

# Basler Erdbebenkurse zu historischen Natursteinmauerwerksgebäuden

T. Wenk, K. Beyer

## 1 Einleitung

S 18

Die Stadt Basel wurde im Jahre 1356 vom stärksten bisher bekannten Erdbeben in Mitteleuropa betroffen. Die maximale Intensität erreichte IX auf der zwölf-stufigen Europäischen Makroseismischen Skala (EMS-98) und die Magnitude wird auf  $M_W = 6,6$  geschätzt [1]. Noch heute sind Schäden und Spuren des Wiederaufbaus am Basler Münster und anderen historischen Natursteinmauerwerksgebäuden sichtbar. Die meisten der älteren Gebäude in Basel genügen den heutigen Erdbebenbestimmungen nicht. Da diese Gebäude von kulturhistorischem Interesse sind und unter Denkmalschutz stehen, muss eine Erdbebenertüchtigung mit einem Minimum an Interventionen möglichst schonend mit der bestehenden Bausubstanz umgehen, um das Erscheinungsbild zu erhalten (Bild 1).

## 2 Herausforderung historische Natursteinmauerwerksgebäude

Die historischen Natursteinmauerwerksgebäude in Basel stellen eine besondere Herausforderung hinsichtlich Erdbebenverhalten und Denkmalschutz dar. Vereinfachend kann festgestellt werden, dass die meisten neueren Gebäude in Basel den Anforderungen hinsichtlich Erdbeben genügen, da im Kanton Basel-Stadt die Erdbebenbestimmungen bereits seit 1970 konsequent umgesetzt wurden. Problematisch sind in Basel jedoch ältere Mauerwerksgebäude und insbesondere Natursteinmauerwerksgebäude. Letztere sind besonders kritisch aufgrund:

- ihres weitgehend unbekanntem Verformungsvermögens unter Erdbebeneinwirkung,
- ihrer flexiblen Holzdecken, die eine Kräfteumlagerung weitgehend verhindern und Versagensmechanismen aus der Ebene stark begünstigen.

Im internationalen Vergleich ist die Seismizität in Basel nur eine mittlere – gerade diese führt aber zu einer schwierigen Konstellation bei Mauerwerksgebäuden. Die heute verfügbaren Nachweismethoden für das Erdbebenverhalten von Mauerwerksgebäuden sind eher einfach und führen häufig



Bild 1. Mittelalterliche Häuserzeile am Basler Münsterplatz

zu sehr konservativen Ergebnissen. In Regionen niedriger Seismizität kann oft auch mit diesen konservativen Methoden gezeigt werden, dass der Erdbebennachweis erfüllt ist. In Regionen höherer Seismizität würden auch raffiniertere Methoden den Mauerwerksgebäuden keine genügende Erdbebensicherheit bescheinigen.

Bei mittlerer Seismizität wie in Basel macht die Nachweismethode den entscheidenden Unterschied bei Natursteinmauerwerk: übliche, stark vereinfachende Methoden zeigen oft eine ungenügende Erdbebensicherheit und führen als Konsequenz zu unnötigen Ertüchtigungsmaßnahmen, die häufig sehr stark in das Erscheinungsbild und die Bausubstanz eingreifen oder gar zum Abriss des Gebäudes führen. Mit raffinierteren Nachweismethoden, wie zum Beispiel nicht-linearen Berechnungen und mechanischen Modellen zum Verformungsvermögen des Natursteinmauerwerks, könnten die Ertüchtigungsmaßnahmen auf ein Minimum reduziert oder es könnte sogar ganz auf Ertüchtigungsmaßnahmen verzichtet werden. Dass der Ist-Zustand einiger historischer Basler Gebäude ohne Ertüchtigung genügend erdbebensicher sein könnte, ist aufgrund archäologischer Studien zu vermuten. So hat das ehemalige Kloster „Kleines Klingental“ (Bild 2) das Erdbeben von 1356 überlebt, ohne dass heute Spuren von Schäden oder Reparaturen weder im Natursteinmauerwerk noch im Holz vom Dachstuhl und von den Decken zu erkennen sind [1].

