



# Leitfaden für die Projektierung von Hochbau-Tragwerken

## Präambel

Das vorliegende Dokument soll bei der Projektierung von Hochbau-Tragwerken sowie deren Erhaltung als Leitfaden dienen; begründete Abweichungen sind nach Absprache mit dem Amt für Grundstücke und Gebäude des Kantons Bern (AGG) zugelassen.

## 1 Allgemeines

- 1.1 Bei der Projektierung und Erhaltung sind grundsätzlich die geltenden SIA-Normen anzuwenden.
- 1.2 Die in den einzelnen Projektphasen zu erbringenden Leistungen sind in der Ordnung SIA 103 umschrieben; sie werden unter Abschnitt 3, 4 sowie 8 ergänzt bzw. präzisiert.
- 1.3 Die Ergebnisse der Projektierungsarbeiten sowie die Überprüfung bestehender Tragwerke sind derart zu dokumentieren, dass die wesentlichen Überlegungen der Projektverfassenden sowie die wichtigen Berechnungen jederzeit mit geringem Aufwand nachvollzogen werden können.
- 1.4 Für die Nachvollziehbarkeit von entscheidender Bedeutung ist die Darstellung. Diese sollte möglichst übersichtlich und konzis sein; sehr hilfreich sind insbesondere geeignete graphische Darstellungen.

## 2 Tragwerkskonzept

- 2.1 Ein Tragwerk soll gemäss Norm SIA 260, Ziffer 2.3.1 bei angemessener Einpassung, Gestaltung und Zuverlässigkeit wirtschaftlich, robust und dauerhaft sein.
- 2.2 Nachhaltigkeit und Schonung der Ressourcen
  - 2.2.1 Als öffentlicher Bauherr ist das AGG zur nachhaltigen Erstellung und Bewirtschaftung der Bauwerke verpflichtet. Die in der *Richtlinie Systemtrennung* [2] festgehaltenen Vorgaben sind verbindlich.

Dabei geht es einerseits darum, Bauelemente unterschiedlicher Nutzungsdauer zu trennen und andererseits eine angemessene Nutzungsflexibilität sicherzustellen.

Das Tragwerk wird in der Regel vollständig dem Primärsystem gemäss [2] zugeordnet.

- 2.2.2 Falls die Anforderungen an den Werkstoff und die Bauweise dies zulassen, sind Holz als Werkstoff und die Holzbauweise einzusetzen. Hinweise zur Projektierung von Holztragwerken können Abschnitt 7 entnommen werden.
  - 2.2.3 Grundsätzlich gelten die Nutzlasten gemäss der Norm SIA 261. Zur Sicherstellung einer angemessenen Nutzungsflexibilität werden Nutzflächen der Kat. A1 in Abweichung zur Norm SIA 261 der Kat. B zugeordnet. Zur Gewährleistung einer erhöhten Nutzungsflexibilität kann vom Portfoliomanagement des AGG darüber hinaus ein mutmasslich massgebender zukünftiger Nutzungszustand festgelegt werden, welcher bei der Bemessung des Tragwerks zu berücksichtigen ist.

Ausserdem können in der Nutzungsvereinbarung objektspezifisch allfällige Erweiterungen des Bauwerks definiert werden, welche bei der Projektierung des Tragwerks zu berücksichtigen sind, z.B. das Erstellen weiterer Stockwerke.
  - 2.2.4 Zur Schonung der natürlichen und finanziellen Ressourcen sind Tragwerke möglichst effizient auszubilden; insbesondere ist ein möglichst direkter Lastabtrag sicherzustellen.

## 2.3 Erdbebensicherheit

2.3.1 Bei der Projektierung von Tragwerken sind die Vorschriften der SIA-Normen hinsichtlich Erdbebensicherheit verbindlich.

2.3.1 Sekundäre Bauteile, Installationen und Einrichtungen (SBIE) (z.B. nichttragende Wände, untergehängte Decken, Fassadenelemente und Gebäudetechnik-Installationen) haben den Anforderungen an die Erdbebensicherheit gemäss der Norm SIA 261, Ziffer 16.7 zu genügen. Eine Gefährdung von Personen gemäss Ziffer 16.7.1 der Norm SIA 261 liegt vor, sofern diese lebensbedrohlich ist. Die hierfür notwendigen Massnahmen sind zu definieren und die entsprechenden Verantwortlichkeiten festzulegen.

