

Die Erdbebenstation ARSA im Schau- und Lehrstollen von Arzberg in der Steiermark

The Seismological Station ARSA at the Educational Mining Centre in Arzberg (Styria)

Wolfgang LENHARDT & Peter MELICHAR

4 Abbildungen und 1 Tabelle

Zusammenfassung: Der Österreichische Erdbebendienst ist zuständig für die Erfassung von Erdbeben – national und international. Die Erdbebenstation in Arzberg stellt einen wesentlichen Bestandteil dieses Beobachtungsnetzes dar. Die Station wurde in der Nähe des Mürztales installiert, da dort optimale Voraussetzungen für die Messung von Bodenbewegungen gegeben sind. Für eine kontinuierliche Aufnahme dieser Bewegungen sorgt eine unterbrechungsfreie Stromversorgung. Die Daten werden vor Ort digitalisiert, mit einem Zeitzeichen versehen, abgespeichert und danach zum Erdbebendienst in Wien übertragen. Die Aufzeichnungen der Station werden nicht nur vom Österreichischen Erdbebendienst für die Erfassung von Beben genutzt, sondern dienen auch ausländischen Erdbebendiensten und Datenzentren um Erdbeben verbessert lokalisieren zu können, sowie für wissenschaftliche Untersuchungen der Erdkruste und der Mechanismen der aufgezeichneten Erdbeben.

Abstract: The seismic station in Arzberg constitutes an elemental part of the seismic network of Austria which is used by the Seismological Service of Austria to analyze local and world-wide earthquakes. The station was installed near the Mürz-valley in an area with optimum conditions for monitoring ground motions. An uninterruptible power supply ensures continuous recordings which are digitized, stored and transmitted to the data centre of the Seismological Service of Austria at the Central Institute for Meteorology and Geodynamics (ZAMG) in Vienna. The data are also utilized by international agencies and research institutions for research purposes.

Schlüsselworte: Arzberg; Steiermark; Erdbeben; Seismotektonik; Erdbebengefährdung; Internationale Zusammenarbeit.

Key Words: Arzberg; Styria; Earthquakes; Seismo-tectonics; Earthquake hazard; International co-operation.

Inhalt

1. Erdbeben in der Steiermark in Bezug auf die Erdbebenstation ARSA	78
2. Erdbebengefährdung in der Steiermark	78
3. Erdbebenregionen in der Steiermark	81
4. Die Erdbebenstation in Arzberg	83
5. Nationale und internationale Bedeutung	86
6. Warnsysteme	86
7. Ausblick	88
Dank	88
Literatur	88

1. Erdbeben in der Steiermark in Bezug auf die Erdbebenstation ARSA

Die zentrale Erdbebenstation in der Steiermark befindet sich nicht unmittelbar in einer von Erdbeben betroffenen Zone, sondern im aufgelassen Bergwerk von Arzberg bei Passail in der Steiermark. Der Grund hierfür liegt in den praktischen Erfordernissen für eine Station, die ständigen Erdbebenbeobachtung dienen soll. Dazu zählt zum einen, dass die Station keinen zu starken Bodenbewegungen ausgesetzt werden darf, aber dennoch das Nah- als auch das Fernbebensgeschehen verfolgen soll. Es handelt sich also um einen Kompromiss, da zu große Erschütterungen ein ständiges Nachjustieren und Kalibrieren der Station erfordern würde. Die Station eignet sich auch zur Untersuchung der Ursachen von Erschütterungen. Etwa 40% aller heute registrierten seismischen Ereignisse in der Steiermark sind allein auf Sprengungen zurückzuführen. Solche induzierten „Erdbeben“ müssen im Erdbebenkatalog gesondert behandelt werden, da sie bei Erdbebengefährdungsanalysen, denen tektonische Erdbeben zu Grunde liegen müssen, nicht in die Berechnungen Eingang finden dürfen. Die folgenden Kapitel sollen einen kurzen Überblick über das tektonische Erdbebengeschehen in der Steiermark bieten.

