

GEOFOKUS



Das Seismologische Zentralobservatorium der BGR

Christian Bönнемann¹

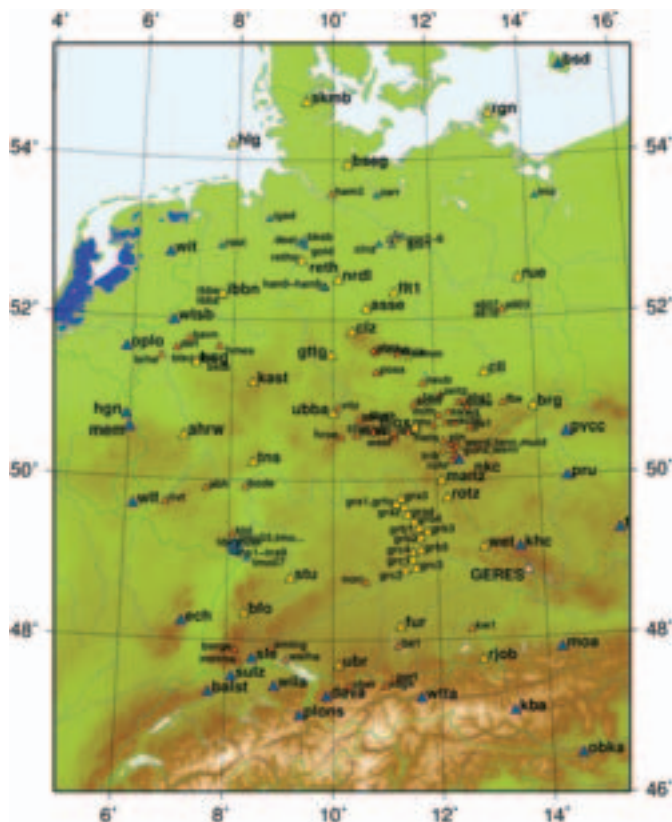
Entwicklung

Die Geschichte der Erdbebenbeobachtung durch die Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) in Hannover begann 1965. Unter ihrer damaligen Bezeichnung Bundesanstalt für Bodenforschung (BfB) übernahm sie von den USA seismische Stationen im Raum Gräfenberg, die dort 1963 aufgebaut worden waren, um vornehmlich Kernwaffentests in der Sowjetunion zu registrieren. Sie bildeten gemeinsam ein Array, das als seismische Antenne durch seine einstellbare Richtcharakteristik wesentlich gezieltere Untersuchungen ermöglichte. Diese ersten Daten wurden damals noch auf Film aufgezeichnet. 1970 schloss die BGR einen Vertrag mit der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) ab, um im Fränkischen Jura den Aufbau des Seismologischen Zentralobservatoriums Gräfenberg in Angriff zu nehmen. Zentrale und Datenzentrum wurden in Erlangen eingerichtet. Mit dem neuen Observatorium entstand das erste digitale seismische Array der Welt aus Breitbandseismometern. Kontinuierlich aufgezeichnete digitale seismische Daten sind hier ab 1976 verfügbar und können jederzeit aus dem Datenzentrum der BGR heruntergeladen werden. Diese Kontinuität ist weltweit einmalig und für die Arbeit der Seismologen von enormer Bedeutung.

Ab 1991 begann die BGR gemeinsam mit deutschen Universitäten, dem Geoforschungszentrum Potsdam und Landeserdbebendiensten das Deutsche Seismologische Regionalnetz (GRSN – German Regional Seismic Network), dessen Breitbandseismometer über ganz Deutschland verteilt sind. Mit der Auflösung der BGR-Außenstelle Erlangen wurden das Datenzentrum und die Auswertung 2008 nach Hannover verlagert und in den BGR-Fachbereich B4.3 „Seismologisches Zentralobservatorium, Kernwaffenteststopp“ integriert. Die Stationen des Gräfenberg-Arrays und des GRSN wurden zum Seismologischen Zentralobservatorium (SZO) der BGR