## 3 Weiterbildungs- und Forschungsprojekt

Um vorhandene Wissenslücken zu füllen, unterstützt der Kanton Basel-Stadt zusammen mit dem Fachbereich Erdbebenvorsorge des Schweizer Bundesamts für Umwelt das vierjährige Weiterbildungs- und Forschungsprojekt „Erdbebenüberprüfung von Natursteinmauerwerksgebäuden in Basel“ unter Leitung der Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) und in Zusammenarbeit mit der Universität von Pavia. Die Kernidee des Projektes liegt in der Kombination des Forschungsprojektes mit der Durchführung einer parallel laufenden Serie von Weiterbildungskursen in

Dr. sc. techn. Thomas Wenk

Gehrenholz 2h, 8055 Zürich, Schweiz

Prof. Dr. Katrin Beyer

Earthquake Engineering and Structural Dynamics  
Laboratory (EESD), ENAC,  
Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL),  
1015 Lausanne, Schweiz



Bild 2. Das ehemalige Kloster „Kleines Klingental“ aus dem Jahre 1274 in Basel hat das Erdbeben von 1356 ohne größere Schäden überstanden.

Basel für in der Praxis tätige Ingenieure. Dank dieser Kombination können die Ergebnisse des Forschungsprojektes direkt weitergegeben und auf ihre Praxistauglichkeit überprüft werden. Die Kursteilnehmer können den Fortschritt bei den Forschungsarbeiten verfolgen, sodass eine optimale Rückkoppelung zwischen Praxiserfahrung und Forschung erreicht werden kann.

Ein weiteres verbindendes Element zwischen Forschung und Weiterbildung wird ein großer Rütteltischversuch im Maßstab 1:2 an einem typischen Basler Natursteinmauerwerksgebäude bilden. Zum einen wird der Versuch wichtige Forschungsergebnisse zum Erdbebenverhalten liefern. Zum anderen erlaubt der Versuch in der Praxis tätigen Ingenieuren einen Einblick, welche Versagensmechanismen

aufreten können und welche Ertüchtigungsmassnahmen zielgerichtet angewendet werden können. Der Versuch wird im TREES-Labor des EUCENTRE in Pavia durchgeführt wie ein früherer Rütteltischversuch an einem modernen Mauerwerksgebäude [2].

Das Forschungsprojekt ist in vier Teilprojekte mit den folgenden Themenschwerpunkten gegliedert:

- Globales Verhalten von Natursteinmauerwerksgebäuden und Rütteltischversuch (Leitung: Pavia),
- Verformungsvermögen von Natursteinmauerwerkswänden und -riegeln bei Beanspruchung in der Wandebene mit quasi-statischen zyklischen Versuchen an Wänden (Leitung: EPFL),
- Verhalten von Natursteinmauerwerkswänden bei Beanspruchung quer zur Wandebene mit quasi-statischen Versuchen (Leitung: EPFL),
- Ertüchtigungsmassnahmen für Natursteinmauerwerk (Leitung: Pavia).

Die dynamischen und quasi-statischen Versuche ausgerichtet auf Bauweise und Baumaterialien typischer Basler Natursteinmauerwerksgebäude bilden einen gemeinsamen Schwerpunkt der vier Teilprojekte.

#### 4 Basler Erdbebenkurse

Aufgrund der bisherigen Erfahrungen war klar, dass weder Weiterbildungskurse ohne Unterstützung durch ein praxisnahes Forschungsprojekt noch ein Forschungsprojekt ohne direkten Wissenstransfer in die Praxis zielführend wären. Erst die enge Verknüpfung von Weiterbildung und Forschung als Kernidee des Projektes garantiert, dass die neuen Erkenntnisse rasch in der Praxis verankert werden können.

Die Weiterbildungskurse haben im Herbst 2015 in Basel begonnen und werden verteilt über die vierjährige Dauer des Forschungsprojektes unter dem Titel „Basler Erdbebenkurse“ durchgeführt. Sie sind auf die Überprüfung und Ertüchtigung von Natursteinmauerwerksgebäuden fokussiert (Ta-

belle 1). Das Format mit Einzeltagen nimmt Rücksicht auf die Präferenzen der SGBE-Mitglieder, die sich in einer Online-Umfrage zu über 70 % für eine Kursdauer von einem ganzen Tag gegenüber halbtägigen oder mehrtägigen Kursen ausgesprochen haben [3]. Jeder Kurstag setzt sich aus Präsentationen und praktischen Übungen zusammen. Die Gesamtdauer von fünf Kurstagen erlaubt, eine genügende Tiefe in die anspruchsvolle Thematik zu erreichen, die in der Praxis lange nachwirken wird.

