15. NDK Blockkurs: „Naturgefahren - Erdbebenrisiko“
15.-19. Mai 2000 Tiengen

Erdbeben-Baunormen der Schweiz

Thomas Wenk
Institut für Baustatik und Konstruktion (IBK)
ETH Zürich

Zürich, 18. Mai 2000

Überblick über den aktuellen Stand der Erdbeben-Baunormen der Schweiz

1. Ingenieurpraxis:

Norm SIA 160 „Einwirkungen auf Tragwerke“ (Ausgabe 1989) des Schweizerischen Ingenieur- und Architekten-Vereins (SIA).

2. Europäische Normung

Eurocode 8 „Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben“:
8 Europäische Vornormen (ENV) des Comité Européen de Normalisation (CEN).

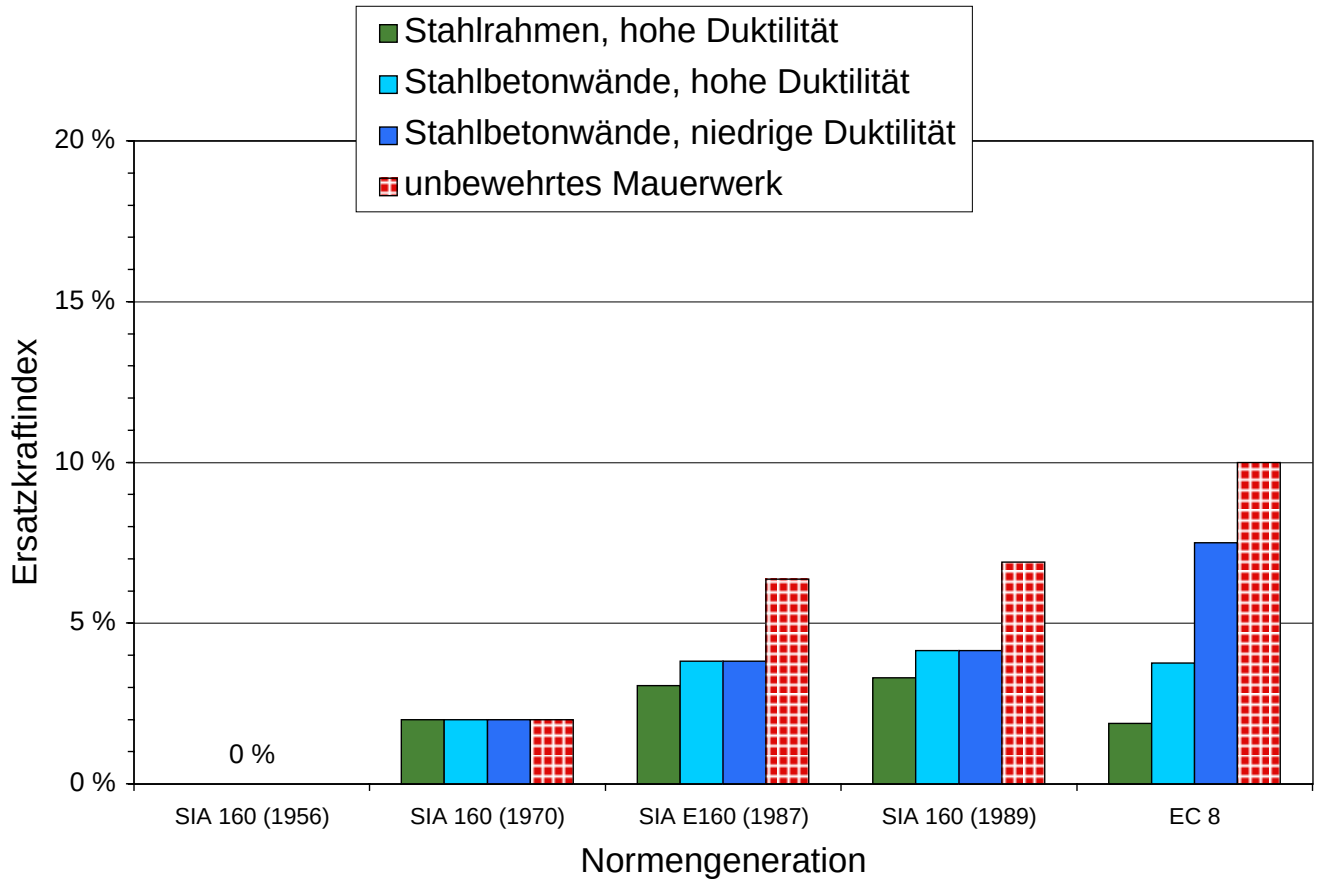
3. Schweizer Normung

Swisscodes
Eurokompatible Tragwerksnormen für die Schweiz

Geschichtliche Entwicklung der Erdbebenbestimmungen in den Baunormen

vor 1970	noch keine Erdbebenbestimmungen in den SIA-Normen
1970 - 1989	Norm SIA 160, Ausgabe 1970: - frequenzunabhängige horizontale Ersatzkraft von 2% g (resp. 5% g im Kanton BS) - keine Antwortspektren - keine Duktilitätsfaktoren
1975 - 1989	Empfehlung SIA 160/2: Praktische Massnahmen zum Schutze der Bauwerke gegen Erdbeben
seit 1989	Norm SIA 160, Ausgabe 1989: - 3 Bauwerksklassen - konzeptionelle und konstruktive Massnahmen - Antwortspektren - Abstufung der Ersatzkraft nach Tragsystem
ab ca. 2002	SWISSCODES: - höhere Erdbebeneinwirkung - Duktilitätsklassen - Kapazitätsbemessung

Geschichtliche Entwicklung des Ersatzkraftindexes für Bauwerksklasse I in Gefährdungszone 1

