

Historische Seismologie

Schlüssel für verlässlichere Daten zur Abschätzung der Erdbebengefährdung

Konrad Schellbach und Gottfried Grünthal
Deutsches GeoForschungsZentrum GFZ, Potsdam

Seismic hazard assessments can only be as good as the historical past is known. Therefore, reliable seismicity records have to be extended back into history as far as possible. Hence, historical seismological investigation is of utmost importance in order to achieve long-term earthquake catalogue data of high quality. This basic research has been performed at the GFZ German Research Centre for Geosciences as a multidisciplinary approach of seismologists and historians for many years.

Seismic activity before the installation of the first seismographs in the beginning of the 20th century can only be reconstructed based on written sources. For Central Europe, these documents date back up to the middle of the 8th century. The historical information for each earthquake has to be source-critically analyzed and transferred into parameterized information, which is then catalogued. During the long tradition of collecting past seismic information starting more than a century ago, many mistakes were made, like duplications of events, misinterpreted strength, location and wrong dating of earthquakes, which could be identified by our investigation. We show exemplarily how these uncertainties can be mitigated. Historical passing on of information is transferred to modern seismicity parameters by applying historic-critical methods. Thus, we are able to acquire better and more reliable long-term data for historical earthquake catalogues and for trustworthy long-term seismic hazard assessments.



Die Erforschung historischer Seismizität als Aufgabe multidisziplinärer Grundlagenforschung

Eine gesellschaftliche Herausforderung geowissenschaftlicher Forschung besteht darin, die Auswirkungen von Naturkatastrophen oder Naturgefährdungen zu vermindern. Im Vergleich aller Naturgefährdungen verursachen Erdbeben im globalen wie im europäischen Maßstab sowohl die größten Verluste an Menschenleben als auch die höchsten materiellen Schäden. Diese Gefahr ist in Deutschland vergleichsweise gering, jedoch nicht so gering, dass etwa auf Baunormen zum erdbebengerechten Konstruktionsentwurf verzichtet werden kann. Da das erdbebengerechte Bauen mit zusätzlichen Anwendungen verbunden ist, wird aus ökonomischen Gründen insbesondere dort erdbebensicher gebaut, wo die Gefährdung es verlangt. Eine zentrale Aufgabe der Ingenieurseismologie ist es, Erdbebengefährdungskarten auf wahrscheinlichkeitstheoretischer Grundlage zu berechnen, um für das Erdbebeningenieurwesen die Daten bereitzustellen, wo und mit welchen seismischen Lasten zu rechnen ist. Seit mehr als 20 Jahren werden derartige Karten und Daten für verschiedene Baunormen der Bauindustrie, aber auch zur Sicherheitsüberprüfung von Stauanlagen vom Deutschen GeoForschungsZentrum GFZ zur Verfügung gestellt.

Grundlage verlässlicher Einschätzungen zur Erdbebengefährdung sind möglichst weit in die Historie zurückreichende, glaubwürdige Daten zu aufgetretenen Erdbeben. Besonders in schwach seismisch aktiven Gebieten, in denen signifikante schadenverursachende Beben sehr selten und in mittleren Abständen von Jahrhunderten auftreten, ist die Erforschung der historischen Seismizität von essentieller Bedeutung. Jedoch ist der Zeitraum hinreichend detaillierter instrumenteller Aufzeichnungen seit den 1960er Jahren völlig unzu-