2. Erdbebengefährdung in der Steiermark

Die Wahrscheinlichkeit, einem tektonischen Erdbeben in der Steiermark ausgesetzt zu sein variiert örtlich sehr stark. Manche Gebiete sind fast gar nicht von Erdbeben betroffen, während andere Bereiche, wie vor allem das Mürztal, als sehr aktiv angesehen

werden müssen. Im Durchschnitt ereignen sich im Land Steiermark pro Jahr zwei Erdbeben mit einer Intensität mindestens vom Grad 4. Unter Intensität wird in diesem Zusammenhang die Auswirkung des Erdbebens an der Erdoberfläche verstanden. Die Grade werden heute entsprechend der Europäischen Makroseismischen Skala 1998 (EMS-98; GRÜNTAL 1998) angeführt.

Diese subjektive Skala unterscheidet sich von der „Magnitudenskala“ insofern, als die Magnitude auf Messwerten der Erdbebenstationen beruht, von denen dann die Energie am Erdbebenherd bestimmt wird. Die Magnitude ist letztlich ein logarithmisches Maß dieser kinetisch freigesetzten Energie. Sie sollte an allen Beobachtungsstationen gleiche Berechnungswerte aufweisen. Dass dies manchmal nicht der Fall ist, liegt an vielen Faktoren, wie Untergrund, Gerätetyp und Übertragungsfunktion.

Dieser kurze Exkurs in die Magnitudenskala soll die Bedeutung der Intensitätsgrade nicht schmälern, sondern nur aufzeigen, dass die beiden Skalen grundsätzlich auf anderen Prinzipien beruhen: Effektbeschreibung an der Oberfläche = Intensitätsgrad versus logarithmisches Energiemaß am Erdbebenherd = Magnitude.

Ein Intensitätsgrad von 4, der etwa zweimal im Jahr in der Steiermark beobachtet wird, bedeutet, dass viele Menschen im Epizentrum das Erdbeben heftig wahrnehmen. Den Grad 5 – ohne Gebäudeschäden zu verursachen – erreichen Erdbeben in der Steiermark im Epizentrum schon seltener – nämlich alle ein bis zwei Jahre. Erdbeben, die zu Gebäudeschäden führen (Epizentralintensität ≥ 6) ereignen sich im Mittel alle sieben Jahre, während Erdbeben der Epizentralintensität 7 im Mittel alle 40 Jahre auftreten. Das letzte Erdbeben dieser Epizentralintensität fand übrigens 1927 in Wartberg im Mürztal statt. Erdbeben, die Auswirkungen entsprechend einer Epizentralintensität 8 aufweisen, sind noch Thema der Forschung, da sie recht selten auftreten. Stärkere Erdbeben sind aus der Steiermark bislang nicht bekannt.

Die regional unterschiedlichen Häufigkeiten von Erdbebenbelastungen finden ihren Niederschlag im Normenwerk der ÖNORM B 4015 (ÖNORM 2002), das die erdbebensichere Bauweise in Österreich regelt.

Die in Tabelle 1 angeführten Beben geben auch die Informationsdichte der letzten Jahrhunderte wieder. LENHARDT & HAMMERL (2002) konnten anhand historischer Aufzeichnungen zu einer wesentlichen Verbesserung des Erdbebenkatalogs in der Steiermark beitragen.

Die Autoren fanden, dass einige Einträge im Erdbebenkatalog auf Falschmeldungen beruhten bzw. das Epizentrum falsch angegeben war oder die Beben laut zeitgenössischen Berichten andere Auswirkungen hatten, als in der Sekundärliteratur überliefert. Solche Untersuchungen sind wichtig, um eine korrekte Interpretation der Erdbebengefährdung durchführen zu können.

