

Die Erdbebenkatastrophe 1356 in Basel – eine Beurteilung im Kontext der regionalen seismischen Gefährdung

1. Einleitung

Die Region Basel weist eine markante Erdbebengeschichte auf, welche im Erdbeben vom 18. Oktober 1356 einen Höhepunkt hat. Es ist das stärkste heute bekannte historische Erdbeben in der Schweiz und in Europa nördlich der Alpen. Sein Epizentrum lag südlich der Stadt Basel. Es kann von zwei Schaden verursachenden, grossen Erdbeben ausgegangen werden, welche sich durch drei kleinere Vorbeben in den Stunden davor ankündigten. Das erste Schadensbeben ereignete sich um 17 Uhr mit einer Intensität von VII und einer geschätzten Magnitude von 5.4, das zweite, der eigentliche Hauptstoss, ereignete sich um ca. 22 Uhr mit einer Intensität von IX in Basel und einer Magnitude von 6.6. Beide Stösse verursachten in der Stadt Basel und deren Umgebung starke Schäden und wurden weit herum verspürt. In der Stadt Basel brach direkt nach dem zweiten Stoss ein Feuer aus, das lange nicht gelöscht werden konnte.

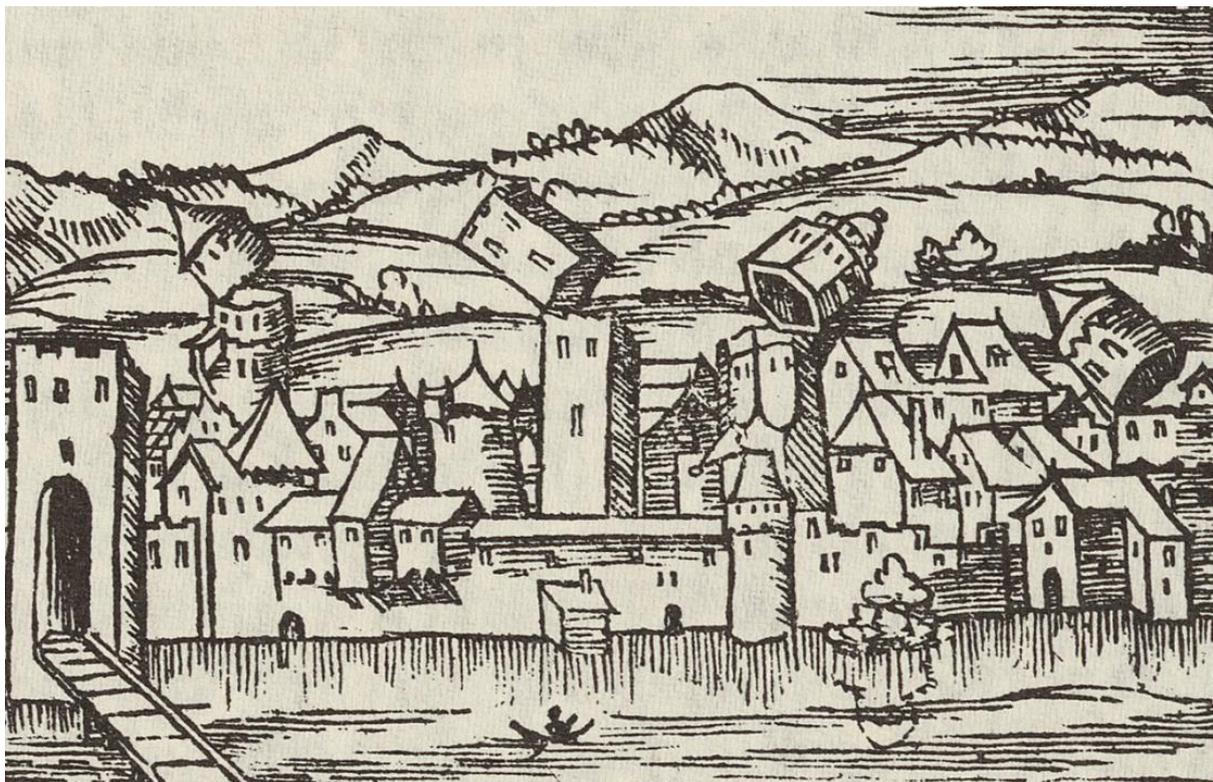


Abbildung 1. Nicht-zeitgenössische Darstellung des Basler Erdbebens von 1356 (Sebastian Münster, 1544).

Der Ursprung des Erdbebens ist die Tektonik des südlichen Oberrheingrabens. Der Oberrheingraben entstand infolge ost-west-gerichteter Dehnung quer zur nordwärts gerichteten Kompression bei der Alpenentstehung. Da sich Erdbeben in seismischen aktiven Gebieten wiederholen, muss auch in der Region Basel mit Schadensbeben gerechnet werden. Aufgrund der hohen Wertekonzentration und der bestehenden Erdbebengefährdung besteht für die Region somit ein erhöhtes Erdbebenrisiko. Dies ist heute nicht nur den Fachleuten bekannt, sondern auch Behörden, Politik und der Bevölkerung bewusst. Um im Fall eines Ereignisses vorbereitet zu sein und die Auswirkungen eines Erdbebens durch Massnahmen zu verringern, sind geeignete Entscheidungs- und Planungsgrundlagen notwendig.

