

# Inhaltsverzeichnis

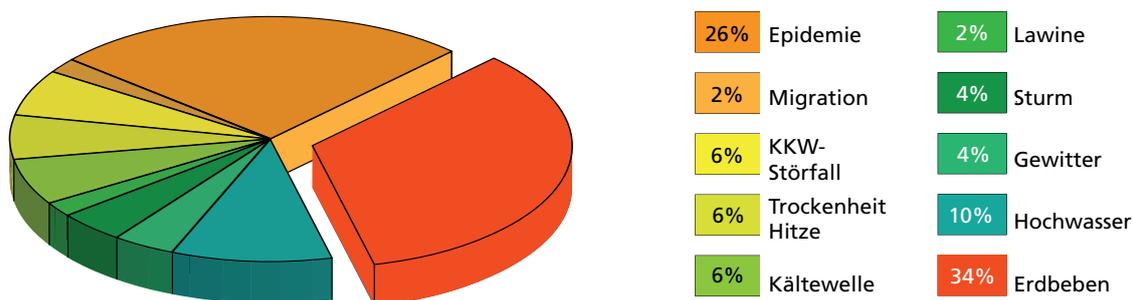


|   |                |
|---|----------------|
| <b>Ausgangslage</b>                               | <b>2 - 4</b>   |
| Erdbebenrisiko                                    | 2              |
| Erdbebensicherheit                                | 3              |
| Erdbebeneinwirkungen                              | 4              |
| <b>Erdbebengerechtes Mauerwerk</b>                | <b>5 - 10</b>  |
| Traditionsreiche Bauweise                         | 5              |
| Mauerwerksgerechte Lösung                         | 5              |
| Entwurfs- und Projektierungshinweise              | 6              |
| Seismo - Backstein für erdbebensicheres Mauerwerk | 8              |
| Wandsystem Seismur - für erdbebensicheres Bauen   | 9              |
| <b>Nachweis der Erdbebensicherheit</b>            | <b>11 - 17</b> |
| Berechnungsverfahren                              | 11             |
| Berechnungsprogramm promur                        | 11             |
| Wandsystem Seismur - Bemessungsgrundlagen         | 14             |
| Wandsystem Seismur - Anwendungsbeispiel           | 16             |
| <b>Erdbebengerechte Ausführung</b>                | <b>18 - 20</b> |
| Schalldämmlager                                   | 18             |
| Wandsystem Seismur                                | 18             |
| Fugenausbildungen                                 | 19             |

## Ausgangslage

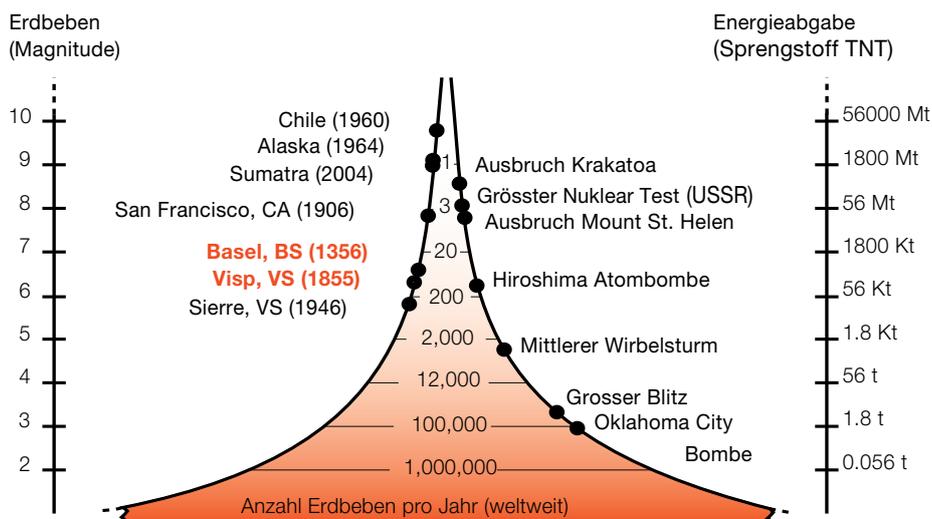
### Erdbebenrisiko - bedeutendstes Risiko aus Katastrophen

Betrachtet man in der Schweiz alle möglichen Risiken infolge Katastrophen + Notlagen, so weisen starke Erdbeben mit 34 % das höchste monetarisierte Risikopotenzial auf. Aus Sicht des Bevölkerungsschutzes haben somit Erdbeben einen höheren Stellenwert als schwere Epidemien, grossräumige Hochwasser oder radioaktive Verstrahlungen.



Katarisk, 2003: Risiken aus Sicht des Bevölkerungsschutzes

Nicht umsonst warnen daher Seismologen und Erdbebenfachleute vor möglichen Erdbebenkatastrophen mit hohen Personengefährdungen in der Stärke von Visp (1855) oder von Basel (1356).



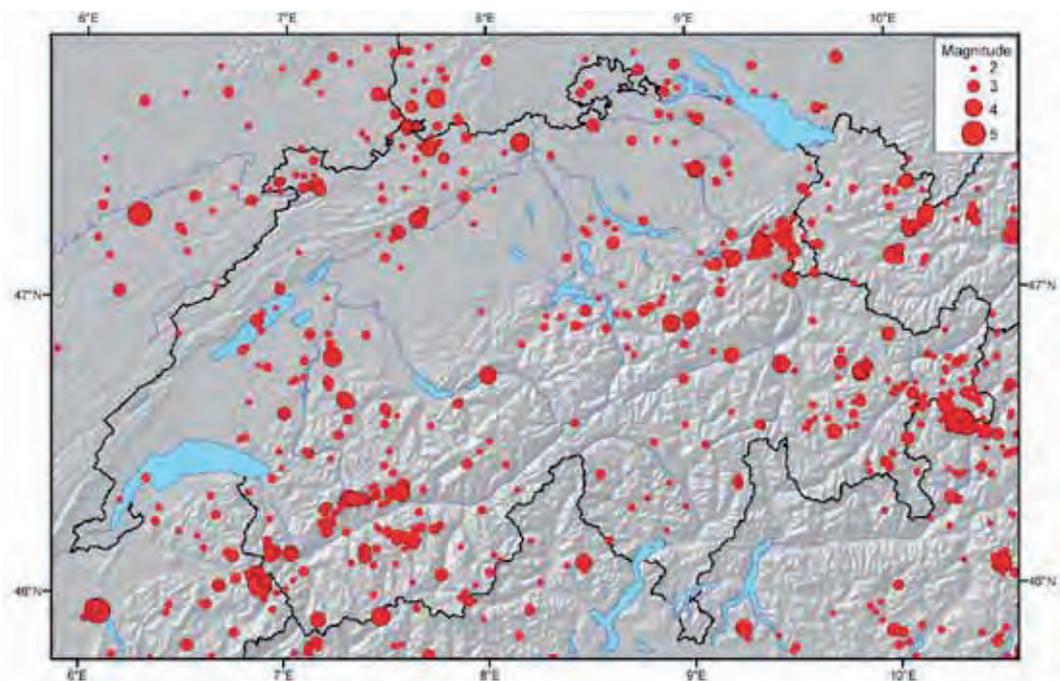
Schweizer Erdbebendienst (SED), 2006: Vergleich zwischen der Magnitude und der Energie, die von einem Erdbeben freigesetzt wird.

## Ausgangslage

---

Obwohl das Beben in Basel (1356) das grösste bekannte Beben in Europa nördlich der Alpen war, ist die Schweiz als Region mit moderater seismischer Aktivität zu klassifizieren. Pro Jahr werden zwischen 500 und 800 Beben aufgezeichnet, davon im Durchschnitt 10 stark genug, um verspürt zu werden. Alle 60 – 100 Jahre ist mit einem stärkeren Schadensbeben der Magnitude 6 oder mehr zu rechnen – das vorerst letzte Mal 1946 bei Sierre im Wallis.

Die Erdbebenaktivität in der Schweiz ist aber nicht überall gleich gross. Die erdbebenaktiven Regionen sind: Wallis, Basel, St. Galler Rheintal, Mittelbünden, Engadin und die Zentralschweiz.



Schweizerischer Erdbebendienst, 2011: Epizentren der instrumentell beobachteten Erdbeben in der Schweiz von 1996 – 2009 mit Magnituden ab 2.

