

Im Wettlauf mit dem Beben

Wann genau ein verheerendes Erdbeben auftritt, kann auch modernste Forschung nicht vorhersagen. Doch mit ausgeklügelter Technik schaffen Wissenschaftler schnelle Frühwarnsysteme, die wichtige Zeit herausholen.

von MARTIN ANGLER

Der Züricher Wissenschaftler Andreas Fichtner testet mit seinem Team die Erdbebenmessung per Laserlicht und Glasfaserkabel, unter anderem auf Island. Hier ist er in den Schweizer Bergen unterwegs.

Island im Mai 2021. Ein Forscherteam aus Zürich versenkt mit einem Schlitten und einer Pistenraupe ein zwölf Kilometer langes Glasfaserkabel in der Eiskappe von Islands größtem Gletscher, dem Vatnajökull. Ein Internetanschluss wird daraus aber nicht, denn die rund 300 Meter dicke Eisdecke des Gletschers liegt auf dem Krater des mehr als 1700 Meter hohen Grímsvötn-Vulkans. Mit dem haarfeinen Kabel wollen die Wissenschaftler aus der Schweiz kleinste Erschütterungen des Vulkans erfassen.

Am oberen Kraterrand läuft das Kabel in eine kleine, schneebedeckte Forscherhütte. Darin steht das Messgerät, das in etwa so groß ist wie ein kleiner schwarzer Handgepäck-Koffer. Dieses Interferometer jagt Laserpulse durch das Glasfaserkabel, die von mikroskopisch kleinen Fehlern im Kabel reflektiert werden. Das Gerät misst die Zeit, die ein Laser-Puls bis zur Rückkehr benötigt, und weiß so,

wo sich diese Streupunkte im Kabel befinden. Bewegt sich das Erdreich auch nur minimal, so biegt, streckt und staucht sich das Kabel.

Seismische Messung per Laserstrahl

Das verschiebt die Fehlerpunkte in dem Kabel, weswegen der Laserstrahl nun früher oder später zurück zur Messstation kommt. „Aus der Zeitdifferenz errechnen wir dann, wie stark die Erde bebte“, erläutert Seismologe und Expeditionsleiter Andreas Fichtner von der Eid-

genössischen Technischen Hochschule (ETH) Zürich. Es genügt eine einfache Multiplikation, um die Magnitude eines Bebens auszurechnen. Damit die Messungen möglichst präzise sind, muss das Kabel bombenfest im Eis sitzen. Dort, wo die Pistenraupe nicht hinkommt, packen die Forscher deshalb die Kettensäge aus und fräsen für das Kabel eine Schneise in den harten Firnschnee.

„Ein einzelner Laser-Puls liefert weniger genaue Messwerte als ein fest vergrabenes Seismometer“, sagt Fichtner. »Doch das Interferometer kann Tausende Laserpulse pro Sekunde durch das Kabel schicken. So bekommen wir eine Präzision hin, die mit einem Netzwerk aus Seismographen vergleichbar ist“. In puncto Reichweite übertrifft die Messung per Glasfaser die mit Seismographen sogar um Längen. Vier Messpunkte befinden sich in jedem Meter Kabel. Bei einem kilometerlangen Kabel entspricht

KOMPAKT

- Mit Laserlicht lässt sich das Zittern des Bodens ebenso präzise messen wie mit einem Seismographen-Netz.
- Die Beschleunigungssensoren in Smartphones lassen sich für kurzfristige Bebenwarnungen nutzen.
- GPS-Daten verraten bis zu zwei Stunden vor einem Beben typische Schwingungsmuster im Untergrund.

das Zehntausenden Sensoren. Eine ähnliche Distanz mit Seismometern abzudecken, wäre undenkbar.

Wie feinfühlig die Methode ist, zeigte sich auf dem Eisplateau des Grímsvötn-Vulkans, wo das Team 1.000 kleine Beben pro Woche registrierte. Den regionalen Seismometern waren 90 Prozent dieser Beben entgangen. In den enormen Datenmengen fanden die Forscher auch Hinweise darauf, wo bisher unbekannt vulkanische Magmaspalten verborgen liegen. Weil Erdstöße häufig Vulkanausbrüche begleiten, sind Informationen wie diese besonders wertvoll für Frühwarnungen.

