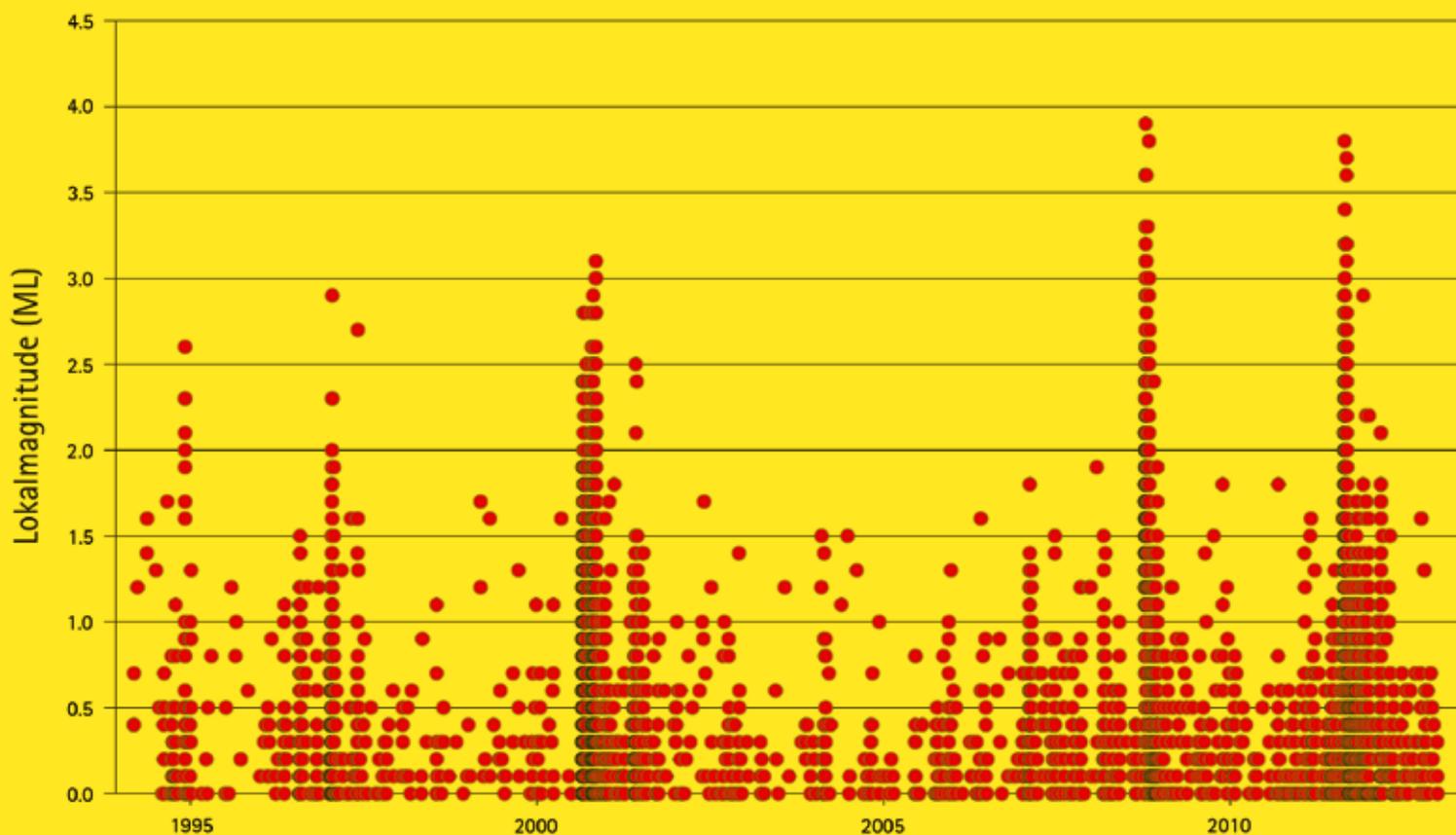




Erdbebenbeobachtung im Freistaat Sachsen

Dreijahresbericht 2010 – 2012



Inhalt

	Vorwort 2010 – 2012	01
1	Seismologische Überwachung in Sachsen	02
2	Seismische Aktivität in Mitteldeutschland (Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen) und im regionalen Umfeld	04
2.1	Seismische Aktivität in Mitteldeutschland und in der westlichen Tschechischen Republik	04
2.1.1	Erdbeben vom 6. Oktober 2010 bei Pegau	12
2.1.2	Erdbebenschwarm August bis September 2011 im Herdgebiet Nový Kostel	14
2.2	Induzierte seismische Ereignisse in Mitteldeutschland	19
2.2.1	Induzierte Seismizität in Sachsen	19
2.2.2	Induzierte Seismizität durch den Kali-/Steinsalzbergbau in Thüringen	20
2.2.3	Seismisches Ereignis vom 14. Februar 2012 bei Zappendorf (Sachsen-Anhalt)	21
2.3	Seismische Aktivität außerhalb von Sachsen	24
3	Seismologische Netze in Mitteldeutschland	27
3.1	Sachsennetz (SXNET) mit Stationen von Sachsen-Anhalt	27
3.1.1	Online-Stationsnetz (permanentes Netz)	27
3.1.2	Offline-Stationsnetz (mobiles Netz)	30
3.2	Das Thüringer Seismologische Netz (TSN)	33
4	Seismohydrologie zur Erdbebenprognose im Vogtland	37
	Begriffserklärungen	40
	Literatur	42
	Fragebogen zur Erdbebenbeobachtung	43

Vorwort

Erdbeben gehören zu den Naturereignissen, deren Auftreten durch den Menschen nicht verhindert oder vorhergesagt werden kann. Die schädigenden Auswirkungen können aber durch vorbeugende Maßnahmen reduziert werden.

Die Beobachtung und Bewertung der seismischen Aktivität ist daher von großer Bedeutung für den Schutz der Bevölkerung, aber auch von wissenschaftlichem Interesse. Wissenschaftliche Einrichtungen und staatliche Stellen arbeiten auf diesem Gebiet zusammen. In Sachsen wird die Erdbebenüberwachung durch den Seismologie-Verbund durchgeführt, in dem Universitäten mit ihren seismologischen Observatorien sowie Unternehmen und Einrichtungen, die seismologische Messungen durchführen, zusammengeschlossen sind. Da Erdbeben keine Ländergrenzen kennen, gehören dem Verbund auch die vergleichbaren Einrichtungen von Thüringen und Sachsen-Anhalt an. Um diese enge Zusammenarbeit und teilweise Arbeitsteilung zu dokumentieren, verwenden wir für die drei beteiligten Länder die Bezeichnung Mitteldeutschland. Die Koordination erfolgt durch das Sächsische Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie (LfULG).

Charakteristisch für das Vogtland, das zu den bekannten Erdbebengebieten in Deutschland gehört, ist das Auftreten von Erdbebenschwärmern in der oberen Erdkruste. Dabei folgt eine große Anzahl von Einzelbeben, die räumlich sehr nah beieinander liegen, in kurzer Zeit aufeinander. Beim letzten Erdbebenschwarm wurden vom 23. August bis zum 14. September 2011 über 10.000 Einzelbeben registriert.

Mit dieser Veröffentlichung wird die Folge der Berichte zur Erdbebenbeobachtung in Sachsen fortgesetzt. Die Broschüre informiert über die seismischen Ereignisse in Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen (Mitteldeutschland) und im Herdgebiet Nový Kostel (westliche Tschechische Republik) im Zeitraum 2010 bis 2012 sowie über die seismologischen Netze in Sachsen und Thüringen. Die Auswertungen zum Erdbebenschwarm im August/September 2011 sowie aktuelle Untersuchungen zur Seismohydrologie bilden besondere Schwerpunkte.



A handwritten signature in black ink, appearing to read 'N. Eichkorn'.

Norbert Eichkorn
Präsident des Sächsischen Landesamtes für
Umwelt, Landwirtschaft und Geologie

1 Seismologische Überwachung in Sachsen

Der Seismologie-Verbund

Die seismologische Überwachung der Bundesländer liegt in der Länderhoheit. Die Überwachung in Sachsen wird durch den **Seismologie-Verbund zur Erdbebenbeobachtung** gewährleistet. Er koordiniert die staatliche Erdbebenbeobachtung und sichert die seismologische Registrierung, führt wissenschaftliche Untersuchungen durch und informiert die staatlichen Stellen, die Medien und die Bevölkerung. Die Ergebnisse werden in Forschungsberichten, wissenschaftlichen Publikationen, Pressemitteilungen und Broschüren zusammengestellt und veröffentlicht. Das vorliegende Heft ist der 6. Bericht, in dem die Arbeitsergebnisse und für Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen (Mitteldeutschland) relevante seismische Informationen zusammengestellt sind. Betrachtet wurde der Zeitraum 2010 – 2012.

Im Seismologie-Verbund zur Erdbebenbeobachtung in Sachsen haben sich im Jahr 1996 seismologisch tätige Einrichtungen zusammengeschlossen, um die vorhandenen Erfahrungen und Kenntnisse gemeinsam zu nutzen. Dabei werden die bestehenden seismologischen Observatorien und Stationen in die Untersuchungen einbezogen. Derzeit arbeiten folgende Institutionen und Einrichtungen im Seismologie-Verbund zusammen:

- Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Standort Freiberg
- Universität Leipzig mit dem Geophysikalischen Observatorium Collm
- TU Bergakademie Freiberg mit dem Seismologischen Observatorium Berggießhübel
- Friedrich-Schiller Universität Jena mit dem Seismologischen Observatorium Moxa
- TU Dresden, Institut für Planetare Geodäsie
- Wismut GmbH
- Landestalsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen

Die Aufgaben des Seismologieverbundes

- Ausbau, Optimierung und Betrieb eines seismischen Stationsnetzes
- schnelle Bestimmung von Epizentren, Magnituden und weiteren Herdparametern bei stärkeren Ereignissen
- Vermittlung aktueller Informationen an staatliche Stellen, Medien und die Bevölkerung

- Monitoring seismisch aktiver Gebiete zur Verbesserung der Datenbasis für Risikoanalysen sowie zur Erstellung von Seismizitätskarten
- Aussagen zu standortspezifischen seismischen Risiken und ingenieurseismologische Untersuchungen
- Untersuchung von tektonisch aktiven Gebieten und Krustendeformationen

Der Schwerpunkt der seismischen Aktivität liegt im westsächsisch-ostthüringischen Raum. Ausgehend vom Vogtland verläuft die erdbebengefährdete Zone über das Gebiet von Zwickau und Gera-Ronneburg bis in den Raum von Leipzig. Dies ist auch das hauptsächliche Gebiet, in dem Messstationen online (permanent) und offline (mobil) das seismische Geschehen registrieren.

Seit 1962 wird dieser Bereich seismologisch intensiver überwacht. Aber erst im Ergebnis des starken Bebenschwarmes von 1985/86 begann die Umrüstung der bis dahin bestehenden seismischen Analogstationen auf eine digitale Basis. In den 1990er Jahren wurde mit dem Aufbau des Sachsennetzes (SXNET) und des Thüringer Netzes (TSN) eine neue Qualität der Registrierung und damit auch der Auswertung von Erdbeben erreicht. Diese Netze werden seitdem immer wieder erweitert und verbessert.

Überregionale Zusammenarbeit

Der Seismologie-Verbund Sachsen arbeitet grenzüberschreitend sowohl mit dem Landesamt für Geologie und Bergwesen in Sachsen-Anhalt, der Thüringischen Landesanstalt für Umwelt und Geologie als auch mit der Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) zusammen. Das seismologische Datenzentrum der BGR ist die zentrale Sammelstelle und das Datenarchiv der verschiedensten seismologischen Einrichtungen in Deutschland. Die BGR betreibt auch das Deutsche Regionalnetz seismologischer Breitbandstationen (GRSN). Ebenso erfolgt ein intensiver Daten- und Erfahrungsaustausch mit seismologischen Einrichtungen in Bayern und der Tschechischen Republik.

Im Rahmen dieser Zusammenarbeit insbesondere mit den Geologischen Landesämtern in Thüringen und Sachsen-Anhalt sowie den Universitäten aus Leipzig und Jena wird ein gemeinsamer Internetauftritt zur Information über Erdbeben in Mitteldeutschland eingerichtet. Federführend ist dabei die Thüringische Landesanstalt für Umwelt und Geologie. Auf dieser Internetseite werden aktuelle und ältere lokale Beben, die Tagesplots der Online-Stationen, die für die Auswertung herangezogen werden und Seismogrammausschnitte abrufbar sein. Die Stationen des Sachsennetzes (SXNET), des Thüringer Seismologischen Netzes (TSN) und weiterer angrenzender Netze werden dargestellt und erläutert. Neben den interaktiven Karten stehen weitere Informationen zur Erdbebenkunde zur Verfügung.

2 Seismische Aktivität in Mitteldeutschland (Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen) und im regionalen Umfeld

2.1 Seismische Aktivität in Mitteldeutschland und in der westlichen Tschechischen Republik

Die Magnitude

wurde 1935 von Charles Richter eingeführt. Sie wird aus der gemessenen Erschütterungsamplitude berechnet und ist ursprünglich für relativ nahe Beben definiert. Für Entfernungen bis 1.000 km wird eine sogenannte Lokalbenebmagnitude ML bestimmt. Die Magnitude steht in Beziehung zu der seismischen Energie, die bei einem Erdbeben freigesetzt wird.

Das Epizentrum

ist senkrechte Projektion der Lage des Hypozentrums auf die Erdoberfläche.

Das Hypozentrum

ist die räumliche Lage des punktförmig angenommenen Erdbebenherdes und wird mit Hilfe der Auswertungen von mindestens vier Seismogrammen bestimmt.

In den Jahren 2010 bis 2012 wurden 3.888 Nahbeben (ohne Schwarm August/September 2011 von Nový Kostel) ausgewertet, die von den Stationen des Sachsennetzes erfasst wurden. Zur Verbesserung der Lokalisierung wurden auch die Registrierungen von ausgewählten und online zur Verfügung stehenden Stationen der Netze in Thüringen, Bayern und der westlichen Tschechischen Republik herangezogen. Die Hauptaktivität konzentrierte sich auf das Epizentralgebiet von Nový Kostel (Tschechische Republik). Diesem Erdbebencluster werden 2.186 Beben (ohne Schwarm 2011) zugeordnet.

Die seismische Aktivität in West-Sachsen/Ost-Thüringen und im südlichen Sachsen-Anhalt wird dominiert vom Nový-Kostel-Schwarm im Zeitraum vom 23.08. bis 22.09.2011, in dessen Verlauf an den seismischen Stationen über 10.000 Erdbeben registriert (detektiert) wurden. Das stärkste Erdbeben hatte eine Lokalmagnitude von $ML = 3.8$ (Kap. 2.1.2). Vergleichbar starke Schwärme fanden im Dezember/Januar 1985/86, von August bis November 2000 und von Oktober bis Dezember 2008 statt. Während die Jahre 2010 und 2012 eine durchschnittliche lokale Seismizität aufweisen, stellt 2011 sowohl hinsichtlich der Nahbeben als auch im globalen Sinne ein besonders aktives Jahr dar. Bei den Fernbeben sei nur auf die Beben ab dem 11. März 2011 vor der Küste von Hondo (Japan) verwiesen (Kap. 2.1.2).

Ungeachtet dieser alles dominierenden Aktivität sollten auch die Beben im Vogtland und im sich nach Norden bis in die Region Leipzig anschließenden Bereich nicht unerwähnt bleiben.

Alle natürlichen, tektonischen Ereignisse aus Sachsen, Thüringen und Sachsen-Anhalt mit einer Lokalmagnitude $ML \geq 0.8$ (46 Beben) sind in Tab. 1 aufgeführt und in Abb. 1 mit der entsprechenden Nummer wiederzufinden. Dazu noch die induzierten Ereignisse von 14. Februar 2012 bei Zappendorf (Kap. 2.2.3) bzw. die beiden Ereignisse nordwestlich von Aue. Abb. 1 enthält zusätzlich alle weiteren Epizentren in der westlichen Tschechischen Republik ab $ML \geq 0.8$ außerhalb des Schwarmes 2011. Die Ereignisse des Schwarms sind erst ab $ML \sim 2.0$ vollständig ausgewertet. Es sind insgesamt 707 Beben dargestellt.

Eine gewisse Häufung von Beben gibt es auf einem 30 bis 40 km breiten N-S gerichteten Streifen zwischen Plauen und Leipzig im Bereich der Störungszone von Leipzig-Regensburg.

Das Ereignis vom 06. Oktober 2010 bei Pegau mit einer Magnitude von $ML = 2.9$ hebt sich deutlich heraus. Dieses Ereignis wurde von vielen Personen gefühlt (Kap. 2.1.1).

Die 704 natürlichen Erdbeben, die in Abb. 1 lagemäßig dargestellt sind, werden in Abb. 2 zeitlich in Abhängigkeit von der bestimmten Lokalmagnitude wieder gegeben. In der zeitlichen Verteilung der Lokalmagnituden sind die Herde in der Tschechischen Republik durch Dreiecke, im Vogtland durch Kreise und nördlich des Vogtlandes durch Quadrate dargestellt.

Durch die Erdbeben wird im Herd (Hypozentrum) seismische Energie freigesetzt. Der Wert dieser Energie, der abhängig von der Anzahl der Ereignisse und deren Lokalmagnitude ist, kann Abb. 3 entnommen werden. Der Zusammenhang zwischen der zeitlichen Verteilung der Lokalmagnituden und der im Herd freigesetzten aufsummierten seismischen Energie ist deutlich erkennbar. Die größte Energiefreisetzung trat im Zusammenhang mit dem Erdbebenschwarm auf. Eine Änderung der Lokalmagnitude um eine Einheit bedeutet eine um den Faktor 90 geänderte Energiefreisetzung. Das erklärt die Stufen in der Abb. 3.

Tab. 1: Seismische Ereignisse in Sachsen, Sachsen-Anhalt und Ost-Thüringen 2010 – 2012 mit Lokalmagnitude $ML \geq 0.8$

Ereignis Nr. Abb. 1 und 4	Datum	Herdzeit (UTC) h:min:s	Koordinaten geogr. Breite °N/ geogr. Länge °O	Herdtiefe km	Lokalmagnitude (ML) (Anzahl der Stationen)	Herdort
1	23.01.2010	20:16:21.5	50.265/12.299	9.4	1.7 (9)	nördlich Bad Brambach
2	24.01.2010	00:58:03.4	50.265/12.299	9.3	1.4 (9)	nördlich Bad Brambach
3	24.01.2010	01:12:00.1	50.265/12.300	9.3	0.8 (9)	nördlich Bad Brambach
4	02.02.2010	11:53:12.2	50.997/12.394	14.4	1.4 (15)	nordwestlich Altenburg
5	09.02.2010	19:19:13.1	50.614/12.142	16.6	1.9 (12)	westlich Reichenbach/V.
6	09.03.2010	11:33:00.8	50.985/12.356	17.9	1.4 (14)	westlich Altenburg
7	13.03.2010	11:14:38.9	50.670/12.341	3.6	1.5 (15)	nordöstlich Reichenbach/V.
8	07.05.2010	10:29:36.4	50.264/12.297	9.7	0.9 (8)	nördlich Bad Brambach
9	17.05.2010	18:42:57.0	50.265/12.299	9.4	0.8 (9)	nördlich Bad Brambach
10	09.09.2010	19:26:46.4	50.318/12.329	11.3	1.8 (8)	Markneukirchen
11	09.09.2010	20:04:51.2	51.278/12.568	19.4	0.8 (9)	westlich Grimma
12	06.10.2010	03:08:50.3	51.147/12.258	11.1	2.9 (15)	Pegau
13	07.10.2010	15:28:40.1	50.353/12.161	13.3	1.2 (9)	südlich Oelsnitz
14	11.11.2010	08:43:30.3	50.460/12.244	9.0	1.1 (13)	nordöstlich Oelsnitz
15	23.11.2010	02:49:16.9	50.362/12.105	9.5	1.0 (9)	südwestlich Oelsnitz
16	03.01.2011	15:39:27.0	50.415/12.262	15.4	1.4 (9)	östlich Oelsnitz
17	27.01.2011	10:48:52.7	51.160/12.150	15.3	0.8 (17)	westlich Pegau
18	25.02.2011	05:00:35.3	50.262/12.300	9.7	1.5 (9)	nördlich Bad Brambach
19	11.03.2011	22:50:40.1	50.260/12.298	9.8	1.2 (9)	nördlich Bad Brambach
20	14.03.2011	00:30:50.9	50.260/12.298	9.6	0.8 (9)	nördlich Bad Brambach
21	16.03.2011	18:56:22.1	50.259/12.296	9.7	1.2 (9)	nördlich Bad Brambach
22	18.03.2011	21:30:28.4	50.947/12.276	13.8	0.9 (13)	nordwestlich Schmölln
23	20.03.2011	14:10:18.0	50.260/12.297	9.8	1.0 (9)	nördlich Bad Brambach
24	20.03.2011	21:37:46.2	50.263/12.302	9.8	1.3 (9)	nördlich Bad Brambach
25	23.03.2011	07:04:33.5	50.260/12.301	10.0	0.9 (9)	nördlich Bad Brambach
26	30.03.2011	14:08:48.6	50.261/12.294	9.6	1.1 (9)	nördlich Bad Brambach
27	07.05.2011	15:13:20.3	50.501/12.153	11.9	1.4 (15)	Plauen
28	21.06.2011	18:17:21.6	51.108/12.091	9.7	1.6 (14)	nordwestlich Zeitz
29	16.09.2011	15:06:15.3	51.001/12.336	15.0	0.8 (12)	südöstlich Meuselwitz
30	26.12.2011	07:51:53.4	51.101/12.225	19.0	0.8 (14)	südwestlich Groitzsch
31	02.01.2012	21:15:21.3	51.002/13.147	15.7	0.8 (12)	südöstlich Waldheim
32	24.01.2012	16:13:02.7	50.616/12.646	1.0	1.0 (13)	nordwestlich Aue, induziert
33	25.01.2012	06:57:13.3	50.614/12.646	1.0	1.5 (11)	nordwestlich Aue, induziert
34	14.02.2012	15:04:34.9	51.510/11.798	1.0	1.7 (18)	Zappendorf, induziert
35	22.02.2012	00:03:35.4	50.429/12.389	16.2	1.0 (8)	südlich Falkenstein
36	06.03.2012	16:19:05.7	50.434/12.287	17.9	1.0 (8)	nordwestlich Schöneck
37	06.03.2012	18:39:35.6	50.434/12.289	18.0	0.8 (8)	nordwestlich Schöneck
38	06.03.2012	21:55:59.4	50.435/12.287	17.9	0.8 (8)	nordwestlich Schöneck
39	15.03.2012	18:29:20.9	50.464/12.150	13.2	1.0 (8)	südlich Plauen
40	21.04.2012	08:39:56.4	50.406/12.416	12.1	1.1 (9)	nordwestlich Klingenthal
41	12.05.2012	04:46:51.8	51.044/12.138	16.0	1.6 (17)	Zeitz
42	12.05.2012	05:37:57.4	51.046/12.139	14.5	0.8 (15)	Zeitz
43	10.06.2012	20:55:35.0	50.431/12.315	9.8	0.8 (8)	nördlich Schöneck
44	27.06.2012	22:34:20.4	51.270/12.463	12.1	0.8 (16)	südöstlich Leipzig
45	15.08.2012	08:14:26.9	51.279/12.443	19.7	1.7 (13)	Leipzig
46	18.10.2012	00:30:26.6	50.315/12.306	5.6	1.3 (8)	nordwestlich Markneukirchen
47	03.11.2012	03:50:54.1	50.719/12.376	12.9	1.3 (14)	Werdau
48	24.11.2012	14:15:43.6	50.955/12.409	20.0	1.8 (14)	südwestlich Altenburg
49	28.12.2012	19:55:35.6	50.453/12.235	7.6	1.2 (10)	nordöstlich Oelsnitz

