tatsächlich einheitlich ist und den gesamten Alpenraum abdeckt. »Bis jetzt hatte das jedes Land für sich gemacht, ein bisschen Hier, ein bisschen Da«, sagt sie. »Und alle haben unterschiedliche Referenzen benutzt. Ein Millimeter Bewegung in den französischen Alpen entsprach daher nicht auch einem Millimeter in den italienischen Alpen.«

Ihr kinematisches Modell hingegen ist einheitlich und für alle da. Es ist frei verfügbar. Und es kann die horizontalen und die vertikalen Verschiebungen sowie die Dehnungen und Stauchungen mit einer Auflösung von 25 Kilometern darstellen, egal für welches Land. »Geophysiker können die Ergebnisse ihrer Modelle mit unseren Messungen vergleichen«, sagt Sánchez. Gerade also für Forscher, die verstehen wollen, warum sich die Alpen wie bewegen, liegt somit ein wahrer Datenschatz vor.

Kontakt: f.konitzer@gmail.com