

(2004) forderten deshalb, dass künftige phylogenetische Modellierungen das Phänomen der korrelierenden Merkmalsevolution berücksichtigen müssen. Eine befriedigende evolutionstheoretische Erklärung dieses Phänomens, das laufend durch neue Befunde bestätigt wird, steht immer noch aus (vgl. dazu auch ULLRICH 2012).

[BININDA-EMONDS ORP et al. (2007) The delayed rise of present-day mammals. *Nature* 446, 507-512; BININDA-EMONDS ORP et al. (2012) Rocking clocks and clocking rocks: a critical look at divergence time estimation in mammals. In: ASHER JR & MÜLLER J (eds) *From Clone to Bone - The Synergy of Morphological and Molecular Tools in Palaeobiology*. Cambridge, pp. 38-82; YODER AD et al. (2013) Fossils versus Clocks. *Science* 339, 656-658; O'LEARY MA et al. (2013) The Placental Mammal Ancestor and the post-K-Pg Radiation of Placentals. *Science* 339, 662-667; SPRINGER MS et al. (2004) Molecules consolidate the placental mammal tree. *Trends Ecol. Evol.* 19, 430-438; ULLRICH H (2012) Verwirrende Konvergenzen. Zur Evolution des Mittelohres der Säugetiere. *Stud. Int. J.* 19, 20-33.] H. Ullrich

■ Tiefgreifende Veränderung von Plattengrenzen in Sekunden oder Minuten – Folge des verheerenden Erdbebens vom 11. März 2011

Das Seebeben von Tohoku mit einer Magnitude von 9,0 löste eine Kettenreaktion aus: Ein bis zu 15 m hoher Tsunami verwüstete im Nordosten Japans ganze Küstenabschnitte und setzte das küstennahe Kernkraftwerk Fukushima-Daiichi unter Wasser, der Beginn eines nicht mehr abzuwendenden Super-GAU's.

Die geowissenschaftliche Analyse der Ereignisse, die dem Seebeben gefolgt sind, ist noch nicht abgeschlossen. Kürzlich berichteten STRASSER et al. (2013) in der August-Ausgabe von *Geology*, dass aufgrund des Tohoku-Bebens im Japan-Graben ein großflächiges Sedimentpaket absackte und sich die Grenzen der beteiligten Erdplatten um zwei bis drei Kilometer verschoben. Dazu Gerold WEFER, Co-Autor und damaliger MARUM-Direktor, zitiert in MARUM.de: „Als Geowissenschaftler sind wir es gewohnt, in sehr langen Zeiträumen von Jahrhunderttausenden oder gar -millionen zu denken.“ Und weiter: „Diese Expeditionen haben uns ge-

zeigt, dass Plattengrenzen bisweilen auch von plötzlichen Ereignissen in Sekunden oder Minuten tiefgreifend verändert werden können.“

Der Artikel präsentiert Ergebnisse von Untersuchungen mit den Forschungsschiffen *Mirai* (Japan) und *Sonne* (MARUM, Deutschland) im Jahre 2012, die 140 km östlich des Epizentrums, unmittelbar am Abhang des bis zu 7,6 km tiefen Japan-Grabens vorgenommen wurden. Dort befindet sich die Meeresboden-Nahtlinie, an welcher die Pazifische Platte unter die Ochotsk-Platte mit dem japanischen Vulkanbogen abtaucht (Abb. 1). Die Studie basiert auf einer hochauflösenden Echo- und Kartierung des Meeresbodens entlang einer Profilinie senkrecht zum Grabenverlauf und einem Vergleich mit Daten aus 1999 und 2004. Darüber hinaus sind entlang dieser Profilinie mehrere bis zu 9 m lange Sedimentkerne gezogen und ausgewertet worden.

Eine besondere Herausforderung war, die beobachteten Veränderungen des Meeresbodens einem (bzw.



Abb. 1 Die Lage sowie aktuelle Bewegungsrichtung und -geschwindigkeit der Erdplatten vor Japan. (Grafik: MARUM, Universität Bremen; freundliche Überlassung durch MARUM)

dem Tohoku-) Erdbeben eindeutig zuordnen zu können. Ein erster Datierungsansatz erfolgte mit der ^{210}Pb -Methode (Halbwertszeit des kurzlebigen radioaktiven ^{210}Pb : 22,3