Nutzung brachliegender Glasfasern

Neu ist die Technik mit dem klobigen Namen „Distributed Acoustic Sensing“ nicht. Sie wird schon seit Jahrzehnten eingesetzt, um Lecks in Gas- und Wasserleitungen aufzustöbern und Kernkraftwerke zu überwachen. Die Lasermessgeräte seien aber erst in den letzten zehn Jahren so genau geworden, dass sie Erdbeben erfassen können, sagt Fichtner. Im Vergleich zu Seismometern lassen sich Glasfaserkabel fast überall schnell und günstig installieren. In Städten lässt es sich noch einfacher forschen, denn dort lassen sich brachliegende Glasfaserkabel nutzen, sogenannte Dark Fibers.

Wie gut das funktioniert, hat Fichtner in Istanbul getestet. Im asiatischen Teil der Millionenstadt durfte sein Team eine Glasfaser anzapfen, die entlang der Küste verläuft und normalerweise die Überwachungskameras der Parks verbindet. Auf den Aufzeichnungen lassen sich

menschgemachte Erschütterungen wie vorbeifahrende Lastwagen erkennen. So weit verlief alles wie erwartet. Doch an einem Tag schlugen die Messwerte gewaltig aus. „Das war das große Beben an der türkisch-syrischen Grenze“, berichtet Fichtner. „Wir hatten unser System nur zwei Tage vor dem Erdbeben aufgebaut.“

Eine Tragödie hilft weiter

Das Kabel hatte die Erdstöße auf einer kilometerlangen Strecke aufgezeichnet. So tragisch das Ereignis menschlich betrachtet war, so glücklich war die Aufzeichnung für die Forscher. Anhand der Laser-Daten können sie abschätzen, welche Art des Untergrunds die Wellen des Erdbebens verlangsamt oder sogar noch verstärkt. „Der Boden funktioniert wie eine optische Linse, die Licht entweder sammelt oder streut. Nur eben mit mechanischen statt optischen Wellen“, sagt Fichtner. Dadurch lässt sich ein schneller Überblick über besonders durch Zerstörungen gefährdete Viertel gewinnen.

Nach dem erfolgreichen Experiment verbreiteten türkische Medien rasch die Nachricht, man könne Erdbeben jetzt vorhersagen. Doch das ist falsch. Erdbe-

ben gelten als nicht vorhersehbar. Was möglich ist, sind Frühwarnungen, die nach den ersten Erdstößen die Bevölkerung erreichen. Damit das funktioniert, müssen die Sensoren möglichst nahe bei einer Bruchlinie liegen und bei einem Erdstoß die Daten rasch an ein Rechenzentrum übertragen. Dort werten Algorithmen aus, in welche Richtung und mit welcher Wucht sich die Erdbebenwellen ausbreiten. Dann erst kann die Bevölkerung gewarnt werden.

Die Technik befindet sich also in einem Wettlauf mit den Erdbebenwellen. Die ersten „P-Wellen“ eines Erdstoßes legen bis zu 14 Kilometer pro Sekunde zurück und werden auch als erste Signale registriert. Sie zerstören noch nichts. Erst die nachfolgenden „S-Wellen“ bringen die Erdoberfläche zum Schwingen und zerstören Straßen und Häuser. Ein schnelles Frühwarnsystem kann die Sekunden, die zwischen der Ankunft von P- und S-Wellen liegen, nutzen. Je weiter eine gefährdete Stadt vom Epizentrum entfernt ist, desto mehr Zeit gewinnen ihre Bewohner im Notfall. Die kurze Vorwarnzeit kann reichen, um beispielsweise einen vollen Zug zu bremsen.

Rechts: Für die Experimente versenkten die Forscher aus der Schweiz 2021 ein zwölf Kilometer langes Glasfaserkabel im Eis des größten isländischen Gletschers Vatnajökull.
Unten: Ein Interferometer jagt Laserpulse durch das Kabel, Streueffekte des Lichts verraten kleinste Erdbewegungen.



