

Medienmitteilung, 8. Juni 2026

Erdbebenmodell zeigt: Spannungen in Kalifornien auf Rekordniveau

Ein internationales Forschungsteam unter der Leitung einer Forscherin der Universität Bern hat 1'000 Jahre Erdbebengeschichte entlang der San-Andreas- und San-Jacinto-Verwerfungen in Südkalifornien nachmodelliert. Das Resultat: Die Spannungen in der Erdkruste liegen heute höher als jemals im letzten Jahrtausend – und ein kritischer Verwerfungsknoten nahe Los Angeles könnte darüber entscheiden, wie gross das nächste grosse Erdbeben wird.

Erdbeben entstehen meist entlang sogenannten Bruchzonen in der Erdkruste, wo die grossen tektonischen Erdplatten aneinander vorbeigleiten und sich verhaken. Dabei baut sich über lange Zeit Spannung auf, die sich plötzlich in Form eines Erdbebens entlädt. In Südkalifornien gehören die San-Andreas- und die San-Jacinto-Verwerfung zu den bedeutendsten dieser Zonen und nehmen den Grossteil der Plattenbewegung in der Region auf. Wo sich die beiden Verwerfungssysteme nordöstlich von Los Angeles annähern, liegt der Cajon Pass – ein tektonisch komplexer Knotenpunkt, wo ein Erdbeben einer Verwerfung möglicherweise auf die andere übergreifen kann. Seit dem letzten grossen Erdbeben, das den Grossraum Los Angeles betraf, dem Fort-Tejon-Erdbeben von 1857 mit einer Stärke von 7,9, haben sich die tektonischen Spannungen entlang der Verwerfungsabschnitte kontinuierlich aufgebaut, was Forschende seit Längerem wegen des Potenzials für ein grosses zukünftiges Beben beunruhigt.

In einer neuen Studie unter der Leitung von Dr. Liliane Burkhard von der Abteilung Weltraumforschung und Planetologie (WP) am Physikalischen Institut der Universität Bern hat ein internationales Forschungsteam 1'000 Jahre Erdbebengeschichte entlang der südlichen San-Andreas- und San-Jacinto-Verwerfungssysteme modelliert, um die heutige Spannungsbelastung beim Cajon Passes abzuschätzen. Beteiligt waren Forschende der University of Hawai'i at Mānoa, des U.S. Geological Survey Earthquake Science Center in Pasadena und der Scripps Institution of Oceanography an der UC San Diego. Die Ergebnisse zeigen, dass die tektonischen Spannungen in der Region die höchsten Werte des letzten Jahrtausends erreichen und teils sogar überschritten haben. Ausserdem stellen die Forschenden in der Studie das Konzept des Cajon Passes als «Erdbebentor» vor: einen Knotenpunkt, der steuert, ob grosse Erdbeben auf eine einzelne Verwerfung begrenzt bleiben oder sich über beide Systeme ausbreiten. Die Studie wurde soeben in *Journal of Geophysical Research: Solid Earth* veröffentlicht.

1'000 Jahre Erdbebengeschichte modelliert

Um zu untersuchen, wie sich die Spannung entlang der San-Andreas- und der San-Jacinto-Verwerfung sowie am kritischen Knotenpunkt Cajon Pass im Laufe der Zeit entwickelt hat, konstruierte das Forschungsteam ein physikbasiertes, vierdimensionales Erdbebenzyklusmodell, das die Prozesse in drei Raumdimensionen und über die Zeit hinweg abbildet. Die Forschenden speisten das Modell anschliessend mit einer 1'000-jährigen Erdbebenaufzeichnung, die sie aus geologischen Belegen wie Radiokohlenstoffdatierungen, Baumringanomalien und historischen Dokumentationen von

