

# vsao Journal

Das Journal des Verbandes Schweizerischer Assistenz- und Oberärztinnen und -ärzte

## System

Gesellschaft, Gesundheit,  
Gekrabbel

Seite 28

### Politik

Zwei Initiativen auf  
dem Prüfstand

Seite 6

### Psychoanaleptika

Off-Label-Einsatz in der  
Palliativmedizin

Seite 45

### Zecken

Die selteneren  
Infektionen

Seite 48



# Mit Glasfasernetzen Erdbeben beobachten

Rauschunterdrückungssysteme in Glasfaserkabeln können Bodenbewegungen messen. Dies haben Forschende der ETH Zürich und des Eidgenössischen Instituts für Metrologie herausgefunden. In Zukunft können mit dieser Technologie kostengünstige Netzwerke für Erdbeben- und Tsunami-Frühwarnsysteme eingerichtet werden.

Sebastian Noe, Doktorand Seismologie und Wellenphysik, ETH Zürich



Glasfaserkabel dienen primär der Übertragung von Signalen. Wie Forschende gezeigt haben, können sie jedoch auch genutzt werden, um Bodenbewegungen zu messen.

Bild: Adobe Stock

**E**rdbeben können verheerende Auswirkungen auf Menschen, Infrastruktur und Umwelt haben, und eine genaue Vorhersage ist nach wie vor unmöglich. Jedoch können Seismologinnen und Seismologen durch die Erforschung von Erdbeben, beispielsweise durch die Messung der Bodenbewegungen, Frühwarnsysteme entwickeln. Diese ermöglichen es, weiter vom Erdbebenherd entfernte Gebiete zu warnen, damit Menschen rechtzeitig Schutz suchen und etwa Züge vorsorglich gebremst werden können. In einem hochentwickelten Land wie der Schweiz ist es selbstverständlich, ein dichtes Netzwerk von seismischen Stationen zu unterhalten. Allerdings ist der teure Unterhalt solcher Infrastrukturen in weniger wohlhabenden Ländern oftmals nicht möglich. Auch die Datenerhebung an den Ozeanböden, deren Fläche über zwei Drittel der Erdoberfläche ausmacht, ist aufgrund der Installation, Instandhaltung und Datenübermittlung herausfordernd und kostspielig.

### **Erdbebenmessungen als Nebenprodukt**

Forschende der ETH Zürich haben in enger Kooperation mit dem Eidgenössischen Institut für Metrologie (METAS) eine neue Methode entdeckt, die überraschende Erkenntnisse zutage fördert: Bei der Anwendung eines Verfahrens, dessen Hauptziel die präzise Übermittlung von Zeitstempeln zwischen zwei Laboren durch ein Glasfaserkabel ist [1], zeigte sich als unbeabsichtigtes Nebenresultat, dass sich mit dem Glasfasernetz auch Bodenbewegungen erfassen lassen. Für die exakte Transferierung des optischen Datensignals wird eine Technologie angewendet, die Hintergrundrauschen unterdrückt. Rauschen im Signal kann aus verschiedenen Quellen stammen: Neben menschlicher Aktivität (Autos, Züge oder Baustellen) kann es auch auf natürliche Weise auftreten, beispielsweise durch Erdbeben. Die Information, wann und wie stark das Hintergrundrauschen automatisch unterdrückt wird, enthält somit Hinweise auf mikroskopische Längenänderungen der Glasfaser, die lediglich gespeichert und ausgewertet werden müssen. Dies ist mit den bereits vorhandenen Vorrichtungen vom METAS und ohne zusätzliche Anschaffungen möglich.

### **Wie können Glasfasern Bodenbewegungen erfassen?**

Die Technologie des Systems «Active Phase Noise Cancellation» (PNC) in Glasfaser-

netzen ist vergleichbar mit der Rauschunterdrückung in modernen Noise-Cancelling-Kopfhörern. Hierbei werden mit Mikrofonen unerwünschte Hintergrundgeräusche aufgezeichnet und in Echtzeit ein Gegensignal erzeugt, das diese Geräusche gegensätzlich überlagert und dadurch auslöscht. Das Resultat ist ungehörter Musikgenuss.

Die Messung des Rauschens im Glasfaserkabel nutzt natürlich kein Mikrofon, sondern basiert auf dem Vergleich mit einem vom Empfänger reflektierten Teilsignal [2]. Ist kein Rauschen vorhanden, so sind das am Anfang der Faser emittierte und das am Ende der Faser reflektierte Signal identisch. Unterschiede zwischen den beiden Signalen sind das Resultat kleiner Deformationen der Faser, die das Lasersignal auf seinem Weg «gespürt» hat. Die Messung ermöglicht es, ein Rauschen mit einem entgegengesetzten Signal in Echtzeit zu überlagern, ähnlich zum Noise-Cancelling in Kopfhörern.

