

**DAS GEO-
DYNAMISCHE
OBSERVATORIUM
MOXA**

DAS GEODYNAMISCHE OBSERVATORIUM MOXA

Thomas Jahr, Gerhard Jentzsch, Uwe Walzer

Das Geodynamische Observatorium Moxa gehört zur Friedrich-Schiller-Universität Jena und ist dem Lehrbereich für Allgemeine Geophysik (Frau Prof. Dr. Nina Kukowski) am Institut für Geowissenschaften angegliedert. Das Observatorium (Abb. 14 – 18) liegt etwa 30 km Luftlinie südlich von Jena am Rand des Thüringer Schiefergebirges nahe der kleinen Ortschaft Moxa bei Pößneck.



Abb. 14 – 18 Außenansichten des Geodynamischen Observatoriums Moxa (oben) und einige Eindrücke zu den Registrierräumen und dem Stollen (unten).

ZUR ENTWICKLUNG DER SEISMOLOGIE IN JENA

Jentzsch (2004) hat die bisherigen Publikationen zur Entwicklung der Seismologie in Jena zusammengefasst und ergänzt. Demnach gab es am Ende des 19. Jahrhunderts in Deutschland mehrere Orte, an denen seismologische Arbeiten stattfanden. Zu nennen sind Göttingen (Entwicklung des Wiechert–Seismographen sowie theoretische Untersuchungen zur Auswertung von Laufzeitkurven), Straßburg (Bau von Seismometern), Potsdam (erste Fernregistrierung eines Erdbebens aus Japan) sowie Jena. Motivierend für die Entwicklung in Jena wirkten sowohl das Beben von Yokohama, das 1889 von Rebeur-Paschwitz in Potsdam aufgezeichnet worden war, als auch das große Mitteldeutsche Erdbeben, das am 6. März 1872 bei Gera/Ronneburg auftrat und ganz Deutschland erschütterte. Da war das Interesse geweckt, und man ging an die Konstruktion eines eigenen seismischen Sensors. Hier muss der Name Straubel genannt werden, über den soeben eine sehr lesenswerte Biographie erschienen ist (Schielicke, 2017). Die Registrierungen begannen im Mai 1900, unter anderem mit Geräten, die erfolgreich in Potsdam eingesetzt waren. Interessant ist dabei der Umstand, dass man sich nicht auf die schweren Sensoren von Wiechert konzentrierte. Die leichten Geräte, sog. Horizontalpendel, gestatteten die Registrierung sehr langperiodischer Bewegungen der Erdkruste, insbesondere durch die Wirkung

der Gezeiten. Damit waren auch die langperiodischen Oberflächenwellen erkennbar.

In der Folge hatte die seismologische Einrichtung in Jena verschiedene Namen. Bis 1923 war es die Hauptstation, die in den Räumen der Physik betrieben wurde; ab 1923 firmierte sie unter dem Namen »Reichszentrale für Erdbebenforschung«, danach »Reichsanstalt für Erdbebenkunde«. 1946 kam die Einrichtung als »Zentralinstitut für Erdbebenforschung« zur Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin. In der kurzen Zeit der Leitung durch Otto Meißer wurde der Name »Institut für Geodynamik« eingeführt und von 1969 bis 1992 gehörte die Einrichtung zum Zentralinstitut Physik der Erde in Potsdam (ZIPE).

Nach dem ersten Weltkrieg wurden die Mitarbeiter der Kaiserlichen Hauptstation für Erdbebenforschung aus Straßburg ausgewiesen, und so kamen Oskar Hecker und August Sieberg nach Jena. Sieberg konzentrierte sich auf die Untersuchungen zur Intensität von Erdbeben, also der Erschütterung an einem bestimmten Ort (im Gegensatz zur Magnitude, die Auskunft über die freigesetzte Energie im Bebenherd gibt). Zusammen mit anderen Wissenschaftlern (G. Mercalli und A. Cancani) entwickelte er die zwölfstufige MCS-Skala zur Charakterisierung der Erschütterungen. Diese wurde später zur MSK-Skala (Medwedew-Sponheuer-Karnik) erweitert, die heute noch in etwas general-

lerer Form als EMS – Europäische Makro-seismische Skala – immer noch aktuell ist. Sponheuer arbeitete ebenfalls in Jena und leitete von 1961 bis 1964 das Institut.

