

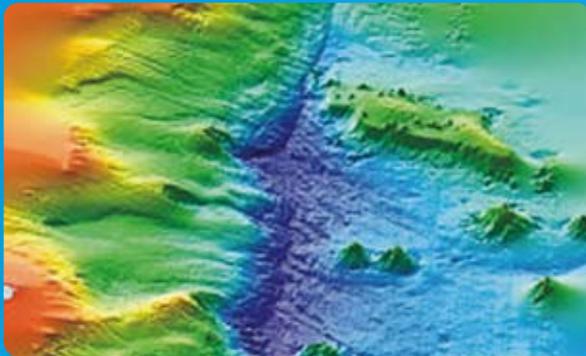


ozean der zukunft  
DIE KIELER MEERESWISSENSCHAFTEN

# KINDER- UND SCHÜLERUNI OZEAN DER ZUKUNFT 2009

| Für Schülerinnen und Schüler von 12 bis 16 Jahren

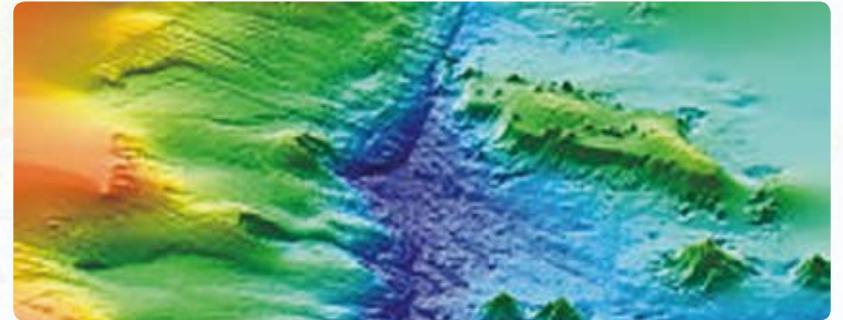
**Erdbeben, Hangrutschungen, Tsunamis  
und andere Gefahren aus dem Meer**  
Begleitheft zum Vortrag von Prof. Dr. Sebastian Krastel





DIENSTAG, 30. Juni 2009

**Erdbeben, Hangrutschungen, Tsunamis  
und andere Gefahren aus dem Meer**  
**Prof. Dr. Sebastian Krastel**  
Exzellenzcluster „Ozean der Zukunft“,  
Leibniz-Institut für Meereswissenschaften (IFM-GEOMAR)



Mit dem Meer verbindet man Schönes und Nützlichendes wie Badeurlaub oder Fischfang. Es drohen aber auch Gefahren durch Erdbeben oder Tsunamis. Welche Risiken für die Menschheit in den Ozeanen lauern und ob auch Schleswig-Holstein bedroht ist, erklärt Professor Sebastian Krastel.

## ERDBEBEN, HANGRUTSCHUNGEN, TSUNAMIS UND ANDERE GEFAHREN AUS DEM MEER

### WIE IST DIE ERDE AUFGEBAUT?

Die Erde ist aus verschiedenen Schichten aufgebaut, man spricht vom Schalenaufbau (s. Abb. 1). Die Erdkruste ist unter den Meeren ungefähr fünf Kilometer und unter den Kontinenten bis zu 40 Kilometer dick. Der Erdmantel umfasst die Tiefen von 40 bis 2900 Kilometern. Der Erdkern besteht aus einem äußeren, flüssigen Teil und einem inneren Kern aus festem Eisen.

Unter dem **System Erde** versteht man die verschiedenen Bausteine (Komponenten) unseres Planeten und ihre Wechselwirkungen miteinander (verändert nach Press/Siever, 2008):

Die von der Sonnenenergie angetriebenen Komponenten sind:

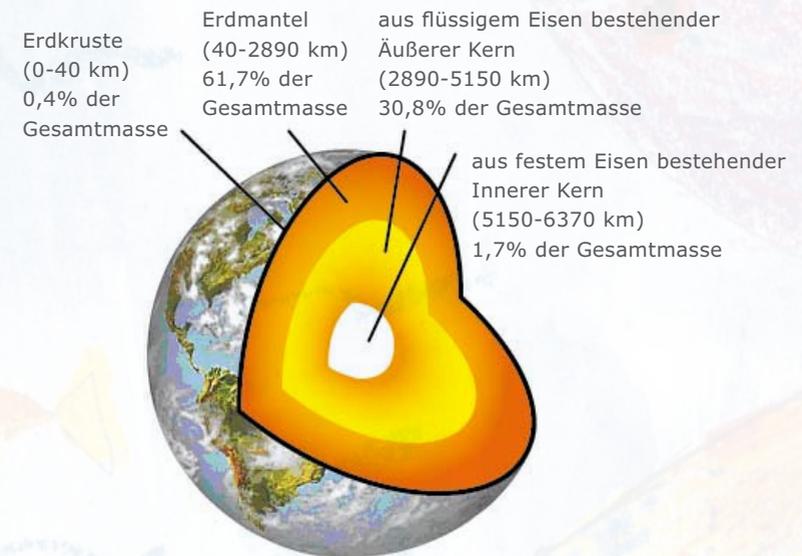
- Atmosphäre** = Gashölle der Erde bis in 100 Kilometer Höhe
- Hydrosphäre** = die mit Wasser bedeckten Teile der Erde (Ozeane, Flüsse, Seen, Grundwasser)
- Kryosphäre** = Eiskappen der Polargebiete, Gletscher, Eis und Schnee
- Biosphäre** = die Lebewesen an Land und im Wasser mit ihrem Lebensraum