zusammengefasst, das gemeinsam mit den oben genannten Einrichtungen betrieben wird. Sein koordinierter Betrieb wurde 2010 in einem Memorandum of Understanding zwischen dem Forschungskollegium Physik des Erdkörpers e.V. (FKPE) und der BGR strukturiert. Der Betrieb des Seismologischen Zentralobservatoriums wird von einer Steuerungsgruppe begleitet, die je zur Hälfte aus FKPE- und BGR-Vertretern besteht. Abb. 1 gibt einen Überblick über alle Stationen, die ihre Daten kontinuierlich in das Datenzentrum des Seismologischen Zentralobservatoriums übertragen. Die gelben Dreiecke zeigen die charakteristische L-Form der 13 Breitbandstationen des Gräfenberg-Arrays (GRA1 bis GRC3), das mit einer Ausdehnung von etwa 100 Kilometern in Nord-Süd- und etwa 40 Kilometern in Ost-West-Richtung der Fränkischen Alb folgt. Die weiteren gelben Dreiecke stehen für die mittlerweile 43 Breitbandstationen des GRSN, die über ganz Deutschland verteilt sind. Das Netz wird kontinuierlich erweitert. Daneben betreibt die BGR noch Stationen für spezielle Aufgaben (grau) und Mobilstationen für zeitlich begrenzte Aufgaben (hellblau) wie die Vorerkundung für neue Standorte des GRSN. Für die Überwachung der Einhaltung des Kernwaffenteststopp-Vertrags (CTBT) werden schließlich im Bayerischen Wald (weißes Dreieck) und in der Antarktis seismische und Infraschallstationen betrieben. Eine besondere Erwähnung verdient GERESS (GERman Experimental Seismic System). Dieses sogenannte Detektionsarray wurde Ende der 1980er Jahre mit Unterstützung der USA im Bayerischen Wald errichtet, um Kernwaffentests hinter dem Eisernen Vorhang aufzudecken. Es besteht aus insgesamt 25 ringförmig angeordneten Seismometerstationen mit einem Durchmesser von 4 km. GERESS ist eine der empfindlichsten Messeinrichtungen Mitteleuropas, wurde 1997 von der BGR übernommen und ist aufgrund seiner Fähigkeit, selbst schwache seismische Signale zu entdecken, eine von 50 seis-

Abb. 1: Seismische Stationen in Mitteleuropa, die kontinuierliche Daten in das Datenzentrum des SZO übertragen (Stand Januar 2015, gelb: GRSN und GRF, hellblau: temporäre Stationen der BGR, rot: weitere feste Stationen, weiß: GERESS, grau: BGR-Stationen für spezielle Aufgaben, blau: Nachbarländer)



mischen Primärstationen des internationalen Überwachungsnetzes der CTBT-Organisation in Wien. Das Element GEC2 ist gleichzeitig GRSN-Station.

In das Datenzentrum speisen noch viele weitere Stationen ein. Verschiedene lokale und regionale seismische Netze (rote Dreiecke), die von Hochschulen und anderen Institutionen betrieben werden, nutzen das BGR-Datenzentrum mit. In die Auswertung der Erdbeben-tätigkeit Deutschlands gehen auch grenznahe Stationen (blaue Dreiecke) benachbarter Staaten ein. Aktuell (Januar 2015) senden 248 Stationen einen kontinuierlichen Datenstrom nach Hannover, so dass die Datenmenge von jetzt 21 Terabyte jeden Tag um knapp 10 GByte zunimmt. Sämtliche digital-

seismischen Daten ab 1976 sind verfügbar und für jeden Interessenten unkompliziert über das Internet abrufbar.

Bei der Registrierung von seismischen Ereignissen ist man bestrebt, möglichst alle drei Komponenten der Bodenbewegung (Vertikal, Nord-Süd, Ost-West) aufzuzeichnen. In den Anfangszeiten des Gräfenberg-Arrays benötigte man für jede Komponente ein eigenes Seismometer. Moderne Instrumente können alle drei Bewegungsrichtungen registrieren. Ein Beispiel ist das Breitband-Seismometer Streckeisen STS-2, das auch das Herzstück der Stationen des SZO darstellt (Abb. 2). Aufgrund seiner Frequenzcharakteristik ist dieses Instrument geeignet, sogar Eigenschwingungen der Erde aufzuzeichnen.



Abb. 2: Breitband-Seismometer vom Typ Streckeisen STS-2 (GRF-Array, Element C₃). Das Instrument befindet sich in einem 4,45 m tiefen Schacht. Zur besseren Ankopplung an den Untergrund steht es auf einer Platte aus Gabbro.



Abb 3: Bau des Schachtes für die GRSN-Station KAST (Kahler Asten im Sauerland), die vom Institut für Geophysik der Universität Münster und der BGR gemeinsam aufgebaut wurde. Die Betonschicht stellt eine gute Ankopplung sicher.

Um Störeinflüsse möglichst gering zu halten, werden die Instrumente in Schächten betrieben und stehen dort auf Platten aus Gabbro, die durch ihr Eigengewicht fest mit dem Untergrund verbunden sind. Die Einrichtung der GRSN-Station KAST auf dem Kahlen Asten im Sauerland zeigt exemplarisch, wie das Regionalnetz in gemeinsamen Anstrengungen von BGR und Hochschulen sowie anderen Institutionen weiter ausgebaut wird (Abb. 3). In großen Teilen Norddeutschlands sind die

Registrierbedingungen für seismische Signale sehr ungünstig, da die wenig verfestigten Sedimente keine gute Ankopplung der Messinstrumente an den Untergrund erlauben. Wenn möglich, werden Bohrlochseismometer eingesetzt, die inzwischen auch mit breitbandiger Charakteristik erhältlich sind. So wurde für den Aufbau der GRSN-Station RETH, die etwa 50 km nördlich von Hannover in der Nähe des Ortes Rethem liegt, ein 177 m tiefes Bohrloch abgeteuft (Abb. 4).

Abb. 4: Installation des Breitband-Bohrlochseismometers für die GRSN-Station KAST



In den folgenden Abschnitten soll anhand von Beispielen die Bandbreite der Arbeiten des Zentralobservatoriums aufgezeigt werden.

