

---

## 23 Erdbeben

Wolfgang Lenhardt, Christa Hammerl, Maria de Puy Papi-Isaba und Stefan Weginger\*

### Zusammenfassung

Österreichs Seismizität und deren Auswirkungen können als moderat in einem europäischen Kontext eingestuft werden – dennoch müssen bestimmte Vorsichtsmaßnahmen getroffen werden, da Erdbeben auch zu Todesopfern geführt haben. Die letzte Version der Baunorm für die erdbebensichere Gestaltung von Bauwerken wurde vom Österreichischen Normungsinstitut im Jahr 2011 herausgegeben, wobei die Bemessungswerte auf jenen der Norm von 1997 basieren. Diese Norm folgt bereits den Vorgaben des EUROCODE, womit detaillierte Angaben der zu berücksichtigenden Bodenbeschleunigung verbunden sind. Die höchsten Bodenbeschleunigungen sind im Wiener Becken, dem Mur- und Mürztal, dem Inntal und im südlichen Kärnten zu erwarten. Besonders wichtig erscheint die Aufarbeitung historischer (Stark-)Beben, um die Seismizität eines Gebietes besser einschätzen zu können. Der Erdbebendienst der ZAMG entwickelt Erschütterungskarten (Shake Maps) um den Katastrophen- und Zivilschutzeinrichtungen bereits kurz nach einem Erdbebenereignis eine detaillierte Information über das Ausmaß der Erdbebenauswirkungen zukommen lassen zu können.

### Abstract

In European context the seismicity in Austria can be considered as moderate but certain steps must still be taken to counteract possible catastrophes as some earthquakes already claimed fatalities. The last version of the building code for earthquake resistant design was released by the Austrian Institute of Standards in 2011, which was based on the version of 1997. This code adheres to EUROCODE regulations, thus giving detailed information of ground accelerations in Austria. Highest ground accelerations are expected in the Vienna Basin, the Mur and Mürz Valley, the Inn Valley and Southern Carinthia. The importance of completing the earthquake catalogue, permitting more precise earthquake hazard esti-

---

\* Wolfgang Lenhardt, Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Abteilung Geophysik, wolfgang.lenhardt@zamg.ac.at.

Christa Hammerl, Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Abteilung Geophysik, christa.hammerl@zamg.ac.at.

Maria de Puy Papi-Isaba, Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Abteilung Geophysik, maria.papi-isaba@zamg.ac.at.

Stefan Weginger, Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, Abteilung Geophysik, stefan.weginger@zamg.ac.at.

mates, is emphasized. Shake maps in real-time will be implemented soon thus supplying disaster relief organizations with realistic estimates of the earthquake effects.

#### **Kernaussagen**

- Die Historische Erdbebenforschung erfordert eine Aktualisierung des Erdbebenkatalogs und führt somit zu einer Verbesserung der Erdbebengefährdungseinschätzung. Dies ist eine wichtige Grundlage für die erdbebensichere Bauweise.
- Beispiele extremer Erdbeben rechtfertigen diese Notwendigkeit.
- Eine neue Norm befindet sich in Ausarbeitung.
- Für Belange des Zivilschutzes werden derzeit neue Informationszusammenstellungen entwickelt, die schnelle Szenarieneinschätzungen erlauben.

#### **Key Points**

- Historical Earthquake Research leads to an improved earthquake hazard estimation which serve as basis for the building code.
- Examples of extreme earthquakes in Austria justify this activity.
- A new building code is currently being drafted.
- For civil protection purposes new tools are under development to provide scenarios in near real-time.

## **23.1 Einleitung**

Österreich liegt im Gürtel der alpinen Gebirgsbildung, der durch die Kollision der Eurasischen und der Afrikanischen Platte entstanden ist. Aufgrund neuester GPS-Messungen weiß man, dass diese Bewegungen heute noch andauern und jährlich eine Einengung zwischen Europa und Afrika von mehreren Millimetern bewirken. Diese Kompression drückt sich in der Gebirgsbildung aus, wobei die Alpen nicht nur horizontal zusammengedrängt, sondern auch über- und unterschoben werden, was zu einer Verdoppelung der Erdkrustenmächtigkeit in diesem Bereich führt. Eine Folge dieser tektonischen Bewegungen sind Erdbeben, die aber verglichen mit der Türkei, Italien oder Griechenland von geringerer Stärke sind. Dennoch war man sich schon vor über 100 Jahren aufgrund der Erfahrungen mit dem Laibacher Beben im Jahre 1895 bewusst, dass auch Erdbeben in Mitteleuropa eine erstzunehmende Bedrohung für die Bevölkerung darstellen.

Obwohl Erdbeben im Alpenraum selten sind, wurden seit 1900 doch über zweitausend Erdbeben in Österreich verspürt. Davon verursachten mehr als 50 Erdbeben leichte Gebäudeschäden entsprechend dem Intensitätsgrad 6 (EMS-98, zwölfteilige makroseismische Skala, s. a. Grünthal, 1998), und neun Erdbeben führten zu mittleren Gebäudeschäden (Intensitätsgrad VII bzw. VIII). Blickt man weiter zurück, so erkennt man, dass Österreich immer wieder – wenn auch

in Abständen von 100 bis 200 Jahren – von Erdbeben der Intensität 8° und darüber heimgesucht wurde.

Meistens werden schwächere Beben nicht im gesamten Bundesgebiet wahrgenommen, aber tatsächlich finden viele dieser kleinen Beben in Bereichen statt, in denen es vor nicht allzu langer Zeit auch stärkere Erdbeben gegeben hat, die dann mit schweren Gebäudeschäden verbunden waren. Oft kann man sich aber an solche Ereignisse nicht erinnern – oder hat gar keine Kenntnis davon, weil diese Erdbeben schon sehr lange zurück liegen und sich der Erinnerung entziehen. Nur wenige Personen können sich inzwischen noch an das Erdbeben von Schwadorf bei Wien im Jahr 1927 oder Obdach 1936 oder Puchberg 1939 erinnern. Auch das Erdbeben von Seebenstein im Jahr 1972 ist bereits der jüngeren Generation kein Begriff mehr, obwohl die Auswirkungen auf Wien beachtlich waren (Drimmel und Duma, 1974). Obwohl das Epizentrum 60 km von Wien entfernt war stürzten damals u. a. 15 Meter der Balustrade der Universität Wien auf den Bürgersteig, und die Feuerwehr musste hunderte Male ausrücken um herabgestürzte Kamine von den Straßen und Gehwegen zu beseitigen.