Nr. No.	Jahr Year	Monat Month	Tag Day	Stunde Hour	Minute Minute	Intensität Intensity	Epizentrum Epicentre
1	1267	05	08	03		8	Kindberg
2	1691	12	?			6-7	Mauterndorf
3	1794	02	06	13	18	7-8	Leoben
4	1810	07	18	?		7	Admont
5	1811	10	04	21	50	6-7	Krieglach
6	1826	05	15	?		6	Admont
7	1830	06	08	08	10	6-7	Mürzzuschlag
8	1830	06	26	05	57	6-7	Leoben
9	1837	03	14	16	40	7	Mürzzuschlag
10	1847	08	30	?		6	Kindberg
11	1857	12	24	?		6	Admont
12	1865	07	13	?		6	Fürstenfeld
13	1876	12	01	?		6	Kindberg
14	1877	12	28	04	32	6	Neumarkt
15	1885	05	01	00	15	8	Kindberg
16	1885	08	26	?		6	Kindberg
17	1899	04	29	12	06	6	St. Stefan ob Leoben
18	1905	02	02	23	55	6	Scheifling
19	1907	03	22	20	10	6	Admont
20	1907	05	13	05	23	6-7	Kindberg
21	1910	03	24	15	37	6-7	Oberwölz
22	1912	01	22	21	08	6	Frohnleiten
23	1916	05	01	11	24	7	Judenburg
24	1926	07	06	08	39	6-7	Mürzzuschlag
25	1927	07	25	21	35	7	Wartberg
26	1936	10	03	16	48	7-8	Obdach
27	1958	01	13	08	36	6	Mürzzuschlag
28	1964	10	27	20	46	6-7	Semmering
29	1973	06	12	22	03	6	Mitterdorf/Mürztal
30	1973	12	12	01	03	6	Murau
31	1979	05	12	22	34	6	Frohnleiten
32	1981	01	31	13	49	6	Judenburg-Obdach
33	1981	06	15	11	17	6	Obdacher Sattel
34	1983	04	14	15	52	6-7	Gusswerk
35	1995	11	10	01	32	6	Judenburg
36	2003	07	21	15	15	6	Niederwölz
37	2004	10	01	12	01	6	Niklasdorf bei Leoben

Tab. 1: Bekannte Schadensbeben in der Steiermark (Zeit = Ortszeit).

Tab. 1: Known damaging earthquakes in Styria (Time = Local Time).

3. Erdbebenregionen in der Steiermark

Das Mürztal und das Murtal

Dieser Bereich zählt zu einem der seismo-tektonisch aktivsten in Österreich und liegt der Erdbebenstation ARSA (ARSA = ARzberg, Steiermark, Austria) am nächsten. Das Mürztal und das Murtal verlaufen entlang einer geologischen Störung, die aus einer Vielzahl von Einzelbruchzonen besteht, die sich hauptsächlich horizontal gegeneinander verschieben („strike-slip fault“). Der südliche Teil rückt nach Nordosten, während sich der nördliche Bereich relativ dazu nach Südwesten bewegt. Die Beben­tätigkeit findet in Tiefen zwischen 6 und 10 km statt. Allein hier werden zwei bis drei Erdbeben von der Bevölkerung im Durchschnitt pro Jahr wahrgenommen. Zu den prominentesten Epizentren dieser Region (vgl. HAMMERL & LENHARDT 1997) zählen Kindberg und Leoben.

Kindberg wurde in historischer Zeit gleich zweimal von Beben der Intensität 8 heimgesucht. Einmal – im Jahr 1267 – soll das Schloss in Kindberg eingestürzt sein. Das nächste Mal bebte es am 1. Mai 1885 kurz nach Mitternacht. Der damalige Erdbebenreferent für die Steiermark, Franz HERITSCH, berichtete (HERITSCH 1908: 4): *„Was nun die Wirkung des Bebens betrifft, so ist zu erwähnen, dass kein einziges Haus in Kindberg unbeschädigt blieb. [...] Der Umstand, dass sogar Gewölbe einstürzten, dass Giebel und Feuermauern umgeworfen wurden, deutet auf eine große Intensität des Bebens...“*.

In Leoben ereignete sich 1794 ein stärkeres Erdbeben, bei dem u. a. der Mautort-Stadtturm so große Schäden erlitt, dass er zum „Schwammerlturm“ umgestaltet werden musste. Über das Ausmaß der damaligen Bauschäden weiß man sehr gut Bescheid, da damals eine „Augenscheins-Commission“ zehn Tage lang die Schäden beurteilte und dokumentierte (HAMMERL 2000).