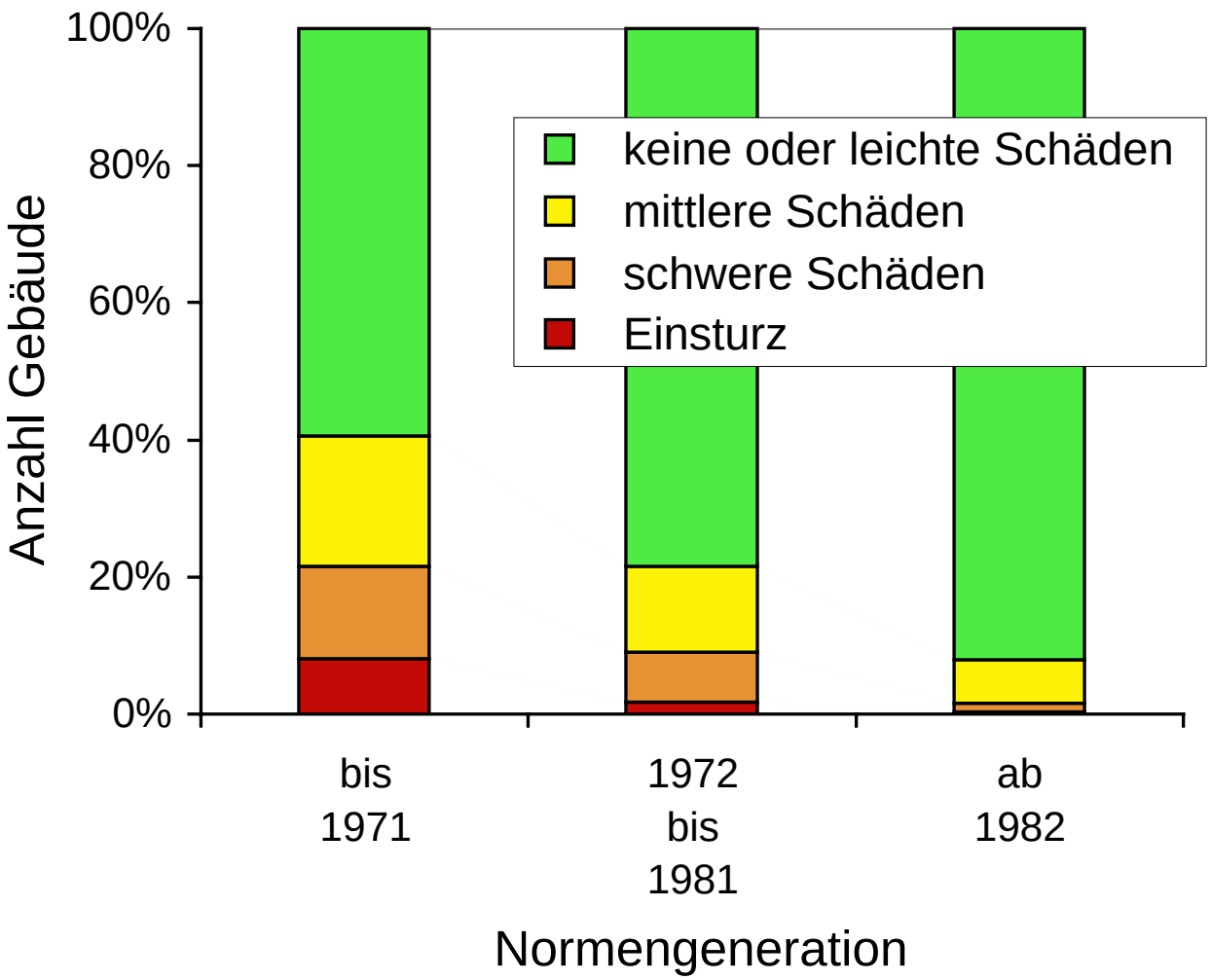


Zwei Trends zeichnen sich ab:

- Generelle Erhöhung der Erdbebeneinwirkung
- Immer stärkere Differenzierung nach Tragverhalten (duktil/nicht-duktil)

Einfluss der Erdbeben-Normengeneration auf das Schadenausmass beim Erdbeben von Kobe am 17. Januar 1995

Auswertung des Schadenausmasses von 2000 Gebäuden im Stadtzentrum von