

Inhalt

I Gesellschaft, Risiko & Sicherheit

Editorial	3
1 Introduction	5
1.1 Seismic Risk and Resilience of Steel Building Structures	5
1.2 Seismic Risk Reduction using Steel Solutions	5
1.3 Increasing Community Resilience using Steel Solutions	7
1.4 Conclusion	7
2 Weltuntergangsstimmung in Down Under – Ein Erfahrungsbericht	8
2.1 Chaos pur in wenigen Sekunden	8
2.2 Der Katastrophenmodus setzt ein	8
2.3 Zurück in Sicherheit	9
2.4 Einfluss auf die Bauweise in der Schweiz	9

II Erdbebenbemessung & Konzepte

3 Entwurfsgrundsätze für Architekten	10
3.1 Typische Erdbebenschäden	10
3.2 Grundsätze für erdbebengerechten Entwurf	13
Capacity Design Principles for the Ductile Behaviour of Conventional and High-Performance Steel Structures under Earthquake Shaking	16
Summary	16
4 Conventional Structural Steel Systems	16
4.1 Steel Moment Resisting Frame Systems	16
4.2 Steel Braced Frame Systems	21
4.3 Summary Remarks	25
5 Innovative Steel Structural Systems	26
5.1 Eccentrically braced frame systems	26
5.2 Buckling-restrained braced frame systems	27
5.3 Other innovative structural steel systems	28
5.4 Summary Remarks	28

III Beispiele

6 Bel-Air-Turm in Lausanne	29
7 Gebäude GC an der EPFL	32

Anhang

8 Quellenangaben	34
-------------------------	-----------

Kompetenz im Stahlbau

Das Stahlbau Zentrum Schweiz ist das Schweizer Kompetenz-Forum für den Stahlbau. Als Fachorganisation vereint das SZS die wichtigsten stahlverarbeitenden Betriebe, Zulieferfirmen und Planungsbüros der Schweiz und erreicht mit seinen Aktionen mehr als 8'000 Architektinnen und Architekten, Bauplanende, Entscheidungsträger und Institutionen. Das SZS informiert das Fachpublikum, fördert die Forschung, Entwicklung und Zusammenarbeit im Stahlbau, pflegt internationale Verbindungen und unterstützt die Aus- und Weiterbildung von Fachleuten. Seine Mitglieder profitieren von einem breiten Leistungsangebot zu günstigen Konditionen.

www.szs.ch

Stahlbau Zentrum Schweiz
Centre suisse de la construction métallique
Centro svizzero per la costruzione in acciaio

Editorial



Abb. 1: Bankfiliale in Christchurch am 22. Februar 2011

Starke Erdbeben verwüsten oft ganze Landstriche und können die Infrastruktur für viele Jahre lahmlegen – jüngere Ereignisse wie die in Haiti, Nepal, Japan, Neuseeland und Italien haben uns dies eindrücklich aufgezeigt. Solche Ereignisse sind in der Schweiz selten, können aber jederzeit ohne Vorwarnung auftreten.

Bauingenieurinnen und Bauingenieure haben in den vergangenen Jahrzehnten ihre Tragwerke wirksam gegen Erdbebenschäden schützen gelernt. Derzeit wächst die Erkenntnis, dass auch sekundäre Bauteile schützenswert sind: Was nützt es, wenn ein Feuerwehrdepot stehenbleibt, aber die Tore klemmen? Was nützt es, wenn das Haus stehenbleibt, aber die Bewohner unter nichttragenden Wänden begraben werden? Was nützt ein Spital, wenn das Sauerstoff-Netz nach einem Erdbeben leckt und Brände verursacht?

Zudem haben wir gelernt, dass Sicherheitskonzepte und Resilienzüberlegungen auch für ganze Infrastrukturen benötigt werden. Erfahrungen der vergangenen Jahre zeigen [1]: Am wichtigsten sind im Ereignisfall Internet und Mobilfunk, gefolgt von Strom- und Wasserversorgung, funktionierende Verkehrswege, Abwassersysteme und Nahrungsmittelversorgung runden die essentiellsten Bedürfnisse ab.

Abgesehen von technischen Aspekten haben Erdbeben auch starke psychologische Auswirkungen auf Menschen. 5 Jahre nach dem Beben von 2011 berichtet eine Passantin in Christchurch (NZ) sinngemäss: «We're about to get over it» – so langsam haben wir es überwunden. Erdbeben werden erlebt wie Raubtiere, die einen jederzeit aus dem Nichts anfallen können. Das hinterlässt tiefe Angst und Verunsicherung. In der vorliegenden Publikation erzählen zwei Augenzeugen von Starkbeben: Myriam Spinnler wurde durch das grosse Erdbeben in Christchurch Anfang 2011 mitten aus ihrem Studienalltag gerissen. Prof. Dr. Mario Fontana hat kurz darauf das «Fukushima-Beben» in Tokio am eigenen Leib miterlebt. Beide berichten von ihren Erlebnissen und dem Verhalten der Menschen um sie herum während und nach dem Ereignis.