### Erdbebensicherheit – Gebot der Stunde

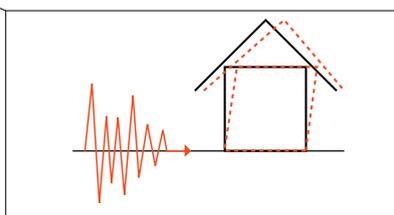
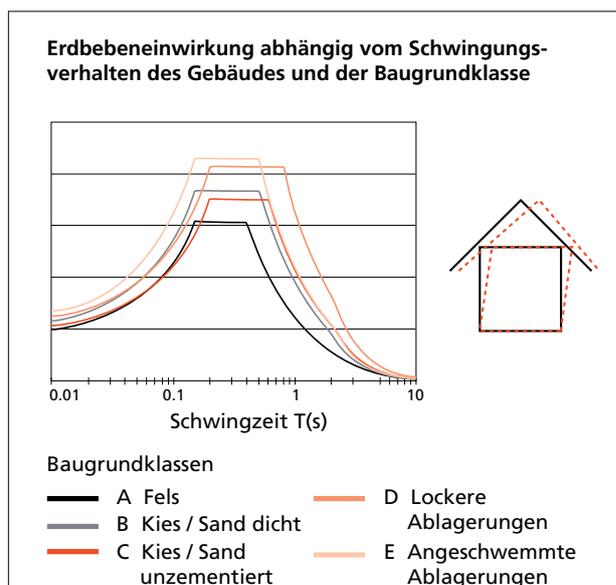
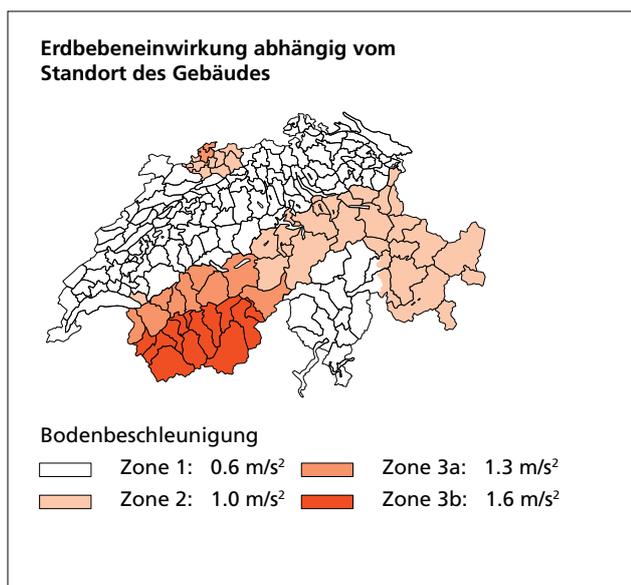
Um das Schadensrisiko an Gebäuden im Erdbebenfall zu minimieren, müssen neue Bauwerke unbedingt gemäss den kantonalen Vorschriften und den massgebenden schweizerischen Baunormen erdbebensicher geplant und gebaut werden. Einzelne Kantone verlangen bereits heute einen Erdbebensicherheitsnachweis.

Dieser Thematik wurde auch mit der Einführung der Normenreihe SIA 260 bis 267 im Jahre 2003 vermehrt Rechnung getragen. Die Erfassung der Erdbebengefährdung wird in der Norm SIA 261 „Einwirkungen auf Tragwerke“ behandelt.

# Ausgangslage

## Erdbebeneinwirkungen - Bemessungsgrundlagen

Abhängig in welcher Zone und auf welchem Baugrund ein Gebäude steht, welches Schwingverhalten ein Gebäude zeigt und welcher Bauwerksklasse ein Gebäude zugeteilt ist, resultieren gemäss Norm SIA 261 stark unterschiedliche Erdbebeneinwirkungen.



**Erdbebeneinwirkung abhängig von der Verformungsfähigkeit eines Gebäudes**

|                       |                      |
|-----------------------|----------------------|
| Unbewehrtes Mauerwerk | Faktor 0.67          |
| Duktiles Mauerwerk    | Faktor 0.4           |
| Stahlbeton            | Faktor 0.5 bis 0.25  |
| Stahlbau              | Faktor 0.5 bis 0.2   |
| Holzbau               | Faktor 0.67 bis 0.33 |

Diese Faktoren entsprechen den Reziprokwerten der q-Werte der SIA-Normen. Je grösser das Verformungsvermögen der Tragstruktur, desto grösser ist die Reduktion der Erdbebenbeanspruchung.

**Erdbebeneinwirkung abhängig von der Bauwerksklasse (BWK)**

| Bauwerksklasse                                     | Bedeutungsfaktor $\gamma_f$ |
|--|-----------------------------|
| BWK I<br>(Wohngebäude, Industrie, Lagergebäude...) | 1.0                         |
| BWK II<br>(Spitäler, Schulen, Einkaufszentren...)  | 1.2                         |
| BWK III<br>(Akutspitäler, Feuerwehrgebäude...)     | 1.4                         |

# Erdbeibengerechtes Mauerwerk

## Traditionsreiche Bauweise

Mauerwerksbauten gehören zu den ältesten Baukonstruktionen, die ihre Dauerhaftigkeit und Wirtschaftlichkeit unter Beweis gestellt haben. Die jahrhundertelange Erfahrung zeigt insbesondere, dass richtig erstelltes Mauerwerk erdbebensicher ist.

Im Falle einer Erdbebenbeanspruchung erfährt das Mauerwerk eine Schubbeanspruchung in der Wandebene. Bedingt durch den schichtweisen Aufbau mit Mauersteinen und Mörtelfugen können in vertikaler Richtung keine Zugkräfte übertragen werden. Der Schubwiderstand einer Mauerwerkswand ist daher von einer ausreichend grossen Normalkraft abhängig, die das Auftreten von Zugspannungen verhindert.

Um diese Voraussetzungen zu erfüllen, ist eine erdbebengerechte Planung von ausschlaggebender Bedeutung.

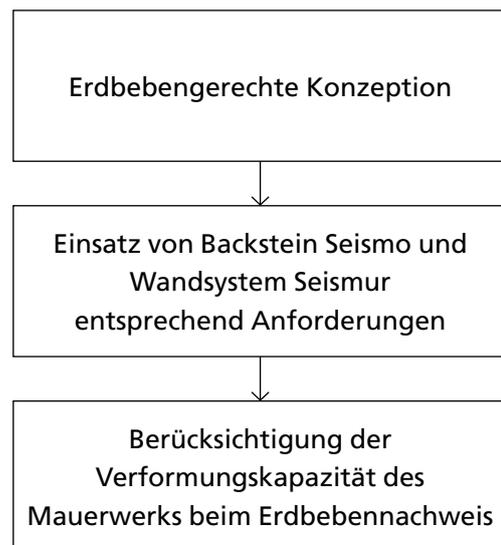


## Mauerwerksgerechte Lösung

Die effizienteste Massnahme für eine erdbebengerechte Bauweise besteht in der erdbebengerechten Konzeption eines Bauwerkes.

Um den erforderlichen Schubwiderstand von Mauerwerksbauten zu erreichen, steht heute der speziell für Erdbebenbeanspruchungen konzipierte Backstein Seismo und das Wandsystem Seismur zur Verfügung. Damit wird das Mauerwerk zu einer erdbebengerechten Bauweise, die heutigen Anforderungen vollumfänglich entspricht.

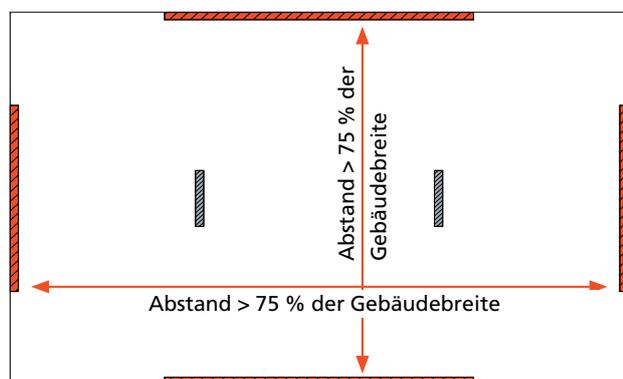
Beim Erdbebenachweis mit dem Programm promur wird die Verformungskapazität des Mauerwerks berücksichtigt. Die damit berechenbaren Lastumlagerungen ermöglichen eine genauere Erfassung des Schubwiderstandes des Bauwerkes.



## Erdbebensicheres Mauerwerk

### Entwurfs- und Projektierungshinweise

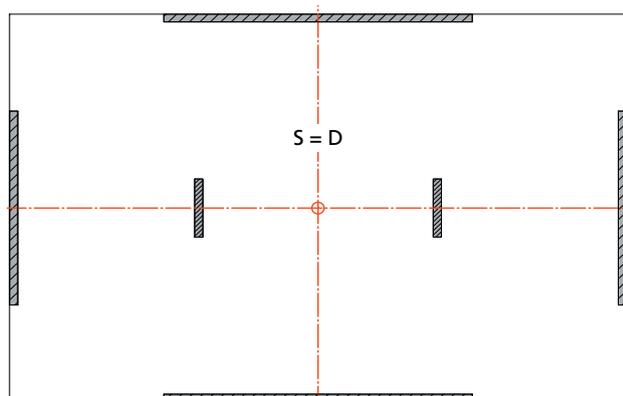
- Zwei lange Wände in jeder Richtung



In jeder Richtung des Gebäudes sind mindestens zwei lange Wände vorzusehen, um ein Gebäude gegen Erdbeneinwirkungen in optimaler Art und Weise zu stabilisieren.