Erdbebenüberwachung: Seismische Aktivität Deutschlands

Ein Schwerpunkt des Seismologischen Zentralobservatoriums liegt in der Überwachung der seismischen Aktivität in Deutschland und den angrenzenden Gebieten. Während die Landes-erdbebendienste in ihren Verantwortungsbereichen auch schwache und lokale seismische Ereignisse erfassen und auswerten, befasst sich die BGR als Bundesbehörde mit dem Gesamtbild. Sie wertet alle Beben ab einer Magnitude von 2 aus und archiviert diese Ergebnisse in einem Erdbebenkatalog. Wenn man auf Grundlage des Kataloges die seismischen Ereignisse eines größeren Zeitraums als Karte darstellt, so wie in Abb. 5 für den Zeitraum 2000 bis 2013, erhält man ein aussagekräftiges Bild der seismischen Aktivität in Deutschland. Die roten Kreise geben Beben wieder, die natürliche Ursachen haben und vornehmlich durch tektonische Vorgänge bedingt sind. Im globalen Vergleich ist Deutschland ein Gebiet mit sehr geringer bis moderater natürlicher Seismizität. Auf der Karte zeichnen sich die wichtigsten Erdbebengebiete ab: Oberrheingraben, Schwäbische Alb (Hohenzollerngraben), Mittelrheintal, Niederrheinische

Bucht und das Vogtland mit seinen charakteristischen Schwarmbeben. Das stärkste Beben fand in diesem Zeitraum am 5. Dezember 2004 in Waldkirch nordöstlich von Freiburg statt und hatte die Magnitude 5,2. Beben mit einer Magnitude über 4 treten im Durchschnitt zwei bis drei Mal pro Jahr auf.

Die gelben Kreise stehen für induzierte seismische Ereignisse, die durch menschliche Aktivitäten hervorgerufen werden und in zunehmendem Maße Gegenstand von Beratung und Forschung des Seismologischen Zentralobservatoriums sind. In den Steinkohlenbergbau-Revieren des Saarlands, Ruhrgebiets und Ibbenbürens folgt die Seismizität weitestgehend der Abbaufont. Ebenso findet sich auf der Karte der Kalibergbau wieder. Zwischen Bremen und Hannover beobachtet man Erdbebenaktivitäten im Bereich von Erdgasfeldern, die im Zusammenhang mit der großräumigen Entnahme des Gases aus den Lagerstätten stehen. Die damit einhergehende Kompaktion der Speicherhorizonte führt im Umfeld zu Spannungsänderungen, die Störungen seismisch aktivieren können. Schließlich ist noch die fluidinduzierte Seismizität zu nennen, die in Deutschland bislang nur im Zusammenhang mit Anlagen der tiefen Geothermie auftrat, so etwa in der Südpfalz (Landau und Insheim). Die Zirkulation des Wassers erhöht den Druck in Poren und Klüften, was bei anliegenden tektoni-

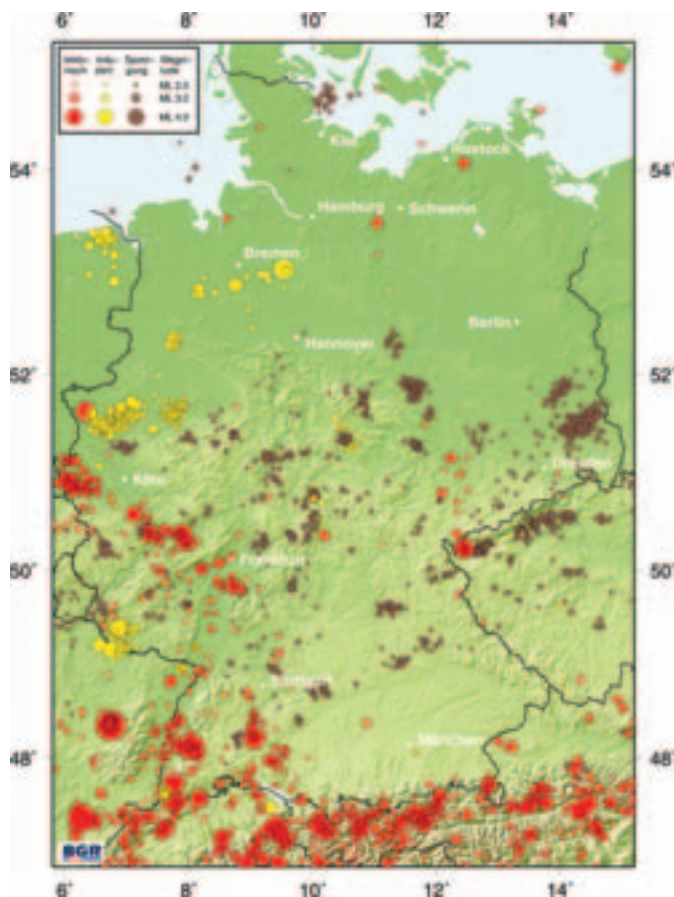


Abb. 5: Seismizität in Deutschland und angrenzenden Ländern, unterschieden nach tektonischen Ereignissen (rot), wahrscheinlich induzierten Ereignissen (gelb) und Steinbruchsprengungen (braun). Dargestellt sind alle Ereignisse ab einer Magnitude von 2,0 zwischen 1998 und 2013 (Erdbebenkatalog der BGR).

schen Spannungen zu einem seismischen Ereignis führen kann.