Die intensive wissenschaftliche Forschung der letzten ca. 20 Jahre hat eine wertvolle Datengrundlage für das Verständnis der Erdbebengefährdung und deren potenziellen Auswirkungen auf Mensch, Infrastruktur und Umwelt in der Region geliefert. Mit den Projekten wurden die wissenschaftlichen Grundlagen, insbesondere die Interpretation der historischen Erdbeben in der Region im Hinblick auf moderne seismische Gefährdungs- und Risikoanalyse, und die Mikrozonierung sowie deren Nebenprodukte für die Verwendung im Vollzug aufgearbeitet. Im Moment stehen die Überprüfung der bestehenden Erdbebenmikrozonierung und Anwendungen in der seismischen Risikoanalyse der Schulgebäude im Kanton Basel Stadt im Vordergrund.

Für eine kontinuierliche Verbesserung der Grundlagen und eine nachhaltige Vorsorge sind Erdbebenaufzeichnungen unentbehrlich. Der Schweizerische Erdbebendienst betreibt seit Anfang der 1990er Jahre ein entsprechendes Messnetz in der Region, welches zurzeit erneuert und erweitert wird.

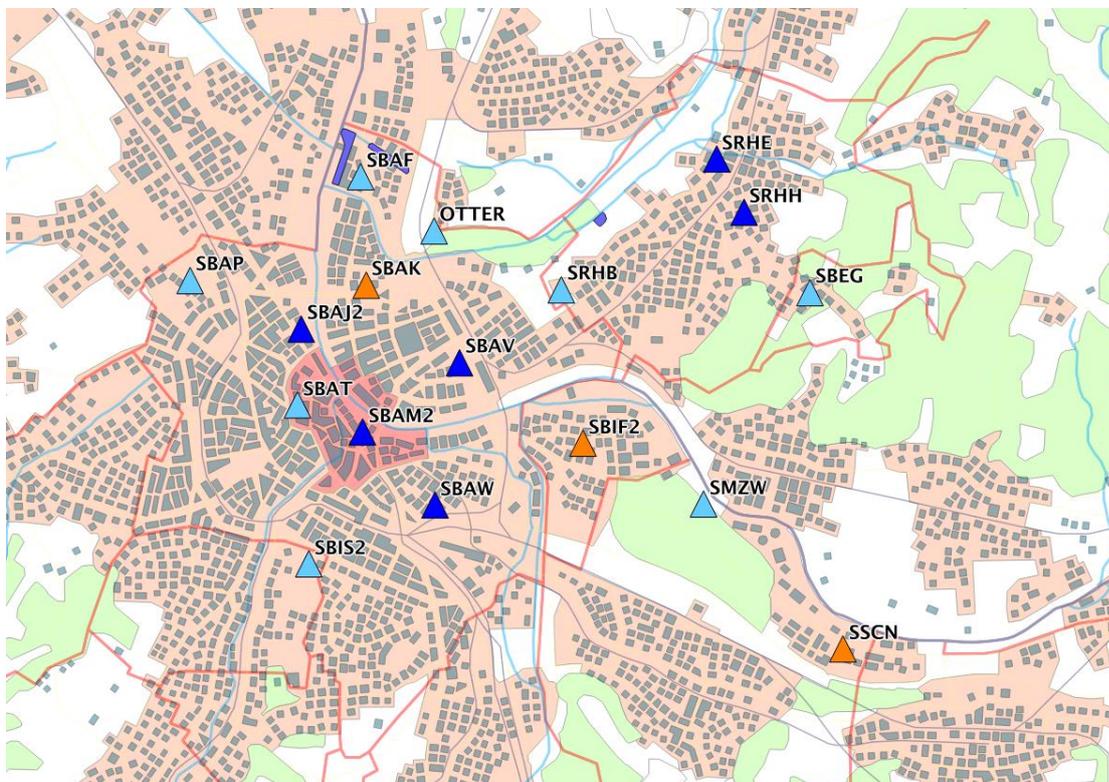


Abbildung 2. Das Starkbebennetz in Basel-Stadt. Die Farben repräsentieren die verschiedenen Phasen der Erneuerung und Erweiterung seit 2009. Orange Stationen sind zurzeit im Bau. Das historische Stadtzentrum ist rot markiert. Dies macht die Stadtentwicklung in den letzten Jahrhunderten sichtbar.

2. Die Region Basel im Fokus der Erdbebenvorsorge

Der Regierungsrat von Basel-Stadt hat bereits im Januar 1996 nach den Erdbebenkatastrophen von Northridge, Kalifornien (1994) und Kobe, Japan (1995) verschiedene Departemente damit beauftragt, die Erdbebensicherheit zu überprüfen und Vorsorgemassnahmen zu definieren.