Kobe, klassiert in drei Baujahrgruppen der Erdbeben-Normengeneration entsprechend.



nach [Inukai M., 1996]

Erdbebenbestimmungen der Norm SIA 160

Zielsetzung

Unter der Einwirkung des Bemessungsbebens soll sichergestellt sein, dass

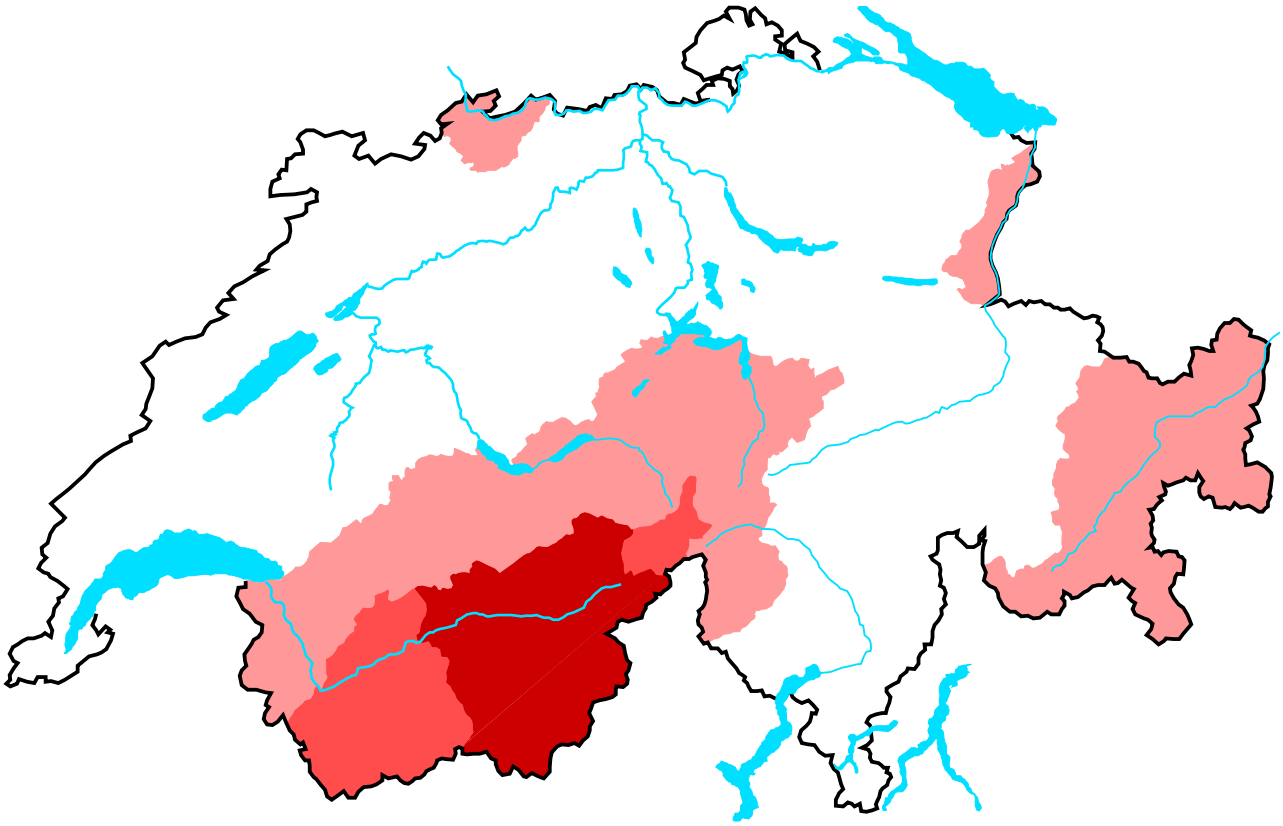
- Menschen geschützt sind,
- Schäden begrenzt bleiben,
- wichtige Bauwerke funktionstüchtig bleiben.

