Neubewertung der Erdbebengefährdung Istanbuls

20.10.2026, 12:56 | Wissenschaft, Forschung, Bildung

Pressemitteilung von: *idw - Informationsdienst Wissenschaft*

Zusammenfassung

Von der Marmara-Verwerfung unmittelbar südlich der Megacity Istanbul geht das höchste Erdbebenrisiko im gesamten pan-europäischen Raum aus. Die Bewertung der Erdbebengefährdung basiert bislang auf dem Konzept einer einzigen durchgehenden Haupt-Verwerfung unter dem Marmara-Meer. Jüngste Erkenntnisse deuten jedoch auf ein komplexeres Netzwerk aus miteinander interagierenden Haupt- und Neben-Störungen unterschiedlicher Eigenschaften hin. Das müsse zu einer Neubewertung der Erdbebengefährdung für die Region Istanbul führen – mit dem Ergebnis einer höheren maximalen Erdbebenmagnitude als bisher prognostiziert, erläutert Prof. Marco Bohnhoff vom GFZ Helmholtz-Zentrum für Geoforschung, der die Region seit Jahrzehnten beforscht, in einem kürzlich im Fachmagazin Geophysical Journal International erschienenen „Standpunkt“. Demnach könnte es durch überspringende Aktivierung verschiedener Segmente der Störungszonen im Extremfall auch zu einem Starkbeben der Magnitude 7.6 kommen. Dabei würde bis zu doppelt so viel Energie freigesetzt wie in den bisher kalkulierten Extrem-Szenarien mit Magnituden von 7,2-7,4. In Konsequenz fordert Bohnhoff auch eine verbesserte Überwachung unmittelbar an und in der Störungszone unter dem Marmara-Meer.

Komplexität der Marmara-Verwerfung vor Istanbul

An der tektonischen Plattengrenze unmittelbar südlich von Istanbul, weithin als „Marmara-Verwerfung“ bezeichnet, schieben sich die Eurasische und die Anatolische Erdplatte aneinander vorbei. Durch Reibung und Verhakung kommt es dabei immer wieder in unregelmäßigen Abständen zu teils extrem starken Erdbeben. Entgegen bisheriger Beschreibungen ist die Marmara-Verwerfung nicht als eine einzelne durchgehende Verwerfung anzusehen. Vielmehr besteht sie aus einem komplizierten Geflecht von Störungen mit vielen Nebenästen und mit jeweils sehr unterschiedlichen Eigenschaften. Darauf deuten jüngste geologische, geophysikalische und geodätische Erkenntnisse hin.

Die Tatsache, dass diese Störung unterhalb des Meeresbodens liegt – und damit bisher nicht direkt zugängig für seismische Überwachungstechnik –, macht die Einschätzung ihrer Struktur und damit des Gefährdungspotenzials für die Region extrem schwer.

Das Mosaik an Störungen unterhalb des Marmarameeres weist allerdings Ähnlichkeiten mit der San Andreas Verwerfung im Süden Kaliforniens und in der San Francisco Bay Area auf. Diese Strukturen können als Analogon dienen. Da sie im Gegensatz zur submarinen Marmara-Verwerfung an Land liegen, sind sie direkt beobachtbar und messtechnisch erfassbar. Auf dieser Basis können auch Rückschlüsse auf die Istanbul-Marmara-Region gezogen werden. So hat dieser Vergleich unmittelbar Auswirkungen auf die Modellierung möglicher Erdbeben-Szenarien in der Marmara-Region und damit auf die Einschätzung der dortigen Erdbebengefährdung und damit auf das seismische Risiko Istanbuls.

Zu diesem Schluss kommt Prof. Dr. Marco Bohnhoff, der seit Jahrzehnten in der Region forscht. Bohnhoff leitet am GFZ Helmholtz-Zentrum für Geoforschung die Sektion „Geomechanik und Wissenschaftliches Bohren“. Er ist auch Initiator und Projektleiter des 2015 für die Istanbul-Region etablierten bohrlochgestützten Erdbeben-Observatoriums GONAF (Geophysical borehole Observatory at the North Anatolian Fault), das das GFZ gemeinsam mit dem türkischen Katastrophenschutzdienst AFAD betreibt. GONAF besteht aus mittlerweile zehn Standorten in Küstennähe rund um das Marmarameer.