Seit 1. April 2000 existiert im Erdbebendienst ein Bereitschaftsdienst, der gewährleistet, dass die entsprechenden Stellen des Staatlichen Krisenmanagements über ein wahrgenommenes Erdbeben sofort Kenntnis erhalten.

#### *Fachbegriffe und Definitionen (Abbildung 01)*

*Epizentrum:* Projektion des Erdbebenherdes an der Erdoberfläche, entspricht meist dem Ort der stärksten Auswirkung (Fühlbarkeit bzw. Schäden).

*Erdbebengefährdung:* Als »Erdbebengefährdung« wird eine Bodenbewegung (meist in horizontalen Beschleunigungen des Bodens) angegeben, die mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit an einem definierten Standort nicht überschritten wird (Lenhardt, 1995, 1997). Damit unterscheiden wir sie grundsätzlich vom »Erdbebenrisiko«, das die Wahrscheinlichkeit eines bestimmten Schadens – meist als Schadenskosten ausgedrückt – beschreibt. Dieser hängt von der Erdbebengefährdung sowie der Anfälligkeit und Nutzung von Bauobjekten ab. Manchmal werden auch Produktionsausfälle mitberücksichtigt. Das Erdbebenrisiko ist nicht nur für Versicherungen von Interesse, sondern zeigt auch die wirtschaftlichen Konsequenzen von Erdbeben in ihrer vollen Bandbreite (Schäden an wichtigen Infrastrukturen, Unterbrechung von Verkehrswegen bzw. Transportrouten, Tourismus) auf. Für die Planung und Errichtung von Bauwerken sind deshalb Standortbewertungen von großer Bedeutung, welche die Gebäudebelastungen in Abhängigkeit der Nutzungsdauer (in Europa werden 50 Jahre für gewöhnliche Wohngebäude angenommen) und dem akzeptablen Restrisiko (in Europa 10 %) berücksichtigen (Lenhardt, 2010).

Im Weiteren unterscheidet man zwischen »probabilistischen« und »deterministischen« Gefährdungsaussagen. Während erstere auf statistischen Be-

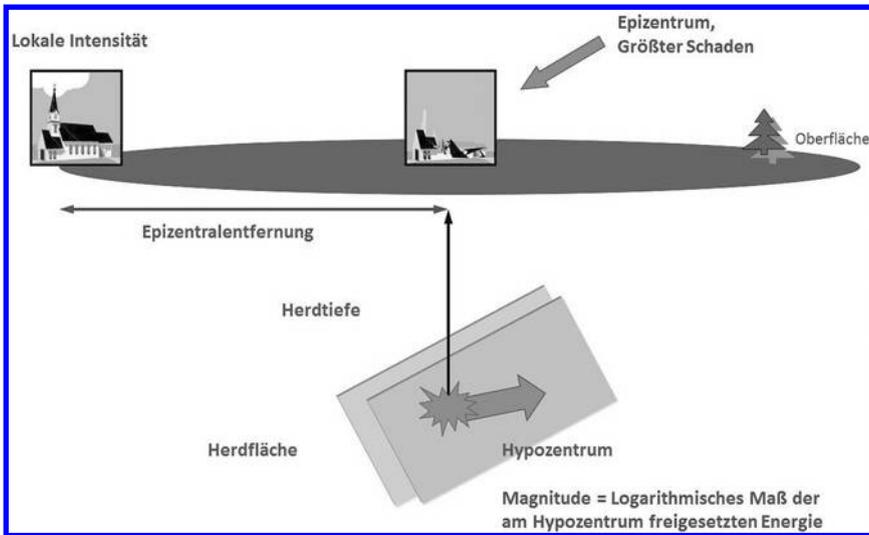


Abbildung 01: Fachbegriffe.

Figure 01: Terminology.

Quelle: ZAMG/Geophysik, 2018

rechnungen basieren, so gründen sich die »deterministischen« auf Einzel- bzw. Extremszenarien. Für letztere bedeutet dies, dass ein Erdbeben mit einer bestimmten Magnitude und Herdtiefe auf Grund geologischer, topographischer und seismotektonischer Gesichtspunkte festgelegt wird, und dessen Auswirkung für einen definierten Standort berechnet wird. Je nach Wissensstand lassen sich beide Methoden miteinander verbinden. Sind zum Beispiel aufgrund geologischer Bodenuntersuchungen Hinweise auf Erdbeben in geologischen Zeiträumen gegeben (z. B. Sieh, 1978), so kann diese Information in probabilistische Methoden mit einbezogen werden. Gerade für besondere Bauwerke, zu denen vor allem Talsperren, Endlager oder Atomkraftwerke zählen, ist dieser Aspekt von wesentlicher Bedeutung, da für diese Bauten zusätzliche Nachweise für die Betriebssicherheit erbracht werden müssen, die weit über die allgemeinen Baunormen hinausgehen.

*Extremereignis:* Die Definition eines Extremereignisses ist je nach Themenschwerpunkt anders. In diesem Fall werden Erdbeben als extrem angesehen, die sich der Erfahrung eines Menschen mit einer durchschnittlichen Lebensdauer von 80 Jahren gerade noch entziehen können (50 % Überschreitungswahrscheinlichkeit in 80 Jahren). Dies führt bei einer Poisson-Verteilung zu einem durchschnittlichen Wiederkehrzeitraum von 115 Jahren, welcher etwa dem Wiederkehrzeitraum von Erdbeben der Intensität VIII in Österreich entspricht. Solche Erdbeben werden in diesem Rahmen somit als extreme Ereignisse definiert, weil sie mit mehreren Beispielen hinsichtlich der Auswirkungen auf die

Bevölkerung aus den letzten 1.000 Jahren belegt werden können. Weit darüber hinausreichende Zeiträume sind für kritische Infrastrukturen zu berücksichtigen, werden hier aber nicht weiter diskutiert, da dies der gegebene Rahmen nicht ermöglicht.

*Herdtiefe:* Tiefe des Erdbebenvorganges unter der Oberfläche (Distanz zwischen dem Epizentrum und dem Hypozentrum).

*Historische Erdbebenforschung:* Diese wissenschaftliche Disziplin befasst sich mit der Rekonstruktion der Intensitäten eines Bebens und ermöglicht daraus die Abschätzung von Magnitude und Herdtiefe.

*Hypozentrum:* Lage des Erdbebenvorganges im Erdinneren.