Vorkehrungen

Abgestuft nach Standort (4 Gefährdungszonen) und Nutzung (3 Bauwerksklassen):

- Konzeptionelle und konstruktive Massnahmen
- Rechnerische Nachweise der Tragsicherheit und der Gebrauchstauglichkeit.

Erdbebengefährdungszonen der Norm SIA 160



	Intensität (EMS)	effektive Boden-beschleunigung
Zone 1:	VI-VII	0.06 g
Zone 2:	VII+	0.10 g
Zone 3a:	VIII-	0.13 g
Zone 3b:	VIII+	0.16 g

Die Wiederkehrperiode des Bemessungsbebens beträgt 400 Jahre

Bauwerksklassen (BWK) der Norm SIA 160

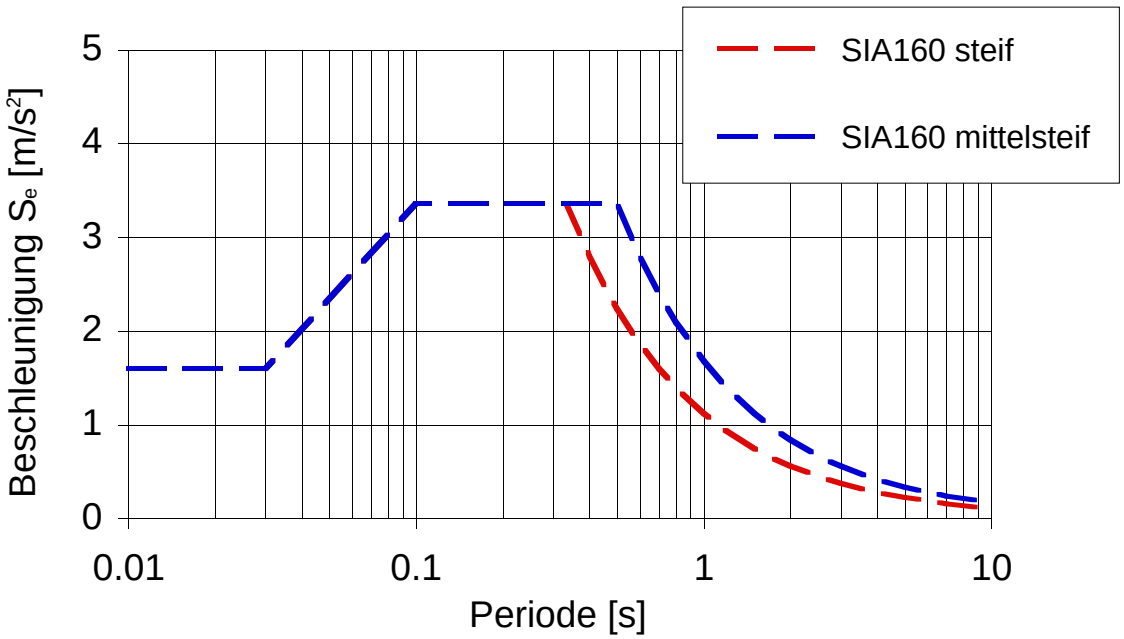
BWK	Merkmale	Bemessungsziel
I	keine grösseren Menschen-ansammlungen keine besonders wertvollen Güter und Einrichtungen keine Gefährdung der Umwelt	kein Einsturz, jedoch grosse Schäden
II	grössere Menschen-ansammlungen besonders wertvolle Güter und Einrichtungen beschränkte Gefährdung der Umwelt	mittlere Schäden
III	lebenswichtige Infrastruktur-funktion erhebliche Gefährdung der Umwelt	keine Beeinträchtigung der Funktionstüchtigkeit, nur geringfügige Schäden