reichend. Obwohl ab etwa 1900 die ersten Seismographen installiert wurden, waren deren Detektionsmöglichkeiten noch sehr eingeschränkt. Alle Daten davor basieren auf schriftlichen Überlieferungen menschlicher Wahrnehmungen zu beobachteten Auswirkungen von Erdbeben. Diese wurden insbesondere seit dem 19. Jh. systematisch gesammelt und in Form von Erdbebenkatalogen aufbereitet. Die erstaunlich große Menge solcher Quellen ab etwa 1750 kann von erfahrenen Seismologinnen und Seismologen analysiert werden. Bezüglich weiter zurückliegender Überlieferungen ist eine enge Zusammenarbeit mit den Geschichtswissenschaften zwingend geboten, was in ausgesprochenem Maße für die Nachrichten aus dem Mittelalter vor etwa 1500 zutrifft. Um das Seismizitätsgeschehen hinreichend zu verstehen, kann auf diese Quellen von vor 1500, die für Deutschland bis zur Zeit der Karolinger Mitte des 8. Jh. zurückreichen, keinesfalls verzichtet werden. Seit einer Reihe von Jahren besteht eine intensive und erfolgreiche Zusammenarbeit von Forschern des GFZ mit Mitarbeiterinnen und Mitarbeitern des Lehrstuhls für die Geschichte des Mittelalters an der Universität Potsdam. Diese interdisziplinären Forschungsarbeiten zur Historischen Seismologie wurden 2011 als ein Projekt des Berlin-Potsdamer Forschungsverbunds Geo.X etabliert.

Ziele und integrative Aufgaben von Seismologie und Geschichtswissenschaft bestehen darin, bestehendes Wissen zu evaluieren und neue quellenkritische Methoden zu entwickeln, um hinreichend präzise Erdbebenparameter zu historischen Beben abzuleiten (*Grünthal 2004; Ambraseys 2005*). Diese verbesserten Daten ermöglichen robuste und verlässlichere Erdbebengefährdungsanalysen.

Erdbebenkataloge als Ergebnis frühneuzeitlicher Wissenssammlung

Das gegenwärtige Wissen über die Seismizität des letzten Jahrtausends in Mitteleuropa, wie es Abb. 1 in einem Ausschnitt zeigt, ist das Ergebnis einer langen Wissenschaftstradition. Seit der Renaissance trugen Gelehrte Nachrichten zu vergangenen Erdbeben aus schriftlichen Quellen zusammen.

In Italien schufen Humanisten wie *Manetti (1457)* und später auch nördlich der Alpen *Lycosthenes (1557)* systematische Sammlungen mit einem an ein breites Publikum gerichteten enzyklopädischen Anspruch. Das schwere Erdbeben vom 1. November 1755 in Lissabon, das sich bis in unseren Raum durch Schwingen von Lüstern während der Messe zu Allerheiligen bemerkbar machte, bewirkte eine konzeptionelle Neuausrichtung. Kants ursachenlogische sowie erkenntnisthe-

Links: Fresko mit den wahrscheinlichen Schäden des starken Villach-Erdbebens von 1348 an der Burg Arnoldstein (Kärnten, Österreich). Es ist Bestandteil des Apokalypsenzyklus vom Straßburger Nikolaus Wurmser von 1361-1362 in der Marienkapelle der Burg Karlstein nahe Prag. (Foto: Hammerl & Lenhardt (1997): Erdbeben in Österreich, S. 19, mit frdl. Genehmigung durch C. Hammerl)

Left: Fresco showing probably the damage due to the strong earthquake near Villach in 1348 at the Castle Arnoldstein (Carinthia, Austria). It is part of an apocalypse cycle in the Lady Chapel of Karlstein Castle near Prague by the Strasbourger Nikolaus Wurmser from 1361-1362.