2.3.2 Bei Bauwerken, welche der Bauwerksklasse III nach Norm SIA 261, Tab. 25 zugeordnet werden, ist gemäss Norm SIA 260, Ziffer 4.4.4.1 der Nachweis der Gebrauchstauglichkeit nach einem Erdbebenereignis zu erbringen. Der entsprechende Nutzungszustand ist durchzudenken und die erforderlichen Massnahmen festzulegen; dabei sind alle relevanten sekundären Bauteile, Installationen und Einrichtungen (SBIE) in die Betrachtungen mit einzu beziehen und die entsprechenden Verantwortlichkeiten festzulegen.

## 3 Erhaltung bestehender Tragwerke

3.1 Bei der Überprüfung und Instandsetzung bestehender Tragwerke gelten grundsätzlich die Normen SIA 269 sowie SIA 269/1 bis 269/8. Speziell zu beachten ist hierbei eine klare Abgrenzung der zu überprüfenden Tragwerkselemente und Einwirkungen.

3.2 Die Veranlassung einer Überprüfung richtet sich nach Ziffer 6.1.2 der Norm SIA 269.

3.3 Bei der Erhaltung von Tragwerken sind vorab sämtliche für die jeweilige Fragestellung relevanten Informationen zum Bestandestragwerk zu beschaffen. Sind die Ausführungspläne des Tragwerks nicht verfügbar, sind Recherchen zu deren Beschaffung angezeigt.

3.4 Zur Schonung der natürlichen und finanziellen Ressourcen sind bei Überprüfungen vorhandene Tragreserven möglichst auszunutzen.

3.5 Die Verhältnismässigkeit von Erhaltensmassnahmen gemäss Ziffer 3.4 der Norm SIA 269 ist speziell zu beachten. Eingriffe in bestehende Tragwerkselemente sind möglichst zu beschränken und gezielt vorzusehen.

3.6 Insbesondere bei zerstörenden und kostenintensiven Zustandsuntersuchungen sowie aufwendigen Tragwerksanalysen und Nachweisverfahren ist ein stufenweises Vorgehen mit sukzessiver Verfeinerung der Analyse angezeigt (vgl. Norm SIA 269, Ziffer 6).

3.7 Der Einfluss nicht hinreichend zuverlässig quantifizierbarer Parameter ist anhand von Sensitivitätsanalysen und Grenzwertbetrachtungen zu untersuchen.

### 3.8 Erdbebensicherung

3.8.1 Die Überprüfung und Instandsetzung bestehender Bauten hinsichtlich der Erdbebengefährdung sind gemäss den Vorgaben der Norm SIA 269/8 vorzunehmen.

3.8.2 Der bei einer Instandsetzung angestrebte Erfüllungsfaktor  $\alpha_{\text{int}}$  gemäss Norm SIA 269/8 (bzw. das entsprechend akzeptierte Tragsicherheitsdefizit) ist in der Nutzungsvereinbarung festzuhalten und zu begründen.

3.8.3 Bei der Veränderung bestehender Bauten hinsichtlich der Erdbebensicherheit gilt das sog. Verschlechterungsverbot, wonach ein Erfüllungsfaktor nach der Veränderung  $\alpha_{\text{int}} < 1.0$  für  $\alpha_{\text{int}} < \alpha_{\text{eff}}$  nicht zulässig ist [5].

### 3.8.4 Bauwerksklasse von Bildungsbauten

Bildungsbauten der primären und sekundären Bildungsstufe sowie Kindergärten udgl. sind der Bauwerksklasse II-s gemäss der Norm SIA 269, Tab. 1 zuzuordnen, jene der tertiären und höheren Bildungsstufe der Bauwerksklasse II gemäss der Norm SIA 261, Tab 25 resp. SIA 269, Tab. 1.

### 3.8.5 Ergänzende Festlegungen zur Überprüfung der Erdbebensicherheit gemäss der Norm SIA 269/8 sind in Abschnitt 8 festgehalten.

### 3.9 In Anlehnung an Abschnitt 8.1 ist bei Überprüfungen in der Regel in zwei Schritten vorzugehen:

Schritt 1: Grundlage, Grobbeurteilung, Festlegung des Vorgehens

Schritt 2: Überprüfung und Massnahmenempfehlung

Hierbei sind die Ergebnisse des Schritts 1 dem AGG in zusammengefasster Form vorzulegen und mit diesem unter Einbezug des Fachcontrollers zu besprechen. Die Ergebnisse der Überprüfung werden einem Fachcontrolling gemäss [1] unterzogen.