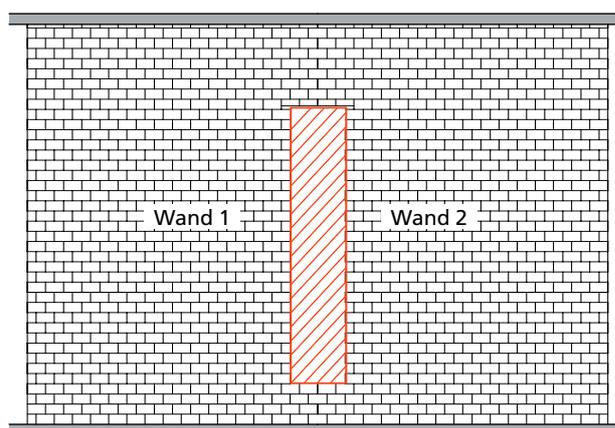
Als lang gelten in Zone 1 Wände, die ca.  $\frac{1}{3}$  bis  $\frac{1}{2}$  der Seitenlänge des Grundrisses in der betrachteten Richtung haben. Damit das Gebäude genügend torsionssteif wird, müssen mindestens zwei parallele Wände eines Gebäudes einen Abstand von mehr als 75 % der Gebäudebreite haben.

- Symmetrie der Wände im Grundriss

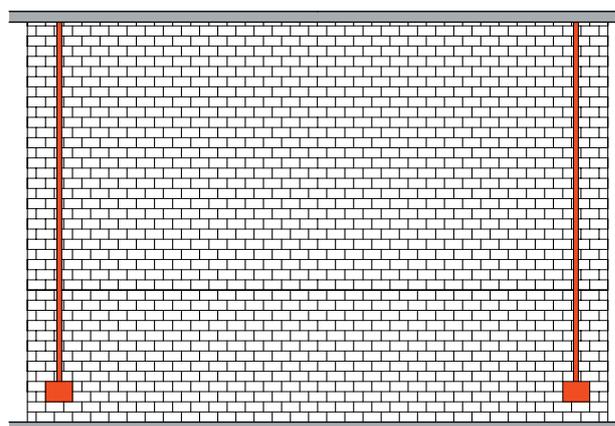


Die Wände sollen im Grundriss möglichst symmetrisch angeordnet werden. Die Symmetrie bewirkt, dass Schwerpunkt S und Schubmittelpunkt D zusammenfallen. Je weiter diese zwei Punkte auseinander liegen, desto grösser werden die Beanspruchungen der Wände bei einem Erdbeben infolge Torsionsschwingungen des Gebäudes.

- Erdbebensicher geplante Öffnungen und Schlitzfenster in den Wänden



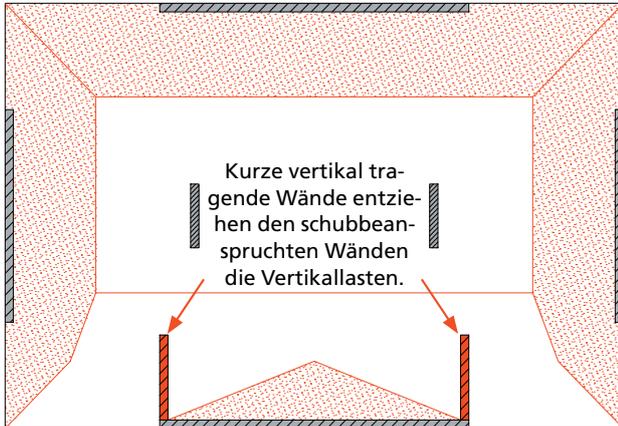
Erdbebenwände mit Öffnungen oder Schlitzfenstern müssen ohne spezielle Nachweise grundsätzlich als einzelne Wände betrachtet werden, die unabhängig voneinander einen geringeren Schubwiderstand haben als eine einzelne homogene Wand.



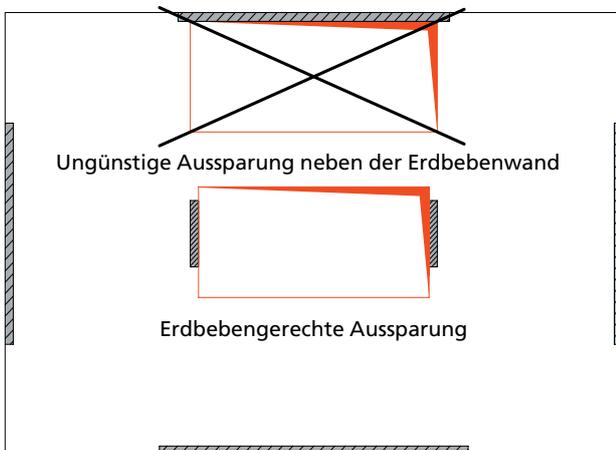
Elektrische Leitungen sollten so geplant werden, dass sie den Schubwiderstand einer Wand möglichst wenig beeinträchtigen. Sind die Schlitzfenster an den Rändern angeordnet, wird die rechnerische Länge der Wand nur um die Länge der Störzone verkleinert.

# Erdbebenberechtigtes Mauerwerk

- Genügend Vertikallasten auf den Erdbebenwänden

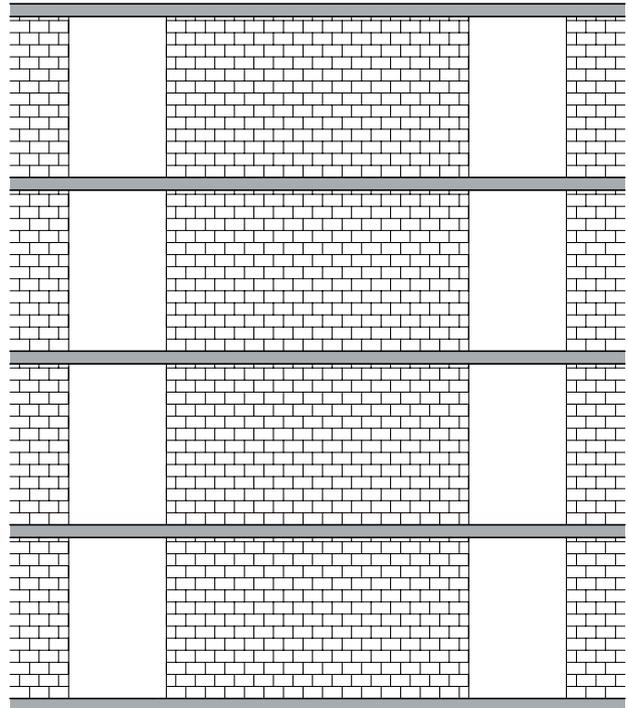


Um im obigen Grundriss die untere Erdbebenwand mit genügend Vertikallasten zu belasten, sind die raumtrennenden Wände unbelastet auszuführen.



Wenn Aussparungen neben den Erdbebenwänden angeordnet werden, besteht die Gefahr, dass diese Wände weniger Vertikallasten aufnehmen. Dadurch kann ihr Schubwiderstand erheblich verringert werden. Eine ungünstige und eine erdbebengerechte Anordnung der Treppenöffnung ist auf dem Bild oben ersichtlich.

- Wände durchgehend über alle Stockwerke



Erdbebenwände aus Mauerwerk sollten über alle Stockwerke des Gebäudes geführt werden.



## Erdbebensicheres Mauerwerk

### Seismo - Backstein für erdbebensicheres Mauerwerk

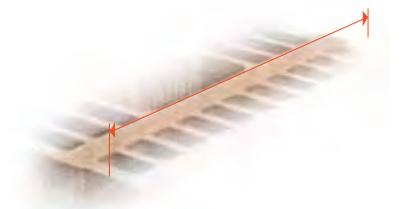
Dank den neuesten Entwicklungen bei Baumaterial und Bemessungsverfahren, ist es durchaus möglich ein Haus erdbebensicher zu erstellen und dabei die unschlagbaren Eigenschaften des Backsteinmauerwerks zu nutzen.

