

Eine neue Generation von Konstruktionsnormen

Autor(en): **Grenacher, Mathis / Lüchinger, Paul**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **105 (1987)**

Heft 12

PDF erstellt am: **08.08.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-76538>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

stellungen lassen einen objektiven Vergleich kaum zu und Täuschungen sind durchaus möglich. Besser sind Fotomontagen, die der Veranstalter durch den gleichen Zeichner für ausgewählte Standorte erstellen lässt. Am besten aber eignet sich ein grosszügiges Geländemodell, in welches Brückenmodelle der einzelnen Projekte eingesetzt werden. Dieses lässt sich aus allen Standpunkten betrachten und fotografieren.

Die Detailausbildung der Brücke muss allerdings immer aus den Konstruktionsplänen herausgelesen werden, was in der Regel keine Mühe bereitet.

Qualität und Dauerhaftigkeit

Nebst der Statik, den Kosten und der Ästhetik wird heute der Dauerhaftigkeit ein grosses Gewicht eingeräumt.

Die traurige Tatsache, dass viele Brückenbauwerke aus den Anfängen des Autobahnbaus bereits heute erhebliche Schäden aufweisen, verlangt eine Änderung der Betrachtungsweise.

In der Zwischenzeit hat die Beanspruchung der Bauwerke sowohl in bezug auf die Belastung, als auch auf die Umwelteinflüsse (Tausalz) in einem früher undenkbaren Mass zugenommen.

Die Entwicklung in den ersten zwei Jahrzehnten dieser Periode war gekennzeichnet durch eine gewaltige Steigerung der Tragfähigkeit unserer Kon-

struktionen. Die Festigkeiten der Baustoffe erhöhten sich um 40%–80%, die Vorspannung erlaubte eine viel höhere Ausnutzung des Betons, und die genaueren statischen Berechnungsmethoden ermöglichten eine Reduktion der Sicherheitsfaktoren. Dies erlaubte, immer grössere Spannweiten mit immer schlankeren Konstruktionen zu überbrücken. Dieser Trend zu leichten Bauwerken wurde und wird immer noch unterstützt durch unsere Kostenberechnungsmethoden. Da wir alle Kostenfaktoren auf die Massen der Baustoffe (m³ Beton, kg Stahl usw.) verlegen und dann mit Durchschnittskosten operieren, werden dünnwandige, schwach armierte Konstruktionen unverhältnismässig bevorzugt. Im Konkurrenzkampf wird daher der Konstrukteur gern dazu verleitet, auf Kosten der Dauerhaftigkeit eine zu leichte Bauweise anzuwenden.

Inzwischen hat man erkennen müssen, dass eine auf Dauerhaftigkeit ausgerichtete Konstruktion wichtig ist und mehr bietet, als eine Lösung, die mit minimalem Materialaufwand die niedrigsten Baukosten ergibt. Das Augenmerk richtet sich heute auf eine sorgfältige Ausbildung des Details. Isolation, Entwässerung, Rissegefahr und Stahlüberdeckung sind wichtig geworden. Dies erfordert einmal mehr eine kritische und fachkundige Jury, die sich nicht nur an statische Berechnungen und Baukosten hält.

Schlusswort

Das vergangene Vierteljahrhundert beschränkte unserer Ingenieurgeneration bisher nie vorhandene Möglichkeiten im Brückenbau. Das Wettbewerbswesen nach den Regeln des SIA hat dabei wesentlich zu einer stetigen Steigerung der Leistungen beigetragen. Die Aspekte haben sich im Laufe der Zeit wesentlich verschoben. Nachdem in der Anfangszeit die Kostenfrage absolut dominierte, hat man im Laufe der Entwicklung die Wichtigkeit der Ästhetik erkannt. In neuerer Zeit hat unter dem Eindruck der Schadenanfälligkeit die Frage der Dauerhaftigkeit entscheidendes Gewicht erhalten. Es ist zu hoffen, dass diese Wandlung zum Allgemeinwohl unserer Ingenieure werde und auch in den zukünftigen SIA-Normen ihren Niederschlag finde.

