



Einwirkungen

*Gianoli Andreas
Dipl. Bauing. ETH
Dr. Lüchinger + Meyer
Bauingenieure AG
Zürich, Schweiz*

Einwirkungen

Einleitung

Im folgenden Bericht werden die Einwirkungen auf Tragwerke aus der Norm SIA 261 behandelt. Ein besonderes Augenmerk gilt gemäss dem Tagungsthema den Einwirkungen Wind und Erdbeben.

Die Aufteilung und die Nomenklatur lehnen sich bewusst stark an die Vorgaben aus der Norm. Dies ist wichtig für eine einheitliche Sprachregelung, durch welche Unklarheiten und Missverständnisse vermieden werden können.

Auf eine Behandlung der folgenden Einwirkungen wird verzichtet, weil sie im Holzbau nicht relevant sind oder aber den Rahmen des Vortrags sprengen würde:

- Baugrund
- Nichtmotorisiertem Verkehr
- Strassen- und Bahnverkehr
- Anprall und Abschränkungen
- Brand
- Explosionen

Grundlagen

Normen

Als Grundlage für die Ermittlung der Einwirkungen dient das Normenwerk des SIA, insbesondere die Normen

- SIA 260 Grundlagen der Projektierung von Tragwerken
- SIA 261 Einwirkungen auf Tragwerke

Einwirkungen / Auswirkungen

Die aktuelle Normengeneration unterscheidet klar zwischen den Einwirkungen auf ein Tragwerk und dessen Antwort darauf.

Einwirkungen

Aus der Ausführung und der Nutzung sowie infolge von Umwelteinflüssen resultieren Einwirkungen auf das Tragwerk.

Die folgenden Einwirkungen werden unterschieden:

- Mechanische (Lasten, Kräfte)
- Andere physikalische (Temperatur, Feuchtigkeit)
- Chemische (Salze, Säuren und Laugen, organische Verbindungen)
- Biologische (Bakterien, Insekten, Pilze, Algen)

Unterteilt werden sie nach:

- Ihrer zeitlichen Veränderung (ständig, veränderlich, aussergewöhnlich)
- Ihrer örtlichen Veränderung (ortsfest oder frei)
- Ihrer dynamischen Wirkung (statisch oder dynamisch)

Auswirkungen

Die Auswirkungen sind die Antworten des Tragwerks auf die Einwirkungen. Sie drücken sich aus in:

- Spannungen, Schnittgrössen, Reaktionen
- Verformungen, Verschiebungen
- Andere, bauspezifische Auswirkungen

Gefährdungsbilder

Für den Entwurf und die Bemessung von Tragwerken werden Gefährdungsbilder erstellt. Diese charakterisieren eine kritische Situation durch eine Leitgefahr und deren Begleitumstände. Es wird dabei nicht mehr wie in früheren Normengenerationen von Kennwerten und Kurz-/Langzeitwerten gesprochen, sondern von Charakteristischen Werten mit den entsprechenden Reduktionsbeiwerten.

Die Charakteristischen Werte der Einwirkungen sind in der Norm SIA 261 enthalten, die Reduktionsbeiwerte der veränderlichen Einwirkungen in der Norm SIA 260.

- Ψ_0 Seltene Werte, begleitend mit einer veränderlichen Leiteinwirkung (*Kurzzeit*)
- Ψ_1 Häufige Werte
- Ψ_2 Quasi-ständige Werte (*Langzeit*)

Grenzzustände

Die Bemessung von Tragwerken wird nach Grenzzuständen vorgenommen.

Es wird dabei nach dem folgenden Schema vorgegangen:

- Aufstellen von Tragwerks- und Einwirkungsmodellen
- Wahl von angemessenen Berechnungsmodellen
- Wahl der massgebenden Bemessungssituationen
- Nachweis, dass die relevanten Grenzzustände nicht überschritten werden

Unterschieden werden dabei die Grenzzustände der Tragsicherheit und die Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit.

Grenzzustände der Tragsicherheit

Die Grenzzustände der Tragsicherheit betreffen:

- Die Sicherheit des Tragwerks und seiner Einrichtungen
- Die Sicherheit von Personen

Zu betrachten sind dabei:

- Die Gesamtstabilität des Tragwerks
- Den Tragwiderstand des Tragwerks oder eines seiner Teile, einschliesslich Auflager und Gründung
- Die Ermüdungsfestigkeit des Tragwerks oder eines seiner Teile

Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

Die Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit betreffen:

- Die Funktionstüchtigkeit des Bauwerks
- Den Komfort der Personen, die das Bauwerk nutzen
- Das Aussehen des Bauwerks

Zu betrachten sind dabei:

- Verformungen, welche die Funktionstüchtigkeit oder das Aussehen des Bauwerks oder dessen Einrichtungen beeinträchtigen oder Schäden an nichttragenden Bauteilen hervorrufen
- Schwingungen, welche die Funktionstüchtigkeit des Bauwerks einschränken oder den Komfort der das Bauwerk nutzenden Personen beeinträchtigen
- Dichtigkeitsmängel, welche die Funktionstüchtigkeit des Bauwerks einschränken oder die Nutzung des Bauwerks beeinträchtigen
- Bauweisenspezifische Auswirkungen (z.B. Risse, Schlupf in Verbindungen), die das Aussehen des Bauwerks und die Dauerhaftigkeit des Tragwerks beeinträchtigen
- Grenzwerte der Umweltbelastung (z.B. Grundwasseraufstau)

Stabilisierung / Aussteifung

Bei der Tragwerkskonzeption wird zwischen Stabilisierung und Aussteifung unterschieden.

Die stabilisierenden Elemente sind erforderlich für die Abtragung von Kräften aus Schiefstellungen und Ausmittigkeiten von druckbeanspruchten Bauteilen.

- Knicken von Stützen
- Kippen von Trägern
- Durchschlagen bei flächigen Elementen

Die resultierenden horizontalen Kräfte sind im Allgemeinen klein. Das Tragwerk muss jedoch so ausgebildet sein, dass diese Kräfte aufgenommen und abgetragen werden können.

Als Aussteifung werden diejenigen Bauteile bezeichnet, welche äussere horizontale Lasten wie Wind- oder Erdbebenlasten abtragen.

Daraus wird ersichtlich, dass sowohl vertikale als auch horizontale Einwirkungen zu horizontalen Beanspruchungen des Tragwerks führen. Die resultierenden Kräfte sind zu ermitteln, und die Tragwerke sind so zu planen, dass die Lasten in die Foundation abgetragen werden können.

Ständige Einwirkungen

Eigenlasten

Als Eigenlasten werden die durch die Masse des Tragwerks erzeugten Lasten verstanden. Der Charakteristische Wert G_k ist als Mittelwert aus den plangemässen Abmessungen zu ermitteln.

Auflasten

Als Auflasten werden die Lasten bezeichnet, welche durch nichttragende Bauteile, feste Einrichtungen, Schüttungen oder Ähnlichem entstehen.

Der Charakteristische Wert G_k ist als Mittelwert aus den plangemässen Abmessungen oder Gewichten zu ermitteln.

Bei Erdauflasten oder Schüttungen ist ein vorsichtiger Erfahrungswert zu nehmen. Mögliche Abweichungen der Schütthöhe und Streuungen der Raumlaster müssen berücksichtigt werden. Allfällige Abweichungen von üblichen Ausführungstoleranzen sind zu berücksichtigen. Auswirkungen einer möglichen Entfernung der Lasten sind zu prüfen.

Vorspannung

Als Charakteristischer Wert P_k der Spannkraft ist die effektiv vorhandene Kraft beim betrachteten Zeitpunkt zu nehmen. Diese wird beeinflusst durch Reibung, Schwinden, Kriechen und Relaxation.

Für die Tragsicherheit von Verankerungen und Umlenkungen ist die Spannkraft als Leiteinwirkung zu betrachten.

Veränderliche Einwirkungen

Schneelasten

Die Schneelast wird durch das Klima, die Topographie, den Standort und die Form des Bauwerks sowie durch die Windeinwirkung, die Beschaffenheit der Dacheindeckung und den Wärmeaustausch an der Dachoberfläche beeinflusst.

Die Norm ist nicht anwendbar für Bauwerke über 2000m Meereshöhe und für Lagen mit aussergewöhnlichen Schnee- und Windverhältnissen. In solchen Fällen sind spezielle Untersuchungen erforderlich.

Windlasten

Einleitung

Für die Ermittlung von Windlasten stehen mit den Normen SIA 261 „Einwirkungen auf Tragwerke“ und SIA 216 „Einwirkungen auf Tragwerke – Ergänzende Festlegungen“, sowie der SIA DO188 „Wind“ praktische und bewährte Hilfsmittel zur Verfügung.

Da die Ermittlung von Windlasten bei gewöhnlichen Bauwerken allgemein bekannt ist, wird im Folgenden eine Methode aufgezeigt, wie Windlasten auf aussergewöhnliche Tragwerke ermittelt werden können.

Wind und Windlasten

Als Wind wird eine gerichtete, stärkere Luftbewegung bezeichnet. Diese entsteht durch Druckunterschiede von verschiedenen Luftmassen. Die Luftteilchen fliessen dabei von einem Hochdruckgebiet in ein Tiefdruckgebiet.