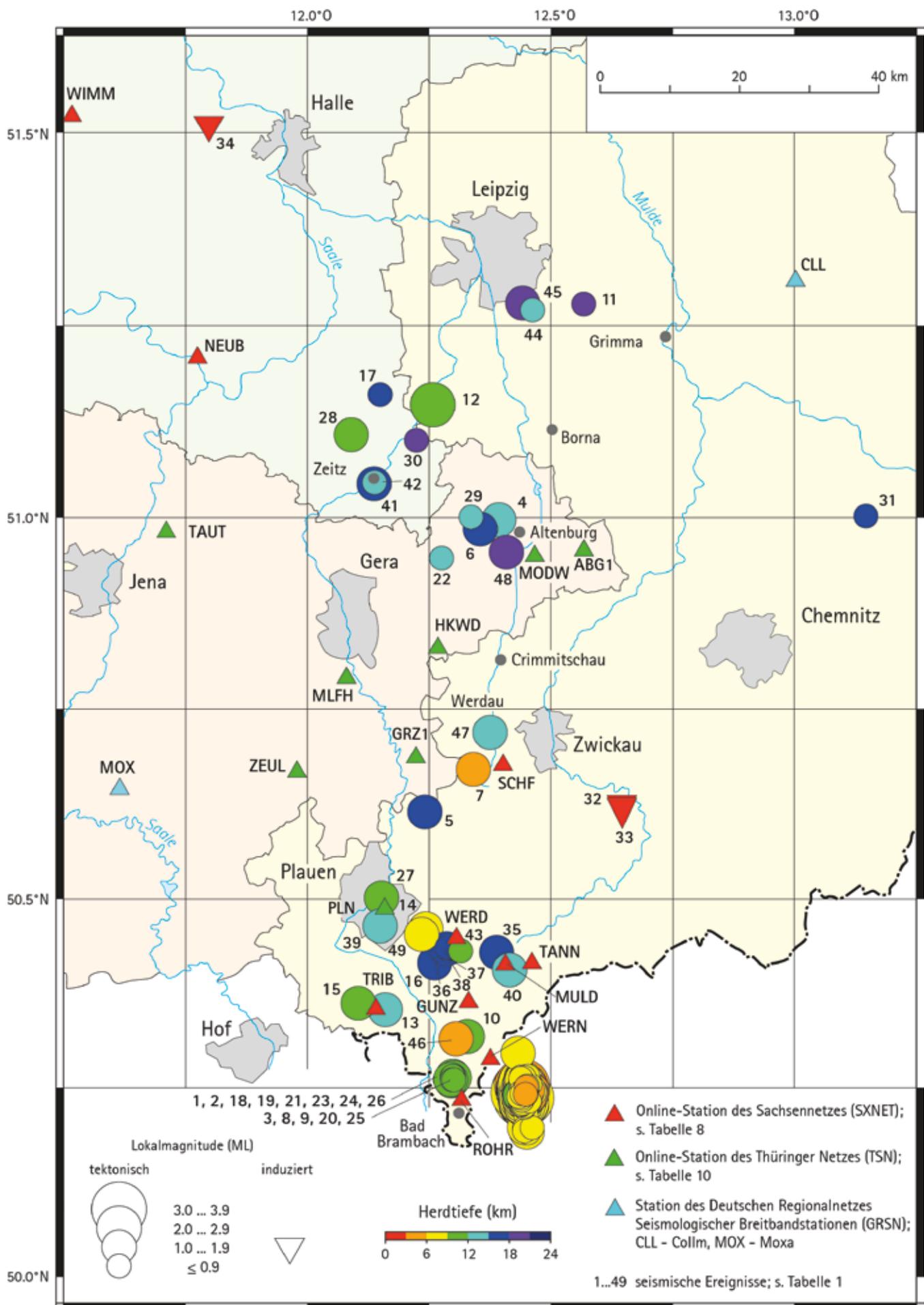


Abb. 1: Seismische Ereignisse in Sachsen, Sachsen-Anhalt, Ostthüringen und in der westlichen Tschechischen Republik 2010 – 2012 mit Lokalmagnitude $ML \geq 0.8$

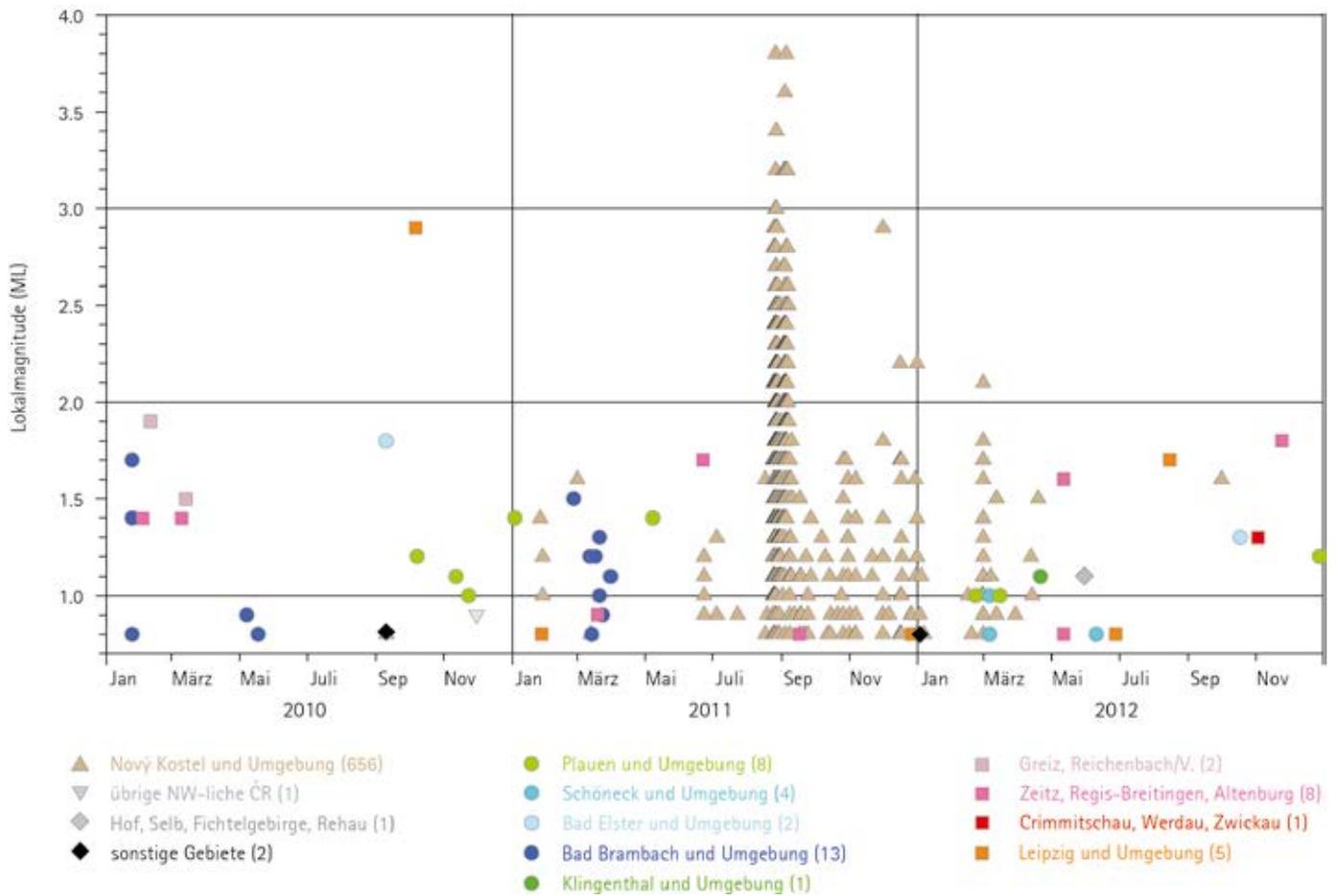


Abb. 2: Zeitliche Verteilung tektonischer seismischer Ereignisse in Sachsen, Sachsen-Anhalt, Ostthüringen und in der westlichen Tschechischen Republik 2010 – 2012 mit Lokalmagnitudo $ML \geq 0.8$; Anzahl der Erdbeben in den verschiedenen Gebieten ist in der Klammer angegeben

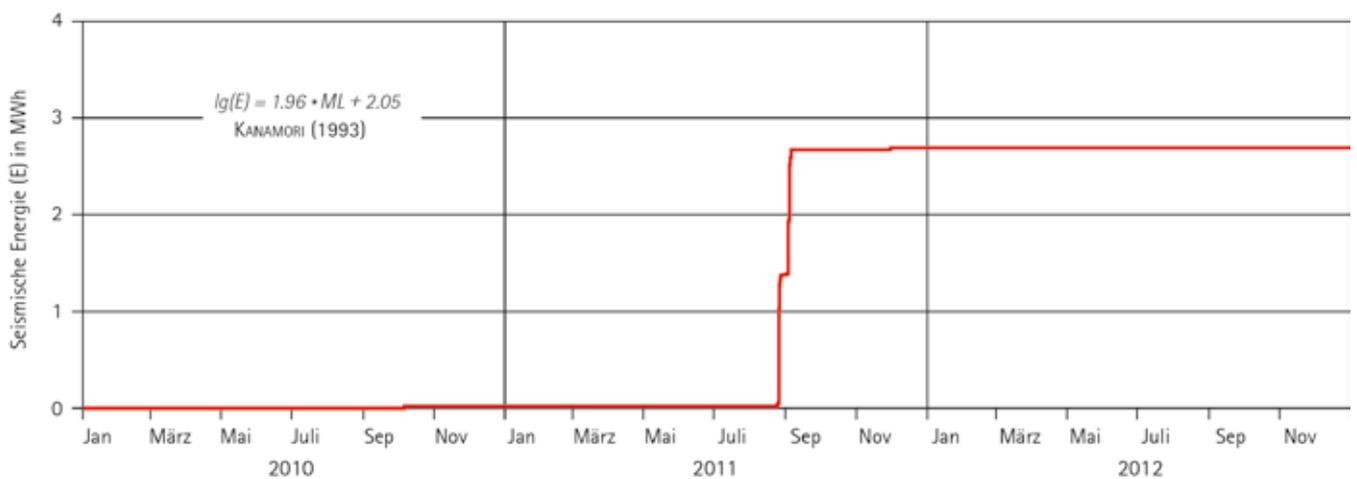


Abb. 3: Aufsummierte Energiefreisetzung in den Herden der tektonischen seismischer Ereignisse in Sachsen, Sachsen-Anhalt, Ostthüringen und in der westlichen Tschechischen Republik 2010 – 2012 mit Lokalmagnitudo $ML \geq 0.8$

Seismische Aktivität im Vogtland

Für das Vogtland ist die seismische Aktivität detaillierter dargestellt. Es wurden 823 Beben mit einer Magnitude $ML \geq -0.9$ ausgewertet und abgebildet (Abb. 4). Die Ereignisse mit $ML \geq 0.8$ sind mit der Nummer der Tab. 1 gekennzeichnet.

Die zeitliche Abfolge der Beben (Abb. 5) wurde ebenfalls mit der seismischen Energiefreisetzung im Herd (Abb. 6) für dieses Gebiet korreliert. Dabei liegt die aufsummierte freigesetzte Energie (Abb. 3) für alle Beben im Bereich von MWh (Megawattstunden) und für das Vogtland (Abb. 6) nur in der Größenordnung von Wh (Wattstunden).

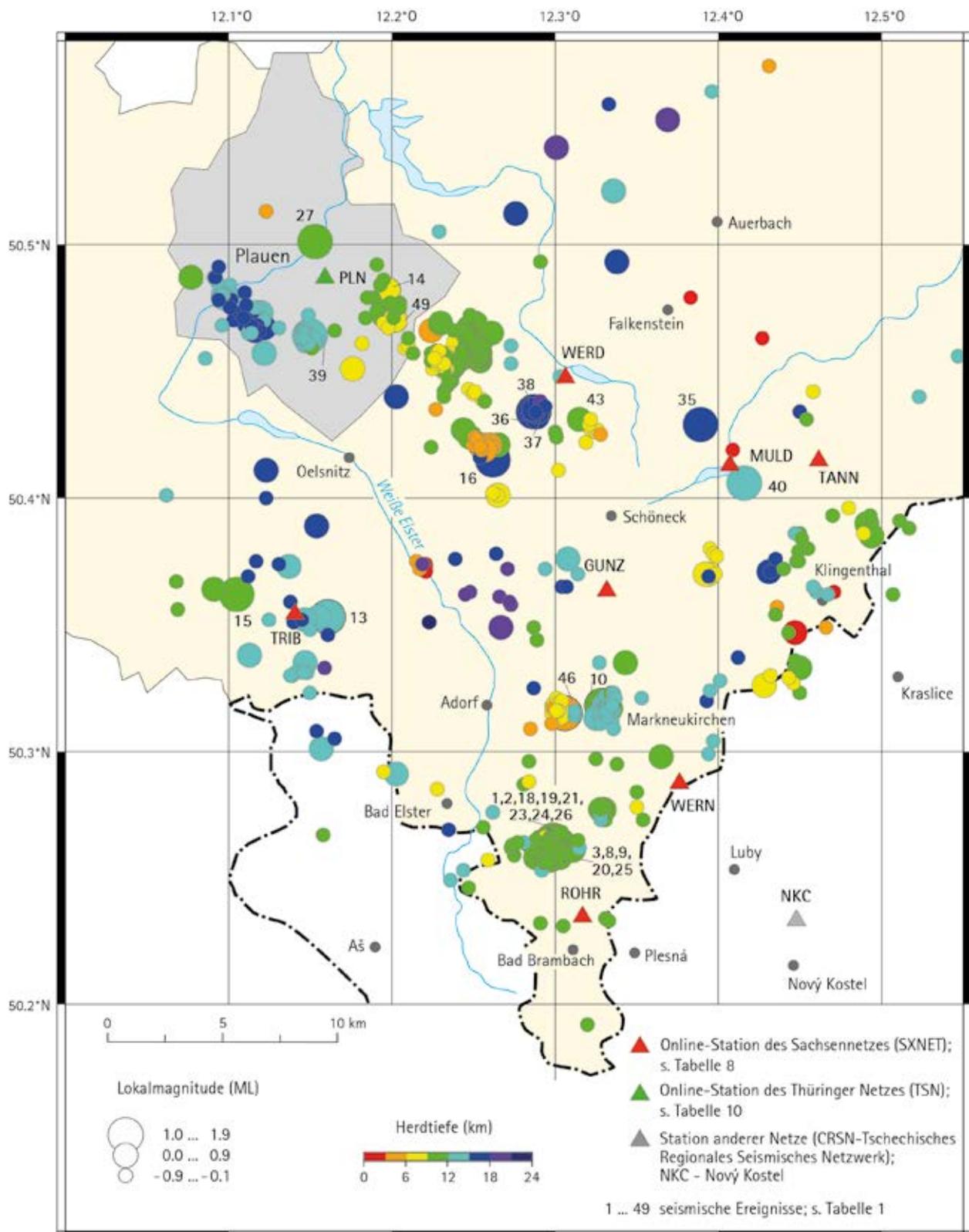


Abb. 4: Seismische Ereignisse im Vogtland 2010 – 2012 mit Lokalmagnitude $ML \geq -0.9$

Zwischen Januar 2010 und Juni 2011 gab es mehrere Phasen von registrierten Erdbeben in einem Herdgebiet nördlich von Bad Brambach. Die Beben im Januar/Februar 2010 und im Frühjahr 2011 erfüllen alle Kriterien eines Erdbebenschwarms, der durch ein eng begrenztes Herdgebiet, eine dichte zeitliche Aufeinanderfolge der Beben sowie das Ausbleiben eines dominanten Bebens gekennzeichnet ist. Überhaupt weist das Gebiet südlich von Plauen im betrachteten Dreijahreszeitraum eine bemerkenswerte Aktivität auf. Die Herdtiefe der Beben im Südwesten von Plauen ist deutlich größer als die der Beben zwischen Plauen und Werda.

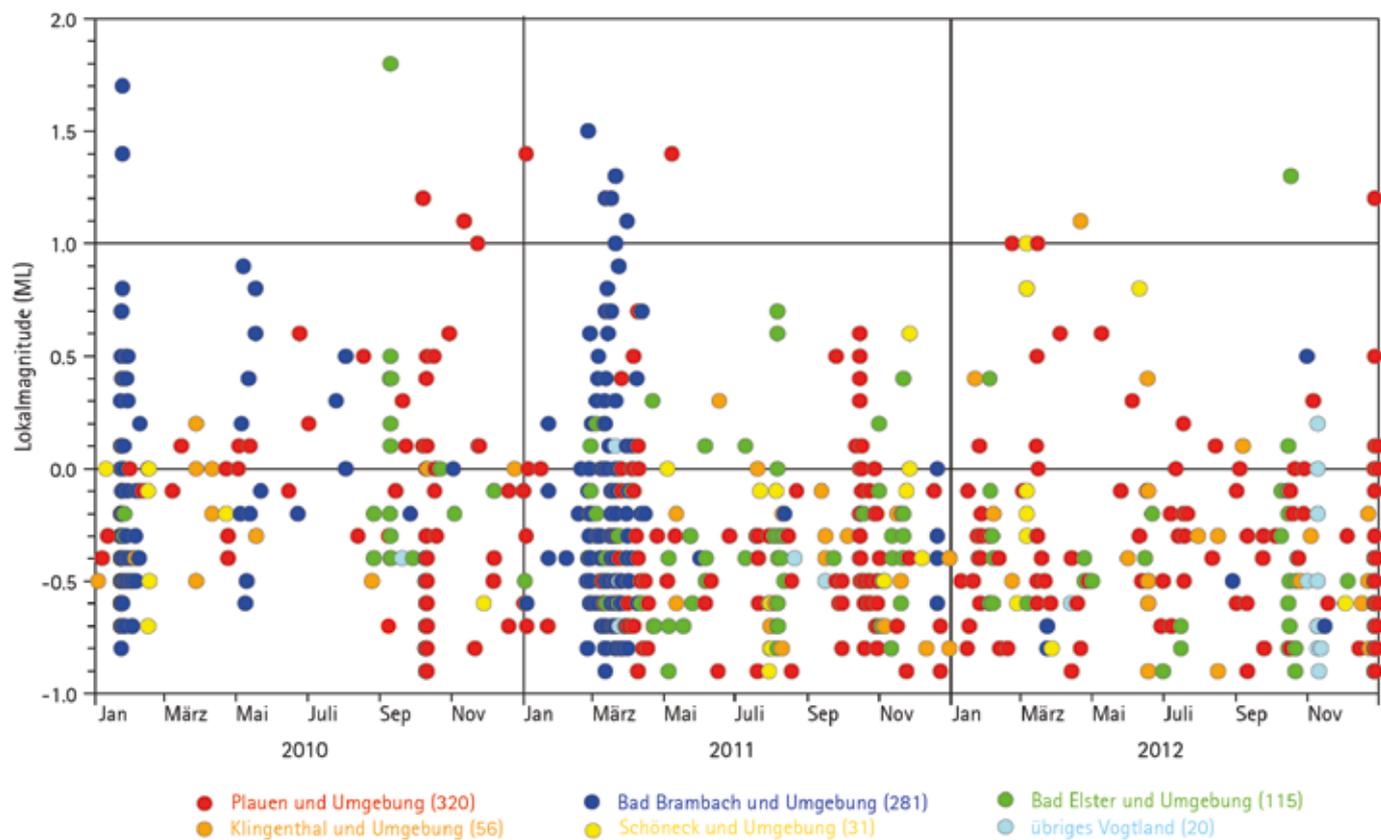


Abb. 5: Zeitliche Verteilung tektonischer seismischer Ereignisse im Vogtland 2010 – 2012 mit Lokalmagnitudo $ML \geq -0.9$; Anzahl der Erdbeben in den verschiedenen Gebieten ist in der Klammer angegeben

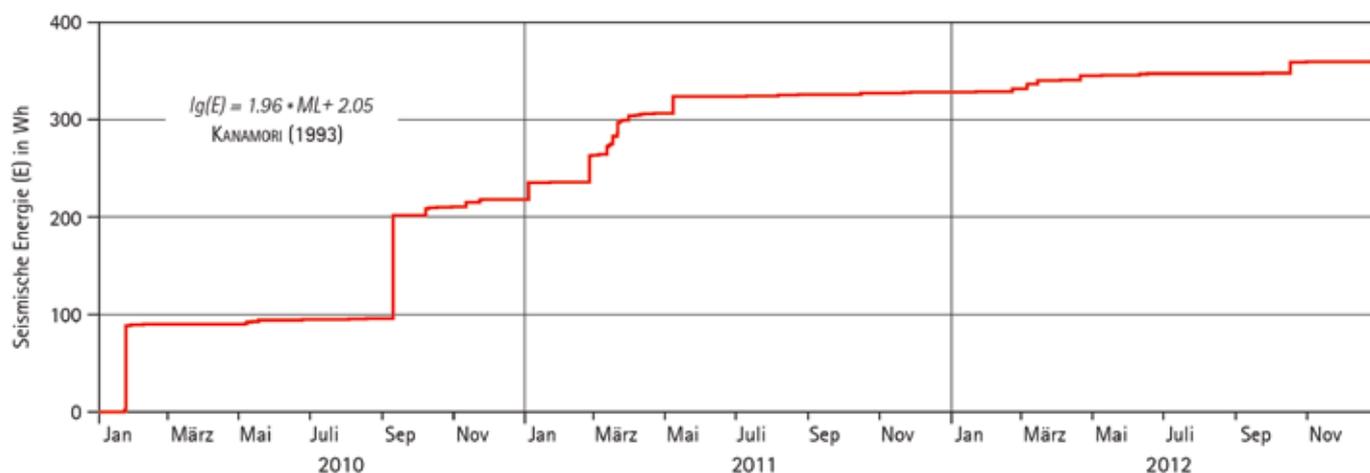


Abb. 6: Aufsummierte Energiefreisetzung in den Herden der tektonischen seismischen Ereignisse im Vogtland 2010 – 2012 mit Lokalmagnitudo $ML \geq -0.9$

Tab. 2: Anzahl der Erdbeben in Sachsen, Sachsen-Anhalt, Ost-Thüringen und in der westlichen Tschechischen Republik (ČR) 2010–2012 in den verschiedenen Magnitudenklassen

Lokalmagnitude (ML)	Anzahl der ausgewerteten Erdbeben			
	oberes Vogtland	im Gebiet Zwickau/Gera/Altenburg/Zeitz (nördlich 50.58° N)	westliche ČR	
			ohne Schwarm 2011	nur Schwarm 2011
3.0–3.9	0	0	0	13
2.0–2.9	0	1	4	185
1.0–1.9	20	9	79	311
0.0–0.9	167	70	685	106
< 0.0	636	29	2186	55

Charakterisierung der Seismizität der Region durch den b-Wert

In Tab. 2 ist die Anzahl der einzelnen Erdbeben für bestimmte Magnitudenbereiche für den Zeitraum 2010–2012 aufgelistet. In den Spalten »oberes Vogtland« und »westliche ČR ohne Schwarm« nimmt die Anzahl der Erdbeben in den Magnitudenklassen mit abnehmender Magnitude zu (was der Normalfall ist). Dagegen sind nördlich von Plauen im Gebiet von Zwickau/Gera/Altenburg/Zeitz (nördlich 50.58° N) und beim Erdbebenschwarm (»westliche ČR nur Schwarm«) die kleinsten Klassen unterbesetzt. Die Ursachen dafür sind die ungünstige Stationskonfiguration und Untergrundverhältnisse im nördlichen Teil, wodurch schwächere seismische Ereignisse nicht mehr erfasst werden können. Für die »westliche ČR« ist es die nicht zu bewältigende Anzahl der Auswertungen von Beben beim Schwarm. Deshalb liegt die untere Grenze der Vollständigkeit der ausgewerteten Ereignisse während des Schwarmes bei einer Lokalmagnitude von $ML \sim 2.0$. Außerhalb der Schwarmzeit liegt die Grenze in der westlichen ČR deutlich darunter.

Der **b-Wert** gibt die Steigung der Magnitudenhäufigkeitsverteilung, d. h. das Verhältnis von kleinen zu großen Beben innerhalb einer Region an. Das zahlenmäßige Verhältnis von kleinen zu großen Beben weist charakteristische Unterschiede in den einzelnen Regionen auf.