Antwortspektren der Norm SIA 160

Zwei Bodenklassen:

- Steife Böden: Scherwellengeschwindigkeit über 800 m/s
- Mittelsteife Böden: Schichtstärke über 10 m und Scherwellen-geschwindigkeit unter 800 m/s

Für weiche Böden sind „spezielle Untersuchungen“ erforderlich.



Antwortspektren der Norm SIA 160 für die Zone 3b (a_g = 1.6 m/s^2) und elastisches Verhalten mit 5% viskoser Dämpfung

Europäische Normung

- Unter „Eurocodes“ versteht man die europäischen Tragwerksnormen des Comité Européen de Normalisation (CEN).
- CEN ist ein privatrechtlicher Verein von 19 europäischen Normen-Vereinigungen mit Sitz in Brüssel.
- CEN arbeitet im Auftrag der EU-Kommission und des EFTA-Sekretariats.
- Die Schweiz wird im CEN durch die Schweizerische Normen-Vereinigung (SNV) resp. den Schweizerischen Ingenieur- und Architekten-Verein (SIA) für den Bereich Baunormen vertreten.
- Als Mitglied des CEN ist die SNV verpflichtet die Europäischen Normen nach deren Ratifizierung in das Schweizer Normenwerk aufzunehmen und die eigenen Normen zurückzuziehen.
- Bis heute sind 62 Europäische Vornormen (ENV) der Eurocodes 1 bis 9 erschienen.
- Zur Zeit werden die ENV in definitive Europäische Normen (EN) überarbeitet. In etwa fünf Jahren soll diese Umwandlungsphase von ENV zu EN abgeschlossen sein.

Umfang und Gliederung des Eurocodes 8: „Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben“

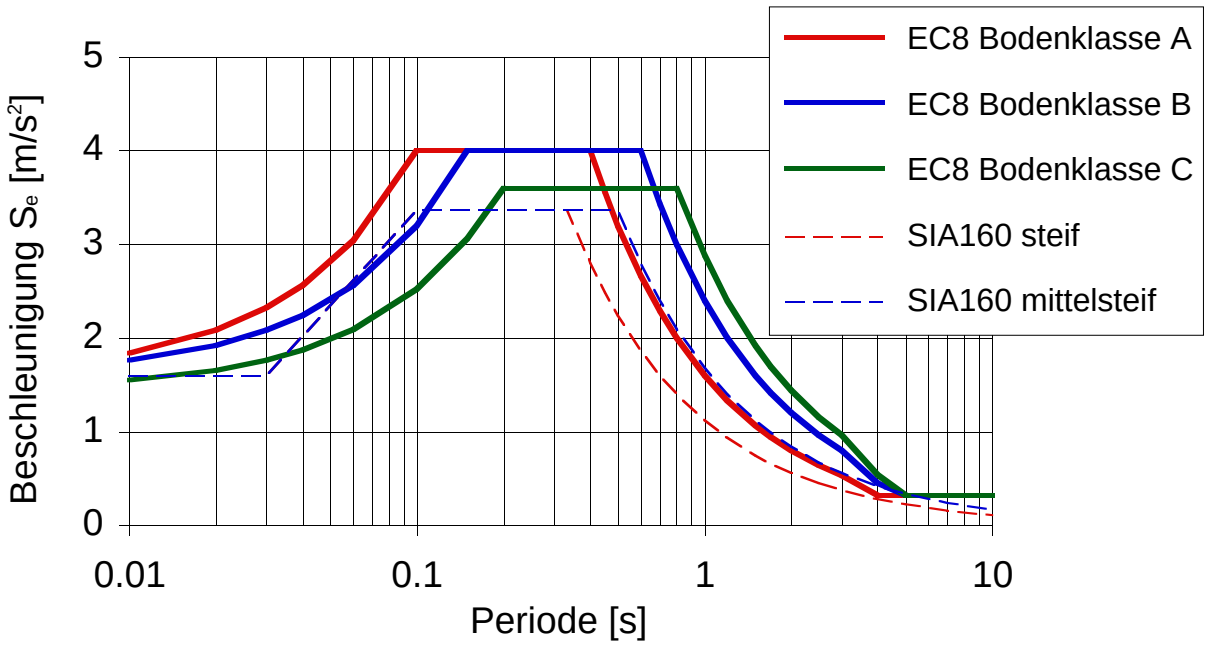
ENV-Nr.	Titel	Anzahl Seiten
ENV 1998-1-1	Grundlagen - Erdbebeneinwirkung und allgemeine Anforderungen an Bauwerke	20
ENV 1998-1-2	Grundlagen - Allgemeine Regeln für Hochbauten	33
ENV 1998-1-3	Grundlagen - Baustoffspezifische Regeln für Hochbauten	95
ENV 1998-1-4	Grundlagen - Verstärkung und Instandsetzung von Hochbauten	84
ENV 1998-2	Brücken	68
ENV 1998-3	Türme, Maste und Schornsteine	24
ENV 1998-4	Silos, Tanks und Rohrleitungen	65
ENV 1998-5	Gründungen, Stützbauwerke	27
SIA 460.800	Nationales Anwendungsdokument (NAD) zum Eurocode 8	8