Eine wichtige Massnahme bestand in der Ausarbeitung einer **qualitativen Erdbebenmikrozonierung** der Stadt Basel, die der Schweizerische Erdbebendienst (SED) an der ETH Zürich und das Geologisch-Paläontologische Institut der Universität Basel (angewandte und Umweltgeologie AUG) im Auftrag des Kantons Basel-Stadt erarbeitet haben (1997). Mit dem Interreg-III-Projekt „Erdbebenmikrozonierung am südlichen Rheingraben“ (2003-2006) konnte dann eine „moderne“ **quantitative Mikrozonierung** fertig gestellt werden, die das gesamte Gebiet von Basel-Stadt und Teile des Kantons Basel-Landschaft berücksichtigt. Auf Schweizer Seite beteiligten sich am Projekt beide Basler Kantone als Partner. Dabei konnte die Region von den in den vorhergehenden Jahren durchgeführten internationalen und nationalen Forschungsprojekten mit Beteiligung des SED und der AUG profitieren: Untersuchungen zur Seismotektonik, Geologie und Paläoerdbeben, sowie Auswertungen von registrierten und historischen Ereignissen haben für die Erdbebenvorsorge wichtige Grundlagen geliefert. Die **Analyse des Basler Erdbebens von 1356** und dessen Interpretation spielt im Kontext der modernen seismischen Gefährdungs- und Risikoanalyse eine zentrale Rolle. Diese Analyse erfolgte in einer interdisziplinären Projekt-Arbeitsgruppe (2005-2007). Da sich die bisherige Beurteilung weitgehend auf Sekundärquellen stützte, waren die Auswirkungen in der Region Basel nur bruchstückhaft bekannt. Spezialistinnen und Spezialisten aus verschiedenen Disziplinen beurteilten das Basler Beben mit ganz neuen Ansätzen. Historikerinnen arbeiteten mit Archäologen an der Interpretation der historischen Dokumente, die Archäologen wiederum analysierten mit Bauingenieuren die Bausubstanz des 14. Jahrhunderts und das Schadensbild, dies gemeinsam mit Seismologen und Geologen, die den Einfluss des Baugrundes auf die Schäden analysierten und aus der Interpretation aller Beobachtungen die Magnitude des Bebens bestimmen konnten. Durch die unterschiedlichen Wissenskulturen und die komplexe disziplinübergreifender Zusammenarbeit führte die Arbeit zur Neubearbeitung von bekannten historischen Quellen. Sie förderte eine nicht erwartete, grosse historische und archäologische Datenbasis in Basel zu Tage und zeigte, dass ausserhalb Basels nur wenige gesicherte Informationen und Hinweise – insbesondere über die umliegenden Burgen – vorhanden sind. Zur Interpretation der Auswirkungen des Erdbebens wurden moderne Methoden und Resultate der lokalen seismischen Gefährdungsanalyse herangezogen, sowie die Aufzeichnungen des regionalen Starkbebennetzwerks für die Beurteilung der lokalen Standorteinflüsse benutzt.

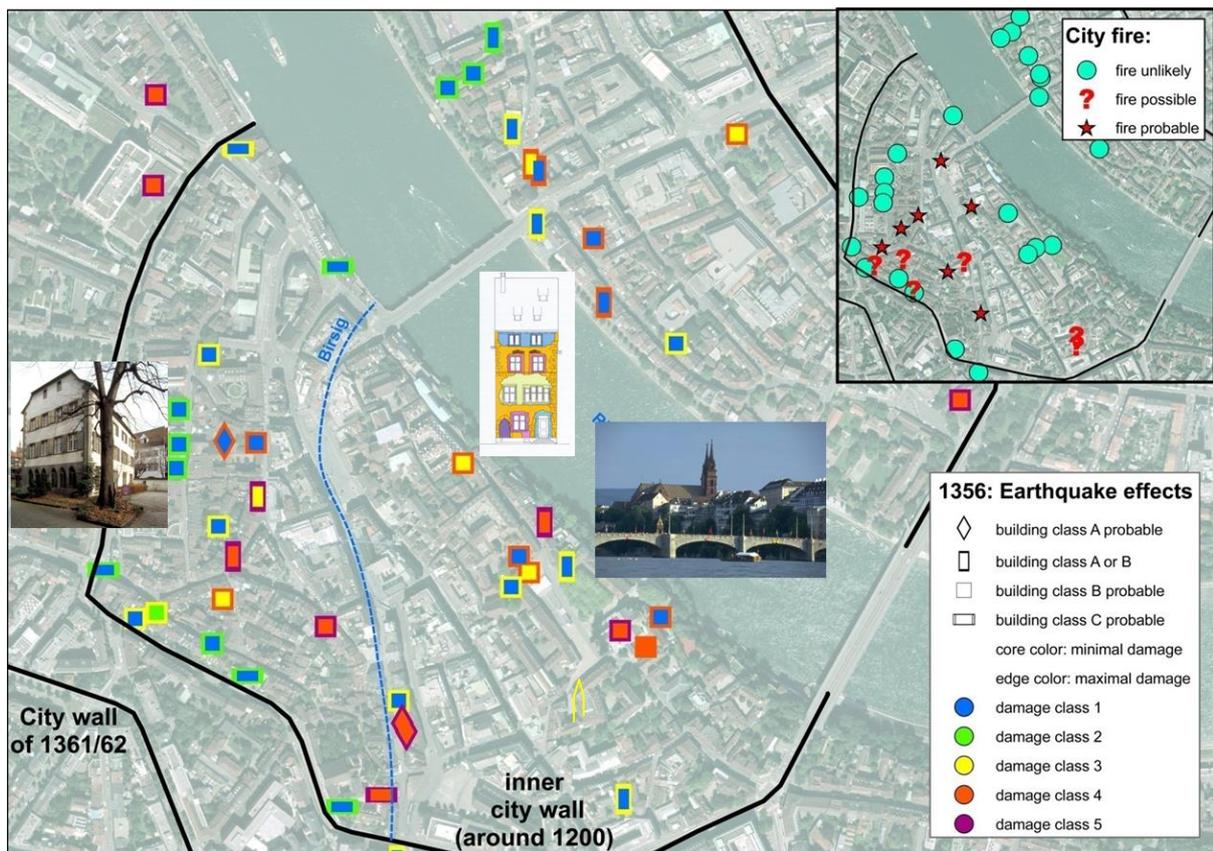


Abbildung 3. Rekonstruktion des Schadenbilds des Erdbebens von 1356 mit Hilfe der heute noch existierenden Gebäude in Basel (Fäh et al. (2009); modifiziert). Die blau und grün eingefärbten Symbole zeigen Gebäude mit leichten Schäden an, die rot und violetten Farben bezeichnen Gebäude, die teilweise oder ganz eingestürzt sind. Die Symbole bezeichnen die Verletzbarkeit der damaligen Gebäude. Die Verteilung der Farben ist ein Abbild der damaligen Gesellschaft: Reiche Bürger bauten vor allem im Westen der Stadt; ihre Gebäude waren solide gebaut und konnten dem Erdbeben widerstehen. Das Erdbeben führte auch zu einem Stadtbrand, dessen archäologische Spuren heute noch zu finden sind (oben rechts).