Die seismischen Ereignisse werden registriert (detektiert) und danach erfolgt die Auswertung (Bestimmung der Einsatzzeiten und der Amplitude der Bodenbewegung). Diese Größen dienen dazu die Erdbeben genau zu lokalisieren (Epizentralkoordinaten und Tiefenbestimmung) und deren Stärke (Magnitude) zu bestimmen. Für die Auswertung eines Ereignisses benötigt man ca. 20 Minuten. Das ist der Grund dafür, dass man die Anzahl der Erdbeben mit sehr kleinen Magnituden bei auftretenden Schwärmen detektiert aber nicht alle auswerten kann. Für die Bestimmung des b-Wertes ist eine vollständige Erfassung der Beben für alle Magnituden Voraussetzung. Für natürliche seismische Ereignisse ist ein b-Wert um 1,0 typisch, wohingegen für induzierte Ereignisse sich in der Regel höhere b-Werte ergeben. Im Vogtland überwiegt die Zahl der kleinen Beben. Das ist am Histogramm der aufsummierten Magnitudenverteilung (Abb. 7a) und der eingezeichneten Geraden mit einem Anstieg von 1.13 zu erkennen. Die günstige Netzkonfiguration erlaubt in diesem Gebiet etwa ab Magnitude -0.5 eine vollständige Erfassung der Beben. Ganz anders im Bereich nördlich von Plauen (Abb. 7b), wo sich ein b-Wert von 0.74 ergibt. Die Vollständigkeit der erfassten Beben wird hier erst bei positiven Magnitudenwerten erreicht.

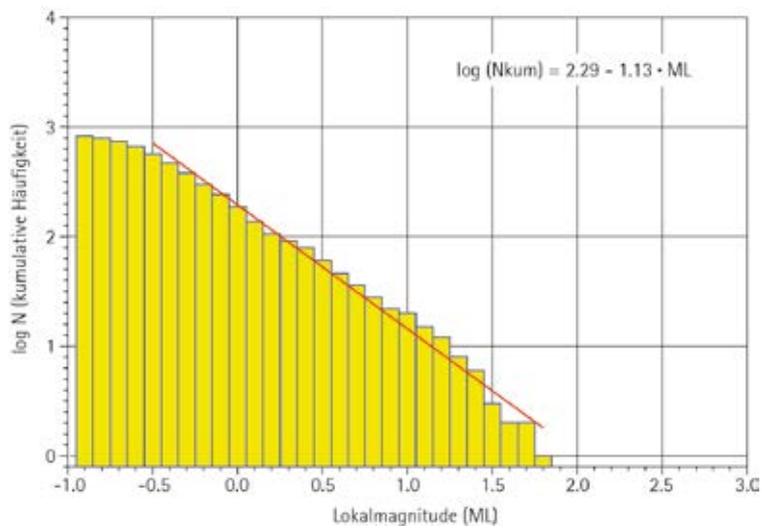


Abb. 7a: b-Wert (1.13) der kumulativen (aufsummierten) Magnitudenhäufigkeit der seismischen Ereignisse für das Vogtland 2010 – 2012

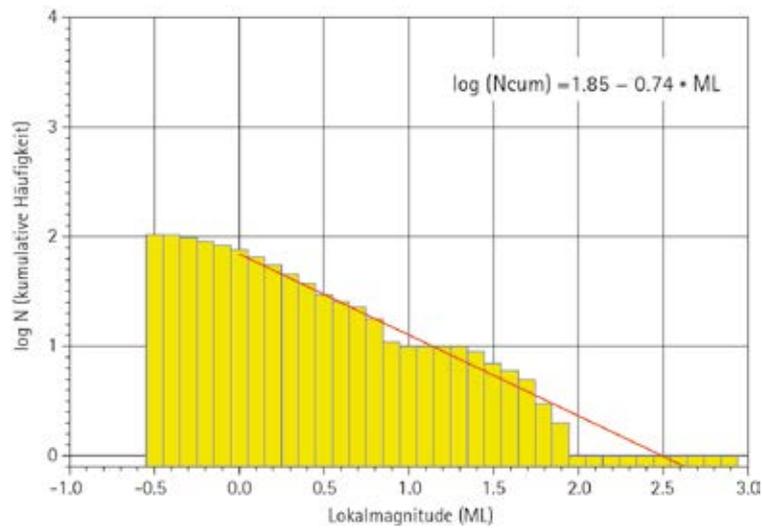


Abb. 7b: b-Wert (0.74) der kumulativen (aufsummierten) Magnitudenhäufigkeit der seismischen Ereignisse für den Bereich nördlich von Plauen im Gebiet von Zwickau/Gera/Altenburg/Zeitz (nördlich 50.58° N) im Zeitraum 2010 – 2012

Die Intensität

beschreibt, wie Erdbeben durch die Menschen wahrgenommen oder sich auf Gebäude und Natur ausgewirkt haben. Subjektiv! Eine Teilobjektivierung erfolgt durch die Einordnung in eine Intensitätsskala. Die Intensität hängt von der Entfernung zum Epizentrum und den örtlichen Untergrundbedingungen ab.

Intensität von Erdbeben

Die Magnitude ist ein Maß für die freigesetzte Energie bei einem Erdbeben. Sie wird instrumentell bestimmt. Die Intensität basiert auf der Beobachtung (Makroseismik). In Tab. 3 ist eine Kurzform der makroseismischen Intensitätsskala EMS-98 aufgeführt.

Tab. 3: Stark vereinfachte Kurzform der makroseismischen Intensitätsskala EMS-98 Europäische Makroseismische Skala – 1998 (GRÜNTAL 1998, 2004)

EMS Intensität	Definition	Beschreibung der maximalen Wirkung (stark verkürzt)
I	nicht fühlbar	Nicht fühlbar.
II	kaum bemerkbar	Nur sehr vereinzelt von ruhenden Personen wahrgenommen.
III	schwach	Von wenigen Personen in Gebäuden wahrgenommen. Ruhende Personen fühlen ein leichtes Schwingen oder Erschüttern.
IV	deutlich	Im Freien vereinzelt, in Gebäuden von vielen Personen wahrgenommen. Einige Schlafende erwachen. Geschirr und Fenster klirren, Türen klappern.
V	stark	Im Freien von wenigen, in Gebäuden von den meisten Personen wahrgenommen. Viele Schlafende erwachen. Wenige werden verängstigt. Gebäude werden insgesamt erschüttert. Hängende Gegenstände pendeln stark, kleine Gegenstände werden verschoben. Türen und Fenster schlagen auf oder zu.
VI	leichte Gebäudeschäden	Viele Personen erschrecken und flüchten ins Freie. Einige Gegenstände fallen um. An vielen Häusern, vornehmlich in schlechterem Zustand, entstehen leichte Schäden wie feine Mauerrisse und das Abfallen von z. B. kleinen Verputzteilen.
VII	Gebäudeschäden	Die meisten Personen erschrecken und flüchten ins Freie. Möbel werden verschoben. Gegenstände fallen in großen Mengen aus Regalen. An vielen Häusern solider Bauart treten mäßige Schäden auf (kleine Mauerrisse, Abfall von Putz, Herabfallen von Schornsteinteilen). Vornehmlich Gebäude in schlechterem Zustand zeigen größere Mauerrisse und Einsturz von Zwischenwänden.
VIII	schwere Gebäudeschäden	Viele Personen verlieren das Gleichgewicht. An vielen Gebäuden einfacher Bausubstanz treten schwere Schäden auf; d. h. Giebelteile und Dachsimse stürzen ein. Einige Gebäude sehr einfacher Bauart stürzen ein.
IX	zerstörernd	Allgemeine Panik unter den Betroffenen. Sogar gut gebaute gewöhnliche Bauten zeigen sehr schwere Schäden und teilweisen Einsturz tragender Bauteile. Viele schwächere Bauten stürzen ein.
X	sehr zerstörernd	Viele gut gebaute Häuser werden zerstört oder erleiden schwere Beschädigungen.
XI	verwüstend	Die meisten Bauwerke, selbst einige mit gutem erdbebengerechtem Konstruktionsentwurf und -ausführung, werden zerstört.
XII	vollständig verwüstend	Nahezu alle Konstruktionen werden zerstört.

2.1.1 Erdbeben vom 06. Oktober 2010 bei Pegau

Am 06. Oktober 2010 ereignete sich in den frühen Morgenstunden um 03:08:50 UTC (~ 05:09 Uhr MESZ) ein Erdbeben in der Nähe von Pegau, welches von der Bevölkerung gespürt wurde. Das Ereignis hatte eine Lokalmagnitude von $ML = 2.9$ und eine Tiefe von 11,1 km.

Das Gebiet von Leipzig liegt ebenso wie das Vogtland auf der N-S gerichteten Störungzone von Leipzig-Regensburg. Im Gegensatz zu den Schwarmbeben im Vogtland handelt es sich bei diesen Beben um Einzelereignisse.

Das letzte stärkere Beben mit einer Lokalmagnitude größer 2 wurde am 26. Juli 2003 aus dem Gebiet Regis-Breitingen mit $ML = 2.3$ registriert. Das Beben vom 6. Oktober 2010 bei Pegau wurde von vielen Personen gespürt. In Abb. 8 ist die makroseismische Darstellung des Erdbebens bei Pegau nach Meldungen aus der Bevölkerung dargestellt.

Den Meldungen wurde jeweils ein Wert (Intensität) der 12-stufigen makroseismischen Intensitätsskala (Tab. 3) zugeordnet. Für die makroseismische Karte wurden 40 Beobachtungen verwendet (aus Anrufen, Briefen, Internet).

Die meisten Beobachter beschrieben ein Zittern und Wackeln, wie ein schwerer vorbeifahrender LKW oder einen kurzen Ruck. Bemerkenswert war der starke Schall, der gleichzeitig oder um wenige Sekunden versetzt auftrat. Er wurde mit einem Kanonenschuss verglichen.

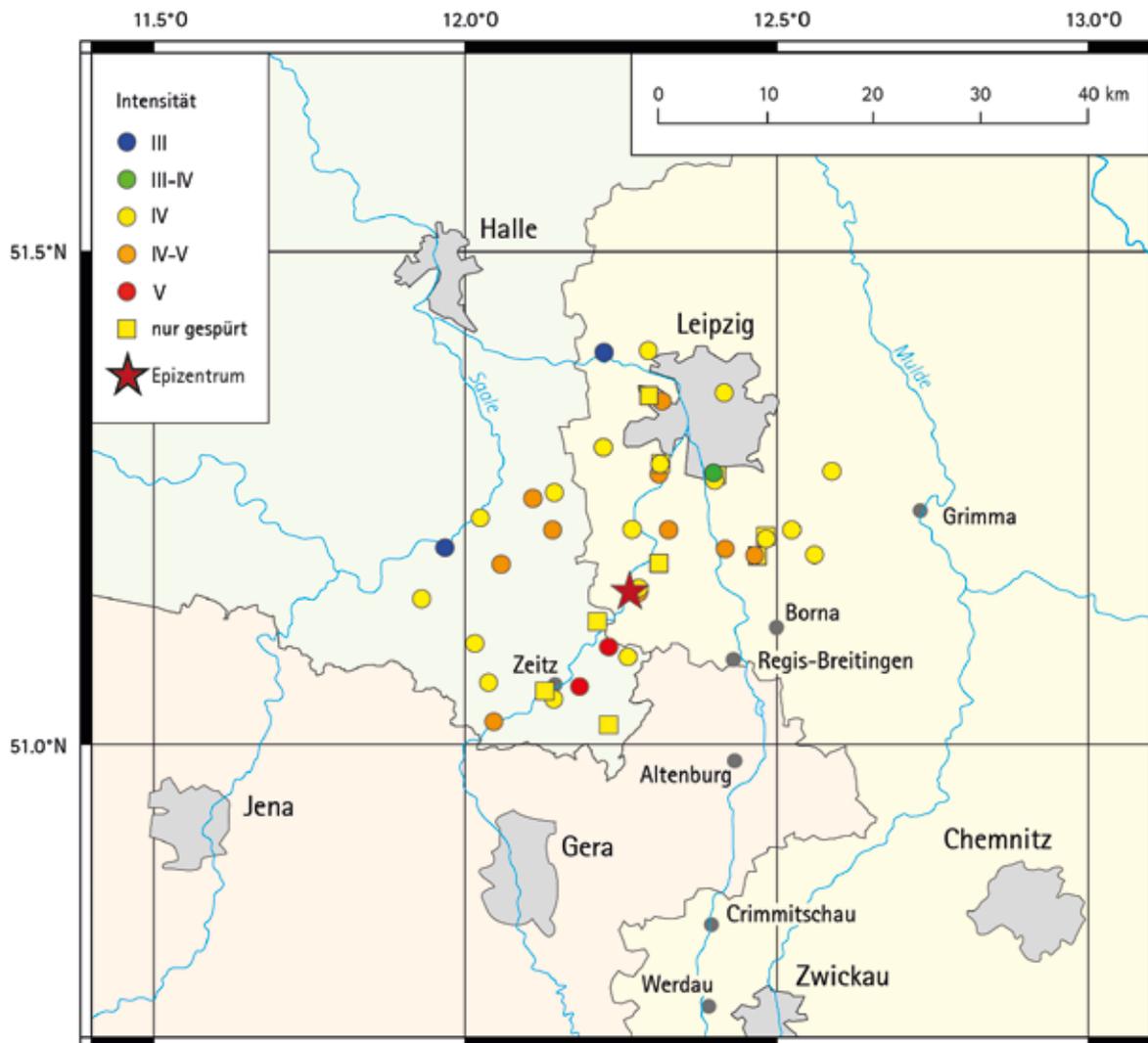


Abb. 8: Darstellung der Makroseismik für das Erdbeben vom 06. Oktober 2010 bei Pegau

2.1.2 Erdbebenschwarm August bis September 2011 im Herdgebiet Nový Kostel

Der Schwarm im August/September 2011 ereignete sich weniger als drei Jahre nach dem Schwarm im Herbst 2008 und damit früher als erwartet. Als Zeitraum für den Schwarm wird der 23. August bis 22. September angegeben, ungeachtet dessen, dass noch bis Ende des Jahres eine erhöhte Aktivität zu beobachten war. Es traten 13 Erdbeben im Magnitudenbereich von $3.0 \leq ML \leq 3.9$ auf und 185 Beben im Bereich von $2.0 \leq ML \leq 2.9$. Im Bereich von $ML < 1.9$ konnten aufgrund ihrer großen Anzahl nicht alle Ereignisse ausgewertet werden.

In Tab. 4 sind die seismischen Ereignisse mit $ML \geq 2.5$ aufgelistet und in Abb. 9 mit der entsprechenden Nummer dargestellt. In dieser Abbildung ist die zeitliche Verlagerung der Herde nach Norden innerhalb der Hauptphase des Schwarms zu erkennen.

Tab.: 4 Seismische Ereignisse des Erdbebenschwarms August/September 2011 im Herdgebiet Nový Kostel mit Lokalmagnitude $ML \geq 2.5$

Ereignis Nr. Abb.9	Datum	Herdzeit (UTC) h:min:s	Koordinaten geogr. Breite °N/ geogr. Länge °O	Herdtiefe km	Lokalmagnitude (ML) (Anzahl der Stationen)	Herdort/ČR
1	24.08.2011	07:23:49.0	50.229/12.446	7.2	2.8 (9)	Nový Kostel
2	24.08.2011	12:01:07.1	50.233/12.445	7.0	2.9 (9)	nördlich Nový Kostel
3	25.08.2011	09:26:21.0	50.233/12.446	7.1	2.8 (9)	nördlich Nový Kostel
4	25.08.2011	22:55:04.1	50.242/12.447	7.7	2.6 (9)	nördlich Nový Kostel
5	25.08.2011	23:05:42.8	50.240/12.450	7.6	3.2 (9)	nördlich Nový Kostel
6	25.08.2011	23:21:16.9	50.243/12.450	7.7	2.7 (9)	nördlich Nový Kostel
7	25.08.2011	23:33:23.4	50.241/12.449	7.7	3.8 (9)	nördlich Nový Kostel
8	25.08.2011	23:49:41.1	50.243/12.447	8.1	2.5 (9)	nördlich Nový Kostel
9	26.08.2011	00:15:36.0	50.246/12.445	7.7	2.9 (9)	nördlich Nový Kostel
10	26.08.2011	00:35:03.2	50.236/12.449	8.2	3.0 (9)	nördlich Nový Kostel
11	26.08.2011	00:55:58.2	50.240/12.446	8.1	2.6 (9)	nördlich Nový Kostel
12	26.08.2011	00:56:14.4	50.242/12.449	8.1	2.5 (9)	nördlich Nový Kostel
13	26.08.2011	01:45:28.2	50.237/12.447	8.3	2.8 (9)	nördlich Nový Kostel
14	26.08.2011	02:17:31.2	50.234/12.452	8.4	2.9 (9)	nördlich Nový Kostel
15	26.08.2011	02:18:41.9	50.244/12.446	7.8	2.5 (9)	nördlich Nový Kostel
16	26.08.2011	02:32:26.5	50.245/12.450	7.5	2.5 (9)	nördlich Nový Kostel
17	26.08.2011	02:36:26.8	50.242/12.446	7.9	2.8 (9)	nördlich Nový Kostel
18	26.08.2011	02:55:59.1	50.240/12.450	8.2	2.6 (9)	nördlich Nový Kostel
19	26.08.2011	02:55:59.5	50.239/12.442	7.9	2.6 (9)	nördlich Nový Kostel
20	26.08.2011	05:22:19.6	50.233/12.446	8.8	2.5 (8)	nördlich Nový Kostel
21	26.08.2011	06:15:46.1	50.245/12.442	7.3	3.0 (8)	östlich Luby
22	26.08.2011	06:49:58.4	50.240/12.444	8.3	2.7 (8)	nördlich Nový Kostel
23	26.08.2011	06:54:06.4	50.237/12.444	8.1	3.4 (8)	nördlich Nový Kostel
24	26.08.2011	08:52:41.2	50.242/12.443	8.0	2.5 (8)	nördlich Nový Kostel
25	26.08.2011	14:11:34.4	50.250/12.446	7.5	2.5 (9)	östlich Luby
26	26.08.2011	14:50:25.3	50.246/12.442	7.3	2.6 (9)	östlich Luby
27	26.08.2011	15:27:25.4	50.244/12.448	8.3	3.0 (9)	nördlich Nový Kostel
28	26.08.2011	15:52:21.1	50.244/12.448	8.3	2.5 (9)	nördlich Nový Kostel
29	26.08.2011	19:25:12.2	50.248/12.445	7.7	2.5 (9)	östlich Luby
30	27.08.2011	03:13:42.4	50.243/12.446	8.6	2.9 (9)	nördlich Nový Kostel
31	27.08.2011	03:13:45.4	50.244/12.449	8.4	2.9 (9)	nördlich Nový Kostel
32	27.08.2011	05:48:17.6	50.249/12.446	8.3	2.5 (9)	östlich Luby
33	27.08.2011	16:26:07.3	50.250/12.445	7.4	2.6 (9)	östlich Luby
34	28.08.2011	00:39:10.6	50.250/12.444	8.0	2.5 (9)	östlich Luby

Ereignis Nr. Abb. 9	Datum	Herdzeit (UTC) h:min:s	Koordinaten geogr. Breite °N/ geogr. Länge °O	Herdtiefe km	Lokalmagnitudo (ML) (Anzahl der Stationen)	Herdort/ČR
35	28.08.2011	00:44:12.4	50.252/12.443	8.0	2.5 (9)	östlich Luby
36	28.08.2011	06:45:09.3	50.254/12.442	7.2	2.5 (9)	östlich Luby
37	30.08.2011	01:09:54.8	50.236/12.449	8.8	2.5 (9)	nördlich Nový Kostel
38	01.09.2011	06:04:31.2	50.249/12.445	8.2	2.7 (9)	östlich Luby
39	02.09.2011	21:00:24.9	50.252/12.440	6.9	2.5 (9)	östlich Luby
40	02.09.2011	21:16:26.6	50.250/12.440	6.8	3.2 (9)	östlich Luby
41	02.09.2011	21:17:43.3	50.251/12.441	6.8	2.5 (9)	östlich Luby
42	02.09.2011	21:45:38.2	50.248/12.443	6.7	2.7 (9)	östlich Luby
43	02.09.2011	23:36:01.9	50.248/12.442	7.0	3.6 (9)	östlich Luby
44	03.09.2011	00:25:31.0	50.247/12.451	6.5	3.2 (9)	nördlich Nový Kostel
45	03.09.2011	00:25:31.5	50.239/12.457	6.9	3.2 (9)	nordöstlich Nový Kostel
46	03.09.2011	00:42:25.1	50.249/12.443	6.3	2.6 (9)	östlich Luby
47	03.09.2011	01:15:22.5	50.248/12.443	6.6	2.6 (9)	östlich Luby
48	03.09.2011	08:28:55.7	50.249/12.444	8.0	2.7 (9)	östlich Luby
49	03.09.2011	09:46:20.9	50.255/12.441	7.1	2.7 (9)	östlich Luby
50	04.09.2011	03:52:11.7	50.248/12.442	6.6	2.8 (9)	östlich Luby
51	04.09.2011	03:52:29.7	50.249/12.442	6.3	3.8 (9)	östlich Luby
52	04.09.2011	11:47:46.2	50.246/12.438	6.8	3.2 (9)	östlich Luby
53	04.09.2011	14:13:41.7	50.246/12.450	5.7	2.5 (9)	nördlich Nový Kostel
54	04.09.2011	20:18:00.1	50.244/12.443	6.7	2.5 (9)	östlich Luby
55	05.09.2011	03:20:39.7	50.247/12.442	6.7	2.8 (8)	östlich Luby
56	05.09.2011	03:25:37.5	50.253/12.436	6.7	2.6 (8)	östlich Luby
57	05.09.2011	03:25:49.3	50.252/12.442	6.0	3.2 (8)	östlich Luby
58	05.09.2011	07:38:49.9	50.243/12.438	7.3	2.5 (8)	südöstlich Luby
59	05.09.2011	16:42:42.4	50.240/12.444	6.3	2.6 (8)	nördlich Nový Kostel
60	06.09.2011	07:28:32.8	50.243/12.441	7.8	2.5 (8)	östlich Luby

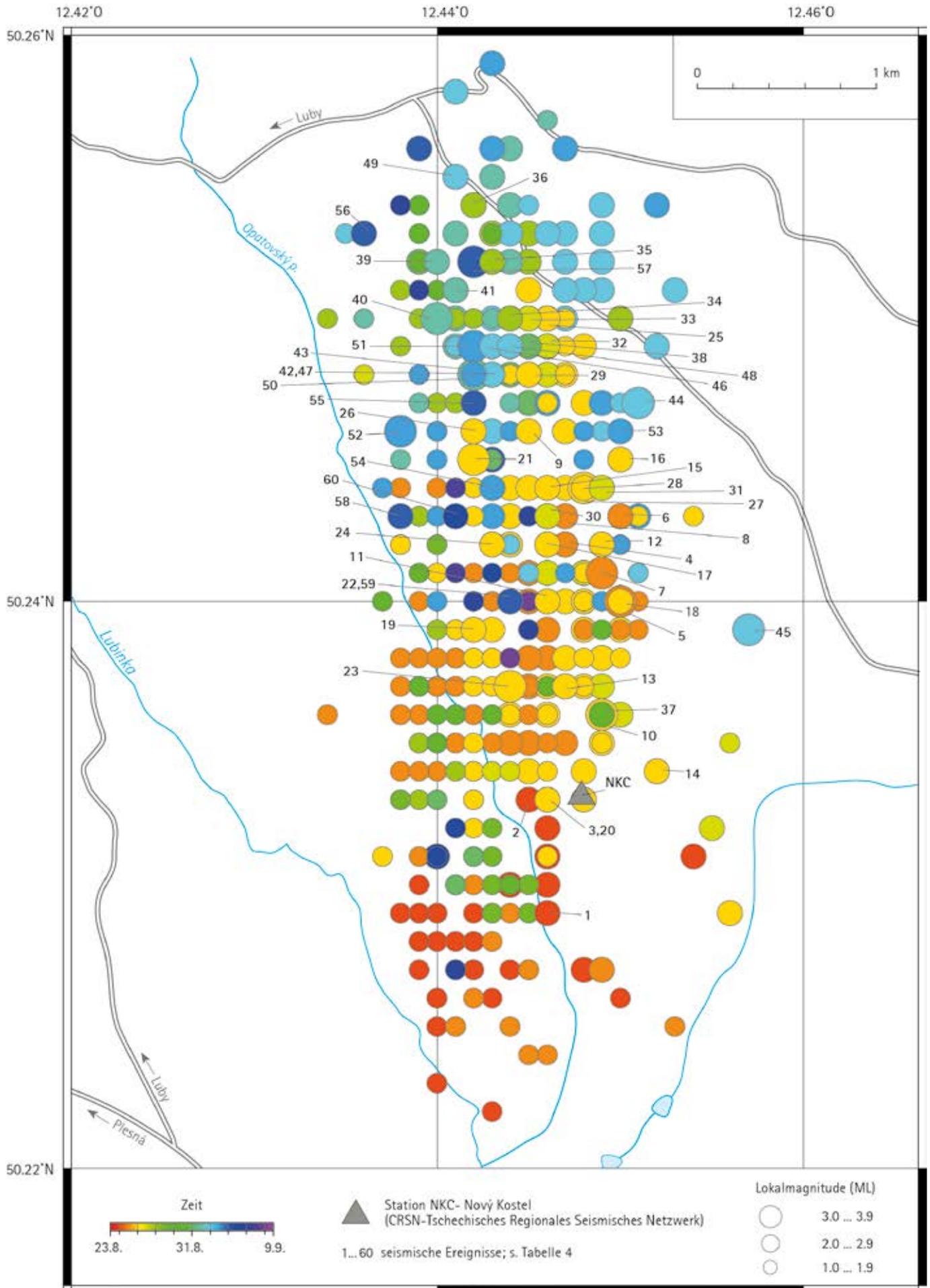


Abb. 9: Seismische Ereignisse des Erdbebenschwarmes im Herdgebiet Nový Kostel August/September 2011