Bodenaufbrüchen rekonstruiert hatten. «Das Modell zeigt, wie jedes Erdbeben die Spannung auf benachbarten Verwerfungssegmenten verändert, wie sich die Spannung in den ruhigen Intervallen zwischen den Ereignissen wieder aufbaut und wie sich die tieferen Krustenschichten nach grossen Erdbeben langsam entspannen», erklärt Burkhard. «Diese Simulation ermöglicht es uns zu verstehen, wie sich die Spannungen im Verwerfungssystem über Jahrhunderte aufbauen», so Burkhard weiter. «Indem wir die Erdbeben Geschichte Südkaliforniens als Simulation durchführen, können wir abschätzen, wie stark das Verwerfungssystem heute bereits belastet ist.» Die Forschenden zeigen, dass die Spannungen in der Region derzeit auf dem höchsten Stand der letzten 1'000 Jahre sind.

«Erdbebentor» als entscheidender Schlüsselfaktor

Ein zentrales Ergebnis der Studie ist, dass der Cajon Pass als so genanntes «Erdbebentor» fungieren kann – ein Knotenpunkt, der steuert, ob grosse Erdbeben auf eine einzelne Verwerfung begrenzt bleiben oder beide Systeme gleichzeitig durchqueren. Für beide Verhaltensweisen gibt es historische Beispiele: Das Fort-Tejon-Erdbeben von 1857 endete am Cajon Pass und betraf die San-Jacinto-Verwerfung nicht, während das Wrightwood-Erdbeben von 1812 beide Systeme in einem einzigen zusammenhängenden Erdbebenereignis durchbrach. «Das Konzept des Erdbebentors erfasst etwas Wesentliches daran, wie Verwerfungsknoten funktionieren», erklärt Burkhard. «Der Cajon Pass blockiert oder lenkt Erdbeben nicht nur – er reagiert auf Spannungsbedingungen, und diese verändern sich im Laufe von Jahrhunderten.»

Die Studie zeigt ausserdem, dass es nicht nur entscheidend ist, wie stark eine einzelne Verwerfung gespannt ist, sondern wie die Spannungen auf den beiden Verwerfungssystemen aufeinander abgestimmt sind. Wenn an einem sogenannten «Erdbebentor» wie dem Cajon Pass die Spannung auf beiden Verwerfungen im Gleichklang ansteigt und sich dabei ähnlich hohen Niveaus annähert, begünstigen die Bedingungen ein grosses gemeinsames Erdbeben, welches beide Systeme erfasst. Wenn der historische Spannungsverlauf zwischen beiden Systemen deutlich abweicht und sich nicht im Gleichschritt entwickelt, enden Erdbeben eher am Knotenpunkt.

Gegenwärtig hat die in der Studie modellierte Spannung auf dem San-Jacinto-Bernardino-Abschnitt 3,6 MPa erreicht und übertrifft damit den höchsten Wert der 1'000-Jahres-Simulation. Auf dem benachbarten Mojave-Süd-Abschnitt der San-Andreas-Verwerfung liegt sie bei 2,8 MPa. Die Spannung beider Segmente ist daher hoch und im Verlauf relativ ähnlich konfiguriert – ein Zustand, der in der Vergangenheit oft vor gemeinsamen Erdbeben aufgetreten ist. «Was uns besorgt ist nicht nur, dass die Spannungen historische Höchstwerte erreichen, sondern dass sich die relativen Spannungsbedingungen zwischen den beiden Verwerfungssystemen nun dem Bereich nähern, den wir mit grossen Erdbeben assoziieren, die beide Systeme gleichzeitig durchqueren. Und das ist ein Szenario mit deutlich grösseren Folgen für die Region », sagt Burkhard.

Erhöhtes Risiko in dicht besiedelten Regionen

Ein gemeinsames Erdbeben der San-Andreas-Verwerfung und der San-Jacinto-Verwerfung, der den Cajon Pass durchquert, wäre ein deutlich folgenschwereres Ereignis als ein Ereignis, das auf eine einzelne Verwerfung beschränkt bleibt. Die betroffene Region umfasst einige der am dichtesten besiedelten, infrastrukturkritischen Korridore der USA, darunter den Grossraum Los Angeles, San Bernardino, Riverside und das Coachella Valley. Durch den Cajon Pass selbst verlaufen wichtige Autobahnen, Eisenbahnstrecken und Energieinfrastrukturen.