Die durch die innere „Wärmekraftmaschine“ angetriebenen Bestandteile der Erde sind:

- Lithosphäre** = Erdkruste und oberer Erdmantel (bis zu 100 Kilometer Tiefe)
- Asthenosphäre** = die plastische Schicht des oberen Erdmantels - auf ihr bewegen sich die Lithosphärenplatten, bis ca. 400 Kilometer Tiefe
- Unterer Mantel** = der Teil des Mantels unter der Asthenosphäre, von 400 Kilometer bis 2900 Kilometer Tiefe

- Äußerer Kern** = die Schale aus flüssigem Eisen und Nickel, von 2900 Kilometer bis 5150 Kilometer Tiefe
- Innerer Kern** = der aus festem Eisen und Nickel bestehende Erdkern, von 5150 Kilometer bis zum **Erdmittelpunkt** in 6370 Kilometer Tiefe

© aus Press/Siever: Allgemeine Geologie, 5. Auflage, 2008, Seite 9.



**Abbildung 1:** Die wesentlichen Schichten der Erde; Volumen und Masse sind im prozentualen Verhältnis zu Gesamtvolumen und Masse dargestellt.

## WELCHE GEFAHREN GIBT ES AUS DEM MEER?

Unsere Erde ist ein ruheloser Planet und ständig im Wandel. Die Sonne bestimmt das Wetter und das Klima mit Gewittern, Überschwemmungen und Dürren. Die Hitze im Erdinneren verursacht die Bewegung der Gesteinsmassen und kann so beispielsweise Vulkanausbrüche auslösen.

**Unter Wasser**, im Ozean, lauern vor allem folgende Gefahren für den Menschen: Erdbeben, Hangrutschungen und Tsunamis (s. Abb. 2). Dabei gibt es eine Reihe von Wechselwirkungen. **Erdbeben** sind z.B. der häufigste Auslöser für Hangrutschungen. **Tsunamis** werden durch Erdbeben und/oder Hangrutschungen ausgelöst. Während eines **Vulkanausbruches** auf einer Ozeaninsel kann es zu einem Flankenkollaps (ein Teil der Insel bricht an den Seiten zusammen) kommen, als dessen Folge ebenfalls Tsunamis entstehen können.

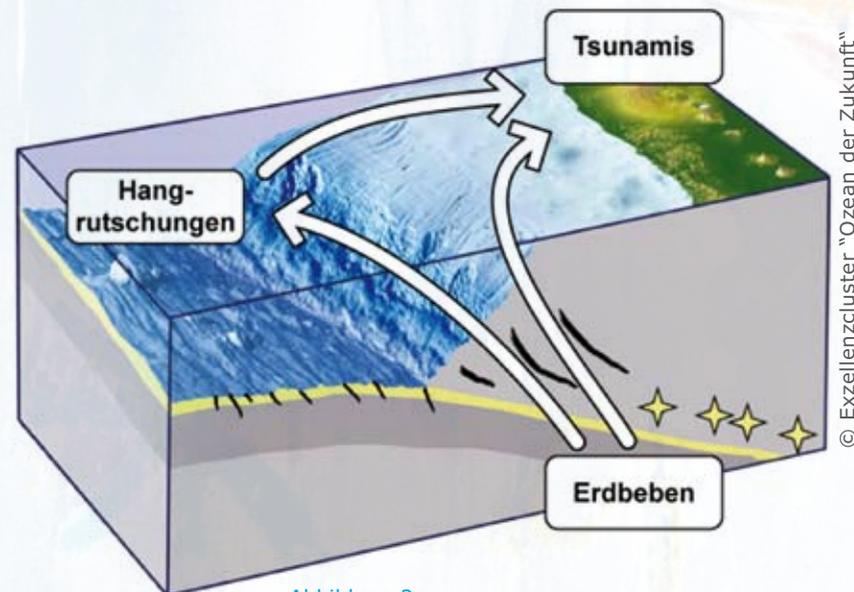


Abbildung 2:  
Naturgefahren im Meer und ihre Wechselwirkungen.