Die aus dem Wind resultierende Windlast ergibt sich aus der Druckverteilung um ein betrachtetes Bauwerk. Die Windlast ist hochgradig dynamisch, da sie in Richtung und Stärke grossen

Schwankungen unterliegt, und von der Geometrie und dem Schwingungsverhalten des angeströmten Bauwerks abhängt.

Die Windlast wirkt im Allgemeinen senkrecht zur Angriffsfläche, und setzt sich aus Druck- und Sogwirkungen zusammen. Auf der Frontseite entsteht durch den Aufstau ein Überdruck. Auf den Seiten- und der Rückfläche ergeben sich durch die Ablösungen und Verwirbelungen Unterdrücke, welche zu Sogkräften führen.

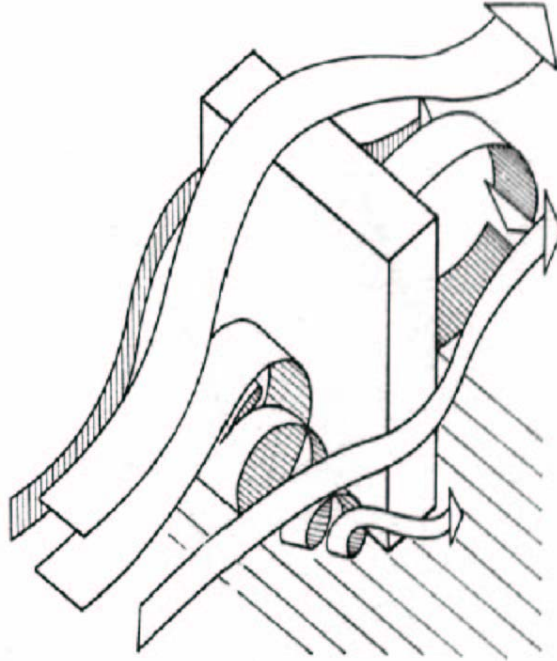


Abb. 1: Schematische Darstellung des Windflusses um ein Gebäude

Die seitlichen Unterdrücke entstehen durch die erhöhte Windgeschwindigkeit auf den Seiten des Bauwerks. Die grössere Windgeschwindigkeit erklärt sich mit dem kontinuierlichen Volumenstrom. Wenn bei gleich bleibenden Verhältnissen der Querschnitt reduziert wird, dann erhöht sich die Geschwindigkeit.

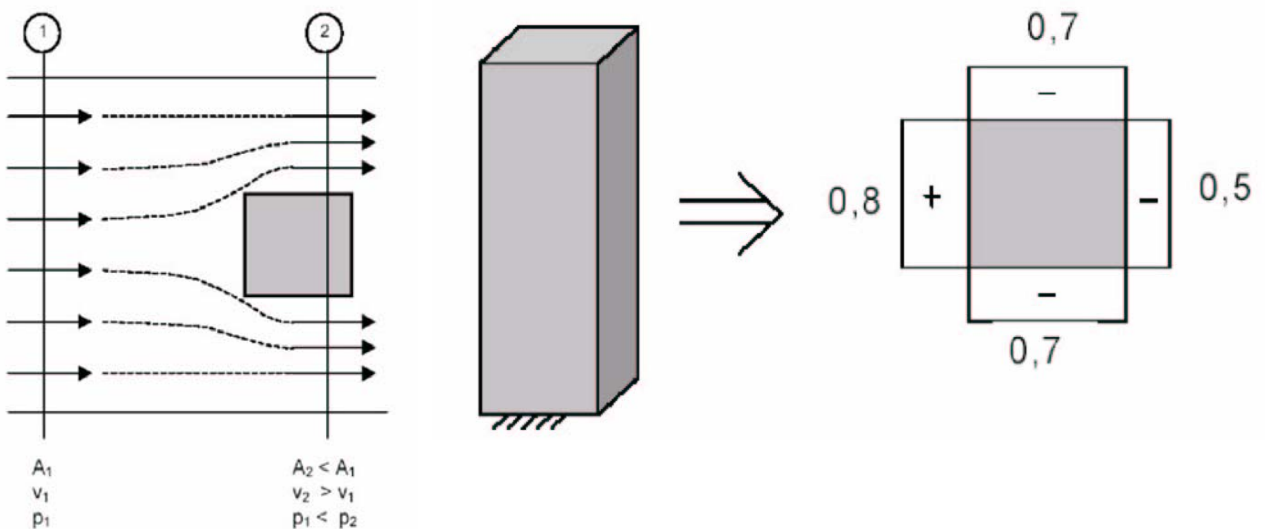


Abb. 2: Schematische Darstellung des Volumenstroms mit den resultierenden Drücken

Unter Windlasten können sich stationäre Wirbel ausbilden. Diese entstehen durch das Ablösen der Strömung am Bauwerk.