Sieberg erforschte die Intensitäten von Beben nicht nur in Deutschland, sondern auch im gesamten Mittelmeerraum und schloss dabei auch vulkanische und lokale Ereignisse wie z.B. Erdfälle ein. Zudem führte er umfangreiche Laborversuche durch, um die Auswirkungen von Erschütterungen auf Gebäude zu studieren und Hinweise für die Verbesserung der Standfestigkeit zu geben.

Im Jahre 1992 wurde die Arbeitsrichtung Geophysik an der Universität Jena etabliert (Prof. Uwe Walzer: Geophysik, Forschungsrichtung Geodynamik) und weiterentwickelt, bis im Jahr 1996 zwei Professuren den gesamten Themenbereich der Geophysik abdeckten. Neben der Seismologie ging es auch um langperiodische Phänomene, den Vulkanismus sowie die numerische Modellierung der thermischen und chemischen Evolution des Erdmantels, der Entstehung der Lithosphärenplatten auf der Kugelschale und die Entwicklung der Kontinente (www.geodyn.uni-jena.de). Die Angewandte Geophysik (Prof. Gerhard Jentsch) beteiligte sich an der Entwicklung von Suchverfahren zur Ermittlung eines Standortes für eine untertägige Deponie für nukleare Abfälle (AKEnd und Endlager-Kommission des Umweltministeriums).

ZUR GESCHICHTE DES OBSERVATORIUMS

Seismische Registrierungen gab es in Jena ab 1900. Auch die in Jena gegründete Reichsanstalt für Erdbebenforschung beobachtete die Beben *innerhalb* Jenas. Es ist das Verdienst von Gerhard Krumbach, dass das Institut nach 1946 weiterentwickelt wurde und das moderne Gebäude am Burgweg 11 gebaut und 1956 bezogen werden konnte. Sein Nachfolger, Hans Martin, unternahm erste Voruntersuchungen für einen neuen Standort für die Seismometer, denn die Bodenunruhe in Jena war zu einem zu großen Störfaktor in den Beobachtungen geworden. Das neue Observatorium sollte gut von Jena aus zu erreichen sein, eine möglichst homogene Geologie aufweisen und im Umkreis von 10 km frei von größeren Straßen, Industrien und Ansiedlungen sein. Diese Kriterien waren für ein kleines Tal in der Nähe der Ortschaft Moxa, das Tal der Silberleite, erfüllt. Um eine höhere Umgebungsstabilität für die Instrumente zu erreichen, wurde das Observatorium teilweise in einen Berg hinein gebaut. Nach mehrjähriger Bauzeit nahm die seismologische Station am 01. Januar 1964 offiziell ihren Betrieb auf.

Die seismologische Station wurde im Wesentlichen 1960 bis 1963 unter Führung von Christian Teupser aufgebaut und 25 Jahre lang wissenschaftlich geleitet. Die meisten dort eingesetzten zuverlässigen Seismometer wurden von ihm entwickelt. Später kamen

auch einige von Erhard Unterreitmeier entwickelte und fremde Geräte hinzu. Langjähriger Stationsleiter vor Ort war Klaus-Dieter Klinge. Über seine Arbeiten wurde in Klinge und Teupser (1988) berichtet.

Von 1964 bis zur politischen Wende 1989/90 lag die Hauptaufgabe der Station in der Aufzeichnung, Meldung und Auswertung von seismischen Ereignissen. Daneben wurden in Jena entwickelte Seismometer in Moxa getestet und im Dauerbetrieb eingesetzt.