Das jüngste Schadensbeben ereignete sich am 1. Oktober 2004 um 12 h 01 Mittel-europäischer Sommerzeit (Greenwich Mean Time + 2 h) bei Leoben, in Niklasdorf im Murtal. Es ist nicht nur das jüngste lokale Erdbeben sondern auch eines der interessantesten der letzten Jahre, denn solche intensiven Erschütterungen treten im Raum von Leoben im Durchschnitt nur alle 100 Jahre auf. Der Herdmechanismus, der aus den Registrierungen der Erdbebenstationen rekonstruiert wurde, ergab eine horizontale Verschiebung entlang der Mur-Störung, wobei der südliche Teil des Murtales gegen Nordosten gerückt ist. Damit bestätigten die Messresultate erstmals das seismotektonische Modell von GUTDEUTSCH & ARIC (1987) und Überlegungen bezüglich des tektonischen Spannungsfeldes (REINECKER & LENHARDT 1999) für diese Region. Das Hypozentrum des Erdbebens hat sich in einer Tiefe von 8–10 km befunden. Die Magnitude betrug 3,8 und der Intensitätsgrad 6 (= leichte Gebäudeschäden im Epizentralbereich).

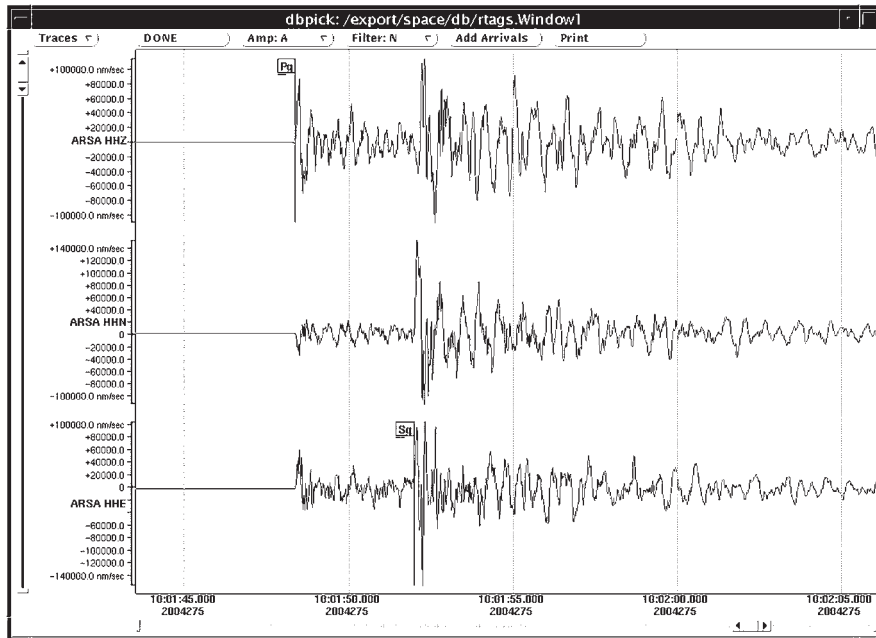


Abb. 1: Registrierung des Bebens östlich von Leoben in ARSA am 1. Oktober 2004 (Magnitude 3,8; Intensitätsgrad 6; Zeitangabe in Greenwich Mean Time).

Fig. 1: Record of the earthquake east of Leoben at ARSA on October 1, 2004 (magnitude 3.8; macroseismic intensity 6; time according to Greenwich Mean Time).

Das Liesingtal

Schadensbeben sind aus diesem Bereich zwar nicht bekannt, jedoch lässt sich messtechnisch nachweisen, dass sich die Bebenaktivität auf den Bereich St. Michael/Leoben bis Trieben erstreckt. Aus dem nördlichen Segment – Trieben bis Selzthal, also dem Paltental – sind vergleichsweise kaum Erdbeben bekannt.