## 4 Projektphasen

### 4.1 Die in den einzelnen Projektphasen zu erbringenden Leistungen sind in der Ordnung SIA 103 umschrieben; nachfolgend werden einige Aspekte ergänzt bzw. präzisiert.

#### 4.2 Vorprojekt

##### 4.2.1 Im Vorprojekt werden die Anforderungen an das Tragwerk identifiziert, die für die Projektierungsarbeiten relevanten Grundlagen beschafft, ein geeignetes Tragwerkskonzept bzw. bei Instandsetzungen ein Massnahmenkonzept entwickelt und die Wirtschaftlichkeit anhand einer Kostenschätzung geprüft.

##### 4.2.2 Die technische Machbarkeit des Tragwerkskonzepts bzw. Massnahmenkonzepts ist abzuklären und im Technischen Bericht aufzuzeigen. Hierzu sind die wichtigsten Abmessungen mit überschlägigen statischen Berechnungen sowie massstäblichen Skizzen der wesentlichen Konstruktionsdetails zu überprüfen.

##### 4.2.3 Die Vorprojektmappe sollte in der Regel folgende Unterlagen enthalten:

- Nutzungsvereinbarung
- Technischer Bericht
- erste Version der Projektbasis
- überschlägige Erdbebenbemessung
- Geotechnischer Bericht
- Architektenpläne (mit Kennzeichnung der Tragwerksbestandteile)
- Baugruben- und Foundationskonzeptpläne oder -skizzen

Je nach Komplexität des Bauwerks können weitere Unterlagen sinnvoll sein, beispielsweise überschlägige statische Berechnungen.

#### 4.3 Bauprojekt

##### 4.3.1 Im Bauprojekt werden die Grundlagen vervollständigt, das Tragwerkskonzept bzw. bei Instandsetzungen das Massnahmenprojekt vertieft ausgearbeitet und ein Kostenvoranschlag erstellt.

##### 4.3.2 Die technische Machbarkeit und Zweckmässigkeit des Tragwerkskonzepts bzw. Massnahmenprojekts ist zu verifizieren und im Technischen Bericht aufzuzeigen. Hierzu sollten die wichtigsten Tragwerkselemente vorbemessen werden.

4.3.3 Die Bauprojektmappe sollte in der Regel folgende Unterlagen enthalten:

- Nutzungsvereinbarung (allenfalls aktualisiert)
- Technischer Bericht
- aktualisierte Version der Projektbasis
- Erdbebenvorbemessung
- Kontrollplan und ggf. Überwachungsplan der Baugrube
- Geotechnischer Bericht
- Tragwerkspläne (Architektenpläne mit Kennzeichnung der Tragwerksbestandteile)
- Baugruben- und Fundationspläne

4.4 Fachcontrolling Tragwerksplanung

4.4.1 Nach dem Vorprojekt und nach dem Bauprojekt wird in der Regel ein Fachcontrolling der Tragwerksplanung gemäss [1] durchgeführt. Ausserdem werden die Ausschreibungsdokumente einem stichprobenartigen Fachcontrolling mit dem Fokus auf die Umsetzung der Bauprojekt-Prüfvermerke sowie der allgemeinen Leistungsbeschreibung unterzogen.

4.5 Dokumentation des gebauten Werks

4.5.1 Nach Abschluss der Ausführung ist dem AGG die vollständige Dokumentation des gebauten Werks abzugeben. Das entsprechende Dossier sollte folgende bereinigte Dokumente umfassen:

- Technischer Bericht
- Nutzungsvereinbarung und Projektbasis
- Erdbebenbemessung
- bereinigte Konstruktions- und Detailpläne mit den zugehörigen Listen
- Kontrollplan inkl. Ergebnisse der Kontrollen (z.B. Prüfprotokolle, Abnahmeprotokolle)
- ggf. Nutzungsanweisungen
- ggf. Unterhaltsplan
- ggf. Überwachungsplan.

## **5 Bauwerksakten**

5.1 Zweck und Inhalt der Bauwerksakten sind grundsätzlich in den Normen SIA 260 und SIA 469 umschrieben; deren Inhalt wird nachfolgend präzisiert.

5.2 Umfang und Inhalt der Bauwerksakten sind auf die Bedeutung und Gefährdung des Bauwerks sowie dessen Risiken auf die Umwelt abzustimmen.