- Erstaunliche Tragfähigkeit
- Eindrucksvolle Brandsicherheit
- Anforderungsgerechte Wärmedämmung
- Integrierter sommerlicher Wärmeschutz
- Heizungsleistung durch Speichereigenschaft
- Ausgeglichene Luftfeuchtigkeit
- Wirksamer Strahlenschutz

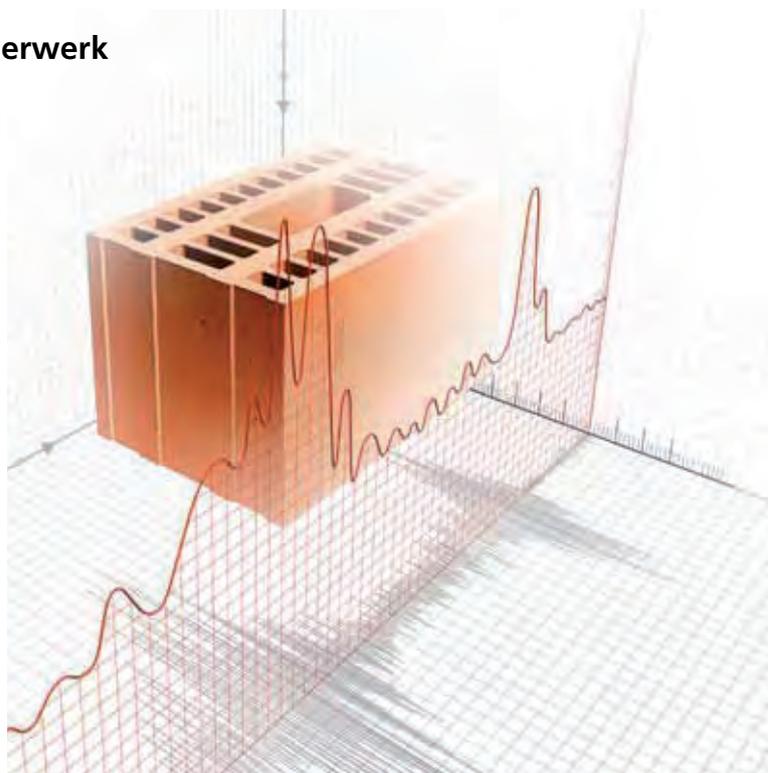
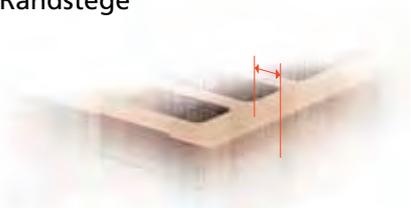
Mauerwerkswände verstehen sich heute als Bauelemente mit definierten Eigenschaften. Backsteine werden bedarfsgerecht eingesetzt. So auch der für erdbebensicheres Mauerwerk konzipierte Backstein Seismo.

Neben den bewährten Baustoffeigenschaften des gebrannten Tons, besitzt der Seismo die typischen Merkmale eines erdbebensicheren Backsteins:

- Durchgehende Längsstege



- Massive Randstege



#### • Technische Eigenschaften

##### Mauerwerk MBD Seismo

Vollfugige Vermauerung

Druckfestigkeit ( $\perp$  Lagerfugen)  $f_{xk} = 10,0 \text{ N/mm}^2$

Druckfestigkeit ( $\parallel$  Lagerfugen)  $f_{yk} = 4,0 \text{ N/mm}^2$

##### Backstein B 17,5/19 Seismo

Lochflächenanteil  $\geq 40 \%$

Steingewicht  $\leq 10 \text{ kg}$

##### Mauermörtel MB

Mörteldruckfestigkeit  $f_{mk} \geq 15 \text{ N/mm}^2$

Mit dem Bemessungsprogramm promur sind damit optimiertere Wandkonstruktionen möglich, unter Ausnutzung des vollen Potentials von Backsteinmauerwerk.

Der Backstein Seismo ist bei allen Lizenznehmern der Swissbrick AG zu beziehen. Als Ausgleichsstein empfehlen wir den Backstein Calmo.

# Erdbebensicheres Mauerwerk

## Wandsystem Seismur - für erdbebensicheres Bauen

Die vorgefertigten, vorgespannten Wandelemente Seismur, in Kombination mit dem dazwischen angeordneten Mauerwerk, ergeben das Wandsystem Seismur.

Diese mauerwerksgerechte Wandkonstruktion weist gegenüber einer reinen Mauerwerkswand einen wesentlich grösseren Schubwiderstand auf. Das Wandsystem Seismur bietet damit die Möglichkeit, reine Backsteinbauten erdbebensicher zu konzipieren.

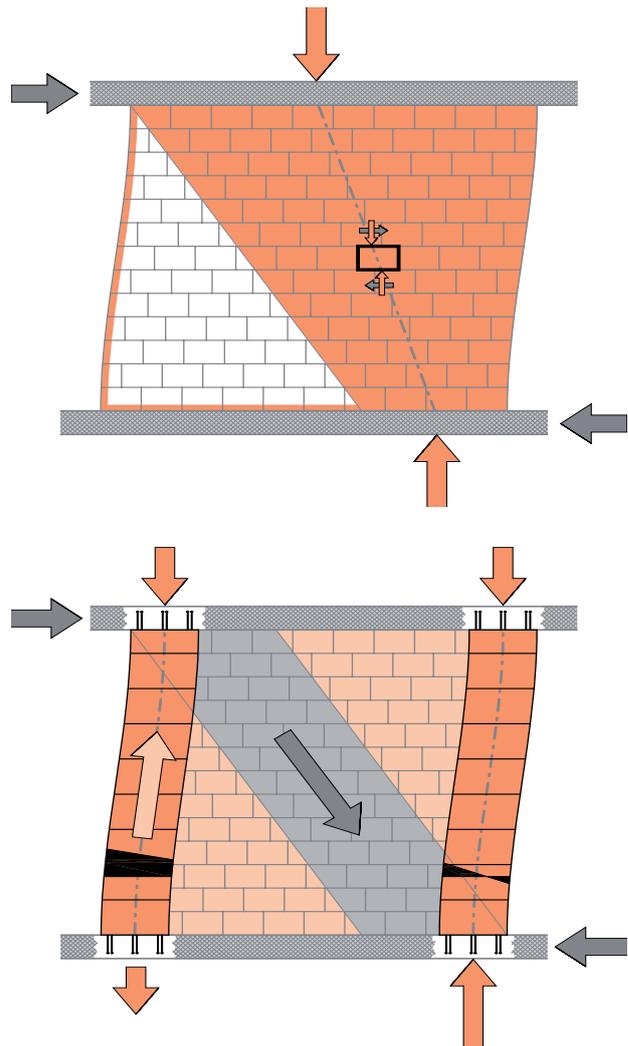


### • Funktionsweise

Der Schubwiderstand einer Mauerwerkswand wird durch die Normalkraft und Spannungskonzentrationen begrenzt.

Das Wandsystem Seismur vervielfacht den Schubwiderstand einer Mauerwerkswand. Dies wird ermöglicht dank Vorspannung, innovativer Verankerung der Zugkräfte in den Geschosdecken und die auf Druckkräfte konzentrierte Beanspruchung des Mauerwerks:

- Die Geschosdecken bilden mit den Wandelementen Seismur einen Rahmen, in dem das Mauerwerk eingefasst ist.
- Die vorgespannten Wandelemente übernehmen durch Verankerung in der Betondecke die bei einer Schubbeanspruchung auftretenden Zugkräfte.
- Daraus resultiert im Mauerwerk ein diagonal wirkendes Druckspannungsfeld mit sehr hohem Schubwiderstand.
- Das Deformationsverhalten des Wandsystems ist mauerwerkskonform und duktil.



## Erdbebenberechtigtes Mauerwerk

### • Vorteile des Wandsystems Seismur

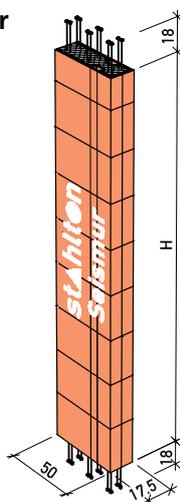
- Der erforderliche Erdbebenwiderstand von Gebäuden wird mit der Ausbildung entsprechender Mauerwerkswände als Wandsystem Seismur erzielt.
- Auf die nicht unumstrittene Mischbauweise mit einzelnen Wänden aus Stahlbeton kann verzichtet werden.
- Alle Vorzüge des Mauerwerks kommen vollumfänglich zum Tragen.
- Beim Einsatz des Wandsystems Seismur bleibt die Tonoberfläche als Putzgrund erhalten. Der bei der Anordnung von Betonwänden unvermeidliche Materialwechsel entfällt.
- Durch die mauerwerksgerechte Bauweise weist das Gebäude ein gleichartiges Deformationsverhalten auf, was sich auch positiv auf die Gebrauchstauglichkeit auswirkt.
- Die zur Verfügung stehenden Planungs- und Bemessungsgrundlagen sind einfach und praxisgerecht.
- Die Bauweise ist dank Vorfabrikation und dem vertrauten Mauerwerk wirtschaftlich und ermöglicht einen optimalen Bauablauf.