Ursprünglich war geplant, jeden Kurstag je einmal für 30 bis 40 Teilnehmer anzubieten. Aufgrund der großen Nachfrage werden die Kurstage nun mehrmals angeboten. Die relativ niedrige Ober-

Tabelle 1. Kursprogramm der Basler Erdbebenkurse zur Erdbebenüberprüfung und -ertüchtigung von Natursteinmauerwerksgebäuden

Datum	Kurstag	Themen
1.10.2015 20.1.2016 21.9.2016	1. Kurstag: Grundlagen	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Schadenbilder, Schwachstellen, Versagensmechanismen</li> <li>– Qualitative Beurteilung</li> <li>– Kraftbasierte und verformungsbasierte Verfahren für die Überprüfung</li> <li>– Kapazitätsspektrumverfahren</li> </ul>
8.9.2016 22.9.2016	2. Kurstag: Erdbebenverhalten in der Wandebene	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Global Analysis: Pushover Analysis, Analysis of Buildings with Soft Slabs</li> <li>– Global Analysis of Medieval Building Conglomerates</li> <li>– Modelling of Timber Slabs and Slab-Wall Connections</li> <li>– Kraft-Verformungs-Verhalten in der Wandebene von Wänden und Riegeln</li> </ul>
2017	3. Kurstag: Erdbebenverhalten aus der Wandebene	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Versagensmechanismen aus der Wandebene</li> <li>– Nachweisverfahren zur Beanspruchung aus der Wandebene</li> <li>– Rolle der Decken</li> <li>– Plausibilitätskontrolle von Finite-Elemente-Berechnungen</li> </ul>
2018	4. Kurstag: Erdbeben- ertüchtigung	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Verstärkungsmaßnahmen von Riegeln, Wänden und Decken</li> <li>– Ertüchtigungsmaßnahmen, die nicht auf Verstärkung beruhen</li> <li>– Berechnung und Bemessung von Ertüchtigungsmaßnahmen</li> <li>– Maßnahmen im Sinne des Kulturgüterschutzes</li> </ul>
2019	Fachtagung	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Ergebnisse des Forschungsprojektes: „Erdbebenüberprüfung von Natursteinmauerwerksgebäuden in Basel“</li> <li>– Beispiele aus der Praxis zum Erdbebenverhalten von Natursteinmauerwerksgebäuden</li> </ul>

Link für den Flyer: [www.sgeb.ch/veranstaltungen/erdbebenkurse/Basler\\_Erdbebenkurse\\_Grundlagen3.pdf](http://www.sgeb.ch/veranstaltungen/erdbebenkurse/Basler_Erdbebenkurse_Grundlagen3.pdf)

grenze der Teilnehmerzahl pro Kurstag wird beibehalten, um im Sinne der Lerneffizienz eine Klassenzimmeratmosphäre sicherzustellen, die eine aktive Mitarbeit der Teilnehmer durch Fragen, Diskussionen und Übungen fördert. Den Abschluss der Basler Erdbebenkurse wird eine Fachtagung im Jahre 2019 bilden, bei der einerseits die Ergebnisse des Forschungsprojektes und andererseits Beispiele aus der Praxis zum Erdbebenverhalten von Natursteinmauerwerksgebäuden präsentiert werden. Weitere Informationen finden sich unter: [www.sgeb.ch/veranstaltungen.html](http://www.sgeb.ch/veranstaltungen.html)

### Literatur

- [1] 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.: The 1356 Basel Earthquake: an Interdisciplinary Revision. In: *Geophysical Journal International*, Vol. 178 (2009), Iss. 1, pp. 351-374.
- [2] Beyer, K.; Tondelli, M.; Petry, S.: Rütteltischversuche an einem Gebäude mit Mauerwerks- und Stahlbetonwänden. In: *Bauingenieur* 88 (2013), Heft 10, S. S2-S7.
- [3] Wenk, T.; Beyer, K.: Die neue SGEB-Strategie. In: *Bauingenieur* 88 (2013), Heft 10, S. S8-S17.