5.3 Alle wesentlichen Dokumente betreffend die Tragwerksplanung mit Ausnahme der Pläne, Listen und Ergebnisse der Kontrollen sind jeweils in einer Projektmappe mit Inhaltsübersicht zusammenzustellen.

5.4 Technischer Bericht

5.4.1 Im Technischen Bericht werden die wesentlichen Ergebnisse der Projektierungsarbeiten bzw. Überprüfung zusammengefasst und erläutert. Dabei wird insbesondere das Tragwerkskonzept bzw. die Erhaltensmassnahmen beschrieben und begründet.

5.4.2 In der Regel sind im Technischen Bericht folgende Gegenstände der Tragwerksplanung zu beschreiben und begründet:

- Tragsystem zur Abtragung der vertikalen Lasten sowie der horizontal wirkenden Kräfte insbesondere infolge Erdbeben- und Windeinwirkung
- Grundlagen und Ergebnisse der Tragwerksanalyse und Bemessung resp. Überprüfung

- Aussagen zu den wichtigsten Abmessungen und Baustoffeigenschaften
- Fundationskonzept und Konzept der Baugrube (Baugrubensicherungen, Wasserhaltung, Bauablauf, Bauzustände)
- Abdichtungs- und Entwässerungskonzept der Untergeschosse
- wichtigste konstruktive Details mit massstäblichen Skizzen, insbesondere im Bereich von thermischen Trennungen des Tragwerks und Fugen
- Hinweise zu möglichen Bauverfahren und -abläufen

Bei der Überprüfung und Instandsetzung bestehender Tragwerke zusätzlich:

- Zustandserfassung
- Erhaltensmassnahmen

5.4.3 Die Ergebnisse einer Überprüfung der Erdbebensicherheit bestehender Bauten sind in Form eines Technischen Berichts gemäss Abschnitt 8.6 zu dokumentieren.

5.4.4 Die Dokumentation der Überprüfung weiterer Aspekte bestehender Tragwerke kann in Anlehnung an Abschnitt 8.6 erfolgen.

## 5.5 Nutzungsvereinbarung

5.5.1 Inhalt und Zweck der Nutzungsvereinbarung sind in der Norm SIA 260, Ziffer 2.2 umschrieben; deren Inhalt wird nachfolgend präzisiert und ergänzt. Ein Beispiel und weitere Erläuterungen sind in [3] enthalten.

5.5.2 Grundsätzlich sind in der Nutzungsvereinbarung alle Entscheidungen festzuhalten, die von den Projektverfassenden nicht allein verantwortet werden können. Die Nutzungs- und Schutzziele der Bauherrschaft sowie die grundlegenden Bedingungen, Anforderungen und Vorschriften für die Projektierung, Ausführung und Nutzung des Bauwerks sind in einer für die Bauherrschaft verständlichen Sprache festzuhalten.

5.5.3 Das Aufstellen der Nutzungsvereinbarung gehört zum Vorprojekt. Änderungen und Ergänzungen der Nutzungsvereinbarung im Rahmen des Ausführungsprojekts sind zu vermeiden.

5.5.4 Sämtliche Nutz- und Auflasten sowie die zugehörigen Nutzungszustände sollten in der Nutzungsvereinbarung festgelegt und leicht lesbar anhand von kolorierten Grundrissplänen dargestellt werden. Bei Erdauflasten und Aufschüttungen ist ausser dem Lastwert die plangemässe Schütthöhe festzulegen.

5.5.5 Im Abschnitt *Schutzziele und Sonderrisiken* sind unter anderem die Brandschutzanforderungen und hinsichtlich der Erdbebengefährdung die gewählte Bauwerksklasse festzuhalten. Bei Erdbebenertüchtigungen ist der angestrebte Erfüllungsfaktor gemäss Norm SIA 269/8 festzulegen.

Für gewöhnliche Einwirkungen, wie beispielsweise infolge Wind oder Schnee, gelten die Schutzziele der Normen SIA 260 und SIA 261.

Für spezielle Gefährdungen, wie beispielsweise die Einwirkung von Schnee auf weit gespannte Dachtragwerke, kann die Erarbeitung von Risikomanagementkonzepten in Betracht gezogen werden.

5.5.6 Angedachte Nutzungsänderungen und Erweiterungen des Bauwerks sind in der Nutzungsvereinbarung festzuhalten.

5.5.7 Von den Richtwerten der Tab. 3 und 4 in der Norm SIA 260 abweichende Verformungsbegrenzungen sind in der Nutzungsvereinbarung festzuhalten.