Kontakt: K. Schellbach
(schellba@gfz-potsdam.de)

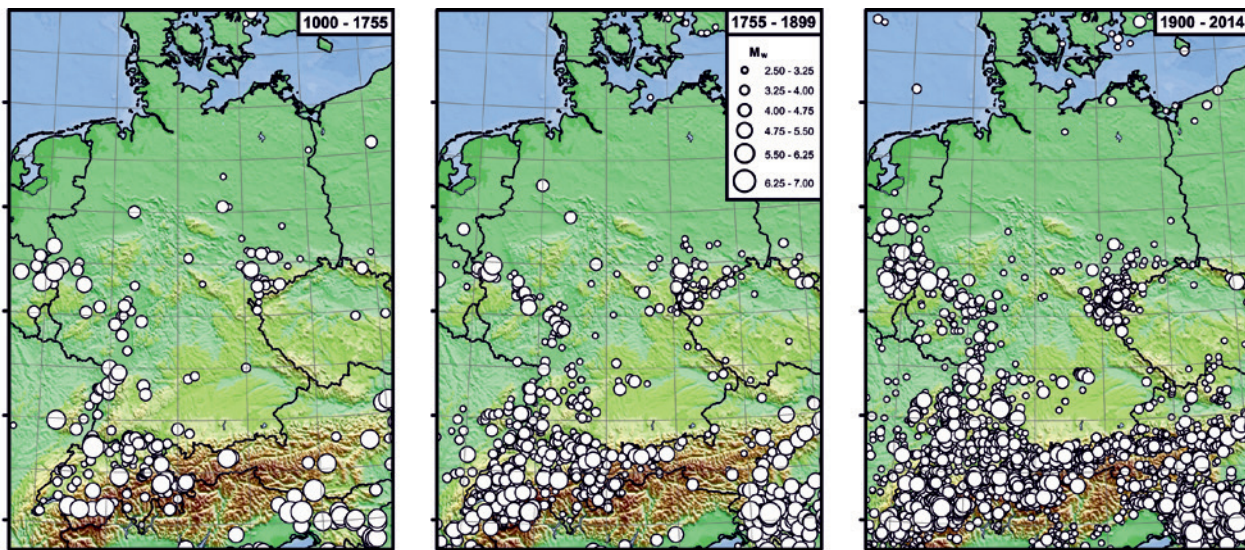


Abb. 1: Epizentrenkarten für Teile Mitteleuropas für drei Zeiträume anhand der Datenbank zum Erdbebenkatalog von Grünthal und Wahlström (2012; Grafiken: GFZ)

Fig. 1: Epicentre maps for parts of Central Europe for three time periods based on the databank of the earthquake catalogue by Grünthal and Wahlström (2012)

oretische Gedanken zum Lissabon-Erdbeben machten, wie die literarischen Abhandlungen von Voltaire und Goethe, dieses Ereignis einer breiten europäischen Öffentlichkeit zugänglich. Getragen von einer sich ändernden Wissensgesellschaft emanzipierte sich in der Folgezeit die Interpretation von Erdbeben als örtlicher Prozess im Erdinnern von bisherigen Erklärungen, die bis in die Antike zurückreichen (Grünthal, 2004).

Spätestens mit der Aufklärung änderte sich somit der deskriptive Sammlungscharakter, wie er für frühneuzeitliche Arbeiten typisch ist. Der Fokus verschob sich nun zu Gunsten einer primär naturwissenschaftlichen Anwendbarkeit mit der Zusammenstellung originaler Quellen sowie der gezielten Erstellung detaillierter Erdbebenkataloge seit dem Ende des 19. Jh. (ebd.). Quantitative Kompilationen unterschiedlichster Nachrichten bewirkten jedoch einen hohen Fehleranteil. Der Anspruch umfangreicher Quellensammlung, als Grundlage aller modernen Erdbebenkataloge, ging zu Lasten einer quellenkritisch-methodischen Bewertung der Erdbebennachrichten. Ein hohes Maß an Datierungsfehlern, rezeptionsbedingten Doppelnennungen sowie fälschlichen Lokalisierungs- und Stärkeangaben prägt folglich den Inhalt zahlreicher mitunter heute noch verwendeter Erdbebenkataloge.