### • Sortiment Wandelemente Seismur Typ WS

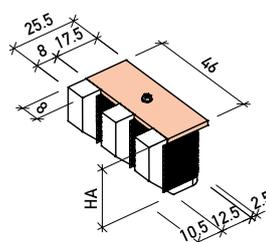
| Höhe<br>cm | Gewicht<br>kg/St. |
|------------|-------------------|
| 250        | 420               |
| 255        | 430               |
| 260        | 440               |
| 265        | 450               |
| 270        | 460               |
| 275        | 470               |
| 280        | 480               |

Höhen 240, 245 sowie 285-310 cm  
alle 5 cm, auf Anfrage



#### Zubehör:

- Aussparungselement Seismur Typ AE  
Höhe HA = 22-33 cm



- Montagehilfe für Aussparungselement bei Abfangdecke
- Vergussbeton Seismur als Trockenmischung (Gebinde à 30 kg)

# Nachweis der Erdbebensicherheit

---

## Berechnungsverfahren

Erdbebeneinwirkungen auf Tragwerke basieren mehrheitlich auf geophysikalischen Grössen, denen eine gewisse Ungesicherheit anhaften. Mit geeigneten Nachweisverfahren lässt sich jedoch das Tragverhalten eines Bauwerks im Erdbebenfall zuverlässig und nachvollziehbar beurteilen.

Im Wesentlichen werden heute zwei Verfahren zur Beurteilung der Erdbebensicherheit eingesetzt:

- **Kraftbasierte Verfahren**

Die Tragwerksnormen SIA 260 bis 267 enthalten das kraftbasierte Verfahren, d.h. die Gegenüberstellung von Auswirkungen in Form von Schnittgrössen und Widerständen. Die am häufigsten eingesetzten Berechnungsarten sind die Ersatzkraftmethode und das Antwortspektrenverfahren. Letzteres liefert durch die Berücksichtigung mehrerer Eigenschwingungen des Gebäudes ein detaillierteres und realistischeres Bild der Erdbebenbeanspruchung.

- **Verformungsbasierte Verfahren**

Die Möglichkeit der Schnittkraftumlagerungen infolge Plastifizierung einzelner Wände wird mit dem verformungsbasierten Berechnungsverfahren umgesetzt, d.h. die Grösse der Erdbebenlast wird für eine stetig gesteigerte Verformung ermittelt. Das Merkblatt SIA 2018 *Überprüfung bestehender Gebäude bezüglich Erdbeben* vertieft und präzisiert dieses Verfahren. Die am häufigsten eingesetzte Berechnungsart ist das PushOver-Verfahren.

## Berechnungsprogramm promur

Mit dem Berechnungsprogramm promur kann der Tragsicherheitsnachweis unter Erdbebeneinwirkung für Gebäude mit Mauerwerkswänden geführt werden. Es basiert auf der aktuellen Computer-Software der Cubus AG für die Bereiche Stabstatik und Flächentragwerke. Die Erdbebensicherheit wird unter Berücksichtigung der kompletten Tragstruktur nachgewiesen. Dadurch wird das Potenzial der aktivierten Mauerwerkswände realistisch ausgenutzt.

Weitere Informationen zum Berechnungsprogramm und zur aktuellen Broschüre promur finden sich unter [www.promur.ch](http://www.promur.ch)



## Nachweis der Erdbebensicherheit

### • Die PushOver - Analyse mit promur

Mauerwerkswände unter Schubbeanspruchung weisen, abhängig von der Beanspruchung und der Wandgeometrie, ein nicht vernachlässigbares plastisches Verformungsvermögen auf. Nach Erreichen der maximalen Horizontalkraft können sie, bei annähernd gleichbleibender Horizontalkraft, bis zur Grenze des Verformungsvermögens weiter deformiert werden. Dies ermöglicht die Aktivierung des Tragwiderstands anderer Wände und führt damit zu einer Vergrößerung des rechnerischen Widerstands des Gesamtsystems.

promur ermöglicht eine weitgehend automatisierte Durchführung einer solchen PushOver-Analyse von Mauerwerksgebäuden. Als Ersatzsystem für das durch Geschossdecken, Wände und Stützen definierte Gebäude wird ein dreidimensionales Stabtragwerk erzeugt. Die Geschossdecken werden dabei als in der Ebene starre Scheiben betrachtet. Ein Stabmodell ist nicht nur wesentlich übersichtlicher und schneller in der Berechnung als ein aus Schalelementen bestehendes FE-Modell, sondern ermöglicht zudem die Anwendung von überlagerten Spannungsfeldern entsprechend der Norm SIA 266 für den Nachweis der Tragsicherheit in den Mauerwerkswänden.

Die Erdbebeneinwirkungen werden unter Berücksichtigung des Ersatzkraftverfahrens ermittelt. Um die vielfach vorhandene Richtungsabhängigkeit des Tragwiderstands des Gesamtsystems zu berücksichtigen, werden die Erdbebeneinwirkungen in x- und y- Richtung jeweils mit beiden Vorzeichen aufgebracht und mit der ebenfalls in beiden Richtungen aufgebrachten Torsion aus ungeplanter Exzentrizität und der Grundrissasymmetrie überlagert, wodurch sich insgesamt acht Lastfälle ergeben. In einem ersten Schritt wird das Grundsystem mit den ständigen Lasten belastet.

Anschliessend wird die Erdbebeneinwirkung schrittweise aufgebracht. Falls eine Wand ihren Tragwiderstand erreicht hat, wird im System ein plastisches Schubgelenk eingeführt. Bei einer Änderung des Kopfmoments kann sich der Widerstand einer Wand auch nach Beginn der plastischen Verformung verändern. Um dies zu berücksichtigen, werden in jedem Schritt alle Wände neu berechnet. Die plastische Verformungsfähigkeit wird mit einem einfachen Ansatz unter Berücksichtigung der Normalkraftausnutzung und der Wandgeometrie abgeschätzt. Wandschnittkräfte, Spannungsfelder und plastische Verformungen können in jedem Berechnungsschritt in allen Wänden kontrolliert werden.

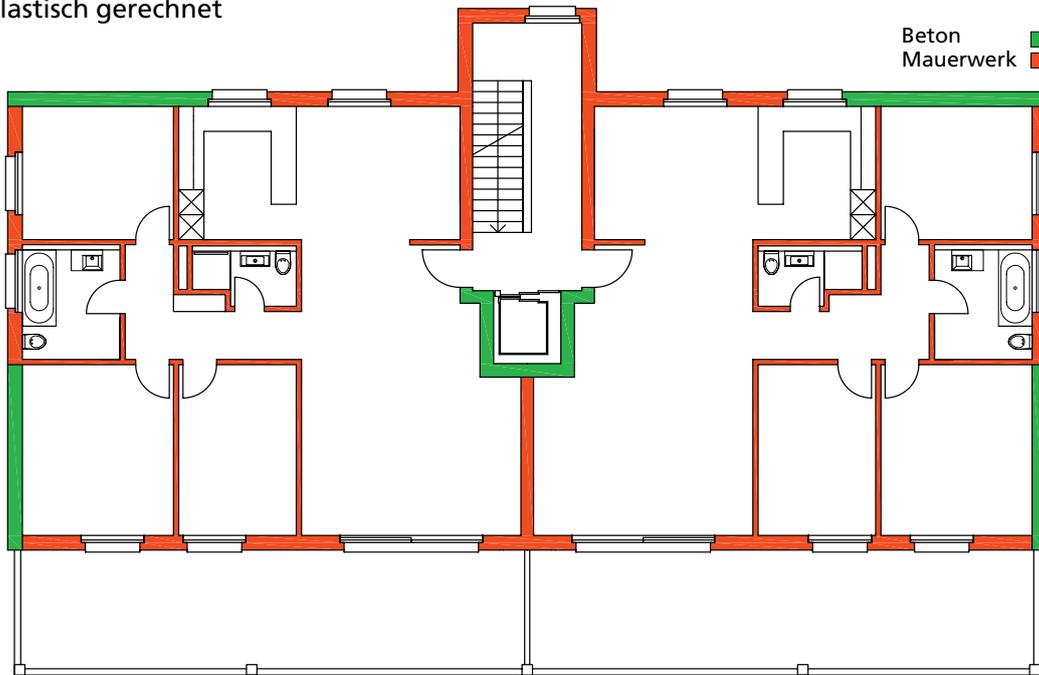
Die Software promur für die PushOver-Analyse von Mauerwerksgebäuden ermöglicht damit eine wesentlich bessere rechnerische Ausnutzung des tatsächlich vorhandenen Erdbebenwiderstands von Gebäuden als die konventionelle linearelastische Berechnung. Auch neue Wandsysteme wie Seismur können damit optimal genutzt werden.