DAS OBSERVATORIUM WÄHREND UND NACH DER POLITISCHEN WENDEZEIT

Es ist keineswegs selbstverständlich, dass die Station Moxa heute noch zum Institut für Geowissenschaften Jena gehört. In der unmittelbaren Nachwendezeit gab es fünfmal ernsthafte Gefahren: Dreimal versuchten Firmen, nahe Moxa Steinbrüche anzulegen; einer dieser geplanten Steinbrüche hätte nur 1,9 km von der Station entfernt gelegen. Dem damaligen Vorsitzenden der Kommission Geophysik, Prof. Uwe Walzer, gelang es, in Zusammenarbeit mit dem Erfurter Ministerium und dem Oberbergamt diese Gefahren abzuwenden. Ferner versuchte die ZIPE-Leitung Potsdam, die Station von der Universität Jena zu übernehmen, was ebenfalls durch die Landesregierung in Erfurt verhindert werden konnte. Der fünfte Vorfall kam sehr unerwartet. Wie von Lützner, Heide und Walzer (dieses Heft)

beschrieben, gab es im Institut unmittelbar nach der Wende drei KAI-Gruppen, die nach dem Wissenschaftler-Integrationsprogramm in die Universität eingegliedert werden sollten. Alle Wissenschaftler einschließlich der Gruppenleiter, aber auch die technischen Angestellten, konnten sich einzeln durch Antrag auf die ausgeschriebenen Stellen der Universität bewerben. Um sich auf eine Professur zu bewerben, musste man in einem zusätzlichen Antrag mit Fragebogen die Umwandlung seines Dr.sc.nat. in einen Dr.rer.nat.habil. beantragen, denn letzterer war eine unabdingbare Voraussetzung für eine Professur. Alle Anträge wurden dann durch eine Fachkommission und eine Integritätskommission getrennt beurteilt und entschieden. Selbstverständlich gehörte keiner der ehemaligen Mitglieder des Institutsteils Jena einer dieser Kommissionen an, schon deshalb, weil es ja gerade um die Aufnahme an die Universität ging.

Alle Kollegen – außer einem – stellten diese Anträge. Nach acht bis neun Monaten wurde überraschenderweise durch Zufall bekannt, dass der freiwillig ausgeschiedene Kollege bei der Erfurter Landesregierung versucht hatte, die Station Moxa von der Universität zu lösen und einen Landeserdbebendienst o.ä. zu gründen. Weder der Rektor (E. Schmutzer) noch der Prorektor für Naturwissenschaften (G. Wechsung) noch der Vorsitzende der Kommission Geophysik (U. Walzer) waren über diesen Versuch informiert.

Die seismische Station wurde nach dem damaligen Plan dem künftigen Lehrstuhl für Angewandte Geophysik zugeordnet. Bei Ausschreibung dieser Professorenstelle und der Auswahl der Bewerber war es deshalb ein besonderes Anliegen, einen Bewerber zu finden, der nicht nur hohe geophysikalische Leistungsfähigkeit, sondern auch besondere Fähigkeiten auf dem Gebiet der geophysikalischen Instrumente und ein besonderes Interesse an einem weiteren Ausbau der Station aufwies.

Nach der Berufung von Gerhard Jentzsch auf den Lehrstuhl für Angewandte Geophysik der Friedrich-Schiller-Universität konnte Moxa zwischen 1997 und 1999 zu einem geodynamischen Breitbandobservatorium mit Instrumenten, die niedrigere Frequenzen als Seismometer erfassen, ausgebaut werden. Die Berufung von Frau Prof. Nina Kukowski auf den Lehrstuhl für Allgemeine Geophysik im Jahr 2010 ermöglichte die Installation von hochmodernen Laserstrain-Komponenten parallel zu den bereits vorhandenen Quarzrohr-Strainmetern; zusätzlich finden Temperaturmessungen in neuen Bohrlöchern direkt vor dem Observatorium statt.