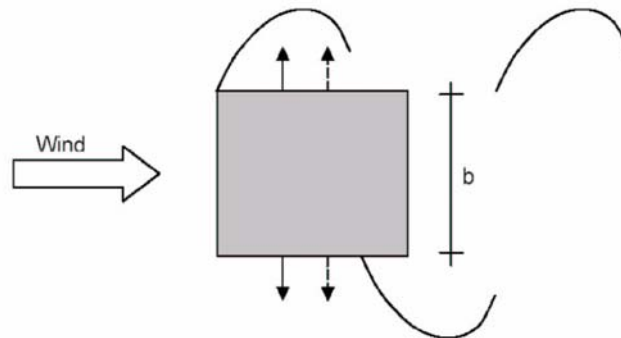


Abb. 3: Schematische Darstellung von seitlichem Ablösen der Windströmung

Bei höheren Windgeschwindigkeiten können sich diese Wirbel ablösen, und ein mehr oder weniger periodisches Wirbelsystem ausbilden. Die daraus entstehende Wirbelschlepe wird Karmansche Wirbelstrasse genannt. Die Wirbel entstehen auf beiden Seiten des Querschnitts und wechseln jeweils die Richtung.

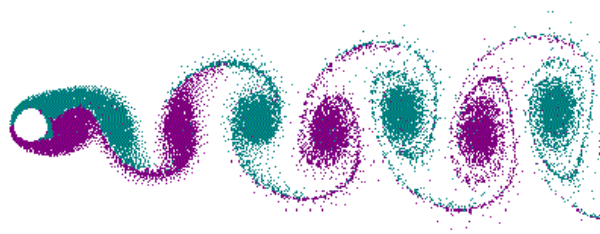


Abb. 4: Darstellung einer Karmanschen Wirbelstrasse

Bei weichen Systemen kann die Tragstruktur in Schwingungen versetzt werden, sobald die Ablösefrequenz der Wirbel mit der Eigenfrequenz des umströmten Querschnitts übereinstimmt. Als Beispiel dazu sei der Einsturz der Tacoma Narrows Brücke 1940 erwähnt. Diese stürzte bei einer relativ tiefen Windgeschwindigkeit von 70 km/h ein, nachdem sich die Brücke durch Resonanzschwingungen infolge der Wirbelablösungen aufgeschaukelt hatte.

Windlasten nach der Norm

In der SIA 261 werden die Windlasten für gewöhnliche Bauwerke definiert. Die Windlast hängt von den folgenden Faktoren ab:

- Standort, Lage und Geometrie des Bauwerks
- Schwingungsverhalten des Tragwerks

Der Wind wird als statische Last behandelt, wobei die dynamische Wirkung auf die Bauwerke mit dem dynamischen Faktor c_d eingerechnet wird.

Prinzipiell darf die Norm verwendet werden, falls die Gebäude nicht höher als 200m sind, und für Brücken, deren dynamische Antwort unerheblich ist. Die Bestimmungen können unter dem Beizug von Fachpersonen auch für abgespannte Masten, Laternenmasten und Brücken verwendet werden, deren dynamisches Verhalten näher untersucht werden muss.

Dies bedeutet, dass für die meisten Gebäude in der Schweiz die Norm zur Ermittlung der Bemessungswindlasten ausreichend ist.

Windlasten aus Versuchen

Windkanalversuche werden empfohlen, wenn die Baukosten und die ungewöhnliche Art des Bauwerks oder seiner Umgebung die damit verbundenen Aufwendungen rechtfertigen oder wenn aussergewöhnliche dynamische Einwirkungen auf das Bauwerk oder auf Nachbarbauwerke zu erwarten sind.

Anhand von Windkanalversuchen können die effektiv zu erwartenden Windlasten und das dynamische Verhalten eines Bauwerks ermittelt werden.

Grundlage für die Versuche ist der Referenzstaudruck für das betreffende Bauwerk. Dieser kann entweder den Normen entnommen, oder durch eine differenzierte Auswertung von lokalen Messdaten ermittelt werden.

Damit die Ergebnisse der Versuche auf die Naturverhältnisse übertragen werden können, müssend die massgebenden Ähnlichkeits- und Modellgesetze eingehalten werden. Im Besonderen sind dies die geometrische Ähnlichkeit des Modells sowie die Ähnlichkeit der An- und Umströmung. Die Grösse des Modells ergibt sich einerseits aus der Forderung, dass der Kanalquerschnitt möglichst wenig verbaut wird, und andererseits aus den modellbau- und messtechnischen Anforderungen.

Neben der Modellierung des Bauwerks ist eine naturgetreue Simulation des Windes erforderlich. Sowohl das Windgeschwindigkeitsprofil als auch die Turbulenzcharakteristika müssen möglichst nahe bei den effektiven Verhältnissen liegen.