Abb. 2: Christchurch Cathedral während eines Nachbebens am 22. Februar 2011 (ca. 30 Minuten nach dem ersten starken Beben)

Als Architektinnen und Architekten, als Bauingenieurinnen und Bauingenieure wollen und sollen wir den Menschen Bauwerke zur Verfügung stellen, welche über den profanen Nutzwert hinaus auch ansprechen, Freude machen und Sicherheit bieten – gerade auch in Extremfällen. Stahlbauten können all diese Anforderungen bestens erfüllen.

Bauwerke in Stahlbauweise sind leicht und erfahren unter Erdbebeneinwirkung nur geringe Massenträgheitskräfte. Hallenbauten in Stahl haben daher kaum je ein Erdbebenproblem – fast immer sind Windkräfte und Nutzlasten massgebend. Bei Geschossbauten und Sonderbauwerken in Stahl- und Verbundbauweise können mitunter Erdbebeneinwirkungen bemessungsrelevant werden. Stahl ist mit seiner hohen Festigkeit und Duktilität jedoch bestens geeignet, um Erdbebeneinwirkungen sicher und zuverlässig abzutragen – so lange man mit einigen simplen Regeln vorzeitiges Stabilitätsversagen und Sprödbüche vermeidet. Mit geeigneter konstruktiver Ausbildung kann der hervorragende Einfluss von Stahl auf das Erdbebenverhalten von Bauwerken weiter optimiert werden.

In Starkbeben-Regionen wie etwa Japan oder Kalifornien vertrauen Ingenieure bei der Erdbebenbemessung von Bauwerken seit Jahrzehnten erfolgreich auf Bauwerke in Stahlbauweise. Selbst in Bauwerken anderer Bauweisen werden meist Stahlbau-Elemente zur Abtragung von Erdbebeneinwirkungen eingesetzt. Dabei wird zwischen den zwei Prinzipien Tragwiderstand und Dissipation abgewogen.

Der Einbau von steifen Stahl-Elementen mit hohem Tragwiderstand erlaubt, dass selbst bei extremen Erdbebeneinwirkungen nur geringe Verformungen und Schäden am Gebäude – insbesondere an sekundären Tragelementen – entstehen. In San Francisco wetteifern die Bank of America und die benachbarte Transamerica Pyramid Gerüchten zufolge seit Jahrzehnten, wer nach einem Extremereignis weniger Fensterscheiben wechseln muss.

Durch den gezielten Einbau von sogenannten «Fuse»-Elementen, also Elementen, welche die Energie aus der Erdbeben-Einwirkung dissipieren können, werden die Beanspruchungen der restlichen Gebäudestruktur stark reduziert und gleichzeitig Schädigungen auf ausgewählte Bauteile konzentriert, welche idealerweise nach einem Ereignis schnell und einfach ausgetauscht werden können.

Im Schweizer Kontext ist bei Stahlbauten bezüglich Erdbebensicherheit meist das Streben nach Steifigkeit der geeignete Ansatz – gegebenenfalls kombiniert mit gezielten «Fuse»-Elementen. Stahlrahmen können sehr viel Energie dissipieren, sind aber meist sehr weich. Die bei einem Erdbeben entstehenden Verformungen können sekundäre Bauteile (Trennwände, Fenster, Türen, Gebäudetechnik etc.) stark schädigen, obwohl die Tragstruktur noch bei weitem nicht gefährdet ist. Zudem können sekundäre Bauteile leicht zu einer mitunter starken, unplanmässigen Erhöhung der Steifigkeit und damit zu einer deutlichen Erhöhung der Erdbeben-Einwirkung führen.

Die vorliegende Publikation enthält Beiträge führender Experten des Fachgebiets und soll Ingenieure, Architekten und deren Projektpartner dabei unterstützen, auch anspruchsvolle Projekte in Stahl-, Verbund- und Hybridbauweise wirtschaftlich, ansprechend und erdbebensicher zu gestalten.

Als Tribut an die Internationalität des Themenbereichs Erdbeben wurden einzelne Artikel in der Originalsprache Englisch belassen.

Wir wünschen Ihnen, liebe Leserin, lieber Leser, viel Vergnügen bei der Lektüre und viel Erfolg bei der Planung und Realisierung von erdbebensicheren Trag- und Bauwerken in Stahl- und Verbundbauweise.

R. Bärtschi

Dr. Roland Bärtschi

M. Spinnler

Myriam Spinnler



Abb. 3: Wiederaufbau in Christchurch NZ 2016