



Konzept der Tragwerksnormen SIA

*Paul Lüchinger
Dr. sc. techn., Dipl. Bauing. ETH
Dr. Lüchinger+Meyer
Bauingenieure AG
Zürich, Schweiz*

Konzept der Tragwerksnormen SIA

Tragwerkskonzept

Grundlegende Anforderungen

Das Tragwerkskonzept nimmt Bezug auf die gesamtplanerischen, die architektonischen sowie auf die betrieblichen Belange und es berücksichtigt die äusseren Randbedingungen aus der Umwelt gleichermassen wie die gesetzgeberischen Rahmenbedingungen. Aus diesen Gegebenheiten folgen die grundlegenden Anforderungen an das Tragwerk.

Die Benutzer und Dritte fordern die Sicherheit von Personen im Einflussbereich von Bauwerken gegenüber Tragwerksversagen. Sie stützen sich auf die einschlägigen Rechtsgrundlagen. An der Tragsicherheit besteht ein öffentlich-rechtliches Interesse. Die Tragsicherheit ist also nicht verhandelbar. Die entsprechenden Regeln der Normvorschriften zur Tragsicherheit beschreiben den anerkannten Stand der Technik und sind somit verbindlich. Das normgemässe Mass der Tragsicherheit wird aufgrund von allgemeinen vergleichenden Risikoanalysen festgelegt.

Die Zweckerfüllung und damit die Gebrauchstauglichkeit eines Bauwerks stehen im Vordergrund des Interesses des Bauherrn. Die Gebrauchstauglichkeit orientiert sich an Fragen nach der vorgesehenen Nutzung des Tragwerks und den Ansprüchen der Benutzer. Die Gebrauchstauglichkeit bekundet ein privat-rechtliches Interesse und wird demnach mit Hilfe von Absprachen zwischen Bauherr und Projektierenden geregelt. Die Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit sind ab Beginn der Projektierung zu diskutieren, im Rahmen der Projektentwicklung laufend neu zu beurteilen.

Grenzzustände

Im Falle der Bemessung von Tragwerken hat sich sowohl in der nationalen als auch internationalen Normenpraxis seit längerer Zeit die Betrachtung von Grenzzuständen durchgesetzt. Als Grenzzustände werden die Tragsicherheit und die Gebrauchstauglichkeit unterschieden.

Die Anforderungen an beide Grenzzustände, also sowohl hinsichtlich der Tragsicherheit als auch der Gebrauchstauglichkeit, müssen unter vorausbestimmten Bedingungen auf Dauer erfüllt sein (Bild 1).

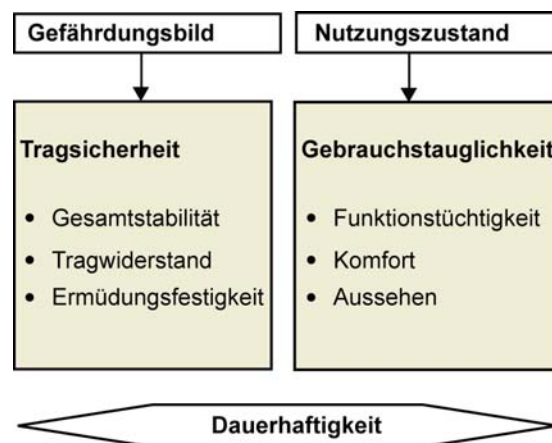


Bild 1: Grenzzustände

Die Tragsicherheit wird anhand von sogenannten Gefährdungsbildern analysiert. Jedem Gefährdungsbild liegt eine Situation möglicher physikalischer Gegebenheiten und Bedingungen zugrunde, welche innerhalb der geplanten Nutzungsdauer des Bauwerks erfahrungsgemäss auftreten könnten. Basis der Analyse der Gebrauchstauglichkeit bilden verschiedene, bei der geplanten Nutzung voraussehbare Nutzungszustände. Die massgebenden Gefährdungsbilder und Nutzungszustände werden objektspezifisch identifiziert und bestimmt.

Grundpfeiler für die Dauerhaftigkeit können wohl durch Massnahmen in der Projektierung und Ausführung im Sinne der Vorsorge gesetzt werden. Die Dauerhaftigkeit wird aber auch massgeblich geprägt einerseits durch die Nutzung und andererseits durch die fachgemässe Instandhaltung des Bauwerks. Dies sind Aufgaben und Tätigkeiten, die jedoch über die unmittelbare Zuständigkeit der Projektierenden hinaus reichen. Diese letztgenannten Aufgaben und Tätigkeiten werden im aktuell laufenden Projekt für eine Normenreihe zur Erhaltung von Tragwerken strukturiert.