Warnung aus der Textnachricht

Oder sie genügt, um Schutz zu suchen. Wenige Sekunden reichen den Bewohnern Kaliforniens, um den oft geübten Drill „Hinhocken! Schutz suchen! Ausharren!“ abzuspuhlen. Seit 2021 erhalten sie Textnachrichten mit einer Frühwarnung, sobald sich ein größeres Erdbeben anbahnt. Das US Geological Survey hat hier das Frühwarnsystem „ShakeAlert“ mit Tausenden Seismographen aufgebaut, die die Primärwellen eines Bebens in weniger als einer halben Sekunde registrieren. Die Daten leiten sie blitzschnell an ein Rechenzentrum, wo sie ausgewertet werden. Besteht die Gefahr eines Erdbebens mit einer Magnitude von mindestens 5, verschickt das System eine Warnung.

Dass die US-Behörden gerade in Kalifornien viel Aufwand in die Erdbeben-Früherkennung stecken, ist kein Zufall. Nirgendwo in den USA bebt die Erde so schwer wie in diesem Bundesstaat. Zwei Drittel der jährlich 14 Milliarden US-Dollar Erdbebenschäden des Landes fallen allein hier an. Das liegt auch daran, dass hier gleich mehrere Arten von Erdbeben auftreten, die unterschiedlich starke Schäden verursachen. Am häufigsten treten in Kalifornien oberflächliche Beben in der Erdkruste auf, die viele Nachbeben verursachen.

Doch die heftigsten Beben entstehen dort, wo sich tektonische Platten untereinander schieben und dabei verhaken. Genau vor der kalifornischen Küste liegt eine solche Subduktionszone, die sich bis hinauf nach Kanada zieht. Entlang der „Cascadia-Zone“ können so starke

Spannungen auftreten, dass sie sich in Beben mit einer Magnitude von bis zu 9 entladen. Geologen der Oregon State University haben anhand von Sediment-Untersuchungen 2019 herausgefunden, dass auf die Erdstöße der Cascadia-Zone wahrscheinlich weitere, heftige Erdbeben entlang der San-Andreas-Verwerfungslinie folgen können.

In der Risikozone von San Francisco

Die San-Andreas-Bruchlinie zieht sich durch ganz Kalifornien. An ihrem hügeligen Relief lässt sich an der Erdoberfläche beobachten, wie die nordamerikanische und pazifische Platte einige Zentimeter pro Jahr aneinander vorbeischrappen. Es gilt als Konsens unter Seismologen, dass hier ein großes Beben, ein „Big One“, längst überfällig ist. Betroffen wären vor allem Ballungsgebiete wie die San Francisco Bay Area, in der fast acht Millionen Menschen leben. Die Wahrscheinlichkeit, dass hier in den nächsten 30 Jahren ein Beben der Stärke 6,7 und stärker auftritt, beziffert das USGS mit 72 Prozent.

Es wäre nicht das erste Erdbeben dieser Größenordnung, das Ryan Hollister am eigenen Leib miterlebt. Als 1989 das Loma-Prieta-Beben die Bay Area erschütterte, war der Geowissenschaftler zwölf Jahre alt. „Die Straßen wippten wie Wasserwellen auf und ab“, erinnert er sich. „Das waren die Sekundärwellen. Ich weiß also genau, wie sich ein Starkbeben anfühlt.“ Verletzt hat er sich damals nicht. Dafür bringt er heute seinen Studenten an einer kalifornischen Universität Erdwissenschaften, Plattentektonik

und Seismologie bei. Manchmal praxisnaher als geplant.