*Intensität:* Größe zur Beschreibung der Auswirkung von Erdbebeneffekten mittels Fühlbarkeits- und Schadensbeschreibung (s. a. 12-teilige Europäische Makroseismische Skala EMS-98). Sie bezieht sich auf Effekte an der Oberfläche die in »Grad« angegeben und früher oft in römischen Ziffern angeführt wurden um sich von der Magnitude zu unterscheiden. Intensität 6° entspricht leichten Gebäudeschäden, 7° mittleren Gebäudeschäden (Rissbildungen), 8° starken Gebäudeschäden und 9° sehr starken Gebäudeschäden, wobei bereits eine Vielzahl der Gebäude einstürzt. Früher fand in Österreich die Mercalli-Sieberg Skala und danach die Medwedew-Sponheuer-Karnik Skala ihre Anwendung. Im Epizentrum spricht man von der Epizentralintensität »Io«. Mit zunehmender Distanz vom Epizentrum spricht man von einer lokalen Intensität.

*Magnitude:* Logarithmisches Maß der am Bebenherd freigesetzten Schwingungsenergie eines Erdbebens.

*Quelle (im historischen Sinn):* Zeitgenössische Texte, bildliche Darstellungen, Bauwerke, etc., welche Informationen zu Erdbeben aufweisen.

## 23.2 Historische Entwicklung der Erdbebenerfassung

### 23.2.1 Historische Erdbebenforschung

Die Erforschung historischer Erdbeben – d. h. von Erdbeben vorwiegend vor 1900 – ist nicht nur von geschichtlichem Interesse. Die Kenntnis über aufgetretene Schäden und das Fühlbarkeitsgebiet eines Erdbebens lassen auf die Intensität und Stärke schließen und in der Folge auf die Erdbebengefährdung eines Gebietes.

Um historische Erdbeben möglichst genau einschätzen zu können, ist es notwendig, auf Originalquellen zurückzugreifen (Hammerl, 2017). Dafür werden zum Beispiel Annalen, Chroniken, Briefe, Rechnungen und vieles mehr in Archiven und Bibliotheken ausgehoben. Diese Quellen werden unter Berücksichtigung des Zeitgeistes und der gerade gültigen Vorstellung von der Ursache

der Erdbeben kritisch analysiert und interpretiert. Dies erfolgt in interdisziplinärer Zusammenarbeit (Lenhardt und Hammerl, 2010).

### 23.2.2 Messtechnik

Der Werdegang der Errichtung der seismischen Beobachtungsstationen in Österreich lässt sich bis 1895 bzw. sogar bis 1856 zurückverfolgen. Damals wurden Pendel zur Registrierung der Bodenbewegungen genutzt, da es elektromagnetische Systeme zur messtechnischen Erfassung von Bodenbewegungen noch nicht gab. Die Messung und Aufzeichnung erfolgte mit einem und demselben Gerät – dem Seismographen. Später wurden die beiden Einheiten voneinander getrennt, sodass die Messungen zwar noch analog über ein Pendel erfolgten (Seismometer), aber die Aufzeichnungen bereits auf einem eigenen Schreiber erfolgten. Diese Art der Aufzeichnungen wurde letztlich Ende der 80er Jahre des 20. Jahrhunderts durch digitale Registrierungen ersetzt. Heute verfügt der Österreichische Erdbebendienst über zwei Gruppen von Messgeräten. Sie ermöglichen die Registrierung von Nah- und Fernbeben nach internationalen Standards (s. a. Melichar, 1989, Lenhardt et al., 2001). An mehreren Orten in Österreich sind auch Erdbebenmessstationen zur Aufzeichnung starker Bodenbewegungen («Strong Motion») installiert.

### 23.2.3 Baunorm

In Österreich regelte nach 1945 die ÖNORM B 4000-3 »Berechnung und Ausführung der Tragwerke – allgemeine Grundlagen – Windlasten und Erdbebenkräfte« in den drei Ausgaben 1955, 1956 und 1961 die Berücksichtigung der Erdbebeneinwirkungen. Drei Jahre nach dem schweren Erdbeben im Friaul 1976 wurde 1979 eine neue ÖNORM B 4015-1 »Erdbebenkräfte an nicht schwingungsanfälligen Bauwerken« herausgegeben (siehe oben). Ein weiterer geplanter Teil (Teil 2, Berechnungsanleitung) wurde damals nicht fertiggestellt. Die in der Gefährdungskarte angeführten effektiven horizontalen Bodenbeschleunigungswerte bezogen sich auf das 100-jährliche Erdbeben und die Isolinien gleicher Erdbebenbelastung auf das 200-jährliche Erdbeben.

Die Einführung des EUROCODE 8, der die Bemessungswerte mit 10 % Nichtüberschreitungswahrscheinlichkeit in 50 Jahren vorschreibt, erforderte eine grundlegende Überarbeitung, die am 1. Oktober 1997 in einer neuen Fassung der ÖNORM B 4015-1 mündete und sich auf einer Studie für die Staubeckenkommission gründete (s. a. Lenhardt, 1995). Im August 1999 folgte dann zum ersten Mal der 2. Teil der ÖNORM, der sich mit den Berechnungs-

methoden befasste. Im Juni 2002 erschien dann die Version der ÖNORM B 4015, die die beiden Teile 1 und 2 zusammenfasste. Ende Mai 2009 wurde die ÖNORM B 4015 zurückgezogen. An ihre Stelle trat die ÖNORM EN 1998-1, die dem EUROCODE-8 entspricht. Nationale Festlegungen und Erläuterungen sind in der dazugehörigen ÖNORM B 1998-1 geregelt. Die in der letzten Version der ÖNORM B 4015 (Version 1997) erwähnten Erdbeben-Bemessungswerte blieben bestehen und entsprechen den damaligen effektiven horizontalen Bodenbeschleunigungen für die quasistatische Berechnungsmethoden. Inzwischen finden Bemessungen aufgrund von Antwortspektren ihre Anwendung und daher müssen die entsprechenden Bemessungswerte in der aktuellen Norm auf Spitzenbodenbeschleunigungen angepasst werden. Das erfordert im Durchschnitt eine Erhöhung der Bemessungswerte um ca. 40 %.

### 23.3 Fallbeispiele

Die folgenden neun Erdbebenereignisse können als extreme Beispiele angesehen werden. Das Erdbeben vom 4. Dezember 1690 scheint in dieser Auflistung nicht auf, da eine grundlegende Studie nach den Kriterien der Historischen Erdbebenforschung noch aussteht. Einige andere bekannte Erdbeben werden hier nicht extra vorgestellt, da sie nach rezenten Studien (Hammerl, 2017) Epizentralintensitäten aufwiesen, die einen Grad von 7 nicht mehr überschritten (z. B. Leoben 1794) oder sich als »fake« heraus gestellt haben (z. B. Wiener Neustadt 1668).