## WAS IST PLATTENTEKTONIK?

Das System Plattentektonik umfasst Wechselwirkungen zwischen der Lithosphäre, der Asthenosphäre und dem unteren Mantel. Die Beschreibung der Plattentektonik war in der Geologie so eine Revolution wie die Entdeckung der DNA in der Biologie oder die Relativitätstheorie in der Physik. Die Lithosphäre ist in eine Anzahl größerer und kleinerer Platten gegliedert. Nach der Form der Bewegungsrichtung unterscheidet man aneinander vorbeigleitende (= **transforme**), sich voneinander entfernende (= **divergente**) oder sich einander nähernde (= **konvergente**) Plattenränder. Bei der Kollision zweier kontinentaler Krustenteile können durch Auffaltung Gebirge entstehen. Wenn sich eine Platte unter eine andere schiebt, spricht man von **Subduktion**. Die Bewegungen der Platten entstehen durch **Konvektionsströmungen** im äußeren Erdmantel, das sind durch die Wärme im Erdinneren verursachte aufsteigende oder abtauchende Bewegungen des flüssigen Erdmaterials. Bei den Plattenbewegungen können Geschwindigkeiten von mehreren Zentimetern pro Jahr erreicht werden.

## ERDBEBEN

Die stärksten Erdbeben entstehen an den Plattengrenzen, aber auch inmitten von Kontinentalplatten können Erdbeben auftreten. Erdbeben werden ausgelöst, wenn geologische Kräfte dazu führen, dass unter Druck geratenes Gestein durch Bruch nachgibt. Die Energie wird in Form von Schwingungen frei, wie sie auch beim Zerschlagen von Eis auf einem See entstehen können. Bei den Erdplatten geschieht dies, wenn sich zwei Platten verhaken und dann plötzlich lösen. Besonders häufig passiert dies an konvergenten Plattenrändern (z.B. Japan, Indonesien, Mittelmeer) und beim aneinander vorbeigleiten von zwei Platten (z.B. St. Andreas Verwerfung in Kalifornien). Insgesamt gibt es jährlich mehr als 30.000

Erdbeben auf der Erde. Die meisten dieser Erdbeben werden von den Menschen nicht wahrgenommen. Bei größeren Erdbeben kann es jedoch zu starken Zerstörungen kommen, Gebäude können um- oder einstürzen (s. Abb. 3), und bei Unterwassererdbeben können Tsunamis entstehen.



**Abbildung 3:** Folgen eines Erdbebens in Niigata, Japan, am 16. Juni 1964. Durch die Erdstöße kam es zu einem Bodenfließen, so dass zahlreiche Häuser als Ganzes umkippten.

© National Geophysical Data Center

Mit **Seismographen** können die seismischen Wellen (griech. „seismos“ = Erschütterung) gemessen werden und so das Zentrum eines Erdbebens bestimmt werden. Schon zu frühen Zeiten wurden Geräte zur Bestimmung von Erdbeben gebaut. So hatte beispielsweise der Chinese Zhang Heng im Jahr 132 n.Chr. ein erstes Seismoskop erfunden: Dies war eine Vorrichtung aus Bronze, bestehend aus einer Vase mit acht Drachenköpfen und acht Kugeln im Maul der Drachen. Unter den Drachenköpfen standen kreisförmig um die Vase acht Kröten aus Bronze mit offenem Maul. Wenn es ein Erdbeben im Norden der Vase gab, fiel die Kugel aus dem südlichen Drachenkopf in die drunter sitzende Kröte, je nach Ursprungsort des Bebens (= **Epizentrum**) immer an der gegenüber liegenden Seite des Bronzebehälters.

Die Stärke eines Erdbebens wird im Regelfall mit der **Momenten-Magnituden-Skala** oder der **Richter-Skala** beschrieben. Insbesondere in den Medien wird meist die Richter-Skala verwendet. Dabei handelt es sich um eine logarithmische Skala: Ein Punkt auf der Richterskala bedeutet etwa eine Verzehnfachung der Stärke des Erdbebens. Deshalb ist ein Beben der Stärke 7 zehnmal stärker als ein Beben der Stärke 6. Die Stärke eines Erdbebens sagt aber nicht direkt etwas über die Zerstörung aus. Dazu wird häufig die sogenannte modifizierte Mercalliskala verwendet.

Die einzelnen Stufen der Modifizierten **Mercalliskala** sind:

Stufe	Intensität	Beschreibung der Zerstörung
I	unmerklich	nur von Seismometern registrierbar
II	sehr leicht	vereinzelt spürbar (obere Geschosse von Hochhäusern), wird vereinzelt von ruhenden Personen wahrgenommen
III	leicht	nur von wenigen Personen, vor allem ruhenden Personen, deutlich zu spüren
IV	mäßig	von vielen bis zu einem Umkreis von 30 km wahrnehmbar, Geschirr und Fensterscheiben klirren, Schlafende können erwachen, normalerweise keine Schäden an Bauwerken
V	ziemlich stark	hängende Gegenstände pendeln, Türen schlagen, Fensterscheiben können oft zerspringen, Bäume und Masten beginnen zu schwanken, viele schlafende Menschen erwachen
VI	stark	leichte Schäden an Gebäuden, feine Risse im Putz, schwere Möbel können sich verschieben
VII	sehr stark	Menschen verlassen ihre Häuser oder geraten in Panik, Risse im Putz, kleine bis mittlere Spalten in Wänden, Mauerwerk und Schornsteinen, Kamine und schwaches Mauerwerk sowie Gebäude in Leichtbauweise können einstürzen