Werden die Richtwerte gemäss den Tab. 3 und 4 in der Norm SIA 260 verwendet, ist betreffend die Funktionstüchtigkeit festzulegen, welche Tragwerkselemente für duktile und welche für spröde Einbauten ausgelegt werden.

Verformungsbegrenzungen (inkl. Rissbreiten) sind in der Regel durch übergeordnete Anforderungen bedingt, z. B. Beschränkung der Rissbildung in nicht tragenden Wänden, Verhinderung von Schäden der Fassade durch übermässige Verformungen, Gewährleistung eines ausreichenden Gefälles zwecks funktionstüchtiger Entwässerung oder Gewährleistung der Wasserdichtigkeit. Im Sinne von Abschnitt 5.5.2 sind in der Nutzungsvereinbarung primär diese Anforderungen festzuhalten. Die daraus abgeleiteten Verformungsbegrenzungen sollten ausser in der Projektbasis auch in der Nutzungsvereinbarung als Information für die anderen Gewerke aufgeführt werden.

5.5.8 Als *Akzeptierte Risiken* sollten ausschliesslich konkret voraussehbare Gefährdungen aufgeführt werden.

## 5.6 Projektbasis

5.6.1 Der Inhalt der Projektbasis ist in der Norm SIA 260, Ziffer 2.5.1 festgelegt; deren Inhalt wird nachfolgend präzisiert und ergänzt. Ein Beispiel und weitere Erläuterungen sind in [3] enthalten.

5.6.2 Die Projektbasis ist in jeder Projektierungsphase zu aktualisieren.

5.6.3 Die Werkstoffe der einzelnen Tragwerksteile (inkl. deren gemäss den SIA-Normen zu spezifizierenden Eigenschaften) sowie die angenommenen Baugrund- und Grundwasserverhältnisse sind in der Projektbasis aufzuführen.

5.6.4 In der Projektbasis sind die betrachteten Gefährdungsbilder zu umschreiben und geeignete Massnahmen festzuhalten, um die Gefährdungen abzuwenden oder auf ein akzeptables Mass zu beschränken. Ausserdem sind die Abläufe, Kontrollen und Korrekturmassnahmen festzulegen. Ausser der Bemessung sind insbesondere die in der Norm SIA 260, Ziffer 2.4.6 aufgeführten Massnahmen in Betracht zu ziehen.

5.6.5 Aufgrund der in der Nutzungsvereinbarung definierten Anforderungen sind entsprechende Verformungsbeschränkungen (Gebrauchsgrenzen) abzuleiten und in der Projektbasis festzuhalten. Bei Betonbauten sind insbesondere die Anforderungen an die Rissbildung der einzelnen Tragwerkselemente festzulegen.

## 5.7 Kontrollplan

Zweck und Inhalt des Kontrollplans sind in der Norm SIA 260, Ziffer 1.1 umschrieben.

## 5.8 Nutzungsanweisung

Zweck und Inhalt der Nutzungsanweisung sind in den Normen SIA 469, Ziffer 4.32 und SIA 260, Ziffer 1.1 umschrieben.

## 5.9 Unterhaltsplan

Zweck und Inhalt des Unterhaltsplans sind in den Normen SIA 469, Ziffer 4.44 und SIA 260, Ziffer 1.1 umschrieben

## 5.10 Überwachungsplan

Zweck und Inhalt des Überwachungsplans sind in den Normen SIA 469, Ziffer 4.43 und SIA 260, Ziffer 1.1 umschrieben.

## **6 Statische Berechnungen**

- 6.1 Hinsichtlich der statischen Berechnung sind die Grundsätze der Norm SIA 260, Ziffer 3.1 und 4.1 zu beachten.
- 6.2 Die Wahl der Tragwerks- und Berechnungsmodelle sollte sich nach deren Zweck und nach der im Rahmen der Gesamtaufgabe erforderlichen und erreichbaren Genauigkeit und Aussagekraft der Ergebnisse richten. Dabei ist zu berücksichtigen, dass die Zuverlässigkeit der Modelle massgeblich von einer adäquaten konstruktiven Durchbildung abhängt.
- 6.3 Besonderes Augenmerk ist der Konsistenz von Modellbildung und konstruktiver Durchbildung zu schenken.
- 6.4 Bei der Erdbebenbemessung ist der Abtragung der entsprechenden Kräfte in den Baugrund sowie der Kraftübertragung zwischen den Decken und Kernwänden besondere Beachtung zu schenken.
- 6.5 Eine statische Berechnung sollte unter anderem folgende Elemente enthalten:
  - übersichtliche Zusammenstellung der wichtigsten Grundlagen
  - im Rahmen der Modellbildung gewählte Abgrenzungen und Idealisierungen mit Begründung
  - Plausibilitätsprüfung der Ergebnisse.
- 6.6 Die statische Berechnung ist derart zu dokumentieren, dass die wichtigen Berechnungen jederzeit mit geringem Aufwand nachvollzogen werden können. Dementsprechend ist eine möglichst übersichtliche, knappe Dokumentation mit geeigneten graphischen Darstellungen anzustreben.