Neben diesen schwergewichtig bautechnischen Anforderungen an Tragwerke finden in neuer Zeit vermehrt auch Anforderungen in Bezug der Nachhaltigkeit wie beispielsweise Schonung der Umwelt und Ressourcen Eingang in die Diskussionen.

Tragwerksanalyse und Bemessung

Bemessungssituation und Lastfall

Die Bemessung ist nur eine von möglichen Massnahmen, um im Zuge der Projektierung und Realisierung einer Bauaufgabe den Anforderungen an das Tragwerk gerecht zu werden. Ein Fächer von alternativen Massnahmen öffnet sich in den verschiedensten Bereichen und in den verschiedenen Phasen, wie beispielsweise:

- Elimination einer möglichen Einwirkung am Ursprung,
- Reduktion der möglichen Auswirkungen auf das Tragwerk,
- Überwachung und Massnahmenplanung.

Ist die Bemessung die adäquate Massnahme auf die Beantwortung der Gegebenheiten, so spricht man von einer Bemessungssituation. Jede Bemessungssituation hat als Grundlage ein Gefährdungsbild oder einen Nutzungszustand. Es ist aber nicht nur die numerische Bestimmung der Bauwerksabmessungen aufgrund der rechnerischen Nachweise, welche die Bemessung ausmachen. Vielmehr beinhaltet die Bemessung auch die konstruktive Durchbildung des Tragwerks.

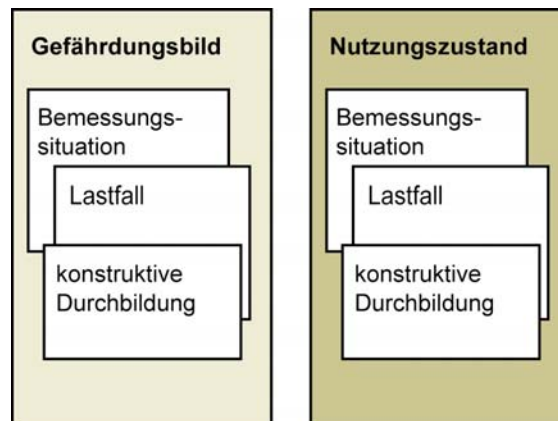


Bild 2: Bemessungssituation und Lastfall

Jeder Lastfall ist Teil einer Bemessungssituation. Und jeder Bemessungssituation liegt eine Konstellation von Einwirkungen zugrunde. Die physikalisch verträgliche Anordnung von simultan auftretenden Einwirkungen formen hingegen den Lastfall für einen bestimmten rechnerischen Nachweis, sei es in Bezug auf die Tragsicherheit oder sei es in Bezug auf die Gebrauchstauglichkeit.

Format der Nachweise

Im Zentrum des Bemessungsvorganges steht die Frage der Zuverlässigkeit eines Tragwerkes mit Blick auf die grundlegenden Anforderungen. Und zwar beziehen sich diese Anforderungen sowohl auf den Grenzzustand der Tragsicherheit als auch auf den Grenzzustand der Gebrauchstauglichkeit. Die Zuverlässigkeit wird nach heutiger Bemessungspraxis mit Hilfe probabilistischer Methoden quantifiziert.

Die Nachweise sowohl der Tragsicherheit als auch der Gebrauchstauglichkeit erfolgen auf der Basis von Bemessungswerten. Das Format der Bemessungswerte stützt sich auf das Konzept der Partialfaktoren. Mit den Partialfaktoren werden die Unschärfen der Variablen behandelt, welche als massgebende Einflussgrössen in eine Bemessungssituation eingehen. Die Partialfaktoren wurden aufgrund von probabilistischen Überlegungen in den Normen festgelegt.

Nachweis der Tragsicherheit

Bemessungskriterien

Die Bemessungskriterien für den Nachweis der Tragsicherheit sind:

- Typ 1: die Gesamtstabilität eines Tragwerkes,
- Typ 2: der Tragwiderstand des Tragwerks oder eines Teils des Tragwerks,
- Typ 3: der Tragwiderstand des Baugrundes,
- Typ 4: die Ermüdungsfestigkeit des Tragwerks.