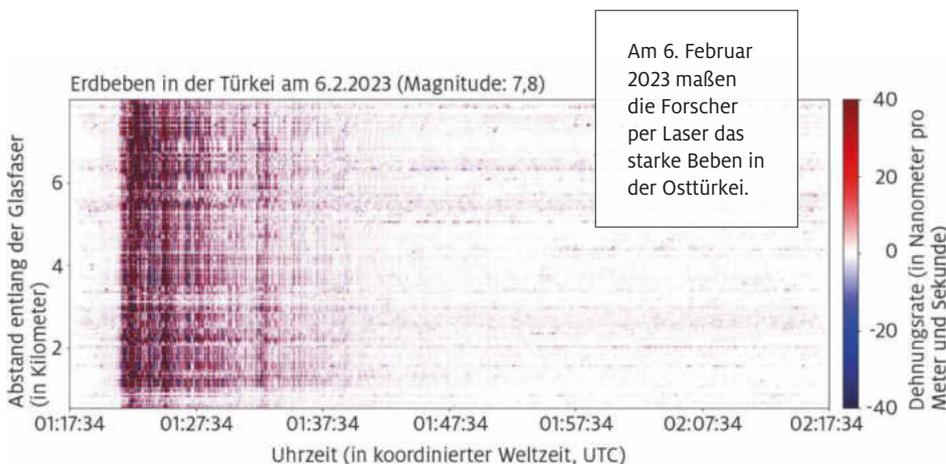
„Während einer Laborstunde klingelten auf einmal alle unsere Smartphones“, erinnert sich Hollister. „Meine Studenten riefen: ein Erdbeben! Also duckten wir uns, krochen unter die Tische und harrten aus.“ Hollister hatte den Teilnehmern seines Kurses zu Beginn der Vorlesungen empfohlen, die Warn-App „MyShake“ zu installieren, die Nachrichten vom Frühwarnsystem ShakeAlert erhält. Der Alarm war kein Test. Es hatte tatsächlich ein Erdbeben der Stärke 4 stattgefunden. Aber Hollisters Labor und seine Studenten blieben von Schäden verschont.

Dennoch wollte Hollister sichergehen. Noch einmal zückte er sein Smartphone, das sich über das Internet mit einem Mini-Seismographen verband. Der steht etwa 25 Kilometer von der Universität entfernt in Hollisters Wohnhaus, als unscheinbare transparente Schachtel im Keller. Dort zeichnet sie nicht nur Erdbeben auf, sondern stellt die Daten in Echtzeit ins Netz. In der zugehörigen Seismographen-App konnte Hollister also live erkennen, dass die Erdbebenwellen bereits vorbeigezogen waren. Der Forscher gab Entwarnung.

Ein Minicomputer mit Geophon

Hollister ist einer von etwa 2.000 Besitzern weltweit, die zu Hause einen solchen „Raspberry Shake“ betreiben. In den kleinen Boxen befinden sich der Miniaturcomputer Raspberry Pi samt Netzanschluss und ein daran angebrachtes Geophon, das die Erschütterungen aufzeichnet. Je nach Ausstattung messen die Geräte entweder nur horizontale Schwingungen oder Bewegungen auf allen drei Achsen. Ganz so präzise wie ein wissenschaftliches Seismometer sind sie zwar nicht. Deshalb füttern sie mit ihren Daten auch nicht die großen Erdbeben-Messstationen.

Doch die Mini-Seismometer sind mehr als nur Spielzeuge. Sie lassen sich mit wenigen Handgriffen aufstellen und sind mit ein paar Hundert Euro pro Stück vergleichsweise günstig. Weil sie freiwillig von Privatpersonen und Universitäten betrieben werden, braucht es für die Wartung kein geschultes Personal wie





Links: Als riesiger Riss in der Erdoberfläche zieht sich die San-Andreas-Bruchlinie über Hunderte von Kilometern durch ganz Kalifornien. In diesem Bereich schrammen die nordamerikanische und die pazifische Platte jedes Jahr einige Zentimeter weit aneinander vorbei. Diese Bewegung der kontinentalen Platten macht den US-Bundesstaat zu einer der am meisten durch Erdbeben gefährdeten Zonen der Welt. Immer wieder zittert dort der Untergrund. Und Experten rechnen bald mit einer besonders starken Erschütterung.

