

Bases pour l'élaboration des projets de structures porteuses
Basi per la progettazione di strutture portanti
Basis of structural design

Grundlagen der Projektierung von Tragwerken

260



Bitte beachten Sie die Korrigenda im Anhang.

Referenznummer
SN 505260:2013 de

Gültig ab: 2013-08-01

Herausgeber
Schweizerischer Ingenieur-
und Architektenverein
Postfach, CH-8027 Zürich



Bitte beachten Sie die Korrigenda im Anhang.

Allfällige Korrekturen und Kommentare zur vorliegenden Publikation sind zu finden unter www.sia.ch/korrigenda.

Der SIA haftet nicht für Schäden, die durch die Anwendung der vorliegenden Publikation entstehen können.

2013-08 1. Auflage

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite		Seite
Vorwort	4	4 Bemessung	27
0 Geltungsbereich	5	4.1 Allgemeines	27
0.1 Abgrenzung	5	4.2 Bemessungssituationen	27
0.2 Voraussetzungen	5	4.3 Grenzzustände	27
0.3 Abweichungen	5	4.3.1 Grenzzustände der Tragsicherheit	27
1 Verständigung	6	4.3.2 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit	28
1.1 Fachausdrücke	6	4.4 Nachweise	28
1.2 Bezeichnungen	16	4.4.1 Allgemeines	28
1.3 Masseinheiten	18	4.4.2 Bemessungswerte	28
2 Entwurf	19	4.4.3 Nachweis der Tragsicherheit	30
2.1 Allgemeines	19	4.4.4 Nachweis der Gebrauchstauglichkeit ...	31
2.2 Nutzungsvereinbarung	19	4.5 Versuchsgestützte Bemessung	32
2.3 Anforderungen	19	4.6 Zuverlässigkeitstheorie	32
2.4 Vorgehen	20	Anhang	
2.5 Tragwerkskonzept und Projektbasis	21	A Gebäude (normativ)	33
3 Tragwerksanalyse	22	B Strassenbrücken (normativ)	35
3.1 Allgemeines	22	C Fuss- und Radwegbrücken (normativ)	36
3.2 Einwirkungen	22	D Normalspurbahnbrücken (normativ)	38
3.2.1 Einteilung	22	E Schmalspurbahnbrücken (normativ)	40
3.2.2 Charakteristische Werte	22	F Kranbahnen (normativ)	42
3.2.3 Weitere repräsentative Werte für veränderliche Einwirkungen	23		
3.2.4 Ermüdungseinwirkungen	23		
3.2.5 Dynamische Einwirkungen	23		
3.2.6 Einwirkungen aus dem Baugrund	23		
3.2.7 Umwelteinflüsse	24		
3.3 Tragwerksmodell	24		
3.3.1 Allgemeines	24		
3.3.2 Geometrische Grössen	24		
3.3.3 Baustoff- und Baugrundeigenschaften ..	25		
3.3.4 Berechnungsmodelle für statische Einwirkungen	25		
3.3.5 Berechnungsmodelle für dynamische Einwirkungen	25		
3.3.6 Berechnungsmodelle für Brandeinwirkungen	26		

VORWORT

Die vorliegende Norm SIA 260 richtet sich an Fachleute der Projektierung. Zudem sind Bauherrschaften sowie Fachleute der Bauleitung und der Bauausführung angesprochen.

Die Norm SIA 260 ist Teil der Tragwerksnormen des SIA. Sie lehnt sich an die Europäische Norm EN 1990 *Grundlagen der Tragwerksplanung* an und integriert die in der Norm SIA 160 (1989) festgehaltenen Grundsätze.

Die Tragwerksnormen des SIA umfassen folgende Normen:

- Norm SIA 260 Grundlagen der Projektierung von Tragwerken
- Norm SIA 261 Einwirkungen auf Tragwerke
- Norm SIA 262 Betonbau
- Norm SIA 263 Stahlbau
- Norm SIA 264 Stahl-Beton-Verbundbau
- Norm SIA 265 Holzbau
- Norm SIA 266 Mauerwerk
- Norm SIA 267 Geotechnik.

Die Grundsätze und die Vorgehensweise bei der Erhaltung bestehender Tragwerke sind in den Normen SIA 269 und SIA 269/1 bis 269/8 behandelt. Die neue Ziffer 0.1.5 weist explizit darauf hin.

Mit der Norm SIA 260 (2003) wurden die Begriffe «Nutzungsvereinbarung», «Projektbasis» und «Tragwerkskonzept» neu eingeführt.

Verschiedene bisher in der Schweiz verwendete Begriffe wurden erstmals im Rahmen der Tragwerksnormen des SIA definiert, z.B. «Beobachtungsmethode», «Duktilität», «Einpassung», «Entwurf», «Gestaltung», «Kapazitätsbemessung» und «Verformungsvermögen».

Mit der Teilrevision wird der Begriff «Mangel» angepasst und der Begriff «Nutzungsdauer» eingeführt, um mit der Normenreihe SIA 269 kompatibel zu sein. Ausserdem wird der Begriff «nichttragende Bauteile» aus den Tragwerksnormen entfernt, da jedes Bauteil wenigstens sich selbst und meist auch Wind- und Erdbebenkräfte aufnimmt.

Kommission SIA 260

0 GELTUNGSBEREICH

0.1 Abgrenzung

- 0.1.1 Die Norm SIA 260 legt die Grundsätze für die Projektierung von Tragwerken fest. Aspekte der Ausführung, Nutzung und Erhaltung werden insofern behandelt, als sie für die Projektierung von Belang sind.
- 0.1.2 Die Norm SIA 260 gilt in Verbindung mit den Normen SIA 261 bis 267. Für Einwirkungen und Anwendungen ausserhalb des Geltungsbereichs der Normen SIA 261 bis 267 sind die Grundsätze der Norm SIA 260 sinngemäss anzuwenden.
- 0.1.3 Die Grundsätze der Norm SIA 260 sind für alle Tragwerke verbindlich. Umfang und Inhalt der Untersuchungen sind der Bedeutung des Bauwerks und der Komplexität der Problemstellung anzupassen.
- 0.1.4 Die Grundsätze der Norm SIA 260 gelten auch für Bauzustände und temporäre Tragwerke.
- 0.1.5 Die Erhaltung bestehender Tragwerke ist in den Normen SIA 269 und SIA 269/1 bis 269/8 geregelt.

0.2 Voraussetzungen

- 0.2.1 Projektierung und Ausführung müssen unter der Leitung qualifizierter Fachleute erfolgen. Deren Kenntnisse und Erfahrungen in Werkstoffkunde, Statik, Konstruktion, Geotechnik, Baupraxis und weiteren relevanten Fachgebieten müssen der Bedeutung und der Komplexität des Bauvorhabens entsprechen.
- 0.2.2 Während der Projektierung, Ausführung, Nutzung und Erhaltung müssen geeignete Qualitätssicherungs-massnahmen vorgesehen und ergriffen werden.
- 0.2.3 Die Bauwerke müssen vereinbarungsgemäss genutzt sowie entsprechend dem Überwachungsplan und dem Unterhaltsplan sachgemäss überwacht und instand gehalten werden.

0.3 Abweichungen

- 0.3.1 Abweichungen von der vorliegenden Norm sind zulässig, wenn sie durch Theorie oder Versuche ausreichend begründet werden oder wenn neue Entwicklungen und Erkenntnisse dies rechtfertigen.
- 0.3.2 Abweichungen von der Norm sind in den Bauwerksakten nachvollziehbar und mit Begründung zu dokumentieren.

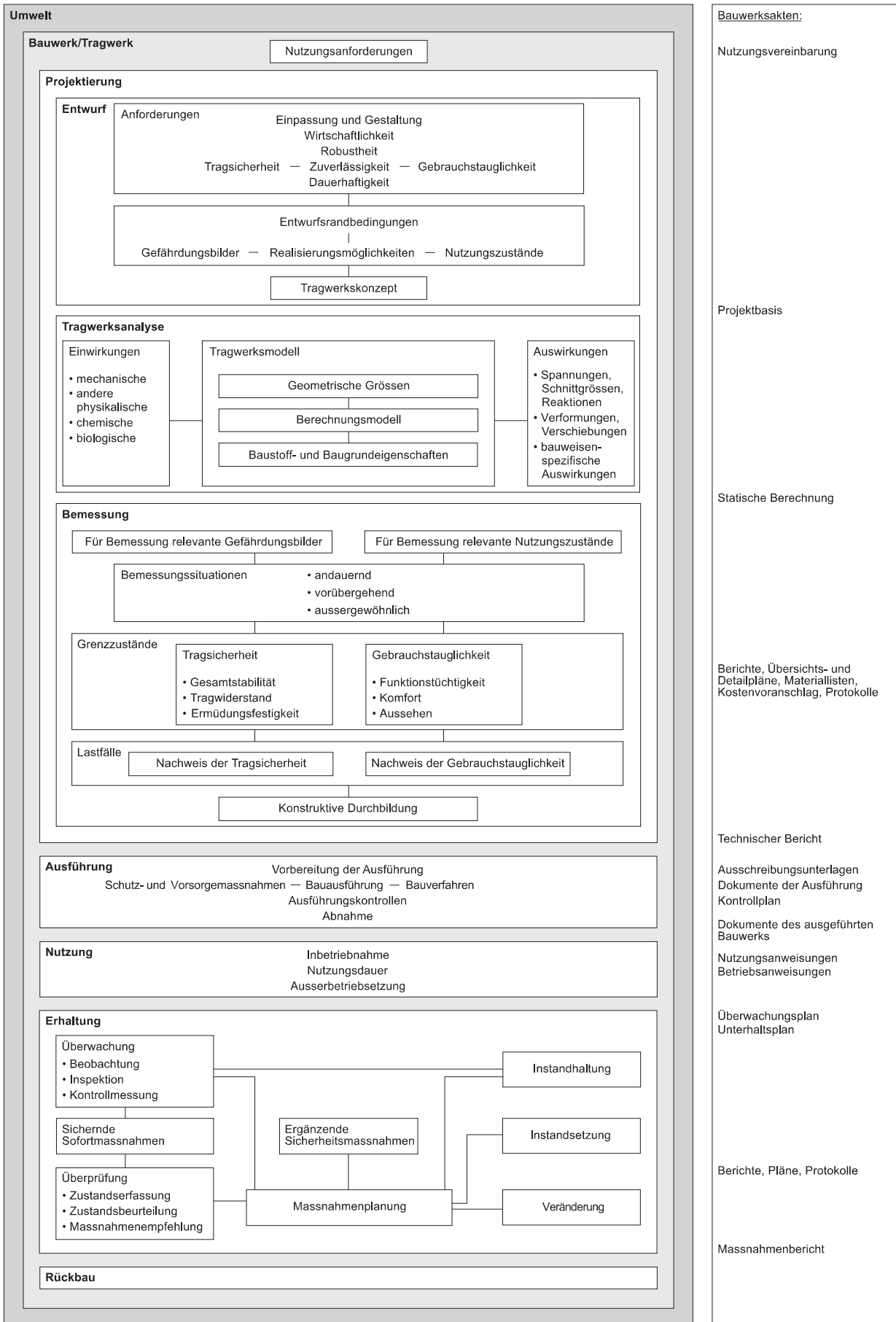
1 VERSTÄNDIGUNG

1.1 Fachausdrücke

In der vorliegenden Norm und in den Normen SIA 261 bis 267 werden die nachstehend definierten, allgemeinen Fachausdrücke verwendet. Zusammenhänge gehen aus Figur 1 hervor. Weitere, spezifische Fachausdrücke werden in den Normen SIA 261 bis 267 definiert.

Abnahme <i>réception</i> <i>collaudo</i> <i>acceptance</i>	Übergabe des Bauwerks oder eines Bauwerksteils an die Bauherrschaft.
Andauernde Bemessungssituation <i>situation de dimensionnement durable</i> <i>situazione di dimensionamento persistente</i> <i>persistent design situation</i>	Bemessungssituation, die während eines Zeitraums von gleicher Grössenordnung wie die Nutzungsdauer massgebend ist.
Ausführung <i>exécution</i> <i>esecuzione</i> <i>execution</i>	Gesamtheit der Tätigkeiten und Massnahmen zur physischen Erstellung eines Bauwerks einschliesslich Vorbereitung der Ausführung.
Ausführungskontrollen <i>contrôles d'exécution</i> <i>controlli dell'esecuzione</i> <i>construction inspections</i>	Kontrollen der korrekten Umsetzung der Projektvorgaben während der Ausführung.
Ausschreibungsunterlagen <i>documents de soumission</i> <i>documenti per l'appalto</i> <i>tender documents</i>	Text der vorgesehenen Werkvertragsurkunde, besondere Bestimmungen, Leistungsverzeichnis oder Baubeschreibung, Pläne sowie allgemeine Bestimmungen.
Ausserbetriebsetzung <i>mise hors service</i> <i>dismissione</i> <i>decommissioning</i>	Beendigung oder Unterbrechung der Nutzung.
Aussergewöhnliche Einwirkung <i>action accidentelle</i> <i>azione accidentale</i> <i>accidental action</i>	Einwirkung mit geringer Eintretenswahrscheinlichkeit, in der Regel von kurzer Dauer und beträchtlicher Wirkung.
Aussergewöhnliche Bemessungssituation <i>situation de dimensionnement accidentelle</i> <i>situazione di dimensionamento accidentale</i> <i>accidental design situation</i>	Bemessungssituation, die aussergewöhnliche Bedingungen für das Tragwerk einbezieht.
Auswirkungen <i>effets des actions</i> <i>effetti delle azioni</i> <i>effects of actions</i>	Antworten des Tragwerks auf Einwirkungen (Spannungen, Schnittgrössen, Reaktionen, Verformungen, Verschiebungen sowie andere, bauweisenspezifische Auswirkungen).
Bauausführung <i>travaux d'exécution</i> <i>esecuzione dei lavori</i> <i>construction work</i>	Vertragsgemässe Durchführung der Bauarbeiten.