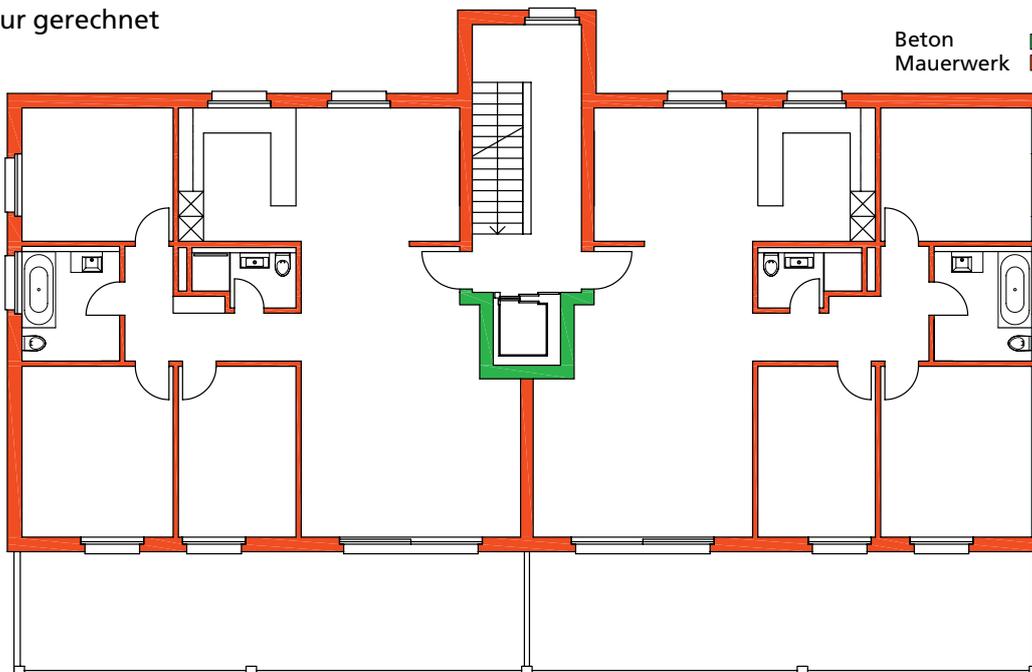
# Nachweis der Erdbebensicherheit

- Beispiel einer promur - Anwendung

Konventionell  
linear - elastisch gerechnet



Verformungsorientiert  
mit promur gerechnet



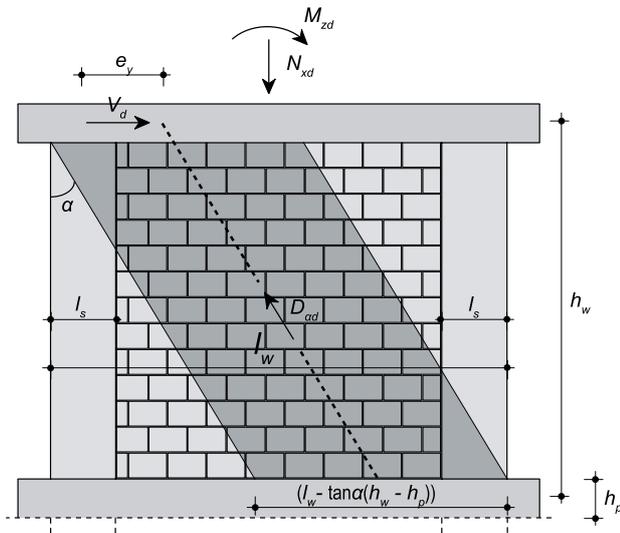
# Nachweis der Erdbebensicherheit

## Wandsystem Seismur - Bemessungsgrundlagen

### • Statisches Modell

Die Bemessungsgrundlagen des Wandsystems Seismur basieren auf einem Schubfeld-Modell, das mit Versuchen an geschosshohen Wänden am p+f Sursee verifiziert wurde.

Die Tragfähigkeit des Systems ist durch den Zugwiderstand  $V_{pd}$  im Wandelement Seismur oder den Druckwiderstand  $V_{md}$  der Ausmauerung begrenzt. Der untere Grenzwert bei kurzen Wänden ist durch den Widerstand  $V_{sd}$  des Wandelementes Seismur gegeben.

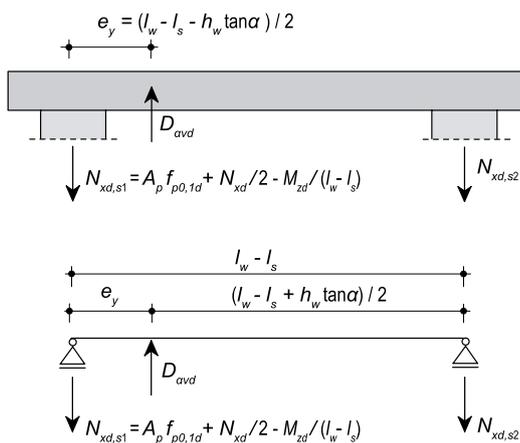


$$V_{pd} = \left( A_p f_{p0,1,d} + \frac{N_{xd}}{2} - \frac{M_{zd}}{l_w - l_s} \right) \frac{2(l_w - l_s) \tan \alpha}{l_w - l_s + h_w \tan \alpha} + \frac{M_{Rd,2}}{h_w - h_p}$$

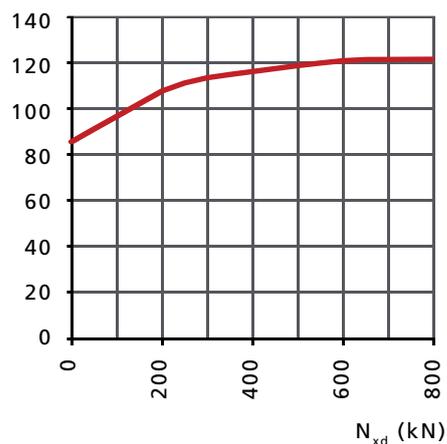
$$V_{md} = f_{yd} t_w (l_w - \tan \alpha (h_w - h_p)) \sin \alpha \cos \alpha$$

$$V_{sd} = \frac{2(M_{Rd,1} + M_{Rd,2})}{h_w - h_p}$$

$$V_d = \max(V_{sd}, \min(V_{pd}, V_{md}))$$



$M_{Rd}$  (kNm) des Wandelementes Seismur



# Nachweis der Erdbebensicherheit

## • Schubwiderstand

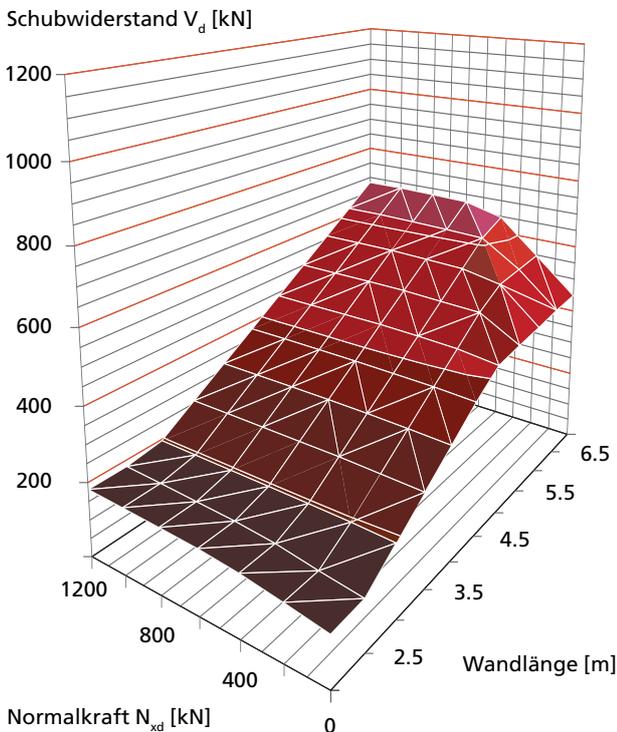
Die massgebenden Parameter für den Schubwiderstand des Wandsystems Seismur sind:

- Wandlänge
- Qualität der Ausmauerung
- Beanspruchung  $N_{xd}$ ,  $M_{zd}$

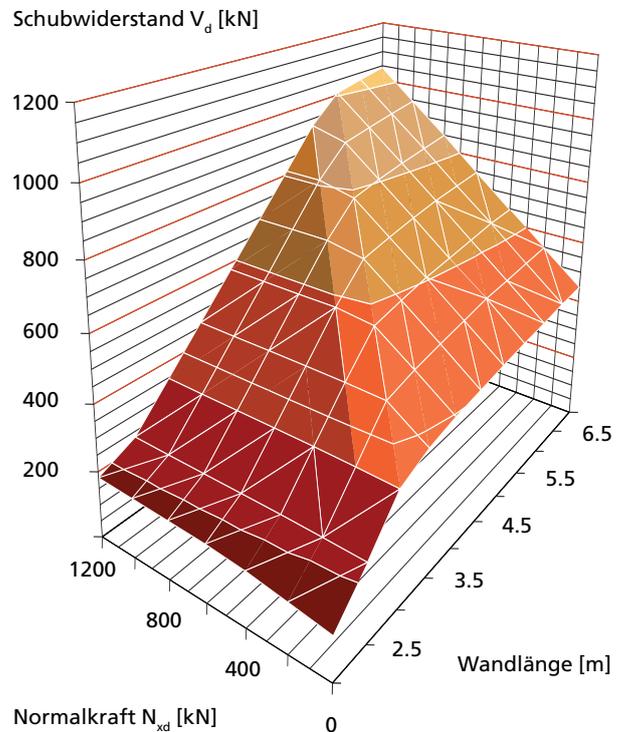
Bei einer in die Decke einspringenden Anordnung des Wandelementes Seismur (max. 4 cm) ist bei grosser Normalkraft das Durchstanzen zu prüfen.