Stufe	Intensität	Beschreibung der Zerstörung
VIII	zerstörend	große Spalten im Mauerwerk, Giebelteile und Dachgesimse stürzen ein, auch sehr stabile Gebäude können beschädigt werden, Felsen können einstürzen, Hänge abrutschen
IX	verwüstend	allgemeine Gebäudezerstörungen, Fundamente verschieben sich, verbreitet Erdrutsche, im Erdboden werden Risse sichtbar
X	vernichtend	Einstürze von sehr vielen Bauten, Dämme und Deiche werden beschädigt, Bahnschienen werden verbogen, allgemeine Zerstörungen, Spalten im Boden bis zu einem Meter Breite
XI	Katastrophe	viele Spalten im Boden, fast alle Gebäude werden zerstört, viele Straßen nahezu unpassierbar, Erdrutsche in den Bergen, Landschaftsveränderungen sind möglich
XII	große Katastrophe	starke Veränderungen an der Erdoberfläche, fast alle Gebäude werden zerstört

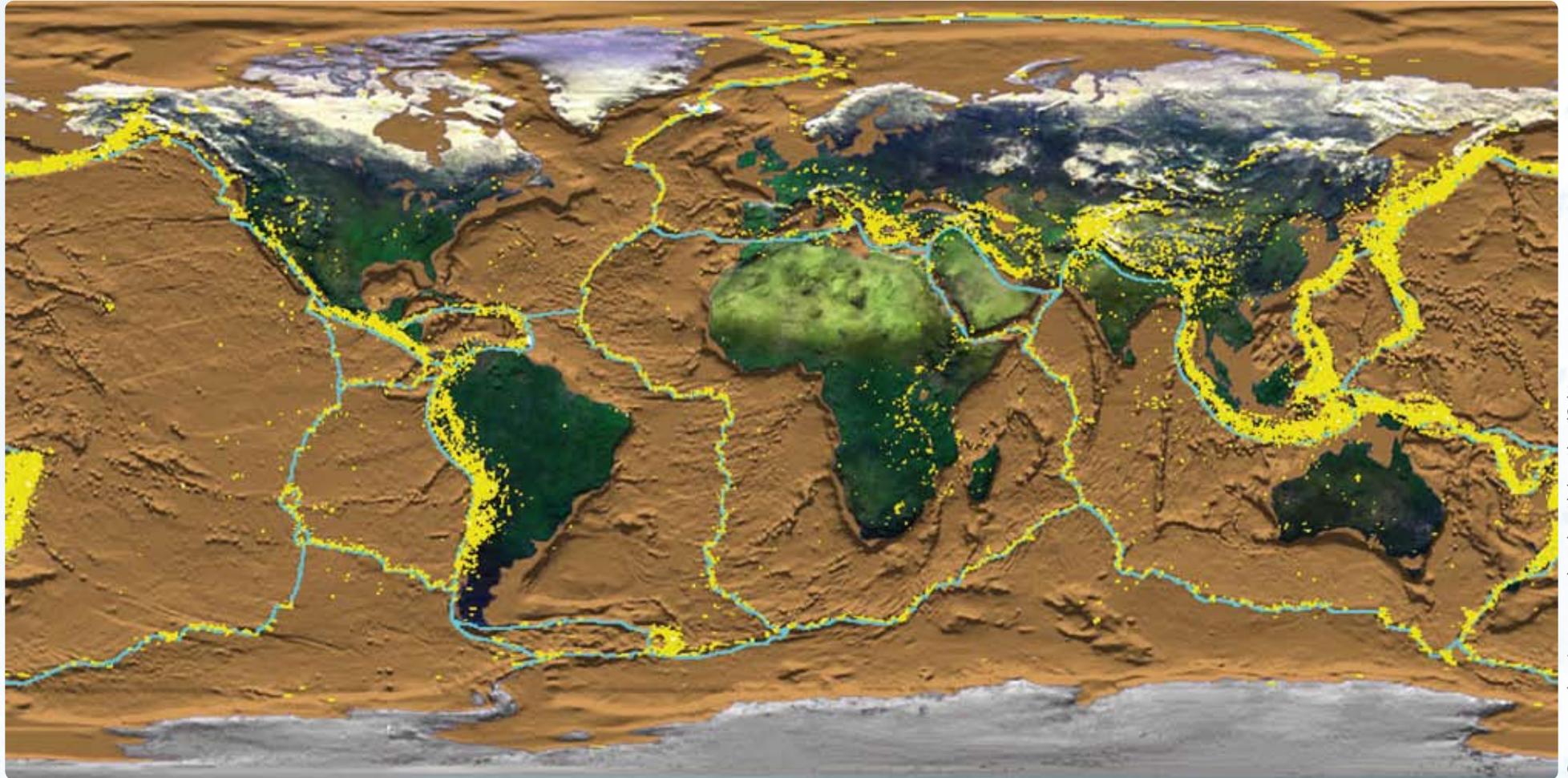


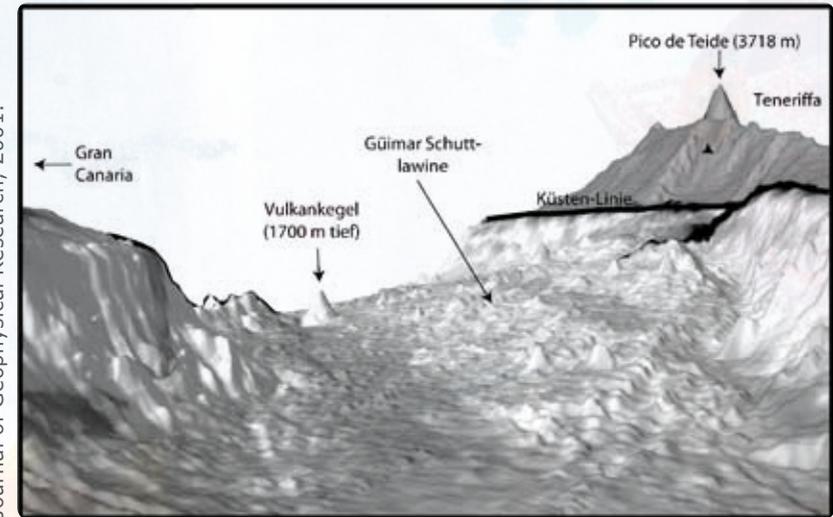
Abbildung 4: Die gelben Punkte zeigen Erdbeben mit einer Magnitude  $> 4.5$  im Zeitraum 1980-1995.

## HANGRUTSCHUNGEN

Rutschungen an Land sind weit verbreitet und treten in verschiedenen Formen und Skalen auf. Im kleinen Maßstab kann man sie häufig an Straßen-Böschungen beobachten, es gibt Bergstürze in den Alpen und anderen Gebirgen sowie riesige Erdrutsche, die ganze Dörfer begraben können. Steile Hänge gibt es auch in den Tiefen der Ozeane, und dort treten ebenfalls Hangrutschungen auf. An allen Kontinentalhängen und auf den Flanken von vielen Ozeaninseln wurden zahlreiche Hangrutschungen identifiziert (s. Abb. 5). Die Größe dieser Hangrutschungen unter Wasser variiert, wie an Land auch, sehr stark; generell sind Hangrutschungen in den Ozeanen aber deutlich größer als an Land. Hangrutschungen haben eine große Bedeutung für die Entwicklung