Die braun dargestellten Steinbruchsprengungen haben einerseits für Seismologen den Vorteil, dass aufgrund ihrer bekannten Koordinaten Untergrundmodelle zur Lokalisierung von Beben kalibriert werden können. Andererseits ist die Auswertung durch die große Anzahl mit erheblicher Mühe verbunden.

Erdbebenüberwachung: Das Tōhoku-Erdbeben vom 11. März 2011

Das Seismologische Zentralobservatorium beteiligt sich routinemäßig an der Überwachung

der globalen Erdbebenaktivität und überträgt die Auswertung seiner Messungen an internationale Datenzentren. Bei größeren Erdbeben werden die Medien informiert und entsprechende Berichte auf den Internetseiten der BGR eingestellt. Das bislang folgenreichste Erdbeben dieses Jahrzehnts fand am 11. März 2011 um 05:46 Uhr Weltzeit vor der japanischen Ostküste statt. Das Epizentrum des Tōhoku-Erdbebens lag etwa 130 km östlich der Stadt Sendai und etwa 370 km nordöstlich von Tokio. Dort schiebt sich die Pazifische Platte unter die Ochotskische Platte. Die mit 400 km sehr große Bruchlänge war verantwortlich für die Freisetzung extrem hoher Energie, was den verheerenden Tsunami

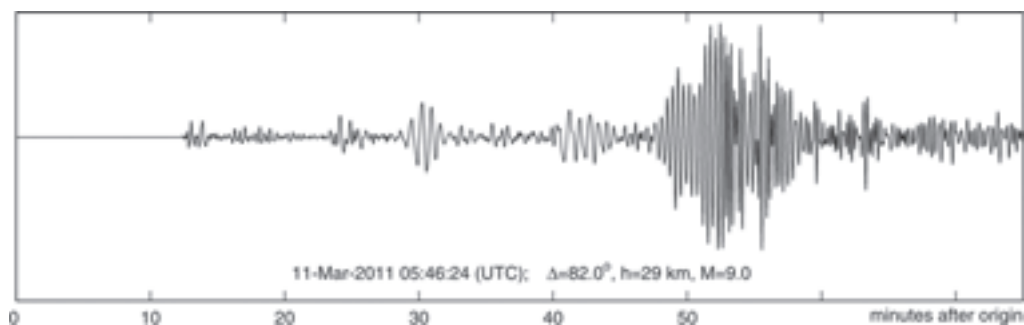


Abb. 6: Seismogramm des Tōhoku-Erdbebens vom 11. März 2011, aufgezeichnet durch die Station GEC2 im Bayerischen Wald

nach sich zog. Erdbeben und Tsunami kosteten mehr als 18.000 Menschen das Leben, verwüsteten bedeutende Teile des Küstenbereichs der Region Tōhoku und lösten die verheerende Nuklearkatastrophe am Kernkraftwerk Fukushima-Daiichi aus.

Das Beben wurde weltweit aufgezeichnet, so auch durch das Seismologische Zentralobservatorium. An dem an der GRSN-Station GEC2 aufgezeichneten Seismogramm (Abb. 6) lässt sich ablesen, dass die ersten Erdbebenwellen Deutschland ca. 12 Minuten nach dem Beben erreichten. Nach etwa 47 Minuten trafen die sogenannten Oberflächenwellen ein, die im Seismogramm durch die sehr hohen Amplituden auffallen. Diese sind bei starken Beben für den Großteil der Zerstörungen verantwortlich. Ihre Wirkung am Ort des Bebens wird dadurch deutlich, dass sie noch an der mehr als 9.000 km vom Epizentrum entfernten Station GEC2 eine Bodenbewegung von einem halben Zentimeter verursachten. Aus dem Einzelseismogramm von Abb. 6 ließ sich für die Stärke eine Magnitude 8,8 ableiten. Aus der Gesamtheit vieler Seismogramme wird von internationalen Datenzentren die sogenannte Netzmagnitude bestimmt: Das Tōhoku-Erdbeben zählt mit einer Netzmagnitude von 9,0 zu den weltweit fünf stärksten Beben, die jemals gemessen wurden. Es war so stark, dass es die Erde sogar in Eigenschwingungen versetzt hat, die mehrere Monate andauerten.

Weiterhin war sehr ungewöhnlich, dass zwei Tage vor dem Hauptbeben ein Beben der Stärke 7,3 eine Serie von Vorbeben einleitete. Allerdings können Beben dieser Art nicht als Vorwarnung eingesetzt werden, da sie an Subduktionszonen in der weit überwiegenden Zahl von Fällen ohne ein nachfolgendes stärkeres Beben auftreten.