«Die Frage, wann und wie sich das nächste grosse Erdbeben in dieser Region ereignen wird, ist eines der dringendsten Probleme der angewandten Geowissenschaften. Unsere Ergebnisse liefern ein klareres,

physikbasiertes Bild des aktuellen Spannungszustands des Systems. Das von uns entwickelte Rahmenwerk ist nicht nur auf Kalifornien, sondern auch für andere komplexe Verwerfungssysteme weltweit anwendbar», sagt Burkhard.

Burkhard betont jedoch: «Die Studie ist keine Vorhersage, wann ein Erdbeben stattfinden wird. Was wir sagen können, ist, dass das System kritisch belastet ist und dass physikbasierte Modelle wie unseres ein klareres Bild von der Bandbreite der Szenarien geben, auf die wir vorbereitet sein sollten. Diese Informationen sind wichtig für die Gefahrenabschätzung, die Infrastrukturplanung und die Notfallvorsorge.»

Angaben zur Publikation:

Liliane M.L. Burkhard, Bridget R. Smith-Konter, Katherine M. Scharer, and David T. Sandwell (2026). Cajon Pass and the Southern San Andreas Fault System: Earthquake Cycle Stress Accumulation and Present-Day Loading, *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*.

DOI: 10.1029/2025JB033213

URL: <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2025JB033213>

Kontakt:

Dr. Liliane Burkhard

Physikalisches Institut, Weltraumforschung und Planetologie (WP), Universität Bern

Tel: +41 31 684 47 35

E-Mail: liliane.burkhard@unibe.ch

Interaktives Online-Tool «LA-GRID»

Liliane Burkhard entwickelte das Online-Tool «LA-GRID» (Los Angeles Geospatial Risk and Infrastructure Dashboard). Das webbasierte und interaktive Tool visualisiert Seismizitäts- sowie Verwerfungsdaten für die Region Los Angeles mit Live-Updates zu Erdbeben und Waldbränden.

Zum Tool: <https://liliane-sys.github.io/LA-GRID/>

Berner Weltraumforschung: Seit der ersten Mondlandung an der Weltspitze

Als am 21. Juli 1969 Buzz Aldrin als zweiter Mann aus der Mondlandefähre stieg, entrollte er als erstes das Berner Sonnenwindsegel und steckte es noch vor der amerikanischen Flagge in den Boden des Mondes. Dieses Solar Wind Composition Experiment (SWC), welches von Prof. Dr. Johannes Geiss und seinem Team am Physikalischen Institut der Universität Bern geplant, gebaut und ausgewertet wurde, war ein erster grosser Höhepunkt in der Geschichte der Berner Weltraumforschung.

Die Berner Weltraumforschung ist seit damals an der Weltspitze mit dabei: Die Universität Bern nimmt regelmässig an Weltraummissionen der grossen Weltraumorganisationen wie ESA, NASA oder JAXA teil. Mit CHEOPS teilt sich die Universität Bern die Verantwortung mit der ESA für eine ganze Mission. Zudem sind die Berner Forschenden an der Weltspitze mit dabei, wenn es etwa um Modelle und Simulationen zur Entstehung und Entwicklung von Planeten geht.

Die erfolgreiche Arbeit der [Abteilung Weltraumforschung und Planetologie \(WP\)](#) des Physikalischen Instituts der Universität Bern wurde durch die Gründung eines universitären Kompetenzzentrums, dem [Center for Space and Habitability \(CSH\)](#), gestärkt. Der Schweizer Nationalfonds sprach der Universität Bern zudem den [Nationalen Forschungsschwerpunkt \(NFS\) PlanetS](#) zu, den sie gemeinsam mit der Universität Genf leitet.