Oben: Bei Probealarmen üben die Bewohner der Region, wie sie sich im Ernstfall richtig zu verhalten haben. Die Grundregel zum eigenen Schutz lautet: Hinhocken, Schutz suchen und ausharren!

bei herkömmlichen Seismometer-Netzwerken. Damit sind sie besonders für den Einsatz in gefährdeten Erdbebengebieten geeignet, die sich ein großes Seismographen-Netzwerk wie Shake-Alert nicht leisten können.

Dünnes Messnetz auf Haiti

Dazu gehört etwa Haiti. Der karibische Inselstaat wird immer wieder von schweren Erdbeben heimgesucht. Bei dem schwersten Beben im Jahr 2010 starben 300.000 Menschen. Luftaufnahmen zeigten damals in sich zusammengesackte Wohnhäuser, umgekippte Strommasten und Straßen voller Schutt. Zwar baute die haitianische Bergbau- und Energiebehörde im Nachgang ein Seismographen-Netzwerk auf. Doch das besteht nur aus zehn Stationen, von denen

im Regelfall nur wenige laufen. Es fehlt an Geld und Personal.

Deshalb baute der Pariser Geologie-Professor Eric Calais 2018 neun Raspberry Shakes in privaten haitianischen Haushalten auf, die über einen unterbrechungsfreien Internet- und Stromanschluss verfügen. Das habe einige Überredungskunst gekostet, schreibt Calais im Wissensmagazin EOS. Einer der frischgebackenen „Shaker“ versuchte beispielsweise, von den Forschern Geld für die Stromkosten zu kassieren, und schaltete den Sensor letztlich ab. Viele Haitianer hielten das Aufspüren von Erdbeben für Humbug, weil vorangegangene Erdstöße nicht entdeckt worden waren, berichtet Calais.

Doch die Aufzeichnungen der Forscher verblüfften die Bewohner. „Wie bitte?

Auf Haiti gibt es jeden Tag Erdbeben?“ Das war laut Calais eine häufige Reaktion. Ein Ziel des Forschers ist, die Haitianer für Erdbeben zu sensibilisieren und ihr Vertrauen in die Wissenschaft zu stärken. Das andere Ziel ist, die Erdbeben in Haiti besser zu verstehen. Dort sind die Raspberry-Stationen immer noch in Betrieb. Sie zeichneten auch das letzte große Erdbeben 2021 auf. Mehr als 1.000 Nachbeben registrierten die Sensoren bis drei Wochen nach dem ersten Erdstoß.

Aus den gesammelten Daten gewann Calais mit einem internationalen Forscherteam nicht nur selbst Einblicke darin, wie sich die Nachbeben ausbreiten. Mit den Daten fütterten die Forscher auch einen Algorithmus für maschinelles Lernen, der unter anderem daraus lernte, dass die Nachbeben 2021 in Schwärmen

auftraten. Die Künstliche Intelligenz erstellte dann aus der Retrospektive eine eigene Prognose über mögliche Nachbeben. Die Simulation verglichen die Forscher mit den echten Aufzeichnungen und mit Satellitenaufnahmen. Das Ergebnis: Simulation und Satellitenbilder stimmten fast genau überein.

Mit dem Feldversuch will Calais auch zeigen, dass Citizen-Science-Projekte wie Raspberry Shake zwar kein Ersatz für wissenschaftliche Seismographen sind, sie aber sinnvoll ergänzen können. Auf diese Weise erlangten die Forscher weit mehr Einsicht in Haitis Erdbeben als nur mit dem nationalen Seismographen-Netzwerk. Die Resultate könnten den Haitianern künftig helfen, ihre Häuser gezielt in den gefährdetsten Zonen zu verstärken.

Eine App für Vibrationen

Dennoch wird ein Frühwarnsystem wie das mit der MyShake-App in Kalifornien aus dem Versuch nicht so schnell entstehen. Internet und Smartphones sind auf Haiti nicht verbreitet genug. Dabei haben gerade Smartphones das Zeug zu einfachen Seismographen. Ihre Beschleunigungssensoren messen Vibrationen weniger genau als ein echter Seismograph,

können aber oberflächliche Beben ab einer Magnitude von 5 erkennen. Die MyShake-App nutzt die Smartphone-Sensoren der Bevölkerung, um Erdstöße aufzuzeichnen und damit die Daten der echten Seismographen zu ergänzen.