Zielstellung einer modernen Historischen Seismologie ist es, jene Unsicherheiten herauszuarbeiten und zu quantifizieren, die, aus vormodernen Wahrnehmungsweisen und Wissensbeständen resultierend, auf die historische Überlieferung einwirkten. Es gilt zu beachten, dass das physikalische Modell des Erdbebenprozesses ein Konzept der Moderne ist. In früheren Zeiten waren Erklärungen für Erdbeben stets ein Ausdruck des jeweiligen zeitgenössischen Wissensstandes, dem das Prinzip tektonischer Erdbeben unbekannt war. Frühe Historiographen entwickelten oft ihre eigenen Herleitungen für die Erschütterungen der Erde. Insbesondere die Erdbeben des Mittelalters stellen die Forschung vor die Herausforderung, dass historische Berichte vor diesem Hintergrund abgefasst wurden und sich nur aus historischer Sicht erschließen lassen.

Mittelalterliches Denken ist nicht von einem universell gedachten Weltkonzept zu trennen, in dem antike Philosophie und christliche Glaubensvorstellung miteinander eng verschmolzen (Abb. 2). Erst die Rekonstruktion des zeitgenössischen Wissensstands, die Kenntnis um praktizierte Argumentations- und Erinnerungstechniken sowie schließlich das Verständnis über die konzeptionelle Rolle der Geschichtsschreibung als wesentlicher Träger vergangener seismischer Informationen ermöglicht eine verlässliche ereignisgeschichtliche Rekonstruktion von Erdbebenereignissen (Schellbach, 2014).



Abb. 2: Der Fall Babylons gemäß der Offenbarung des Johannes, dargestellt auf dem Wandteppich der Apokalypse von Angers (1373-1382). Erdbeben als Zeichen göttlichen Wirkens in der Heilsgeschichte sind fundamentaler Bestandteil mittelalterlicher Welterklärung. (Foto: La chute de Babylone (tapisserie de l'Apocalypse), Angers, Frankreich, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:La_chute_de_Babylone.jpg)

Fig. 2: The Fall of Babylon according to the Book of Revelations illustrated on the tapestry of the Apocalypse of Angers (1373-1382). Earthquakes as signs of divine action in salvation history are a fundamental aspect of medieval explanation of the world.

Falschbeben und neue Parameter als Ergebnis überprüfter Erdbebenkataloge

Die Schwierigkeiten bei der Bewertung historischer Erdbeben sind vielfältig. Beispiele wie jene für die Jahre 1201, 1202 und 1205 überlieferten brandenburgischen Falschbeben (ebd.) verdeutlichen stellvertretend die Herausforderungen im Umgang mit schriftlichen Quellen. Erwähnungen wie die des Lübecker Dominikaners Hermann Korner zum Erdbeben von 1205 zeigen exemplarisch die Notwendigkeit eines hermeneutischen Ansatzes in der Historischen Seismologie. Seine Schilderung *terremotus maximus factus est in Brandenburg secundum Egghardum et in aliis Marchie partibus circumquaque et plures corruerunt turres, ecclesie et domus in civitatibus eiusdem terre*¹ (siehe Abb. 3) ist die Folge zeitgenössischer Geschichtsauffassung, von Schreiber motivation und Publikumserwartung. Die Niederschrift vormoderner Erdbebennachrichten ist oftmals in diesem Sinne geprägt. Im vorliegenden Fall ist sie gar das Ergebnis zweier miteinander verschmolzener, aus dem Alpenraum sowie aus Palästina stammender Informationen über dortige Beben in den Jahren 1201 und 1202. Korner nutzte im vorliegenden Fall zahlreiche ältere Quellen dominikanischer Geschichtsschreibung zu beiden Beben und übertrug diese als fortgeschrittene Rezeptionsstufe als ein alleiniges Erdbeben in die Mark Brandenburg. Dort hat ein solches aber nie stattgefunden (ebd.). Beispiele wie Hermann Korners Darstellung sind, besonders für mittelalterliche und frühneuzeitliche Beben,

eher die Regel als die Ausnahme. Um die Mitte des 20. Jh. in ältere Kataloge aufgenommen, verdeutlichen sie exemplarisch die hohe Fehlerhaftigkeit zum Teil bis heute genutzter Erdbebenkataloge in Deutschland. Erst wenige moderne Arbeiten haben sich der Behebung derartiger Falschbeben konsequent angenommen.