Neubewertung des Störungssystems vor Istanbul

GFZ-Forscher Marco Bohnhoff: „Wir müssen für Istanbul auch Erdbebenszenarien berücksichtigen, die komplexer sind als unsere bisher betrachteten. Um die daraus resultierende Gefährdung bestmöglich bewerten zu können, benötigen wir seismische Überwachungstechnik, die direkt auf und innerhalb der Verwerfungszone unter dem Marmarameer installiert ist.“

Konsequenzen der Neubewertung

Diese Neubewertung des Störungssystems vor den Toren Istanbuls als komplexes Störungsgeflecht hat unmittelbare Konsequenzen für die Einschätzung der Erdbebengefährdung und bedingt die Notwendigkeit einer direkten Überwachung der Störungszone am Meeresboden und darunter – direkt an und in der tektonischen Plattengrenze.

Zwar bleibt es Bohnhoff zufolge bei der entlang der Haupt-Störung aufgestauten Energie, die ein Beben der Magnitude 7,2 bis 7,4 in den kommenden Jahrzehnten mit 50% Wahrscheinlichkeit erwarten lässt. Durch das komplexe System aus ebenfalls tektonisch geladenen Nebenästen nahe und abseits der Hauptverwerfung besteht allerdings die Möglichkeit einer multiplen Aktivierung auch dieser Äste im Zuge eines Starkbebens, was die Abschätzung der erwartbaren Maximalmagnitude im Extremfall bis hin zu einer Magnitude von 7.6 möglich macht. Dieses Szenario schließt auch den Bereich der Plattengrenze westlich des Marmarameeres ein. Dieser wurde zuletzt 1912 in einem 7.4-Beben aktiviert, ist allerding komplett verhakt und damit tektonisch bereits wieder erheblich aufgeladen. Zum Vergleich: Ein Beben der Magnitude 7.6 setzt rund doppelt so viel Energie frei wie eines der Magnitude 7.4.

„Wichtig ist: Wir können keinen Zeitraum eingrenzen, in dem so ein Beben auftreten wird, und schon gar keinen konkreten Zeitpunkt“, sagt Bohnhoff.

Aus historischen Aufzeichnungen sind in der Marmara-Region für die letzten 2300 Jahre keine Beben stärker als 7.4 bekannt. Es kann jedoch im Zuge sogenannter Super-Zyklen in großen Zeitabständen auch zu stärkeren Beben kommen. Jüngste vergleichbare Szenarien sind etwa das 2011 in Japan aufgetretene Tohoku-Oki-Erdbeben mit einer vorher nicht für möglich gehaltenen Magnitude von 9. Dieses hatte eine unerwartet große Wellenhöhe des resultierenden Tsunamis zur Folge mit den bekannten dramatischen Folgen für den Fokushima-Reaktor. Auch in Neuseeland kam es 2016 zu einem hochkomplexen Beben bei Kaikoura. Dort wurde ein Netzwerk aus mehreren Nebenäste einer Plattenrandstörung aktiviert, was in einer unerwartet hohen Magnitude von 7.8 endete – glücklicherweise in einer dünn besiedelten Region.

Komplexität des Systems erschwert probabilistische Vorhersagen

GFZ-Forscher Bohnhoff hat seine Neubewertung der Erdbebengefährdung im Großraum Istanbul jüngst auf internationalen Konferenzen vorgestellt und sie nun in der Fachzeitschrift „Geophysical Journal International“ als wissenschaftlichen Meinungsbeitrag veröffentlicht.

Demnach macht die Komplexität des Systems probabilistische Vorhersagen noch schwieriger, als sie es ohnehin schon

sind. Der Grund: „Früher oder später werden Spannungen an einer Stelle im Geflecht der geologischen Störungen zu Gesteinsversagen führen. Dies kann dann singuläre lokale Beben moderater Magnitude bewirken. Aber genauso gut kann die Energie auch überspringen und im Extremfall das gesamte System aktivieren und entsprechend mehr Energie freisetzen“, sagt Bohnhoff. Diese wäre dann das beschriebene mögliche Beben einer Magnitude stärker als 7.4.