Figur 1: Beziehungen zwischen verschiedenen Projektierungselementen



<p>Baugrund <i>terrain de fondation</i> <i>terreno</i> <i>ground</i></p>	<p>Grund aus Locker- oder Festgestein sowie Grundwasser im Bereich eines Bauvorhabens oder einer Fundation.</p>
<p>Bauprodukt <i>produit de construction</i> <i>prodotto per costruzioni</i> <i>construction product</i></p>	<p>Produkt, das hergestellt wird, um dauerhaft in Bauwerke eingebaut zu werden.</p>
<p>Baustoffe <i>matériaux de construction</i> <i>materiali da costruzione</i> <i>construction materials</i></p>	<p>Für ein Bauwerk verwendete Werkstoffe.</p>
<p>Bauteil <i>élément de construction</i> <i>elemento strutturale</i> <i>structural member</i></p>	<p>Physisch unterscheidbarer Teil eines Bauwerks.</p>
<p>Bauverfahren <i>procédé d'exécution</i> <i>procedimento esecutivo</i> <i>method of construction</i></p>	<p>Art und Weise der Bauausführung.</p>
<p>Bauweise <i>mode de construction</i> <i>tipo di costruzione</i> <i>type of construction</i></p>	<p>Art des Bauwerks, bestimmt durch die hauptsächlich verwendeten Baustoffe, z.B. Betonbau, Stahlbau, Stahl-Beton-Verbundbau, Holzbau, Mauerwerksbau.</p>
<p>Bauwerk <i>ouvrage</i> <i>costruzione</i> <i>construction works</i></p>	<p>Von Bauarbeiten herrührendes Werk.</p>
<p>Bauwerksakten <i>dossier de l'ouvrage</i> <i>documenti di costruzione</i> <i>construction documents</i></p>	<p>Bauwerksspezifische Dokumente.</p>
<p>Begleiteinwirkung <i>action concomitante</i> <i>azione concomitante</i> <i>accompanying action</i></p>	<p>Eine die Leiteinwirkung begleitende Einwirkung.</p>
<p>Begleitgefahr <i>danger concomitante</i> <i>azzardo concomitante</i> <i>accompanying hazard</i></p>	<p>Nebengefährdung in einem Gefährdungsbild.</p>
<p>Bemessung <i>dimensionnement</i> <i>dimensionamento</i> <i>dimensioning</i></p>	<p>Festlegen der Abmessungen, der Baustoffe und der konstruktiven Durchbildung eines Tragwerks auf der Basis von konstruktiven oder ausführungstechnischen Betrachtungen und in der Regel von rechnerischen Nachweisen.</p>
<p>Bemessungskriterien <i>critères de dimensionnement</i> <i>criteri di dimensionamento</i> <i>design criteria</i></p>	<p>Zu erfüllende Beziehungen zwischen Auswirkungen relevanter Lastfälle und zugehörigen Tragwiderständen oder Gebrauchsgrenzen respektive zwischen destabilisierenden und stabilisierenden Auswirkungen.</p>
<p>Bemessungssituationen <i>situations de dimensionnement</i> <i>situazioni di dimensionamento</i> <i>design situations</i></p>	<p>Physikalische Gegebenheiten und vorliegende Bedingungen innerhalb eines bestimmten Zeitraums, für die nachgewiesen wird, dass massgebende Grenzzustände nicht überschritten werden.</p>

<p>Bemessungswert <i>valeur de dimensionnement</i> <i>valore di dimensionamento</i> <i>design value</i></p>	<p>Aus einem charakteristischen oder anderen repräsentativen Wert in Verbindung mit Partial- und Umrechnungsfaktoren bestimmter, allenfalls auch direkt festgelegter, in einen Nachweis eingehender Wert.</p>
<p>Beobachtung <i>observation</i> <i>osservazione</i> <i>observation</i></p>	<p>Überprüfen der Gebrauchstauglichkeit durch einfache und regelmässige Kontrollen.</p>
<p>Beobachtungsmethode <i>méthode observationnelle</i> <i>metodo d'osservazione</i> <i>observation method</i></p>	<p>Bei nicht ausreichend zuverlässigen Bemessungsgrundlagen mögliches Vorgehen bei der Projektierung, Ausführung und Nutzung eines Tragwerks, verbunden mit bestimmten akzeptierten Risiken, einer Prognose des Verhaltens sowie der Festlegung entsprechender Grenzwerte samt zugehörigen Überwachungs- und Sicherheitsmassnahmen.</p>
<p>Berechnungsmodell <i>modèle d'analyse</i> <i>modello di calcolo</i> <i>analytical model</i></p>	<p>Verknüpfung physikalischer Grössen (z.B. Kraft- und Verformungsgrössen) über entsprechende Beziehungen (z.B. Gleichgewichtsbedingungen, Stoffgesetze und kinematische Bedingungen).</p>
<p>Betriebsanweisungen <i>instructions d'exploitation</i> <i>istruzioni per l'esercizio</i> <i>operation instructions</i></p>	<p>An die Eigentümerschaft und das Betriebspersonal gerichtete Weisungen für die Bedienung und den Betrieb der technischen Ausrüstung.</p>
<p>Bezugszeitraum <i>durée de référence</i> <i>periodo di riferimento</i> <i>reference period</i></p>	<p>Zeitraum für die statistische Bestimmung von Einwirkungen.</p>
<p>Charakteristischer Wert <i>valeur caractéristique</i> <i>valore caratteristico</i> <i>characteristic value</i></p>	<p>In der Regel auf statistischer Basis festgelegter Wert einer Einwirkung, einer geometrischen Grösse respektive einer Baustoff- oder Baugrundeigenschaft (Mittelwert, oberer oder unterer Wert), gegebenenfalls auch Nennwert oder vorsichtiger Erwartungswert.</p>
<p>Dauerhaftigkeit <i>durabilité</i> <i>durabilità</i> <i>durability</i></p>	<p>Erfüllung der Anforderungen an Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit im Rahmen der vereinbarten Nutzung und Nutzungsdauer sowie der vorhersehbaren Einwirkungen, ohne unvorhergesehenen Aufwand für Instandhaltung und Instandsetzung.</p>
<p>Dokumente der Ausführung <i>documents d'exécution</i> <i>documenti d'esecuzione</i> <i>documents for construction</i></p>	<p>Vertragsurkunde und übrige Bestandteile des Werkvertrags, Bauprogramme, Protokolle der Bausitzungen und Ausführungskontrollen sowie Bautagebuch.</p>
<p>Duktilität <i>ductilité</i> <i>ductilità</i> <i>ductility</i></p>	<p>Durch irreversible Verformungen und Energiedissipation charakterisiertes, in der Regel auf die Grenze des elastischen Verhaltens bezogenes plastisches Verformungsvermögen.</p>
<p>Einpassung <i>intégration</i> <i>integrazione</i> <i>integration</i></p>	<p>Mit der natürlichen und gebauten Umwelt verträgliches Einfügen eines Bauwerks in seine Umgebung.</p>
<p>Einwirkungen <i>actions</i> <i>azioni</i> <i>actions</i></p>	<p>Mechanische (Lasten, Kräfte), andere physikalische (Temperatur, Feuchtigkeit), chemische (Salze, Säuren und Laugen, organische Verbindungen) und biologische (Bakterien, Insekten, Pilze, Algen) Einwirkungen auf das Tragwerk, resultierend aus der Ausführung und der Nutzung sowie infolge von Umwelteinflüssen.</p>

<p>Entwurf <i>conception de projet</i> <i>progetto strutturale</i> <i>conceptual design</i></p>	<p>Gesamtheit der von den Nutzungsanforderungen zum Tragwerkskonzept führenden Tätigkeiten und Entwicklungen sowie deren Ergebnis.</p>
<p>Entwurfsrandbedingungen <i>conditions cadres du projet</i> <i>vincoli di progetto</i> <i>design boundary conditions</i></p>	<p>Räumliche, zeitliche, rechtliche, finanzielle, konstruktive, baustoffbezogene, ausführungstechnische und betriebliche Auflagen für den Entwurf.</p>
<p>Ergänzende Sicherheitsmassnahmen <i>mesures de sécurité supplémentaires</i> <i>misure di sicurezza supplementari</i> <i>supplementary safety measures</i></p>	<p>Bei Inkaufnahme einer nicht normengemässen Tragsicherheit als notwendig erachtete, objektspezifisch festzulegende Anordnungen zum Schutz von Personen, Umwelt und Bauwerk.</p>
<p>Erhaltung <i>maintenance</i> <i>mantenimento</i> <i>preservation</i></p>	<p>Gesamtheit der Tätigkeiten und Massnahmen zur Sicherstellung des Bestands, der Funktion sowie der materiellen und ideellen Werte eines Bauwerks.</p>
<p>Ermüdungsfestigkeit <i>résistance à la fatigue</i> <i>resistenza alla fatica</i> <i>fatigue resistance</i></p>	<p>Tragwiderstand bezüglich oft wiederholter Einwirkungen.</p>
<p>Erwartungswert <i>valeur probable</i> <i>valore attendibile</i> <i>estimate</i></p>	<p>In der Regel Mittelwert einer stochastischen Grösse.</p>
<p>Freie Einwirkung <i>action libre</i> <i>azione libera</i> <i>free action</i></p>	<p>Einwirkung, deren Verteilung über das Tragwerk nicht festliegt.</p>
<p>Gebrauchsgrenze <i>limite de service</i> <i>limite di servizio</i> <i>serviceability limit</i></p>	<p>Vereinbarte Grenze der Gebrauchstauglichkeit.</p>
<p>Gebrauchstauglichkeit <i>aptitude au service</i> <i>efficienza funzionale</i> <i>serviceability</i></p>	<p>Fähigkeit eines Tragwerks und weiterer Bauteile, die Funktionstüchtigkeit und das Aussehen des Bauwerks sowie den Komfort der das Bauwerk nutzenden Personen entsprechend den Gebrauchsgrenzen zu gewährleisten.</p>
<p>Gefährdung <i>danger</i> <i>azzardo</i> <i>hazard</i></p>	<p>Die Tragsicherheit infrage stellernder Umstand.</p>
<p>Gefährdungsbild <i>situation de danger</i> <i>situazione di azzardo</i> <i>hazard scenario</i></p>	<p>Durch eine Leitgefahre und Begleitumstände charakterisierte kritische Situation.</p>
<p>Geometrische Grössen <i>données géométriques</i> <i>grandezze geometriche</i> <i>geometrical properties</i></p>	<p>Geplante Abmessungen und ungewollte Imperfektionen eines Tragwerks.</p>
<p>Gesamtstabilität <i>stabilité d'ensemble</i> <i>stabilità globale</i> <i>overall stability</i></p>	<p>Stabile Gleichgewichtslage des als starren Körper betrachteten gesamten Tragwerks.</p>

<p>Gestaltung <i>configuration</i> <i>configurazione</i> <i>configuration</i></p>	<p>Schaffung eines ästhetischen Ausdrucks durch räumliche Anordnung, Formgebung und Materialwahl.</p>
<p>Grenzzustand <i>état-limite</i> <i>stato limite</i> <i>limit state</i></p>	<p>Zustand, bei dessen Erreichen die Anforderungen an die Tragsicherheit oder die Gebrauchstauglichkeit gerade noch erfüllt sind.</p>
<p>Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit <i>état-limite de service</i> <i>stato limite di servizio</i> <i>serviceability limit state</i></p>	<p>Zustand beim Erreichen einer Gebrauchsgrenze.</p>
<p>Grenzzustand der Tragsicherheit <i>état-limite ultime</i> <i>stato limite ultimo</i> <i>ultimate limit state</i></p>	<p>Zustand an der Grenze der Tragsicherheit.</p>
<p>Inbetriebnahme <i>mise en service</i> <i>messa in servizio</i> <i>commissioning</i></p>	<p>Aufnahme der vereinbarten Nutzung.</p>
<p>Inspektion <i>inspection</i> <i>ispezione</i> <i>inspection</i></p>	<p>Feststellen des Zustands durch gezielte, in der Regel visuelle und einfache Untersuchungen und Zustandsbewertung.</p>
<p>Instandhaltung <i>entretien</i> <i>manutenzione</i> <i>maintenance</i></p>	<p>Bewahren der Gebrauchstauglichkeit durch regelmässige Massnahmen.</p>
<p>Instandsetzung <i>remise en état</i> <i>ripristino</i> <i>rehabilitation</i></p>	<p>Wiederherstellen der Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit für eine vereinbarte Dauer.</p>
<p>Kapazitätsbemessung <i>dimensionnement en capacité</i> <i>dimensionamento per capacità</i> <i>capacity design</i></p>	<p>Methode der Erdbebenbemessung mit geeignet festgelegten und ausreichend duktil ausgebildeten plastischen Verformungsbereichen sowie übrigen Tragwerksbereichen, die zur Sicherstellung eines elastischen Verhaltens mit erhöhten Tragwiderständen versehen werden.</p>
<p>Konstruktive Durchbildung <i>dispositions constructives</i> <i>sviluppo dei dettagli costruttivi</i> <i>detailing</i></p>	<p>Festlegen und gegenseitiges Abstimmen der Konstruktionsdetails.</p>
<p>Kontrollmessung <i>contrôle par mesures</i> <i>misurazione di controllo</i> <i>control measurement</i></p>	<p>Messtechnische Überwachung ausgewählter Kenngrössen.</p>
<p>Kontrollplan <i>programme de contrôle</i> <i>piano di controllo</i> <i>construction inspection plan</i></p>	<p>Festlegung von Art, Umfang, Durchführung und Zeitpunkt von Ausführungskontrollen samt Angabe von Qualitätsanforderungen und zulässigen Abweichungen sowie Regelung der Zuständigkeiten und des Informationsflusses.</p>
<p>Langzeitwirkungen <i>effets à long terme</i> <i>effetti di lunga durata</i> <i>long term effects</i></p>	<p>Auswirkungen in Form von langfristigen Spannungs- oder Dehnungsänderungen wie z.B. Kriechen, Schwinden, Relaxation oder Konsolidierung.</p>

<p>Lastfall <i>cas de charge</i> <i>caso di carico</i> <i>load case</i></p>	<p>Für einen bestimmten Nachweis betrachtete, physikalisch verträgliche Anordnung von gleichzeitig auftretenden Einwirkungen.</p>
<p>Leiteinwirkung <i>action prépondérante</i> <i>azione preponderante</i> <i>leading action</i></p>	<p>Haupteinwirkung in einem Lastfall.</p>
<p>Leitgefahr <i>danger prépondérant</i> <i>azzardo preponderante</i> <i>leading hazard</i></p>	<p>Hauptgefährdung in einem Gefährdungsbild.</p>
<p>Mangel <i>défaut</i> <i>difetto</i> <i>defect</i></p>	<p>Fehlen einer Eigenschaft, die das Bauwerk nach heute anerkannten Regeln der Baukunde oder gemäss Vereinbarung aufweisen sollte.</p>
<p>Massnahmenbericht <i>rapport d'intervention</i> <i>rapporto d'intervento</i> <i>report of intervention measures</i></p>	<p>Bericht über ausgeführte Erhaltungsmassnahmen samt Angaben über Ziel, Beteiligte, Verfahren, Produkte, Prüfungen, Ergebnisse und Kosten.</p>
<p>Massnahmenempfehlung <i>recommandation d'intervention</i> <i>raccomandazione d'intervento</i> <i>recommendation of intervention measures</i></p>	<p>Aus der Zustandsbeurteilung resultierende Vorschläge für den Grundsatzentscheid der Eigentümerschaft über das weitere Vorgehen.</p>
<p>Massnahmenplanung <i>projet d'intervention</i> <i>pianificazione d'intervento</i> <i>planning of intervention measures</i></p>	<p>Systematische Vorbereitung der nach dem Grundsatzentscheid der Eigentümerschaft über das weitere Vorgehen notwendigen Schritte betrieblicher und baulicher Natur.</p>
<p>Nachweis <i>vérification</i> <i>verifica</i> <i>verification</i></p>	<p>Bestätigung der Erfüllung eines Bemessungskriteriums.</p>
<p>Nennwert <i>valeur nominale</i> <i>valore nominale</i> <i>nominal value</i></p>	<p>Auf nicht-statistischer Basis, z.B. aufgrund von Erfahrung oder physikalischen Bedingungen oder planmässig festgelegter Wert.</p>
<p>Nutzung <i>utilisation</i> <i>utilizzazione</i> <i>use</i></p>	<p>In der Nutzungsvereinbarung und in der Projektbasis umschriebener Gebrauch eines Bauwerks.</p>
<p>Nutzungsanforderungen <i>exigences d'utilisation</i> <i>esigenze d'utilizzazione</i> <i>service requirements</i></p>	<p>Aus der vereinbarten Nutzung resultierende Anforderungen an die Eigenschaften und das Verhalten eines Bauwerks.</p>
<p>Nutzungsanweisungen <i>instructions d'utilisation</i> <i>istruzioni per l'utilizzazione</i> <i>service instructions</i></p>	<p>An die Eigentümerschaft und die Nutzer gerichtete Weisungen für die Nutzung des Bauwerks.</p>
<p>Nutzungsdauer <i>durée d'utilisation</i> <i>durata d'utilizzazione</i> <i>service life</i></p>	<p>Vereinbarte Zeitspanne ab Inbetriebnahme, während der ein Tragwerk oder ein Bauteil bei Überwachung und Instandhaltung gemäss dem Überwachungsplan und dem Unterhaltsplan wie vorgesehen genutzt werden kann.</p>

