

Earth System Knowledge Platform - die Wissensplattform des Forschungsbereichs Erde und Umwelt der Helmholtz-Gemeinschaft, www.eskp.de

Naturgefahren · Erdbeben

MIT DEM GLASFASERKABEL ERDBEBEN ERFASSEN

Charlotte M. Krawczyk¹, Oliver Jorzik²

¹ Helmholtz-Zentrum Potsdam, Deutsches GeoForschungsZentrum | GFZ

² Earth System Knowledge Platform | ESKP

Zuerst publiziert: 10. September 2018, 5. Jahrgang

Digitaler Objektbezeichner (DOI): <https://doi.org/10.48440/eskp.068>

Teaser

Durch das Verfahren des „Distributed Acoustic Sensing“ könnten weltweit Glasfasernetze genutzt werden, um Erdbeben zu erfassen und metergenau zu lokalisieren. Dies wäre eine kostengünstige Alternative gegenüber bisherigen Methoden, bei denen komplexe Seismometer-Netze verwendet werden. Zudem haben die erfassten Daten eine hohe Qualität.

Keywords

Glasfaser, Erdbeben, Glasfasernetze, Glasfaserkabel, Distributed Acoustic Sensing (DAS), Seismometer-Netze, Bodenerschütterung, Erdbebenrisiko, Island, Erdbebenfrüherkennung, Erdbebenbeobachtung, Permafrostboden, Seebeben

Ungezählte Kilometer von Telekommunikationslinien durchziehen den Globus. Dieses riesige Kabelnetz aus Glasfasern ist die Lebensader für viele Volkswirtschaften. Über diese Glasfasernetze werden Milliarden von Daten quer über Kontinente und Ozeane transportiert. Da bei Glasfasern die Datenübertragung via Lichtwellen erfolgt, können gegenüber elektrischer Datenübertragung nicht nur mehr Signale übertragen werden. Ein Vorteil besteht auch darin, dass die Datenübertragung störungsfrei gegenüber magnetischen Wellen erfolgen kann. Zudem ist sie extrem schnell.

Diese herausragenden Eigenschaften hat sich nun ein Forscherteam vom Deutschen GeoForschungsZentrum (GFZ) zunutze gemacht. Die Forscherinnen und Forscher schickten mittels eines Lasers Lichtsignale durch einen 15 Kilometer langen Glasfaserstrang auf Island. Dabei stellten sie fest, dass sich Glasfasern grundsätzlich dazu eignen, qualitativ

hochwertige seismologische Messungen über große Entfernungen durchzuführen. Die Simulationen zeigen: Kommt es zu Erschütterungen, zu Verwerfungen oder zu Ausdehnungen im Boden, verändert sich das Streuungsbild der Lichtsignale. Durch die Streuung kann man bis auf einen Meter genau berechnen, an welcher Stelle sich das Glasfaserkabel wie stark verformt hat. Die Veränderungen in den Lichtimpulsen können nahezu in Echtzeit erfasst und transportiert werden. Durch das neue Verfahren mit dem Namen „Distributed Acoustic Sensing“ („ortsverteilte akustische Messungen“ / DAS) wären Daten zur Messung von Erdbeben nun für Geophysiker schneller als bei bisherigen Messverfahren verfügbar. Die globale Verteilung der Glasfasernetze würde auch eine rein explorative Suche nach Verwerfungen ökonomisch machen und viele, unter Umständen unerwartete Erkenntnisse, zur weltweiten Erdbebenaktivität liefern.



Abb. 1: Im Gelände lässt sich der Versatz der Störung auch an der Oberfläche gut erkennen. Das Bild wurde nahe der Blauen Lagune in Reykjanes/Island aufgenommen. (Foto: P. Jousset)