Für die korrekte Modellierung der Um- und Überströmungsverhältnisse ist die Reynoldszahl des tatsächlichen Bauwerks und des Modells von entscheidender Bedeutung.

Die Reynoldszahl ist das Verhältnis von Trägheits- und Zähigkeitskräften. Sie gibt an, ob das Strömungsfeld um einen Querschnitt laminar oder turbulent ist. Die Strömung kann bei gleich bleibendem Querschnitt abhängig von der Anströmgeschwindigkeit ablösen, und von laminar auf turbulent wechseln. Darum ist abhängig von der Bauwerksform eine Gleichheit der Reynoldszahlen vom Bauwerk und vom Modell erforderlich.

Bei gekrümmten Flächen oder bei Durchströmungen von Öffnungen ist die Übereinstimmung zwingend. Bei scharfkantigen Übergängen von Gebäudeflächen löst sich die Strömung geometrisch fixiert von der Oberfläche ab, so dass die Übereinstimmung der Reynoldszahlen von untergeordneter Bedeutung ist.

Versuchskanäle

Windkanäle bestehen im Allgemeinen aus einem Gebläseteil und einer Messstrecke. Die für die Versuchsanordnung erforderlichen Strömungsverhältnisse werden über Gleichrichterelemente und Hindernisse auf der Rauigkeitsstrecke erzeugt.

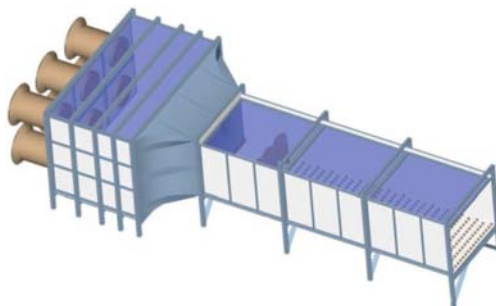


Abb. 5: Schematische Darstellung eines Grenzschichtwindkanals [1]

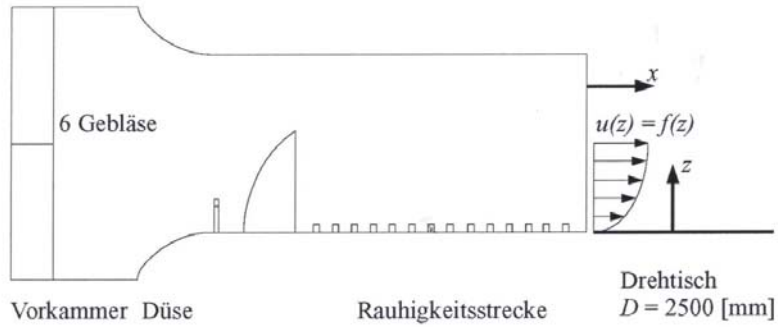


Abb. 6: Schematische Darstellung der Einbauten in einem Windkanal [1]

Die erforderlichen Messeinrichtungen und Versuchsanordnungen hängen von den vorgesehenen Untersuchungen ab, und sind in den Fallbeispielen näher dokumentiert.

Statische Windersatzlasten

Die globalen und lokalen Druckbeiwerte werden über die gemessenen Zeitmessreihen der Druckverteilungen ermittelt. Anhand von statistischen Auswertungen können die gemessenen Werte auf die erwünschte Wiederkehrperiode extrapoliert werden. Im Normalfall beträgt diese 50 Jahre.

Durch die Integration der Druckverteilungen über die einzelnen Stockwerke können direkt die daraus resultierenden Kräfte und Momente ermittelt werden.

Dynamische Bauwerksreaktion

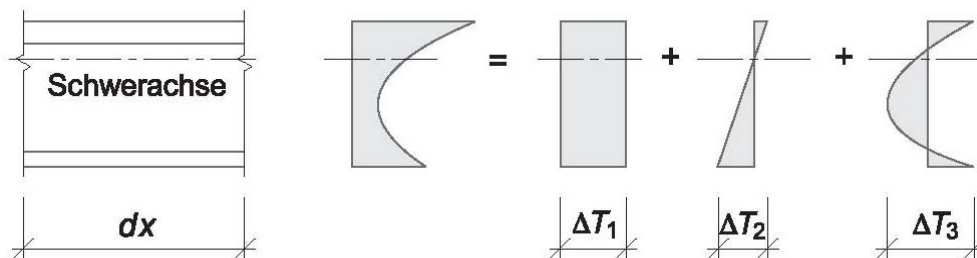
Für die Ermittlung der Dynamischen Bauwerksreaktion sind neben den Windkanalversuchen die Systemeigenschaften der Tragstruktur von entscheidender Bedeutung. Durch die Erstellung einer dynamischen Zeitschrittrechnung am System mit den gegebenen Eigenschaften kann die dynamische Bauwerksreaktion ermittelt werden.