Dank dem Projekt zur **Umsetzung der Mikrozonierung (2007-2009)** konnten mit Hilfe der beiden Kantone BS und BL alle vorhandenen Informationen aufgearbeitet und als Mikrozonierungskarten verfügbar gemacht werden. Das im Jahre 2009 geplante *bi-kantonale Projekt Erdbebenvorsorge*, das die koordinierten Arbeiten im Bereich Erdbebenvorsorge fortsetzen sollte, fand keine politische Unterstützung im Landrat Basel Landschaft.

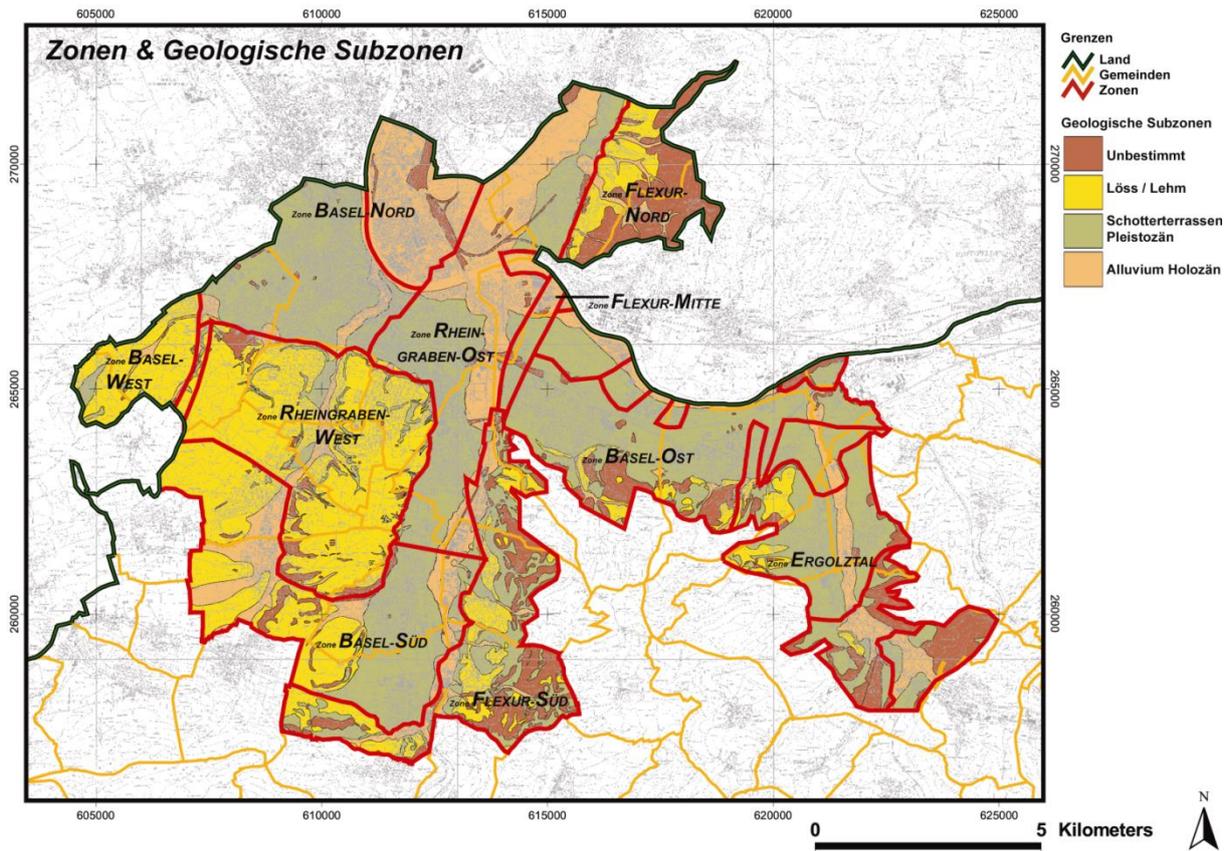


Abbildung 4. Mikrozonierungskarte der Region Basel mit den Zonen und Subzonen. Eine Mikrozonierung dient dazu, die lokalen geologischen und geotechnischen Eigenschaften des Untergrundes zu erfassen und direkt in die zu erwartende Verstärkung oder Abschwächung der Erdbebenerschütterungen umzusetzen. Die Resultate solcher Mikrozonierungsstudien erlauben es dem Bauingenieur, die Bauten gezielt im Hinblick auf die zu erwartenden Erdbebeneinwirkungen zu dimensionieren.