AUFGABEN UND ZIELE DES OBSERVATORIUMS

Die Aufgaben des Geodynamischen Observatoriums Moxa bestehen in der Erfassung, Analyse und Interpretation von Deformationen des Erdkörpers und Massenverlage-

rungen im System Erde. Das Beobachtungsspektrum reicht von der hochfrequenten Seismologie bis zu Jahresvariationen, womit die Registrierungen sowohl auf globale Fragestellungen der Grundlagenforschung als auch auf regionale und lokale geophysikalische Signale zielen. So wurden beispielsweise das große, katastrophale Tohoku-Erdbeben 2011 (Fukushima), aber auch das Erdbeben am 6. Oktober 2010 (Magnitude 3.0) bei Zeitz mit sehr hoher Qualität aufgezeichnet. Insbesondere die lokalen seismischen Ereignisse in Thüringen werden seit über 10 Jahren mit dem Thüringer Seismischen Netz (TSN), das von der Professur für Angewandte Geophysik (Prof. Dr. Ulrich Wegler) des Instituts für Geowissenschaften betrieben wird, aufgezeichnet.

Die große Bedeutung solcher Beobachtungen liegt darin, dass Ostthüringen erdbebengefährdet ist, weil immer wieder größere Erdbeben auftreten können (Abb. 19). Erinnerung sei hier an das Mitteldeutsche Erdbeben von 1872 bei Gera/Ronneburg mit einer Intensität von 7.5, bei dem es zu starken Erschütterungen und Gebäudeschäden kam und welches sich jederzeit wiederholen kann.

Das Geodynamische Observatorium Moxa zählt aufgrund der sehr geringen Bodenunruhe, aber vor allem wegen der exzellenten Registrierung von kleinsten Änderungen des Erdschwerefeldes mit dem supraleitenden Gravimeter zu den weltweit führenden Obser-