Der Umfang der Europäischen Vornormen (ENV) des Eurocodes 8 umfasst über 400 A4-Seiten gegenüber 11 Seiten der Erdbeben-bestimmungen der heutigen Norm SIA 160.

Antwortspektren von SIA 160 und Eurocode 8

Der Eurocode 8 unterscheidet drei Bodenklassen:

- Bodenklasse A: Scherwellengeschwindigkeit über 400 m/s
- Bodenklasse B: Scherwellengeschwindigkeit zwischen 200 m/s und 400 m/s
- Bodenklasse C: Scherwellengeschwindigkeit unter 200 m/s



Antwortspektren des Eurocode 8 und der Norm SIA 160 für die Zone 3b (a_g = 1.6 m/s^2) und elastisches Verhalten mit 5% viskoser Dämpfung

Bauwerksklassen in Eurocode 8 und SIA 160

- SIA 160
  - 3 Bauwerksklassen:
    Verformungsbeiwert K wird für die wichtigeren Bauwerksklassen reduziert
- EC 8
  - 4 Bedeutungskategorien:
    je bedeutender desto grösser der Bedeutungsbeiwert γ_I

Erforderliche Nachweise für Gebäude

- SIA 160
  - Tragsicherheit: alle Bauwerksklassen
  - Gebrauchstauglichkeit: nur höchste Bauwerksklasse
- EC 8
  - Tragfähigkeit: alle Bauwerksklassen
  - Gebrauchstauglichkeit: alle Bauwerksklassen

Berechnungsmethoden für Gebäude nach SIA 160 und Eurocode 8

- SIA 160:
  - Ersatzkraftverfahren ist Referenzmethode
  - Antwortspektrenverfahren als Ausnahme für unregelmässige Gebäude
  - Orthogonalen Komponenten der horizontalen Erdbeben einwirkung sind in der Regel nicht zu überlagern
- EC 8:
  - Antwortspektrenverfahren mit mehreren Schwingungs-formen ist Referenzmethode
  - Ersatzkraftverfahren nur falls die Regularitätskriterien im Grundriss und im Aufriss erfüllt sind
  - Die orthogonalen Komponenten der horizontalen Erdbeben-einwirkung sind zu überlagern

Berücksichtigung plastischer Verformungen beim Nachweis der Tragsicherheit nach SIA 160 und Eurocode 8

- SIA 160:
  - Reduktion der elastischen Erdbebeneinwirkung durch den Verformungsbeiwert K
  - Zusätzliche Reduktion mit dem Bemessungsbeiwert C_d = 0.65 als Kompensation des Unterschieds zwischen Bemessungswert des Tragwiderstandes mit nominellen Materialfestigkeiten und Widerstand bei Überfestigkeit

- EC 8:
  - Reduktion der elastischen Erdbebeneinwirkung durch den Verhaltensbeiwert q

Duktilitätsklassen in SIA 160 und Eurocode 8

- SIA 160:
  - keine Duktilitätsklassen
  - keine besonderen baustoffspezifischen Bestimmungen

- EC 8:
  - Nichtdissipative Tragwerke: $q = 1$
    Der Teil 1-3 des EC 8 muss nicht beachtet werden.
  - Dissipative Tragwerke: $q > 1$
    Die umfangreichen baustoffspezifischen Regeln des Teils 1-3 des EC 8 sind zu beachten.
  - Duktilitätsklassen:
    z.B. für Stahlbeton DC "H", DC "M" und DC "L".