Überwachung von Kernwaffentests

Seismische Messungen nehmen bei der Überwachung von heimlichen Nukleartests eine Schlüsselrolle ein. Daher wurde 1996 mit Unterzeichnung des CTBT durch Deutschland die BGR beauftragt, die Funktion des Nationalen Datenzentrums (NDC – National Data Centre) für die Verifikation des Vertrages wahrzunehmen. Das NDC wurde von der BGR in ihr seismologisches Datenzentrum integriert und hat zur Aufgabe, die Bundesregierung in Fragen im Zusammenhang mit Nukleartests zu beraten und die Einhaltung des CTBT zu überwachen, und bildet die Schnittstelle zur internationalen CTBT-Organisation in Wien. Im NDC werden nicht nur seismische, sondern auch die Daten der drei weiteren vertraglich vereinbarten Methoden zum Nachweis von Kernwaffentests (Infraschall, Hydroakustik und Radionuklidmessungen) archiviert. Nordkorea ist der vorerst jüngste Staat, der über Nuklearwaffen verfügt. Bisher sind drei Nukleartests bekannt geworden, die alle im glei-

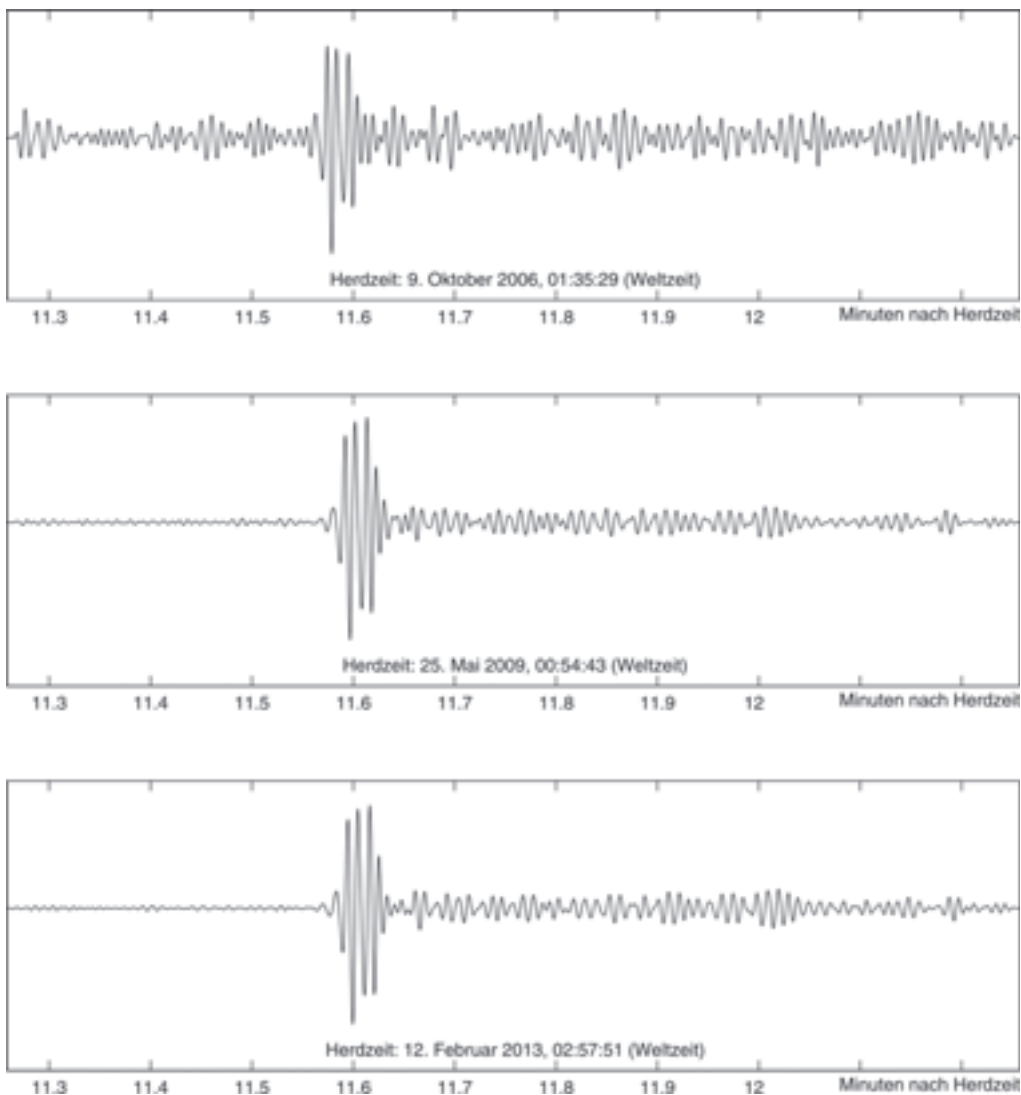
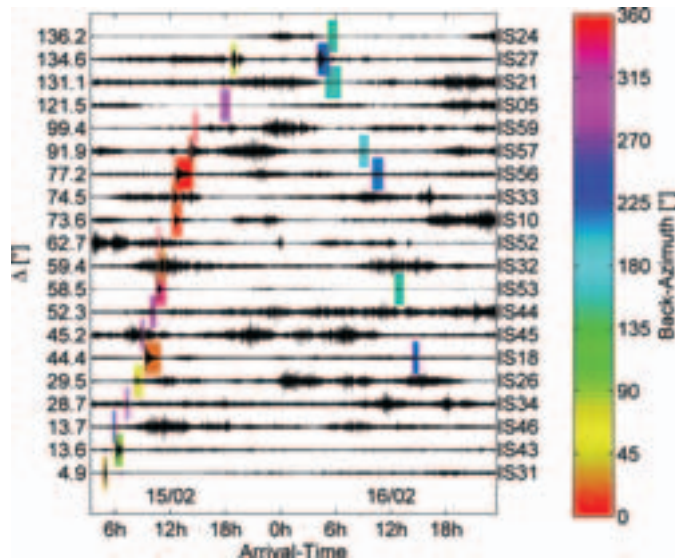