Der Kanton Basel Stadt lancierte daraufhin das Projekt **Erdbebenvorsorge Basel (2012-2015)** das neben der Verdichtung des Starkbebennetzes im Kanton, die Verletzbarkeit der Schulhäuser und mögliche Schadensszenarien für diese erarbeiten soll. Die Grundidee des Projektes ist es, bestehende Grundlagen möglichst optimal zu nutzen, um Szenarien gemäss dem neuesten Stand des Wissens zu erarbeiten. Im Vordergrund stehen dabei einerseits die sehr detaillierten Grundlagen, die bisher erarbeitet wurden, sowie laufende Arbeiten im Zusammenhang mit der Neubeurteilung der seismischen Gefährdung in der Schweiz und die Grundlagen bezüglich der Verletzbarkeit des Gebäudebestandes. Die Interpretation historischer Erdbeben wie dasjenige von 1356 bildet eine wichtige Grundlage für die Beurteilung des seismischen Risikos, da historische Ereignisse mit Hilfe der Erdbebenszenario-Modellierung in die heutige Zeit übertragen werden können.

Für die Beurteilung der lokalen Gefährdung sind kontinuierliche Aufzeichnungen der Erdbeben in der Region unerlässlich. Solche instrumentelle Aufzeichnungen bilden die Möglichkeit, Gefährdungsmodelle und Erdbebenmikrozonierungen zu überprüfen, und sie liefern die notwendigen Daten für deren Weiterentwicklung. Der SED betreibt im Rahmen seines Starkbebennetzes (Swiss Strong Motion Network SSMNet) mehrere Stationen in der Region. Die Projekte *Erdbebenvorsorge Basel (2012 - 2015)* und *Erneuerung des nationalen Starkbebennetzwerks (2009-2019)* sind im Prozess einer Verdichtung des Messnetzes mit zusätzlichen Stationen.

3. Was würde heute beim einem starken Beben in Basel geschehen

Die Region Basel gehört zusammen mit dem Kanton Wallis zu jenen Schweizer Gebieten, die eine erhöhte Erdbebengefährdung aufweisen. Die regionale Verteilung der dokumentierten Schäden des Erdbebens von 1356 (Magnitude 6.6) zeigt eine grosse räumliche Ausdehnung der Schadensgebiete bis über die Jurakette hinaus, in einem Umkreis von ca. 100 Kilometern.