Aufzeichnungen in der Geschichtsschreibung (wie Abb. 3), in Briefen, Tagebüchern und Reiseberichten usw. sind die entscheidende Grundlage unserer heutigen Kenntnis über die historische Seismizität. Unsicherheiten für die Parametrisierung zu benennen und wenn möglich zu verringern, heißt demnach, eine methodische Kritik dieser Quellen vorzunehmen. Mittels der Eruiierung von Schreibgewohnheiten, rezeptionsbedingten Abhängigkeiten und Kommunikationswegen werden die wesentlichen Hürden auf dem Weg zu einer verlässlichen Parametrisierung überwunden. Dies betrifft das Erkennen von Doppelüberlieferung und das Wissen um den Sinngehalt oft standardisiert gebrauchter, narrativer Muster zur Beschreibung eingetretener Erdbeben, wie jene typische lateinische Wendung *terrae motus factus est*². Ebenfalls gilt es für Zeiten mit ausgeprägter mündlicher Tradition und geringer Schriftlichkeit die mitunter hohen Verlusten von Überlieferungen zu berücksichtigen.

Aktuelle Erdbebenkataloge, wie die beiden am GFZ erstellten Kataloge CENEC³ (Grünthal et al., 2009) und EMEC⁴ (Grünthal

¹ „Ein sehr heftiges Erdbeben hat in Brandenburg und überall in den anderen Teilen der Mark, gemäß Eckehard, stattgefunden und mehrere Türme, Kirchen und Häuser sind in den Städten dieser Erde eingestürzt.“