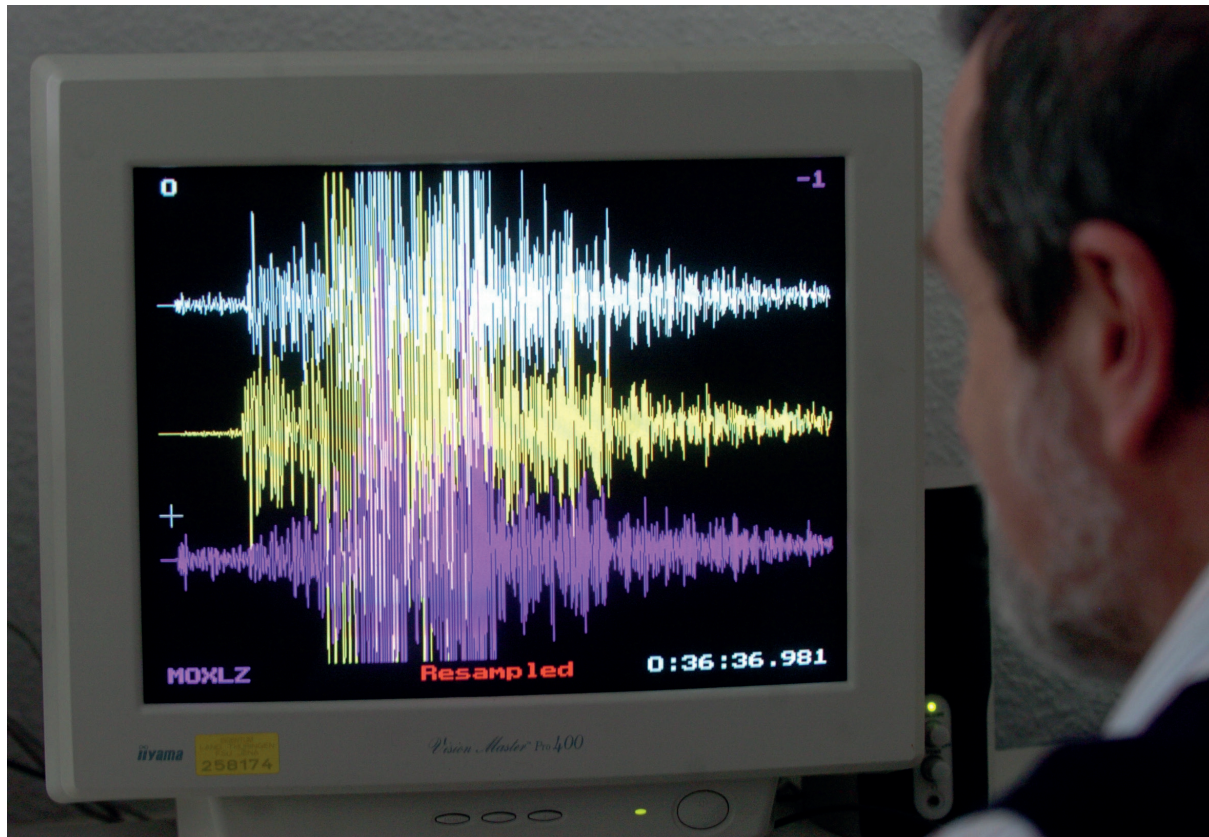


Abb. 19 Auf einem Computermonitor des Geodynamischen Observatorium Moxa der Universität Jena ist am Montag (24.01.2005) das Seismogramm des Erdbebens vom 26.12.2004 in Asien zu sehen, das den verheerenden Tsunami auslöste. Die Aktivitäten im und auf dem Erdmantel, die sich immer wieder in großen und vielen kleinen Beben bemerkbar machen, werden in einem globalen Netzwerk erfasst, in dem auch das ostthüringische Observatorium mitarbeitet.

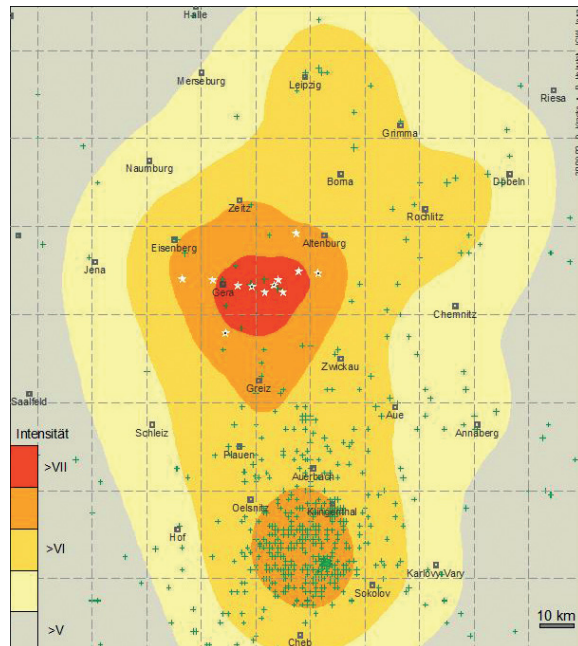


Abb. 20 Erdbebengefährdung Ostthüringens nach der Verteilung der Intensitäten, abgeleitet aus den Beobachtungen des großen Erdbebens von 1872 (weiße Sterne) sowie den Epizentren des Ostthüringen-Netzes (grüne Kreuze); aus Kracke et al. (2000).

vatorien. Hier konnten u.a. hydrologisch bedingte Massenverlagerungen im Untergrund auch im Schwerfeld nachgewiesen werden, wobei diese Untersuchungen auf sehr guten hydrologischen Modellen für Moxa beruhen.

INSTRUMENTIERUNG UND MONITORING

Neben den gravimetrischen und seismologischen Signalen (Gravimeter und

Seismometer) werden zusätzlich mit hochempfindlichen Neigungs- und Entfernungsmessgeräten (Tilt- und Strainmeter) kleinste Deformationen beobachtet. Es können beispielsweise Deformationen der Erdoberfläche, die durch einen veränderten Luftdruck (Durchzug von Tief- und Hochdruckgebieten) verursacht werden, und erhöhte Bodenunruhe, die durch Anteile stehender Meereswellen vor der norwegischen und schottischen Küste und um Island entsteht, welche am Ozeanboden einen starken mikro-seismischen Rayleighwellenanteil erzeugen, registriert werden.