von Kontinentalhängen und stellen eine Naturgefahr dar. Einerseits können sie Infrastruktur auf dem Meeresboden, wie Kabel und Ölplattformen, zerstören. Weiterhin können untermeerische (submarine) Hangrutschungen (wie Erdbeben auch) Tsunamis auslösen. Aktuelle Untersuchungen gehen davon aus, dass ca. 25 Prozent aller Tsunamis durch submarine Hangrutschungen ausgelöst werden.

Eine extrem große Rutschung an einem Kontinentalrand ereignete sich vor ca. 8.000 Jahren vor Norwegen, die unter den Namen Storegga-Rutschung bekannt ist. Ein Gebiet von der Größe Islands rutschte bis zu 800 Meter den Hang hinunter. Funde an Land belegen, dass diese Rutschung eine 10 bis 30 Meter hohe Tsunami-Welle ausgelöst hat. Betroffen waren vor allem die norwegisch Küste, aber auch die britische Küste und die Shetland-Inseln.

© Krastel et al.,  
Journal of Geophysical Research, 2001.



**Abbildung 5:** Submarine Schuttlawine auf der Flanke von Teneriffa (Kanarische Inseln). Das Volumen dieser Schuttlawine würde Schleswig-Holstein mit einer acht Meter mächtigen Geröllschicht bedecken.

Damit Hangrutschungen auftreten, müssen potentiell instabile Sedimente auf dem Hang vorhanden sein. Werden schnell große Mengen Sediment abgelagert, haben sie wenig Zeit, sich zu verfestigen und sind daher instabil. Aber auch die Sedimentzusammensetzung ist von entscheidender Bedeutung. Insbesondere Tonlagen können mechanische schwache Lagen darstellen, an denen Hänge bevorzugt abrutschen. Ein Hang fängt an zu rutschen, sobald die Hangabtriebskraft die mechanische Festigkeit des Materials übersteigt. Die Festigkeit des Materials kann z.B. in kurzer Zeit durch Erdbeben herabgesetzt werden, die vermutlich den wichtigsten Auslöser von Hangrutschungen darstellen.