² „Es ist ein (starkes) Erdbeben geschehen.“

³ Central, northern and Northwestern European Earthquake Catalogue

⁴ European-Mediterranean Earthquake catalogue

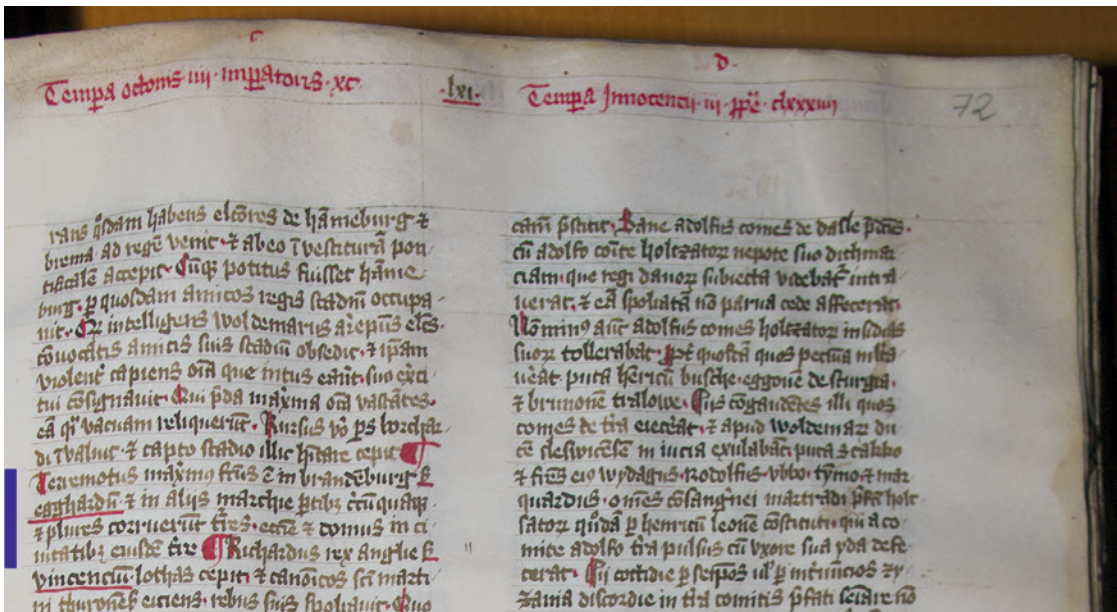


Abb. 3: Erwähnung des Erdbebens von 1205 (blau markiert) in Hermann Korners *Chronica novella de quarte opere*. Lüneburg, Ratsbücherei, Ms. Hist. C. 2.2, fol. 72r, a. (Fassung D, um 1435). (Foto: Abdruck mit frdl. Genehmigung der Ratsbücherei Lüneburg)

Fig. 3: The description of the earthquake of 1205 (marked by the blue line) in the manuscript of version D of Korner's *Chronica novella* is from about 1435.

und Wahlström, 2012), wurden bereits im Bewusstsein um die Bedeutung historischer Quellenkritik erstellt. Durch die Eingliederung methodischer Einzelstudien konnte der Fehleranteil gegenüber vergleichbaren Arbeiten deutlich vermindert werden. Die Vergabe neuer Parameter zur Lokalisierung und zur makroseismischen Intensität zeugen gemeinsam mit dem Erkennen vieler Falschbeben vom erreichten Fortschritt. Für die Zukunft gilt es, diesen Weg einer verbesserten Katalogqualität weiter zu beschreiten.

Vergabe von makroseismischen Intensitäten auf Grundlage schriftlicher Überlieferungen des Mittelalters

Die Stärke historischer Erdbeben aus vorinstrumenteller Zeit wird in Form makroseismischer Intensitäten parametrisiert. Die offiziell eingeführte Europäische Makroseismische Skala EMS-98 (Grünthal, 1998) bietet nicht nur die Grundlage einer verbesserten Intensitätsbewertung unter Verminderung des subjektiven Faktors, sondern auch spezielle Anleitungen zur Intensitätsbewertung historischer Erdbeben.

In einer modernen und gemäß quellenkritischer Maßstäbe agierenden Historischen Seismologie wird angenommen, dass die reine Überlieferung eines wahrgenommenen Erdbebens durch die mittelalterliche Geschichtsschreibung keine explizite Ab-

schätzung einer makroseismischen Intensität erlaubt. Dennoch sollte die Schütterwirkung für das relevante Gebiet zumindest als stark empfunden worden sein. Dies entspräche einer makroseismischen Intensität von 5. Erschütterungen dieser Intensität werden von den meisten Menschen in Gebäuden wahrgenommen und wirken auf wenige ängstigend. Zur Nachtzeit erwachen viele Schlafende. Gleichfalls spüren Beobachter ein starkes Zittern oder Schütteln des ganzen Gebäudes. Zusätzlich schwingen hängende Objekte beträchtlich (ebd.). In der Praxis hat sich die Bestimmung von makroseismischen Intensitäten gemäß der EMS-98-Skala als erstaunlich zuverlässig und robust erwiesen. Anhand der Stärkebestimmungen moderner Beben ist anerkannt, dass die Magnituden schwächerer bis mittelstarker für Deutschland typischer Beben anhand makroseismischer Informationen etwa mit gleichen Unsicherheiten verbunden sind wie die Unsicherheiten von Magnituden aus instrumentellen Aufzeichnungen.