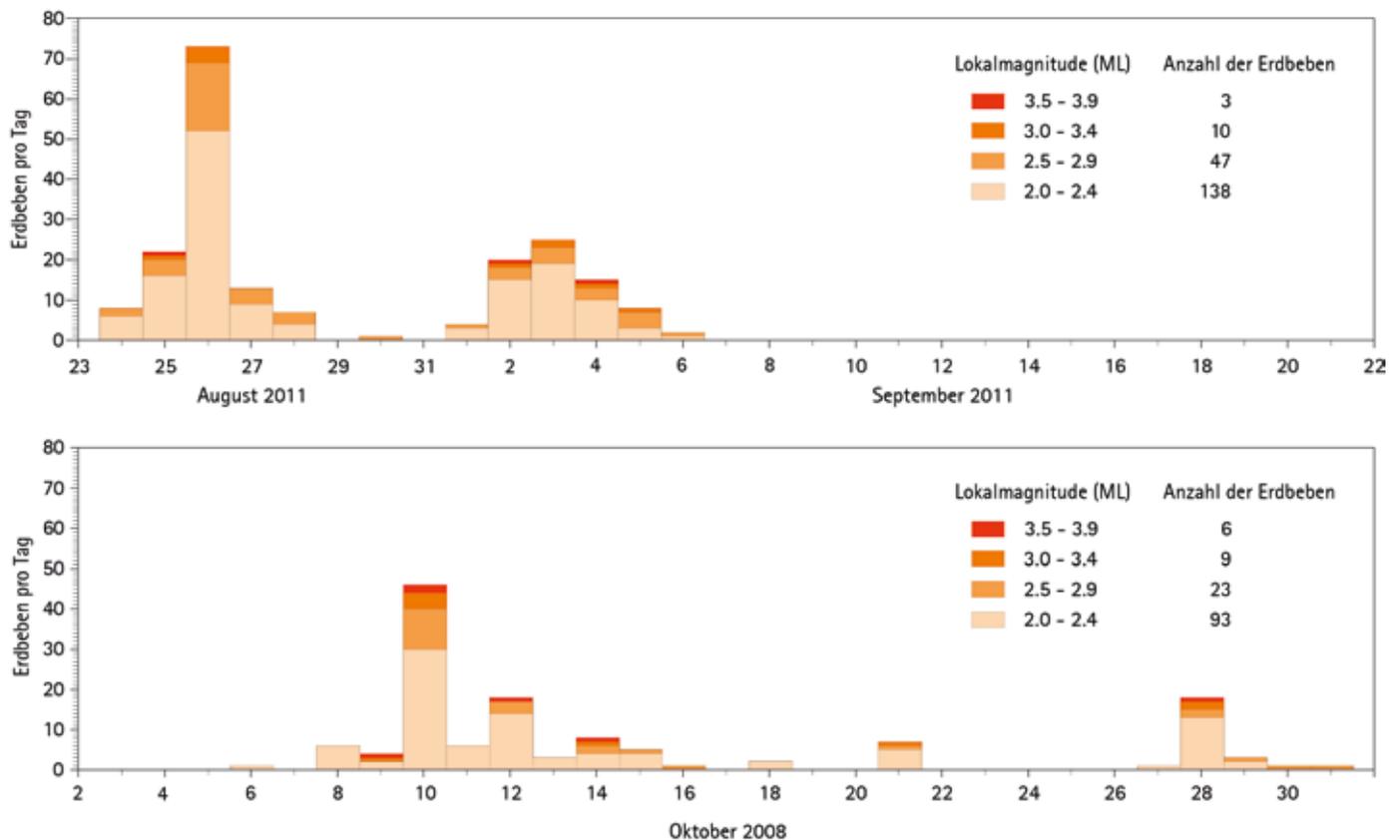


Abb. 10: Magnitudenverteilung der Schwärme von Nový Kostel 2008 und 2011

In Abb. 10 sind die beiden Schwärme 2008 und 2011 hinsichtlich der Anzahl der Erdbeben pro Tag mit $2.0 \leq ML \leq 3.9$ und der zeitlichen Verteilung der Magnituden dargestellt. Sie unterscheiden sich deutlich in der zeitlichen Abfolge der Beben. 2011 ereigneten sich alle Beben ab $ML \geq 2$ in der zweiwöchigen Hauptphase des Schwarms.

Am Observatorium Collm werden pro Jahr im Mittel 4500 Beben ausgewertet und an das International Seismological Centre in Großbritannien (ISC) gemeldet. Den größten Teil stellen Fernbeben dar, gefolgt von Beben aus dem europäischen Raum. Nahbeben in Sachsen und angrenzenden Gebieten werden vergleichsweise selten registriert, es sei denn, in der westlichen ČR ereignet sich ein stärkerer Schwarm.

Das Jahr 2011 lag mit mehr als 7700 ausgewerteten Beben deutlich über dem langjährigen Mittel. In Abb. 11 sind dazu die pro Tag ausgewerteten Beben mit zwei ausgeprägten Maxima im März und August/September dargestellt.

Das Tohoku Hauptbeben (11.03.2011 05:46:23 UTC, Magnitude 9.0, Herdtiefe 32 km) vor der Ostküste von Hondo hatte eine gewaltige Serie von Nachbeben zur Folge. So wurden allein am 11.03.2011 am Collm rund 450 Nachbeben registriert und ausgewertet. Die erhöhte Aktivität vor der Küste von Hondo hielt noch Monate an.

Das Doppelmaximum Ende August/Anfang September gehört zu dem starken Schwarm im Gebiet von Nový Kostel/ČR. Dargestellt ist die Anzahl der Schwarmbeben mit Magnitude $ML \geq 2$ pro Tag mit einer Unterteilung in halbe Magnitudenklassen.

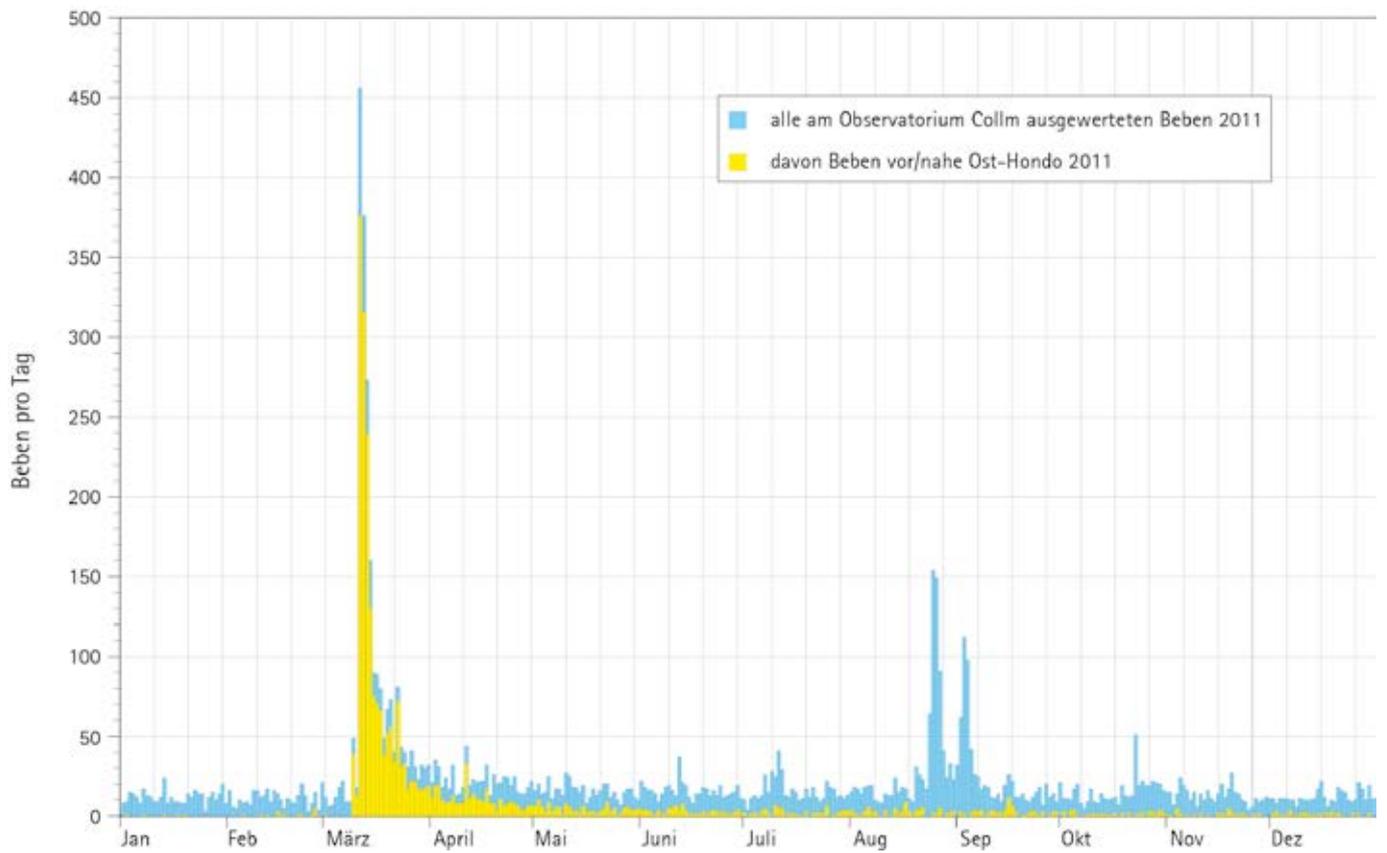


Abb. 11: Darstellung der Anzahl ausgewerteter Erdbeben am Observatorium Collm für das Gebiet Ost Hondo (Japan) und für alle anderen Ereignisse im Verlauf des Jahres 2011

2.2 Induzierte seismische Ereignisse in Mitteldeutschland

Unter induzierter Seismizität versteht man das direkte Verursachen von erdbebenartigen Erschütterungen durch anthropogene Einflüsse. Induzierte Ereignisse resultieren sowohl aus direkten (z. B. Sprengungen) als auch durch indirekten Anregungen (z. B. Änderung des Gebirgsspannungszustandes). Sehr oft beobachtet man induzierte Seismizität in Bergbaugebieten. Aber auch weitere Ereignisse, die im Zusammenhang mit dem Einsturz unterirdischer Hohlräume (Erdfälle, Tagesbrüche) und Hangrutschungen auftreten, werden an den seismischen Stationen registriert.

In Thüringen und Sachsen-Anhalt treten hauptsächlich im Bereich des Kali- und Steinsalzbergbaues induzierte Ereignisse auf. Das seismische Ereignis vom 14. Februar 2012 bei Zappendorf in Sachsen-Anhalt wird in Kap. 2.2.3 ausführlich dargestellt.

2.2.1 Induzierte Seismizität in Sachsen

Induzierte seismische Ereignisse treten in Sachsen im Bereich gefluteter Bergbaugelände wie der Grube Schlema-Alberoda (Ereignisse vom 24./25.01.2012 nordwestlich Aue mit $ML \geq 0.8$, s. Abb. 1 und Tab. 1) und in den Tagebauen der Lausitzer Seenlandschaft auf. Im Kapitel 3.1.2 Offline-Stationsnetz wird im Abschnitt »Monitoring von induzierter Seismizität« die Überwachung der induzierten Seismizität in Sachsen beschrieben.

Tab. 5: Bergbauinduzierte Ereignisse in Thüringen 2010 – 2012 mit Lokalmagnitudo $ML \geq 0.8$

Ereignis Nr. Abb. 12	Datum	Herdzeit (UTC) h:min:s	Koordinaten geogr. Breite °N/ geogr. Länge °O	Herdtiefe km	Lokalmag- nitude (ML)	Herdort
1	20.01.2010	06:54:19.1	51.383/10.852	1.0	2.2	Sondershausen
2	22.04.2010	02:09:48.1	51.326/10.616	1.0	1.2	nordöstlich Menteroda
3	23.04.2010	02:39:07.7	51.390/10.831	1.0	1.2	nordwestlich Sondershausen
4	06.05.2010	14:17:45.7	51.320/10.566	2.9	1.7	nördlich Menteroda
5	26.05.2010	23:23:18.2	51.365/10.923	1.0	1.4	östlich Sondershausen
6	22.06.2010	12:15:59.4	50.750/10.052	1.0	2.0	südlich Völkershäuser
7	21.08.2010	21:04:35.2	51.352/10.845	2.3	1.6	Sondershausen
8	23.01.2011	03:33:42.7	51.407/10.809	1.0	1.2	nordwestlich Sondershausen
9	18.02.2011	04:16:03.7	50.814/10.142	1.2	1.3	westlich Bad Salzungen
10	17.04.2011	05:38:01.5	51.226/10.595	1.0	1.7	nordöstlich Mühlhausen
11	02.06.2011	04:51:56.1	51.377/10.837	1.0	1.1	Sondershausen
12	26.12.2011	01:40:10.7	51.376/10.684	1.0	2.3	südöstlich Bleicherode
13	24.02.2012	08:37:35.7	50.777/10.272	1.0	2.5	südöstlich Bad Salzungen
14	01.03.2012	05:56:35.1	51.382/10.796	1.0	1.2	nordwestlich Sondershausen
15	29.07.2012	17:52:57.6	51.452/10.459	1.0	1.2	westlich Bleicherode
16	25.08.2012	20:07:31.8	51.310/10.965	1.0	1,0	südöstlich Sondershausen

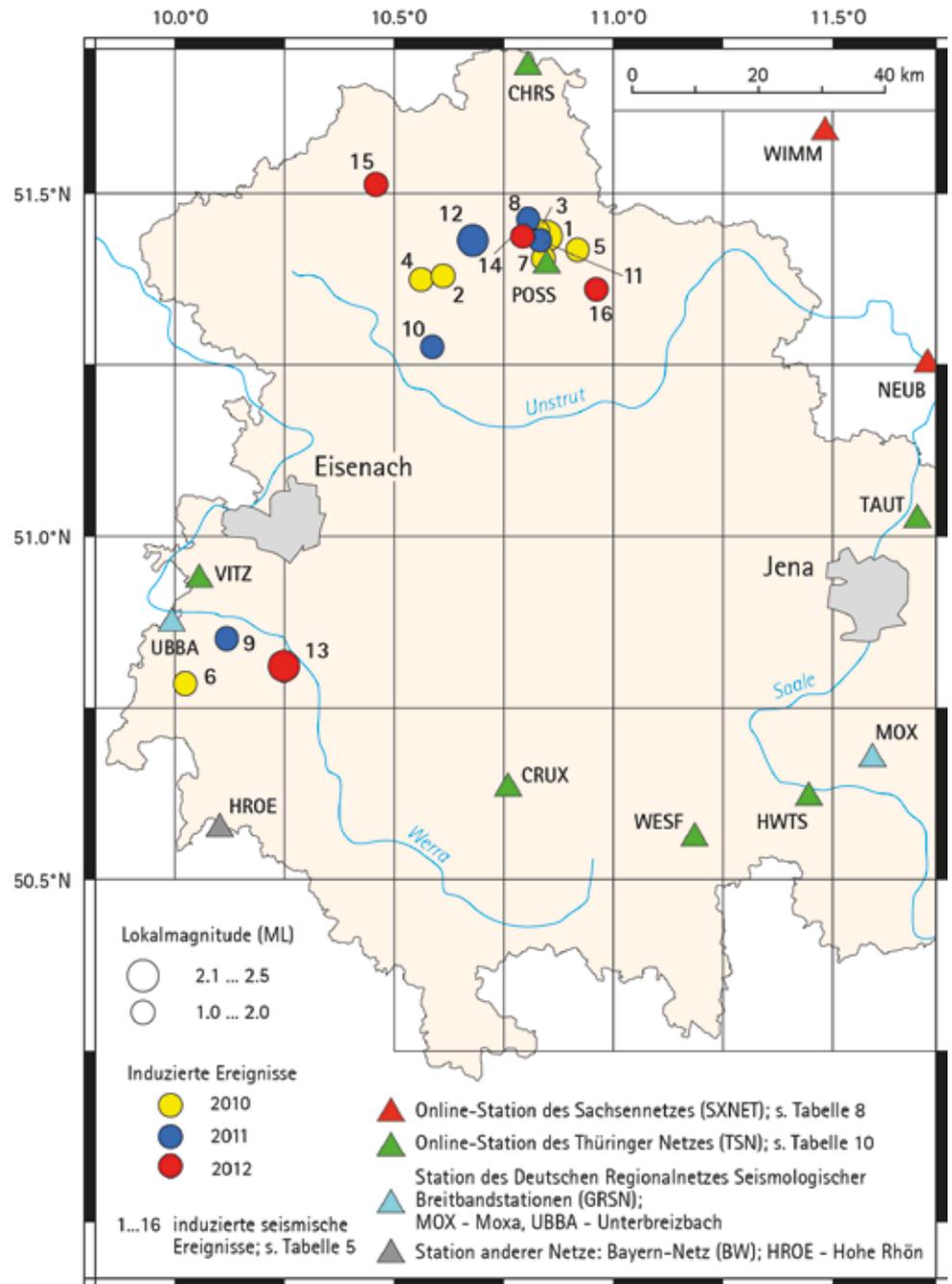


Abb. 12: Bergbauinduzierte Ereignisse in Thüringen 2010 – 2012 mit Lokalmagnitudo $ML \geq 0.8$

2.2.2 Induzierte Seismizität durch den Kali-/Steinsalzbergbau in Thüringen

In den Jahren 2010 – 2012 wurden in Thüringen 16 induzierte Ereignisse mit Lokalmagnitudo $ML \geq 0.8$ in den beiden Regionen Werra-Kali-Gebiet und Südharz-Unstrut-Kalirevier registriert. Diese Ereignisse sind in Tab. 5 aufgeführt und in Abb. 12 dargestellt. Im Thüringer Seismologischen Netz wurden zirka zwei Drittel der 16 bergbauinduzierten Ereignisse im Südharz-Unstrut-Kalirevier registriert. Die gemessenen maximalen Magnituden von 2.3 – 2.5 sind in beiden Gebieten etwa gleich.

2.2.3 Seismisches Ereignis vom 14. Februar 2012 bei Zappendorf (Sachsen-Anhalt)

Am Nachmittag des 14. Februar 2012 hatten zahlreiche Anwohner der Orte Zappendorf, Müllerdorf und Köllme (westlich Halle, Abb. 14) Erschütterungen verspürt. Bereits eine Stunde später berichteten Radiosender darüber. Auch in den Abendnachrichten des Fernsehens und in den Zeitungen der Folgetage war dieses seismische Ereignis ein Thema. Die besondere Brisanz lag in der Nähe zur Grube Teutschenthal. Der Gebirgsschlag von 1996 war vielen Menschen noch im Gedächtnis.

Der Seismologie-Verbund ortete das Ereignis zeitnah (Abb. 13) und konnte bereits nach ca. 1,5 Stunden eine Erdbebenmeldung abgeben. Insbesondere die schnelle Lokalisierung lenkte die Aufmerksamkeit von der Grube Teutschenthal weg in das Gebiet von Zappendorf auf das Grubenfeld Salzmünde.

Ortungsergebnis des Seismologie-Verbundes:

Herdzeit: 15:04:34.9 UTC (~16:04 Uhr MEZ)
Lokalmagnitude (ML): 1.7
Koordinaten (geogr. 51.510° N +/-0.9 km
Koordinaten WGS84): 11.798° O +/-1.3 km
Tiefe: ca. 1.0 km

Die Grube Teutschenthal Sicherungs GmbH & Co. KG (GTS) betreibt für ihre Grubengebäude in den Grubenfeldern Teutschenthal und Angersdorf eine eigene seismische Überwachung. Auch diese Seismometer zeichneten das Ereignis auf. Es wurde wie folgt bewertet:

Ortungsergebnis der GTS:

Lokalmagnitude (ML): 1.4
Koordinaten: 4486480
(Gauß-Krüger/Bessel) 5707240
Tiefe: 0.62 km.

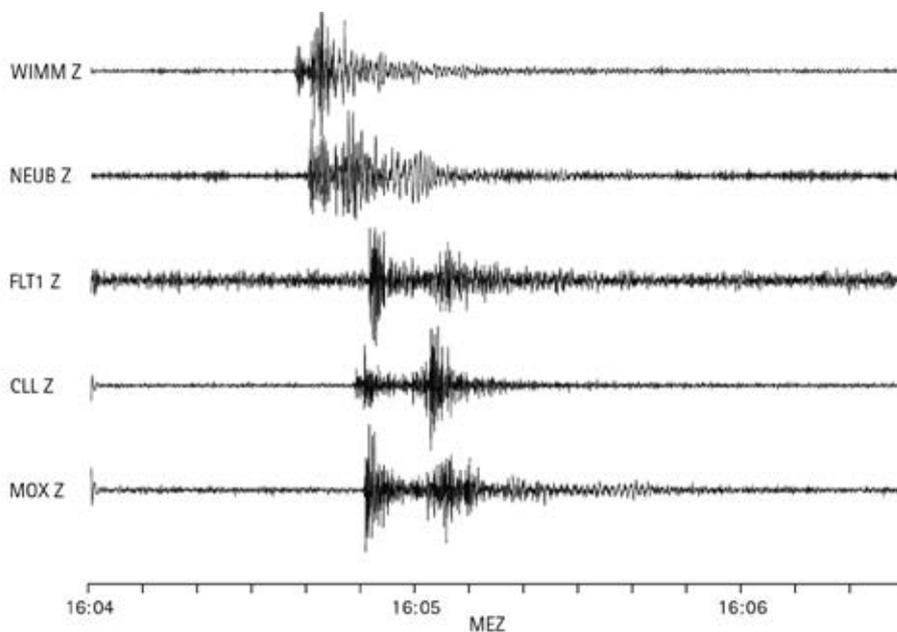


Abb. 13: Registrierung Z – (Vertikal)komponente des seismischen Ereignisses von Zappendorf vom 14. Februar 2012 an den Stationen WIMM-Wimmelburg, NEUB-Neuenburg, FLT1-Flechtingen, CLL-Collm und MOX-Moxa

Beide Ortungsergebnisse sind in der Karte (Abb. 14) eingetragen. Die Lagedifferenz ist angesichts der recht ungünstigen Stations-Überdeckung an dieser Stelle gering. Die nächstgelegenen Stationen des Seismologie-Verbundes sind WIMM (Wimmelburg, 23 km entfernt) und NEUB (Neuenburg, 34 km entfernt). Das Überwachungsnetz der GTS überdeckte zum damaligen Zeitpunkt nur die Grubenfelder Teutschenthal und Angersdorf, das Grubenfeld Salzmünde jedoch nicht. Da das Ereignis komplett außerhalb des Messnetzes lag, ist dessen Ortungsergebnis trotz der Nähe naturgemäß ebenfalls mit Unsicherheiten behaftet.