## WIE ERHÄLT MAN ALS WISSENSCHAFTLER INFORMATIONEN ÜBER HANGRUTSCHUNGEN?

Um die Prozesse besser zu verstehen, werden Forschungsexpeditionen in verschiedene Gebiete der Weltmeere durchgeführt. Die neuesten Ergebnisse sind auf der letzten Expedition gewonnen worden. Auf dieser vierwöchigen Reise mit dem Forschungsschiff METEOR im Mai/Juni 2009 wurde unter der Fahrtleitung von Prof. Dr. Sebastian Krastel die Flussmündung des Rio de la Plata zwischen Uruguay und Argentinien und ein Gebiet im Südwestatlantik untersucht. Dabei wurden Sedimente (Ablagerungen) am Meeresboden beprobt, die Aufschluss darüber geben, wie Schlamm, Muschelreste oder Steine den rund 500 Kilometer langen Weg von der Küste über den Schelf bis in die Tiefsee zurücklegen. Daraus können Rückschlüsse gezogen werden, wann Hänge instabil und Hangrutschungen ausgelöst werden. Für die Untersuchungen werden spezielle Echolotsysteme und ein seismisches System eingesetzt. Die Echolote bilden den Meeresboden selbst und die ersten 20 bis 30 Meter unterhalb des Meeresbodens ab. Mit den seismischen Systemen können Strukturen bis rund 1.000 Meter unterhalb des Meeresbodens in hoher Auflösung untersucht werden. Auf Grundlage dieser Daten werden dann mit bis zu 18 Meter langen Rohren Bohrkerne aus dem Meeresboden ausgestanzt, die von Geologen, Geotechnikern und Geochemikern in den Heimatlaboren untersucht werden. Dazu werden die Bohrkerne aufgeschnitten (der Geologe spricht vom „Kerneschlachten“) und Zentimeter für Zentimeter genau analysiert.



Abbildung 6: Arbeiten auf dem Forschungsschiff „Meteor“ bei schwerer See.

## TSUNAMIS

Tsunamis entstehen durch massive Wasserbewegung oder -verdrängung, ausgelöst durch Erdbeben, Hangrutschungen, Meteoriteneinschläge, oder Vulkanausbrüche. Insbesondere bei Erdbeben kommt es häufig zu plötzlichen Hebungen oder Senkungen des Meeresbodens. Dadurch gerät die gesamte Wassersäule oberhalb in Bewegung. Während Tsunamis auf dem Ozean sehr klein sind, türmen sie sich zu riesigen Wellen an den Küsten auf. Daher stammt auch der Begriff Tsunami. Er bedeutet Hafenvelle und ist von japanischen Fischern geprägt worden, die vom Fischfang zurückkehrten und im Hafen alles verwüstet vorfanden, obwohl sie auf offener See keine großen Wellen beobachtet haben.

Tsunamis können bis zu 950 km/h schnell und an der Küste über 30 Meter hoch werden. Anders als Sturmwellen dringen sie weit ins Landesinnere ein und können dabei ganze Küstenstreifen verwüsten.

Windwellen kommen und gehen ohne höhere Gebiete zu überfluten.



Tsunamis rollen schnell als eine Wasserwand über das Land.



© www.ess.washington.edu

**Abbildung 7:** Tsunamis sind oft nicht höher als normale Windwellen, aber sie sind viel gefährlicher. Im Unterschied zu Windwellen dringen Tsunamis weit ins Landesinnere ein. Auch ein Tsunami der klein aussieht, kann gefährlich sein.

Am **26. Dezember 2004** löste ein Erdbeben der Stärke 9,3 einen **Tsunami im Indischen Ozean vor Sumatra** aus, der 4500 Kilometer weit raste. Er wurde zu einer Jahrhundertkatastrophe, denn er tötete über 200.000 Menschen.

Falls man sich in einem Gefahrengebiet befindet, gibt es einige sehr einfache Ratschläge: Wenn man an der Meeresküste starke Erdstöße spürt oder schwache Erdstöße von mehr als fünf Sekunden (von einem weiter entfernten Beben), sollte man sich so schnell wie möglich vom Ufer entfernen und so hoch wie möglich laufen. Genauso sollte man reagieren, wenn sich das Meer plötzlich ungewöhnlich weit zurückzieht.



**Abbildung 8:** Die Stadt Banda Aceh (Indonesien) vor (oben) und nach (unten) dem Tsunami im Jahr 2004. Die nördlichen Stadtteile wurden fast vollständig zerstört.