Mitunter gestaltet es sich jedoch gerade für mittelalterliche Erdbeben schwierig, eine makroseismische Intensität auf Basis der universell anwendbaren EMS-98-Skala zu vergeben. Oftmals verlangt in diesen Fällen der Erdbebenbericht eine Interpretation, die sich nicht ausschließlich auf den überlieferten Wortsinn beschränkt, sondern eine hermeneutisch geschulte Lesart der einzelnen Schreibumstände erfordert (ebd.). Ein Beispiel, wie das in der Chronik Bernolds von St. Blasien übermittelte Erdbeben von 1092, veranschaulicht die Problematik. In seinen

Worten ereignete sich des Nachts ein schweres Erdbeben in der Nähe des Klosters Allerheiligen bei Schaffhausen. Allerdings wurde das „starke“ Beben nur von den wenigen anwesenden Mönchen wahrgenommen. Die Tatsache, dass die Mehrheit der schlafenden Mönche nicht erwachten und somit keine Zeugen der Erschütterung wurden (*Bernold von St. Blasien, Chronicon, S. 498f.*), steht dem entgegen, die als „stark“ überlieferte Erschütterung mit einer Intensität von 5 oder größer zu bewerten.

Schlussfolgerung für die weitere Forschung

Das Beispiel vom Beben 1092 unterstreicht die Notwendigkeit, Aussagen mittelalterlicher Erdbebenbeschreibungen für moderne seismologische Anwendungen zu erklären. Erst durch eine Dechiffrierung der oftmals in den Worten *terrae motus factus est (magnus)* standardisiert erfolgten Beschreibung lässt sich eine ereignisgeschichtliche Rekonstruktion als methodische Vorbedingung der Parametrisierung sicher durchführen.

Für die Zukunft ist eine systematische quellenkritische Überarbeitung bestehender historischer Datenreihen seit Mitte des 8. Jh. zu Erdbeben in Deutschland bis zum Beginn instrumenteller seismischer Aufzeichnungen notwendig. Die Etablierung einer neuen Generation parametrisierter historischer Erdbebenkataloge ist somit im Sinne von Wissenschaft und Gesellschaft.

Literatur

- Ambraseys, N. (2005): Historical earthquakes in Jerusalem – A methodological discussion. - *Journal of Seismology*, 9, 3, pp. 329–340.
- Robinson, I. S. (Ed.) (2003): Die Chroniken Bertholds von Reichenau und Bernolds von Konstanz: 1054-1100, (Monumenta Germaniae Historica: Scriptores: 6, Scriptores rerum Germanicarum; N. S., 14), Hannover: Hahn, 645 p.
- Grünthal, G. (ed.) Musson, R., Schwarz, J., Stucchi M. (assoc. eds.) (1998): European Macroseismic Scale 1998 (EMS-98). Cahier du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie, 15, Luxembourg, 99pp.
- Grünthal, G. (2004): The history of historical earthquake research in Germany. - *Annals of Geophysics*, 47, 2/3, pp. 631–643.
- Grünthal, G., Wahlström, R., Stromeyer, D. (2009): The unified catalogue of earthquakes in central, northern, and northwestern Europe (CENEC) - updated and expanded to the last millennium. - *Journal of Seismology*, 13, 4, pp. 517–541.
- Grünthal, G., Wahlström, R. (2012): The European-Mediterranean Earthquake Catalogue (EMEC) for the last millennium. - *Journal of Seismology*, 16, 3, pp. 535–570.
- Lycosthenes, C. (1557): *Prodigiorum ac ostentorum Chronicon*, Basel: Petri, 670 p.
- Manetti, G. (ca. 1457): *De terraemotu libri tres*, (translation into Italian by C. Scopelliti, annotated by C. Scopelliti and D. Molin, ENEA, Roma 1983).
- Schellbach, K. (2014): Erdbeben in der Mark Brandenburg? Vorstellung und Wirklichkeit in den Rezeptionsgewohnheiten spätmittelalterlicher Weltchronistik. - In: Bütow, S., Riedel, P., Tresp, U. (Eds.), *Das Mittelalter endet gestern. Beiträge zur Landes-, Kultur- und Ordensgeschichte. Heinz-Dieter Heimann zum 65. Geburtstag*, (Studien zur brandenburgischen und vergleichenden Landesgeschichte; 16), Berlin, pp. 50–64.