Wichtige Resultate sind in Tabellen oder graphisch darzustellen. Die statische Berechnung sollte im Wesentlichen ohne Anhang (Ausdrucke rechnergestützter Tragwerksanalysen und Bemessungen, tabellarischer Berechnungen, etc.) nachvollzogen werden können.

## **7 Besondere Aspekte von Tragwerken in Holzbauweise**

- 7.1 Tragwerkskonzepte
  - 7.1.1 Da Holztragwerke vorwiegend aus Stabsystemen mit dominierender Tragrichtung gebildet werden, sind die Hierarchie der Tragsysteme und die Wahl des Tragwerksrasters von grosser Bedeutung.
  - 7.1.2 Wirtschaftliche Tragwerkskonzepte der vorwiegend in Montagebauweise realisierten Holztragwerke zeichnen sich insbesondere durch einen hohen Wiederholungsgrad aus. Voraussetzung hierfür ist die konsequente Anwendung eines einheitlichen Tragrasters.
  - 7.1.3 Konstruktiv aufwendige Abfangungen und Auswechslungen sind zu Gunsten effizienter Holztragwerke zu vermeiden.
  - 7.1.4 Da Holz und Holzwerkstoffe oft ein relativ sprödes Bruchverhalten zeigen, sind der Zuverlässigkeit und Robustheit der Tragwerke besondere Aufmerksamkeiten zu schenken.
  - 7.1.5 Bei der Konzeption Holztragwerken ist dem anisotropen Werkstoffverhalten Rechnung zu tragen. Eine Beanspruchung quer zur Fasserrichtung sollte durch eine geeignete konstruktive Durchbildung nach Möglichkeit vermieden bzw. klein gehalten werden. Hinsichtlich der Tragsicherheit sind Bereiche mit einer Querkzugbeanspruchung speziell zu beachten, während Bereiche mit einer Querdrukbeanspruchung insbesondere hinsichtlich der Verformungen spezieller Beachtung bedürfen.
- 7.2 Bei Holztragwerken sind folgende Aspekte speziell zu beachten:
  - konstruktive Durchbildung der Lastein- und -durchleitung bei Stützenknoten mehrgeschossiger Bauwerke

- Durchbiegungen und Schwingungsverhalten von Deckentragsystemen mit geringer Eigenlast und Biegesteifigkeit
- Abtragung konzentrierter Vertikallasten bei Deckentragwerken mit dünnen Deckplatten
- Brandschutz
- Gewährleistung der geforderten Dauerhaftigkeit durch geeignete konstruktive Durchbildung und den Einsatz geeigneter Werkstoffe und deren Verarbeitung sowie allenfalls geeignete Oberflächenbehandlungen
- Anprall und Schrammen bei vertikalen Holztraggliedern auf befahrenen Flächen
- Stabilität schlanken Tragglieder (Knicken, Kippen, Beulen)
- Abtrag erdbeben- und windbedingter Horizontalkräfte, insbesondere Membrantragwirkung der Deckentragwerken
- Auswirkungen infolge Feuchte und Temperatur bzw. deren Änderung während der Nutzungsdauer
- Schallschutz

### 7.3 Werkstoffe

7.3.1 Im Allgemeinen sollten Holzprodukte und -werkstoffe eingesetzt werden, die in die Normen SIA 265 bzw. SIA 265/1 Eingang fanden. Bei der Wahl der Produkte ist ferner die Verfügbarkeit zu bedenken. In der Regel ist Brettschichtholz gemäss dem aktuellen SIA-Register der SFH-RL-konformen Brettschichtholzproduzenten einzusetzen.

7.3.2 Brettschichtholz-Lamellen mit erhöhter Festigkeit sollten nur mit Bedacht und gezielt eingesetzt werden, wobei die Verfügbarkeit vorgängig abzuklären ist.