Erfordernis von Messungen direkt in der Verwerfung

Ein Beben mit einer Magnitude zwischen 7 und 8 hätte aller Voraussicht nach katastrophale Folgen für die Millionenstadt Istanbul, die nur wenige Zehner-Kilometer entfernt von der Marmara-Hauptverwerfung liegt. Marco Bohnhoff plädiert aus diesem Grund für eine stärker fokussierte seismische Überwachung der Verwerfung, und zwar direkt dort, wo sich die Krustenplatten verhakt haben: „Wir müssten mit unseren Messgeräten und Bohrlöchern unters Meer direkt an und sogar in die Verwerfung“, so Bohnhoff.

Hintergrund: Die Marmara-Verwerfung

Die Marmara-Verwerfung hat das größte seismische Gefährdungs- und Risikopotenzial in Europa und Umgebung. Sie ist der Teil der Nordanatolischen Verwerfungszone, entlang derer die eurasische und die anatolische tektonische Platte aufeinandertreffen und sich aneinander vorbeischieben. Allerdings kommt es dabei zu Reibung und Verhakung was dann in unregelmäßigen Abständen zu Erdbeben führt. Die Marmara-Verwerfung ist der einzige Abschnitt der gesamten Plattengrenze, an dem seit 1766 kein großes (Magnitude M>7) Erdbeben mehr aufgetreten ist.

Die durchschnittliche Wiederkehrperiode derart großer Erdbeben in der Region beträgt etwa 250 Jahre. Das lässt sich aus historischen Aufzeichnungen von Erschütterungen der letzten 2300 Jahre schließen, aus denen man Erdbebenmagnituden ableiten kann. Der Hauptast der Marmara-Verwerfung befindet sich folglich aktuell bereits in der späten Phase ihres seismischen Zyklus und hat somit das Potenzial für ein großes Beben der Magnitude bis zu etwa 7.4.

Anders ausgedrückt: Während sich an anderen Stellen der Marmara-Verwerfung die Platten um rund 2,5 Meter weiterbewegt haben, ist vor Istanbul nichts passiert – die Energie hat sich dort also aufgestaut. Dieser Prozess führt dann erwartbar irgendwann zu einem Gesteinsversagen und folglich zu Erdbeben.

Frühere Studien unter der Leitung von GFZ-Forschenden haben gezeigt, dass die Marmara-Verwerfung in mehrere charakteristische Abschnitte unterteilt ist: Im westlich von Istanbul gelegenen Bereich, dem zentralen und östlichen Teil des Marmarameeres, ist der Verhakungsgrad gering und die Erdplatten „kriechen“ teilweise aneinander vorbei. Dort wird also nur ein Teil der tektonischen Energie (in etwa die Hälfte) gespeichert. Dies wurde aus der Erfassung und Analyse spezieller kleiner Erdbeben, sogenannter Repeater, abgeleitet. Unterhalb des östlichen Marmarameeres südlich von Istanbul ist der Kriech-Anteil allerdings null, die Platten sind dort also komplett verhakt und die tektonische Energie wird maximal angesammelt.

Entlang der einzelnen Segmente der Marmara-Verwerfung baut sich durch den tektonischen Ladeprozess also in unterschiedlichem Maße Spannung auf. Hinzu kommt, dass bei relativ größeren Erdbeben auch ko- und post-seismische Spannungsumlagerungen auftreten (die sogenannte Coulomb-Spannung). Diese erhöhen oder verringern den Spannungszustand je nach Bruchtyp und Lage.

wissenschaftliche Ansprechpartner:
Prof. Dr. Marco Bohnhoff
Leitung Sektion 4.2 „Geomechanik und Wissenschaftliches Bohren“
GFZ Helmholtz-Zentrum für Geoforschung
+49 331 6264-1327
marco.bohnhoff@gfz.de

Originalpublikation:
Marco Bohnhoff, Rethinking the Main Marmara Fault—seismotectonic complexity and seismic hazard in the Istanbul–Marmara region, Geophysical Journal International, Volume 246, Issue 3, September 2026, ggag253
https://doi.org/10.1093/gji/ggag253

GFZ Helmholtz-Zentrum für Geoforschung

JosefZens (Mitarbeiter in der Presse- und Öffentlichkeitsarbeit)

0331/6264-1040

josef.zens@gfz.de

News-ID: 1327506 • Views: 105 (Stand: 31.10.2026)

Link zur Pressemitteilung:
https://www.openpr.de/news/1327506/Neubewertung-der-Erdbebengefaehrdung-Istanbuls-idw.html