© DigitalGlobe

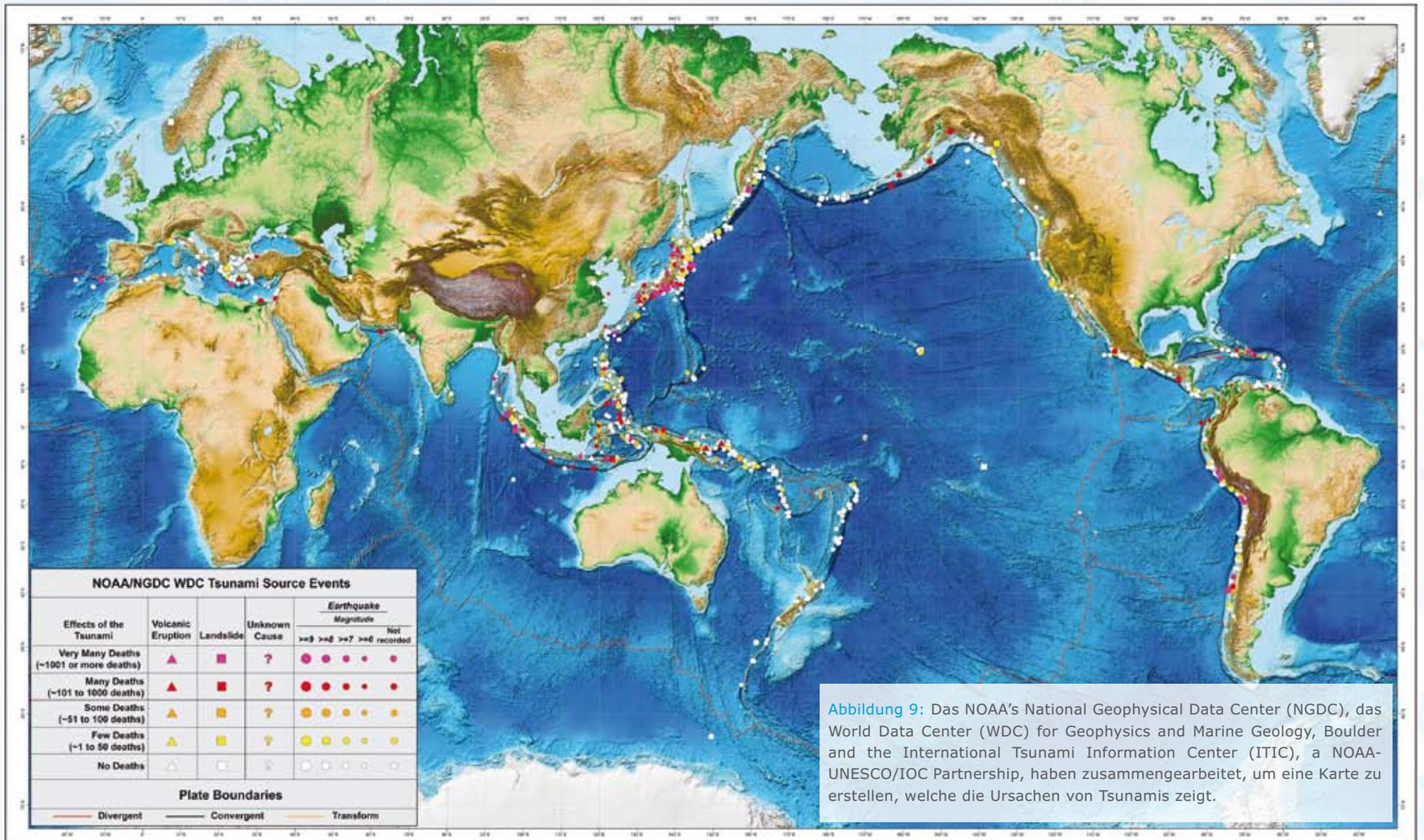


Abbildung 9: Das NOAA's National Geophysical Data Center (NGDC), das World Data Center (WDC) for Geophysics and Marine Geology, Boulder and the International Tsunami Information Center (ITIC), a NOAA-UNESCO/IOC Partnership, haben zusammengearbeitet, um eine Karte zu erstellen, welche die Ursachen von Tsunamis zeigt.

## IST AUCH SCHLESWIG-HOLSTEIN VON DEN GEFAHREN AUS DEM MEER BETROFFEN?

Die Mechanismen, die katastrophale Flutwellen auslösen, können im Prinzip überall auf der Erde wirksam werden. Aber können Tsunamis oder Erdbeben auch in Schleswig-Holstein vorkommen? Große Erdbeben gibt es in Norddeutschland nicht, da alle Plattengrenzen weit entfernt sind. Für das Auftreten von großen Hangrutschungen sind die Nord- und Ostsee zu flach. Daher könnten uns nur Tsunamis treffen, die in großer Entfernung zu unseren Küsten entstehen. Das verhindert jedoch die flache und sehr breite Nordsee. Sollte zum Beispiel ein Tsunami an der Küste Norwegens durch eine Hangrutschung entstehen, läuft sich die Tsunamiwelle in der Nordsee tot, bevor sie die Küste Schleswig-Holsteins erreicht. Die einzig große Gefahr aus dem Meer sind für Schleswig-Holstein die Sturmfluten.