Aus diesen Berechnungen ergibt sich die dynamische Überhöhung der ermittelten statischen Lasten für die Bemessung der Tragstruktur. Zusätzlich können detaillierte Angaben über die zu erwartenden maximalen Beschleunigungen gemacht werden, welche dem Nachweis der Gebrauchstauglichkeit dienen.

Temperatur

Temperaturänderungen führen zu Verformungen des Tragwerks. Falls die Verformungen behindert werden entstehen Eigenspannungszustände.

Die Verformungen werden mit Hilfe des Temperatureausdehnungskoeffizienten α_T ermittelt. Im Allgemeinen kann die Temperaturänderung über einen Querschnitt in drei Anteile aufgeteilt werden:



- ΔT_1 Gleichmässiger Anteil der Temperaturänderung, bezogen auf den Jahresmittelwert der Ortstemperatur
- ΔT_2 Linearer Anteil der Temperaturänderung, der aus kurzfristiger einseitiger Erwärmung oder Abkühlung des Tragwerks resultiert
- ΔT_3 Nicht-linearer Anteil der Temperaturänderung. Dieser muss in der Regel nicht berücksichtigt werden.

Nutzlasten

Als Nutzlasten werden die Lasten infolge der Nutzung eines Bauwerks bezeichnet. Sie sind in den Normen beschrieben und Kategorien von Nutzflächen unterteilt. Es sind sowohl Flächenlasten als auch Einzellasten zu berücksichtigen.

Erdbebenlasten

Einleitung

Die Erdbebensicherheit wurde bei Holzbauten bislang eher stiefmütterlich behandelt. Durch die strengeren Erdbebenbestimmungen der aktuellen Tragwerksnormen und die Möglichkeit der Projektierung und Ausführung von mehrgeschossigen Bauten kann die Erdbebeneinwirkung auch im Holzbau massgebend werden.

Allgemeines

Das mit der erdbebengerechten Projektierung angestrebte Schutzziel besteht aus:

- Personenschutz
- Schadensbegrenzung
- Gewährleistung der Funktionstüchtigkeit wichtiger Bauwerke

Für die Festlegung des Schutzgrades werden die Bauwerke in Bauwerksklassen eingeteilt. Die Kriterien für die Einteilung sind:

- Personenbelegung
- Schadenspotential
- Gefährdung der Umwelt
- Bedeutung des Bauwerks für die Katastrophenbewältigung nach dem Erdbeben

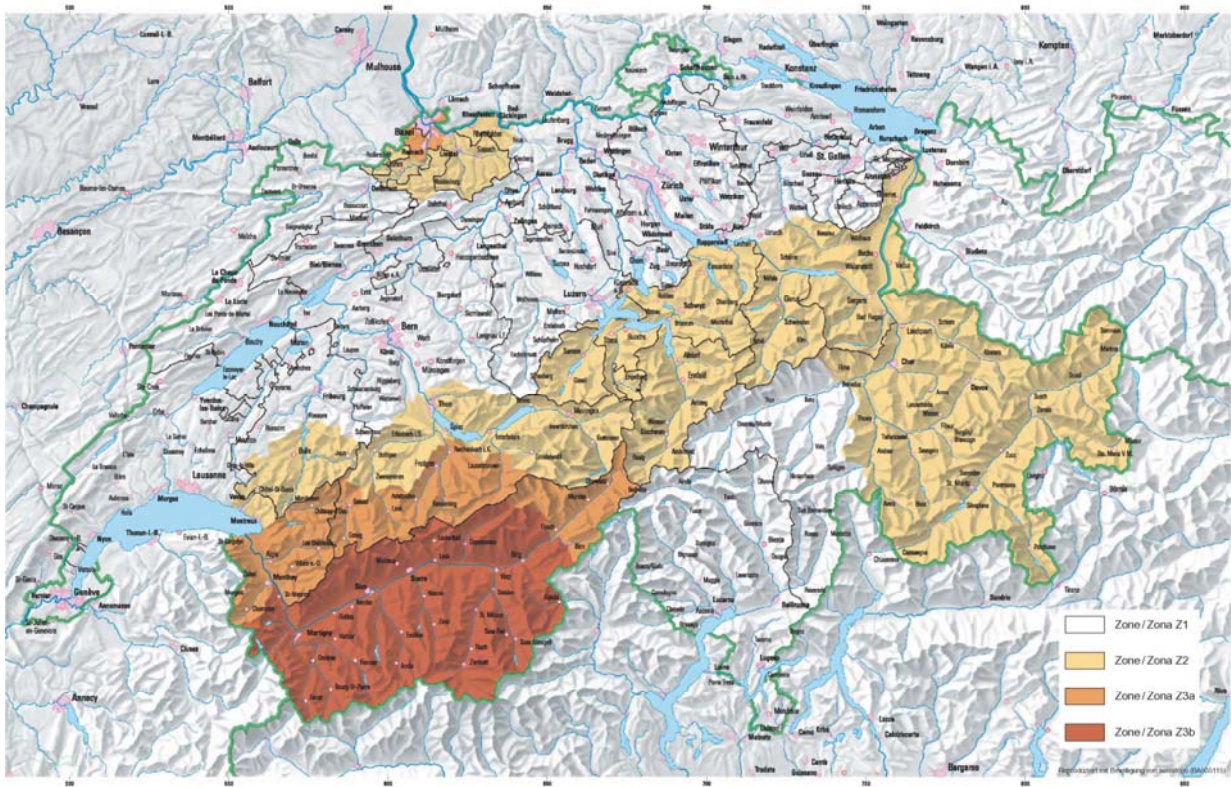
Die Erdbebeneinwirkungen sind als aussergewöhnliche Einwirkungen zu behandeln.