Aktuell werden zur Erdbebenerfassung und zur Messung von Bodenerschütterungen standardmäßig sogenannte Seismometer eingesetzt. Seismometer bestehen aus einer an einer Federaufhängung gelagerten Masse. Die Bodenerschütterung überträgt sich zwar auf das Gehäuse des Messinstrumentes, allerdings bleibt die Masse aufgrund ihrer Trägheit ungestört. Die Relativbewegung des Bodens wird dann als Längenänderung im Laufe der Zeit aufgezeichnet, die sogenannte Magnitude. Wie das genau funktioniert, beschreibt der ESKP-Beitrag „Erfassung von Erdbeben“. Moderne Seismometer arbeiten nach dem sogenannten Force-Balance-Prinzip (Habeland et al., 2016). Dabei werden die auf die seismische Masse wirkenden Kräfte mittels einer geeigneten elektronischen Rückkopplung kompensiert. So verbessern sich die Eigenschaften der Seismometer, da der Frequenzgang weitgehend unabhängig vom mechanischen System eingestellt werden kann. Dies

ermöglicht außerdem eine Verkleinerung der Sensoren. Sie werden robuster und können auch mobil eingesetzt werden.

Das Deutsche GeoForschungsZentrum beispielsweise betreibt mit seinem [GEOFON](#) ein Seismometer-Netzwerk aus mehr als 80 aktiven hochwertigen Stationen, um weltweit Echtzeit-Daten zu Bodenerschütterungen und Erdbeben zu erfassen. Die aktuellen Erdbebenaktivitäten sind für alle Interessierten einsehbar.

Vorhandene Infrastrukturen nutzen

Nun sind zahlreiche Mega-Cities und dichtbesiedelte Gebiete wie beispielsweise Istanbul, Tokio oder Mexiko City einem erhöhten Erdbebenrisiko ausgesetzt (Bohnhoff & Jorzik, 2018). Was wäre, wenn man die dichten Glasfaser-Infrastrukturen nutzen könnte, um Erdbebenfrüherkennung zu betreiben? Dr. Philippe Jousset, Leiter des Forschungsprojekts, sieht in der neuen DAS-Methode einen kostengünstigen Weg, um in einem flächenmäßig großen Gebiet die bestehenden, auf Seismometern basierenden Frühwarnsysteme sinnvoll zu ergänzen. Die Auswertung des Forschungsprojekts auf Island zeigt: Die gewonnenen DAS-Daten haben eine hohe Qualität und sind nahezu in Echtzeit verfügbar. „Das macht die neue Methode sehr interessant“, so Jousset. „Denn die Infrastrukturen sind bereits da und müssten nicht neu aufgebaut werden. Dementsprechend sinken die Kosten für die Implementierung eines Frühwarnsystems.“ Weiterer Vorteil: Bisher liegen die seismologischen Messstationen oftmals hunderte Kilometer auseinander. Es ist nach wie vor eine große Herausforderung, die gewonnenen Daten sicher zu erfassen, so schnell wie möglich zu verarbeiten und die Daten in Beziehung zueinander zu setzen. Zudem müssten Seismometer regelmäßig gewartet werden, damit sie zuverlässig arbeiten. Gerade in entlegenen Gebieten sind diese technischen Überwachungen eine große Herausforderung. Diese Probleme würden mit DAS wegfallen.

Hinzu kommt, dass das neue System engmaschiger ist und auch kleinere Erdbeben erfassen kann. In Zukunft ließen sich so die Verläufe und Strukturen von Erdbeben wesentlich genauer nachvollziehen. Und das kontinuierliche Monitoring würde sich deutlich verbessern. Mit dem neuen Verfahren kämen bei etwa einer Million Kilometer verlegter Kabel von einem Moment auf den anderen eine Milliarde neuer Sensoren hinzu. „Das wäre ein Quantensprung in der Erdbebenbeobachtung“, sagt die Geophysikerin Prof. Dr. Charlotte Krawczyk vom GeoForschungsZentrum zur Entwicklungsperspektive von DAS.

Bislang gibt es weltweit nur wenige Versuche zu dem neuen Verfahren. Das Potsdamer Beispiel zeigt jedoch, dass die Ergebnisse vielversprechend sind. Bei einem weiteren Versuch an der Universität Stanford konnten über das dort 2016 in Betrieb genommene faseroptische seismische Observatorium 800 Ereignisse aufgezeichnet werden, von

menschengemachten und kleinen Beben bis hin zu großen Erdbeben wie dem Erdbeben in Mexiko, das am 19. September 2017 in 2.000 Kilometer Entfernung stattfand.