Zusammenfassender Vergleich von Eurocode 8 mit SIA 160

- Eurocode 8 und SIA 160 basieren auf ähnlichen Bemessungskonzepten.
- SIA 160 ist auf niedrige bis mittlere Seismizität ausgerichtet (keine Kapazitätsbemessung, keine Duktilitätsklassen).
- Der Eurocode 8 ist primär auf hohe Seismizität ausgerichtet und folglich sehr anspruchsvoll für niedrige und mittlere Seismizität.
- Der Eurocode 8 führt ohne Anwendung der hohen Duktilitätsklassen auf wesentlich grössere Erdbebeneinwirkungen.
- Die Praxistauglichkeit der Eurocodes ist infolge des riesigen Umfanges und der fehlenden Koordination zwischen den 62 ENV ungenügend.
- Hinweis im Nationalen Vorwort des SIA:
  „Die ENV ersetzen die nationalen Normen nicht. Für die Umschreibung der Einwirkungen auf Tragwerke, sowie für Berechnung, Bemessung und Nachweise ist in der Schweiz nach wie vor die Norm SIA 160 die geeignete Grundlage“.

Ausblick auf die zukünftigen Erdbebenbestimmungen in den Swisscodes

- Die im Eurocode 8 enthaltenen Bestimmungen werden in die Swisscodes 0 bis 7 integriert
- Beschränkung auf Gebäude und Brücken (keine Spezialbauwerke)
- Beschränkung auf zwei Duktilitätsklassen pro Werkstoff: nominelle und beschränkte Duktilität
- Neue Bodenklassen und Bemessungsspektren basierend auf EN-Entwurf des Eurocodes 8
- Neue Zonenkarte basierend auf D-A-CH-Gefährdungskarte von 1998 oder auf neuer Gefährdungskarte des Schweiz. Erdbebendienstes bis 2001 geplant
- Integration der Mikrozonierung des Kantons Basel-Stadt und Teilen des Kantons Wallis geplant

Literaturhinweise

Norm SIA 160: Einwirkungen auf Tragwerke. Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein, Zürich 1989.

Norm SIA 460.000: Nationale Anwendungsdokumente zu den Europäischen Vornormen für den Konstruktiven Ingenieurbau (Eurocodes). Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein, Zürich 1994/98.

ENV 10080:1995 Betonbewehrungsstahl (SIA V 162.020, Ausgabe 1995). Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein, Zürich 1995.

Bachmann H.: Erdbebensicherung von Bauwerken. Birkhäuser Verlag Basel, 1995.

Bachmann H. et al.: Die Erdbebenbestimmungen der Norm SIA 160. Dokumentation D044, Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein (SIA), Zürich 1989

Eurocode 8 - Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 1-1: Grundlagen - Erdbebeneinwirkungen und allgemeine Anforderungen an Bauwerke. Europäische Vornorm ENV 1998-1-1 (SIA V 160.811, Ausgabe 1998). Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein, Zürich 1998.

Eurocode 8 - Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 1-2: Grundlagen - Allgemeine Regeln für Hochbauten. Europäische Vornorm ENV 1998-1-2 (SIA V 160.812, Ausgabe 1998). Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein, Zürich 1998.

Eurocode 8 - Auslegung von Bauwerken gegen Erdbeben - Teil 1-3: Grundlagen - Baustoffspezifische Regeln für Hochbauten. Europäische Vornorm ENV 1998-1-3 (SIA V 160.813, Ausgabe 1998). Schweizerischer Ingenieur- und Architekten-Verein, Zürich 1998.

Wenk T., Bachmann H.:Vergleich der Erdbebenbemessung eines Stahlbeton-hochbaus nach Eurocode 8 und SIA 160 IBK-Sonderdruck Nr. 0014, August 1996. Aus Tagungsband Aktuelle Probleme des Erdbebeningenieurwesens und der Baudynamik der D-A-CH Tagung 1995 am 2. und 3. November 1995 in Graz.