Von wesentlicher Bedeutung sind konzeptionelle und konstruktive Massnahmen, welche das Verhalten unter einer Erdbebeneinwirkung verbessern. Die Grundsätze der erdbebengerechten Projektierung sind darum bereits am Anfang der Entwurfsarbeit zu berücksichtigen.

Erdbebeneinwirkungen

Erdbebenzonen

Die Schweiz wird in vier Erdbebenzonen eingeteilt. Die Gefährdung innerhalb der Zonen wird als konstant angenommen. Die Zonen sind im Anhang F der Norm SIA 261 definiert:



Jeder Erdbebenzone ist ein Bemessungswert der horizontalen Bodenbeschleunigung a_{gd} zugeordnet. Dieser entspricht der maximalen horizontalen Bodenbeschleunigung in der Baugrundklasse A (Fels) bei einer Referenz-Wiederkehrperiode von 475 Jahren.

Baugrund

Der Einfluss der Baugrundverhältnisse wird über die Einordnung des Bauwerkstandorts in eine Baugrundklasse berücksichtigt.

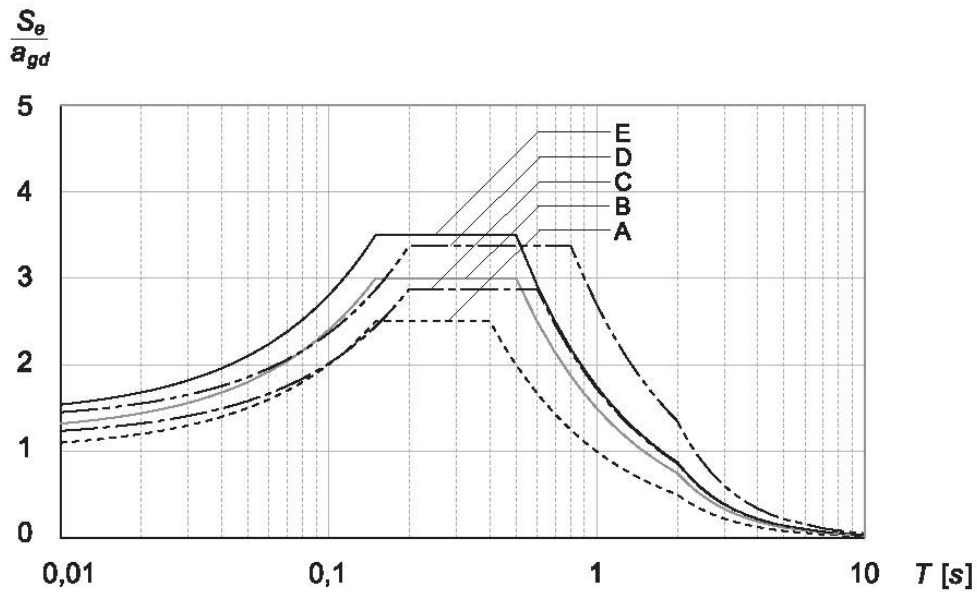
Die Baugrundklassen gehen von A (Fels) bis F (strukturempfindliche und organische Ablagerungen).

In Gebieten wo eine seismische Mikrozonierung vorliegt kann diese für die Bestimmung der Erdbebeneinwirkung verwendet werden.

Elastisches Antwortspektrum

Das Elastische Antwortspektrum entspricht dem maximalen Ausschlag eines Einmassenschwingers unter einer gegebenen Anregung.