<p>Nutzungsvereinbarung <i>convention d'utilisation</i> <i>convenzione d'utilizzazione</i> <i>service criteria agreement</i></p>	<p>Beschreibung der Nutzungs- und Schutzziele der Bauherrschaft oder der Eigentümerschaft sowie der grundlegenden Bedingungen, Anforderungen und Vorschriften für die Projektierung, Ausführung, Nutzung und Erhaltung des Bauwerks.</p>
<p>Nutzungszustände <i>états d'utilisation</i> <i>stati d'utilizzazione</i> <i>service situations</i></p>	<p>Physikalische Gegebenheiten und vorliegende Bedingungen während der Nutzungsdauer.</p>
<p>Ortsfeste Einwirkung <i>action fixe</i> <i>azione fissa</i> <i>fixed action</i></p>	<p>Einwirkung mit räumlich festliegender Verteilung über das Tragwerk oder Bauteil.</p>
<p>Projektbasis <i>base du projet</i> <i>base del progetto</i> <i>basis of design</i></p>	<p>Fachbezogene Beschreibung der bauwerksspezifischen Umsetzung der Nutzungsvereinbarung.</p>
<p>Projektierung <i>élaboration de projet</i> <i>progettazione</i> <i>design</i></p>	<p>Gesamtheit von Entwurf, Tragwerksanalyse und Bemessung.</p>
<p>Repräsentativer Wert <i>valeur représentative</i> <i>valore rappresentativo</i> <i>representative value</i></p>	<p>Für einen Nachweis verwendeter Wert einer Einwirkung (in der Regel charakteristischer Wert, für veränderliche Einwirkungen gegebenenfalls auch seltener, häufiger oder quasi-ständiger Wert).</p>
<p>Robustheit <i>robustesse</i> <i>robustezza</i> <i>robustness</i></p>	<p>Fähigkeit eines Tragwerks und seiner Bauteile, Schädigungen oder ein Versagen auf Ausmasse zu begrenzen, die in einem vertretbaren Verhältnis zur Ursache stehen.</p>
<p>Rückbau <i>déconstruction</i> <i>smantellamento</i> <i>dismantlement</i></p>	<p>Geordneter Abbruch oder Demontage eines Bauwerks mit ent-sorgungsgerechter Trennung der Bauteile und Baustoffe.</p>
<p>Schädigung <i>détérioration</i> <i>deterioramento</i> <i>deterioration</i></p>	<p>Nach der Abnahme auftretende Schwächung der materiellen Substanz eines Tragwerks oder weiterer Bauteile.</p>
<p>Schädigungsmechanismus <i>mécanisme de détérioration</i> <i>meccanismo di deterioramento</i> <i>deterioration mechanism</i></p>	<p>Naturwissenschaftlich beschreibbarer Vorgang der Entstehung und Entwicklung einer Schädigung.</p>
<p>Schutz- und Vorsorgemassnahmen <i>mesures de protection et de prévoyance</i> <i>misure protettive e precauzionali</i> <i>protection and precaution measures</i></p>	<p>Vorkehrungen während der Ausführung zum Schutz von Personen und deren Gesundheit sowie zum Schutz von Eigentum.</p>
<p>Schutzgrad <i>degré de protection</i> <i>grado di protezione</i> <i>degree of protection</i></p>	<p>Mass für die materielle Umsetzung von Schutzzielen (z.B. bei Brand die Einteilung in Feuerwiderstandsklassen, bei Erdbeben die Zuordnung zu Bauwerksklassen).</p>
<p>Schutzziel <i>objectif de protection</i> <i>obiettivo della protezione</i> <i>objective of protection</i></p>	<p>Qualitative und quantitative Festlegung der Anforderungen an ein Bauwerk für den Fall aussergewöhnlicher Ereignisse und Bedingungen.</p>

Sichernde Sofortmassnahmen <i>mesures urgentes de sécurité</i> <i>misure urgenti di sicurezza</i> <i>urgent safety measures</i>	Durch Überwachung oder Überprüfung veranlasste, unverzüglich auszuführende Anordnungen zum Schutz von Mensch, Umwelt und Bauwerk.
Ständige Einwirkung <i>action permanente</i> <i>azione permanente</i> <i>permanent action</i>	Während eines Bezugszeitraums annähernd konstante oder monoton sich ändernde und einem Grenzwert zustrebende Einwirkung.
Statische Berechnung <i>calculs statiques</i> <i>calcolo statico</i> <i>static calculations</i>	Darstellung der Tragwerksanalyse und Bemessung.
Technischer Bericht <i>rapport technique</i> <i>relazione tecnica</i> <i>technical report</i>	Bericht über die Projektierungsarbeiten.
Tragfähigkeit <i>résistance</i> <i>resistenza</i> <i>resistance</i>	Fähigkeit eines Tragwerks und seiner Bauteile, Einwirkungen während der Ausführung und Nutzung standzuhalten.
Tragsicherheit <i>sécurité structurale</i> <i>sicurezza strutturale</i> <i>structural safety</i>	Fähigkeit eines Tragwerks und seiner Bauteile, die Gesamtstabilität sowie einen für die anzunehmenden Einwirkungen ausreichenden Tragwiderstand (einschliesslich der Ermüdungsfestigkeit) entsprechend einer festgelegten, erforderlichen Zuverlässigkeit zu gewährleisten.
Tragsystem <i>système structural</i> <i>sistema strutturale</i> <i>structural system</i>	Anordnung der Bauteile eines Tragwerks sowie Art ihres Zusammenwirkens.
Tragwerk <i>structure porteuse</i> <i>struttura portante</i> <i>structure</i>	Gesamtheit der Bauteile und des Baugrunds, die für das Gleichgewicht und die Formerhaltung eines Bauwerks notwendig sind.
Tragwerksanalyse <i>analyse structurale</i> <i>analisi strutturale</i> <i>structural analysis</i>	Anhand eines Tragwerksmodells vollzogene Ermittlung von Auswirkungen für das gesamte Tragwerk und seine Bauteile.
Tragwerkskonzept <i>concept de la structure</i> <i>concetto strutturale</i> <i>structural concept</i>	Projektbestimmende Grundidee hinsichtlich des Tragwerks.
Tragwerksmodell <i>modèle de la structure</i> <i>modello strutturale</i> <i>structural model</i>	Für die Tragwerksanalyse vorgenommene Abgrenzung und Idealisierung des Tragsystems.
Tragwiderstand <i>résistance ultime</i> <i>resistenza ultima</i> <i>ultimate resistance</i>	Grenze der Tragfähigkeit.
Überprüfung <i>examen</i> <i>esame</i> <i>examination</i>	Bei besonderem Anlass durchgeführte Zustandserfassung und -beurteilung samt Massnahmenempfehlung.

Überwachung <i>surveillance</i> <i>monitoraggio</i> <i>monitoring</i>	Feststellen und Bewerten des Zustands mit Empfehlungen für das weitere Vorgehen.
Überwachungsplan <i>plan de surveillance</i> <i>piano di monitoraggio</i> <i>monitoring plan</i>	Bauwerksspezifische Weisungen für die Überwachung.
Umwelteinflüsse <i>influences de l'environnement</i> <i>influssi ambientali</i> <i>environmental influences</i>	Physikalische, chemische oder biologische Einflüsse aus der Umwelt, welche die Tragsicherheit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit beeinträchtigen können.
Unterhaltsplan <i>plan d'entretien</i> <i>piano di manutenzione</i> <i>maintenance plan</i>	Bauwerksspezifische Weisungen für die Instandhaltung.
Veränderliche Einwirkung <i>action variable</i> <i>azione variabile</i> <i>variable action</i>	Während eines Bezugszeitraums nicht ständig vorhandene, nicht konstante oder nicht monoton sich ändernde Einwirkung.
Veränderung <i>modification</i> <i>modifica</i> <i>modification</i>	Eingreifen in das Bauwerk zwecks Anpassung an neue Anforderungen.
Verformungsvermögen <i>capacité de déformation</i> <i>capacità di deformazione</i> <i>deformation capacity</i>	Fähigkeit eines Tragwerks und seiner Bauteile, bis zum Versagen elastisch und in der Regel auch plastisch verformt zu werden.
Versagen <i>défaillance</i> <i>cedimento strutturale</i> <i>failure</i>	Erschöpfung des Tragwiderstands durch Instabilität, Bruch oder Ermüdung.
Vorbereitung der Ausführung <i>préparation de l'exécution</i> <i>preparazione dell'esecuzione</i> <i>preparation for construction</i>	Ausschreibung, Angebot, Prüfung der Angebote, Werkvertragsabschluss sowie Vorbereitung der Bauausführung.
Vorsichtiger Erwartungswert <i>valeur probable prudente</i> <i>valore prudenziale</i> <i>prudent estimate</i>	Gegenüber dem Erwartungswert mit einem für die erforderliche Zuverlässigkeit ausreichenden Vorhaltemass versehener Wert.
Vorübergehende Bemessungssituation <i>situation de dimensionnement transitoire</i> <i>situazione di dimensionamento transitoria</i> <i>transient design situation</i>	Bemessungssituation, die während eines wesentlich kürzeren Zeitraums als der Nutzungsdauer massgebend ist.
Werkstoffe <i>matériaux</i> <i>materiali</i> <i>materials</i>	Metalle, nichtmetallisch-anorganische oder organische Stoffe mit technisch nutzbaren Eigenschaften.
Wirtschaftlichkeit <i>économie</i> <i>economicità</i> <i>economy</i>	Massvoller Einsatz finanzieller Mittel und natürlicher Ressourcen, bezogen auf die gesamte Dauer der Projektierung, Ausführung und Nutzung.

Zustandsbeurteilung
évaluation de l'état
valutazione dello stato
condition evaluation

Zusammenfassende Analyse und Bewertung der Informationen über den aktuellen Zustand des Bauwerks und die bisherige Zustandsentwicklung, verbunden mit einer Voraussage der weiteren Zustandsentwicklung und deren Konsequenzen während der Restnutzungsdauer.

Zustandserfassung
relevé de l'état
rilievo dello stato
condition survey

Beschaffung von Informationen über den aktuellen Zustand eines Bauwerks und die bisherige Zustandsentwicklung, um Mängel, Schädigungen und Schädigungsmechanismen zu erkennen.

Zuverlässigkeit
fiabilité
affidabilità
reliability

In der Regel probabilistisch ausgedrücktes Mass für die Erfüllung der Anforderungen an Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit.

1.2 Bezeichnungen

1.2.1 Lateinische Grossbuchstaben (teilweise in Kombination mit Reduktionsbeiwerten ψ)

A_d Bemessungswert einer aussergewöhnlichen Einwirkung

C_d Bemessungswert einer Gebrauchsgrenze

E_d Bemessungswert einer Auswirkung

$E_{d,dst}$ Bemessungswert einer destabilisierenden Auswirkung

$E_{d,stab}$ Bemessungswert einer stabilisierenden Auswirkung

$E\{\dots\}$ Auswirkung in Funktion der in der Klammer aufgeführten Bemessungswerte ¹⁾

F_d Bemessungswert einer Einwirkung

F_k Charakteristischer Wert einer Einwirkung

F_{rep} Repräsentativer Wert einer Einwirkung

G Ständige Einwirkung

G_k Charakteristischer Wert einer ständigen Einwirkung

$G_{k,inf}$ Unterer charakteristischer Wert einer ständigen Einwirkung

$G_{k,sup}$ Oberer charakteristischer Wert einer ständigen Einwirkung

H Gebäudehöhe

P_k Charakteristischer Wert einer Vorspannung

Q_k Charakteristischer Wert einer veränderlichen Einwirkung

Q_{k1} Charakteristischer Wert der (veränderlichen) Leiteinwirkung

$\psi_0 Q_k$ Seltener Wert einer veränderlichen Einwirkung

$\psi_{0i} Q_{ki}$ Seltener Wert der veränderlichen Begleiteinwirkung i

$\psi_1 Q_k$ Häufiger Wert einer veränderlichen Einwirkung

$\psi_{11} Q_{k1}$ Häufiger Wert einer veränderlichen Einwirkung bei einer aussergewöhnlichen Einwirkung oder häufiger Wert der (veränderlichen) Leiteinwirkung

$\psi_2 Q_k$ Quasi-ständiger Wert einer veränderlichen Einwirkung

¹⁾ Je nach Nachweis können einzelne dieser Bemessungswerte entfallen.