#### 23.3.1 Kärnten – 04.05.1201

In älteren Erdbebenkatalogen (Toperczer und Trapp, 1950) wurde das Epizentrum dieses Bebens in Murau angenommen, das am westlichen Ende der geologischen Mur-Mürztal-Störungszone liegt, und die maximale Intensität mit 9° auf der 12-teiligen Mercalli-Sieberg Skala abgeschätzt.

Aufgrund einer quellenkritischen Studie (Hammerl, 1995) der zeitgenössischen Originaltexte für das Ereignis stellte sich heraus, dass jene Orte, über die Schadensberichte zu finden waren, in Kärnten zu suchen sind und nicht, wie früher angenommen, in der Steiermark. Die Angaben in den Originalquellen sind aber zu dürftig, um auch ein neues Epizentrum, die Epizentralintensität, Magnitude und die Herdtiefe abschätzen zu können. Dieses Erdbeben wird hier nur deshalb angeführt, weil es oft in der Sekundärliteratur angesprochen wird.

### 23.3.2 Kindberg?/Steiermark – 08.05.1267

Auch dieses Erdbeben wird in früheren Erdbebenkatalogen (Toperczer und Trapp, 1950) als Starkbeben mit einer maximalen Intensität von 8° auf der Mercalli-Sieberg Skala angeführt. Wenige zeitgenössische Quellen berichten über dieses Beben. Schaden wird unspezifisch nur an der Burg Kindberg berichtet, mehr weiß man über dieses Beben nicht. Daraus folgt, dass man keine Erdbebenparameter abschätzen kann.

### 23.3.3 Ried am Riederberg/Niederösterreich – 15.09.1590

Das Erdbeben vom 15. September 1590 gilt wohl einerseits als eines der interessantesten, am besten dokumentierten und andererseits als das stärkste historische Beben in Österreich.

Durch Auffinden von neuen Quellen in einer aktuellen Studie (Hammerl und Lenhardt, 2013) wurde das Epizentrum mit Ried am Riederberg (48,26/16,06) festgelegt, die Epizentralintensität mit  $I_0 = 9^\circ$  EMS, die Herdtiefe aufgrund der MDPs mit 6 km abgeschätzt.

Aus der Herdtiefe und der Reichweite der Erschütterungen errechnet sich im Mittel eine Magnitude von 5,8. Die Intensität für Wien wurde mit 7° EMS-98 abgeschätzt, was bedeutet, dass an vielen Häusern solider Bauart mäßige Schäden, wie kleine Mauerrisse, Abfall von Putz oder Herabfallen von Schornsteinteilen auftreten. Vornehmlich Gebäude in schlechterem Zustand zeigen größere Mauerrisse und den Einsturz von Zwischenwänden. Dokumentierte Schäden sind u. a. der Einsturz des Turmes der Michaelerkirche und eines Gasthauses in der Rotenturmstraße. Hier wurde auch von Todesopfern berichtet. Der wahrscheinliche Fehler des Epizentrums ergibt sich zu 10 km.

### 23.3.4 Hall in Tirol – 17.07.1670

Das stärkste und folgenschwerste Beben Tirols mit dem Epizentrum in Hall in Tirol ereignete sich am 17. Juli 1670. Aus zahlreichen zeitgenössischen Quellen war es möglich, die Epizentralintensität mit 8° EMS-98 und die Magnitude, bei einer angenommenen Herdtiefe von 6 km, mit 5,2 zu rekonstruieren (Hammerl et al., 2012). 8° EMS-98 bedeutet, dass viele Personen das Gleichgewicht verlieren, an vielen Gebäuden einfacher Bausubstanz schwere Schäden auftreten, d. h. Giebelteile und Dachgesimse und einige Gebäude sehr einfacher Bauart sogar einstürzen. Dies trifft für Hall in Tirol zu, viele Häuser wurden beschädigt, einige Gebäude und der Pfarrturm stürzten ein. Das Beben forderte mindestens

neun Todesopfer in Hall in Tirol und Thaur. Die errichteten Stützmauern (Erdbebenfeiler) prägen noch heute das Stadtbild.

### 23.3.5 Innsbruck bis Hall in Tirol – 22. 12. 1689

Dieses Erdbeben zählt mit dem vom 17. Juli 1670 zu den stärksten bekannten Beben in Tirol. Das Epizentrum lag 1689 näher bei Innsbruck. Auch dieses Beben forderte, wie jenes im Jahr 1670, Todesopfer, mindestens elf in Hall in Tirol und elf in Innsbruck.

Die Epizentralintensität konnte aus zahlreichen historischen Quellen mit 7–8° EMS-98 abgeschätzt werden. Die Magnitude wurde mit 4,8 bei einer angenommenen Herdtiefe von 6 km abgeschätzt. Betrachtet man die Schäden im Epizentrum in Innsbruck, so würde man eine größere Magnitude erwarten. Da aus den historischen Quellen das Gebiet, wo das Erdbeben noch verspürt werden konnte, relativ klein ist, erscheint die Annahme dieser Magnitude gerechtfertigt (Hammerl et al., 2012).

### 23.3.6 Nassereith/Tirol – 28. 11. 1886

Das Erdbeben vom 28. November 1886 ist sehr gut durch zahlreiche zeitgenössische Quellen belegt. Es wurde berichtet, dass in Nassereith beinahe an jedem Haus innen und außen Risse entstanden und Schornsteine von den Dächern fielen. In einigen Häusern brachen ganze Plafonds herunter. Die höchste Intensität wurde für Nassereith mit 7–8° EMS-98 und die Magnitude mit 5,1 bei einer Herdtiefe von 8 km abgeschätzt.

### 23.3.7 Schwadorf/Niederösterreich – 08. 10. 1927

Am 8. Oktober 1927 erschütterte ein Erdbeben Schwadorf in Niederösterreich. Es war das stärkste Erdbeben des 20. Jahrhunderts in Österreich. Die Epizentralintensität wurde auf Grund der Schäden mit 8° EMS-98 bestimmt. Im Erdbebenkatalog der ZAMG ist das Hauptbeben mit einer Magnitude 5,2 und einer Herdtiefe von 6 km vermerkt. In der Gemeinde Schwadorf bei Wien wurden viele Häuser einfacher Bausubstanz beschädigt, einzelne Objekte mussten in der Folge abgetragen werden. Auch in Enzersdorf an der Fischa wurden einige Gebäude stark in Mitleidenschaft gezogen.