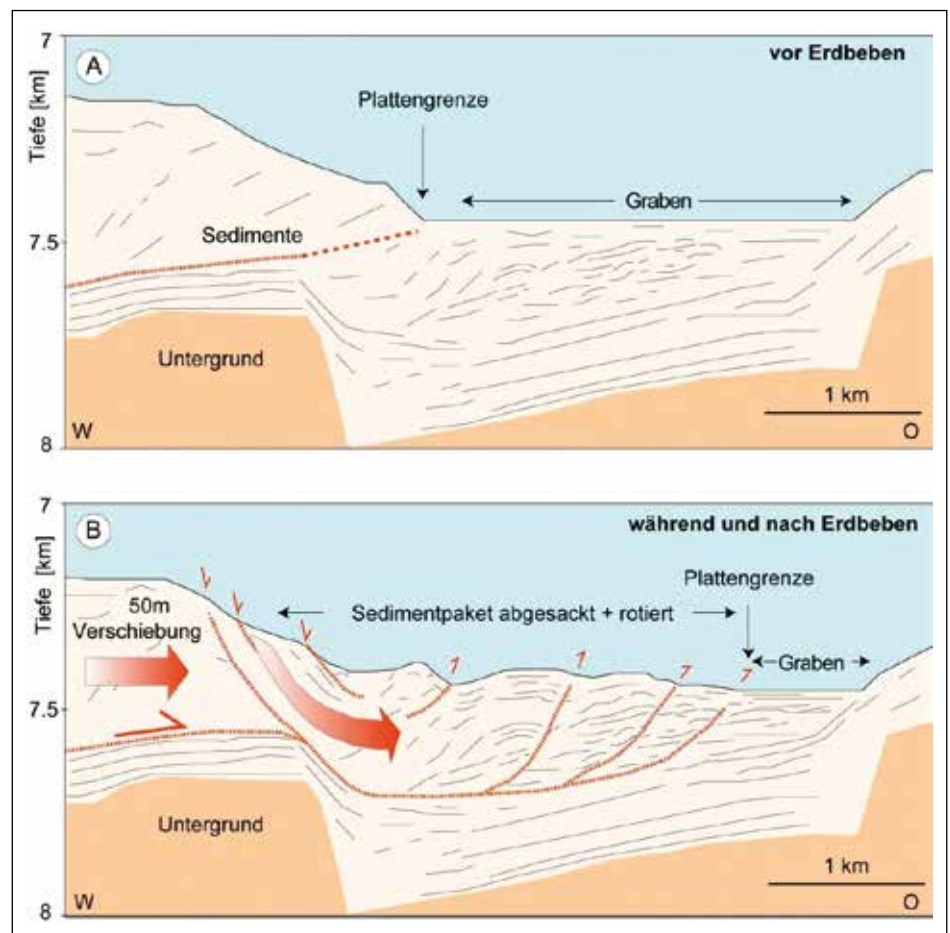


Abb. 2 Der Japan-Graben vor und nach dem Tohoku-Erdbeben am 11. März 2011. (Grafik: M. KÖLLING, MARUM, Universität Bremen, nach: STRASSER et al. in *Geology*, August 2013; freundliche Überlassung durch MARUM)

Jahre), welche das Alter auf weniger als das Fünffache der Halbwertszeit, also < 110 Jahre eingrenzte. Ein anderer Ansatz bestand darin, für zwei der Sedimentkerne geochemische Porenwasser-Profile (mit der Tiefe) aufzustellen und insbesondere die SO_4^{2-} -Konzentrationen zu betrachten. Diese wiesen im oberen Bereich der Sedimentsäule einen knickförmigen Verlauf auf, der auf eine gravierende Porenwasserstörung hinwies. Nach Modellberechnungen würde sich ein Porenwasser-Gleichgewicht nach etwa 10 Jahren einstellen; der jeweilige knickförmige Verlauf zeichnete demnach einen Zeitpunkt von etwa 0,5 – 2 Jahren nach dem Störungsereignis nach. Die zwei Kerne waren im März 2012, also 1 Jahr nach dem Ereignis gezogen worden. Folglich ist die Wahrscheinlichkeit sehr groß, dass die Deformationsstrukturen vom Tohoku-Beben ausgelöst worden waren.