Abb. 7: Seismogramme (Kompressionswelleneinsätze) der Kernwaffentests Nordkoreas in den Jahren 2006, 2009 und 2013, aufgezeichnet durch das GERESS-Array im Bayerischen Wald

chen Gebiet in der nahe der chinesischen Grenze gelegenen Provinz Nord-Hamgyöng stattfanden. Im Rahmen seiner Aufgaben registrierte das NDC diese unterirdischen Versuchsexplosionen mit dem Detektionsarray GERESS. Im Ver-

gleich zu bedeutenden Erdbeben sind unterirdische Explosionen je nach Ladungsstärke erheblich schwächer. Daher wird mit den Seismogrammen, die mit Arrays wie GERESS aufgenommen werden, eine Summenspur berechnet, die mit

Abb. 8: Barogramme zum Einschlag des Meteors von Tscheljabinsk, aufgezeichnet mit Infraschallstationen des Überwachungsnetzes der CTBT-Organisation



einem Richtstrahl vergleichbar ist. Diese Technik wurde auch für die Aufnahme der drei Versuchsexplosionen Nordkoreas angewendet (Abb. 7). Als erstes sticht die große Ähnlichkeit der drei Seismogramme ins Auge, gerade wenn man die Aufzeichnungen für 2009 und 2013 vergleicht. Dies ist ein deutlicher Beleg dafür, dass die drei Explosionen auf dem gleichen Testgelände und dort in engster Nachbarschaft stattfanden. Während ein Erdbebenseismogramm wie in Abb. 6 durch viele verschiedene Typen von seismischen Wellen geprägt ist, treten in Abb. 7 im Wesentlichen nur die sogenannten Kompressionswellen auf, die als erste an den Messstationen ankommen. Dies ist charakteristisch für seismische Aufzeichnungen von Explosionen, bei denen im Gegensatz zu tektonischen Beben die Energie in alle Richtungen gleichermaßen freigesetzt wird.

Bei möglichen Kernwaffentests stellt sich sehr bald die Frage nach der Ladungsmenge, die zur Explosion gebracht wurde. Der Seismologe kann hier zunächst nur die Magnitude angeben, die als logarithmische Kenngröße einen Bezug zur freigesetzten seismischen Energie besitzt. Eine um eins erhöhte Magnitude entspricht einer

Energiezunahme um den Faktor 30. Aus den Seismogrammen der drei Tests wurden durch die Auswerter die Magnituden 4,1 (2006), 4,8 (2009) und 5,1 (2013) ermittelt. Unter der Annahme ähnlicher Ankopplungsbedingungen wurde bei der Explosion von 2013 gegenüber 2009 die Ladungsstärke um etwa den Faktor 2,5 erhöht. Absolutwerte in Tonnen TNT können erst angegeben werden, wenn eine gesicherte Relation vorliegt, die Ladungsstärke und Magnitude verknüpft. Dies ist für das nordkoreanische Testgelände nicht der Fall.

Auch der nukleare Charakter einer Testexplosion kann mit seismologischen Verfahren nicht nachgewiesen werden. Hier ist man auf den Nachweis von radioaktiven Edelgasisotopen wie Xenon-133 angewiesen, der mit entsprechenden Stationen des Messnetzes der CTBT-Organisation erfolgen kann, wofür aufgrund des radioaktiven Zerfalls allerdings nur wenige Wochen Zeit bleibt. Bei der letzten Testexplosion war die Verdämmung des Sprengsatzes so gut, dass keine signifikante Menge von radioaktiven Gasen in die Atmosphäre entlassen wurde. Allerdings konnten nach etwa 50 Tagen an einer japanischen Station (RN38) des CTBT-Messnetzes