$\psi_{2i} Q_{ki}$	Quasi-ständiger Wert der veränderlichen Einwirkung i in Kombination mit einer aussergewöhnlichen Einwirkung oder dem häufigen Wert der (veränderlichen) Leiteinwirkung
R_d	Bemessungswert des Tragwiderstands
R_k	Charakteristischer Wert des Tragwiderstands
$R\{\dots\}$	Tragwiderstand in Funktion der in der Klammer aufgeführten Bemessungswerte ¹⁾
X_d	Bemessungswert einer Baustoff- oder Baugrundeigenschaft
X_k	Charakteristischer Wert einer Baustoff- oder Baugrundeigenschaft

1.2.2 Lateinische Kleinbuchstaben

a_d	Bemessungswert einer geometrischen Grösse
a_{nom}	Nennwert einer geometrischen Grösse
f	Eigenfrequenz
h	Stockwerkshöhe
h_0	Bezugshöhe gemäss der Norm SIA 261
l	Spannweite oder doppelte Auskragungslänge
u	horizontale Auslenkung
v	Ausbaugeschwindigkeit
w	Durchbiegung

1.2.3 Griechische Grossbuchstaben

Δa	Differenz einer geometrischen Grösse
Δu	Differenz der Auslenkung
Φ	dynamischer Beiwert

1.2.4 Griechische Kleinbuchstaben

α	Beiwert zur Klassifizierung der Normlastmodelle
α_t	Verwindung der Fahrbahn
γ_f	Partialfaktor für Einwirkungen (berücksichtigt mögliche ungünstige Abweichungen vom repräsentativen Wert)
γ_F	Lastbeiwert (= $\gamma_S \gamma_f$)
γ_G	Lastbeiwert für eine ständige Einwirkung
$\gamma_{G,inf}$	Lastbeiwert für ständige Einwirkungen (Bemessung mit unteren Bemessungswerten)
$\gamma_{G,sup}$	Lastbeiwert für ständige Einwirkungen (Bemessung mit oberen Bemessungswerten)
γ_m	Partialfaktor für eine Baustoff- oder Baugrundeigenschaft (berücksichtigt ungünstige Abweichungen vom charakteristischen Wert)
γ_M	Widerstandsbeiwert (= $\gamma_R \gamma_m$)
γ_P	Lastbeiwert für eine Einwirkung aus Vorspannung
γ_Q	Lastbeiwert für eine veränderliche Einwirkung
γ_{Q1}	Lastbeiwert für die (veränderliche) Leiteinwirkung
$\gamma_{Q,inf}$	Lastbeiwert für eine veränderliche Einwirkung (Erd- oder Wasserdruck, Bemessung mit unteren Bemessungswerten)

¹⁾ Je nach Nachweis können einzelne dieser Bemessungswerte entfallen.

$\gamma_{Q,sup}$	Lastbeiwert für eine veränderliche Einwirkung (Erd- oder Wasserdruck, Bemessung mit oberen Bemessungswerten)
γ_R	Partialfaktor für den Tragwiderstand (berücksichtigt die Unschärfen im Widerstandsmodell)
γ_S	Partialfaktor für Auswirkungen (berücksichtigt die Modellunschärfen bezüglich Ein- und Auswirkungen)
δ_v	Vertikale Relativverschiebung bei Fahrbahnübergängen oder bei Enden des Überbaus hinter Widerlagern
η	Umrechnungsfaktor
ψ	Reduktionsbeiwert
ψ_0	Reduktionsbeiwert für den seltenen Wert einer veränderlichen Einwirkung
ψ_1	Reduktionsbeiwert für den häufigen Wert einer veränderlichen Einwirkung
ψ_2	Reduktionsbeiwert für den quasi-ständigen Wert einer veränderlichen Einwirkung

1.3 Masseinheiten

1.3.1 Bei der Projektierung von Tragwerken sind SI-Einheiten zu verwenden.

1.3.2 Folgende Einheiten werden empfohlen:

Länge, Verschiebung	m, mm
Fläche	m ² , mm ²
Volumen, Widerstandsmoment, statisches Moment	m ³ , mm ³
Flächenträgheitsmoment	m ⁴ , mm ⁴
Ebener Winkel	° (Grad), rad
Krümmung	1/m, mrad/m
Zeit	s
Dauer, Alter	min, h, d, Jahr
Geschwindigkeit, Durchlässigkeitskoeffizient	m/s
Konsolidierungsbeiwert	m ² /s
Beschleunigung	m/s ²
Frequenz	Hz
Masse	kg, t (Tonne)
Dichte	kg/m ³
Kraft, Last	kN, MN
Moment	kNm, MNm
Spannung, Festigkeit, Adhäsion, Kohäsion	N/mm ² , kN/m ²
Elastizitäts-, Schubmodul	kN/mm ² , MN/m ²
Streckenlast	kN/m
Flächenlast	kN/m ²
Raumlast, Bettungsmodul	kN/m ³ , MN/m ³
Druck	kPa, MPa
Arbeit	J
Temperatur	°C, K

2 ENTWURF

2.1 Allgemeines

- 2.1.1 Der Entwurf soll, ausgehend von den Nutzungsanforderungen, zu einem geeigneten Tragwerkskonzept führen.
- 2.1.2 Die Nutzungsanforderungen sind in der Nutzungsvereinbarung festzuhalten.
- 2.1.3 Die aus dem Entwurf sich ergebenden Grundlagen und Anforderungen für die weitere Projektierung, Ausführung, Nutzung und Erhaltung sind in der Projektbasis darzustellen.

2.2 Nutzungsvereinbarung

- 2.2.1 Die Nutzungsvereinbarung ist aufgrund eines Dialogs zwischen Bauherrschaft und Projektverfassenden zu erstellen.
- 2.2.2 Die Nutzungsvereinbarung umschreibt:
 - allgemeine Ziele für die Nutzung (Nutzungszustände und Nutzungsdauer) des Bauwerks
 - Umfeld und Drittanforderungen
 - Bedürfnisse des Betriebs und des Unterhalts
 - besondere Vorgaben der Bauherrschaft
 - Schutzziele und besondere Risiken
 - normbezogene Bestimmungen.
- 2.2.3 Die Schutzziele und der Schutzgrad sind aufgrund einer Risikobewertung festzulegen.

2.3 Anforderungen

- 2.3.1 Ein Tragwerk soll bei angemessener Einpassung und Gestaltung während der Nutzungsdauer wirtschaftlich, robust, zuverlässig und dauerhaft sein.
- 2.3.2 Die Nutzungsdauer ist zu vereinbaren. Richtwerte sind:

– temporäre Bauwerke	bis 10 Jahre
– austauschbare Bauteile	bis 25 Jahre
– Gebäude und andere Bauwerke von normaler Bedeutung	50 Jahre
– Bauwerke von übergeordneter Bedeutung	100 Jahre.
- 2.3.3 Das Festlegen der erforderlichen Zuverlässigkeit ist auf Erfahrung und ergänzende theoretische Überlegungen abzustützen. Im Normalfall ist von dem in Ziffer 4.4 festgelegten Nachweiskonzept auszugehen.
- 2.3.4 Die erforderliche Zuverlässigkeit kann je nach Grenzzustand und Bezugszeitraum differenziert werden, entweder für das ganze Tragwerk oder für einzelne seiner Bauteile.
- 2.3.5 Das Festlegen differenzierter Grade der Zuverlässigkeit kann abhängen von:
 - der Art und den Folgen eines Versagens
 - dem Ausmass der akzeptierten Schäden
 - der Bedeutung des Bauwerks für die Katastrophenbewältigung nach einem aussergewöhnlichen Ereignis
 - dem Aufwand zur Verminderung des Risikos
 - den Möglichkeiten von Überwachung, Instandhaltung und Instandsetzung sowie dem damit verbundenen Aufwand.
- 2.3.6 Die Gewährleistung einer angemessenen Zuverlässigkeit erfordert insbesondere:
 - die Berücksichtigung von Unschärfen in der Erfassung von Einwirkungen, in der Tragwerksmodellierung und in der Ermittlung von Auswirkungen
 - Massnahmen zur Qualitätssicherung während der Projektierung, Ausführung, Nutzung und Erhaltung.

- 2.3.7 Die Gewährleistung der Dauerhaftigkeit während der Nutzungsdauer erfordert insbesondere:
- das Erfassen relevanter Einwirkungen
 - das Abschätzen möglicher Schädigungen des Tragwerks
 - angemessene Massnahmen während der Projektierung, Ausführung, Nutzung und Erhaltung, insbesondere konstruktive und baustofftechnische Vorkehrungen zum Schutz der Baustoffe und Bauteile, eine fachgerechte Bauausführung sowie eine plangemässe Überwachung und Instandhaltung.

2.4 Vorgehen

2.4.1 Der Entwurf beinhaltet die Ausarbeitung verschiedener Varianten unter Berücksichtigung der Randbedingungen, das Überprüfen der Machbarkeit sowie die Beurteilung der Varianten hinsichtlich der Erfüllung der Anforderungen.

2.4.2 Die Entwurfsrandbedingungen sind abzuklären und auf ihre Relevanz zu prüfen. Zu ihnen gehören beispielsweise:

- Lage, Topographie, Linienführung, Lichtraumprofile, Grenzabstände, Mindest- und Höchstabmessungen
- Restriktionen bezüglich Projektierungs- und Bauzeit, Nutzungsdauer
- Vorschriften rechtlicher Art (Gesetze, Verordnungen, Weisungen, Gefahrenzonen)
- Budgetrahmen
- Qualität, Verfügbarkeit und Wiederverwendbarkeit von Baustoffen
- Baugrundeigenschaften
- Anwendbarkeit von Bauverfahren, Transport- und Montagemöglichkeiten
- Aufrechterhaltung der Nutzung von Verkehrsträgern und Leitungen
- Vorrichtungen für Überwachungs- und Instandhaltungsmassnahmen.

2.4.3 Im Entwurf sind die wesentlichen Ein- und Auswirkungen sowie die massgebenden Gefährdungen und Möglichkeiten zu ihrer Beherrschung zu erfassen.

2.4.4 Mögliche Gefährdungsbilder sind durchzudenken und geeignete Massnahmen sind festzulegen, um die Gefährdungen unter Kontrolle zu halten oder auf ein akzeptierbar kleines Mass zu beschränken.

2.4.5 Folgende Einflüsse können beispielsweise eine Gefährdung darstellen:

- Abweichungen von den angenommenen Werten der Einwirkungen
- Einwirkungen aus dem Baugrund
- Einwirkung durch gravitative und meteorologische Naturgefahren
- physikalische Einwirkungen, z. B. Feuchtigkeit oder Temperatur
- chemische Einwirkungen, z. B. infolge Streusalz oder Grundwasser
- biologische Einwirkungen, z. B. durch Insekten oder Pilze
- Resonanzeffekte
- Abweichungen von geplanten Werten des Trag- oder Baugrundwiderstands
- Beeinträchtigung des Tragwiderstands durch Korrosion, Versprödung oder Ermüdung
- Beeinträchtigung des Tragwiderstands durch Brand, Explosion, Anprall, Leitungsbruch oder Erdbeben.

2.4.6 Gefährdungen kann mit einer oder mehreren der folgenden Massnahmen begegnet werden:

- Ausschaltung, Verhinderung oder Minderung der Gefährdung
- Kontrollen oder Warnsysteme
- Wahl von Tragsystemen mit geringer Anfälligkeit gegenüber den betrachteten Gefährdungen
- Wahl von Tragsystemen, die lokale Schädigungen sowie den Ausfall einzelner Bauteile des Tragwerks ertragen können, ohne global zu versagen
- Wahl von Tragsystemen, die nicht ohne Vorankündigung versagen
- Begrenzung der Feuerausbreitung auf Brandabschnitte
- Wahl geeigneter Baustoffe
- zweckmässige Tragwerksanalyse und Bemessung
- sorgfältige konstruktive Durchbildung
- plangemässe und sorgfältige Ausführung
- Vorsehen besonderer Schutzmassnahmen
- zweckmässige Überwachung und Instandhaltung.

2.4.7 Die vorhersehbaren Nutzungszustände sind durchzudenken und entsprechende Massnahmen zur Gewährleistung der Gebrauchstauglichkeit sind festzulegen.

- 2.4.8 Beim Entwurf sind Erfahrungen aus vergleichbaren Bauaufgaben mit einzubeziehen.
- 2.4.9 Bei der Beurteilung der Varianten ist besonders auf die Einfachheit der Ausführung, die Unempfindlichkeit gegenüber unvermeidlichen Ausführungsungenauigkeiten und möglichen Ausführungsfehlern sowie die Anpassungsfähigkeit bei möglichen Änderungen in der Ausführung und Nutzung zu achten.

2.5 Tragwerkskonzept und Projektbasis

- 2.5.1 Das Tragwerkskonzept enthält:
- das gewählte Tragsystem
 - Aussagen zu den wichtigsten Abmessungen, Baustoffeigenschaften und Konstruktionsdetails
 - Hinweise zu den vorgesehenen Bauverfahren.
- 2.5.2 Die Projektbasis umschreibt:
- die betrachteten Gefährdungsbilder
 - die Anforderungen an Tragsicherheit, Gebrauchstauglichkeit und Dauerhaftigkeit sowie die zu deren Gewährleistung vorgesehenen Massnahmen inklusive Verantwortlichkeiten, Abläufen, Kontrollen und Korrekturmechanismen
 - die angenommenen Baugrundverhältnisse
 - die wesentlichen Annahmen für die Tragwerks- und Berechnungsmodelle
 - die akzeptierten Risiken
 - weitere projektrelevante Bedingungen.
- 2.5.3 Umfang und Inhalt der Projektbasis sind auf die Bedeutung und die Gefährdung des Bauwerks sowie auf dessen Risiken für die Umwelt abzustimmen.

3 TRAGWERKSANALYSE

3.1 Allgemeines

- 3.1.1 Mit der Tragwerksanalyse soll das Verhalten eines Tragwerks im Hinblick auf die zu betrachtenden Bemessungssituationen unter Einbezug der massgebenden Einflussgrössen erfasst werden.
- 3.1.2 Die Methoden der Tragwerksanalyse sollen auf anerkannter, nötigenfalls experimentell bestätigter Theorie und Ingenieurpraxis beruhen.
- 3.1.3 Die Grundlagen und Ergebnisse der Tragwerksanalyse sind in der statischen Berechnung und im technischen Bericht festzuhalten.
- 3.1.4 Die Ergebnisse der Tragwerksanalyse sind auf ihre Plausibilität zu prüfen.

3.2 Einwirkungen

3.2.1 Einteilung

- 3.2.1.1 Einwirkungen sind nach ihrem Ursprung (resultierend aus der Nutzung oder infolge von Umwelteinflüssen) und nach ihrer Art zu unterscheiden (mechanische, andere physikalische, chemische oder biologische Einwirkungen).
- 3.2.1.2 Einwirkungen sind ferner zu unterteilen nach:
 - ihrer zeitlichen Veränderung (ständige, veränderliche oder aussergewöhnliche Einwirkungen)
 - ihrer örtlichen Veränderung (ortsfeste oder freie Einwirkungen)
 - ihrer dynamischen Wirkung (statische oder dynamische Einwirkungen).
- 3.2.1.3 Zum Zweck der Vorspannung kontrolliert aufgebrauchte Kräfte oder kontrolliert aufgezwungene Verformungen sind als ständige Einwirkungen zu behandeln.
- 3.2.1.4 Freie Einwirkungen sind in ihrer Lage, Grösse und Richtung festzulegen.
- 3.2.1.5 Für Ermüdungsnachweise und dynamische Berechnungen ist die Angabe der zeitlichen Veränderung einzelner, relevanter Einwirkungen erforderlich.