Abb. 2: GFZ-Wissenschaftler im Feldeinsatz in Island: Durch die aktive seismische Anregung mit einem Hammerschlag wird das vergrabene Glasfaserkabel lokalisiert. (Foto: P. Jousset/GFZ)

Für einen großflächigen Einsatz, bei dem im Idealfall komplette bestehende Glasfasernetze einbezogen und miteinander verknüpft werden, ist jedoch noch weitere Forschungsarbeit nötig. Beispielsweise besteht die Hoffnung, durch die Glasfaserkabel auch Veränderungen des Wasserdrucks zu erfassen. Damit könnten sich auch Seebeben und daraus resultierende Tsunamis frühzeitig erkennen lassen. In Alaska wird bereits erfolgreich daran gearbeitet, mit Hilfe der neuen Technologie auch Veränderungen im Permafrostboden zu beobachten. Auch Gletscherbeben und selbst kleinste Bewegungen von Gletschern in den Alpen oder im Himalaya könnten sich künftig zuverlässig nachweisen lassen. Am Ätna erkunden Forschende von GeoForschungsZentrum und GEOMAR die Potentiale der Technologie für das Vulkanmonitoring. Die Messungen an einem aktiven Vulkan erstrecken sich dabei entlang von Störungszonen, die bis ins Meer hineinreichen. Erbeben-, Tsunami- und Vulkanmonitoring, Gletscher- und Permafrostbeobachtung - die Einsatzmöglichkeiten von DAS sind vielfältig.

Eine Übersicht über die aktuellen wissenschaftlichen Methoden hat das Deutsche GeoForschungsZentrum zusammengestellt (Haberland et al., 2016). Dort finden sich auch Informationen zur Messtechnik in 2.000 Metern Tiefe oder zu Unterwasser-GEOFON-Stationen.

Referenzen

Bohnhoff, M. & Jorzik, O. (2018). Das große Bangen - Erdbebengefährdung Istanbul [Interview]. *ESKP-Themenspezial Metropolen unter Druck. So werden Städte zukunftsfähiger* [themenspezial.eskp.de]. Aufgerufen am 04.09.2018.

Dou, S., Lindsey, N., Wagner, A. M., Daley, T. M., Freifeld, B., Robertson, M., ... Ajo-Franklin, J. B. (2017). Distributed Acoustic Sensing for Seismic Monitoring of The Near Surface: A Traffic-Noise Interferometry Case Study. *Scientific Reports*, 7:11620. doi:10.1038/s41598-017-11986-4

Erfassung von Erdbeben. (o.D.). [Grundlagenartikel]. *Earth System Knowledge Platform* [eskp.de/grundlagen]. Aufgerufen am 04.09.2018.

Haberland, C., Giese, R., Henniges, J., Jäckel, K.-H., Jousset, P., Lüth, S., Reinsch, T & Ryberg, T. (2016). Trends in seismologischer Instrumentierung. *System Erde*, 6(1), 68-72. doi:10.2312/GFZ.syserde.06.01.11

Jousset, P., Reinsch, T., Ryberg, T., Blanck, H., Clarke, A., Aghayev, R., ... Krawczyk, C. M. (2018). Dynamic strain determination using fibre-optic cables allows imaging of seismological and structural features. *Nature Communications*, 9:2509. doi:10.1038/s41467-018-04860-y

Than, K. (2017, 19. Oktober). Stanford researchers build a 'billion sensors' earthquake observatory with optical fibers. *Stanford | News Service* [news.stanford.edu]. Aufgerufen am 04.09.2018.

Zitiervorschlag

Krawczyk, C. M. & Jorzik, O. (2018, 10. September). Mit dem Glasfaserkabel Erdbeben erfassen. *Earth System Knowledge Platform* [eskp.de], 5. doi:10.48440/eskp.068



Text, Fotos und Grafiken soweit nicht andere Lizenzen betroffen: eskp.de | [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

eskp.de | Earth System Knowledge Platform - die Wissensplattform des Forschungsbereichs Erde und Umwelt der Helmholtz-Gemeinschaft