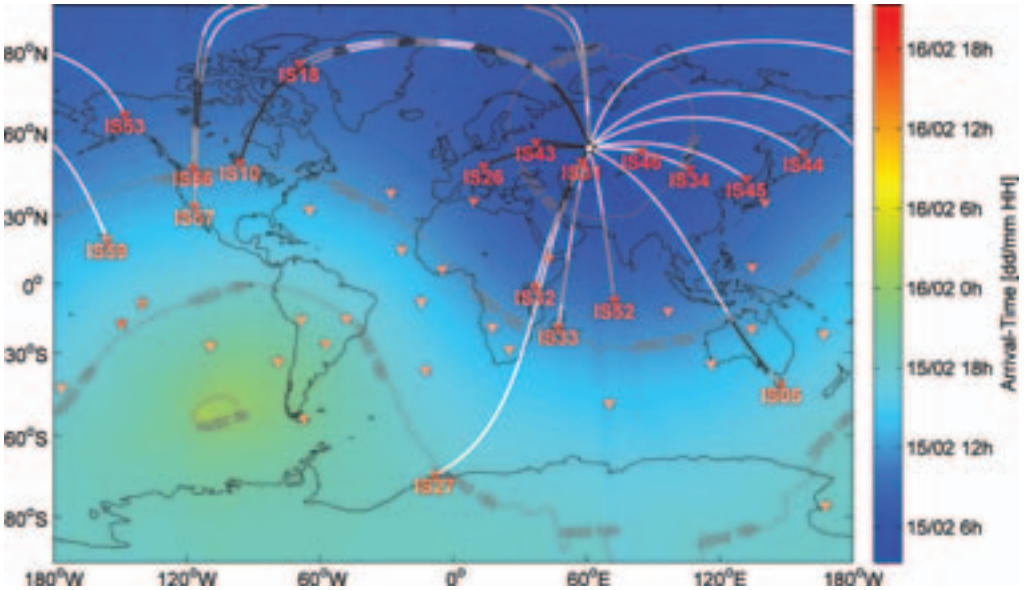


Abb. 9: Laufwege und Laufzeiten der Infraschallwellen von der Einschlagsstelle des Meteors von Tscheljabinsk zu den Stationen von Abb. 8

Xenon-Isotope nachgewiesen werden, die in Zusammenhang mit dem Tag der Explosion gebracht werden können. Offensichtlich gab es eine teilweise Öffnung der Testeinrichtung; möglicherweise wurden Messgeräte geborgen. In jedem Fall war damit der nukleare Charakter dieser Testexplosion nachgewiesen. Beim Test von 2006 war RN38 noch nicht in Betrieb. Nach zwei Wochen gab es zwar Xenonmessungen an einer kanadischen Station, ihre Aussagekraft ist aber noch strittig. 2009 war RN38 schon in Betrieb, es konnten aber keine außergewöhnlichen Xenon-Isotope nachgewiesen werden. Ein eindeutiger Indikator für den nuklearen Charakter fehlt somit.

Überwachung der Infraschall-Aktivitäten

Durch seine Aufgaben bei der Überwachung des CTBT wurde am Seismologischen Zentralobservatorium auch die Registrierung und Auswertung von Infraschallwellen etabliert. Diese akustischen Wellen breiten sich in der Atmosphäre

bis in mehr als 100 km Höhe aus und sollen für den CTBT vor allem überirdische Explosionen nachweisen. Ihr Frequenzbereich beginnt bei etwa 0,005 Hz und endet an der Hörschwelle des Menschen, die bei etwa 16 Hz liegt. Für die CTBT-Aufgaben liegt der Fokus auf dem Frequenzbereich zwischen 0,01 Hz und 5 Hz. Neben dem Nachweis von Explosionen können mittels Infraschall zahlreiche andere Phänomene untersucht werden wie Vulkanausbrüche, Meteoriteneinschläge, Dynamik der Atmosphäre, Raketenstarts oder das Durchbrechen der Schallmauer durch Flugzeuge. Hier hat sich ein neues Forschungsfeld etabliert, das sich schnell entwickelt. Die besondere Herausforderung liegt in einem Ausbreitungsmedium, das im Gegensatz zur Seismologie tages- und jahreszeitlichen Änderungen unterliegt. So ist etwa der Einfluss stratosphärischer Windfelder zu berücksichtigen, die die Ausbreitung von Infraschallwellen stark beeinflussen oder sogar unmöglich machen können.

Eine Messstation für Infraschall besteht aus mehreren Elementen wie im Titelbild gezeigt. Jedes einzelne Element besteht aus einer flächenhaften Anordnung von Aufnehmern. Diese leiten Luftdruckschwankungen zu einem Sensor weiter, der sich in der Mitte befindet. Ähnlich wie in der Seismologie werden auch hier mehrere derartige Elemente zu einem Array kombiniert, um Störsignale zu unterdrücken und eine Richtcharakteristik zu erreichen. Die von der BGR für die CTBT-Organisation betriebenen Stationen bestehen aus acht (IS26 im Bayerischen Wald) bzw. neun (IS27 an der Neumayer-Station, Antarktis) Elementen.