Diese sogenannte MEMS-Sensoren erkennen beispielsweise, ob jemand sein Smartphone dreht, und ermöglichen es, durch Kippen des Gerätes Spiele zu steuern. Im Herz eines solchen Beschleunigungs-Chips liegt ein flacher Kamm aus Silizium, der links und rechts an Federn aufgehängt ist. Bewegt jemand sein Smartphone, schwingt dieser Kamm. Dabei verändert sich der Abstand der schwingenden Kamm-Zacken zu ihrer Umgebung – und damit ihre elektrische Ladung. Das bemerkt der Sensor und rechnet den elektrischen Unterschied in Lagedaten um.

Die Sensoren sind kleiner als eine Nano-SIM-Karte, benötigen wenig Strom und können Tausende Male pro Sekunde eine Lageänderung bemerken. Kein Wunder also, dass Seismologen sie für die Erdbeben-Früherkennung entdeckt haben. Einer davon ist Giovanni Vitale vom Nationalen Institut für Geophysik und Vulkanologie INGV in Palermo. Er hat für eine Studie ein Dutzend der Be-

schleunigungssensoren im mittelitalienischen Camerino aufgebaut. Erdbeben sind in dieser Region häufig. Im historischen Zentrum von Camerino stürzte 2016 nach einem Erdbeben ein Glockenturm ein und zerdrückte ein Wohnhaus.