Es kann gemäss der Figur 14 in der Norm SIA 261 abhängig von der Schwingzeit und der Baugrundklasse ermittelt werden.



Bemessungsspektrum

Das Bemessungsspektrum ist der auf die Erdbeschleunigung bezogene Wert der horizontalen Bodenbeschleunigung, welche auf dem elastischen Antwortspektrum basiert. Es wird in Funktion der Schwingzeit und des Verformungsverhaltens des Tragwerks dargestellt.

Das Verformungsverhalten des Tragwerks unter Erdbebeneinwirkung wird mit dem Verhaltensbeiwert q definiert.

Im Holzbau werden die Tragwerke für die Bestimmung des Verhaltensbeiwerts je nach Duktilität den Tragwerkstypen A bis D zugeteilt.

Typ	Duktilität	q	Zuordnung
A	Klein	1.5	Alle Tragwerke, die sich nicht den Typen B,C oder D zuordnen lassen
B	Gering	2.0	Tragwerke mit vereinzelt, duktilen Verbindungsbereichen
C	Mittel	2.5	Tragwerke mit verschiedenen, hoch wirksamen duktilen Verbindungsbereichen
D	Hoch	3.0	Tragwerke mit vielen, gleichmässig verteilten, hoch wirksamen duktilen Verbindungsbereichen

Die Bedingungen und Anforderungen für die Zuordnung sind in der Norm SIA 265 enthalten. Die richtige Einteilung ist von grösster Bedeutung, weil der Verhaltensbeiwert direkt in die Ermittlung der Erdbebenlasten einfließt.

Duktilen Verhalten darf nur vorgesehen werden, falls plastische Verformungen, örtliche Instabilitäten sowie durch hysteretische Einwirkungen bedingte Erscheinungen die Gesamtstabilität des Tragwerks nicht beeinträchtigen.

Bauwerksklassen

Die Bauwerke werden in drei Bauwerksklassen eingeteilt, über welche der Bedeutungsfaktor γ_f definiert wird. Sie sind über das mögliche Schadenspotential und die Gefährdung von Menschenleben klassifiziert.

BWK	Beispiele	γ_f
I	<ul style="list-style-type: none"> • Wohn-, Büro- und Gewerbegebäude • Industrie- und Lagergebäude • Brücken von untergeordneter Bedeutung 	1.0
II	<ul style="list-style-type: none"> • Spitäler • Einkaufszentren, Stadien, Kinos, Theater, Schulen, Kirchen • Gebäude der öffentlichen Verwaltung • Brücken mit erheblicher Bedeutung nach einem Erdbeben 	1.2
III	<ul style="list-style-type: none"> • Akutspitäler • Bauwerke und Anlagen für den Katastrophenschutz • Brücken von grosser Bedeutung 	1.4

Konzeptionelle und konstruktive Massnahmen

Die Massnahmen bei Gebäuden werden abhängig von der Bauwerksklasse und der Erdbebenzone definiert. Sie beziehen sich auf den Grundriss, die bauliche Ausbildung, die Konstruktion, die Fundation und die Sekundärelemente.

Tragwerksanalyse

Allgemeines

Die Auswirkungen infolge Erdbebeneinwirkung sind im Normalfall mit einem linear elastischen Berechnungsmodell zu ermitteln. Das plastische Verformungsvermögen und die Überfestigkeit werden mit dem Verhaltensbeiwert q berücksichtigt.

Alternativ dazu können nicht-lineare Berechnungen durchgeführt werden.

Ersatzkraftverfahren

Beim Ersatzkraftverfahren handelt es sich um eine vereinfachte Methode der Tragwerksanalyse für Erdbebeneinwirkung. Es kann bei ausreichend steifen und regelmässigen Tragsystemen angewendet werden.

Das Verfahren ist sehr einfach und ergibt richtige Ergebnisse, solange die erwähnten Bedingungen erfüllt sind.

Antwortspektrenverfahren

Beim Antwortspektrenverfahren werden die durch Erdbebeneinwirkung verursachten Tragwerksschwingungen und deren Beitrag zum globalen Schwingungsverhalten untersucht. Es wird angewendet, wenn die Bedingungen für das Ersatzkraftverfahren nicht eingehalten sind, oder wenn eine detaillierte Analyse des dynamischen Verhaltens erstellt werden soll.

Vertikalkomponente der Erdbebeneinwirkung

Die Vertikalkomponente muss in besonderen Fällen berücksichtigt werden, z.B. bei Kragarmen und bei Abfangträgern.

Nicht tragende Bauteile

Die nicht tragenden Bauteile müssen bei einer Erdbebenbemessung ebenfalls betrachtet werden. Einerseits können sie beim Versagen Menschen und Güter gefährden, andererseits können sie tragende Elemente beschädigen.