Im Ergebnis gehen die Autoren von folgendem Szenario aus (Abb. 2): Am Rand des Japan-Grabens löste das Erdbeben einen ruckartigen Versatz der Erdkruste um 50 m aus. Dabei sackten großflächig (etwa 28 km²) Sedimentpakete ruckartig als zusammenhängende Blöcke in die Tiefe und stauchten an manchen Stellen den Meeresboden. Die so entstandene unruhige Bodenoberfläche aus Wülsten und Trögen liegt bis zu 50 m höher als vor dem Erdbeben. Der Meeresboden am Hang dagegen liegt nunmehr etwa 50 m tiefer. Die oberflächennahe Grenze der Erdplatten wurde um mehr als 2 km nach

Osten versetzt: „(...) within a single event during a period of seconds or minutes.“

[STRASSER M, KÖLLING M, SANTOS FERREIRA C DOS, FINK HG, FUJIWARA T, HENKEL S, Ikehara K, KANAMATSU T, KAWAMURA K, KODAIRA S, RÖMER M, WEFER G & the R/V Sonne Cruise SO219A & JAMSTEC Cruise MR12-E01 scientists (2013) A slump in the trench: Tracking the impact of the 2011 Tohoku-Oki earthquake. *Geology* 41, 935-938; http://www.marum.de/Turbulenzen_in_der_Tiefe.html, Abfrage 19. 08. 2013; <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqinthenews/2011/us00001xgp/>, Abfrage 19. 08. 2013] M. Kotulla

■ Klein aber oho: Eine Mottenart hört höhere Töne als alle anderen Tiere

Das „evolutionäre Wettrüsten“ zwischen nachtaktiven Motten und Fledermäusen gehört zu den am besten erforschten Räuber-Beute Beziehungen in der Biologie. Die Echoortung der Fledermäuse, die sie zum Navigieren und Jagen benutzen, ist allgemein bekannt. Fast alle Fledermausarten der Alten Welt verfügen über diese Fähigkeit. In der Öffentlichkeit weniger bekannt ist die Fähigkeit mehrerer Mottenarten, die von den Fledermäusen ausgestoßenen Ultraschalltöne zu hören. So ist die Beute frühzeitig gewarnt, wenn ein Jäger im Anflug ist, und kann sich in Sicherheit bringen.

Manche Fledermäuse haben sich daran angepasst, indem sie beispielsweise Frequenzen benutzen, die zu hoch oder zu tief sind, um von Motten gehört zu werden. Die Motten passen sich ihrerseits

mancherorts an diese veränderte Frequenz an; so ist z.B. die optimale Hörfrequenz von Motten auf Hawaii tiefer als sonst, passt aber zu der Frequenz, die die einzige dort einheimische Fledermausart verwendet. Auch andere Verhaltensänderungen wurden schon auf „beiden Seiten“ beobachtet. Diese Situation kann als ein evolutionäres Wettrüsten interpretiert werden, bei dem sich die Kontrahenten immer wieder anpassen, um einen Vorteil gegenüber dem anderen zu erringen.

Bisher war die höchste Frequenz, von der man wusste, dass eine Mottenart sie hören kann, 150 kHz beim in Nordamerika lebenden Schwammspinner *Lymantria dispar*. (Zum Vergleich: Menschen hören Töne maximal zwischen 20 Hz und 20 kHz.) Normalerweise liegt die optimale Hörfrequenz bei nachtaktiven Motten (Noctuiden) bei 20–50 kHz. Die höchst-bekannte, von Fledermäusen emittierte Frequenz liegt jedoch bei 212 kHz und ist damit signifikant höher. Deshalb fragte sich ein britisches Forscherteam, ob es Motten gibt, die diese Frequenz auch noch hören können, die also im Wettrüsten mit den Fledermäusen mithalten (MOIR et al. 2013). Als Untersuchungsobjekt wählten sie die Große Wachsmotte *Galleria mellonella*, die weltweit verbreitet ist und daher mit einer Vielzahl von Fledermausarten in Kontakt kommt (Abb. 1). Sie testeten die Motten auf Sensibilität für Frequenzen zwischen 50–300 kHz. Das erstaunliche Ergebnis: Selbst die höchste Frequenz von 300 kHz wurden von den Ohren der Motten registriert! Damit können diese Motten höhere Töne hören als jedes andere bekannte Tier. Das ist umso erstaunlicher, wenn man bedenkt, dass die Ohren von Motten aus höchstens vier Gehörzellen (wie bei *G. mellonella*) bestehen, die überdies noch nicht einmal in der Lage sind, zwischen Frequenzen zu unterscheiden, sondern nur entweder stimuliert sind oder nicht. Aus diesem Grund benutzen die Autoren auch vielsagende Anführungszeichen im Titel ihres Artikels: „Extrem hohe Frequenz-Sensibilität in einem ‚einfachen‘ Ohr“.

Dieses Resultat wirft aber gleich-



Abb. 1 Große Wachsmotte *Galleria mellonella*. (GNU Freie Dokumentations-Lizenz)