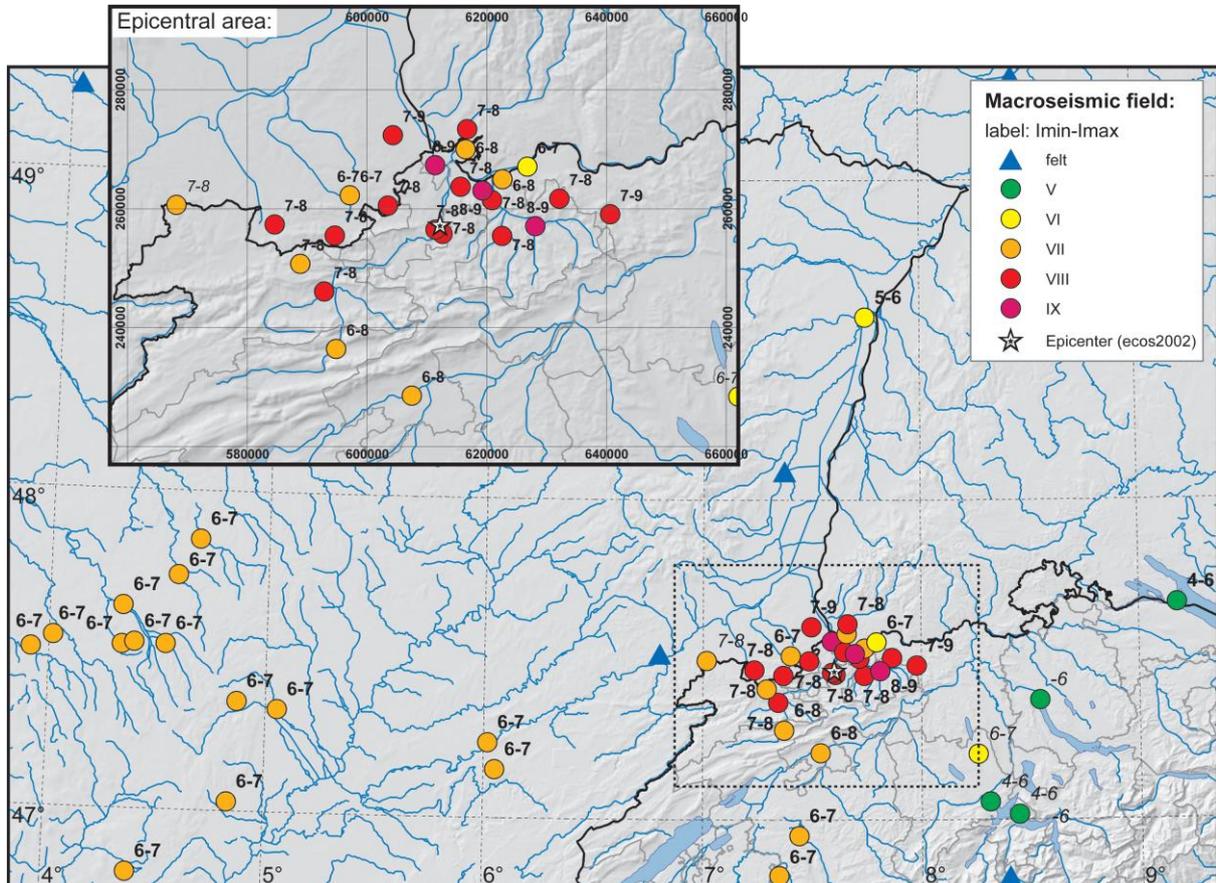


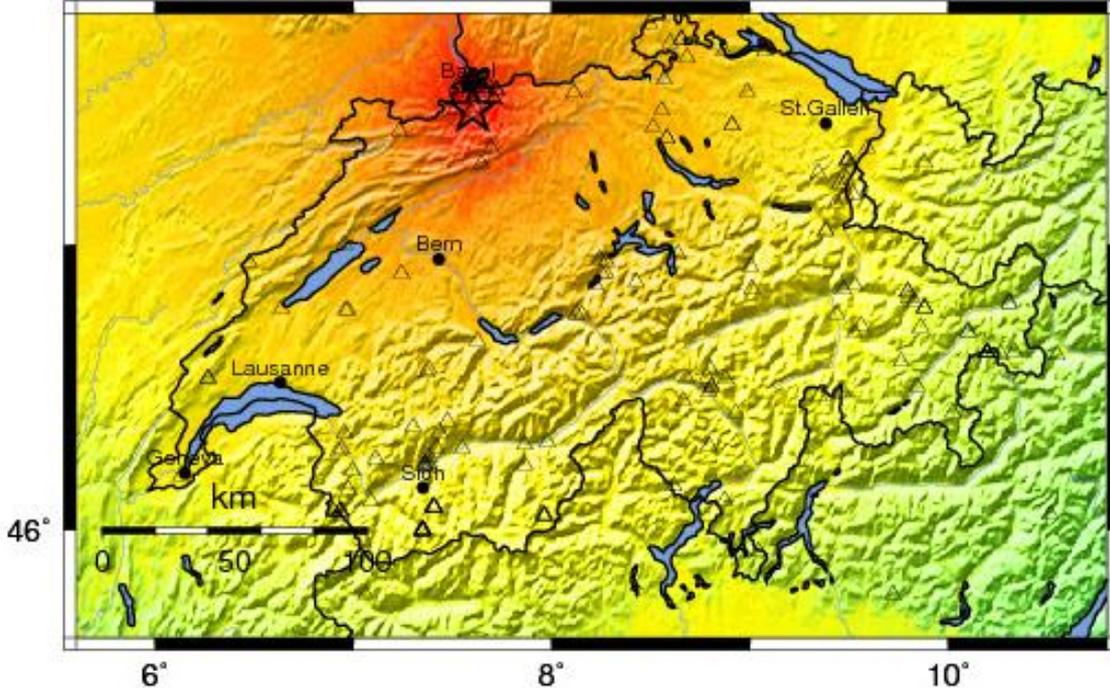
Abbildung 5. Makroseismisches Feld des Basler Erdbebens von 1356. Die Farbe bezeichnet die aus heutiger Sicht wahrscheinlichste Intensität, der Bereich definiert die bestehenden Unsicherheiten. Bedeutung der makroseismischen Intensitäten: VI=leichte Gebäudeschäden; VII=Gebäudeschäden; VIII=schwere Gebäudeschäden; IX=zerstörend.

Je nach Nutzung und Siedlungsdichte wären bei einem erneuten Erdbeben vergleichbarer Stärke zahlreiche Todesopfer (zwischen 1'000 und 20'000) zu erwarten. Durch die hohe Dichte an Chemie- und Pharmaindustrien muss mit grossen Folgeschäden gerechnet werden. Allein bei den direkten Schäden errechnete die Versicherungsindustrie bei der Übung Seismo12 für ein Erdbebenszenario eines Ereignisses gleicher Stärke wie 1356 für den Kanton Basel Landschaft Kosten für Sofortmassnahmen von 100 Mio CHF, für zerstörte Infrastruktur 3 Mrd CHF, für Gebäudeschäden 20 Mrd CHF (55'000 beschädigte Gebäude) und für Mobilien und Betriebseinrichtungen 5 Mrd CHF. Für die gesamte Schweiz wären direkte Schäden in der Grössenordnung von 100 Mrd CHF zu erwarten.

Ein solches Ereignis würde die Region Basel als Wirtschaftsstandort längerfristig schädigen. Dank den bisherigen Tätigkeiten im Bereich der Erdbebenvorsorge und der Information der Bevölkerung ist aber die allgemeine Sensibilisierung auf das Risiko Erdbeben in der Region grösser als anderswo in der Schweiz. Eine nachhaltige aktive Erdbebenvorsorge kann die Auswirkungen eines Erdbebens beträchtlich vermindern.

-- Earthquake Planning Scenario --
ShakeMap for 1356 Basel Scenario

Scenario Date: Sun Oct 18, 2009 11:32:19 PM MDST M 6.9 N47.47 E7.60 Depth: 6.0km



PLANNING SCENARIO ONLY -- Map Version 2 Processed Mon Aug 24, 2009 03:56:17 PM MDST

PERCEIVED SHAKING	Not felt	Weak	Light	Moderate	Strong	Very strong	Severe	Violent	Extreme
POTENTIAL DAMAGE	none	none	none	Very light	Light	Moderate	Moderate/Heavy	Heavy	Very Heavy
PEAK ACC.(%g)	<.17	.17-1.4	1.4-3.9	3.9-9.2	9.2-18	18-34	34-65	65-124	>124
PEAK VEL.(cm/s)	<0.1	0.1-1.1	1.1-3.4	3.4-8.1	8.1-16	16-31	31-60	60-116	>116
INSTRUMENTAL INTENSITY	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X+

Abbildung 6. Erdbebenszenario als Ausgangslage für die Übung SEISMO12. Das Szenario zeigt auf, was sich bei einer Wiederholung des Basler Erdbebens von 1356 heute zu erwarten wäre: VI=leichte Gebäudeschäden; VII=Gebäudeschäden; VIII=schwere Gebäudeschäden; IX=zerstörend