3.2.2 Charakteristische Werte

- 3.2.2.1 Eine Einwirkung wird durch ein Modell beschrieben, und ihre Grösse wird durch eine oder mehrere skalare Angaben bestimmt, die verschiedene repräsentative Werte F_{rep} annehmen können.
- 3.2.2.2 Der charakteristische Wert F_k einer Einwirkung ist der wichtigste repräsentative Wert und wird wie folgt festgelegt:
 - gemäss den Normen SIA 261 und 267 als Mittelwert, oberer und unterer Wert, Nennwert, oder
 - projektspezifisch unter Berücksichtigung der Bestimmungen der Norm SIA 261.
- 3.2.2.3 Für ständige Einwirkungen darf bei geringer Variationsbreite (Variationskoeffizient $\leq 5\%$) ein einziger Wert G_k (meist der Mittelwert) verwendet werden, wenn das Tragwerk nicht empfindlich auf Änderungen von G reagiert. Bei empfindlichen Tragwerken oder grösseren Variationsbreiten sind untere und obere Werte $G_{k,inf}$ und $G_{k,sup}$ zu verwenden (im Allgemeinen die 5%- und 95%-Fraktile der statistischen Verteilung von G , die als Gauss'sche Normalverteilung angenommen werden darf).
- 3.2.2.4 Eigenlasten von Tragwerken dürfen im Allgemeinen durch einen einzigen charakteristischen Wert dargestellt und aufgrund der plangemässen Abmessungen sowie mittlerer Raumlasten (siehe Norm SIA 261) ermittelt werden.

3.2.2.5 Als charakteristische Werte der Vorspannung P_k sind je nach betrachtetem Zeitpunkt und Art der Vorspannung Mittelwerte, obere oder untere Werte zu verwenden.

3.2.2.6 Bei veränderlichen Einwirkungen soll der charakteristische Wert Q_k wie folgt festgelegt werden:

- als oberer oder unterer Wert, der während des Bezugszeitraums mit einer vorgesehenen Wahrscheinlichkeit nicht über- oder nicht unterschritten wird
- bei unbekannter statistischer Verteilung als Nennwert.

In der Regel dürfen der Bezugszeitraum zu einem Jahr und die vorgesehene Wahrscheinlichkeit zu 98% (entsprechend einer Wiederkehrperiode von 50 Jahren) angenommen werden.

3.2.2.7 Einwirkungen infolge Wasser sind unter Berücksichtigung des hydraulischen Potenzials sowie auf der Grundlage von Messungen oder Schätzungen der Wasserstände, der Wasserdrücke oder Porenwasserdrücke und deren Schwankungen zu ermitteln. Die massgebenden Wasserstände, Wasserdrücke und Porenwasserdrücke sind abgestimmt auf die Bemessungssituation und den Bezugszeitraum festzulegen. Wasserströmungen und Wellen sind gegebenenfalls zu berücksichtigen.

3.2.2.8 Bei aussergewöhnlichen Einwirkungen wird direkt der Bemessungswert A_d festgelegt.

3.2.3 Weitere repräsentative Werte für veränderliche Einwirkungen

3.2.3.1 Mit den Reduktionsbeiwerten ψ_0 , ψ_1 und ψ_2 (siehe Anhänge A bis F) wird die reduzierte Wahrscheinlichkeit des gleichzeitigen Auftretens der ungünstigsten Werte mehrerer unabhängiger Einwirkungen berücksichtigt.

3.2.3.2 Seltene Werte $\psi_0 Q_k$ werden begleitend mit einer veränderlichen Leiteinwirkung verwendet.

3.2.3.3 Häufige Werte $\psi_1 Q_k$ sind so festgelegt, dass

- entweder die Gesamtzeit innerhalb eines Bezugszeitraums, während der sie überschritten werden, durch einen gegebenen Wert (z.B. 1% für Nutzlasten in Gebäuden) begrenzt ist
- oder die Häufigkeit der Überschreitung durch einen gegebenen Wert (z.B. wöchentlich einmal bei Strassenverkehrslasten) begrenzt ist.

3.2.3.4 Quasi-ständige Werte $\psi_2 Q_k$ werden

- entweder so festgelegt, dass sie während eines beträchtlichen Teils des Bezugszeitraums (z.B. 50% für Nutzlasten in Gebäuden) überschritten werden
- oder als Mittelwerte für den Bezugszeitraum bestimmt.

3.2.4 Ermüdungseinwirkungen

3.2.4.1 In der Regel gelten die Bestimmungen der Normen SIA 261 und SIA 261/1.

3.2.4.2 Für Fälle ausserhalb des Anwendungsbereichs der Normen SIA 261 und SIA 261/1 sind die Ermüdungseinwirkungen aus Messungen oder äquivalenten Untersuchungen von Einwirkungsspektren zu bestimmen.

3.2.5 Dynamische Einwirkungen

3.2.5.1 Die in den Normen SIA 261 und SIA 261/1 enthaltenen Einwirkungsmodelle berücksichtigen Beschleunigungseffekte entweder in den charakteristischen Werten oder über dynamische Beiwerte.

3.2.5.2 Wenn dynamische Einwirkungen erhebliche Beschleunigungen des Tragwerks verursachen, sind dynamische Berechnungen durchzuführen.

3.2.6 Einwirkungen aus dem Baugrund

3.2.6.1 Einwirkungen aus dem Baugrund umfassen Erd- und Wasserdrücke und führen zu Auswirkungen in Form von effektiven Normalspannungen, Scherkräften und Baugrundverformungen. In der Regel sind sie als ständige Einwirkungen zu behandeln. In gewissen Bemessungssituationen ist eine Behandlung als veränderliche oder aussergewöhnliche Einwirkungen angezeigt.

- 3.2.6.2 Die Einwirkungen des Grundwassers können entweder als Auftrieb und Gesamtwasserdruck (totale ständige Einwirkungen und absolute Porenwasserdrücke) oder als Strömungsdruck (effektive ständige Einwirkungen und Porenwasserüberdrücke) erfasst werden.
- 3.2.6.3 Einwirkungen aus dem Baugrund sind auf der Basis charakteristischer Werte nach anerkannten bodenmechanischen Verfahren zu ermitteln.
- 3.2.6.4 Grösse, Richtung und Verteilung von Erddrücken hängen von den Baugrundeigenschaften, den Bauvorgängen, der Wirkung des Grundwassers und der Interaktion von Baugrund und übrigem Tragwerk ab.
- 3.2.6.5 Bei der Untersuchung der Interaktion von Baugrund und übrigem Tragwerk sind in der Regel vorsichtige Erwartungswerte der Steifigkeiten von Baugrund und übrigem Tragwerk anzunehmen. Das nichtlineare Verhalten des Baugrunds ist zu berücksichtigen. Je nach Bemessungssituation können obere oder untere Werte der Steifigkeiten massgebend sein.
- 3.2.6.6 Einwirkungen aus Grundwasser können andauernden, vorübergehenden oder aussergewöhnlichen Bemessungssituationen entsprechen und sind entweder unter Berücksichtigung des Gesamtwasserdrucks oder der entsprechenden Wasserstände und Strömungsdrücke zu ermitteln.

3.2.7 **Umwelteinflüsse**

- 3.2.7.1 Umwelteinflüsse sind bei der Festlegung des Tragwerkskonzepts und der Tragwerksabmessungen, bei der Wahl der Baustoffe und bei der konstruktiven Durchbildung zu berücksichtigen.
- 3.2.7.2 Die Auswirkungen von Umwelteinflüssen sind stark von der Bauweise abhängig und soweit möglich gemäss den Normen SIA 262 bis 267 quantitativ zu erfassen.
- 3.2.7.3 Das Zusammenwirken zweier oder mehrerer Umwelteinflüsse führt oft zu schwerwiegenderen Auswirkungen als die Summe der Auswirkungen infolge der einzelnen Einflüsse.

3.3 **Tragwerksmodell**

3.3.1 **Allgemeines**

- 3.3.1.1 Das Tragwerksmodell verbindet Einwirkungen, geometrische Grössen sowie Baustoff- und Baugrundeigenschaften zum Zweck der Tragwerksanalyse.
- 3.3.1.2 Das gewählte Tragwerksmodell muss sich für die Vorhersage des Tragverhaltens in den zu betrachtenden Bemessungssituationen eignen.

3.3.2 **Geometrische Grössen**

- 3.3.2.1 Geometrische Grössen sind durch charakteristische Werte oder direkt durch Bemessungswerte (z. B. Imperfektionen) darzustellen.
- 3.3.2.2 Bei planmässig festgelegten geometrischen Grössen (Abmessungen) entspricht der charakteristische Wert normalerweise dem Nennwert, bei anderen geometrischen Grössen (z. B. Schütthöhen, Grundwasserspiegel) dem vorsichtigen Erwartungswert. Sofern gegebene Grenzen der Massabweichungen überschritten werden können, ist dies in der Projektbasis festzuhalten.
- 3.3.2.3 Wenn die statistische Verteilung von geometrischen Grössen ausreichend bekannt ist, dürfen die Bemessungswerte bestimmten vorgegebenen Fraktilwerten entsprechen.
- 3.3.2.4 Bei der Projektierung zu berücksichtigende Imperfektionen und Massabweichungen sind in den Normen SIA 262 bis 267 angegeben.

3.3.3 **Baustoff- und Baugrundeigenschaften**

- 3.3.3.1 Baustoff-, Bauprodukte- und Baugrundeigenschaften werden durch charakteristische Werte dargestellt, die in einer hypothetisch unbegrenzten Versuchsreihe mit einer bestimmten Wahrscheinlichkeit nicht unter- oder nicht überschritten werden.
- 3.3.3.2 Sofern ein Nachweis eines Grenzzustands empfindlich auf Änderungen einer Baustoff- oder Baugrundeigenschaft reagiert, sind untere oder obere charakteristische Werte (im Allgemeinen die 5%- und 95%-Fraktilwerte) zu verwenden.
- 3.3.3.3 Sofern ein Nachweis eines Grenzzustands wenig empfindlich auf Änderungen einer Baustoff- oder Baugrundeigenschaft reagiert und diese eine geringe Streuung aufweist, darf als charakteristischer Wert der Mittelwert angenommen werden.
- 3.3.3.4 Werte von Baustoff- und Baugrundeigenschaften sind in der Regel mit genormten Prüfverfahren unter vorgeschriebenen Bedingungen zu ermitteln. Gegebenenfalls ist ein Umrechnungsfaktor zu verwenden, um die Prüfergebnisse in Werte umzurechnen, von denen man annehmen kann, dass sie für das Tragwerk oder den Baugrund repräsentativ sind.
- 3.3.3.5 Bei Baugrundeigenschaften entspricht der charakteristische Wert in der Regel einem vorsichtigen Erwartungswert (5%- oder 95%-Fraktilwert der Mittelwertstreuung).
- 3.3.3.6 Sofern nicht genügend statistische Daten vorliegen, dürfen als charakteristische Werte Nennwerte verwendet werden oder es können direkt Bemessungswerte festgelegt werden.
- 3.3.3.7 Gegebenenfalls sind obere charakteristische Werte von Baustoff- oder Baugrundfestigkeiten zu verwenden, z.B. bei der Kapazitätsbemessung oder für die Betonzugfestigkeit bei der Betrachtung aufgezwungener oder behinderter Verformungen.
- 3.3.3.8 Die Ermüdungsfestigkeit ist gemäss den Bestimmungen der Normen SIA 262 bis 265 zu berücksichtigen.

3.3.4 **Berechnungsmodelle für statische Einwirkungen**

- 3.3.4.1 Das gewählte Berechnungsmodell soll von geeigneten Beziehungen zwischen den massgebenden Kraft- und Verformungsgrössen der einzelnen Bauteile und deren Verbindungen ausgehen.
- 3.3.4.2 Effekte 2. Ordnung sind zu berücksichtigen, wenn sie zu einer erheblichen Vergrösserung der Auswirkungen führen. Die Anwendung ist in den Normen SIA 262 bis 266 geregelt.
- 3.3.4.3 Bei der Ermittlung plastischer Verformungen ist der Einfluss aufgezwungener oder behinderter Verformungen zu berücksichtigen.
- 3.3.4.4 Aufgezwungene Verformungen aus dem Baugrund sind mit vorsichtigen Erwartungswerten der Baugrundsteifigkeit zu berücksichtigen.
- 3.3.4.5 Bei beträchtlicher Beeinflussung des Tragwerksverhaltens durch den Baugrund ist die Interaktion von Baugrund und übrigen Tragwerk durch eine geeignete Modellierung zu berücksichtigen. Die Anwendung ist in Norm SIA 267 geregelt.

3.3.5 **Berechnungsmodelle für dynamische Einwirkungen**

- 3.3.5.1 Im Berechnungsmodell sind Masse, Steifigkeit, Tragwiderstand und Dämpfung aller Bauteile möglichst realistisch zu berücksichtigen.
- 3.3.5.2 Wenn dynamische Einwirkungen als quasi-statisch betrachtet werden können, werden sie, im Falle von aussergewöhnlichen Einwirkungen, durch statische Ersatzkräfte unter Berücksichtigung der Duktilität des Tragwerks ersetzt. Bei veränderlichen Einwirkungen werden die dynamischen Anteile entweder den statischen Werten zugeschlagen oder über dynamische Vergrösserungsfaktoren berücksichtigt. Für bestimmte dynamische Vergrösserungsfaktoren sind Eigenfrequenzen zu ermitteln.
- 3.3.5.3 Bei beträchtlicher Interaktion von Baugrund und übrigen Tragwerk kann der Beitrag des Baugrunds mittels geeigneter Feder-, Massen- und Dämpfungselemente berücksichtigt werden. Die Anwendung ist in der Norm SIA 267 geregelt.

- 3.3.5.4 In bestimmten Fällen können die Einwirkungen aufgrund einer Schwingungsberechnung unter der Annahme eines bezüglich Geometrie und Baustoff linearen Verhaltens ermittelt werden. Sofern nur die Grundschiwingung massgebend ist, kann die Schwingungsberechnung durch eine Berechnung mit äquivalenten statischen Einwirkungen ersetzt werden, die unter anderem von der Schwingungsform, der Eigenfrequenz und der Dämpfung abhängen.
- 3.3.5.5 In gewissen Fällen können die dynamischen Einwirkungen mit Hilfe von Zeitverläufen oder im Frequenzbereich angegeben werden.
- 3.3.5.6 Richtwerte zur Beurteilung von Schwingungen im Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit sind in den Anhängen A und C angegeben.
- 3.3.6 **Berechnungsmodelle für Brandeinwirkungen**
- 3.3.6.1 Die vorliegende Norm und die Normen SIA 261 bis 266 beschränken sich auf Angaben zum baulichen Brandschutz. Dieser dient dazu, die Brandausbreitung auf den betroffenen Brandabschnitt zu begrenzen und den Schutz von Personen vor einem vorzeitigen Versagen des Tragwerks zu gewährleisten.
- 3.3.6.2 Die Erfüllung der Anforderungen an den baulichen Brandschutz ist anhand einer Analyse des Gesamttragwerks bzw. einzelner Tragwerksabschnitte oder Bauteile nachzuweisen.
- 3.3.6.3 Die Tragwerksanalyse für die Bemessungssituation Brand hat unter Verwendung geeigneter Modelle zu erfolgen, wobei thermische und mechanische Einwirkungen sowie das Tragwerksverhalten bei erhöhten Temperaturen zu berücksichtigen sind. Die Tragwerksanalyse kann mit Versuchen ergänzt werden.
- 3.3.6.4 Thermische und mechanische Einwirkungen sind gemäss den Bestimmungen der Norm SIA 261 anzunehmen.
- 3.3.6.5 Das Tragwerksverhalten bei erhöhten Temperaturen ist gemäss den Angaben in den Normen SIA 262 bis 266 zu behandeln oder anhand von Versuchen zu analysieren.