In den Blickpunkt der Aufmerksamkeit kam der Infraschall nach dem Einschlag eines großen Meteors nahe der russischen Stadt Tscheljabinsk am 15. Februar 2013. Seine gewaltige Explosionsstärke wurde auf 500.000 t TNT abgeschätzt, das ist ungefähr vierzig Mal so stark wie die 1945 über Hiroshima zur Explosion gebrachte Atombombe. Für die Infraschallstationen des Messnetzes der CTBT-Organisation war dies das stärkste jemals registrierte Ereignis. 21 von 45 Stationen konnten den Einschlag aufzeichnen, Abb. 8 zeigt die entsprechenden Barogramme. An manchen Stationen konnte nachgewiesen werden, dass die Infraschallwelle sogar mindestens zwei Mal die Erde umrundete, für jede Umrundung benötigte sie etwa 40 Stunden (Abb. 9).

¹ Christian Bönemann, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Hannover

Impressum

© GMIT – Geowissenschaftliche Mitteilungen
Heft 59, März 2015

GMIT ist ein deutschsprachiges Nachrichtenorgan und dient dem Berufsverband Deutscher Geowissenschaftler (BDG), der Deutschen Geophysikalischen Gesellschaft (DGG), der Deutschen Geologischen Gesellschaft – Geologische Vereinigung (DGGV), der Deutschen Mineralogischen Gesellschaft (DMG), der Deutschen Quartärvereinigung (DEUQUA), dem Oberrheinischen Geologischen Verein (OGV) und der Paläontologischen Gesellschaft (PalGes) als Nachrichtenorgan. Die Zeitschrift ist für die Mitglieder der genannten Gesellschaften bestimmt. Der Bezug des Heftes ist im Mitgliedsbeitrag enthalten.

Herausgeber: ARGE GMIT c/o BDG-Bildungsakademie, Lessenicher Straße 1, 53123 Bonn

Satz und Layout: Dipl.-Geol. U. Wutzke

Auflage: 9.500 · ISSN: 1616-3931

Redaktion: Klaus-Dieter Grevel (DMG; klaus-dieter.grevel@rub.de; *kdg.*), Michael Grinat (DGG; michael.grinat@liag-hannover.de; *mg.*), Sabine Heim (DGGV; sabine.heim@rwth-aachen.de; *sh.*), Christian Hoselmann (DEUQUA; christian.hoselmann@hlug.hessen.de; *ch.*), Hermann Rudolf Kudraß (DGGV; kudrass@gmx.de; *hrk.*), Jan-Michael Lange (DGGV; geolange@uni-leipzig.de; *jml.*), Alexander Nützel (Paläontologische Gesellschaft; a.nuetzel@lrz.uni-muenchen.de; *an.*), Birgit Terhorst (DEUQUA; birgit.terhorst@uni-wuerzburg.de; *bt.*), Eckhard Villinger (OGV; eckhard.villinger@t-online.de; *ev.*), Hans-Jürgen Weyer (BDG; BDG@geoberuf.de; *hju.*), Ulrich Wutzke (*uw.*).

Die Redaktion macht darauf aufmerksam, dass die unter einem Namen oder einem Namenszeichen erscheinenden Artikel persönliche Meinungen und Ansichten enthalten können, die nicht mit der Meinung und Ansicht der Herausgeber übereinstimmen müssen. Für den Inhalt der Artikel sind die Autoren verantwortlich. Die Autoren erklären gegenüber der Redaktion, dass sie über die Vervielfältigungsrechte aller ihrer Fotos und Illustrationen verfügen und übertragen diese sowohl für die Print- wie für die Online-Ausgabe an GMIT.

Bitte senden Sie Beiträge – am besten per E-Mail mit angehängten Windows-lesbaren Formaten – nur an einen der GMIT-Redakteure (Adressen in diesem Heft). Textbeiträge sind deutschsprachig. Beachten Sie bitte die Autorenhinweise, die in diesem Heft publiziert sind.

Einsender erklären sich mit der redaktionellen Bearbeitung und eventuellen Kürzung ihrer Zuschrift einverstanden und treten die Rechte an die Herausgeber ab. Für unverlangt eingereichte Einsendungen übernimmt die Redaktion keine Verantwortung. Eingesandte Fotos und sonstige Unterlagen werden nur auf ausdrücklichen Wunsch zurückgesendet.

Angaben zu Preisen, Terminen usw. erfolgen ohne Gewähr.

GMIT Nr. 60 erscheint im Juni 2015. Redaktionsschluss ist der 15. April 2015. Anzeigenschluss ist der 30. April 2015. Auskunft erteilt die BDG-Geschäftsstelle, Lessenicher Straße 1, 53123 Bonn; Tel.: 0228/696601, Fax: 0228/696603; E-Mail: BDG@geoberuf.de; Internet: www.geoberuf.de.

Personenbezogene Angaben der Mitglieder werden zum Zwecke der Mitgliederverwaltung und des Versandes von GMIT gespeichert. Die Datei zum Versand von GMIT wurde aus verschiedenen Einzeldateien zusammengesetzt. Bei unterschiedlicher Schreibweise oder verschiedenen Anschriften (z.B. Dienst- und Privatschrift) kann es vorkommen, dass ein Mitglied das Heft doppelt erhält. Für entsprechende Hinweise ist die Redaktion dankbar. Die Redaktion dankt den Inserenten und bittet die Leser, diese zu berücksichtigen.