7.3.3 Holzwerkstoffe wie Sperrholz, Faserplatten, Spanplatten etc. sind gemäss den Vorgaben der Norm SIA 265/1 einzusetzen. Darüber hinaus sind die HWS-Zulassungen oder "European Technical Assessment (ETA)" zu beachten, welche den Einsatz von geprüften oder zugelassenen Baustoffen und Bauteilen aus solchen Werkstoffen regeln.



## 8 Überprüfung der Erdbebensicherheit bestehender Bauten: Ergänzende Festlegungen

### 8.1 Methodik

8.1.1 In Anlehnung an die Norm SIA 269, Ziffer 6 (sowie Anhang A) und SIA 269/8, Ziffer 2.1 ist in der Regel in zwei Schritten vorzugehen:

Schritt 1: Grundlagen, Grobbeurteilung und Festlegen des Vorgehens

- Grundlagenbeschaffung (Bauwerksakten, Begehung)
- Festlegen der Bauwerksklasse und Bestimmung der relevanten Parameter der Erdbebeneinwirkung
- qualitative Beurteilung der Erdbebensicherheit und ggf. erste approximative Abschätzung des Erfüllungsfaktors der massgebenden Bauteile
- Empfehlung für das weitere Vorgehen (Bedarf weiterer Sondagen und materialtechnologischen Untersuchungen, Analyse- und Nachweiskonzept, Termine)

Schritt 2: Überprüfung und Massnahmenempfehlung

- ergänzende Sondagen und materialtechnologische Untersuchungen
- Aktualisierung der Werkstoffkenngrössen
- Bestimmung der Erdbebeneinwirkung sowie der Begleiteinwirkungen
- Tragwerksanalyse und Nachweise zur Bestimmung des Erfüllungsfaktors  $\alpha_{\text{eff}}$  der massgebenden Bauteile
- Beurteilung der Erdbebensicherheit
- Bestimmung der verhältnismässigen sicherheitsbezogenen Investitionskosten sowie allgemeine Einschätzung der Verhältnismässigkeit von Massnahmen mit Berücksichtigung geplanter Veränderungen des bestehenden Bauwerks
- Massnahmenempfehlung mit Abschätzung der approximativen Gesamtkosten, Einschätzung des Erfüllungsfaktors  $\alpha_{\text{int}}$  nach deren Umsetzung und Beurteilung der Verhältnismässigkeit im Sinne der Norm SIA 269/8

8.1.2 Die wesentlichen Ergebnisse des Schritts 1 sind dem AGG in zusammengefasster Form vorzulegen und mit diesen unter Einbezug des Fachcontrollers zu besprechen.

Die Ergebnisse des Schritts 2 in Form des Berichts zur Überprüfung der Erdbebensicherheit gemäss Abschnitt 8.6 werden einem Fachcontrolling gemäss [1] unterzogen.

### 8.2 Hinweise zu den Nachweisen

8.2.1 Bei Anwendung eines kraftbasierten Verfahrens ist in der Regel das Antwortspektrenverfahren zu verwenden. Verformungsbasierte sind kraftbasierten Verfahren in der Regel vorzuziehen, sofern die Voraussetzungen für deren Anwendung gegeben sind.

### 8.2.2 Versagen von Mauerwerkswänden aus der Ebene

Liefere die vereinfachte Nachweise nach Norm SIA 269/8 eine ungenügende Erdbbensicherheit sind in der Regel verfeinerte Nachweisverfahren gemäss der Dokumentation des BAFU [4] einzusetzen.