4 BEMESSUNG

4.1 Allgemeines

- 4.1.1 Mit der Bemessung werden die Abmessungen, die Baustoffe und ihre Eigenschaften sowie die konstruktive Durchbildung eines Tragwerks in Abstimmung auf die Anforderungen an den Entwurf festgelegt.
- 4.1.2 In der Regel wird die Bemessung nach Grenzzuständen vorgenommen. Dies erfordert:
- das Aufstellen geeigneter Tragwerks- und Einwirkungsmodelle
 - die Wahl angemessener Berechnungsmodelle
 - die Wahl massgebender Bemessungssituationen
 - den Nachweis, dass die relevanten Grenzzustände nicht überschritten werden.
- 4.1.3 Im Allgemeinen sind die gemäss Ziffer 3.2 festgelegten charakteristischen oder anderen repräsentativen Werte in Verbindung mit dem Nachweiskonzept mittels Bemessungswerten gemäss Ziffer 4.4 zu verwenden.
- 4.1.4 Gegebenenfalls sind Bemessungswerte direkt zu ermitteln, wobei die damit verbundene Zuverlässigkeit mindestens dem Niveau des in Ziffer 4.4 festgelegten Nachweiskonzepts entsprechen muss.
- 4.1.5 Die Grundlagen und Ergebnisse der Bemessung sind in der statischen Berechnung und im technischen Bericht festzuhalten.
- 4.1.6 Die Ergebnisse der Bemessung sind auf ihre Plausibilität zu prüfen.

4.2 Bemessungssituationen

- 4.2.1 Die betrachteten Bemessungssituationen sollen alle vorhersehbaren Bedingungen einschliessen, die während der Ausführung und Nutzung auftreten können.
- 4.2.2 Bemessungssituationen werden in andauernde, vorübergehende und aussergewöhnliche Situationen eingeteilt.
- 4.2.3 Bauzustände können als andauernde oder vorübergehende Bemessungssituationen betrachtet werden.
- 4.2.4 Aussergewöhnliche Bemessungssituationen beinhalten entweder die aussergewöhnliche Situation oder sie beziehen sich auf die Situation unmittelbar nach dem aussergewöhnlichen Ereignis.
- 4.2.5 Die zu den Bemessungssituationen gehörigen Lastfälle sind festzulegen.
- 4.2.6 Jeder Lastfall wird durch eine Leiteinwirkung und die gleichzeitig mit ihr auftretenden Begleiteinwirkungen charakterisiert. In der Regel genügt es, eine einzige veränderliche Begleiteinwirkung zu berücksichtigen.
- 4.2.7 Bei Versagen ohne Vorankündigung ist zu untersuchen, ob Auswirkungen infolge behinderter oder aufgezwungener Verformungen als zusätzliche Begleiteinwirkung mit ihrem seltenen Wert zu berücksichtigen sind.

4.3 Grenzzustände

4.3.1 Grenzzustände der Tragsicherheit

- 4.3.1.1 Grenzzustände der Tragsicherheit betreffen:
- die Sicherheit des Tragwerks
 - die Sicherheit von Personen.

- 4.3.1.2 Grenzzustände der Tragsicherheit umfassen:
- die Gesamtstabilität des Tragwerks
 - den Tragwiderstand des Tragwerks oder eines seiner Bauteile, einschliesslich Auflager und Gründung
 - die Ermüdungsfestigkeit des Tragwerks oder eines seiner Bauteile.

4.3.2 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit

4.3.2.1 Grenzzustände der Gebrauchstauglichkeit betreffen:

- die Funktionstüchtigkeit des Bauwerks
- den Komfort der Personen, die das Bauwerk nutzen
- das Aussehen des Bauwerks.

4.3.2.2 Die Bemessungskriterien der Gebrauchstauglichkeit können sich beziehen auf:

- Verformungen, welche die Funktionstüchtigkeit oder das Aussehen des Bauwerks beeinträchtigen oder Schädigungen an 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, Hochwasser).

4.4 Nachweise

4.4.1 Allgemeines

4.4.1.1 Grundsätzlich sind die Nachweise der Tragsicherheit und der Gebrauchstauglichkeit zu erbringen. Die Nachweise sind mithilfe von Bemessungswerten zu führen.

4.4.1.2 Ein Nachweis kann entfallen, wenn feststeht, dass er nicht massgebend wird.

4.4.1.3 Auf einen Nachweis darf verzichtet werden, wenn gezeigt wird, dass die entsprechenden Anforderungen von untergeordneter Bedeutung sind oder mit konstruktiven oder ausführungstechnischen Massnahmen erreicht werden können. Das gewählte Vorgehen ist auf jeden Fall in der Projektbasis zu dokumentieren.

4.4.2 Bemessungswerte

4.4.2.1 Der Bemessungswert F_d einer Einwirkung beträgt in Verbindung mit (9):

$$F_d = \gamma_f F_{rep} \quad (1)$$

oder in Verbindung mit (10):

$$F_d = \gamma_F F_{rep} \quad (2)$$

mit dem Lastbeiwert:

$$\gamma_F = \gamma_S \gamma_f \quad (3)$$

Der Partialfaktor γ_S berücksichtigt die Modellunschärfen bezüglich der Ein- und Auswirkungen.

Der Partialfaktor γ_f berücksichtigt mögliche ungünstige Abweichungen der Einwirkungsgrösse vom repräsentativen Wert F_{rep} .

4.4.2.2 Der Bemessungswert A_d für Erdbebeneinwirkung wird gemäss Norm SIA 261 unter Berücksichtigung des Tragwerksverhaltens und anderer Kriterien festgelegt.

4.4.2.3 In der Regel gilt für den Bemessungswert a_d einer geometrischen Grösse:

$$a_d = a_{nom} \quad (4)$$

Sofern Abweichungen vom Nennwert einen erheblichen Einfluss auf die Zuverlässigkeit des Tragwerks ausüben, ist dies wie folgt zu berücksichtigen:

$$a_d = a_{nom} \pm \Delta a \quad (5)$$

4.4.2.4 Für den Bemessungswert X_d einer Baustoff- oder Baugrundeigenschaft gilt in Verbindung mit (11):

$$X_d = \frac{\eta X_k}{\gamma_m} \quad (6)$$

oder in Verbindung mit (12) und (13):

$$X_d = \frac{\eta X_k}{\gamma_M} \quad (7)$$

mit dem Widerstandsbeiwert:

$$\gamma_M = \gamma_R \gamma_m \quad (8)$$

Der Partialfaktor γ_R berücksichtigt die Unschärfen im Widerstandsmodell. Der Partialfaktor γ_m berücksichtigt die ungünstigen Abweichungen der Baustoff- oder Baugrundeigenschaft von ihrem charakteristischen Wert X_k . Der Umrechnungsfaktor η berücksichtigt beispielsweise Feuchtigkeits- oder Temperatureinflüsse, Massstabeffekte, die Bruchart oder die Zeitdauer der Einwirkung.

4.4.2.5 Der Bemessungswert E_d einer Auswirkung ermittelt sich allgemein zu:

$$E_d = \gamma_S E \{ \gamma_f F_{rep}, X_d, a_d \} \quad (9)$$

In der Regel kann anstelle von (9) der Ausdruck:

$$E_d = E \{ \gamma_F F_{rep}, X_d, a_d \} \quad (10)$$

verwendet werden.

4.4.2.6 Wenn zwischen günstigen und ungünstigen Auswirkungen einer ständigen Einwirkung unterschieden werden muss, sind zwei Lastbeiwerte $\gamma_{G,inf}$ und $\gamma_{G,sup}$ zu verwenden. Werden Erd- und Wasserdrücke als veränderliche Einwirkungen behandelt (siehe Ziffer 3.2.6.1), sind zwei Lastbeiwerte $\gamma_{Q,inf}$ und $\gamma_{Q,sup}$ zu verwenden.

4.4.2.7 Allgemein gilt für den Bemessungswert R_d des Tragwiderstands:

$$R_d = \frac{R \{ X_d, a_d \}}{\gamma_R} \quad (11)$$

In der Regel können anstelle von (11) die Ausdrücke:

$$R_d = R \left\{ \frac{\eta X_k}{\gamma_M}, a_d \right\} \quad (12)$$

oder:

$$R_d = \frac{\eta R_k}{\gamma_M} \quad (13)$$

verwendet werden.

4.4.2.8 Die Bemessungswerte C_d von Gebrauchsgrenzen sind in der Regel entsprechend den Nutzungsanforderungen projektspezifisch festzulegen oder zu vereinbaren. Richtwerte sind in den Anhängen A bis F angegeben. Weitere, bauweisenspezifische Richtwerte sind in den Normen SIA 262 bis 267 enthalten.

4.4.3 Nachweis der Tragsicherheit

- 4.4.3.1 Im Rahmen des Nachweises der Tragsicherheit sind vier Typen von Grenzzuständen zu unterscheiden:
- Der Typ 1 betrifft die Gesamtstabilität eines Tragwerks (Kippen, Abheben oder Aufschwimmen als starrer Körper)
 - Der Typ 2 betrifft das Erreichen des Tragwiderstands des Tragwerks oder eines seiner Bauteile (Versagen durch Bruch, übermässige Verformungen, Umwandlung des Tragwerks in einen Mechanismus oder Verlust der Stabilität eines oder mehrerer Bauteile)
 - Der Typ 3 betrifft das Erreichen des Tragwiderstands des Baugrunds (Hangrutschung, Böschungsbruch, Geländebruch)
 - Der Typ 4 betrifft das Erreichen der Ermüdungsfestigkeit des Tragwerks oder eines seiner Bauteile.

4.4.3.2 Für Grenzzustände des Typs 1 gilt die Tragsicherheit als nachgewiesen, wenn folgendes Bemessungskriterium erfüllt ist:

$$E_{d,dst} \leq E_{d,stab} \quad (14)$$

4.4.3.3 Für Grenzzustände der Typen 2 und 3 gilt die Tragsicherheit als nachgewiesen, wenn folgendes Bemessungskriterium erfüllt ist:

$$E_d \leq R_d \quad (15)$$

Tabelle 1: Lastbeiwerte für den Nachweis der Tragsicherheit

Einwirkungen	γ_F	Grenzzustand		
		Typ 1	Typ 2	Typ 3
Ständige Einwirkungen				
– ungünstig wirkend	$\gamma_{G,sup}$	1,10 ¹⁾	1,35 ¹⁾	1,00
– günstig wirkend	$\gamma_{G,inf}$	0,90 ¹⁾	0,80 ¹⁾	1,00
Veränderliche Einwirkungen				
– im Allgemeinen	γ_Q	1,50	1,50	1,30
– Strassenverkehrslasten	γ_Q	1,50	1,50	1,30
– Bahnverkehrslasten:				
– Lastmodelle 1, 2, 4 bis 7	γ_Q	1,45	1,45	1,25
– Lastmodell 3	γ_Q	1,45	1,20	1,25
Einwirkungen aus dem Baugrund				
Erdauflasten				
– ungünstig wirkend	$\gamma_{G,sup}$	1,10	1,35 ^{2) 3)}	1,00
– günstig wirkend	$\gamma_{G,inf}$	0,90	0,80	1,00
Erddruck				
– ungünstig wirkend	$\gamma_{G,Q,sup}$	1,35	1,35	1,00
– günstig wirkend ⁴⁾	$\gamma_{G,Q,inf}$	0,80	0,70	1,00
Wasserdruck				
– ungünstig wirkend	$\gamma_{G,Q,sup}$	1,05	1,20 ³⁾	1,00
– günstig wirkend	$\gamma_{G,Q,inf}$	0,95	0,90	1,00
¹⁾ G wird entweder mit $\gamma_{G,sup}$ oder mit $\gamma_{G,inf}$ multipliziert, je nachdem, ob die Gesamtauswirkung ungünstig oder günstig ist. ²⁾ Für Schütthöhen von 2 bis 6 m darf $\gamma_{G,sup}$ linear von 1,35 auf 1,20 reduziert werden. ³⁾ Bei Anwendung der Beobachtungsmethode sind gemäss Norm SIA 267 in bestimmten Fällen reduzierte Werte zulässig. ⁴⁾ Für passiven Erddruck als günstig wirkende Einwirkung gilt gemäss Norm SIA 267 $F_d = R_d$.				

- 4.4.3.4 Für andauernde und vorübergehende Bemessungssituationen sind die Bemessungswerte der Auswirkungen gemäss (10) wie folgt zu ermitteln:

$$E_d = E\{\gamma_G G_k, \gamma_P P_k, \gamma_{Q1} Q_{k1}, \psi_{0i} Q_{ki}, X_d, a_d\} \quad (16)$$

Die Lastbeiwerte γ_G und γ_Q sowie die Reduktionsbeiwerte ψ_{0i} gehen aus Tabelle 1 und aus den Anhängen A bis F hervor. Die Lastbeiwerte γ_P sind in den Normen SIA 262 und SIA 267 festgelegt.

Für Bauzustände ist bei Anwendung der Beobachtungsmethode eine angemessene Abminderung der Lastbeiwerte zulässig.

- 4.4.3.5 Für aussergewöhnliche Bemessungssituationen sind die Bemessungswerte der Auswirkungen gemäss (10) im Allgemeinen wie folgt zu ermitteln:

$$E_d = E\{G_k, P_k, A_d, \psi_{2i} Q_{ki}, X_d, a_d\} \quad (17)$$

Die Reduktionsbeiwerte ψ_{2i} gehen aus den Anhängen A bis F hervor.

- 4.4.3.6 Für die Bemessungssituation Anprall muss fallweise entschieden werden, ob neben der aussergewöhnlichen Leiteinwirkung A_d und den ständigen und quasi-ständigen Begleiteinwirkungen noch eine veränderliche Begleiteinwirkung mit ihrem häufigen Wert $\psi_{11} Q_{k1}$ zu berücksichtigen ist.

- 4.4.3.7 Die aussergewöhnliche Leiteinwirkung A_d der Bemessungssituation Brand berücksichtigt den Temperatureinfluss auf die Baustoffeigenschaften und die Auswirkungen des Verformungsverhaltens unter brandbedingter, erhöhter Temperatur.