Aufgrund der vorteilhaften Lage und der hervorragenden instrumentellen Ausstattung ist das Observatorium eine Station im IGETS (International Geodynamics and Earth Tide Service), im nationalen GRSN (German Regional Seismic Network) der Bundesrepublik Deutschland und im ECGN (European Combined Geodetical Network). Die Messsysteme des Observatoriums arbeiten kontinuierlich, so dass seit ca. 15 Jahren alle geodynamischen Signale in Thüringen aufgezeichnet werden (Abb. 20).

GRUNDLAGENFORSCHUNG UND AKTUELLE THEMEN

Mit der Installation eines STS2-Breitband-Seismometers im Jahr 1992 erfolgte der Anschluss der Station an das GRSN. Der Schwerpunkt der Arbeiten im Observatorium liegt bei der Grundlagenforschung: Die Inter-

pretation der beobachteten Signale zielt dabei z.B. auf den globalen Einfluss der Gezeiten auf die feste Erde, auf die Bewegung der Figuren- und Rotationsachse der Erde umeinander (Polbewegung) und auf Signale, die im Zusammenhang mit sehr großen Erdbeben (Abb. 21) beobachtet werden (Erdeigen-schwingungen). Darüber hinaus geht es auch um die Beobachtung und Interpretation von sehr kleinen, lokal verursachten Deformationen, die beispielsweise durch Änderungen in der Hydrologie in der Observatoriums-Umgebung verursacht werden können.

KOOPERATIONEN UND LEHRE

Diese lokalen Änderungen erfordern die Entwicklung neuer Messgeräte (Laser-Strainmeter) und führen damit zu Kooperationen mit der mittelständischen Industrie in Thüringen, z.B. mit der Firma SIOS aus Ilmenau. Dazu sind neue Projekte mit einem starken Praxisbezug in Vorbereitung. Das Observatorium Moxa ergänzt die in Jena angebotene geophysikalische Lehre: So werden hier nicht nur die jährlichen Anfängerübungen zur Angewandten Geophysik vorgenommen, sondern es gibt bereits ca. zehn Qualifikationsarbeiten auf allen Ebenen, die auf Beobachtungen in dem und um das Geodynamische Observatorium Moxa beruhen.

AKTUELL EINGESETZTE GEOPHYSIKALISCHE MESS-INSTRUMENTE

Zur Zeit laufende kontinuierliche Registrierungen überdecken sechs Beobachtungsgruppen:

1. Seismologische Signale werden vom 3D-Breitbandseismometer STS-2 im Rahmen des GRSN aufgezeichnet. Das in Jena entwickelte Vertikalseismometer VSJ1 registriert zusätzlich analog auf Trommelschreiber. Auch läuft ein Test zu einem neuen lasergestützten Abgriffsystem mit einem gleichfalls in Jena entwickelten Vertikalseismometer VSJ2;
2. Kleinste Änderungen im Schwerfeld werden mit dem supraleitenden Gravimeter CD-034 beobachtet.
3. Für die Neigungsmessungen sind vor dem Observatoriumsgebäude in einem 50 m und einem 100 m tiefen Bohrloch zwei ASKANIA-Bohrloch-Neigungsmesser installiert. Ein von der TU Ilmenau entwickelter neuer Neigungssensor registriert auf dem Sockel des supraleitenden Gravimeters;
4. Deformationsmessungen mit Strainmetern finden im Stollen über die Quarzrohr-Strainmeter sowie drei Komponenten über moderne Laser-Strainmeter statt. Zusätzlich wird der Vertikalstrain mit einem japanischen Strainmeter im Stollenknie beobachtet;
5. Änderungen des Temperaturverlaufs mit der Tiefe werden über Temperaturfasern in