4. Welches sind die Elemente der Erdbebenvorsorge

Erdbebenvorsorge ist eine komplexe Herausforderung für Staat, Wirtschaft und Bevölkerung. Grosse Anstrengungen sind sowohl in der Information und Prävention (Öffentlichkeitsarbeit, Ausbildung, sowie technische und raumplanerische Massnahmen) als auch in der Katastrophenvorsorge (organisatorische Massnahmen) gefragt. Für die Entwicklung und Umsetzung effektiver und effizienter Massnahmen sind laufende Verbesserungen und Erweiterungen der geologischen und seismologischen Grundlagen notwendig, z.B., Entwicklung von Echtzeiterschütterungskarten aufgrund der 3D Geologie des Untergrundes.

Die wichtigsten Elemente der Erdbebenvorsorge im Sinne des Risikomanagements können wie folgt zusammengefasst werden:

a. Beurteilung der seismischen Gefährdung (Gefährdungsanalyse)

Die seismische Gefährdung ist die Wahrscheinlichkeit, mit der ein seismisches Ereignis einer gewissen Stärke in einem gewissen Gebiet in einem bestimmten Zeitintervall auftritt. Die Ermittlung der seismischen Gefährdung beruht auf der Auswertung historischer Ereignisse und paläoseismischer Untersuchungen, auf der kontinuierlichen Aufzeichnung der heutigen seismischen Aktivität und der Bodenerschütterungen während den Erdbebenereignissen, auf geologischen und seismotektonischen Modellen sowie auf numerischen Simulationen und statistischen Analysen. Um die Einwirkungen des Erdbebens auf lokaler Skala zu ermitteln, sind ferner gute Kenntnisse über die geologischen, topographischen und geometrischen Verhältnisse vor Ort und die physikalischen Eigenschaften des oberflächennahen Untergrundes von Bedeutung. Standortsspezifische elastische Antwortspektren (spektrale Erdbebenmikrozonierung) erlauben es zudem dem Ingenieur, Gebäude optimal für einen bestimmten Standort zu dimensionieren oder bei Umbauten nachzurüsten. Grundsätzlich gilt: Je grösser und qualitativ besser die Datengrundlage ist, umso zuverlässiger sind die Aussagen zur Gefährdung. Ein besonderer Baustein bei der Gefährdungsbetrachtung sind Erdbeben-induzierte Phänomene wie Rutschungen, Steinschlag, Setzungen und Bodenverflüssigung.

b. Verletzbarkeit und Schadensszenarien (Risikoanalyse)

Zur Beurteilung der möglichen Schäden eines Erdbebens auf bestehende Gebäude und Infrastruktur (Sachwerte) müssen diese in einem ersten Schritt inventarisiert, nach Typ klassifiziert und bezüglich der Schadenanfälligkeit für Erdbeben unterschiedlicher Stärke charakterisiert werden. Das Erdbebenrisiko ergibt sich dann aus dem Produkt aus Gefährdung und Schadenausmass, wobei Letzteres aus der Summe der betroffenen Werte (Menschen und Sachwerte) und ihrer Verletzbarkeit ermittelt wird. Um die ganze Spannbreite der möglichen Schäden in einer Region zu erfassen, müssen Schadensszenarien für Erdbeben in unterschiedlicher Stärke erarbeitet werden. Dies erlaubt den Entscheidungsträgern risikobasiert die Schutzziele festzulegen, und die Bauvorschriften entsprechend auszulegen.

c. Risikomanagement (Prävention und Vorsorge)

Um das Erdbebenrisiko zu reduzieren, muss in erster Linie die Verletzbarkeit verringert werden. Die Reduzierung der Verletzbarkeit kann in mehreren Bereichen stattfinden:

1. Bestehende Bauwerke können auf die Erdbebensicherheit überprüft und, falls Mängel vorhanden sind, durch technische Massnahmen sicherer gemacht werden.
2. Neue Bauwerke müssen die Bestimmungen des erdbebensicheren Bauens einhalten. Baugrund mit schlechtem Erdbebenverhalten und Gebiete mit möglichen Erdbeben-induzierten Einwirkungen wie Steinschlag oder Hangrutschungen sollen gemieden werden oder allenfalls das Bauen an Auflagen geknüpft werden.
3. Die Katastrophenvorsorge muss auf die Folgen eines Ereignisses vorbereitet sein. Dies benötigt entsprechende Szenarien welche die Vorbereitung unterstützen sollen.
4. Das richtige Verhalten von Personen während und nach einem Erdbeben kann durch eine gezielte Information gefördert werden.