In den letzten Jahren wurden aus diesem Gebiet mehrere seismische Ereignisse aufgezichnet. Über zwei dieser Ereignisse berichtete der letzte Dreijahresbericht 2007 – 2009 (RAPPSILBER 2011, in Autorenkollektiv (2011)):

11. Februar 2008 ▶ 3:17 UTC

11. Februar 2008 ▶ 3:31 UTC

(Im Nachgang wurden durch die seismische Überwachungsanlage der GTS noch weitere schwache Ereignisse registriert, die aus dem Gebiet der beiden stärkeren Ereignisse stammten).

Darüber hinaus gab es Meldungen der GTS aus ihrer seismischen Überwachungsanlage an das Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt zu folgenden Ereignissen, die im Rahmen der Ortungsgenauigkeit ebenfalls dem Gebiet von Zappendorf zugeordnet werden können:

09. Oktober 2010	▶ 2:16 Uhr MESZ	ML: 0.0	Tiefe: 0.9 km
03. Januar 2011	▶ 12:37 Uhr MEZ	ML: 0.3	Tiefe: 0.9 km
15. Februar 2012	▶ 5:05 Uhr MEZ	ML: -0.6	Tiefe: 0.8 km

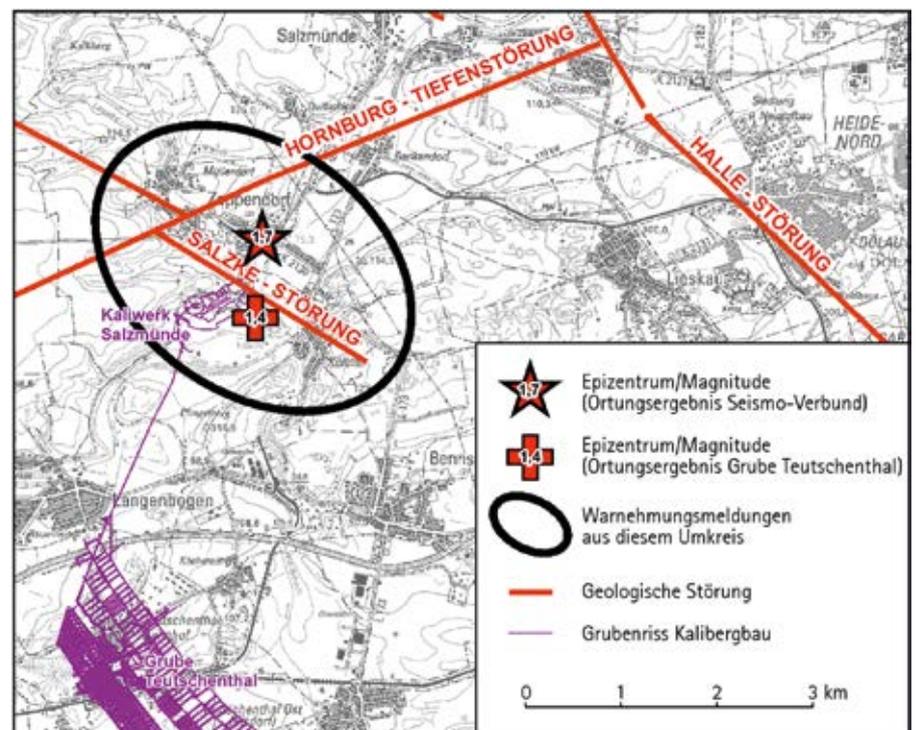


Abb. 14: Lage des seismischen Ereignisses vom 14. Februar 2012 im Gebiet von Zappendorf

Schon bei dem Ereignis vom 11. Februar 2008 wurden die möglichen Ursachen kontrovers diskutiert. Verschiedene Überlegungen zum Herdmechanismus ließen damals ein tektonisches Ereignis im Bereich der umliegenden Störungszonen als wahrscheinlichste Deutungsvariante erscheinen.

Im Vergleich zum Ereignis von 2008 lieferte jetzt, nach der zwischenzeitlichen Inbetriebnahme der Station WIMM (Wimmelburg), das verdichtete Netz des Seismologieverbundes eine zuverlässigere Tiefenaussage. Das Ereignis von 2012 wurde oberflächennah, in einer Tiefe von ca. 1 km, geortet. Damit wird eine tektonische Ursache unwahrscheinlich. Auffällig ist die räumliche Nähe aller Ortungsergebnisse zum Grubenfeld Salzmünde, das in einer Tiefe von 800–900 m liegt. Derzeit wird davon ausgegangen, dass die seismischen Ereignisse auf Spannungumlagerungen im Umfeld des Grubengebäudes zurückzuführen sind. Sie sind damit als induziert zu betrachten.

Voraussetzung für weitergehende Aussagen zum Mechanismus der seismischen Ereignisse aus diesem Gebiet ist eine verbesserte Ortungsgenauigkeit, vor allem der vertikalen Komponente. Die Grube Teutschenthal Sicherungs GmbH & Co. KG erweitert deshalb ihr Überwachungsnetz durch drei zusätzliche Stationen im Gebiet von Zapendorf im Bereich des Grubenfeldes Salzmünde.

2.3 Seismische Aktivität außerhalb von Sachsen

Erdbeben im Entfernungsbereich bis 500 km mit einer möglichen makroseismischen Auswirkung auf das Gebiet Sachsens im Zeitraum 2010 – 2012

Im Hinblick auf eine seismische Gefährdung sind auch Erdbeben außerhalb Sachsens von Bedeutung, wenn aufgrund ihrer Stärke und relativ geringen Entfernung makroseismische Auswirkungen auf das Gebiet Sachsens zu erwarten sind. In Tab. 6 sind die stärksten Erdbeben im Zeitraum von 2010 - 2012 aus einem Entfernungsbereich bis ca. 500 km im Umkreis von Sachsen angegeben. Insgesamt wurden 8 Erdbeben berücksichtigt, die in einem bestimmten Entfernungintervall die jeweils höchste Magnitude erreichten. Die nach diesem Kriterium erfassten seismischen Ereignisse verteilen sich zur einen Hälfte auf Erdbeben aus unterschiedlichen, seismisch aktiven Herdregionen sowie zur anderen Hälfte auf Bergschläge aus Bergbaugebieten. Das stärkste Erdbeben aus dem Herdgebiet Norditalien erreichte eine Lokalmagnitude von 6.1. Die stärksten Bergschläge traten im Kupferschieferbergbauggebiet Lubin und im Kohlebergbauggebiet Bełchatów in Polen auf und erreichten Lokalmagnituden von 4.5 bzw. 3.4. In Bezug auf die in der Tabelle vorgenommene Nummerierung wurden die seismischen Ereignisse entsprechend ihrer Lokalmagnitude und Entfernung zum Grenzgebiet von Sachsen in Abb. 15 eingetragen.

Eine Abschätzung der möglichen Wirkungen in Form der auftretenden Intensitäten gibt die Abb. 15 wieder. Von besonderer Bedeutung sind hierbei die Intensitäten III und VI, bei denen die von dem jeweiligen Erdbeben verursachten Erschütterungen von Menschen wahrnehmbar sind bzw. bereits zu Schäden an Bauwerken führen können (s. makroseismische Intensitätsskala Tab. 3).

Dementsprechend ist eine makroseismische Wahrnehmung oder Schadenswirkung erst zu erwarten, wenn die Intensitätskurven III oder VI berührt bzw. überschritten werden. Wie der Abb. 15 zu entnehmen ist, gelangten nur die stärksten Bergschläge aus dem Kupferschieferbergbauggebiet Lubin und Erdbeben mit Lokalmagnituden über 3.0 aus der Herdregion Nový Kostel/NW-Böhmen in den Bereich einer makroseismischen Wahr-

Tab. 6: Ausgewählte seismische Ereignisse 2010 – 2012 außerhalb von Sachsen im Entfernungsbereich bis ca. 500 km mit Lokalmagnitude $ML \geq 3.4$; Quellen: Erdbebenkataloge des EMSC – European Mediterranean Seismological Centre (Europäisches Mediterranes Seismologisches Zentrum) und des SXNET

Ereignis Nr. Abb. 15	Datum	Herzzeit (UTC) h:min:s	Koordinaten geogr. Breite °N/ geogr. Länge °O	Herdtiefe km	Lokalmag- nitude (ML)	Entfer- nung km	Herdort
1	22.01.2010	04:05:44	51.25/19.06	10	3.4	300	Bergbaurevier Bełchatów, Polen
2	20.02.2010	16:36:08	51.50/16.06	2	4.0	80	Bergbaurevier Lubin, Polen
3	03.04.2010	01:36:43	51.59/16.07	2	4.5	80	Bergbaurevier Lubin, Polen
4	30.12.2010	08:56:43	51.57/16.11	1	4.4	80	Bergbaurevier Lubin, Polen
5	14.02.2011	12:43:11	50.38/7.75	6	4.5	420	Bad Ems, Deutschland
6	25.08.2011	23:33:23.4	50.241/12.449	7.7	3.8	10	Nový Kostel, Tschechische Republik
7	02.09.2011	23:36:01.9	50.248/12.442	7.0	3.6	10	Luby, Tschechische Republik
8	20.05.2012	02:03:53	44.90/11.24	10	6.1	500	Norditalien

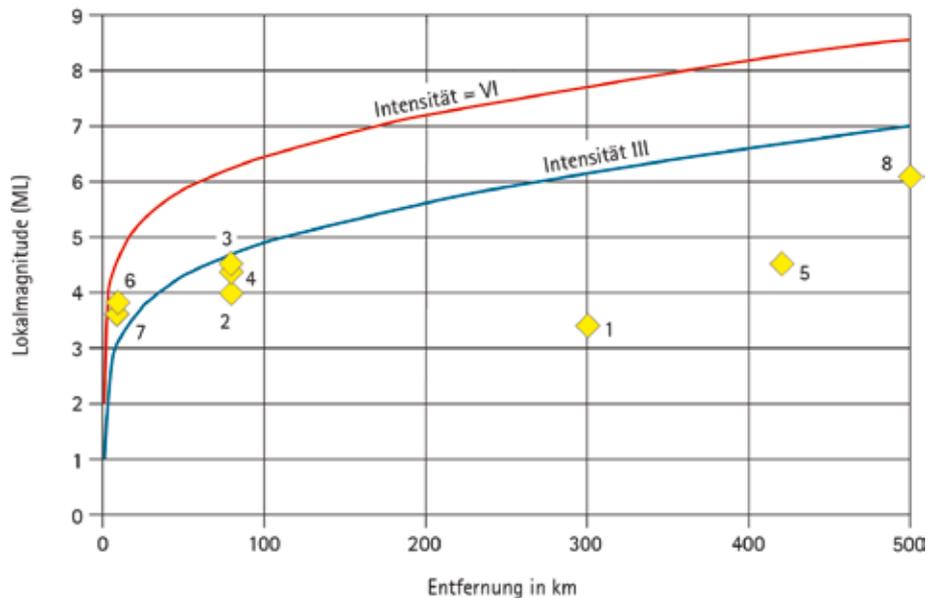


Abb. 15: Entfernungsmäßige Zuordnung von Magnitudenwerten der in Tab. 6 aufgeführten seismischen Ereignisse (◆) mit den eingetragenen Kurven zur Überschreitung der Intensität III (Wahrnehmbarkeit) und VI (eventuelle auftretende Schäden); 1 – 8 seismische Ereignisse

nehmung. In den Bereich der makroseismischen Schadenswirkung gelangte kein Ereignis. Diese Abschätzungen decken sich mit den gemachten Beobachtungen, wonach lediglich Erschütterungen, ausgelöst durch die stärksten Ereignisse des Erdbebenschwarmes aus dem Herdgebiet Nový Kostel bzw. den stärksten Bergschlag aus dem Bergbauggebiet Lubin, im Vogtländischen bzw. Lausitzer Grenzgebiet wahrgenommen wurden.

Erdbeben in Europa im Zeitraum 2010 – 2012

In der Tab. 7 sind die stärksten Erdbeben in Europa mit einer Raumwellenmagnitude von $m_b \geq 5.7$ aufgeführt und in der Abb. 16 mit der entsprechenden Nummer dargestellt. Zusätzlich sind in Abb. 16 alle seismischen Ereignisse mit einer Raumwellenmagnitude von $4.0 \leq m_b < 5.7$ eingezeichnet. Es ist zu erkennen, dass die größte seismische Aktivität in Südosteuropa auftritt. Das stärkste Beben ereignete sich am 01. April 2011 auf Kreta mit einer Magnitude von 6.2.

Tab. 7: Seismische Ereignisse 2010 – 2012 in Europa mit Raumwellenmagnitude $m_b \geq 5.7$

Ereignis Nr. Abb. 16	Datum	Herdzeit (UTC) h:min:s	Koordinaten geogr. Breite °N/ geogr. Länge °O	Herdtiefe km	Raumwellen- magnitude (mb)	Herdgebiet
1	08.03.2010	02:32:34.7	38.864/39.986	12.0	5.9	Osttürkei
2	11.04.2010	22:08:12.8	36.965/-3.542	609.8	6.0	Straße von Gibraltar
3	01.04.2011	13:29:10.7	35.662/26.560	59.9	6.2	Kreta
4	19.05.2011	20:15:22.9	39.149/29.103	7.0	5.8	Westtürkei
5	20.05.2012	02:03:52.0	44.890/11.230	6.3	5.8	Norditalien
6	22.05.2012	00:00:32.8	42.645/22.968	10.0	5.7	Bulgarien
7	29.05.2012	07:00:03.0	44.851/11.086	10.2	5.9	Norditalien
8	10.06.2012	12:44:16.6	36.420/28.880	35.0	5.8	Dodekanes, griechische Inselgruppe
9	12.09.2012	03:27:46.3	34.783/24.110	32.4	5.7	Kreta

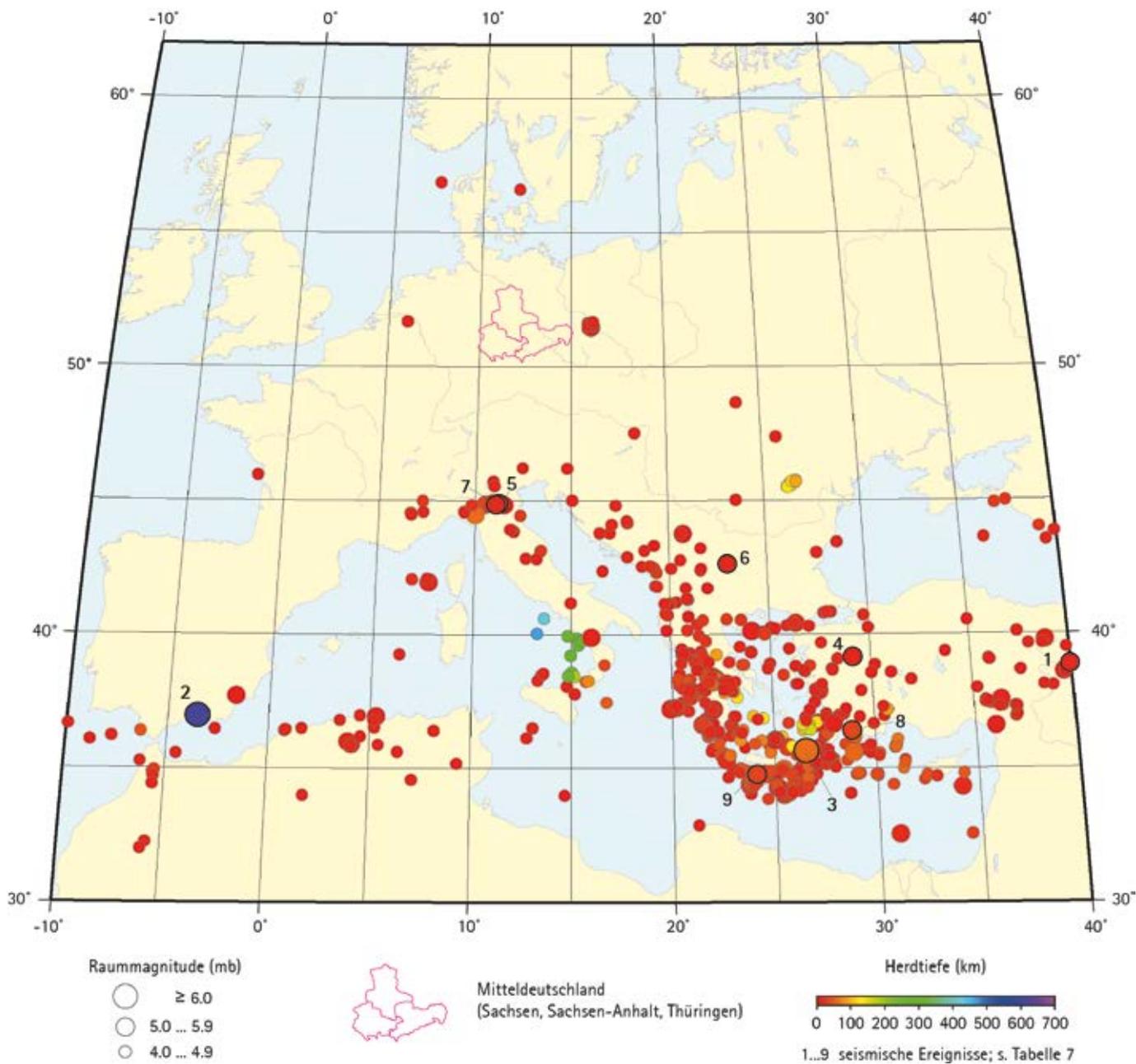


Abb. 16: Seismische Ereignisse 2010–2012 in Europa mit Raumwellenmagnitude $mb \geq 4.0$;
 Quelle: Erdbebenkatalog des NEIC (National Earthquake Information Center) des geologischen Dienstes der USA (USGS)

3 Seismologische Netze in Mitteldeutschland

3.1 Sachsennetz (SXNET) mit Stationen von Sachsen-Anhalt

3.1.1 Online-Stationsnetz (permanentes Netz)

In den letzten drei Jahren bestand das sächsische permanente Online-Netz unverändert aus neun sächsischen Stationen und zwei Stationen des Landesamtes für Bergwesen und Geologie in Sachsen-Anhalt (Abb. 17, Tab. 8). Bereits seit 2000 dient es der Überwachung der für den Freistaat Sachsen relevanten seismischen Aktivität. Im Wesentlichen deckt das Netzwerk die seismisch aktiven Gebiete im Vogtland und die nördlich davon im Dreiländereck von Sachsen, Sachsen-Anhalt und Thüringen gelegenen Abschnitte der Störungszone von Leipzig-Regensburg ab. Dabei variiert die Stationsdichte stark und bildet sowohl die Verteilung der Seismizität als auch die stark wechselnden Beobachtungsmöglichkeiten ab.

Mit den umliegenden seismischen Online-Netzen sowohl auf nationaler Ebene – Deutsches Regionalnetz seismologischer Breitbandstationen (GRSN) und Tschechisches Regionales Seismisches Netzwerk (CRSN) – als auch auf Länderebene – Thüringer Seismologisches Netz (TSN) und Bayern-Netz (BW) – wird der Datenaustausch organisatorisch und technisch weiter vertieft, sodass in Mitteldeutschland die Grenzen der verschiedenen Beobachtungsnetze sich überlagern. Damit wird es möglich, dass ein gemeinsames Mitteldeutsches Erdbebenetz entsteht. Im Leipziger Datenzentrum werden die kontinuierlichen Seismogramme der 11 Online-Stationen des Sachsennetzes sowie weiterer 31 Stationen der Nachbarnetze unverzüglich zur Auswertung zur Verfügung gestellt.

Tab. 8: Stationen des Online-Netzes (SXNET) mit Stationen von Sachsen-Anhalt (SA)

Stationsabkürzung	Standort	geogr. Breite °N	geogr. Länge °O	Höhe m (NN)	In Betrieb seit
FBE	Freiberg, Lehr- und Besucherbergwerk »Alte Elisabeth«, 4. Gezeugstrecke	50.9212	13.3541	234.9	27.09.2004
GUNZ	Gunzen, Trinkwasserhochbehälter	50.3635	12.3316	669	08.08.2001
MULD	Muldenberg, Talsperre	50.413	12.407	678	20.12.2007
NEUB (SA)	Neuenburg, Burgmuseum	51.2083	11.7752	200	21.08.2003
ROHR	Rohrbach, Trinkwasserhochbehälter	50.2342	12.3168	629	07.08.2001
SCHF	Schönfels, Burgmuseum	50.6772	12.4031	435	14.06.2007
TANN	Tannenbergesthal, Besucherbergwerk	50.4149	12.4616	836	19.12.2000
TRIB	Obertriebels, privater Schuppen	50.3517	12.1370	510	19.12.2001
WERD	Werda, Talsperre	50.4476	12.3064	589	13.06.2001
WERN	Wernitzgrün, Trinkwasserhochbehälter	50.2874	12.3761	672	02.08.2000
WIMM (SA)	Wimmelburg, Bergwerk	51.521	11.505	80	16.09.2008

In den letzten Jahren wurde eine unveränderte Konzeption für das Online-Netzwerk verfolgt:

- Von der Bevölkerung spürbare natürliche oder künstlich erzeugte Erschütterungen können sofort messtechnisch erfasst und ausgewertet werden. Neben der manuellen Auswertung durch Seismologen gewinnt auch die automatische Auswertung an Bedeutung. Lage (Epizentrum) und Stärke (Magnitude) sollen innerhalb weniger Minuten bestimmt werden können, damit Behörden, Medien und Öffentlichkeit über Ort und mögliche Auswirkungen des Bebens unverzüglich informiert und gegebenenfalls Polizei, Feuerwehr, Katastrophenschutz etc. alarmiert werden können. Zu diesem Zweck werden die Daten aller 42 Online-Stationen des Sachsennetzes und der Nachbarnetze kontinuierlich vom Leipziger Datenzentrum empfangen und zur manuellen wie automatischen Auswertung bereitgestellt. Der zeitliche Verzug schwankt je nach Übertragungstechnik zwischen wenigen Sekunden und maximal 10 Minuten. Die manuelle Auswertung erfolgt unverändert am Observatorium Collm, die Ergebnisse werden im Internet veröffentlicht und bei Überschreiten der Meldeschwellen an das LfULG gemeldet. Parallel dazu läuft die automatische Registrierung (Detektion) und Ortung (Lokalisierung) der für Sachsen relevanten Seismizität seit November 2012 im vollautomatischen Probetrieb.
- Kleinere, in der Regel nicht spürbare Ereignisse sollen in seismisch aktiven Gebieten ebenfalls möglichst lückenlos erfasst werden. Über eine längere Beobachtungszeitspanne werden durch die präzise Lokalisierung dieser Mikroerdbeben Hinweise auf Verlauf und tektonischen Spannungszustand aktiver Störungszonen im Untergrund gewonnen. Daraus soll ihr Potenzial für das Auftreten stärkerer Beben eingeschätzt werden. Die sehr gute Abdeckung des Online-Netzes im Vogtland wird dann bei Bedarf in anderen Gebieten mit mobilen Stationen des Offline-Netzes verdichtet.