Der Nachweis der Tragsicherheit gilt als erfüllt, wenn in Bezug auf die Gesamtstabilität der Bemessungswert der Einwirkungen kleiner ist als der derjenige der stabilisierenden Einwirkungen:

$$E_{d,stab} \leq E_{d,stab}$$

Der Nachweis der Tragsicherheit im Falle des Tragwiderstands gilt als erfüllt, wenn der Bemessungswert der Einwirkungen kleiner ist als der Bemessungswert des Tragwiderstandes:

$$E_d \leq R_d$$

Partialfaktoren

Sowohl die Bemessungswerte der Einwirkungen als auch diejenigen der Tragwiderstände werden mittels deren charakteristischen Werten und Partialfaktoren bestimmt. Die Partialfaktoren berücksichtigen die Unschärfen der Einwirkung beziehungsweise der Baustoffeigenschaften einerseits und der Modellunschärfen andererseits.

Die Einwirkungen sind durch ihre Konfiguration und Intensität charakterisiert. Die zentrale Bestimmungsgrösse ist der charakteristische Wert. Die Lastbeiwerte γ_F der Einwirkungen, die in die Nachweise für die verschiedenen Typen 1 bis 3 eingehen, sind in der Tabelle 1 der Norm SIA 260 aufgeführt.

Der Bemessungswert des Tragwiderstandes wird als Funktion der Bemessungswerte der relevanten Baustoff- beziehungsweise Baugrundeigenschaften und der geometrischen Grössen bestimmt. Die Widerstandsbeiwerte γ_M für die Nachweise der Typen 2 und 3 finden sich in den entsprechenden Normen SIA 262 bis 267 der verschiedenen Bauweisen.

Nachweis der Gebrauchstauglichkeit

Bemessungskriterien

Die Bemessungskriterien der Gebrauchstauglichkeit beziehen sich auf Anforderungen hinsichtlich:

- der Funktionstüchtigkeit des Tragwerks,
- des Komforts der Nutzer,
- das Aussehens des Tragwerks.

Das Erfüllen der Anforderungen wird anhand von ausgewählten Kriterien gemessen, welche zu den Anforderungen in Bezug stehen (Bild 3) müssen.

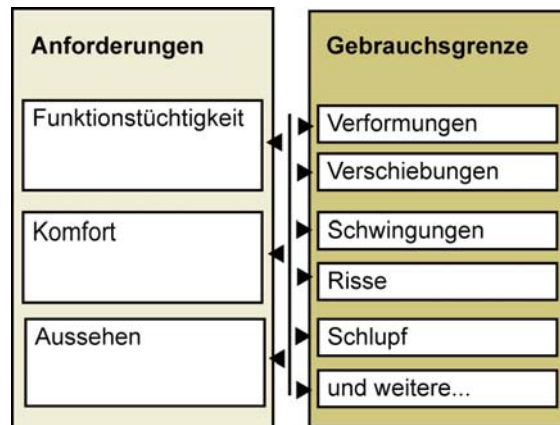


Bild 3: Gebrauchstauglichkeit: Anforderungen und Gebrauchsgrenzen

Die Gebrauchstauglichkeit gilt als erfüllt, wenn die relevanten Bemessungskriterien unter den massgebenden Lastfällen im voraus bestimmte Gebrauchsgrenzen nicht überschreiten:

$$E_d \leq C_d$$

Die Gebrauchstauglichkeit wird also gemessen anhand von Kriterien. Nebst verschiedenen anderen Kriterien zählen die Verformungen zu den am häufigsten diskutierten. Es sind die Verformungen, welche die Funktionstüchtigkeit beispielsweise im Hinblick auf Schäden an Einrichtungen oder nichttragenden Bauteilen oder das Aussehen des Bauwerks beeinträchtigen können.

Die qualitative und quantitative Entwicklung der Regeln in den Tragwerksnormen orientierte sich sowohl hinsichtlich Bemessungssituationen als auch hinsichtlich Bemessungskriterien und deren Grenzen an Erfahrungswerten aus der Praxis. Eine Auswahl von für Bauweisen unabhängige Gebrauchsgrenzen sind in den Anhängen A bis E der Norm SIA 260 Richtwerte aufgelistet. Die Angaben von Gebrauchsgrenzen sollten jedoch nur im Sinne von Richtwerten interpretiert werden. Sie müssen fallweise hinterfragt und allenfalls objektspezifisch angepasst werden.