- 8.3 Die Überprüfung der Erdbbensicherheit umfasst auch eine Beurteilung der Erdbbensicherheit relevanter sekundärer Bauteile, Installationen und Einrichtungen (SBIE).
- 8.4 Die Beurteilung der Verhältnismässigkeit von Massnahmen nach Norm SIA 269/8, Ziffer 10 ist jeweils mit und ohne Berücksichtigung des informativen Anhangs E vorzunehmen. Inwiefern der Anhang E berücksichtigt wird, liegt im Ermessen des AGG-Portfoliomanagers.
- 8.5 Die Überprüfung der Erdbbensicherheit umfasst eine Massnahmenempfehlung indes kein Massnahmenkonzept resp. -projekt, letztere werden im Anschluss im Rahmen eines Vor- resp. Bauprojekts interdisziplinär erarbeitet.
- 8.6 Der Bericht zur Überprüfung der Erdbbensicherheit umfasst folgende Inhalte:
- Ausgangslage und Auftrag
  - Grundlagen
    - Normen, Richtlinien und Literatur
    - Verwendete Bauwerksakten des Bestandstragwerks
    - Ergebnisse der Begehungen, Sondagen und materialtechnologischen Untersuchungen
  - Beschreibung des Bauwerks
    - Gliederung des Bauwerks, Hauptabmessungen, Nutzung
    - Tragsystems (Grundrisse mit Tragwerkselementen inkl. Kennzeichnung, der für den Abtrag erdbebenbedingter Kräfte eingesetzten Tragwerkselemente)
    - Werkstoffe und deren relevante Eigenschaften
    - Baugrund und Foundation mit relevanten Eigenschaften
  - Erdbebeneinwirkung
    - Angenommene Parameter mit Begründung (Zone, Baugrundklasse, Bauwerksklasse, Verhaltensbeiwert) und dazugehörige Beschleunigungs- und Verschiebeantwortspektren
  - Qualitative Beurteilung der Erdbbensicherheit anhand der Konzeption und Konstruktionsdetails des Tragwerks sowie der sekundären Bauteile, Installationen und Einrichtungen (SBIE)
  - Beurteilung der Erdbbensicherheit
    - Beurteilungsverfahren (kurze allgemeine Erläuterung des risikobasierten Vorgehens gemäss der Norm SIA 269/8, v.a. der Erfüllungsfaktoren und Verhältnismässigkeit)
    - Nachweisverfahren
    - angenommenes Tragwerks- und Berechnungsmodell (Annahmen und Idealisierungen mit Begründung, v.a. Lagerungsbedingung, Steifigkeiten)
    - Ergebnisse (Antwortspektren mit relevanten Eigenperioden, Erfüllungsfaktoren der massgebenden Tragwerkselemente inkl. Aussagen zu den massgebenden Nachweisen)
    - Aussagen zur Erdbbensicherheit relevanter SBIE
  - Massnahmenempfehlung
    - Beschrieb der Massnahmen inkl. deren Wirkung auf die Erdbbensicherheit
    - approximativer Erfüllungsfaktor mit den empfohlenen Massnahmen  $\alpha_{int}$
    - Beurteilung der Verhältnismässigkeit nach Norm SIA 269/8

- approximative Gesamtkosten
  - Empfehlung für das weitere Vorgehen
- Anhang
- Statische Berechnungen (wesentliche Ergebnisse der Tragwerksanalyse, Nachweise der massgebenden Elemente)
  - Berechnung der Verhältnismässigkeit resp. der verhältnismässigen sicherheitsbezogenen Investitionskosten in Abhängigkeit des erreichten Erfüllungsfaktors
  - Dokumentation von Sondagen und materialtechnologischen Untersuchungen

## **9 Verweise**

- [1] Fachcontrolling Tragwerksplanung – Konzept, Ingenieurgesellschaft Fachcontrolling Tragwerksplanung, Zürich, 27.08.2010 (Rev. 06.01.2011), 6 pp.
- [2] Richtlinie Systemtrennung, Amt für Grundstücke und Gebäude des Kantons Bern (AGG), Bern, 04.12.2017, 10 pp.
- [3] SIA Dokumentation D 0181 – Grundlagen der Projektierung von Tragwerken, Tragwerken, Einwirkungen auf Tragwerke – Einführung in die Normen SIA 260 und 261, Schweizerischer Ingenieur- und Architektenverein (SIA), Zürich, 2003, 109 pp.
- [4] BAFU Überprüfung des Tragwiderstands von Mauerwerkswänden quer zur Wandebene unter Erdbebeneinwirkung, Technische Anwendungshilfe für Bauingenieur:innen zur detaillierten Überprüfung von bestehenden Gebäuden der Bau- und Liegenschaftsorgane des Bundes, Bundesamt für Umwelt (BAFU), Bern, April 2021.
- [5] Schweizerische Gesellschaft für Erdbebeningenieurwesen und Baudynamik (SGEB), Einführungskurs Norm SIA 269/8, Band Nr. 1 der SGEB-Dokumentationen, Zürich, 2019.

Zürich, 22. Dezember 2010 (Rev. 03. Dezember 2021)

Dr. Hans Seelhofer

Prof. Dr. Peter Marti

Ingenieurgesellschaft

Fachcontrolling Tragwerksplanung