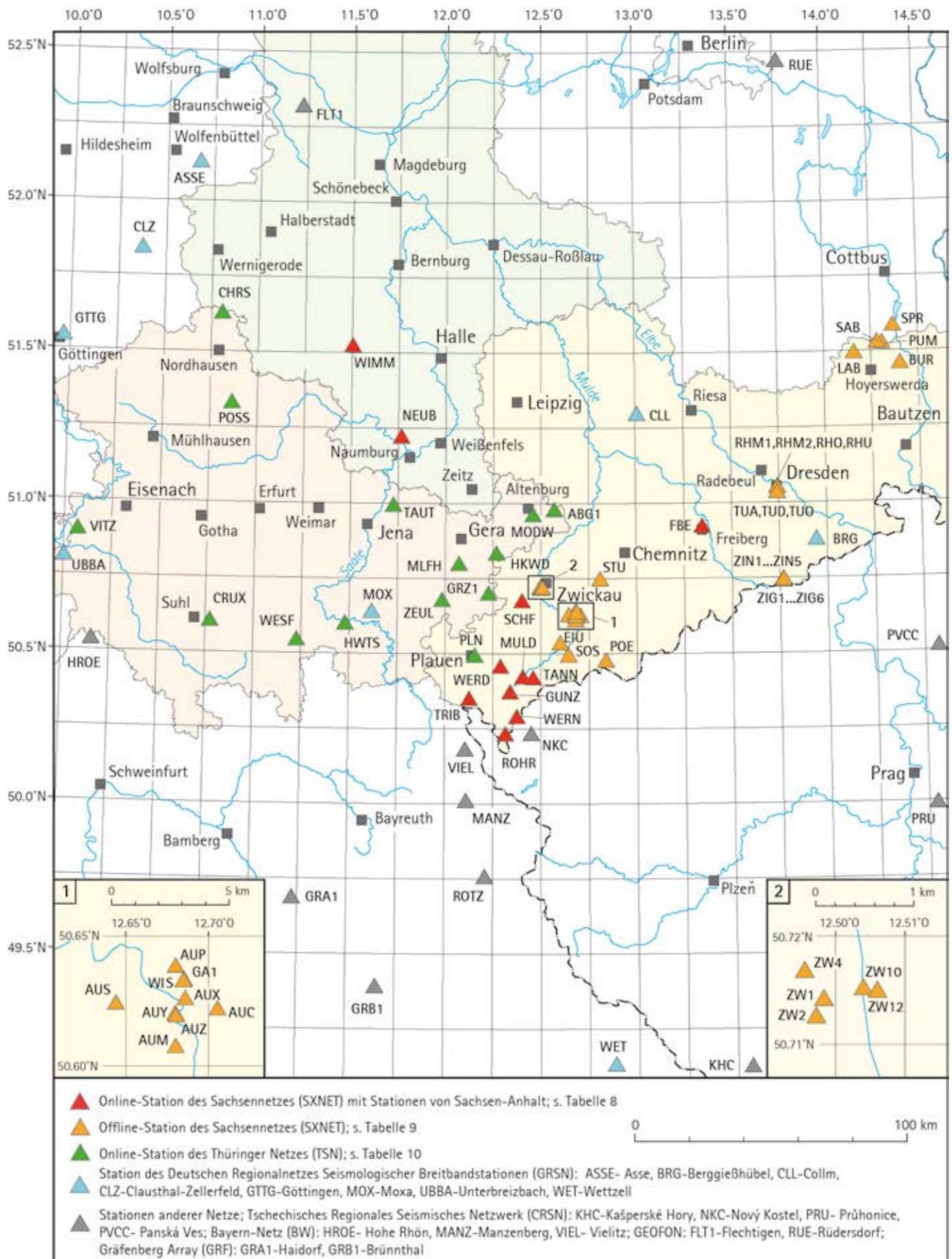


Abb. 17: Stationen der seismologischen Netze in Mitteldeutschland – Sachsennetz (SXNET) mit Stationen von Sachsen-Anhalt und Thüringer Netz (TSN) und Stationen angrenzender Gebiete, Standortabkürzungen der Online-Netze s. Tab. 8 und 10 und des Offline-Sachsennetzes s. Tab. 9

3.1.2 Offline-Stationsnetz (mobiles Netz)

Ende 2013 bestand das Offline-Netz, das vom Institut für Geophysik der TU Bergakademie Freiberg betreut wird, aus dreizehn Stationen (Messgeräte). Diese wurden im Berichtszeitraum an den in Tab. 9 aufgeführten Standorten betrieben. Die Positionen dieser Standorte sind in Abb. 17 dargestellt. Die gemessenen Daten werden nicht kontinuierlich wie beim Online-Netz gewonnen. Die Offline-Stationen arbeiten im Triggermodus, d. h. es wird nur dann registriert, wenn am Standort ein Schwellenwert der Bodenerschütterung überschritten wird. Damit ist es möglich, dass die Stationen bei automatischer Abspeicherung über einen längeren Zeitraum ohne zusätzliche Betreuung betrieben werden können.

Durch den geringen Installationsaufwand (kein Datenübertragungsanschluss erforderlich) und die unkomplizierte Handhabbarkeit sind die Stationen mobil und temporär einsetzbar. Damit kann das Offline-Stationsnetz schnell entsprechend sich aktuell ergebender seismologischer Monitoringaufgaben aufgestellt werden.

Im Rahmen der durch den Seismologie-Verbund koordinierten Tätigkeit zur seismischen Überwachung des Freistaates Sachsen ergeben sich für das Offline-Stationsnetz die im Folgenden aufgeführten Arbeitsschwerpunkte.

Monitoring von induzierter Seismizität

Die Überwachung von induzierter Seismizität durch lokale seismische Stationsnetze gewinnt zunehmend an Bedeutung. Unter induzierter Seismizität versteht man das direkte Verursachen von Erdbeben durch menschlichen Eingriff. In Sachsen beobachtet man induzierte Seismizität vorwiegend im Zusammenhang mit Bergbau. Zur Überwachung seismisch gefährdeter Bereiche kommt das Offline-Stationsnetz in den Bergbaugebieten des Erzgebirges sowie den Tagebaugebieten der Lausitz zum Einsatz.

Seit 1997 ist in der Umgebung des Wismutbergbaugebietes Aue ein lokales Offline-Stationsnetz zur Überwachung des Flutungsprozesses der Grube Schlema/Alberoda installiert. Durch die Flutung der Hohlräume kommt es zu Spannungsumlagerungen im umgebenden Gestein. Bei Überschreitung der Bruchfestigkeit des Gesteins treten räumlich eng begrenzte Brüche, sogenannte Bergstöße, auf. In Koordination mit dem Messnetz der Wismut GmbH werden die Registrierungen des Offline-Stationsnetzes für eine Regulierung des Flutungsgeschehens im Hinblick auf eine Begrenzung der induzierten seismischen Aktivität genutzt.

Ein weiteres Aufgabengebiet ergibt sich im Bereich von Tagebauen des Lausitzer Braunkohlebergbaus. Die in Kippenbereichen – sowohl noch betriebener, als auch bereits gefluteter Tagebaue – beobachteten Böschungsrutschungen bzw. Geländeeinbrüche können durch lokal installierte seismische Stationen registriert werden. Die Lokalisierung und genaue Herdparameterbestimmung dieser geotechnischen Ereignisse bzw. damit im Zusammenhang stehender induzierter seismischer Ereignisse liefern wichtige Anhaltspunkte zur Eingrenzung bruch- und rutschunggefährdeter Bereiche.

Monitoring aktiver Erdbebencluster und seismotektonische Untersuchungen

Erdbebengebiete mit geringer seismischer Aktivität außerhalb des Detektionsbereiches des Online-Netzes können beim Einsetzen einer seismischen Aktivität mit Hilfe eines lokalen Offline-Netzes näher untersucht werden.

Durch eine gezielte Anordnung der Stationen in unmittelbarer Nähe der Erdbebenherde können sehr schwache Erdbeben erfasst und gleichzeitig wichtige Herdparameter optimal bestimmt werden.

Eine weitere Aufgabe des Offline-Stationsnetzes ist die Detektion von Erdbeben im Bereich tektonisch vorgeprägter Störungszonen, wie beispielsweise der Elbtalzone oder der Gera-Jáchymov-Störungzone.

Die damit verbundenen seismotektonischen Untersuchungen basieren auf Langzeitbeobachtungen und erfordern deshalb eine längere Standzeit der Stationen.

Im Bereich der Elbtalzone ist die Erfassung lokaler Erdbeben durch eine Station TUD (Standort im Keller des »Schubert-Baus« der TU Dresden) im Stadtgebiet von Dresden, abgesichert.

Ingenieurseismologische Arbeiten zur Abschätzung der seismischen Gefährdung

Optimale Registrierbedingungen ergeben sich durch die Installation seismischer Offline-Stationen in Talsperrenbauwerken. Aus diesem Grund werden im Auftrag der Landes-talsperrenverwaltung des Freistaates Sachsen (LTV) die Offline-Stationen EIB (Eibenstock) und SOS (Sosa) an den betreffenden Talsperrenstandorten betrieben.

Neben der Registrierung der Mikroseismizität dienen diese Stationen gleichzeitig dem Monitoring der dynamischen Belastung von Talsperren, hervorgerufen durch natürliche (Erdbeben) und künstliche Erschütterungen (Sprengungen). Hierbei geht es vor allem um die Einschätzung zu Standsicherheitsfragen. An einigen Talsperren wurden im Berichtszeitraum Umpositionierungen der Seismometer an tiefer liegende Standorte vorgenommen, um den Einfluss der Mauerschwingungen auf die Messungen zu minimieren.

Der Abschätzung der seismischen Gefährdung dient ebenso das um die Grube Schlema/Alberoda installierte Offline-Stationensnetz. Es misst die durch induzierte seismische Ereignisse hervorgerufenen maximalen Bodenerschütterungen.

Standortuntersuchungen und Mikrozonierung

Im Rahmen der seismischen Gefährdungsanalyse werden in Gebieten, in denen aufgrund der dichten Besiedlung bzw. der starken Industrialisierung ein erhöhtes seismisches Risiko besteht, Mikrozonierungsarbeiten durchgeführt. Diese untersuchen neben der Erdbebengefährdung auch den Einfluss der lokalen Geologie, um Zonen ähnlichen Untergrundverhaltens bei Erdbebeneinwirkung zu erfassen. Dabei werden unter anderem Untergrundeffekte an den einzelnen Stationsstandorten bestimmt. Im Zusammenhang mit Rauschuntersuchungen (Messung der Bodenunruhe) liefern diese Messungen wichtige Anhaltspunkte für die Qualität eines Stationsstandortes, was bei der Standortwahl neu zu installierender Stationen von Bedeutung ist.

Neben den vorhandenen Standorten für seismologische Stationen ist es im Bedarfsfall erforderlich, weitere Standorte zeitnah zu besetzen. Die Registrierbedingungen für die Messgeräte müssen dafür im Vorfeld bewertet werden, um eine schnelle und optimale Aufstellung vornehmen zu können.

Tab. 9: Stationen des Offline-Netzes

Stations- abkürzung	Standort	geogr. Breite °N	geogr. Länge °O	Höhe m (NN)	Betriebszeit
Zwickau					
ZW1	Technikum 1, Kollektorgang	50.7141	12.4983	261	07.03.12 – 22.03.12
ZW2	Tivoli, Keller	50.7125	12.4972	263	07.03.12 – 20.11.12
ZW4	Domhof, Keller	50.7167	12.4955	280	07.03.12 – 20.11.12
ZW10	Taubenzüchterverein, Garage	50.7151	12.5040	280	22.03.12 – 24.05.12 12.06.12 – 01.08.12
ZW12	Pöhlauer Str. 5, Keller	50.7149	12.5060	285	01.08.12 – 20.11.12
Region Aue					
AUC	Aue, Viehzucht	50.6216	12.7053	448	seit 22.10.04
AUP	Aue, »Prinzenhöhle«, Garage	50.6381	12.6802	369	seit 22.10.04
AUM	Aue, Markus-Semmler-Straße, Keller Wohnhaus	50.6072	12.6802	401	seit 22.10.04
AUS	Aue, Baumarkt Wildbach	50.6260	12.6440	512	seit 24.07.07
AUX	Aue, Nähe Wasserbehandlungsanlage, Keller Wohnhaus	50.6257	12.6858	343	seit 29.04.08
WIS	Aue, Kernlager Wismut GmbH	50.6325	12.6847	343	14.12.11 – 08.05.12
AUY	Aue, Hangweg, Keller Wohnhaus	50.6199	12.6798	352	08.05.12 – 24.05.12 12.06.12 – 10.07.12
AUZ	Aue, Mühlweg, Keller Wohnhaus	50.6191	12.6804	350	seit 10.07.12
GA1	Aue, Hauptgebäude Wismut GmbH	50.6329	12.6852	344	seit 09.08.12

Fortsetzung nächste Seite

Stations- abkürzung	Standort	geogr. Breite °N	geogr. Länge °O	Höhe m (NN)	Betriebszeit
Talsperren					
EIU	Eibenstock, Staumauer, Schieberhaus	50.5301	12.5992	490	seit 23.10.08
STU	Stollberg, Querenbach-TS, Turmfuß	50.7149	12.8071	427	21.04.09 – 30.03.10
SOS	Sosa, Mauerkrone	50.4900	12.6426	636	04.02.09 – 30.03.10 27.04.10 – 28.09.10 seit 16.11.10
Erzgebirge					
POE	Pöhla, Besucherbergwerk	50.4725	12.8380	600	21.04.09 – 28.09.10 16.11.10 – 03.05.11 20.09.11 – 12.06.12
ZIN1	Zinnwald, Wohnhaus	50.74044	13.76420	768	23.03.10 – 15.04.10
ZIN2	Zinnwald, Garage	50.73953	13.76546	779	25.03.10 – 15.04.10
ZIN3	Zinnwald, Wohnhaus	50.73897	13.76336	791	25.03.10 – 15.04.10
ZIN4	Zinnwald, Keller	50.73826	13.76665	792	31.03.10 – 15.04.10
ZIN5	Zinnwald, Keller	50.73948	13.76843	793	31.03.10 – 15.04.10
ZIG1	Zinnwald, Grube, oberhalb Treppe	50.7368	13.7676	761	15.04.10 – 02.06.10 20.01.11 – 06.07.11
ZIG2	Zinnwald, Grube, Ende von Gang	50.7363	13.7636	752	15.04.10 – 14.07.10 07.01.11 – 06.07.11
ZIG3	Zinnwald, Grube, Nische Augenhöhe	50.73691	13.76401	752	15.04.10 – 02.06.10
ZIG4	Zinnwald, Grube, Heizungsraum	50.7422	13.7677	763	26.01.11 – 18.02.11
ZIG5	Zinnwald, Grube, Stollneingang	50.7420	13.7677	749	18.02.11 – 10.03.11
ZIG6	Zinnwald, Grube, Nähe Lüfter	50.7416	13.7673	749	16.06.11 – 06.07.11
Dresden					
TUD	TU Dresden, »Schubert-Bau«, Zellescher Weg, Keller	51.0297	13.7403	131	19.01.09 – 25.03.10 07.06.10 – 15.06.10 31.03.11 – 24.05.11 30.08.11 – 27.09.11 10.01.12 – 07.02.12
TUO	TU Dresden, »Schubert-Bau«, Zellescher Weg, 6. Stock	51.0297	13.7403	141	02.03.10 – 25.03.10
TUA	TU Dresden, »Schubert-Bau«, außen	51.0298	13.7405	131	31.03.11 – 24.05.11 30.08.11 – 02.11.11
RHU	Neues Rathaus DD, Tiefkeller	51.0481	13.7411	123	08.10.10 – 19.01.11 01.09.11 – 27.09.11
RHO	Neues Rathaus DD, 13. OG (Turm)	51.0481	13.7411	207	08.10.10 – 19.01.11 01.09.11 – 27.09.11
RHM1	Neues Rathaus DD, 8. OG (Turm)	51.0481	13.7411	179	09.11.10 – 24.11.10
RHM2	Neues Rathaus DD, 5. OG (Turm)	51.0481	13.7411	156	24.11.10 – 21.12.10
Lausitz					
BUR	Burghammer, Stauspeicher, Überlaufbohrwerk Lohsa	51.4549	14.4027	117	24.06.10 – 09.11.10 28.09.11 – 06.03.12
LAB	Laubusch, Bekalkungsanlage	51.4911	14.1587	119	24.06.10 – 09.11.10 28.09.11 – 21.02.12
SPR	Spremburg, Vorsperre Talsperre	51.5795	14.3672	99	24.06.10 – 11.08.10
PUM	Bauwerk 8	51.5216	14.3081	113	29.07.10 – 09.11.10
SAB	Sabroth, Keller Gemeindehaus	51.5248	14.2811	114	28.09.11 – 02.02.12 09.02.12 – 21.02.12

3.2 Das Thüringer Seismologische Netz (TSN)

Das Thüringer Seismologische Netz (TSN) wurde im Jahr 2008 in Nachfolge des Ostthüringer Seismologischen Netzes (OTSN), als Online-Netz in Betrieb genommen (Abb. 17, Tab. 10). Nachdem alle OTSN Stationen im Juli 2008 abgeschaltet wurden, registrierten die Stationen HKWD (Heukewalde), PLN (Plauen) und TAUT (Tautenburg) als erste TSN Stationen seismologische Daten. Schrittweise wurde das Netz auf insgesamt 7 Stationen erweitert. In Zusammenarbeit der Friedrich-Schiller Universität Jena (FSU) und der Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie (TLUG) wurde begonnen das TSN für die Erfordernisse einer automatischen Überwachung und Sofortinformation auszubauen. Dazu wurde das Stationsnetz ab dem Jahr 2009 umfangreich erweitert. Auf der Grundlage der bestehenden Kooperationsvereinbarung stellt die Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie das gesamte für das seismologische Monitoring notwendige Equipment zur Verfügung inklusive der Datenübertragung, während das Institut für Geowissenschaften der Friedrich-Schiller-Universität das Aufstellen, die Wartung und die seismologische Auswertung übernimmt.

So können im Falle des Auftretens eines seismologischen Ereignisses unverzüglich Informationen über den Ort und mögliche Auswirkungen eines Bebens an Behörden, Stauanlagenbetreiber, Medien und Öffentlichkeit erfolgen und gegebenenfalls Polizei, Feuerwehr, Katastrophenschutz alarmiert werden. Die Lage (Epizentrum) und Stärke (Magnitude) des Erdbebens müssen innerhalb weniger Minuten geortet werden. Das Thüringer Seismologische Netz erfüllt den Zweck, auch kleinere seismische Ereignisse zu messen und exakt zu lokalisieren. Die seismologischen Stationen werden in Clustern im Gebiet des Freistaates Thüringen gruppiert. Dadurch kann auch die Tiefe des Ereignisses (Hypozentrum) bestimmt werden.

Tab. 10: Stationen des Online-Netzes (TSN)

Stations- abkürzung	Standort	geogr. Breite °N	geogr. Länge °O	Höhe m (NN)	in Betrieb seit
ABG1	Forsthaus Leinawald	50.96757	12.57625	203	22.11.2012
CHRS	Christianenhaus	51.60994	10.81861	560	09.05.2012
CRUX	Bergwerk »Schwarzer Crux«	50.60195	10.79214	712	09.10.2012
GRZ1	Mausoleum Waldhaus Greiz	50.6908	12.21964	203	30.01.2012
HKWD	Heukewalde	50.8297	12.26811	308	22.05.2008
HWTS	Talsperre Hohenwarte	50.59227	12.47223	555	01.11.2009
MLFH	Mildenerfurth	50.789821	12.080908	232	28.06.2010
MODW	Modelwitz	50.94269	12.46844	240	01.09.2009
PLN	Plauen	50.48522	12.15733	432	29.04.2008
POSS	Possen	51.33267	10.86677	425	19.04.2010
TAUT	Tautenburg	50.98161	11.71074	330	16.05.2008
VITZ	Vitzeroda	50.8876	10.09165	392	20.05.2010
WESF	Westfeld	50.53747	11.2123	744	12.07.2012
ZEUL	Talsperre Zeulenroda	50.67064	11.97713	346	17.10.2012

In Thüringen, wie überhaupt in Mitteldeutschland, sind Standorte für die empfindlichen seismologischen Stationen nur begrenzt verfügbar. Die vorhandene Infrastruktur erzeugt eine hohe seismische Unruhe. Das Vorhandensein von Festgestein im Untergrund der Station ist eine entscheidende Voraussetzung für die Gewinnung hochwertiger seismologischer Daten. Das Fehlen von Stromanschlüssen, mangelnde Funkanbindungen oder schlechte Übertragungsmöglichkeiten über Telefonleitungen sind weitere Hindernisse bei der Einrichtung einer seismologischen Station. Nur jeder dritte getestete Stationsplatz erweist sich letztlich als geeignet.

Der Freistaat Thüringen wird in fünf seismologisch unterschiedlich aktive Regionen unterteilt (Abb. 18). Als wichtigste Monitoringbereiche wurden in Beachtung der DIN 4149: »Bauten in deutschen Erdbebengebieten« das Cluster 1 – Region Ostthüringen und Westsachsen (mit den Stationen TAUT, ABG1, MODW, HKWD) und das Cluster 2 – Region Vogtland/Westböhmen (mit den Stationen GRZ1, PLN, ZEUL, MLFH) auf Thüringer Seite ausgebaut. Es folgen das Cluster 3 – Region Thüringer Wald/Schiefergebirge mit nördlichen und südlichen Vorland (mit den Stationen CRUX, WESF, HWTS) und das Cluster 4 – Region Südwestthüringen (mit der Station VITZ) sowie das Cluster 5 – Region Nordthüringen und Harz (mit den Stationen CHR5, POSS).

Mit der Inbetriebnahme einer seismologischen Station am Oberbecken der Talsperre Hohenwarte am 01. November 2009 wurde begonnen, die Thüringer Stauanlagen in das Monitoring des TSN einzubinden. Die Grundlage hierfür bildet die Thüringer Technische Anleitung Stauanlagen (Thür TA-Stau: 2005 – 06, berichtigte und ergänzte Fassung 2007 – 05). Bis zum Jahr 2012 folgten weitere seismologische Stationen im Bereich der Talsperre Zeulenroda und eine Teststation an der Talsperre Schmalwasser.

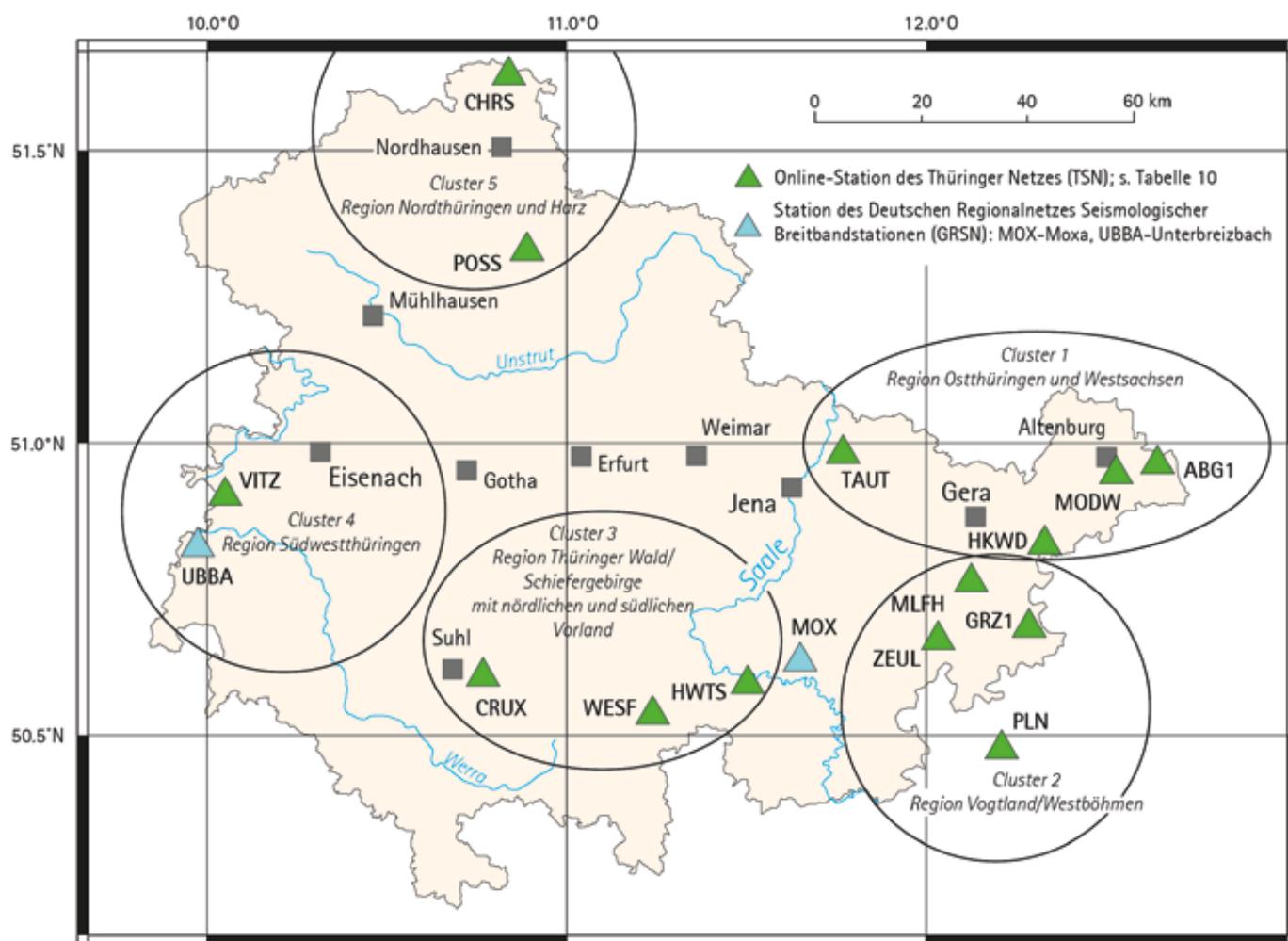


Abb. 18: Das Thüringer Seismologische Netz und dessen Einteilung in fünf seismologisch unterschiedlich aktive Regionen

Ein Merkmal des Thüringer Seismologischen Netzes ist die weitgehende Automatisierung des Datenflusses vom Seismometer bis zur Archivierung. Somit ist eine automatische Überwachung in den einzelnen Regionen möglich. Die Stationen des TSN sind mit einem Zentralrechner des Institutes für Geowissenschaften der Friedrich Schiller Universität in Jena verbunden.