Der Raum Obdach–Judenburg

Das Erdbeben von Obdach am Samstagnachmittag des 3. Oktobers 1936 war das bedeutendste Erdbeben im Obdacher Sattel im 20. Jahrhundert. Das Epizentrum lag bei Obdach–Reichenfels–St. Leonhard. Die meisten der 140 Gebäude in Obdach wurden beschädigt. Sogar der Eckturm des Weyer-Schlusses in Judenburg trug noch Mauerrisse davon. Vor zehn Jahren – 1995 – wurde Judenburg wieder von einem Erdbeben heim-

gesucht, dass nur vereinzelt zu Gebäudeschäden führte. Hier fällt auf, dass sich die Erdbebentätigkeit auf den nördlichen Bereich der Lavanttal-Störung beschränkt und im Bereich Judenburg endet, wo die Störung in das Murtal bzw. Fohnsdorfer Becken mündet.

Das Ennstal

Im Bereich des Ennstals kommt es nur vereinzelt zu Erdbeben. Das bekannteste Epizentrum liegt bei Admont (1810). In der Geschichte des dortigen Benediktinerstiftes von Gregor FUCHS findet man die Eintragung (FUCHS 1859: 114): „*Unter den Erdbeben war in neuester Zeit das bedeutendste am 18. Juli 1810, durch welche mehrere Gebäude namhaft beschädigt worden waren.*“ Mehr ist aus den Chroniken nicht zu erfahren. Dass dieses Beben kein Einzelfall gewesen ist – aber möglicherweise etwas schwächer war, als angenommen – bezeugen die heutigen Erdbeben im Ennstal und das wiederholte Auftreten solcher Beben im Bereich von Admont (1826, 1857, 1907).

Mariazell

Wenngleich aus Mariazell und insbesondere aus Gusswerk keine Erdbeben die zu Schäden geführt haben bekannt sind, so finden immer wieder kleinere Erdbeben in dieser Region statt. Deren Mechanismus ist noch ungeklärt, da die Energie zu gering war um von ausreichend vielen Erdbebenstationen registriert zu werden. Die Station ARSA stellt auch für diese Region eine wertvolle Ergänzung dar.

4. Die Erdbebenstation in Arzberg

1997 wurde in dem Schau- und Lehrstollen des ehemaligen Bergwerks in Arzberg die erste Breitband-Erdbebenstation der Steiermark in Betrieb genommen.

Die Station ist Teil des Erdbebenmessnetzes des Seismologischen Dienstes der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) in Wien und mit diesem Zentrum direkt verbunden.

Die Anlage besteht aus einem Seismometer (Abb. 2) – das in drei Komponenten die Bodenbewegungen aufzeichnet – einer Datenakquirierungseinheit und einer Stromversorgungsanlage sowie einem Zeitzeichenempfänger, der die korrekte Zeit zu den Messwerten liefert.



Abb. 2: Seismometerstandort der Station ARSA.
Fig. 2: Seismometer at ARSA.

Kernstück der Anlage ist das Seismometer, in diesem Fall – wie bei allen Breitbandstationen Österreichs – vom Typ STS-2. Dieser Sensor zählt zu den modernsten im Handel erhältlichen Geräten und zeichnet Bodenbewegungen im Bereich von 33 Hz bis 120 Sekunden verzerrungsfrei auf, wodurch gewährleistet ist, dass nicht nur kleinste Erdbeben aus der Steiermark, sondern auch weltweit Erdbeben erfasst werden können.

Der Sensor ist in einem den Besuchern nicht zugänglichen Abschnitt des Schau-stollens auf einem Betonsockel montiert und mit einer Abdeckung vor Tropfwasser geschützt. Unterhalb des Sensors befindet sich eine Glasplatte, die als nichtleitendes Material die Weiterleitung von Bodenströmen unterbindet. Über ein Kabel werden die analogen Signale zum lokalen Computersystem (Abb. 3) übertragen, wo die Analogdaten digitalisiert und mit Zeitzeichen eines DCF-Empfängers (Langwellen-Zeitzeichensender aus Deutschland; 77,5 kHz) versehen werden. Die Daten werden vor Ort gespeichert und nach Wien über das digitale Datennetz der Telekom-Austria übertragen. Ein GPS-Zeitzeichenempfänger ist hier bei einer Distanz von fast 200 m vom Mundloch nicht einsetzbar. Im Rahmen von Brandschutzmassnahmen wurde ein Kabel zum Mundloch verlegt, woran in Zukunft – sollte der DCF eingestellt werden – jederzeit eine GPS-Antenne angeschlossen werden kann.