## WIE WIRD MAN GEOWISSENSCHAFTLER ODER GEOWISSENSCHAFTLERIN UND WELCHE VORAUSSETZUNGEN GIBT ES?

Entscheidend ist, dass man viel Interesse an der Erde und ihrer Geschichte hat. Man sollte sich auch für die komplexen Zusammenhänge interessieren, die die Erde heute gestalten und in der erdgeschichtlichen Vergangenheit gestaltet haben. Von Vorteil ist ein gutes räumliches Vorstellungsvermögen und Begeisterung für die Feldarbeit, d.h. man sollte gerne draußen sein. Als Meerese Forscher muss man seefest sein, da viele Proben vom Schiff aus genommen werden. Die meisten Geowissenschaftler/innen arbeiten aber an Land.

In den weiterführenden Schulen ist Interesse an den Fächern der Naturwissenschaften (Physik, Chemie, Biologie, Mathematik) und Erdkunde eine gute Grundlage für ein Studium der Geowissenschaften. Wichtig für die spätere Berufsausübung ist, dass man gut Englisch sprechen kann oder seine Fähigkeiten im Laufe der Ausbildung verbessert, denn Englisch ist die Sprache, mit der sich Forscher aus aller Welt unterhalten und ihr Wissen miteinander teilen.

## BERUFSBERATUNG GEOWISSENSCHAFTLER/GEOWISSENSCHAFTLERIN

Geowissenschaften kann man beispielsweise an der Universität Kiel studieren, die Kieler Uni hat in diesen Fächern einen sehr guten Ruf. Zulassungsvoraussetzung um an die Universität zu gehen, ist das Abitur (allgemeine Hochschulreife) oder die fachgebundene Hochschulreife. Der Studiengang der Geowissenschaften für den ersten Abschluss (= Bachelor) besteht aus vier Teilen: den mathematisch-naturwissenschaftlichen

Grundlagen (Mathematik, Physik, Chemie und wahlweise weitere Fächer), den geowissenschaftlichen Grundlagen, zwei geowissenschaftlichen Wahlfächern und einer sechswöchigen schriftlichen Examensarbeit.

Mögliche Wahlfächer in Kiel sind:

- Hydrogeologie und Ingenieurgeologie
- Aquatische Geologie und Modellierung
- Klima und Fossilien
- Marine Umwelt
- Geophysik
- Petrologie und Geochemie
- Geomaterialien

Das Studium dauert mit einem weiteren Abschluss (dem Master) etwa fünf Jahre. Wenn man eine Doktorarbeit machen möchte, braucht man nochmal drei Jahre, arbeitet dabei aber bereits an einem Institut und verdient auch schon Geld. Während einer Doktorarbeit muss man etwas Neues herausfinden und in Fachzeitschriften veröffentlichen.



| **Prof. Dr. Sebastian Krastel,**  
Exzellenzcluster „Ozean der Zukunft“,  
Leibniz-Institut für Meereswissenschaften (IFM-GEOMAR)  
[skrastel@ifm-geomar.de](mailto:skrastel@ifm-geomar.de)

## DER KIELER EXZELLENZCLUSTER OZEAN DER ZUKUNFT

Der Kieler Exzellenzcluster „Ozean der Zukunft“ ist ein in Deutschland einmaliger Forschungsverbund von mehr als 140 Wissenschaftlern aus sechs Fakultäten der Christian-Albrechts-Universität zu Kiel, des Leibniz-Instituts für Meereswissenschaften (IFM-GEOMAR), des Instituts für Weltwirtschaft (IfW) und der Muthesius Kunsthochschule.

Ziel des interdisziplinären Verbundes aus Meeres-, Geo- und Wirtschaftswissenschaftlern sowie Medizinern, Mathematikern, Juristen und Gesellschaftswissenschaftlern ist es, den Ozean- und Klimawandel gemeinsam zu erforschen, die Risiken und Chancen neu zu bewerten und ein weltweit nachhaltiges Management der Ozeane und mariner Ressourcen zu ermöglichen. Der Exzellenzcluster „Ozean der Zukunft“ wird im Rahmen der Exzellenzinitiative von der deutschen Forschungsgemeinschaft im Auftrag von Bund und Ländern gefördert.

Weitere Informationen unter: [www.ozean-der-zukunft.de](http://www.ozean-der-zukunft.de)



Wir danken der Förde Sparkasse und ihrer Stiftung  
„200 Jahre Sparkasse Kiel“ für die freundliche Unterstützung:

1888  
1998  
200  
Stiftung 200 Jahre  
Sparkasse Kiel

 Förde  
Sparkasse

  
Der Entdecker

Kieler Nachrichten