- 4.4.3.8 Für Grenzzustände des Typs 4 gilt die Tragsicherheit als nachgewiesen, wenn folgendes Bemessungskriterium erfüllt ist:

$$E_d \leq R_d \quad (18)$$

Die Normen SIA 262 bis 265 und SIA 267 regeln in Verbindung mit der Norm SIA 261 die Ermittlung der Ermüdungswirkung der Betriebslasten und legen zugehörige Widerstände und Partialfaktoren fest.

4.4.4 Nachweis der Gebrauchstauglichkeit

- 4.4.4.1 Nachweise der Gebrauchstauglichkeit sind für andauernde und vorübergehende Bemessungssituationen zu führen, in Ausnahmefällen auch für aussergewöhnliche Bemessungssituationen (z.B. Erdbeben für Bauwerksklasse III gemäss der Norm SIA 261).

- 4.4.4.2 Die Gebrauchstauglichkeit gilt als nachgewiesen, wenn folgendes Bemessungskriterium erfüllt ist:

$$E_d \leq C_d \quad (19)$$

Dabei bezeichnet E_d die massgebende Auswirkung infolge der in der untersuchten Bemessungssituation betrachteten Lastfälle, und C_d ist die zugehörige Gebrauchsgrenze.

- 4.4.4.3 E_d ist im Allgemeinen gemäss (10) mit $\gamma_F = \gamma_m = 1,0$ zu ermitteln.

- 4.4.4.4 Für andauernde und vorübergehende Bemessungssituationen sind drei Typen von Lastfällen zu unterscheiden, und die zugehörigen, massgebenden Auswirkungen sind wie folgt zu ermitteln:

- seltene Lastfälle

$$E_d = E\{G_k, P_k, Q_{k1}, \psi_{0i} Q_{ki}, X_d, a_d\} \quad (20)$$

- häufige Lastfälle

$$E_d = E\{G_k, P_k, \psi_{11} Q_{k1}, \psi_{2i} Q_{ki}, X_d, a_d\} \quad (21)$$

- quasi-ständige Lastfälle

$$E_d = E\{G_k, P_k, \psi_{2i} Q_{ki}, X_d, a_d\} \quad (22)$$

Die Reduktionsbeiwerte ψ gehen aus den Anhängen A bis F hervor.



4.4.4.5 Für die Bemessungssituation Erdbeben gilt

$$E_d = E \{G_k, P_k, A_d, \psi_{2i} Q_{ki}, X_d, a_d\} \quad (23)$$

wobei für A_d ein im Vergleich zum Nachweis der Tragsicherheit auf 50% reduzierter Wert anzusetzen ist, um die reduzierte Wiederkehrperiode für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit zu berücksichtigen. Die Reduktionsbeiwerte ψ_{2i} gehen aus den Anhängen A bis F hervor. Bei Gebäuden mit Einbauten mit sprödem oder duktilem Verhalten sind die horizontalen Auslenkungen pro Stockwerk auf $1/500$ beziehungsweise $1/200$ der Stockwerkshöhe zu begrenzen.

4.5 Versuchsgestützte Bemessung

4.5.1 Die Bemessung darf durch Versuche unterstützt werden, z.B. wenn:

- Einwirkungen, Baustoff- oder Baugrundeigenschaften nicht ausreichend bekannt sind
- keine angemessenen Berechnungsmodelle zur Verfügung stehen
- eine grosse Anzahl gleicher Bauteile verwendet werden soll.

4.5.2 Die Versuche sind so zu planen, durchzuführen und auszuwerten, dass das Tragwerk hinsichtlich aller massgebenden Bemessungssituationen und Grenzzustände eine Zuverlässigkeit aufweist, wie sie gewöhnlich auf der Grundlage einer Bemessung nach den Normen SIA 260 bis 267 erreicht wird.

4.5.3 Probenentnahmen und Prüfbedingungen haben repräsentativ zu sein.

4.5.4 Implizite Sicherheitsfestlegungen (z. B. Vernachlässigung der Betonzugfestigkeit) in vergleichbaren Bestimmungen der Normen SIA 261 bis 267 sind bei der Versuchsauswertung zu berücksichtigen.

4.6 Zuverlässigkeitstheorie

4.6.1 Die Bemessung kann durch Anwendung von Methoden der Zuverlässigkeitstheorie unterstützt werden, beispielsweise zur Sicherstellung einer angemessenen Robustheit.

4.6.2 Methoden der Zuverlässigkeitstheorie sind anzuwenden, wenn der Anwendungsbereich der vorliegenden Norm sowie der Normen SIA 261 bis 267 verlassen wird, beispielsweise

- bei Einwirkungen und Gefährdungen ausserhalb des durch die Norm SIA 261 abgedeckten Bereichs
- bei aussergewöhnlichen Tragsystemen oder aussergewöhnlicher Geometrie eines Tragwerks
- bei der Anwendung von Baustoffen oder Baustoffkombinationen ausserhalb des üblichen Erfahrungsbereichs
- bei Fällen mit ausserordentlich schweren Folgen eines Versagens.

4.6.3 Methoden der Zuverlässigkeitstheorie können sowohl für die Bemessung von Tragwerken oder einzelner Bauteile als auch für die Festlegung projektspezifischer Bemessungsvorschriften eingesetzt werden.

ANHANG A (normativ)

GEBÄUDE

Tabelle 2: Reduktionsbeiwerte für Gebäude

Einwirkungen	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Nutzlasten in Gebäuden			
– Kategorie A Wohnflächen	0,7	0,5	0,3
– Kategorie B Büroflächen	0,7	0,5	0,3
– Kategorie C Versammlungsräume	0,7	0,7	0,6
– Kategorie D Verkaufsflächen	0,7	0,7	0,6
– Kategorie E Lagerflächen	1,0	0,9	0,8
Verkehrslasten in Gebäuden			
– Kategorie F Fahrzeuge unter 3,5 t	0,7	0,7	0,6
– Kategorie G Fahrzeuge von 3,5 bis 16 t	0,7	0,5	0,3
– Kategorie H Dächer	0	0	0
Schneelasten	$1 - 60/h_0$	$1 - 250/h_0$	$1 - 1000/h_0$
Windkräfte	0,6	0,5	0
Temperatureinwirkungen	0,6	0,5	0
Einwirkungen aus dem Baugrund			
– Erddruck	0,7	0,7	0,7
– Wasserdruck	0,7	0,7	0,7

Tabelle 3: Richtwerte für Durchbiegungen von Decken und Balken

Grenzzustand	Folgen der Auswirkungen		
	irreversibel	reversibel	reversibel
	Lastfall		
	selten (20)	häufig (21)	quasi-ständig (22)
Funktionstüchtigkeit			
– Einbauten mit sprödem Verhalten	$w \leq l/500$ ^{1) 2)}	$w \leq l/350$ ¹⁾ $w \leq l/350$ ³⁾	
– Einbauten mit duktilem Verhalten			
– Nutzung und Betrieb			
Komfort		$w \leq l/350$ ³⁾	
Aussehen			$w \leq l/300$ ⁴⁾
<p>1) Durchbiegung infolge der Einwirkungen und Langzeitwirkungen nach dem Einbau aller sekundären Bauteile und der technischen Ausrüstung.</p> <p>2) Wenn Einbauten besonders empfindlich auf Verformungen des Tragwerks reagieren, sind neben oder anstelle von bemessungstechnischen vor allem auch konstruktive Massnahmen gegen Beschädigungen vorzusehen.</p> <p>3) Durchbiegung infolge der veränderlichen Einwirkungen.</p> <p>4) Durchbiegung nach Abzug einer allfälligen Überhöhung. Allfällige Langzeitwirkungen sind zu berücksichtigen.</p>			
<p>Die Durchbiegungen sind gemäss den Normen SIA 262 bis 266 zu bestimmen.</p> <p>Abweichende Grenzwerte für Durchbiegungen können in Abstimmung auf die Nutzungsanforderungen vereinbart und müssen in der Projektbasis festgelegt werden. Insbesondere für sekundäre Bauteile können reduzierte Anforderungen gelten.</p>			

Tabelle 4: Richtwerte für horizontale Auslenkungen von Wänden, Rahmen und Stützen

Grenzzustand	Folgen der Auswirkungen		
	irreversibel	reversibel	reversibel
	Lastfall		
	selten (20)	häufig (21)	quasi-ständig (22)
Funktionstüchtigkeit – Einbauten mit sprödem Verhalten – Einbauten mit duktilem Verhalten – Nutzung und Betrieb	$u \leq h/500$ ^{1) 2)}	$u \leq h/200$ ¹⁾ $u \leq H/300$	
Aussehen			$u \leq h/250$ ¹⁾
¹⁾ Horizontale Auslenkung infolge der veränderlichen Einwirkungen. ²⁾ Wenn Einbauten besonders empfindlich auf Verformungen des Tragwerks reagieren, sind neben oder anstelle von bemessungstechnischen vor allem auch konstruktive Massnahmen gegen Beschädigungen vorzusehen.			
Die horizontalen Auslenkungen sind gemäss den Normen SIA 262 bis 266 zu bestimmen. Abweichende Grenzwerte für horizontale Auslenkungen können in Abstimmung auf die Nutzungsanforderungen vereinbart und müssen in der Projektbasis festgelegt werden. Insbesondere für Kranbahnen können erhöhte Anforderungen gelten, siehe Anhang F.			

Tabelle 5: Richtwerte für Eigenfrequenzen bei Gebäuden

Grenzzustand	Eigenfrequenz [Hz]
Komfort – Turn- und Sporthallen – Tanzlokale und Konzertsäle	$f > 8,0$ $f > 7,0$
Eigenfrequenzen abweichend von den angegebenen Richtwerten sind zugelassen, wenn eine genauere dynamische Berechnung unter Berücksichtigung der Dämpfung durchgeführt wird.	

ANHANG B (normativ)

STRASSENBRÜCKEN

Tabelle 6: Reduktionsbeiwerte für Strassenbrücken

Einwirkungen	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Vertikale Lasten			
– Lastmodell 1	0,75	0,75	0
– Lastmodell 3	0	0	0
Horizontale Kräfte ¹⁾	0,75	0,75	0
Schneelasten ²⁾	0,6	0,2	0
Windkräfte	0,6	0,2	0
Temperatureinwirkungen	0,6	0,6	0,5
Einwirkungen aus dem Baugrund			
– Erddruck	0,7	0,7	0,7
– Wasserdruck	0,7	0,7	0,7

¹⁾ Die horizontalen Kräfte sind gleichzeitig mit Lastmodell 1 wirkend anzunehmen.
²⁾ Schneelasten sind nur bei gedeckten Brücken als Begleiteinwirkung zu berücksichtigen.

Tabelle 7: Richtwerte für Durchbiegungen von Strassenbrücken

Grenzzustand	Folgen der Auswirkungen		
	irreversibel	reversibel	reversibel
	Lastfall		
	selten (20)	häufig (21)	quasi-ständig (22)
Funktionstüchtigkeit – vertikale Relativverschiebung bei Fahrbahn- übergängen		$\delta_v \leq 5 \text{ mm}$ ^{1) 2) 3)}	
Komfort		$w \leq l/500$ ⁴⁾	
Aussehen			$w \leq l/700$ ^{1) 2)}

¹⁾ Durchbiegung nach Abzug einer allfälligen Überhöhung. Allfällige Langzeitwirkungen aus Schwinden, Relaxation oder Kriechen sind zu berücksichtigen.
²⁾ Durchbiegung infolge der Einwirkungen und Langzeitwirkungen nach dem Einbau der relevanten technischen Ausrüstung.
³⁾ Wenn Einbauten besonders empfindlich auf Verformungen des Tragwerks reagieren, sind neben oder anstelle von bemessungstechnischen vor allem auch konstruktive Massnahmen gegen Beschädigungen vorzusehen. Richtlinien der Herstellenden und Anbietenden der einzubauenden Bauprodukte sind zu beachten.
⁴⁾ Durchbiegung infolge des häufigen Werts des Lastmodells 1.

Die Durchbiegungen sind gemäss den Normen SIA 262 bis 266 zu bestimmen.

Abweichende Grenzwerte für Durchbiegungen können in Abstimmung auf die Nutzungsanforderungen vereinbart und müssen in der Projektbasis festgelegt werden. Insbesondere für sekundäre Bauteile können reduzierte Anforderungen gelten.

ANHANG C (normativ)

FUSS- UND RADWEGBRÜCKEN

Tabelle 8: Reduktionsbeiwerte für Fuss- und Radwegbrücken

Einwirkungen	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Vertikale Lasten			
– Lastmodell 1	0,4	0,4	0
– Lastmodell 2	0	0	0
Horizontale Kräfte ¹⁾	0,4	0,4	0
Schneelasten ²⁾	0,6	0,2	0
Windkräfte	0,6	0,2	0
Temperatureinwirkungen	0,6	0,6	0,5
Einwirkungen aus dem Baugrund			
– Erddruck	0,7	0,7	0,7
– Wasserdruck	0,7	0,7	0,7

¹⁾ Die horizontalen Kräfte sind gleichzeitig mit Lastmodell 1 wirkend anzunehmen.
²⁾ Schneelasten sind nur bei gedeckten Brücken als Begleiteinwirkung zu berücksichtigen.

Tabelle 9: Richtwerte für Durchbiegungen von Fuss- und Radwegbrücken

Grenzzustand	Folgen der Auswirkungen		
	irreversibel	reversibel	reversibel
	Lastfall		
	selten (20)	häufig (21)	quasi-ständig (22)
Funktionstüchtigkeit			
– Durchbiegung im Feld			$w \leq l/700$ ^{1) 2) 3)}
– vertikale Relativverschiebung bei Fahrbahn- übergängen		$\delta_v \leq 5 \text{ mm}$ ^{1) 2) 3)}	
Komfort		$w \leq l/600$ ⁴⁾	
Aussehen			$w \leq l/700$ ^{1) 2)}

¹⁾ Durchbiegung nach Abzug einer allfälligen Überhöhung. Allfällige Langzeitwirkungen aus Schwinden, Relaxation oder Kriechen sind zu berücksichtigen.
²⁾ Durchbiegung infolge der Einwirkungen und Langzeitwirkungen nach dem Einbau der relevanten technischen Ausrüstung.
³⁾ Wenn Einbauten besonders empfindlich auf Verformungen des Tragwerks reagieren, sind neben oder anstelle von bemessungstechnischen vor allem auch konstruktive Massnahmen gegen Beschädigungen vorzusehen. Richtlinien der Herstellenden und Anbietenden der einzubauenden Bauprodukte sind zu beachten.
⁴⁾ Durchbiegung infolge Lastmodell 1.

Die Durchbiegungen sind gemäss den Normen SIA 262 bis 266 zu bestimmen.

Abweichende Grenzwerte für Durchbiegungen können in Abstimmung auf die Nutzungsanforderungen vereinbart und müssen in der Projektbasis festgelegt werden. Insbesondere für sekundäre Bauteile können reduzierte Anforderungen gelten.