### 23.3.8 Namlos/Tirol – 07.10.1930

Am 7. Oktober 1930 erschüttert ein Erdbeben der Stärke 5,3 die Ortschaft Namlos, einem Seitental des Lechtals. Die meisten Kamine stürzten ein und auch einige Häuserfassaden wiesen Risse auf. Insgesamt verursachte das Beben einen hohen Sachschaden. Das Beben war weit über die Grenzen Österreichs hinaus deutlich fühlbar. Die Epizentralintensität wurde mit 7–8° EMS-98 abgeschätzt, die Herdtiefe mit 9 km. (Hammerl und Lenhardt, 1997)

### 23.3.9 Seebenstein/Niederösterreich – 16.04.1972

Die Epizentralintensität des Bebens mit dem Epizentrum in Seebenstein betrug 7–8° EMS-98, die Magnitude 5,3 bei einer Herdtiefe von 10 km. In Guntrams und in Schwarzau stürzten zwei ältere Gebäude ein. Zwei Eisenkreuze fielen von den Türmen der Kirche in Schwarzau. In Katzelsdorf brach eine Statue vom Kirchturm ab und die Kirche in Seebenstein erlitt beträchtlichen Sachschaden. In Wiener Neustadt konnte die Bundesstraße stundenlang nicht befahren werden, da erst die heruntergestürzten Gesimse und Kamine beseitigt werden mussten. Im Dom von Wiener Neustadt fielen Mauerteile herab, Autos wurden vor allem am Hauptplatz durch herabfallende Bauteile beschädigt. In Wien musste die Feuerwehr hunderte Male ausrücken, um eingestürzte Kamine oder herabgefallene Dachziegel zu beseitigen, wie z. B. die abgestürzte Balustrade an der Universität Wien. (Hammerl und Lenhardt, 1997)

## 23.4. Sachstand

Die folgende Tabelle 01 listet alle stärkeren Erdbeben in und um Österreich auf, auch jene wo detaillierte Studien noch fehlen. Dies betrifft hauptsächlich die Bundesländer Kärnten, Salzburg, Oberösterreich und das Burgenland.

**Tabelle 01:** Historische Erdbeben mit stärkeren Gebäudeschäden in Österreich.  
**Table 01:** Historical earthquakes causing intense building damage in Austria.

Datum	Geogr. Breite	Geogr. Länge	M* Io	Epizentrum	Land	Literatur
1201.05.04			?	Katschberg?	KÄ	H1995
1267.05.08	47,51	15,45	?	Kindberg	ST	LH2002
1348.01.25	46,40	13,40	10	Friaul	IT	A1976
1590.09.15	48,26	16,07	5,2 8	Riederberg	NÖ	HL2013
1590.09.15	48,26	16,07	5,8 9	Riederberg	NÖ	HL2013

((Fortsetzung))

Datum	Geogr. Breite	Geogr. Länge	M*	Io	Epizentrum	Land	Literatur
1670.07.17	47,28	11,51	5,2	8	Hall	TI	HL2012
1689.12.22	47,27	11,39	4,8	7-8	Innsbruck	TI	HL2012
1690.12.04				?	Friaul, Kärnten?	IT/ KÄ	A1976
1712.04.10	47,82	16,24	4,0	6	Wr. Neustadt	NÖ	HL2013
1766.08.05	47,81	16,61	4,6	7	St. Margarethen	BU	DT1982
1766.08.16	47,81	16,61	4,6	7	St. Margarethen	BU	DT1982
1767.11.21	46,89	14,33	4,8	7	Strassburg	KÄ	DT1982
1768.02.27	47,82	16,24	5,0	7	Wr. Neustadt	NÖ	H2000, HL2013
1794.02.06	47,38	15,09	4,7	7	Leoben	ST	H1996, H2000, LH2002
1810.07.18	47,58	14,46	4,5	6	Admont	ST	LH2002
1820.07.17	47,35	11,71	4,5	7	Schwaz	TI	DT1982
1837.03.14	47,61	15,67	4,7	7	Mürzzuschlag	ST	LH2002
1857.12.25	46,59	14,02	4,6	7	Rosegg	KÄ	DT1982
1885.04.30	47,51	15,45	5,0	7	Kindberg	ST	LH2002
1886.11.28	47,32	10,84	5,1	7-8	Nassereith	TI	DT1982
1888.04.12	47,78	16,54	4,6	7	Siegendorf	BU	DT1982
1910.07.13	47,32	10,84	4,8	7	Nassereith	TI	DT1982
1916.05.01	47,17	14,66	4,7	7	Judenburg	ST	DT1982
1927.07.25	47,53	15,49	5,1	7	Wartberg	ST	DT1982
1927.10.08	48,07	16,58	5,2	8	Schwadorf	NÖ	DT1982
1930.10.07	47,36	10,66	5,3	7-8	Namlos	TI	DT1982
1936.10.03	47,07	14,70	5,0	7	Obdach	ST	DT1982
1938.11.08	47,96	16,40	5,0	7	Ebreichsdorf	NÖ	DT1982
1939.09.18	47,77	15,91	5,0	7	Puchberg Seebenstein/	NÖ	DT1982
1972.04.16	47,71	16,18	5,3	7-8	Pitten	NÖ	DD1974
1976.05.06	46,25	13,22	6,5	10	Friaul	IT	A1976

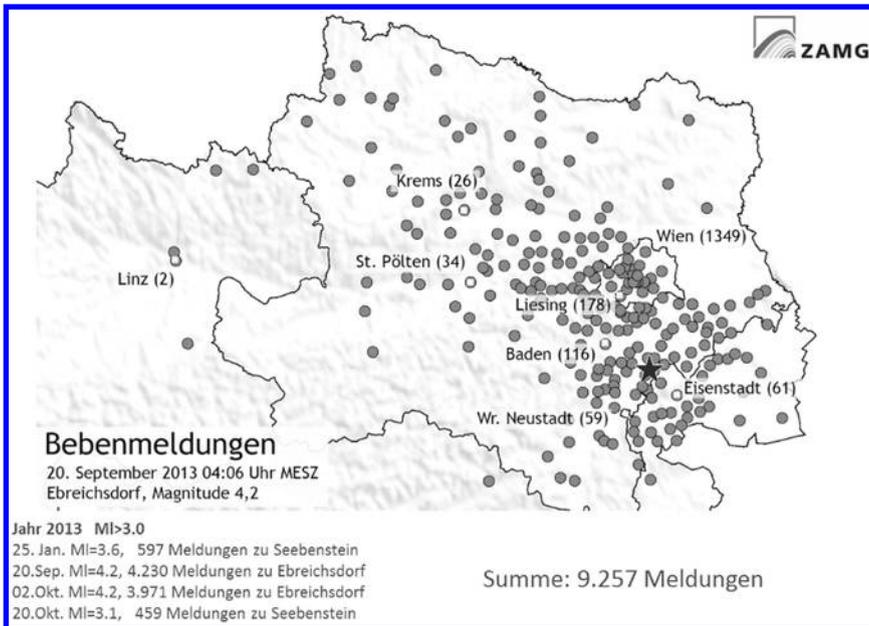
*Legende:* M = Magnitude (\*vor 1950 aus der Intensität abschätzt), Io = Epizentralintensität nach EMS-98 (Fühlbarkeit und Schäden entsprechend der Europäischen Makroseismischen Skala (Grünthal, 1998).