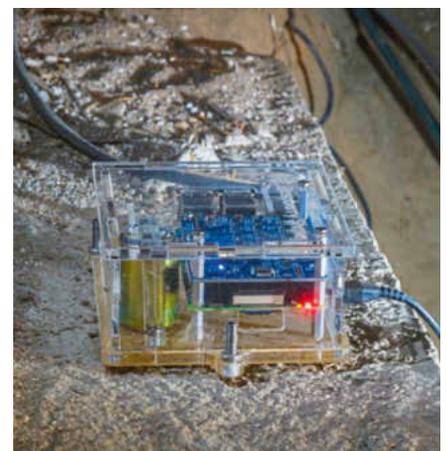
GPS-Box im Gotteshaus

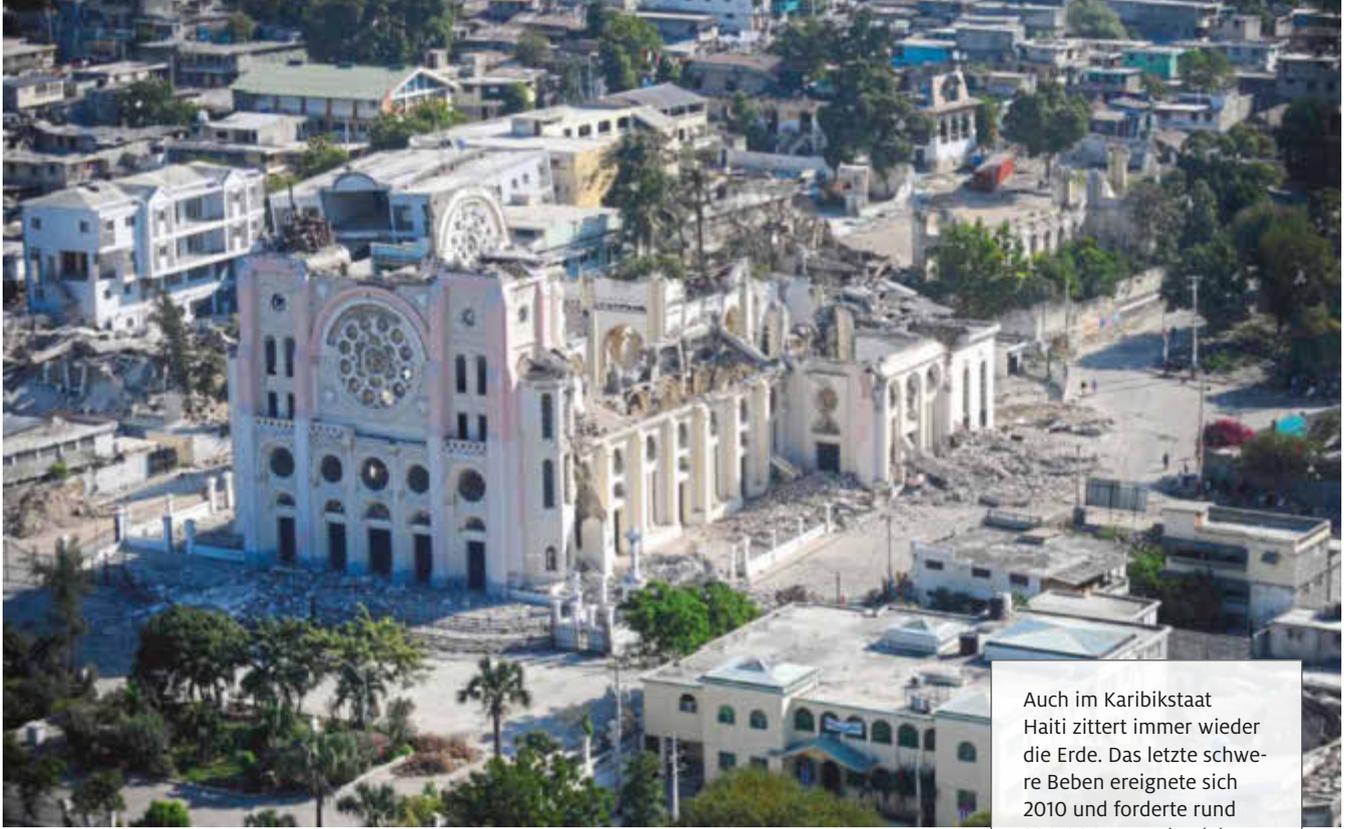
In der Kirche steht jetzt eine von 14 grauen Boxen, die für Vitale und sein Team in Camerino Erdbeben aufzeichnen. In die Box hat der Ingenieur einen Raspberry-ähnlichen Kleinstcomputer geschraubt, der mit einem GPS-Modul samt Antenne und einem Beschleunigungssensor verbunden ist, der flach auf dem Boden liegt. Für die Echtzeit-Datenübertragung sorgt ein Modem mit SIM-Karte, Strom kommt aus der Steckdose. „Weil der Strom im Notfall ausfallen kann, haben wir zusätzlich eine unterbrechungsfreie Stromversorgung eingebaut – und eine zusätzliche Batterie“, sagt Vitale.

Nicht nur daran zeigt sich, dass Vitale gern optimiert. Auch den Code, der auf den Mini-Erdbebensensoren läuft, hat er mit seinem Team selbst entwickelt. Statt die Daten erst zu verschicken und auf einem Zentralserver berechnen zu lassen, „denkt“ jede von Vitales Stationen selbstständig. Bewegt sich die Box, errechnet



Links: Die Kirche im mittelitalienischen Ort Camerino verlor 2016 durch ein starkes Erdbeben ihren Glockenturm, der auf ein benachbartes Wohnhaus stürzte. Nun haben Forscher aus Palermo in dem Gotteshaus eine neue Technik zur Messung von Bodenbewegungen installiert. Unten links: Das Messgerät befindet sich in einem Kasten und umfasst einen Miniaturcomputer, der mit GPS-Modul, Antenne und einem Beschleunigungssensor verbunden ist – und seine Daten per Funk weitertreibt. Unten rechts: ein handlicher Schwingungsmesser auf Basis eines Raspberry-Rechners.





Auch im Karibikstaat Haiti zittert immer wieder die Erde. Das letzte schwere Beben ereignete sich 2010 und forderte rund 300.000 Menschenleben.

Claudio Ciabochi/Education Images/Universal Images Group via Getty Images | Ryan J. Hollister | picture alliance/dpa/Thew

sie aus Beschleunigung und GPS-Position, wie stark ein Beben ist. Menschgemachte Vibrationen wie vorbeifahrende Autos filtert der Algorithmus heraus. „Nur bei einer echten Anomalie senden die Messstationen Daten an unseren Server“, sagt Vitale. Das spart wertvolle Zeit.