Tabelle 10: Richtwerte für Eigenfrequenzen von Fuss- und Radwegbrücken

Grenzzustand	Eigenfrequenz [Hz]
Komfort – vertikale Schwingungen – horizontale Schwingungen (quer) – horizontale Schwingungen (längs)	$f > 4,5$ oder $f < 1,6$ $f > 1,3$ $f > 2,5$
Eigenfrequenzen abweichend von den angegebenen Richtwerten sind zugelassen, wenn eine genauere dynamische Berechnung unter Berücksichtigung der Dämpfung durchgeführt wird.	

ANHANG D (normativ)

NORMALSPURBAHNBRÜCKEN

Tabelle 11: Reduktionsbeiwerte für Normalspurbahnbrücken

Einwirkungen	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Vertikale Lasten			
– Lastmodell 1	1,0	1,0 ¹⁾	0 ²⁾
– Lastmodell 2	1,0	1,0 ¹⁾	0 ²⁾
– Lastmodell 3	0	1,0	0 ³⁾
Horizontale Kräfte ⁴⁾	1,0	1,0 ¹⁾	0
Windkräfte			
– im Allgemeinen	0,8	0,5	0
– aerodynamische Kräfte aus Bahnbetrieb	1,0	0,5	0
Temperatureinwirkungen	0,6	0,6	0,5
Einwirkungen aus dem Baugrund			
– Erddruck	0,7	0,7	0,7
– Wasserdruck	0,7	0,7	0,7
¹⁾ Gilt für zwei belastete Gleise. ²⁾ Im Allgemeinen $\psi_2 = 0$ Für Bemessungssituation Erdbeben $\psi_2 = 0,3$ Für Bemessungssituation Anprall $\psi_2 = 1,0$ ³⁾ Im Allgemeinen $\psi_2 = 0$ Für Bemessungssituation Entgleisung $\psi_2 = 1,0$ ⁴⁾ Die horizontalen Kräfte sind im Sinne der Einwirkungsgruppen als gleichzeitig mit den vertikalen Lasten wirkend anzunehmen.			

Tabelle 12: Gebrauchsgrenzen für Normalspurbahnbrücken

Grenzzustand	Folgen der Auswirkungen		
	irreversibel	reversibel	reversibel
	Lastfall		
	selten (20)	häufig (21) ¹⁾	quasi-ständig (22)
Funktionstüchtigkeit ²⁾ – Durchbiegungen ³⁾ – $v \leq 80$ km/h – $80 \text{ km/h} \leq v \leq 200$ km/h – Verwindung der Fahrbahn ⁴⁾ – $v \leq 120$ km/h – $120 \text{ km/h} < v \leq 200$ km/h – $v > 200$ km/h – vertikale Relativverschiebung bei Enden des Überbaus hinter Widerlagern ⁵⁾ – $v \leq 160$ km/h – $v > 160$ km/h		$w \leq l/800$ $w \leq l/(15v-400)$ $\alpha_t \leq 1,0$ mrad/m $\alpha_t \leq 0,7$ mrad/m $\alpha_t \leq 0,3$ mrad/m $\delta_v \leq 3$ mm $\delta_v \leq 2$ mm	
Aussehen			$w \leq l/700$ ^{6) 7)}
¹⁾ Nur die Durchbiegung infolge der veränderlichen Leiteinwirkung ist zu berücksichtigen. ²⁾ Die Funktionstüchtigkeit ist bei Tragwerken mit mehreren Gleisen für bis zu zwei gleichzeitig belastete Gleise nachzuweisen. Die Gebrauchsgrenzen gelten für Tragwerke mit Schotteroberbau. Für Tragwerke mit fester Fahrbahn sind die Gebrauchsgrenzen in Absprache mit der Aufsichtsbehörde festzulegen. ³⁾ Durchbiegung infolge Lastmodell 1 oder 2 inkl. Beiwerte Φ und α . Der Beiwert α darf mit 1,0 berücksichtigt werden. ⁴⁾ Massgebende Verwindung infolge: – Lastmodell 1 oder 2 inkl. Beiwerte Φ und α sowie den zugehörigen Horizontalkräften oder – Lastmodell 3 inkl. Beiwert Φ sowie den zugehörigen Horizontalkräften. ⁵⁾ Vertikale Relativverschiebung infolge: – Lastmodell 1 oder 2 inkl. Beiwerte Φ und α . ⁶⁾ Durchbiegung nach Abzug einer allfälligen Überhöhung. Allfällige Langzeitwirkungen aus Schwinden, Relaxation oder Kriechen sind zu berücksichtigen. ⁷⁾ Durchbiegung infolge der Einwirkungen und Langzeitwirkungen nach dem Einbau der relevanten technischen Ausrüstung.			
Die Verformungen sind gemäss den Normen SIA 262 bis 266 zu bestimmen. Abweichende Gebrauchsgrenzen können in Absprache mit der Aufsichtsbehörde vereinbart werden und sind in der Nutzungsvereinbarung festzuhalten. Für sekundäre Bauteile und besondere Strecken wie Anschluss- und Mehrschienengleise können reduzierte Anforderungen gelten.			

ANHANG E (normativ)

SCHMALSPURBAHNBRÜCKEN

Tabelle 13: Reduktionsbeiwerte für Schmalspurbahnbrücken

Einwirkungen	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Vertikale Lasten			
– Lastmodell 4	1,0	1,0 ¹⁾	0 ²⁾
– Lastmodell 5	1,0	1,0 ¹⁾	0 ²⁾
– Lastmodell 6	0	1,0	0
– Lastmodell 7	0	1,0	0
Horizontale Kräfte ³⁾	1,0	1,0 ¹⁾	0
Windkräfte			
– im Allgemeinen	0,8	0,5	0
– aerodynamische Kräfte aus Bahnbetrieb	1,0	0,5	0
Temperatureinwirkungen	0,6	0,6	0,5
Einwirkungen aus dem Baugrund			
– Erddruck	0,7	0,7	0,7
– Wasserdruck	0,7	0,7	0,7
<p>1) Gilt für zwei belastete Gleise.</p> <p>2) Im Allgemeinen $\psi_2 = 0$ Für Bemessungssituation Erdbeben $\psi_2 = 0,3$ Für Bemessungssituation Anprall $\psi_2 = 1,0$</p> <p>3) Die horizontalen Kräfte sind im Sinne der Einwirkungsgruppen als gleichzeitig mit den vertikalen Lasten wirkend anzunehmen.</p>			

Tabelle 14: Gebrauchsgrenzen für Schmalspurbahnbrücken

Grenzzustand	Folgen der Auswirkungen		
	irreversibel	reversibel	reversibel
	Lastfall		
	selten (20)	häufig (21) ¹⁾	quasi-ständig (22)
Funktionstüchtigkeit ²⁾ – Durchbiegungen ³⁾ – $v \leq 80$ km/h – $80 \text{ km/h} < v \leq 120$ km/h – Verwindung der Fahrbahn ⁴⁾ – vertikale Relativverschiebung bei Enden des Überbaus hinter Widerlagern ⁵⁾		$w \leq l/800$ $w \leq l/(15v - 400)$ $\alpha_t \leq 1,0$ mrad/m $\delta_v \leq 3$ mm ⁴⁾	
Aussehen			$w \leq l/700$ ⁶⁾
¹⁾ Nur die Durchbiegung infolge der veränderlichen Leiteinwirkung ist zu berücksichtigen. ²⁾ Die Funktionstüchtigkeit ist bei Tragwerken mit mehreren Gleisen für bis zu zwei gleichzeitig belastete Gleise nachzuweisen. Die Gebrauchsgrenzen gelten für Tragwerke mit Schotteroberbau. Für Tragwerke mit fester Fahrbahn sind die Gebrauchsgrenzen in Absprache mit der Aufsichtsbehörde festzulegen. ³⁾ Durchbiegung infolge Lastmodell 4 oder 5, gegebenfalls infolge Lastmodell 6 oder 7, inkl. Beiwerte Φ und α . Der Beiwert α darf mit 1,0 berücksichtigt werden. ⁴⁾ Verwindung infolge Horizontalkräfte und Lastmodell 4 oder 5, gegebenfalls infolge Lastmodell 6 oder 7, inkl. Beiwerte Φ und α . ⁵⁾ Vertikale Relativverschiebung infolge der für die Durchbiegung zu berücksichtigenden Einwirkungen. ⁶⁾ Durchbiegung nach Abzug einer allfälligen Überhöhung. Allfällige Langzeitwirkungen aus Schwinden, Relaxation oder Kriechen sind zu berücksichtigen.			
Die Verformungen sind gemäss den Normen SIA 262 bis 266 zu bestimmen. Abweichende Gebrauchsgrenzen können in Absprache mit der Aufsichtsbehörde vereinbart werden und sind in der Nutzungsvereinbarung festzuhalten. Für sekundäre Bauteile und besondere Strecken wie Anschluss- und Mehrschienengleise können reduzierte Anforderungen gelten.			

ANHANG F (normativ)

KRANBAHNEN

Tabelle 15: Reduktionsbeiwerte für Kranbahnen

Einwirkungen	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Kranlasten	1,0	1,0	0
Horizontale Kräfte ¹⁾	1,0	1,0	0
Schneelasten	$1 - 60/h_0$	$1 - 250/h_0$	$1 - 1000/h_0$
Windkräfte	0,6	0,5	0
Temperatureinwirkungen	0,6	0,5	0
Einwirkungen aus dem Baugrund			
– Erddruck	0,7	0,7	0,7
– Wasserdruck	0,7	0,7	0,7

¹⁾ Die horizontalen Kräfte sind mit den Kranlasten gleichzeitig wirkend anzunehmen.

Tabelle 16: Richtwerte für Durchbiegungen und Auslenkungen von Kranbahnträgern und -stützen

Grenz Zustand	Folgen der Auswirkungen		
	irreversibel	reversibel	reversibel
	Lastfall		
	selten (20)	häufig (21)	quasi-ständig (22)
Funktionstüchtigkeit ^{1) 2)} – Nutzung und Betrieb, Kranbahnträger – Nutzung und Betrieb, Kranbahnstützen		$w \leq l/700$ ³⁾ $u \leq l/800$ $u \leq h/300$ $\Delta u \leq 0,02 \text{ m}$ ⁴⁾	

¹⁾ Infolge der veränderlichen Einwirkungen.
²⁾ Kranlasten ohne dynamischen Beiwert.
³⁾ Bei mehreren Kranen pro Kranbahn sind im Normalfall zwei unabhängig fahrende Krane zu berücksichtigen.
⁴⁾ Differenz der Auslenkung von zwei gegenüberstehenden Stützen auf Höhe der Kranschiene.

Die horizontalen Auslenkungen sind gemäss den Normen SIA 262 bis 266 zu bestimmen.

Abweichende Grenzwerte für horizontale Auslenkungen können in Abstimmung auf die Nutzungsanforderungen vereinbart werden und müssen in der Projektbasis festgelegt werden.

Abkürzungen der in der Kommission SIA 260 vertretenen Organisationen

ASTRA Bundesamt für Strassen

BAV Bundesamt für Verkehr

Empa Eidgenössische Materialprüfungs- und Forschungsanstalt

EPFL École Polytechnique Fédérale de Lausanne

Kommission SIA 260

Präsident	Prof. Dr. Eugen Brühwiler, dipl. Ing. ETH, Lausanne	EPFL
Mitglieder	Dr. Manuel Alvarez, dipl. Ing. ETH, Bern Dr. Andrea Bassetti, dipl. Ing. ETH, Zürich Dr. Glauco Feltrin, dipl. Ing. ETH, Dübendorf Christoph Haas, dipl. Ing. ETH, Zürich Thomas P. Lang, dipl. Ing. ETH, Bern Jean-Christophe Putallaz, dipl. Ing. ETH, Sion	ASTRA Projektierung Empa Projektierung BAV Verwaltung
Protokoll	Jürg Fischer, dipl. Ing. HTL, Zürich	SIA

Genehmigung und Gültigkeit

Die Zentralkommission für Normen des SIA hat die vorliegende Norm SIA 260 am 4. Juni 2013 genehmigt.

Sie ist gültig ab 1. August 2013.

Sie ersetzt die Norm SIA 260 *Grundlagen der Projektierung von Tragwerken*, Ausgabe 2003.

Copyright © 2013 by SIA Zurich

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdrucks, der auszugsweisen oder vollständigen Wiedergabe (Fotokopie, Mikrokopie, CD-ROM usw.), der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen und das der Übersetzung, sind vorbehalten.

Grundlagen der Projektierung von Tragwerken – Korrigenda C1 zur Norm SIA 260:2013

Referenznummer
SN 505260-C1:2020 de

Gültig ab: 2020-11-01

Herausgeber
Schweizerischer Ingenieur-
und Architektenverein
Postfach, CH-8027 Zürich

SIA 260-C1:2020

Die vorliegende Korrigenda SIA 260-C1:2020 zur Norm SIA 260:2013 wurde von der SIA-Kommission für Tragwerksnormen am 19.10.2020 genehmigt.

Sie ist gültig ab 1. November 2020.

Sie steht unter www.sia.ch/korrigenda > SIA 260 zur Verfügung.

Korrigenda C1 zur Norm SIA 260:2013 de

Seite	Ziffer/ Figur	bisher (Die Fehler sind fett und durchgestrichen markiert)	Korrektur (Die Korrekturen sind fett und kursiv markiert)
32	4.4.4.5	<p>Für die Bemessungssituation Erdbeben gilt</p> $E_d = E\{G_k, P_k, A_d, \psi_{2i}Q_{ki}, X_d, a_d\} \quad (23)$ <p>wobei für A_d ein im Vergleich zum Nachweis der Tragsicherheit auf 50% reduzierte Wert anzusetzen ist, um die reduzierte Wiederkehrperiode für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit zu berücksichtigen. Die Reduktionsbeiwerte ψ_{2i} gehen aus den Anhängen A bis F hervor. Bei Gebäuden mit Einbauten mit sprödem oder duktilem Verhalten sind die horizontalen Auslenkungen pro Stockwerk auf $1/500$ beziehungsweise $1/200$ der Stockwerkshöhe zu begrenzen.</p>	<p>Für die Bemessungssituation Erdbeben gilt</p> $E_d = E\{G_k, P_k, A_d, \psi_{2i}Q_{ki}, X_d, a_d\} \quad (23)$ <p><i>wobei der Bemessungswert der aussergewöhnlichen Einwirkung A_d der Norm SIA 261 zu entnehmen ist.</i> Die Reduktionsbeiwerte ψ_{2i} gehen aus den Anhängen A bis F hervor. <i>Für den Nachweis der Gebrauchstauglichkeit bei Bauwerken mit sekundären Bauteilen sind die horizontalen Auslenkungen pro Stockwerk bei sprödem Verhalten der sekundären Bauteile auf $1/500$ beziehungsweise bei duktilem Verhalten derselben auf $1/200$ der Stockwerkshöhe zu begrenzen.</i></p>