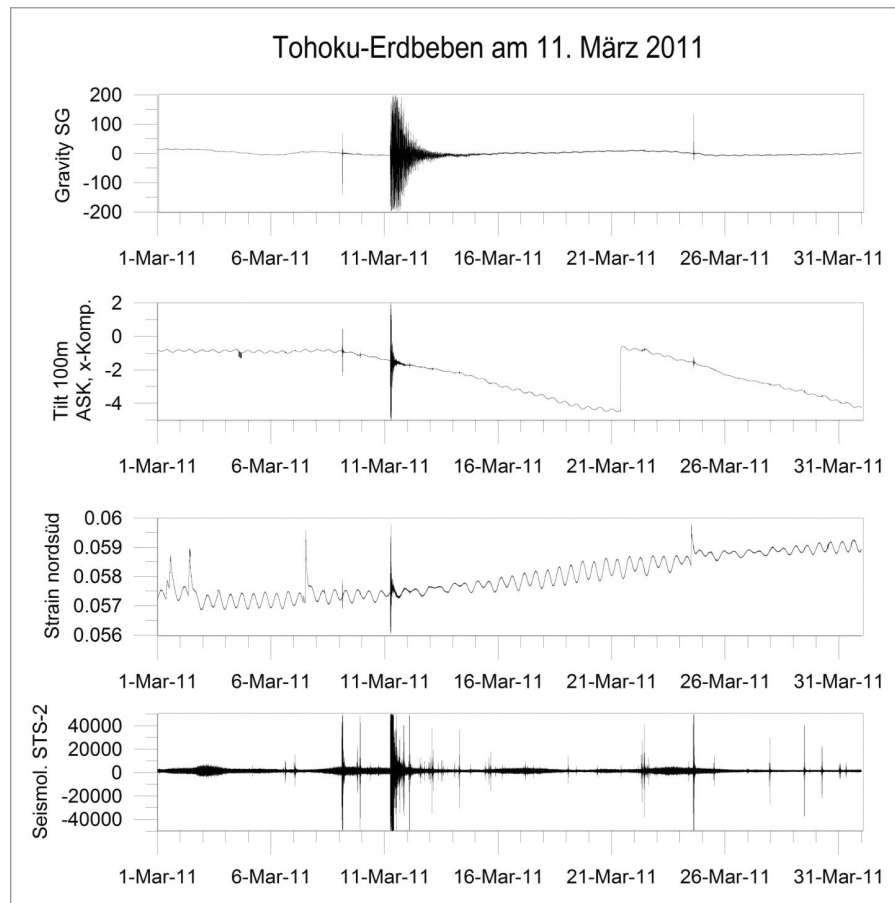
- den neuen Forschungsbohrungen kontinuierlich erfasst;
6. Wetter- und Umweltparameter, beispielsweise Grundwasserstände und Schneehöhen, werden zurzeit für 17 Kanäle mit diversen Sensoren registriert.

Diese Bestandsaufnahme zeigt, dass das Geodynamische Observatorium Moxa durch die breite und vielfältige Instrumentierung besonders geeignet ist, Korrelationen sowohl im globalen Maßstab (z.B. Gezeiten) als auch im lokalen Umfeld (z.B. Hydrologie) aufzuzeigen.

Abb. 21 Registrierungen des großen Tohoku-Erdbebens im März 2011 (Mar steht für März). Das Erdbeben verursachte einen Tsunami, der zur Fukushima-Katastrophe führte.

Dargestellt sind von unten nach oben jeweils die unkalibrierten Rohdaten:

- Die seismologische z-Komponente des Breitbandseismometers STS-2, die im 100 m tiefen Bohrloch beobachtete Neigung (tilt) und die Schwereänderung (gravity), die mit dem supraleitenden Gravimeter registriert wurde (Gezeiten- und Luftdruckreduziert).



LITERATUR

Jentzsch, G., 2004, Jena, eine Wiege der Seismologie in Deutschland. Jenaer Jahrbuch zur Technik- und Industriegeschichte, 6, 55 – 88. Glaux Verlag, Jena.

Klinge, K.-D. und Teupser, C., 1988, Fortschritte in der Observatoriumspraxis der Station Moxa. Gerlands Beiträge zur Geophysik, 97, 229 – 242.

Kracke, D., Heinrich, R., Jentzsch, G. und Kaiser, D., 2000, Seismic Hazard assessment of the East Thuringian Region / Germany – case study. Studia Geophysica et Geodaetica, 44, 537 – 548.

Schielicke, R.E., 2017, Rudolf Straubel 1864 – 1943. Verlag VOPELIUS Jena, 320 S.