Literaturkürzel: A1976 – Ambraseys, 1976, H1995 – Hammerl, 1995, H1996 – Hammerl, 1996, H2000 – Hammerl, 2000, LH2002 – Lenhardt und Hammerl, 2002, HL2012 – Hammerl et al., 2012, HL2013 – Hammerl und Lenhardt, 2013, DD1974 = Drimmel und Duma, 1974, DT1982 = Drimmel und Trapp, 1982).

Die Häufigkeit der Erdbeben lässt sich mit Durchschnittswerten wie folgt beschreiben: Durchschnittlich wird heute etwa einmal die Woche irgendwo in Österreich ein Erdbeben von der Bevölkerung wahrgenommen. Deutlich spürbare Erdbeben (Io = 4) finden etwa jeden Monat in Österreich statt und stark



Wiener Becken aus dem Jahr 2013 dargestellt, wobei fast 10.000 Mitteilungen den Österreichischen Erdbebendienst an der Zentralanstalt für Meteorologie (ZAMG) erreichten.



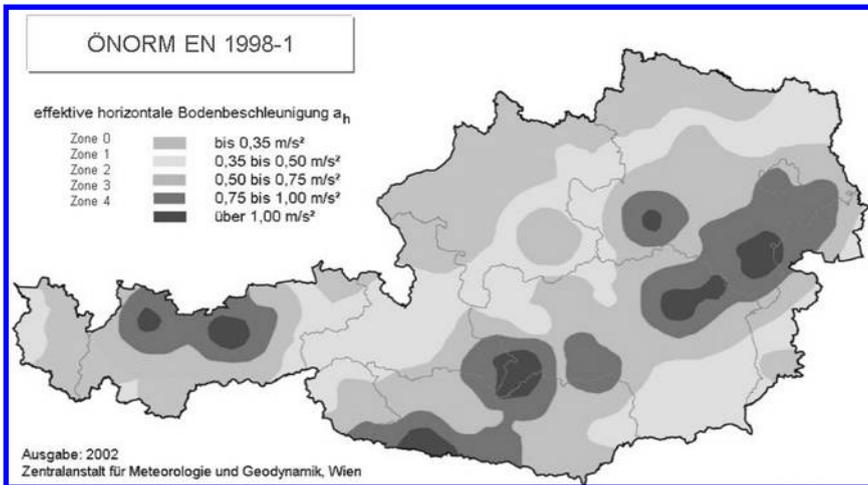
**Abbildung 03:** Beispiel der Makroseismik (graue Punkte = Meldungsorte).

**Figure 03:** Example of a macroseismic map (gray dots = sites with responses).

Quelle: ZAMG/Geophysik, 2018

Meldungen über Erdbebenauswirkungen können seit 2000 über [www.zamg.ac.at/bebenmeldung](http://www.zamg.ac.at/bebenmeldung) an die ZAMG vermittelt werden. Es existiert inzwischen auch eine Android-Version unter den Namen »QuakeWatch Austria«, die es erlaubt direkt vom Smartphone Meldungen an die ZAMG zu übermitteln.

Um der Erdbebengefährdung bautechnisch Rechnung zu tragen, ist die in Abbildung 04 gezeigte Landkarte erstellt worden (<https://geoweb.zamg.ac.at/hazard/norm98.html>). Diese Karte weist die Zonen unterschiedlicher Erdbebenbelastung auf, die dazu dient entsprechende Vorkehrungen bei der Planung von Gebäuden treffen zu können. Diese Karte wird demnächst aktualisiert und an die bereits erwähnten heute im EUROCODE 8 vorgeschriebenen Parameter angepasst.



**Abbildung 04:** Aktuelle Erdbebengefährdungskarte von Österreich.

**Figure 04:** Current earthquake hazard map of Austria.

Quelle: ZAMG/Geophysik, 2018

## 23.5 Zukünftige Entwicklungen und Herausforderungen

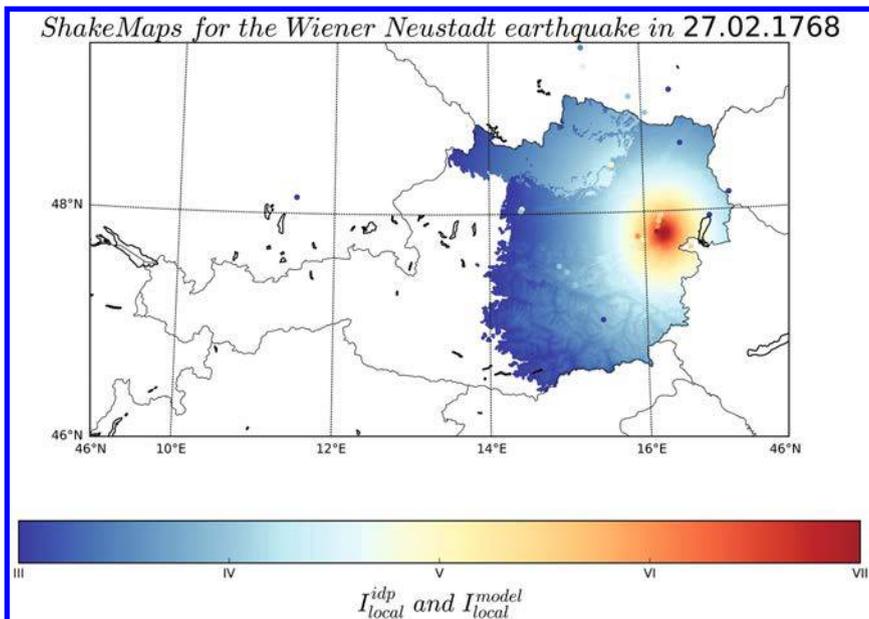
Standardmäßig wird durch die Anwendung der Baunorm das Auftreten von Erdbeben berücksichtigt. Die Zielsetzung der Norm, dass Bauwerke schwache Erdbeben ohne Schäden überstehen müssen, ist dabei wesentlich. Durch Verwirklichung der Normempfehlungen wird somit ein wichtiger Schritt zur Reduktion des Erdbebenrisikos vollzogen, da nicht nur die zu erwartende Erdbebenbelastung sondern auch die Anfälligkeit von Gebäuden in der Baunorm, der Untergrund und die Geländeform ihre Berücksichtigung findet.