Literatur

- Álvarez-Rubio, S., P. Kästli, D. Fäh, S. Sellami and D. Giardini, 2011. Parameterization of historical earthquakes in Switzerland. *Journal of Seismology*, 16, 1–24, DOI 10.1007/s10950-011-9245-8.
- Becker, A., Davenport, C.A., Giardini, D., 2002. Palaeoseismicity studies on end-Pleistocene and Holocene lake deposits around Basle, Switzerland *Geophys. J. Int.* 149, 1–20.
- Becker, A. and C.A. Davenport, 2003. Rockfalls triggered by the AD 1356 Basle Earthquake. *Terra Nova*, Vol. 15, No.4, 258-264.
- Bender, H., 1975. Archäologische Untersuchungen zur Ausgrabung Augst-Kurzenbettli. Ein Beitrag zur Erforschung der römischen Rasthäuser. *Antiqua 4* (Frauenfeld 1975) Taf. 1, 1.
- Faber, S., Bonjer, K.-P., Brüstle, W., Deichmann, N., (1994). Seismicity and structural complexity of the Dinkelberg block, southern Rhine Graben. *Geophys. J. Int.*, 116, 393-408.
- Fäh, D., Giardini, D., Bay, F., Bernardi, F., Braunmiller, J., Deichmann, N., Furrer, M., Gantner, L., Gisler, M., Isenegger, D., Jimenez, M.J., Kästli, P., Koglin, R., Masciadri, V., Rutz, M., Scheidegger, C., Schibler, R., Schorlemmer, D., Schwarz-Zanetti, G., Steimen, S., Sellami, S., Wiemer, S. & Wössner, J., 2003. Earthquake Catalogue Of Switzerland (ECOS) And The Related Macroseismic Database, *Eclogae geol. Helv.*, 96, pp. 219–236.
- Fäh, D., Steimen, S., Oprsal, I., Ripperger, J., Wössner, J., Schatzmann, R., Kästli, P., Spottke, I. and P. Huggenberger, 2006. The earthquake of 250 A.D. in Augusta Raurica, a real event with a 3D site-effect? *Journal of Seismology*. DOI: 10.1007/s10950-006-9031-1, Vol. 10, No. 4, 459-477.
- Fäh, D. and P. Huggenberger, 2006. INTERREG III, Erdbebenmikrozonierung am südlichen Oberrhein. Zusammenfassung für das Projektgebiet Gebiet in der Schweiz. CD and Report (in german; available from the authors).
- Fäh, D., Gisler, M., Jaggi, B., Kästli, P., Lutz, T., Masciadri, V., Matt, C. Mayer-Rosa, D., Rippmann, D., Schwarz-Zanetti, G., Tauber, J., Wenk, T., 2009. The 1356 Basel earthquake: an interdisciplinary revision. *Geophys. J. Int.* 178, 351–374.
- Fäh, D., 2009. Ein Erdbeben in Augusta Raurica? *Jahresberichte aus Augst und Kaiseraugst* 30, 2009, S. 291–305.
- Ferry, M., Meghraoui, M., Delouis, B. & Giardini, D., 2005. Evidence for Holocene paleoseismicity along the Basle-Reinach active normal fault (Switzerland): a Seismic Source for the 1356 Earthquake in the Upper Rhine Graben, *Geophys. J. Int.*, 160, pp. 554–572.
- Gisler, M., D. Fäh, D. Giardini (ed.), 2008. *Historische Erdbeben in der Schweiz*, erschienen 2008 im Haupt Verlag Bern, ISBN 978-3-258-07380-4, 187 Seiten.
- Gisler, M., und D. Fäh, 2011. *Grundlagen des Makroseismischen Erdbebenkatalogs der Schweiz. 1681–1878*. Herausgegeben vom Schweizerischen Erdbebendienst, Zürich. vdf, 2011, pp 185. Download open access: ISBN 978-3-7281-3407-3 / DOI 10.3218/3407-3.
- Havenith, H.-B., Fäh, D., Polom, U. and A. Roulle, 2007. S-wave velocity measurements applied to the seismic microzonation of Basel, Upper Rhine Graben. *Geophys. J. Int.* (2007) 170, 346–358.
- Lacave, C., Koller, M.G., Egozcue, J.J., 2004. What can be concluded about seismic history from broken and unbroken speleothems?, *J. Earthquake Eng.*, 8 (3), pp. 431–455.
- Lemeille, F., Cushing, M.E., Carbon, D., Grellet, B., Bitterli, T., Fle´hoc, C., Innocent, C., 1999. Co-seismic ruptures and deformations recorded by speleothems in the epicentral zone of the Basel earthquake, *Geodin. Acta*, 12, pp. 179–191.
- Meghraoui, M., Delouis, B., Ferry, M., Giardini, D., Huggenberger, P., Spottke, I. and M. Granet, 2001. Active Normal Faulting in the Upper Rhine Graben and Paleoseismic Identification of the 1356 Basel Earthquake, *SCIENCE*, Vol.293, 2070-2073.
- Oprsal, I., Fäh, D., Mai, M. and D. Giardini, 2005. Deterministic earthquake scenario for the Basel area - Simulating strong motion and site effects for Basel, Switzerland. *J. Geophys. Res.*, VOL. 110, B04305, doi:10.1029/2004JB003188.
- Ripperger, J., Kästli, P., Fäh, D., Giardini, D., 2009. Ground motion and macro-seismic intensities of a seismic event related to geothermal reservoir stimulation below the city of Basel - observations and modelling. *Geophysical J. Int.*, *Geophys. J. Int.* (2009) 179, 1757–1771

- Schürch, P., Becker, A., 2005. Studies on 'precarious rocks' in the epicentral area of the AD 1356 Basle earthquake, Switzerland, *Geophys. J. Int.*, 163, pp. 689–697.
- Schwarz-Zanetti, G., Masciadri, V., Fäh, D. and P- Kästli, 2007. The false Basel earthquake of May 12, 1021. *Journal of Seismology*, 12, 125–129.
- Schwarz-Zanetti, G. und D. Fäh, 2011. Grundlagen des Makroseismischen Erdbebenkatalogs der Schweiz 1000–1680. Herausgegeben vom Schweizerischen Erdbebendienst, Zürich. vdf, 2011, pp 279. Download open access: ISBN 978-3-7281-3406-6 / DOI 10.3218/3406-6.