Abb. 3: Datenakquisitionseinheit und Stromversorgungsanlage der Station ARSA.
Fig. 3: Data acquisition unit and power supply unit at station ARSA.

Besonderes Augenmerk wurde auf die Ausfallssicherheit des Systems gelegt. Um Potentialunterschiede auszugleichen wurden sämtliche Anschlüsse der Anlage an einem Punkt geerdet.

Die Stromversorgung ist durch eine unterbrechungsfreie Stromversorgungsanlage sicher gestellt, wodurch mindestens 24 Stunden nach einem Zusammenbruch der Stromversorgung noch weiter registriert werden kann. Der Dynamikumfang des gesamten Systems beträgt 140dB, ein Wert, der heutigen weltweiten Erfordernissen auch langfristig entspricht.

Die Beobachtung der aktuellen Bodenbewegungen, die gerade vom Seismometer in Arzberg aufgezeichnet werden, ist in der Anfahrtstube möglich. Dort befindet sich ein Computer auf dem das kontinuierliche Signal der Station ARSA visualisiert wird und auch jüngste Seismogramme abgerufen werden können.

Ergänzt wird die Station ARSA von drei „strong-motion“-Stationen, die sich am Obdacher Sattel, in Kindberg und Admont befinden. Diese Stationen sind in Epizentren historischer Erdbeben errichtet worden, um im Falle eines erneuten Bebens die Bodenbeschleunigungen vor Ort messen zu können. Die Daten finden ihre Anwendung – neben wissenschaftlichen Untersuchungen – auch im Vergleich mit den Vorschriften der Erdbeben-Baunorm ÖNORM B 4015.

5. Nationale und internationale Bedeutung

Die Erdbebenstation in Arzberg dient der Erfassung der Erdbeben in der Steiermark, stellt sie doch die einzige und zentral gelegene Breitbandstation des Bundeslandes dar. Sie dient aber nicht nur nationalem Interesse. Da die Station internationalen Kriterien entspricht, wurden dort bereits Schulungskurse für Mitarbeiter der CTBTO (Comprehensive Test Ban Treaty Organization) abgehalten. Zudem wird die Station gemeinsam mit den anderen Erdbebenstationen in Österreich für eine verbesserte Analyse der Erdbeben aus dem In- und Ausland genutzt; und dies nicht nur vom Österreichischen Erdbebendienst, sondern auch von internationalen Datenzentren und allen benachbarten Erdbebendiensten Österreichs, denn der Erfassung von Fernbeben, d. h. Erdbeben weltweit, kommt heute mindestens genauso viel Bedeutung zu wie der Erfassung lokaler Erdbeben.

Abbildung 4 zeigt die zweistündige Aufzeichnung des verheerenden Erdbebens am 26. Dezember 2004, dessen Epizentrum vor der Küste von Sumatra lag, an der Erdbebenstation in Arzberg. Die erste Welle des Erdbebens erreichte die Station in Arzberg, die vom Epizentrum 9000 km entfernt lag, nach 12 Minuten. Vierzig Minuten nach dem Erdbeben erreichten die Oberflächenwellen Arzberg, deren maximale Schwinggeschwindigkeitsamplitude beachtliche 0,5 mm/s betrug. Aufgrund der geringen Signalfrequenz konnte das Erdbeben jedoch nicht in Österreich verspürt werden.

Das Erdbeben fand durch eine plötzliche Verschiebung der indischen Platte unter die asiatische Platte in einer Tiefe von 20 km statt. Infolge der relativ geringen Herdtiefe und der extremen Magnitude von 9,0 löste das Erdbeben einen massiven Tsunami aus, dem über 270.000 Menschen zum Opfer fielen. Das Erdbeben wurde von einer Vielzahl von Nachbeben begleitet, die Rettungsteams vor Ort bei ihren Aufgaben behinderten.