### Meldungen

## DGEB-Förderpreis Promotion 2016

Die Deutsche Gesellschaft für Erdbebeningenieurwesen und Baudynamik (DGEB) e.V. verleiht in zweijährigem Rhythmus einen Preis in Höhe von 2.000,- Euro für innovative Dissertationen in Deutschland aus den Gebieten des Erdbebeningenieurwesens, der Ingenieurseismologie und der Baudynamik. Mit diesem Preis sollen vor allem junge Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler ausgezeichnet werden, die mit ihrer Arbeit einen wesentlichen Beitrag zu den oben umrissenen Forschungsgebieten leisten. Bewerbungen und Vorschläge für Arbeiten aus den Jahren 2015 und 2016 sind bis zum 31. Januar 2017 mit Kurzlebenslauf, einem Exemplar der Arbeit und einem Empfehlungsschreiben in elektronischer Form (alle Dokumente im pdf-Format) an den Vorstand der DGEB ([kontakt@dgeb.org](mailto:kontakt@dgeb.org)) zu richten.

## D-A-CH-Tagung 2017

Die Deutsche Gesellschaft für Erdbebeningenieurwesen und Baudynamik (DGEB) e.V. lädt zur nächsten D-A-CH-Tagung über aktuelle Themen des Erdbebeningenieurwesens und der Baudynamik am 21. und 22. September 2017 nach Weimar ein. Bitte merken Sie sich schon jetzt diesen Termin vor. Einzelheiten zur Einreichung von Beiträgen und zur Tagungsorganisation werden in den nächsten D-A-CH-Mitteilungsblättern sowie über die Newsletter und Internetseiten der DGEB, der OGE und der SGEB bekanntgegeben.

## DGEB-Förderpreis Master/Diplom 2016

Die Deutsche Gesellschaft für Erdbebeningenieurwesen und Baudynamik (DGEB) e.V. verleiht in zweijährigem Rhythmus zwei Preise in Höhe von jeweils 500,- Euro für hervorragende Studienabschlussarbeiten (Diplom/Master) aus den Gebieten des Erdbebeningenieurwesens, der Ingenieurseismologie und der Baudynamik. Mit diesem Preis sollen Absolventinnen und Absolventen ausgezeichnet werden, die mit ihren Studienabschlussarbeiten einen wesentlichen Beitrag zu den oben umrissenen Forschungsgebieten leisten. Bewerbungen und Vorschläge für Arbeiten aus den Jahren 2015 und 2016 sind bis zum 31. Januar 2017 mit Kurzlebenslauf, einem Exemplar der Arbeit und einem Empfehlungsschreiben in elektronischer Form (alle Dokumente im pdf-Format) an den Vorstand der DGEB ([kontakt@dgeb.org](mailto:kontakt@dgeb.org)) zu richten.

## Basler Erdbebenkurse Natursteinmauerwerksgebäude 2015 bis 2019

Die Basler Erdbebenkurse richten sich an Bauingenieure, die sich in der Thematik der Erdbebenüberprüfung und -ertüchtigung von historischen Natursteinmauerwerksgebäuden weiterbilden möchten. Der Weiterbildungszyklus mit insgesamt fünf Kurstagen verteilt über fünf Jahre hat im Herbst 2015 begonnen, wobei der 1. Kurstag „Grundlagen“ am 21. September 2016 in Basel wiederholt wird. Der 2. Kurstag „Erdbebenverhalten in der Wandebene“ wird am 8. und 22. September 2016 in Basel angeboten. Die Kosten eines Kurstags betragen CHF 340.-. Für SGEB-Mitglieder liegen die Kosten bei CHF 300.-. Weitere Informationen sowie den Flyer mit dem Link auf das Webformular für die Anmeldung finden Sie unter: [www.sgeb.ch/veranstaltungen.html](http://www.sgeb.ch/veranstaltungen.html)