Mit der Beobachtung von Schwarmbeben in der Region Vogtland/West Böhmen und der systematischen Forschung auf dem Gebiet der Seismologie steht das Thüringer Seismologische Netz in der langjährigen Tradition von wissenschaftlichen Vorgängereinrichtungen wie dem Zentralinstitut für Physik der Erde am Standort Jena. Hier wird ein Erkenntnisgewinn zu Ursachen und Charakteristik der Seismizität in den genannten Gebieten erwartet.

Alle Arbeiten, ob Gerätebeschaffung, Standortsuche oder Wartung sind darauf ausgerichtet, kontinuierlich, störungsfrei, qualitativ hochwertige Daten zu liefern, um einen möglichst effektiven Datenaustausch online mit nationalen und internationalen Partnern zu sichern. Insgesamt überwachen derzeit 14 seismologische Stationen des TSN und weitere Stationen benachbarter Erdbebendienste Thüringen und die angrenzenden Gebiete.

2013/2014 ist der abschließende Ausbau des Stationsnetzes in Nordthüringen und Harz (Cluster 5) sowie in Südwestthüringen (Cluster 4) geplant.

Das seismologische Monitoring in den Regionen der Thüringer Talsperren steht in engem Zusammenhang mit den Regelungen der Thür TA Stau (Thüringer Technische Anleitung Stauanlagen). Diese befindet sich derzeit als lebendes Regelwerk in der Überarbeitung durch das verantwortlich zeichnende Thüringer Ministerium für Landwirtschaft, Naturschutz und Umwelt. Bezüglich der geforderten ingenieurseismologischen Bewertung von Talsperrenstandorten der Talsperrenklasse 1 und unter bestimmten Voraussetzungen auch Talsperrenklasse 2 erwies es sich bei der Umsetzung als notwendig, im Rahmen eines seismologischen Monitoring langfristig Daten zu gewinnen. Der Freistaat Thüringen ist ein talsperrenreiches Bundesland und nach DIN 4149 gemeinsam mit Sachsen und Sachsen-Anhalt betroffen von der ostthüringisch/westsächsischen/westböhmisches Erdbebenzone.

Der Ausbau des TSN hat bezogen auf die ingenieurseismologische Bewertung der vorhandenen Talsperrenstandorte und möglicher neuer Standorte das langfristige Monitoring von seismologischen Ereignissen und die Ableitung von standortbezogenen Kennwerten zur besseren Einschätzung des Georisikos Erdbeben zum Ziel.

Die notwendige Datenerhebung wird durch die Stauanlagenbetreiber in Thüringen unterstützt.



Seismologische Station »Bergwerk Schwarzer Crux« (CRUX)

Die seismologische Station »Bergwerk Schwarzer Crux« ist die neueste Station im Thüringennetz. Sie befindet sich im Biosphärenreservat Vessertal im Thüringer Wald etwa 7 km von Suhl entfernt. In einem der schönsten Magnetitbergwerke Deutschlands. Hier wurden ab dem 17. Jh. bis etwa 1924 eines der größten Eisenerzvorkommen Thüringens abgebaut. 1924 wurde die Zeche stillgelegt, seit 2007 ist der »Schwarze Crux« als Besucherbergwerk teilweise für die Öffentlichkeit zugänglich.

Am 28. Februar 2012 begannen erste Testmessungen im Bergwerk. Hierfür wurde durch die Thüringischer Landesanstalt für Umwelt und Geologie (TLUG) ein hoch empfindliches Seismometer (Periodendauer 60 s) beschafft. Die analogen Signale werden in einem Digitalisierer (Firma Reftek aus den USA) umgewandelt. Die Daten der Station werden über Tage online per Funkrouter zur Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe (BGR) nach Hannover übertragen und dort dauerhaft archiviert. Die Datenübertragung erfolgt in 3 Datenströmen zu 100, 20 und 1 Hz.

Abb. 19: Messstelle im Bergwerk »Schwarzer Crux«

Schon wenige Tage nach Testbeginn, am 28. März 2012, konnten mehrere sehr kleine lokale tektonische Ereignisse südöstlich von Ilmenau registriert werden. In Abb. 20 ist die Registrierung eines Erdbebens vom 28. März 2012 mit einer Lokalmagnitude (ML) = -0.6 und einer Tiefe von ca. 5 km dargestellt. Nach Ende der Testmessung wurde das Seismometer um 150 m an eine etwas ruhigere Stelle in etwa 35 m Tiefe im Bergwerk versetzt. Zum 09. Oktober 2012 wurde die Station offiziell in das Thüringer Seismologische Netz aufgenommen und erhielt das Kürzel CRUX.

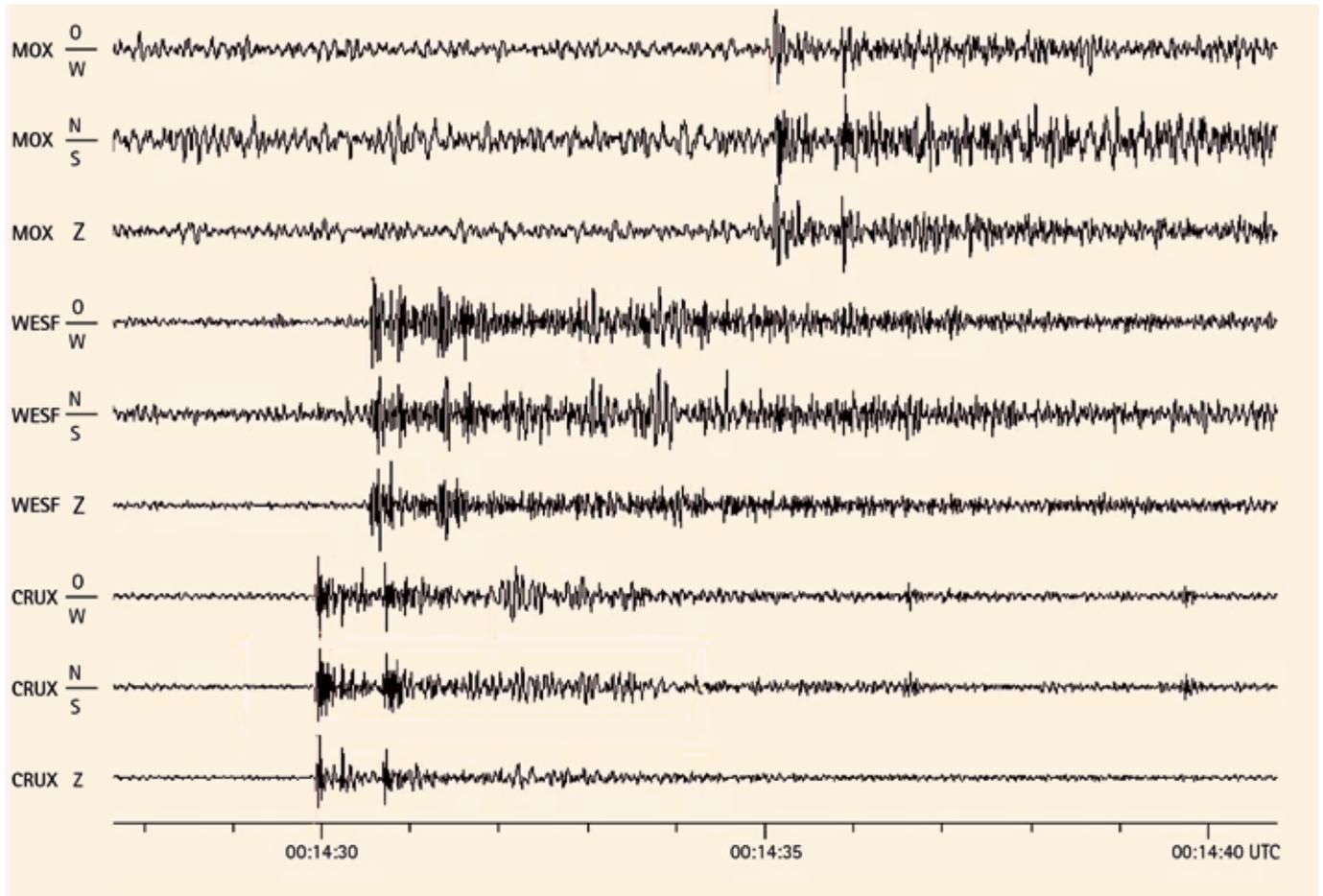


Abb. 20: Registrierung der O-W bzw. N-S (Horizontal)komponenten und der Z - (Vertikal)komponente des seismischen Ereignisses vom 28. März 2012 um 00:14:28 UTC südöstlich von Ilmenau (Lokalmagnitude ML -0.6, Tiefe 5 km, Koordinaten 50.616 °N und 10.998 °O) an den Stationen MOX-MOXA, WESF-Westfeld und CRUX-Bergwerk »Schwarzer Crux«

4 Seismohydrologie zur Erdbebenprognose im Vogtland

Der Pegel

ist allgemein eine Einrichtung zur Wasserstandsmessung an Flüssen/Seen oder im Grundwasserbereich. Bei letzterem handelt es sich meist um Bohrungen, die dann als Grundwasserpegel oder Grundwasserbeobachtungsrohr bezeichnet werden.

Die Mofette

ist ein konzentrierter Gasaustritt (meist CO₂) in vulkanisch oder magmatisch aktiven Gebieten. Im Gegensatz zu Mineralquellen, wo diese Gase gemeinsam mit dem aufsteigenden Wasser transportiert werden, sind Mofetten trockene Gasaustritte, auch dann, wenn sie mit oberflächennahem Grundwasser gefüllt sind. Die nächsten Mofetten in der Region befinden sich in Soos (ČZ). Deutschlandweit wäre die Vulkaneifel zu nennen

Aquifer = Grundwasserleiter

Der Fluiddruck

ist der Druck im (tiefen) Mehrkomponentensystem Wasser-Gas-gelöste Stoffe. Er wird besonders durch magmatische und tektonische Prozesse beeinflusst. Änderungen des Fluiddruckes können sich im Grundwasserleiter bzw. an der Erdoberfläche als Schwankung des Grundwasserstandes, der Quellschüttung und/oder der Entgasungsrate auswirken.

Die Grundwasserstände sind in Abhängigkeit von der Charakteristik des Grundwasserleiters und besonders des Gasgehaltes der Wässer unterschiedlich stark vom Luftdruck abhängig und zwar umgekehrt proportional. Hoher Luftdruck führt zu einer Kompression des Grundwassers im Kluft- bzw. Porenraum, die sich in niedrigeren Grundwasserspiegeln äußert, Tiefdruckgebiete bewirken das Gegenteil. Um diese Einflüsse in den übereinander dargestellten Zeitreihen besser sichtbar zu machen, wurde der Luftdruck invers aufgetragen. In der Darstellung finden sich also Peaks in der inversen Luftdruckkurve entsprechend über den Peaks des Grundwasserstandsverlaufs wieder.

Seismohydrologische Untersuchungen im Vogtland beschäftigen sich vorwiegend mit den Zusammenhängen zwischen lokalen Erdbeben und den Veränderungen von Grundwasserständen in Pegeln und Brunnen sowie des Gasflusses aus Mineralquellen und Mofetten. Diese flüssigen und gasförmigen Medien aus der Tiefe werden oft unter dem Begriff »Fluide« zusammengefasst. Von 1991 bis 2010 haben derartige Forschungen in einem Projekt der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig wichtige grundlegende Ergebnisse über die Reaktion des Fluidsystems vor, während und nach Schwarmbeben im Gebiet von Nový Kostel (ČR) erbracht (KOCH UND HEINICKE, 2010). So konnten Wochen bis Tage vor den Schwarmbebenperioden von 2000 und 2008 Anstiege des Grundwasserstandes im Bad Brambacher Aquifersystem sowie des hydrostatischen Druckes und der CO₂-Entgasung an der dortigen Wetzquelle registriert werden. Zur sicheren Identifikation solcher anomalen Druckeffekte, deren Ursprung in mehreren Kilometern Tiefe liegt, war besonders die Quantifizierung der Niederschlags- und Luftdruckeinflüsse auf das Fluidregime von fundamentaler Bedeutung.

Nach Abschluss dieses akademischen Langzeitvorhabens Ende 2010 ist es nicht nur gelungen, die wertvollen Langzeitreihen im Rahmen eines vom LfULG Sachsen finanzierten Projektes »Seismohydrologie« fortzusetzen, sondern auch damit zu beginnen, Methoden und Parameter für die Prognose lokaler Erdbeben im Oberen Vogtland herauszuarbeiten, um Schutz und Aufklärung der Bevölkerung hinsichtlich der lokalen Seismizität zu verbessern. Da die bisherigen Ergebnisse gezeigt hatten, dass der Fluiddruck ein wichtiger hydrologischer Parameter ist, wurde das Messnetz räumlich erweitert, um Lokationen zu finden, die hinsichtlich anderer Epizentren seismohydrologisch sensitiv sind (z. B. Bad Elster, nördlich von Bad Brambach, Klingenthal) und um auf künftige Bebenereignisse im Raum Nový Kostel/Luby (ČR) optimal vorbereitet zu sein. Damit sollten relevante Fortschritte und Ergebnisse auch dann gewährleistet sein,

Seit Mai 2011 sind im Oberen Vogtland zusätzlich fünf Grundwassermessstellen (GWM) mit Datenloggern ausgerüstet worden, die sich in Trägerschaft der Bad Brambacher Sprudel GmbH bzw. der Sächsischen Staatsbäder GmbH befinden (Abb. 21). Drei dieser Stationen zeigten bereits während der Schwarmbebenperiode im Raum Nový Kostel von August/September 2011 ko-seismische (begleitende) Grundwasserstandsanomalien zwischen 5 und 11 cm. Interessanterweise kam es am Brunnen Hennebach zu einem Wasserspiegelanstieg, während die weiter vom Epizentrum entfernt liegenden Stationen Gürth und Vorfeldbohrung Bad Elster einen deutlichen Grundwasserrückgang zeigten (Abb. 22). Die Gründe für diese unterschiedlichen Effekte bedürfen noch der Klärung. Vorstellbar ist einerseits eine Erhöhung des Porendruckes durch die geotektonischen Spannungen in Hennebach und andererseits eine Erweiterung von Poren- und Klufttraum durch seismische Schüttervorgänge an den Standorten Gürth und Bad

Abb. 21: Erweitertes Grundwassermessnetz für seismohydrologisches Monitoring im Oberen Vogtland wenn während der Projektlaufzeit bis November 2013 keine nennenswerte Seismizität im Gebiet um Nový Kostel auftritt. Mittelfristiges Ziel ist die Herausarbeitung von standortbezogenen Kriterien wie typischen Schwankungen des Grundwasserstandes, die für eine Anomalie-Identifizierung und damit als Basis für lokale Bebenprognosen relevant sind.

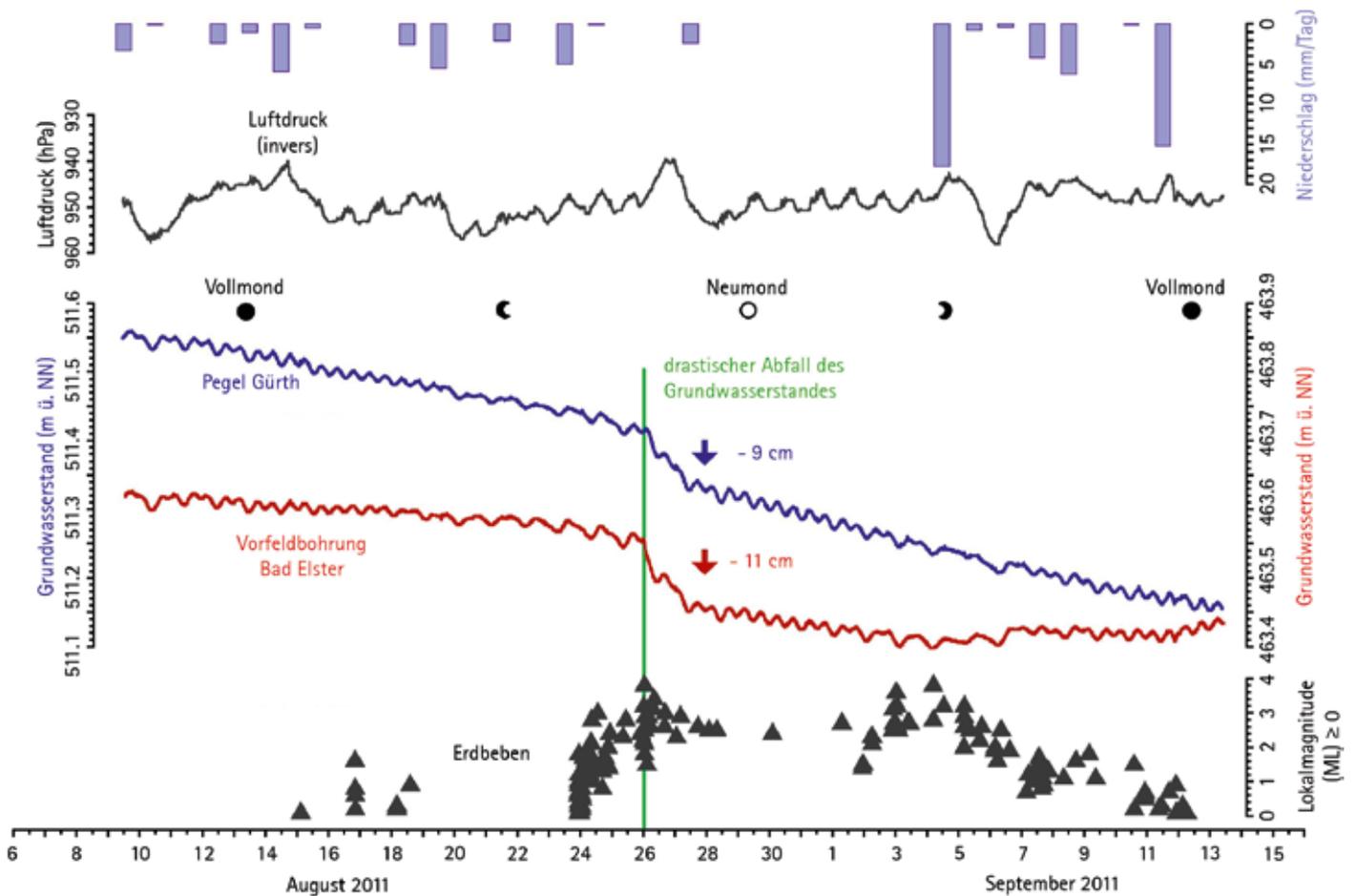


Abb. 22: Verlauf der Grundwasserstände am Pegel Gürth und der Vorfeldbohrung Bad Elster mit Luftdruck, Niederschlag und der lokalen Seismizität. Unmittelbar mit dem Bebenschwarm ($ML_{max} = 3.8$) setzt am 26.08.2011 ein drastischer Rückgang des Grundwasserstandes über ca. 36 Stunden ein. Die Frequenz der täglichen Wasserstandsvariationen ist eine Folge der Erdzeitenwirkung und ändert sich in Abhängigkeit von den Mondphasen.



Abb. 23: Grundwassermessstelle Pegel Gürth mit Druck-/Temperatursonde, SEBA-Dipper T3 und SlimCom-Modul für die Datenfernübertragung. Auf dem Deckel des Brunnenrohres ist eine Puckantenne montiert.

Elster. Zuverlässige Vorläufereffekte konnten 2011 an den neuen Stationen noch nicht registriert werden, weil die Messungen dort erst kurz vor den Beben begonnen hatten. Durch den relativ rasch geglückten Nachweis der seismischen Sensitivität an der Vorfeldbohrung Bad Elster, am Pegel Gürth und am Brunnen Hennebach konnte deren geplante Ausrüstung mit SEBA-SlimCom-Datenfernübertragungsmodulen von April 2013 auf November 2012 vorgezogen werden (Abb. 23).

Seitdem sind die im 15-min-Takt aufgezeichneten Grundwasserstands- und Temperaturdaten jederzeit über das HydroCenter der Fa. SEBA aus dem Internet abrufbar.

Um die Reproduzierbarkeit der bisherigen seismohydrologischen Effekte zu testen und herauszufinden, ob es überhaupt signifikante Vorläufereffekte gibt, ist mehr als nur eine Bebenperiode erforderlich. Mit den Schwarmbeben von August/September 2011 ist allerdings die Wahrscheinlichkeit, dass in den nächsten 2 – 3 Jahren markante Seismizität in der Region auftritt, geringer geworden. Daher ist es in jedem Falle noch verfrüht, die bisherigen Ergebnisse der drei seismohydrologisch empfindlichen Stationen des erweiterten Messnetzes als Basis für eine »operative Bebenprognose« zu verwenden, denn es handelte sich bei den gemessenen Anomalien um ko-seismische Anomalien, nicht um Vorläufer.

Geodätische GPS-Messungen tschechischer Kollegen zeigen, dass es während der Schwarmbeben 2008 im östlichen Eger-Becken zu horizontalen Verschiebungen, noch stärker aber zu Hebungen und Senkungen des Geländes von bis zu 167 mm gekommen war. SCHENK et al. (2012) führen dies auf Druckerhöhungen im Untergrund durch aufsteigende Fluide magmatischen Ursprunges zurück, wie dies bereits von BRÄUER et al. (2005, 2009) diskutiert wurde.

Regionale seismohydrologische Projekte führen daher sicherer zum Ziel, wenn ihre Laufzeit dem statistisch ermittelten Wiederkehrintervall von 7 – 10 Jahren für lokale Erdbeben im Vogtland und NW-Böhmen angepasst wird (NEUNHÖFER und MEIER, 2004). Eine Weiterführung dieser Untersuchungen ist somit nur über einen längeren Zeitraum sinnvoll, wenn man fundierte wissenschaftliche Aussagen erhalten will.

Die detaillierten bisherigen Ergebnisse des Projektes wurden in zwei Abschlussberichten Projektteil 1: Mai 2012; Projektteil 2: November 2013 vorgestellt. Ersterer und der Abschlussbericht »Radiometrie-Geochemie 2010« können von der Website der Sächsischen Akademie der Wissenschaften zu Leipzig heruntergeladen werden.

Danksagung

Der Autor dankt dem Geschäftsführer der Sächsischen Staatsbäder GmbH, Herrn Gernot Ressler und dem technischen Leiter, Herrn Sven Bohmeier für die Nutzungsmöglichkeit der zahlreichen Messstellen in Bad Brambach und Bad Elster sowie dem Geschäftsführer der Brambacher Mineralquellen GmbH, Herrn Andreas Henschke und seinen Mitarbeitern, den Herrn Peter Hartmann und Uwe Weber, für den Zugang zu den Brunnen Hennebach, Rohrbach 1 und Gürth sowie die großzügige technische Hilfe bei der Stationsausrüstung mit Funkübertragung.