6. Warnsysteme

Zusammen mit den anderen Erdbebenstationen in und um Österreich dient die Station in Arzberg einer schnellen Erfassung von Erdbeben. Zu diesem Zweck hat die ZAMG Übereinkommen mit den Erdbebendiensten aller Nachbarländer getroffen, die einen Austausch der Erdbebenregistrierungen in „Echtzeit“ gewährleisten. Das bedeutet, dass die Signale ausländischer Stationen gleichzeitig mit den Registrierungen der eigenen Erdbebenstationen ausgewertet werden können. Die Resultate der automatischen Lokalisierung werden an die Rufbereitschaft des Österreichischen Erdbebendienstes weitergeleitet, der eine Verifizierung vornimmt, um falsche Informationen auszuschließen. Danach werden die Bundeswarnzentrale und die Landeswarnzentralen informiert, sollte das Erdbeben stark genug gewesen sein, um von der Bevölkerung wahrgenommen werden zu können.

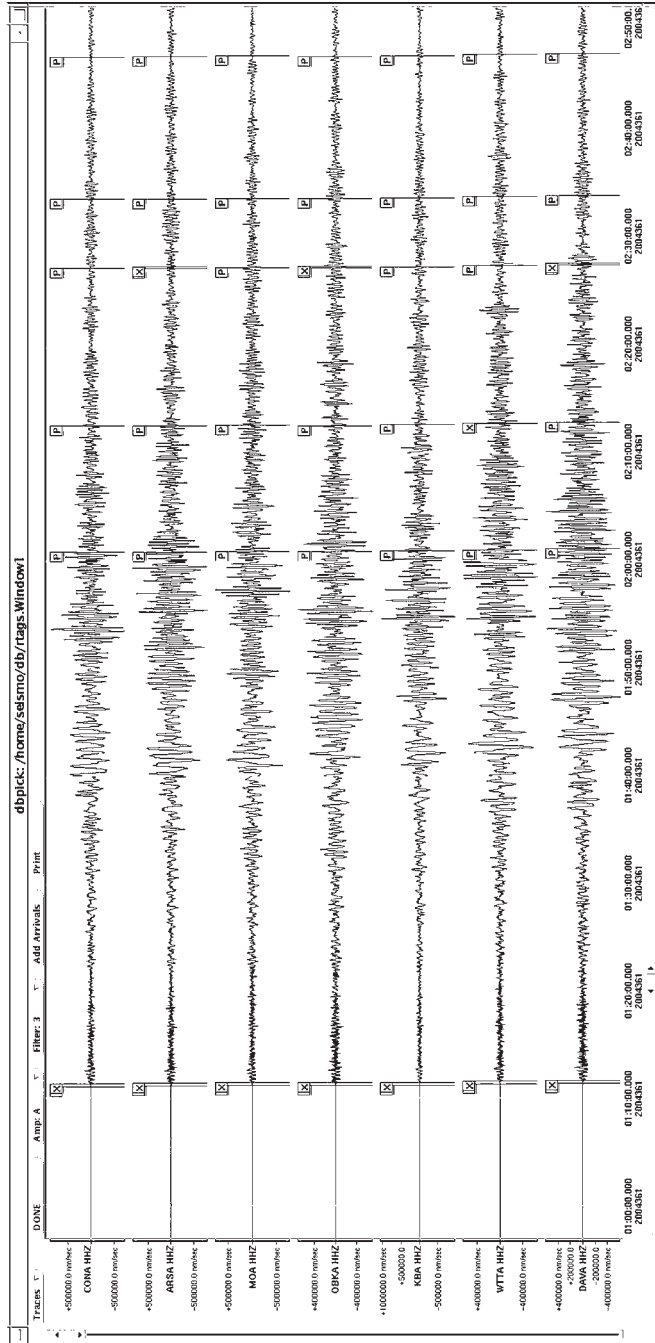


Abb. 4: Seismogramm des Katastrophenbebens bei Sumatra am 26. Dezember 2004.
 Fig. 4: Seismogram of the devastating earthquake near Sumatra on December 24, 2004.

7. Ausblick

Die Aufgaben des Österreichischen Erdbebendienstes umfassen nicht nur den Betrieb der Stationen in Österreich, sondern auch die Errichtung neuer Stationen. Ein Ausbau des Erdbebenerfassungssystems ist derzeit im Gange, um eine genauere Erfassung der Bodenbewegung zu ermöglichen. Letztere dienen zur Erstellung von Szenarien, die den Zivilschutzeinrichtungen zu Gute kommt.