### **Kein zusätzliches Gerät nötig**

Seit einigen Jahren ist der Einfluss von Bodenbewegungen auf Laserpulse in einem Glasfaserkabel bekannt. Mit speziell dafür entwickelten Laserinterferometern können Deformationen entlang einer Glasfaser gemessen werden. Diese Technologie wurde erfolgreich für Erdbebenmessungen in verschiedenen Umgebungen angewandt; in Städten [3], auf Gletschern [4] und auf Vulkanen [5]. In der Rauschunterdrückung der Glasfaserkommunikation für die Schweizer Atomuhreninfrastruktur, welche die Forschenden der ETH und des METAS untersucht haben, ist kein solches Messinstrument erforderlich. Die durch ein Erdbeben ausgelösten Bodenbewegungen entlang des 123 Kilometer langen Glasfaserkabels lassen sich aus dem Rauschen der Datenübertragung ablesen.

### **Numerische Modelle bestätigen Beobachtungen**

Obwohl die Längenänderungen der Glasfasern oft nur wenige Mikrometer betragen, sind Erdbebensignale im PNC-System erstaunlich deutlich erkennbar. Ein Telekommunikationskabel zwischen Laboren in Bern und Basel erfasste die seismischen Wellen eines Erdbebens der Magnitude 3,9 bei Mulhouse im Elsass. Die PNC-Messungen stimmen mit numerischen Modellierungen des Bebens überein, ebenso mit den Messungen der seismischen Stationen des Schweizerischen Erdbebendienstes [1].



Da die Messungen in numerischen Modellen reproduzierbar sind, können die PNC-Daten für die Charakterisierung von Erdbeben, einschliesslich von Tiefe und Stärke, herangezogen werden. Diese und andere Parameter sind essenziell für die Frühwarnung. Potenziell können PNC-Daten zukünftig insbesondere in weniger entwickelten Ländern und auf dem Meeresgrund gesammelt werden, um Frühwarnsysteme für Erdbeben und Tsunamis zu unterstützen.

### **Tomografie der Erde**

Die Methode ist auch für andere Zwecke vielversprechend. Die Auswertung von PNC-Daten kann dafür verwendet werden, die Erde zu «durchleuchten», ähnlich der Computertomografie (CT) in der Medizin. Dies ist besonders nützlich, da Proben aus Bohrprojekten oft nur aus wenigen Kilometern Tiefe stammen und daher im Vergleich



Eine genaue Vorhersage, wann und wo ein Erdbeben auftritt, ist nach wie vor unmöglich. Seismische Stationen und möglicherweise auch bald das Glasfaserkabelnetz können jedoch helfen, Bodenbewegungen zu erkennen und Menschen zu warnen.

zum Erdradius von 6371 Kilometern wenig aussagekräftig sind und kaum herangezogen werden können, um mehr über das Innere unseres Planeten zu erfahren. Eine Tomografie der Erde mit seismischen Wellen beruht auf denselben physikalischen Prinzipien wie ein CT-Scan, nur auf einer anderen Grössenskala [6]. Insbesondere die Nutzung von PNC-Daten in den Tiefen der Ozeanböden birgt das Potenzial, unser Verständnis vom Erdinneren zu vertiefen, da Bodenbewegungsdaten aus bisher unzugänglichen Gebieten in eine Erweiterung des Bildes einfließen können.

Schnell erklärt: Ein kurzes Video zur Messung von Bodenbewegungen mit dem Glasfasernetz finden Sie unter: [www.youtube.com/watch?v=vFkPJ-SBe9s](https://www.youtube.com/watch?v=vFkPJ-SBe9s)

## Literatur

- [1] Noe, S., Husmann, D., Müller, N., Morel, J., and Fichtner, A. (2023). Long-range fiber-optic earthquake sensing by active phase noise cancellation. *Sci Rep* 13, 13983. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-41161-x>.
- [2] Ma, L. S., Jungner, P., Ye, J., and Hall, J. L. (1994). Delivering the same optical frequency at two places: accurate cancellation of phase noise introduced by an optical fiber or other time-varying path. *Optics letters*, 19(21), 1777–1779.
- [3] Smolinski, K., Paitz, P., Bowden, D., Edme, P., Kugler, F., and Fichtner, A.: Urban Distributed Acoustic Sensing Using In-Situ Fibre Beneath Bern, Switzerland, EGU General Assembly 2020, Online, 4–8 May 2020, EGU2020-8225, <https://doi.org/10.5194/egusphere-egu2020-8225>.
- [4] Klaasen, S., Paitz, P., Lindner, N., Dettmer, J., and Fichtner, A. (2021). Distributed acoustic sensing in volcano-glacial environments – Mount Meager, British Columbia. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 126(11), e2021JB022358.
- [5] Klaasen, S., Thrastarson, S., Çubuk-Sabuncu, Y., Jónsdóttir, K., Gebraad, L., Paitz, P., and Fichtner, A. (2023). Subglacial volcano monitoring with fibre-optic sensing: Grímsvötn, Iceland. *Volcanica*, 6(2), 301–311.
- [6] Marty, P., Boehm, C., and Fichtner, A. (2021, February). Acoustoelastic full-waveform inversion for transcranial ultrasound computed tomography. In *Medical Imaging 2021: Ultrasonic Imaging and Tomography* (Vol. 11602, pp. 210–229). SPIE.