Begriffserklärungen

anthropogen	vom Menschen erzeugt, verursacht
Bodenunruhe, mikroseismisch	mehr oder weniger quasistationäre relativ kurzperiodische Bodenbewegung, die vorwiegend durch die Tätigkeit des Menschen wie Industrie und Verkehr hervorgerufen wird (auch als Rauschen bezeichnet), stört die seismischen Aufzeichnungen
Cluster	eine Anzahl von gleichartigen Ereignissen, die räumlich oder zeitlich eng beieinander liegen
Detektionsschwelle	wird definiert durch die gerade noch sicher erfassbare Signalamplitude, wird beeinflusst von der Empfindlichkeit des ↗ Seismographen und der Größe der mikroseismischen ↗ Bodenunruhe
EMS	Europäische Makroseismische Skala, 1998 eingeführt ↗ Intensität
Epizentralintensität I_0	maximale Schütterwirkung an der Erdoberfläche
Epizentralentfernung D	Entfernung eines Punktes der Erdoberfläche vom ↗ Epizentrum
Epizentrum	senkrechte Projektion der Lage des ↗ Hypozentrums auf die Erdoberfläche
Erdbebengefährdung	statistische ermittelte Wahrscheinlichkeit für das Auftreten eines Erdbebens einer bestimmten Stärke
Erdbebenkatalog	Zusammenstellung von Erdbeben, die nach bestimmten Gesichtspunkten (z. B. Fühlbarkeit, Schadenswirkungen, Magnitude, Region) für Einzelaussagen und statistische Bearbeitung ausgewählt worden sind. Unter regionalen Gesichtspunkten gibt es u. a. den Katalog für Deutschland einschließlich seiner Randgebiete sowie den für das Vogtland.
Erdbebenschwarm	Er besteht aus vielen Ereignissen, den ↗ Schwarmbeben. Sie ereignen sich innerhalb einer kurzen Zeitspanne und die Herde konzentrieren sich auf ein kleines Volumen. Die Mehrzahl von ihnen ist sich ähnlich bezüglich des Herdvorgangs. Das energiestärkste ↗ Hauptbeben hebt sich wenig von denen mit vergleichbarer Energie ab.
Erdbebenserie	Das ist eine Folge von Erdbeben, die im zeitlichen Zusammenhang mit einem ↗ Hauptbeben steht. Zu ihr gehören vergleichsweise wenige ↗ Vorbeben, das ↗ Hauptbeben und viele ↗ Nachbeben. Im Gegensatz zum ↗ Erdbebenschwarm ist die Magnitude des Hauptbebens deutlich größer als die der begleitenden Beben.
Erdbebenzone	Gebiet, in dem sich Erdbeben besonders konzentrieren. Weltweite Hauptzonen sind die zirkumpazifische, mediterran-transasiatische und mittelozeanische Zone.
Fluid	Bei relativ niedrigen Drücken und Temperaturen wird zwischen gasförmiger und flüssiger Phase unterschieden. Bei Drücken und Temperaturen oberhalb des kritischen Punktes gibt es keine Unterscheidung zwischen Gas und Flüssigkeit, daher spricht man von überkritischem Fluid oder einfach Fluid.
GRSN	German Regional Seismological Network (Deutsches Regionalnetz seismologischer Breitbandstationen)
Hauptbeben	stärkstes Erdbeben einer ↗ Herddaten Erdbebenserie
Herddaten	Angaben zur Zeit (↗ Herdzeit), zum Ort (Koordinaten des ↗ Epizentrums), zur Tiefe (↗ Herdtiefe) des ↗ Hypozentrums und zur Energie (↗ Magnitude oder/und ↗ Moment) eines seismischen Ereignisses
Herdtiefe	Tiefe des Erdbebenherdes unter der Erdoberfläche. Weltweit unterscheidet man zwischen Flachbeben (bis 70 km tief), mitteltiefen Beben (zwischen 70 und 300 km) und Tiefbeben (tiefer als 300 km).
Herdzeit	bei natürlichen Erdbeben nur nachträglich bestimmbarer Beginn des Herdprozesses, bei Sprengungen und Explosionen der direkt messbare Zeitpunkt der Auslösung
Hypozentrum	räumliche Lage des punktförmig angenommenen Erdbebenherdes, wird mit Hilfe der Auswertungen von mindestens vier Seismogrammen bestimmt.
Intensität	beschreibt, wie Erdbeben durch Menschen wahrgenommen oder sich auf Gebäude und Natur ausgewirkt haben; Subjektiv! Eine Teilobjektivierung erfolgt durch die Einordnung in eine ↗ Intensitätsskala.
Intensitätsskala	mit ihrer Hilfe wird die beobachtete ↗ Intensität in 12 Stufen klassifiziert, ↗ MSK-Skala, ↗ EMS-Skala
Magnitude	von Charles Richter 1935 (↗ Richter-Skala) eingeführt. Wird aus der gemessenen Erschütterungsamplitude berechnet. Ursprünglich für relativ nahe Beben definiert.

		Für Entfernungen bis 1.000 km wird eine sogenannte Lokalmagnitude (ML) bestimmt. Die Magnitude steht in einer Beziehung zur seismischen Energie, die bei einem Erdbeben freigesetzt wird.
	Makroseismik	Sammlung und Bewertung der vom Menschen gefühlten Wirkungen eines Erdbebens und der sichtbaren Auswirkungen auf Gebäude und Natur. Da ohne instrumentelle Grundlage subjektiv beeinflusst.
	MEZ	Mitteleuropäische Zeit; MEZ = ↗ UTC + 1 Stunde
	MESZ	Mitteleuropäische Sommerzeit = ↗ UTC + 2 Stunden
	Mikroseismik	(1) Im Gegensatz zur ↗ Makroseismik alle Methoden, die auf der instrumentellen Aufzeichnung von Erdbeben beruhen. (2) Unruhe, die meteorologisch bedingt ist und ihren Ursprung nahe der Grenze von Meer zu Land hat, relativ langperiodisch.
	Moment, seismisches	Produkt aus der Scherfestigkeit des Gesteins, in dem das Erdbeben stattfindet, der Größe der Bruchfläche des Erdbebens und der mittleren Verschiebung entlang der Bruchfläche. Es ist ein Maß für die Bebenstärke.
	Monitoring	ständige Beobachtung
	MSK	In Europa weit verbreitete Skala zur Klassifizierung von beobachteten ↗ Intensitäten. 1964 von Medwediev (Moskau), Sponheuer (Jena) und Karnik (Prag) veröffentlicht.
	Nachbeben	schwächere Erdbeben, die sich in einer ↗ Erdbebenserie nach dem Hauptbeben ereignen
	Raumwellen	sind elastische (seismische) Wellen, die sich durch das Erdinnere bis in beliebige Tiefen ausbreiten. Sie können als Kompressionswellen (P-Welle oder Longitudinalwelle - breiten sich im Vergleich zu anderen Wellen am schnellsten aus, die Bodenteilchen werden in Ausbreitungsrichtung der Welle bewegt) oder als Scherwellen (S-Welle oder Transversalwelle, die Bodenteilchen schwingen senkrecht zur Ausbreitungsrichtung der Welle) auftreten. Im Gegensatz zu Raumwellen breiten sich Oberflächenwellen immer entlang der Erdoberfläche aus und klingen mit der Tiefe ab.
	Richter-Skala	für Erdbeben, basierend auf Definition der ↗ Magnitude durch Charles Richter. Ganz nahe schwache in Herdnähe beobachtete Beben können negative Magnituden haben. Für die stärksten Beben, die nur sehr selten an wenigen Stellen der Erde auftreten, wurden Magnituden bis 9,5 berechnet.
	Schüttergebiet	Fläche, in der ein Beben gespürt worden ist.
	Schütterradius	mittlerer Radius des ↗ Schüttergebietes
	Schwarmbeben	↗ Erdbebenschwarm
	Seismik	Verfahren zur Feststellung von Form, Lage und Eigenschaften geologischer Körper (bevorzugt Lagerstätten, Baugrund) mit künstlich angeregten elastischen Wellen (durch Sprengung, Schlag, Vibration); häufig auch als Sprengseismik bezeichnet
	Seismisches/seismologisches Netz	mehrere ↗ seismische Stationen, die meist an mehreren Orten für ein gemeinsames Forschungs- bzw. Beobachtungsziel betrieben werden
	Seismische/seismologische Station	Messstelle zur Aufzeichnung von natürlichen Erderschütterungen
	Seismizität	Bezeichnung für die Erdbebentätigkeit in Raum, Zeit und nach freigesetzter Energie, meist auf ein bestimmtes Gebiet bezogen benutzt
	Seismograf	Messgerät zur Registrierung von Bodenbewegungen. Er besteht (1) aus dem ↗ Seismometer und (2) dem Aufzeichnungssystem in Form einer Anzeige und/oder Speicherung des Signals.
	Seismogramm	analoge oder digitale Aufzeichnung der Bodenbewegung, erhalten von einem ↗ Seismografen, als Funktion der Zeit
	Seismologie	(griech. seismos = Erderschütterung): Erdbebenkunde; Wissenschaft von Erdbeben; Teilgebiet der Geophysik
	Seismometer	bestehend aus (1) einem seismischen Sensor, der auf die Bodenbewegung reagiert und (2) einem Wandler, der diese Reaktion in ein Signal für die Aufzeichnung transformiert
	Störung	Trennfuge im Gesteinsverband, an der eine Verstellung angrenzender Schollen stattgefunden hat
	SXNET	seismologisches Sachsennetz
	Tektonik	(griech, tektonikos = zum Bau gehörend): Lehre vom Bau der Erdkruste und den Bewegungen und Kräften, die diesen erzeugt haben
	TSN	Thüringer Seismologisches Netz
	UTC	(Abkürzung für engl. Universal Time Coordinated = »Koordinierte Weltzeit«): früher GMT (Greenwich Mean Time = mittlere Greenwich-Zeit); Sie ist auf den Nullmeridian, der durch Greenwich verläuft, bezogen. Koordinierung bedeutet, dass bei Notwendigkeit Schaltsekunden eingefügt werden. UTC ↗ MEZ -1 Stunde
	Vorbeben	schwächere Erdbeben, das sich in einer ↗ Erdbebenserie vor dem Hauptbeben ereignen

Literatur

AUTORENKOLLEKTIV (1996): Seismologische Übersichtskarte des Freistaates Sachsen 1: 400.000 – Landesvermessungsamt, Dresden.

AUTORENKOLLEKTIV (2007): Erdbebenbeobachtung im Freistaat Sachsen: Dreijahresbericht 2004 – 2006; (Materialien zur Geologie). – Hrsg. Landesamt für Umwelt und Geologie, Dresden, Freiberg.

AUTORENKOLLEKTIV (2011): Erdbebenbeobachtung im Freistaat Sachsen: Dreijahresbericht 2007 – 2009; (Materialien zur Geologie). – Hrsg. Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Dresden, Freiberg.

BRÄUER, K., KÄMPF, H., NIEDERMANN, S. & STRAUCH, G. (2005): Evidence for ascending upper mantle-derived melt beneath the Cheb basin, central Europe. – *Geophysical Research Letters*, 32, L08303, doi: 10.1029/2004GL022205.

BRÄUER, K., KÄMPF, H., & STRAUCH, G. (2009): Earthquake swarms in non-volcanic regions: What fluids have to say. – *Geophysical Research Letters* 36, L17309, doi: 10.1029/2009GL039615: 1 – 4.

DIN 4149 (2005): Bauten in deutschen Erdbebengebieten; Lastannahmen, Bemessung und Ausführung üblicher Hochbauten. – Hrsg. Beuth Verlag: 82 S., Berlin.

GRÜNTAL, G. (Ed.) (1998): European Macroseismic Scale. – *Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie*, Bd. 15: 99 S.; Luxembourg.

GRÜNTAL, G. (2004): Erdbeben und Erdbebengefährdung in Deutschland sowie im europäischen Kontext. – *Geographie und Schule*, 151: 14 – 23; Hallbergmoos.

HURTIG, E. & STILLER, H. (1984): Erdbeben und Erdbebengefährdung – Akademie-Verlag, 328 S., Berlin.

KANAMORI, H. et al. (1993): Determination of earthquake energy release and ML using TERRAScope. – *BSSA* 83, 2: 330 – 346; Pasadena, California.

KOCH, U. (2012): Seismohydrologie zur Erdbebenprognose im Vogtland. Abschlussbericht 2011 – 2012 (Projektteil 1; Bearbeitungszeitraum 01.05.2011 – 31.05.2012). Freistaat Sachsen. – Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie. Schriftenreihe, in Vorbereitung: 34 S., www.saw-leipzig.de/forschung/projekte/einsatz-der-seismohydrologie-zur-erdbebenprognose-im-vogtland.

KOCH, U. (2013): Seismohydrologie zur Erdbebenprognose im Vogtland. Abschlussbericht 2012 – 2013 (Projektteil 2; Bearbeitungszeitraum 01.07.2012 – 31.10.2013). Freistaat Sachsen. – Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie. Schriftenreihe, in Vorbereitung: 30 S.

KOCH, U. & HEINICKE, J. (2010): Beiträge zur Umweltforschung mittels radiometrisch-geochemischer Methoden: Forschungsziele, Ergebnisse, Erfahrungen, Empfehlungen. – Abschlussbericht. Sächsische Akademie der Wissenschaften zu Leipzig: 64 S.; Leipzig. www.saw-leipzig.de/forschung/projekte/beitraege-zur-umweltforschung-mittels-radiometrischgeochemischer-methoden-seismik-des-vogtlandes.

NEUMANN, W.; JACOBS, F. & TITTEL, B. (1986): Erdbeben. – Hrsg. Aulis Verlag Deubner & Co. KG, Köln.

NEUNHÖFER, H. & MEIER, T. (2004): Seismicity in the Vogtland/Western Bohemia earthquake region between 1962 and 1998. – *Studia Geophysica et Geodetica* 48: 539 – 562.

SCHENK, V., SCHENKOVÁ, Z., JECHUMTÁLOVÁ & PÍCHL, R. (2012): Crustal deformations in the epicentral area of the West Bohemia 2008 earthquake swarm in central Europe. – *Journal of Geophysical Research*, 117, B07408, doi: 10.1029/2011JB009053: 1 – 19.

Fragebogen zur Erdbebenbeobachtung

Der Fragebogen kann zur Meldung von Erdbeben verwendet und an eine der unten aufgeführten Institutionen gesendet werden. Dieser Fragebogen erfasst Angaben über die Auswirkungen eines Erdbebens. Bitte teilen Sie mit, was Sie bemerkt haben und gegebenenfalls, was andere in Ihrer Nähe bemerkt haben, z. B. im selben Gebäude oder in der Nachbarschaft. Berücksichtigen Sie jedoch keine Auswirkungen von anderen Orten und keine Auswirkungen, über die Sie in den Nachrichten gelesen oder gehört haben. Auch wenn Sie das Erdbeben nicht wahrgenommen haben, ist dies eine wichtige Information. Das Ausfüllen des Fragebogens ist freiwillig. Es werden keine personenbezogenen Daten erfasst. Zur Beantwortung benötigen Sie ca. 4 Minuten.

SEISMOLOGIEVERBUND SACHSEN

Sächsisches Landesamt für
Umwelt, Landwirtschaft
und Geologie
Pillnitzer Platz 3

Geophysikalisches
Observatorium Collm
der Universität Leipzig
04779 Wernsdorf

Observatorium Berggießhübel
der TU Bergakademie Freiberg
Hauptstr. 8
01819 Berggießhübel

Institut für Geowissenschaften
Universität Jena
Burgweg 11
07749 Jena

Thüringer Landesanstalt
für Umwelt und Geologie
Göschwitzer Str. 41
07745 Jena

Datum des Erdbebens: [.....]

Uhrzeit: [.....]

Haben Sie das Erdbeben wahrgenommen?

- Ja** – Bitte füllen Sie alle Abschnitte aus
 Nein – Bitte füllen Sie nur Abschnitt A aus

Abschnitt A – Aufenthaltsort

1. Wo befanden Sie sich zum Zeitpunkt des Erdbebens?

Adresse (Postleitzahl, Ort, evtl. Ortsteil, Straße, Hausnummer, ggf. Land)
.....

- Im Freien In einem Gebäude; Wenn ja, in welchem Stockwerk?
 In einem stehenden Fahrzeug In einem fahrenden Fahrzeug Sonstiges

2. Was taten Sie?

- Sitzen / Liegen Stehen / In Bewegung
 Schlafen und nicht erwacht Schlafen und erwacht

3. Haben andere Personen in der Nähe das Erdbeben wahrgenommen?

- Niemand bemerkte es Die meisten Personen bemerkten es (mehr als 50 %)
 Wenige oder einige Personen bemerkten es (weniger als 20 %) Ich weiß nicht, ob andere Personen es bemerkt haben / Es war niemand in der Nähe
 Viele Personen bemerkten es (20 % bis 50 %)

Abschnitt B – Auswirkungen auf Menschen

4. Was beschreibt Ihre Wahrnehmungen am besten?

- Nichts wahrgenommen Schwache Erschütterung
 Geräusch gehört, aber keine Erschütterung gespürt Mäßig starke Erschütterung
 Sehr schwache Erschütterung Starke Erschütterung
 Sehr starke Erschütterung

5. Wie haben Sie reagiert?

- Keine Reaktion Leicht erschrocken
 Sehr schwache Reaktion Sehr erschrocken
 Schwache Reaktion Panik

6. Ist jemand in Ihrer Nähe aus Angst ins Freie gelaufen?

- Niemand Die meisten (mehr als 50 %)
 Wenige oder einige (weniger als 20 %) Ich weiß nicht
 Viele (20 % bis 50 %)

7. War es schwierig zu stehen oder gehen?

- Nein Ja Ich weiß nicht

Abschnitt C – Auswirkungen auf Gegenstände, Gebäude, usw.

8. Haben Sie Folgendes bemerkt?

	Nein	Sehr gering / Einzelne	Gering / Wenige	Mäßig / Einige	Stark / Viele	Sehr stark / Die meisten	Ich weiß nicht
Fenster / Türen klapperten	<input type="checkbox"/>						
Geschirr oder andere Gegenstände klapperten	<input type="checkbox"/>						
Gegenstände pendelten	<input type="checkbox"/>						
Türen schlugen auf und zu	<input type="checkbox"/>						
Bilder wurden verschoben	<input type="checkbox"/>						
Bilder fielen von der Wand	<input type="checkbox"/>						
Kleine Gegenstände wurden verschoben oder fielen um	<input type="checkbox"/>						
Bücher oder andere Gegenstände fielen aus Regalen o.ä.	<input type="checkbox"/>						
Möbel wurden verschoben	<input type="checkbox"/>						
Möbel fielen um	<input type="checkbox"/>						

9. Haben Sie die folgenden Gebäudeschäden festgestellt?

	Nein	Sehr gering / Einzelne	Gering / Wenige	Mäßig / Einige	Stark / Viele	Sehr stark / Die meisten	Ich weiß nicht
Risse im Innenputz	<input type="checkbox"/>						
Herabgefallener Wand- oder Deckenputz	<input type="checkbox"/>						
Herabgefallene Deckenverkleidung / Lampen	<input type="checkbox"/>						
Risse in Außenwänden	<input type="checkbox"/>						
Gesprungene oder zerbrochene Fenster	<input type="checkbox"/>						
Beschädigte Schornsteine	<input type="checkbox"/>						

Aus welchem Material ist das Gebäude hauptsächlich gebaut?

- Mauerstein
 Naturstein
 Beton
 Stahl
 Holz
 Anderes / unbekannt
 Baujahr 1950 oder jünger?
 Baujahr älter als 1950?

10. Haben Sie größere strukturelle Schäden festgestellt wie Einsturz von Wänden, Abtrennen von Gebäudeteilen, Versatz des Gebäudes vom Fundament, Einsturz von Gebäuden?

- Nein
 Ja
 Ich weiß nicht

11. Haben Sie Schäden an frei stehenden Mauern (Garten, Feld) oder Ähnlichem festgestellt?

- Nein
 Sehr gering / Einzelne
 Gering / Wenige
 Mäßig / Einige
 Stark / Viele
 Sehr stark / Die meisten
 Ich weiß nicht

12. Haben Sie weitere Hinweise zu den Auswirkungen des Erdbebens, die nützlich sein könnten?

.....

Stand November 2013. Arbeitskreis Seismologische Auswertung der Arbeitsgruppe Seismologie des Forschungskollegiums Physik des Erdkörpers (FKPE). Auf Grundlage des „Earthquake Questionnaire“ der European Seismological Commission Working Group „Macroseismology“.

Ihre Kontaktadresse mit Telefonnummer:

Herausgeber:

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie
Pillnitzer Platz 3, 01326 Dresden
Telefon: + 49 351 2612-0
Telefax: + 49 351 2612-1099
E-Mail: lfulg@smul.sachsen.de
www.smul.sachsen.de/lfulg

Autoren:

Petra Buchholz, Sigward Funke, Michael Korn, Siegfried Wendt
Universität Leipzig, Institut für Geophysik und Geologie
Falk Hänel, Reinhard Mittag, Elke Novak
TU Bergakademie Freiberg, Institut für Geophysik und Geoinformatik
Ivo Rappsilber
Landesamt für Geologie und Bergwesen Sachsen-Anhalt, Abteilung Geologie
Thomas Burghardt, Dirk Schönwald
Friedrich-Schiller-Universität Jena, Institut für Geowissenschaften
Ina Pustal
Thüringer Landesanstalt für Umwelt und Geologie, Abteilung Geologischer Landesdienst, Boden, Altlasten
Ulrich Koch
Sächsische Akademie der Wissenschaften zu Leipzig, Arbeitsstelle Bad Brambach
Ottomar Krentz, Brunhild Witthauer
Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Abteilung Geologie
Horst Neunhöfer, Jena

Kartographie:

Sächsisches Landesamt für Umwelt, Landwirtschaft und Geologie, Abteilung Geologie
Astrid Engelhardt, Bärbel Schmidt

Redaktion:

Brunhild Witthauer
Referat Geologische Kartierung, Geophysik
Telefon: +49 3731 294-1217
Telefax: +49 3731 294-1099
E-Mail: brunhild.witthauer@smul.sachsen.de

Titelbild:

Erdbeben in Mittelsachsen und in der westlichen ČR 1994 – 2012 mit Lokalmagnitude ≥ 0
Quelle: 1994 – 2003 WEBNET (Westböhmisches Seismisches Stationsnetz)-Bulletin
2004 – 2012 SXNET (Sachsennetz)-Bulletin

Gestaltung und Satz:

Sandstein Kommunikation GmbH, Dresden

Druck:

Lausitzer Druckhaus GmbH

Redaktionsschluss:

30.11.2013

Auflage:

750 Exemplare

Papier:

gedruckt auf 100% Recycling-Papier

Bezug:

Diese Druckschrift kann kostenfrei bezogen werden bei:
Zentraler Broschürenversand der Sächsischen Staatsregierung
Hammerweg 30, 01127 Dresden
Telefon: + 49 351 2103-671
Telefax: + 49 351 2103-681
E-Mail: publikationen@sachsen.de
www.publikationen.sachsen.de

Verteilerhinweis

Diese Informationsschrift wird von der Sächsischen Staatsregierung im Rahmen ihrer verfassungsmäßigen Verpflichtung zur Information der Öffentlichkeit herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von deren Kandidaten oder Helfern im Zeitraum von sechs Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für alle Wahlen.

Missbräuchlich ist insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken oder Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist auch die Weitergabe an Dritte zur Verwendung bei der Wahlwerbung.

Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die vorliegende Druckschrift nicht so verwendet werden, dass dies als Parteinarbeit des Herausgebers zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte.

Diese Beschränkungen gelten unabhängig vom Vertriebsweg, also unabhängig davon, auf welchem Wege und in welcher Anzahl diese Informationsschrift dem Empfänger zugegangen ist. Erlaubt ist jedoch den Parteien, diese Informationsschrift zur Unterrichtung ihrer Mitglieder zu verwenden.