Vitales Boxen sind derzeit noch in der Testphase. An das nationale italienische Seismographen-Netzwerk liefern sie also noch keine Daten. Dafür überwachen sie schon jetzt historische Gebäude wie die Kirche mit dem eingestürzten Glockenturm. Die Daten wollen die Forscher vom INGV dazu nutzen, um die alten Gemäuer so zu sichern, dass sie auch künftige, stärkere Beben überstehen. In der Zwischenzeit tüftelt Vitale an noch schnelleren Algorithmen, um auch noch die letzte Millisekunde herauszukitzeln.

„Bei aller Optimierung muss einem aber eines bewusst sein“, sagt Vitale. „Wenn eine Stadt über dem Epizentrum eines Bebens liegt, kommt für ihre Bewohner keine noch so schnelle Frühwarnung rechtzeitig. Die Technik kann vieles, aber vorhersagen lässt sich ein Erdbeben nicht.“ Anders als eine Frühwarnung gilt die Vorhersage eines Erdbebens unter Seismologen als nicht zuverlässig möglich. Kleine Beben als Vorboten eines größeren beispielsweise treten in Kalifornien nur in sechs Prozent aller Fälle

auf. Ob es sich bei einem Erdstoß um ein Vorbeben handelte, weiß man allerdings erst im Nachgang.

Umso mehr überrascht eine neue Studie aus Nizza. Zwei Geophysiker der Universität Côte d'Azur haben Bewegungsmuster bei der Verschiebung von Erdplatten bemerkt, die zwei Stunden vor einem starken Beben auftreten. Dafür werteten sie mehr als 3.000 Datensätze von GPS-Stationen aus, die die Bodenbewegungen von weltweit 90 Starkbeben mit einer Magnitude von mindestens 7 aufgezeichnet hatten. Die Erschütterungen hatten die GPS-Stationen alle fünf Minuten millimetergenau aufgezeichnet.

Starker Anstieg der Bewegungen

Die Bewegungsdaten aller Beben legten die Forscher zu einem Gesamtbild in einem Zeitfenster von 48 Stunden übereinander und untersuchten das Bild auf Muster. „In den ersten 46 Stunden sieht alles komplett beliebig aus“, sagt Quentin Bletery, einer der beiden Autoren. „Doch in den letzten beiden Stunden vor den Beben zeigt sich ein starker Anstieg langsamer, wahrnehmbarer Plattenbewegungen.“ In diese Daten zoomten die Forscher tief hinein und fanden dabei heraus, dass die Bewegungen in den letzten Minuten vor einem Erdbeben noch einmal deutlich anstiegen.

Dass es sich dabei um einen Zufallsfund handelt, schließt Bletery aus. Er und sein Ko-Autor haben den Versuch mit 100.000 zufälligen GPS-Zeitreihen wiederholt. Nur in 0,03 Prozent der Fälle ergab sich ein ähnliches Bild. Heißt das, dass sich Erdbeben jetzt vorhersagen lassen? „Ganz klar: nein!“, sagt Bletery. Seine Forschung hat die Existenz der Vorläufer von Starkbeben gezeigt und dafür sehr viele Erdbeben aus aller Welt analysiert. Einzelne Beben lassen sich damit aber nicht vorhersagen. Dazu bräuchte es sehr viele und hundertfach genauere GPS-Stationen an gefährdeten Bruchlinien.

Das ist derzeit nicht machbar. Doch das neue Wissen hilft Seismologen, Erdbeben besser einzuschätzen. Setzen sie zudem gezielt und am besten kombiniert neue Werkzeuge wie Glasfaserlaser, Beschleunigungsmesser, Raspberry Shakes und Smartphones ein, lässt sich wertvolle Zeit gewinnen. Es sind oft nur wenige Sekunden mehr als bisher. Doch wenn die Erde zittert, retten sie Leben. ■



MARTIN ANGLER

überlegt sich seit seiner Recherche, einen Raspberry Shake zu kaufen und damit einen Beitrag zur Erdbebenforschung zu leisten.