Ein gewisses Restrisiko bleibt aber dennoch erhalten, da eine 10 % Nicht-Überschreitungswahrscheinlichkeit per Definition nicht abgedeckt wird. Dieses Restrisiko gebietet, Überlegungen anzustellen, welche Bauwerke besonders gefährdet sind und von welchen Bauwerken eine besondere Gefahr ausgehen könnte, wie z. B. der Einsturz von historischen Gebäuden. Dazu dienen auch Untersuchungen historischer Erdbeben (z. B. Hammerl, 2000) und geologische Aufnahmen.

Historische Erhebungen befassen sich meist mit den Quellen der letzten 1.000 Jahre. Dies erscheint ausreichend für die Zwecke der Baunorm. Für wichtige bzw. kritische oder strategische Infrastrukturen (Staudämme, Kraftwerke, Flughäfen und dergleichen) werden höhere Sicherheitsstandards verlangt (z. B. International Commission on Large Dams »ICOLD«), die dazu führen, dass weit größere Zeiträume berücksichtigt werden müssen oder sogar

ein »maximales Ereignis« definiert werden muss. Die Bestimmung des maximalen Bemessungsbebens gestaltet sich jedoch äußerst schwierig. Ein Ansatz, der auch schon im zunehmenden Maße verfolgt wird, stellt die Untersuchung der geologischen Störungen (z. B. Sieh, 1978, McCalpin, 1998) dar. Aufgrund der gut dokumentierten Beziehung zwischen Störungslänge und Magnitude (z. B. Wells und Coppersmith, 1994) ist es verbessert möglich physikalisch plausible Ansätze zu erarbeiten, die aber für Belastungsannahmen, wie diese in der Baunorm gefordert werden, aufgrund der geringer Häufigkeit von untergeordneter Bedeutung sind.

Extreme sekundäre Schäden durch Bergstürze (z. B. Lenhardt, 2007) oder durch induzierte Erdbeben (Lenhardt, 1998) sowie geplante nukleare Endlager rechtfertigen eine enge Zusammenarbeit mit den Erdbebendiensten der Nachbarländer. Solche grenzüberschreitenden Projekte wurden bereits in der Vergangenheit erfolgreich durchgeführt (ACORN = Alpine Carpathian Research Network, mehrere Interreg-Projekte mit Italien) und werden auch in Zukunft verfolgt, wie dies mit Italien und Tschechien im Rahmen von Interreg V der Fall ist. Dazu hat auch das Central and Eastern European Earthquake Research Network (CE<sup>3</sup>RN) wesentlich beigetragen.



**Abbildung 05:** Beispiel einer Shake Map des Erdbebens bei Wiener Neustadt im Jahr 1768.

**Figure 05:** Example of a shake map of the earthquake near Wiener Neustadt in 1768.

Quelle: ZAMG/Geophysik, 2018

Ungeachtet dessen wird der Bedarf an Erschütterungsmonitoring wichtiger Infrastrukturen in Zukunft zunehmen um Sicherheitsmaßnahmen auf lokaler Ebene rechtzeitig einleiten zu können. Zur Abschätzung der Auswirkungen historischer aber auch rezenter Erdbeben dienen heute Erschütterungskarten (»Shake Maps«). Diese stellen ein bestimmtes Szenario dar, das durch die Magnitude und die Herdtiefe vorgegeben wird, wobei Einflüsse des lokalen Untergrunds und der Geländeform Berücksichtigung finden. Abbildung 05 zeigt solch eine Shake Map, die das Erschütterungsfeld des historischen Erdbebens von Wiener Neustadt, 1768 darstellt. Derzeit werden die Karten mit Fallbeispielen aus der Vergangenheit verifiziert, und demnächst werden solche Landkarten nach jedem stärkeren Erdbeben in Österreich auf der Homepage der ZAMG veröffentlicht.

### 23.6 Perspektiven von Handlungsoptionen

Die europäische Baunorm wird in den nächsten Jahren eine Aktualisierung erfahren, welche die Erstellung einer neuen Erdbebengefährdungskarte von Österreich erfordert. Diese Karte befindet sich derzeit in Ausarbeitung. Die Bauindustrie wird die neuen Bemessungswerte in ihre Planungen miteinbeziehen nachdem Anpassungen in der österreichischen Baunorm durchgeführt wurden.

Auch werden das Bewusstsein und das Medieninteresse an induzierten Erdbeben (Bergbau, Sprengungen und Explosionen, Fracking, Geothermie) stark anwachsen und daher wird sich die Öffentlichkeitsarbeit mit diesem Themenkreis in Zukunft vermehrt befassen.

Um diese Erschütterungen, aber auch natürliche Ereignisse wie Felsstürze und Höhleneinstürze, seismisch umfangreicher erfassen zu können, wird das Erdbebenmessnetz weiter ausgebaut. Dies führt nicht nur zu einer Verbesserung der Lokalisierungsgenauigkeit der Erschütterungsquellen sondern dient auch der besseren Einschätzung der Einwirkungen auf wichtige Infrastrukturen.

International gesehen führt die EU-Initiative EPOS (European Plate Observing System, [www.epos-ip.org](http://www.epos-ip.org)) in Zukunft zu einer Etablierung gemeinsamer Erdbebenerfassung- und Forschungsstrukturen, die eine abgestimmte Strategie erlauben.

Ganz im Sinne der Praxisorientierung nimmt die ZAMG auch aktiv an ARISTOTLE (All Risk Integrated System Towards Trans-boundary Early-warning, <http://aristotle.ingv.it/>) teil, einem europäischen Frühwarnsystem für Naturkatastrophen, welches das Emergency Response Coordination Centre (ERCC) in Brüssel mit Information im Anlassfall versorgt.

## Danksagung

Unser Dank richtet sich an alle weiteren Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter des Österreichischen Erdbebendienstes, nämlich Christiane Freudenthaler, Helmut Hausmann, Nikolaus Horn, Yan Jia, Rita Meurers, Ulrike Mitterbauer und Anton Vogelmann.