Die historische Erdbebenforschung zählt ebenfalls zu den Aufgaben des Erdbebendienstes. Die daraus gewonnenen Informationen dienen der Neubestimmung der Erdbebengefährdung von Österreich, die ihre Anwendung in der Baunorm findet.

Dank

Die Autoren danken dem Betreuer der Station, Herrn Friedrich PUCHER (Arzberg), für seinen Einsatz bei der Aufrechterhaltung der Station und der Mithilfe bei Führungen. Christiane FREUDENTHALER und Edmund FIGWEIL des Seismologischen Dienstes der ZAMG werten ständig die registrierten Ereignisse aus, die auch in der Anfahrsstube zu besichtigen sind. Rudolf STEINER (ZAMG) sorgt für den Datentransfer von der Station ARSA zum Erdbebendienst in Wien. Nikolaus HORN und Anton VOGELMANN (beide ZAMG) stellen sicher, dass die Seismogramme in Echtzeit auf dem PC in der Anfahrsstube in Arzberg verfügbar sind.

Literatur

- GRÜNTAL, G. (1998): European Macroseismic Scale 1998 (EMS-98). – Conseil de l'Europe, Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie, 15: 1-99, Luxembourg.
- GUTDEUTSCH, R. & ARIC, K. (1987): Tectonic block models based on the seismicity in the East Alpine-Carpathian and Pannonian area. – In: FLÜGEL, H. & FAUPL, P. (Hrsg.): Geodynamics of the Eastern Alps. – 309-324, Verlag Deuticke, Wien.
- FUCHS, G. (1859): Kurzgefasste Geschichte des Benedictiner-Stiftes Admont. – 52 S., Leykam Verlag, Graz.
- HAMMERL, C. (2000): Zur Rekonstruktion der Erdbeben von Wiener Neustadt (1768) und Leoben (1794). – In: EYBL, F., HEPPNER, H & KERNBAUER, A. (Hrsg.): Elementare Gewalt. Kulturelle Bewältigung. – Jahrbuch der Österreichischen Gesellschaft zur Erforschung des achtzehnten Jahrhunderts, 14/15: 163-183, WUV Universitätsverlag, Wien.
- HAMMERL, C. & LENHARDT, W.A. (1997): Erdbeben in Österreich. – 191 S., Leykam Verlag, Graz.
- HERITSCH, F. (1908): Über das Mürztaler Erdbeben vom 1. Mai 1885. – Mitteilungen der Erdbeben-Kommission der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften in Wien, Mathematisch-Naturwissenschaftliche Klasse, Neue Folge, 33: 1-68, Wien.

- LENHARDT, W.A. & HAMMERL, C. (2002): Erdbebengefahr in der Steiermark. - Erfassung der Erdbebengefahr in der Steiermark mit Hilfe neu errichteter Erdbebenstationen und allen verfügbaren Quellen sämtlicher historischer Erdbeben. – 50 S. + 25 S.-Anhang + 222 S.-Beilage „Historische Erdbebenforschung. - Chronologisches Quellen und Literaturverzeichnis“, unveröffentlichter Projektendbericht (GZ-ZAMG 1355/98), Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Wien.
- ÖNORM (2002): Belastungsannahmen im Bauwesen - Außergewöhnliche Einwirkungen - Erdbebeneinwirkungen, Grundlagen und Berechnungsverfahren - ÖNORM B 4015, Austrian Standards Institute (ON), ICS 91.010.30, 91.120.25. – 59 S. Österreichisches Normungsinstitut, Wien.
- REINECKER, J. & LENHARDT, W.A. (1999): Present-day stress field and deformation in eastern Austria. – International Journal of Earth Sciences, 88: 532-550, Springer Verlag, Berlin/Heidelberg.

Anschrift der Verfasser:

Dr. Wolfgang Lenhardt & DI Peter Melichar
Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik
Hauptabteilung Geophysik
Hohe Warte 38
A-1190 Wien
wolfgang.lenhardt@zamg.ac.at, peter.melichar@zamg.ac.at