Die nachfolgenden grafischen Darstellungen zeigen, dass mit einer Ausmauerung der Seismur - Wände mit dem für Erdbeben deklarierten Backsteinmauerwerk MBD Seismo, der Schubwiderstand gegenüber einer Ausmauerung mit Standardmauerwerk MB wesentlich erhöht werden kann.

Ausmauerung mit  
Standardmauerwerk MB



Ausmauerung mit deklariertem  
Mauerwerk MBD Seismo



## Nachweis der Erdbebensicherheit

### Wandsystem Seismur - Anwendungsbeispiel

- Objekt Nollenpark, Au / SG



### • Vordimensionierung

Für eine Vordimensionierung auf Basis des Ersatzkraftverfahrens kann mit einem Berechnungshilfsmittel (Excel-File) der Schubwiderstand einer Seismur-Wand in Abhängigkeit von Wandlänge und Normalkraft ermittelt werden. Dieses Programm steht auf [www.stahlton-bauteile.ch](http://www.stahlton-bauteile.ch) kostenlos zur Verfügung.

#### Schubwiderstand Wandsystem Seismur®

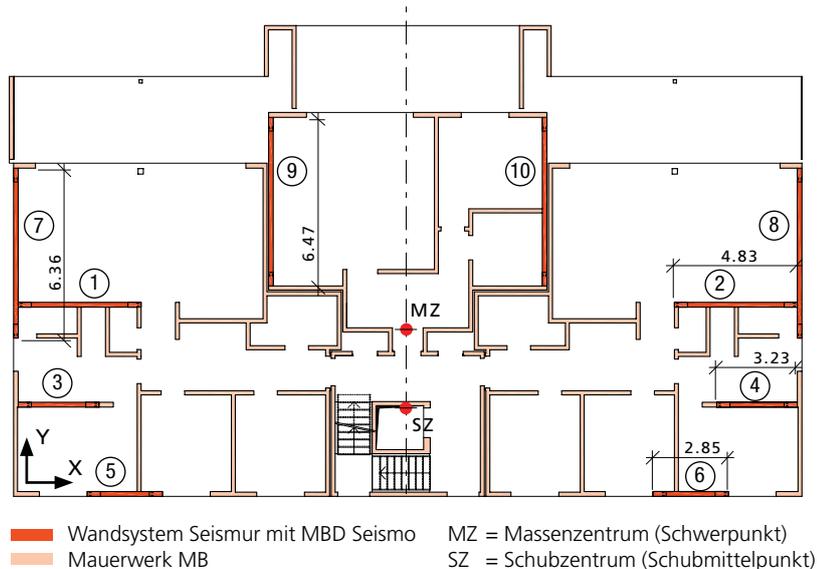
|         |  |                   |            |
|---------|--|-------------------|------------|
| Objekt: | Nollenpark<br>Haus 2 EG<br>Industriestrasse 2<br>9434 Au | Dateiversion vom: | 04.05.2011 |
|         |  | Erdbebenzone:     | Z2         |
|         |  | Baugrund:         | B          |
|         |  | Mauerwerk:        | Seismo     |

| Geschoss              | EG       |          | Deckenstärke (m) | Geschosshöhe Rohbau (m) | Wandlänge (m) | Normalkraft $N_d$ (kN) | Biegemoment $M_d$ (kNm) | Schubwiderstand $V_d$ (kN) |
|-----------------------|----------|----------|------------------|-------------------------|---------------|------------------------|-------------------------|----------------------------|
|                       | Richtung | Wand Nr. |                  |                         |               |                        |                         |                            |
| X                     |          | 1        | 0.28             | 2.65                    | 4.83          | 1'364                  | 1'666                   | 683                        |
|                       |          | 2        | 0.28             | 2.65                    | 4.83          | 777                    | 799                     | 599                        |
|                       |          | 3        | 0.28             | 2.65                    | 3.23          | 410                    | 431                     | 380                        |
|                       |          | 4        | 0.28             | 2.65                    | 3.23          | 354                    | 267                     | 380                        |
|                       |          | 5        | 0.28             | 2.65                    | 2.85          | 124                    | 219                     | 292                        |
|                       |          | 6        | 0.28             | 2.65                    | 2.85          | 328                    | 265                     | 292                        |
| Summe EG (X-Richtung) |          |          |                  |                         |               |                        |                         | 2'626                      |
| Y                     |          | 7        | 0.28             | 2.65                    | 6.36          | 807                    | 1'112                   | 653                        |
|                       |          | 8        | 0.28             | 2.65                    | 6.36          | 903                    | 1'845                   | 584                        |
|                       |          | 9        | 0.28             | 2.65                    | 6.47          | 1'168                  | 1'487                   | 770                        |
|                       |          | 10       | 0.28             | 2.65                    | 6.47          | 767                    | 1'565                   | 571                        |
| Summe EG (Y-Richtung) |          |          |                  |                         |               |                        |                         | 2'578                      |

# Nachweis der Erdbebensicherheit

## • Erdbebennachweis mit promur

In x-Richtung weist das Gebäude kürzere Wände auf als in y-Richtung. Daher sind in x-Richtung 6, in y-Richtung 4 Wände als Wandsystem Seismur ausgebildet. Die Ausmauerung der Wandabschnitte bei den Seismur-Wänden wird in MBD Seismo gewählt. Dadurch wird die Traglast gegenüber einer Ausmauerung in MB erhöht (vgl. Diagramme Seite 15).



Der Erfüllungsfaktor für das Gefährdungsbild Erdbeben würde bei einer Ausführung aller Wände in Standardmauerwerk MB in x-Richtung lediglich 30% betragen, in y-Richtung rund 45%. Durch Ausbildung der Wände ① - ⑥ als Wandsystem Seismur wird der Schubwiderstand in x-Richtung mehr als verdreifacht und damit ein Erfüllungsfaktor  $\geq 1.0$  erreicht. Für die y-Richtung wird dies durch Ausbildung der Wände ⑦ - ⑩ als Wandsystem Seismur erreicht.

Im nachstehenden Nachweis nach der PushOver-Methode (Programm promur) wird der Widerstand der einzelnen Wände bis zu ihrer Deformationskapazität ausgenutzt.

| Lastfall | Alle Wände Mauerwerk MB |                 |        | Wände 1-10 mit Wandsystem Seismur <sup>1)</sup> |                 |        |
|----------|-------------------------|-----------------|--------|---|-----------------|--------|
|          | $\lambda_1$             | $\lambda_{max}$ | nplast | $\lambda_1$                                     | $\lambda_{max}$ | nplast |
| XPP      | 0.18                    | 0.29            | 20     | 0.31  | 1.01            | 25     |
| XPN      | 0.18                    | 0.31            | 18     | 0.29  | 1.01            | 25     |
| XNP      | 0.17                    | 0.31            | 12     | 0.28  | 1.01            | 26     |
| XNN      | 0.17                    | 0.30            | 10     | 0.31  | 1.01            | 25     |
| YPP      | 0.28                    | 0.43            | 13     | 0.44  | 1.12            | 27     |
| YPN      | 0.27                    | 0.47            | 12     | 0.44  | 1.09            | 23     |
| YNP      | 0.41                    | 0.51            | 14     | 0.53  | 1.15            | 25     |
| YNN      | 0.42                    | 0.52            | 16     | 0.52  | 1.11            | 25     |

$\lambda_1$  Lastfaktor beim Versagen der 1. Wand  
 $\lambda_{max}$  erreichter Lastfaktor  
 nplast Anzahl plastifizierte Wände