Definition der Bemessungssituationen

Der Kern des Nachweises der Gebrauchstauglichkeit lag schon in der Norm SIA 160 (1989). Dort wurde nach Art und Dauer der Einwirkungen unterschieden. Daraus entstanden die zwei Begriffe der Langzeit- und Kurzzeiteinwirkung. Mit dieser allgemeinen Unterscheidung ist aber noch keine Aussage über die Folgen der Auswirkungen getroffen. Solche fanden sich vereinzelt in den Konstruktionsnormen. Beispielsweise wurde für den Rissnachweis gefordert, dass unter bestimmten Einwirkungen die Stahlspannung unter der Fließgrenze bleiben soll. Mit diesem Nachweis soll gewährleistet werden, dass auch im Gebrauchzustand keine plastischen Verformungen in der Bewehrung auftreten, welche einer Auswirkung mit irreversiblen Folgen entsprechen würden.

In der Entwicklung der neueren Normengeneration wurde deshalb darauf geachtet, dass die Bemessungssituationen sowohl bezüglich der Einwirkungen als auch hinsichtlich der Auswirkungen differenziert werden. Daraus erklärt sich die Aufteilung in drei unterschiedliche Bemessungssituationen mit den entsprechenden Lastfällen (Bild 4).

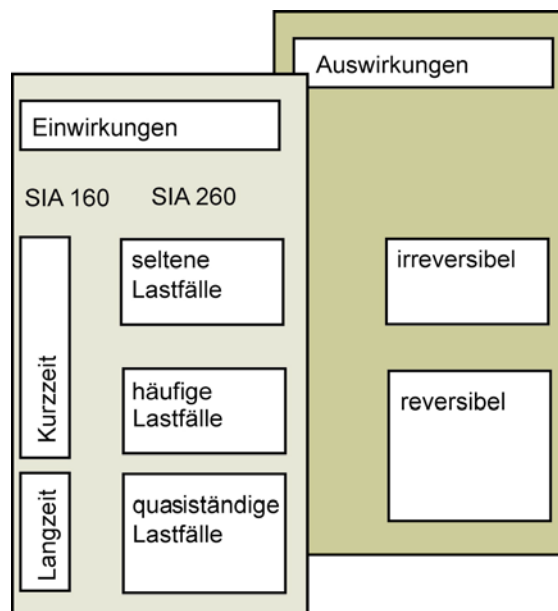


Bild 4: Gebrauchstauglichkeit: Lastfälle und Auswirkungen

Die Beurteilung der Gebrauchstauglichkeit verlangt im Gegensatz zur Tragsicherheit viel individuelles objektbezogenes Abwägen der Situation und somit sehr viel Erfahrung. Die Folgen der Entscheide sind im Voraus aufzuzeigen. Sie sind zwischen dem Besteller und dem Ersteller frühzeitig festzunageln. Dafür dient die Nutzungsvereinbarung als wichtigstes vertragliches Instrument mit technischem Inhalt zwischen Bauherr und Projektierenden.

Umfeld der Tragwerksnormen SIA

Europäisches Regelwerk

Die neue Generation der Tragwerksnormen SIA sind als Schweizer Reaktion auf die Erarbeitung des Europäischen Normenwerks und insbesondere auf die europäischen Tragwerksnormen den sogenannten Eurocodes zu verstehen. Diese werden nach einer längeren Übergangsfrist 2010 in vielen Staaten als verbindliche Normen in Kraft gesetzt werden. Sie werden in Zusammenhang mit den Bauprodukterichtlinien und der Harmonisierung im Bauwesen auch für die Schweiz wirksam werden.

Die Tragwerksnormen SIA bauen auf den Prinzipien der Eurocodes auf. Die Tragwerksnormen SIA verfolgen denselben Aufbau und dieselbe Gliederung wie die Eurocodes. Sie stehen in technischer Hinsicht weitgehend mit den Eurocodes nicht im Widerspruch. Sie extrahieren hingegen die für die Anwendung in der Schweiz erforderlichen Bestimmungen. Die Kenntnis der Grundlagen der Tragwerksnormen SIA schafft somit Vorteile beim Einstieg im Gebrauch der Eurocodes.

Erhaltung von Tragwerken

Die Tragwerksnormen SIA 260 bis SIA 267 gelten grundsätzlich nur für Neubauten. In Anbetracht der grossen volkswirtschaftlichen Bedeutung der Erhaltung von Bauwerken hat der SIA schon frühzeitig die Erarbeitung von Normen zur Erhaltung von Tragwerken ins Auge gefasst und initiiert. Die Arbeiten an den Normenentwürfen sind weit fortgeschritten, so dass sie in nützlicher Frist der Praxis zur Verfügung gestellt werden können. Die Normen SIA 269 zur Erhaltung von Tragwerken sollen ein in sich konsistentes und mit den Tragwerksnormen für Neubauten kohärentes und anwenderfreundliches Gesamtpaket bilden.