## Literatur

- Ambraseys, N.N., 1976. The Gemona di Friuli earthquake of 6 May 1976. In: P. Pichard, N.N. Ambraseys, G.N. Ziogas (Hrsg.), *The Gemona di Friuli earthquake of 6 May 1976*. UNESCO, Restricted Technical report RP/1975–76. Paris, 2, S. 1–111.
- Drimmel, J., Duma, G., 1974. Bericht über Ausmaß und Ursachen der anomalen Wirkungen des Seebebenstarker Bebens vom 16. April 1972 im Raume Wien. Mitteilungen der Erdbeben-Kommission, Österreichische Akademie der Wissenschaften, Wien, 74, 12 S.
- Drimmel, J., Trapp, E., 1982. Die Erdbeben Österreichs 1971–1980. Sitzungsbericht. Österreichischen Akademie der Wissenschaften, mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse, Abteilung 1, Wien, 191(1/4), S. 73–102.
- Grünthal, G. (Hrsg.), 1998. *European Macroseismic Scale 1998 (EMS-98)*. Conseil de l'Europe, Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie, Luxembourg, 15, 99 S.
- Hammerl, Ch., 1995. Das Erdbeben vom 04. Mai 1201. Mitteilungen des Instituts für Österreichische Geschichtsforschung, 103(3/4), S. 350–368.
- Hammerl, Ch., 1996. The 1794 earthquake in Leoben/Austria. In: B. Thorkelsson (Hrsg.), *Seismology in Europe. Fifteenth ESC General Assembly*. Reykjavik, Iceland, S. 631–633.
- Hammerl, Ch., 2000. Zur Rekonstruktion der Erdbeben von Wiener Neustadt (1768) und Leoben (1794). In: F. Eybl, H. Heppner, A. Kernbauer (Hrsg.), *Elementare Gewalt. Kulturelle Bewältigung. Jahrbuch der Österreichischen Gesellschaft zur Erforschung des achtzehnten Jahrhunderts*. WUV Universitätsverlag, 14/15, S. 163–183.
- Hammerl, Ch., 2017. Historical earthquake research in Austria. *Geoscience Letters*, 4(7), 13 S. DOI: 10.1186/s40562-017-0073-8.
- Hammerl, Ch., Lenhardt, W.A., 1997. *Erdbeben in Österreich*. Leykam Verlag, Graz, 191 S.
- Hammerl, Ch., Lenhardt, W.A., 2013. *Erdbeben in Niederösterreich von 1000 bis 2009 n. Chr. Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt*, 67, 297 S.
- Hammerl, Ch., Lenhardt, W.A., Innerkofler, M., 2012. Forschungen zu den stärksten historischen Erdbeben in Tirol im Rahmen des INTERREG IV-Projekts HAREIA (Historical And Recent Earthquakes in Italy and Austria). In: *Forum Hall in Tirol. Neues zur Geschichte der Stadt*, 3, S. 174–204.
- Lenhardt, W.A., 1995. Regional earthquake hazard in Austria. In: G. Duma (Hrsg.), *Tenth European Conference on Earthquake Engineering*. Balkema, 3, S. 63–68.
- Lenhardt, W.A., 1997. Neue Erdbeben-Baunorm für Österreich. *Österreichische Bauwirtschaftszeitung*, 10, S. 10–12.

- Lenhardt, W.A., 1998. Erdbeben der vierten Art. Bautechnik 75(10), S. 781–791.
- Lenhardt, W.A., 2007. Earthquake triggered landslides in Austria – Dobratsch revisited. Jahrbuch der Geologischen Bundesanstalt, Wien, 147(1/2), S. 193–199.
- Lenhardt, W.A., 2010. Seismologische Grundlagen erdbebenbedingter Gebäudebelastungen, Österreichische Ingenieur- und Architekten-Zeitschrift, 155(1/6), S. 45–48.
- Lenhardt, W.A., Gangl, G., Flesch, R., 2001. Erdbebengefährdung in Österreich. In: Ch. Hammerl, W.A. Lenhardt, R. Steinacker, P. Steinhauser (Hrsg.), Meteorologie und Geophysik in Österreich. Festschrift anlässlich des 150-Jahr Jubiläums der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik. Leykam Verlag, Wien, S. 505–515.
- Lenhardt, W.A., Hammerl, Ch., 2002. Erdbebengefahr in der Steiermark – Erfassung der Erdbebengefahr in der Steiermark mit Hilfe neu errichteter Erdbebenstationen und allen verfügbaren Quellen sämtlicher historischer Erdbeben. Projektendbericht. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (GZ-ZAMG 1355/98), gefördert vom Bundesministerium für Bildung, Wissenschaft und Kultur (GZ 30.721/2-III/A/5a/98) und der Steiermärkischen Landesregierung (StC 62/98), Wien.
- Lenhardt, W.A., Hammerl, Ch., 2010. Seismologische Analyse historischer Erdbebeninformation aus Niederösterreich seit 1000 n.Chr. Erfassung von lokalen Erdbebenauswirkungen und Interpretation im Vergleich mit der rezenten Erdbeben-tätigkeit zur Schaffung einer Grundlage für Fragestellungen der Bauwerkssicherheit, Raumordnung, des Zivil- und Katastrophenschutzes. Projektbericht NC 65-2006, BD1-G-5101/001-2006. Projekt der Niederösterreichischen Landesregierung, Baudirektion, Abteilung Allgemeiner Baudienst – Geologischer Dienst.
- Lenhardt, W.A., Melichar, P., Steiner, R., Horn, N., 2001. Erdbebenstationen in Österreich. In: Ch. Hammerl, W.A. Lenhardt, R. Steinacker, P. Steinhauser (Hrsg.), Meteorologie und Geophysik in Österreich. Festschrift anlässlich des 150-Jahr Jubiläums der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik. Leykam Verlag, Wien, S. 567–576.
- McCalpin, J. (Hrsg.), 1998. Paleoseismology. Academic Press, 588 S.
- Melichar, P., 1989. Der österreichische Erdbebenwarndienst im Großraum Innsbruck – Hall in Tirol. Festschrift anlässlich der Eröffnung des Österreichischen Erdbebenwarndienstes ÖEW Tirol. Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik, 330, S. 5–8.
- Sieh, K. E., 1978. Prehistoric large earthquake produced by slip on the San Andreas Fault at Pallett Creek, California. Journal of Geophysical Research, 83(B8), S. 3907–3939.
- Toperczer, M., Trapp, E., 1950. Ein Beitrag zur Erdbebengeographie Österreichs, nebst Erdbebenkatalog 1904–1948 und Chronik der Starkbeben. Mitteilungen der Erdbeben-Kommission, Neue Folge 65, S. 13.
- Wells, D. L., Coppersmith, K. J., 1994. New empirical relationships among magnitude, rupture length, rupture width, rupture area and surface displacement. Bulletin Seismological Society of America, 84(4), S. 974–1002.