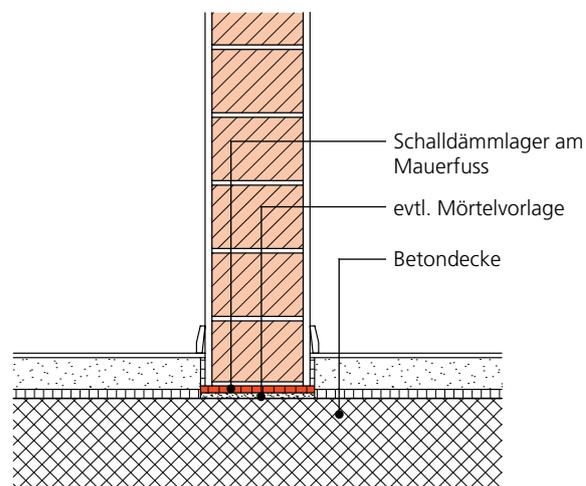
<sup>1)</sup> Ausmauerung der Wandabschnitte mit MBD Seismo

## Erdbebenerechte Ausführung

### Schalldämmlager

Bei Mauerwerkswänden gehören Schalldämmlager zum heutigen Stand der Technik. Sie haben eine lückenlose schalltechnische Entkoppelung der Wände inkl. Verputz sicherzustellen und sind deshalb 3 bis 4 cm breiter als die rohe Wand zu konzipieren.

Aus erdbebentechnischer Sicht müssen sie die auftretenden Normal- und Schubkräfte am Mauerfuss übertragen. Das p+f Sursee hat diverse Produkte auf ihre Tragfähigkeit am Mauerwerk überprüft und attestiert. Als Beispiel wurde das Schalldämmlager Pronouvo 1073 als tauglich beurteilt, ohne Reduktion der Festigkeiten für ein Mauerwerk MB.

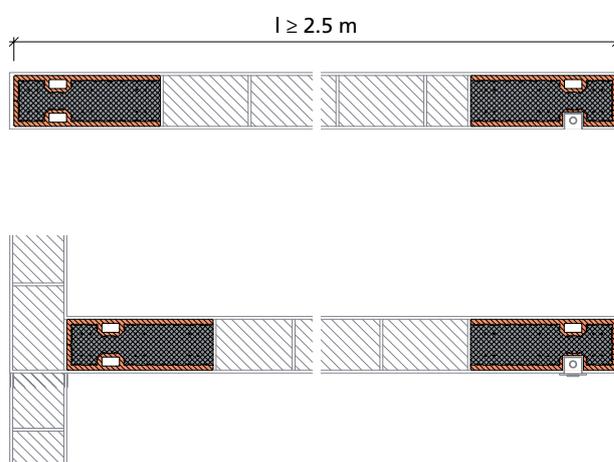


### Wandsystem Seismur

Mit dem Wandsystem Seismur ausgeführte Wände weisen eine Wandstärke von 17,5 cm und vorteilhafterweise eine Länge von mindestens 2,5 m auf.

Im Wandelement Seismur sind für die elektrische Leitungsführung Kanäle vorgesehen, da das Wandsystem durch Schlitzfenster nicht beeinträchtigt werden darf.

Im Gebäudeinnern liegende Seismur-Wände werden an die Aussenwand gestossen. In Gebäudeecken angeordnete Seismur-Wände sind um Wandstärke zurückversetzt zu planen.



Seismur-Wände werden im Verbund mit der Geschosdecke ausgeführt. Daher werden grundsätzlich keine Lager im Bereich der Ausmauerung angeordnet.

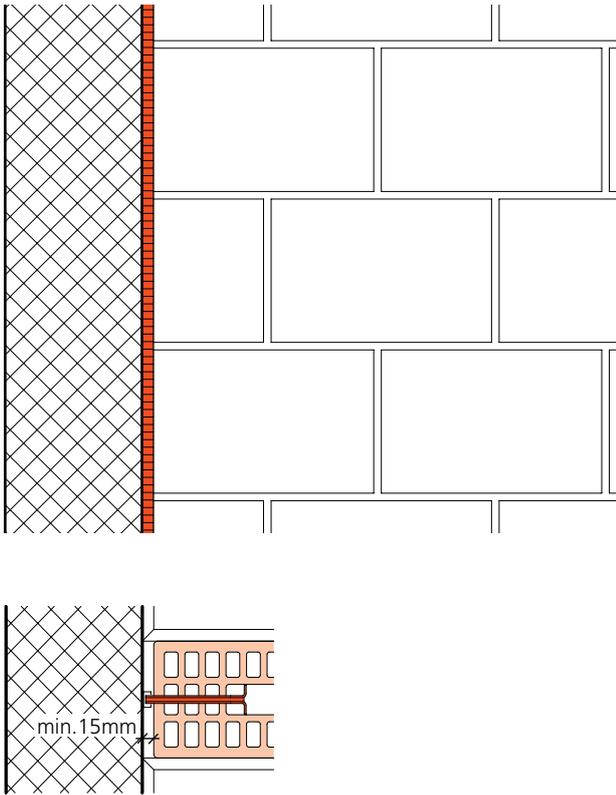
Bei der Ausführung des Innenputzes ist über den vertikalen Stossfugen zwischen den Wandelementen Seismur und der Ausmauerung eine Netzeinbettung vorzusehen.

Fugen beim rechtwinkligen Stoss von Wandelementen Seismur zu Mauerwerkswänden, beispielsweise beim Anschluss an Aussenwände, sind mit einem Schwedenschnitt auszuführen.

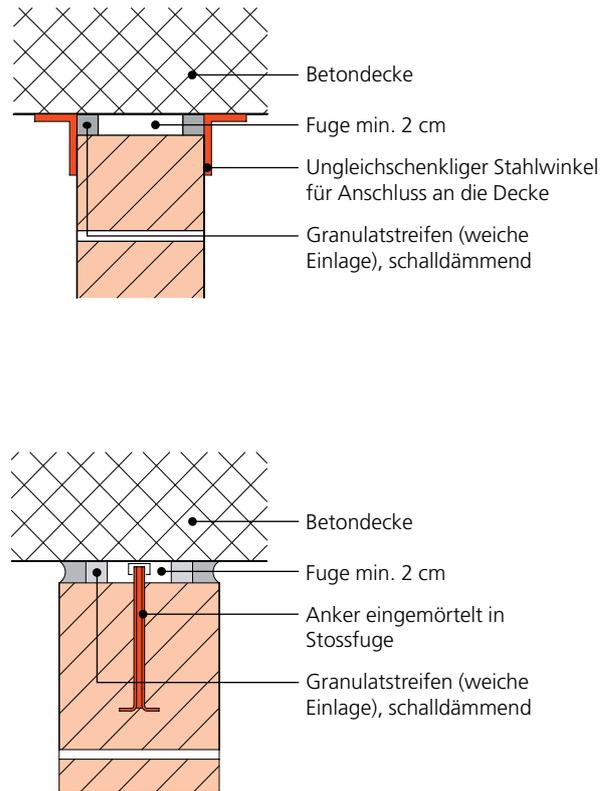
# Erdbebensichere Ausführung

## Fugenausbildungen

### • Ausfachungsmauerwerk in Skelettbauten



### • Anschlüsse von unbelasteten Wänden



Skelettbauten aus Stahl- oder Stahlbeton sind für Horizontalverschiebungen weiche Tragsysteme, die unter Erdbebenbelastungen grosse Verformungen mitmachen. Das Tragwerk darf infolge solcher Bewegungen durch das unbelastete, ausfachende Mauerwerk nicht beschädigt werden. Daher braucht es zwischen dem Rahmensystem und den Mauerwerkswänden genügend breite Fugen von min. 15 mm. Auch müssen solche Wände oben und seitlich gehalten werden.

Bewegungen der Decken müssen bei unbelasteten Wänden ohne Übertragung von Kräften erfolgen können. Damit eine unbelastete Wand im Erdbebenfall nicht umkippt, muss sie konstruktiv gehalten werden. Sie muss die Erdbebenbeanspruchung quer zu ihrer Ebene aufnehmen können. Solche Anschlüsse müssen oft auch schall- und wärmetechnischen Anforderungen genügen.

## Erdbebensicherer Mauerwerksbau



Altstadt Basel

Unsere Hinweise, Vorschläge und Beispiele in dieser Publikation entsprechen unseren heutigen Erkenntnissen und beziehen sich auf normale Fälle, wie sie in der Praxis häufig vorkommen. Es ist Aufgabe der Planer, alle Einflüsse angemessen zu berücksichtigen und unsere Angaben sinngemäss anzuwenden.

Eine Verantwortung für den konkreten Einzelfall können wir mit dieser Publikation nicht übernehmen.

© 2011 by Swissbrick AG, Winterthur