Wenn wir die lange Reihe der Brückenbauten betrachten, die unter den Regeln unserer Wettbewerbsordnung entstanden sind, dürfen wir auf die Leistungen stolz sein, und wir können auch feststellen, dass die Wettbewerbsordnung flexibel genug ist, veränderten Verhältnissen und Ansprüchen zu folgen.

Adresse des Verfassers: Prof. H. Hauri, Institut für Hochbautechnik, ETH-Hönggerberg, 8093 Zürich.

Eine neue Generation von Konstruktionsnormen

Von Mathis Grenacher, Brugg, und Paul Lüchinger, Zürich

Die neuen Konstruktionsnormen enthalten einheitliche Klassierungen der Anforderungen an Bauwerke und einheitliche Regeln für die Projektierung und Ausführung. Sie stützen sich ab auf die Erfahrungen der Baupraxis und die Ergebnisse der Forschung. Klare Begriffe wie Tragsicherheit, Gebrauchstauglichkeit und Ermüdung werden definiert.

Im Sicherheitsplan sind die zu berücksichtigenden Gefährdungsbilder zusammenzustellen und es ist festzulegen, mit welchen Massnahmen den Gefahren begegnet werden soll. Der Nutzungsplan enthält die vereinbarten Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit.

Was sind Normen?

Das lateinische Wort Norma wird allgemein übersetzt mit Regel oder Richtschnur. Normen dienen also der Vereinheitlichung von Bedingungen an Produkte und von Regeln für Arbeitsprozesse eines Fachbereichs. Im Bauwesen im speziellen enthalten die Kon-

struktionsnormen einheitliche Klassierungen der Anforderungen an Bauwerke und geben einheitliche Regeln für deren Projektierung und Ausführung.

Die Regeln der Konstruktionsnormen sind einerseits aus den Erfahrungen der Baupraxis erwachsen und andererseits widerspiegeln sie die Ergebnisse der Forschung. Eine erfolgreiche Normung

muss beide Quellen in ausgewogenem Mass ausschöpfen. In der Schweiz nimmt die Aufgabe der Herausgabe der Konstruktionsnormen ein privatrechtlich organisierter Verein wahr, nämlich der SIA. Der SIA setzt zur Vorbereitung der Normen Fachkommissionen ein. In diesen Fachkommissionen arbeiten Vertreter sowohl der projektierenden Ingenieure und der Unternehmer als auch der Lehre und Forschung. Mehrstufige Vernehmlassungsverfahren zu den Normentwürfen ermöglichen die Mitsprache aller am Bau interessierten Kreise.

Die Konstruktionsnormen sind aus ihrer Definition und Entstehung heraus keine Gesetze. Sie sind Leitlinien für die am Bau Beteiligten. Sie lassen gerechtfertigte Abweichungen zu und ermöglichen ein Schritthalten des Planungs- und Bauprozesses mit der technischen Entwicklung. In der Rechtsprechung werden jedoch die Konstruktionsnormen sehr oft als Massstab für den Stand der Technik beigezogen.

Was wird von Bauten erwartet?

Der Bauherr verlangt von seinem Bauwerk uneingeschränkte Gebrauchstauglichkeit im Rahmen des von ihm bestimmten Verwendungszweckes. In gleichem Masse erwarten die Öffentlichkeit und der Bauherr, dass das Bauwerk eine ausreichende Tragsicherheit aufweist. Die erwähnten Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit und Tragsicherheit sind unter Berücksichtigung der Qualitätsansprüche, der Terminvorstellungen und des Kostenrahmens zu gewährleisten.

In den Konstruktionsnormen nimmt die Qualitätssicherung eine vorrangige Stellung ein. Als Qualität wird die Gesamtheit von Merkmalen eines Bauwerkes bezeichnet, die zur Erfüllung eines bestimmten und im voraus definierten Verwendungszweckes genügen. Qualität ist also kein allgemein gültiger Massstab. Sie ist vielmehr ein Mass für die Übereinstimmung des ausgeführten Bauwerkes mit den vorgegebenen Anforderungen. Eine systematische Qualitätssicherung umfasst die folgenden vier Elemente:

- Sie beginnt mit der eindeutig formulierten Zielvorgabe. Diese muss im Verlaufe des Planungs- und Bauprozesses kritisch überprüft und allenfalls angepasst werden.
- Die Zielvorgaben werden mit Plänen und Baubeschrieben in eine gleichgerichtete Ausführung umgesetzt. Dabei ist zu beachten, dass oft neue Planungs- und Ausführungsteams zusammengesetzt werden müssen.
- In der Regel ist jedes Bauwerk ein Prototyp. Dementsprechend muss die Ausführung den spezifischen Randbedingungen Rechnung tragen, die sich aus der Umwelt, den verfügbaren Materialien und Geräten ergeben.
- Eine zielgerichtete Ausführung verlangt Selbstkontrollen und eine unabhängige Überwachung von aussen. Vorgesehene Regelkreise müssen Korrekturen erlauben.

Grösse und Komplexität einzelner Bauwerke nehmen ständig zu. Die Ansprüche an die Bauwerke steigen, und die Einwirkungen werden vielfältiger. Die jährlich auftretenden Bauschäden erreichen ein volkswirtschaftlich bedeutendes Ausmass. Diese Schäden gehen meist auf Fehler der am Bau Beteiligten zurück: Rechenfehler, Montagefehler, Kommunikationsfehler oder Unterhaltsfehler. Aus diesen Gründen müssen die Konstruktionsnormen periodisch angepasst werden.

Was wollen die neuen Konstruktionsnormen?

Der Aufbau der neuen Konstruktionsnormen wird wesentlich geprägt durch die in der Baupraxis mancherorts erprobten, in der Norm aber neuformulierten Massnahmen zur systematischen Qualitätssicherung. Entsprechend der Einsicht, dass Qualität nicht bloss mittels Berechnung und Bemessung erreichbar ist, enthalten die neuen Konstruktionsnormen grundsätzliche Regeln zur zielgerichteten Abwicklung des Planungs- und Bauprozesses. Die Bedeutung der Überwachung und Kontrolle wird durch die Herausgabe gleichwertiger Prüfnormen hervorgehoben; im Stahlbau sind es die europäischen Normen, und im Betonbau ist es die Norm SIA 162/1.

Berechnung und Bemessung

Auch das Konzept für die eigentliche Berechnung und Bemessung hat sich gewandelt. Die 1956 gleichzeitig veröffentlichten Normen SIA 160, 161 und 162 für Belastungsannahmen, Stahlbauten und Betonbauten begrenzten die Materialausnutzung einheitlich auf der Basis der zulässigen Spannungen. Die Belastungsannahmen waren auf das entsprechende Bemessungsniveau abgestimmt. In den siebziger Jahren sind gestaffelt neue Normen zum konstruktiven Ingenieurbau erschienen, welche die Berechnung nach den Methoden der Plastizitätstheorie erlaubten.

Für den Nachweis der Tragsicherheit fehlten aber bisher die entsprechenden Angaben für die massgebenden Lasten. Mit Sicherheitsfaktoren und Lastkombinationsregeln wurde diese Lücke geschlossen, nicht in der Norm für Belastungsannahmen, sondern in den Normen für Stahlbauten bzw. Betonbauten. Das Nebeneinander verschiedener Konzepte für die Berechnung und Bemessung, die konzentrierte Ausrichtung auf den Nachweis der Tragsicherheit und das Fehlen adäquater Belastungsannahmen lösten den Entschluss der zentralen Normenkommission des SIA aus, eine neue Generation von Konstruktionsnormen in Angriff zu nehmen. Diese neuen Konstruktionsnormen sollen auf folgenden Grundsätzen aufbauen:

- Klare, formale und inhaltliche Trennung der Nachweise der Tragsicherheit, der Gebrauchstauglichkeit und der Ermüdungssicherheit;
- Von den Bauweisen unabhängige Regelung der Annahmen bezüglich der Lasten und Einwirkungen in der Norm SIA 160;

- Ausrichten der Angaben der massgebenden Lasten und Einwirkungen auf die verschiedenen Nachweise.

Mit diesen Grundsätzen stehen die neuen Konstruktionsnormen im Einklang mit den in Entwicklung befindlichen europäischen Normen.

Tragsicherheit

Der Begriff Sicherheit bezieht sich in den Konstruktionsnormen auf den Schutz von Personen vor den Folgen von Tragwerksversagen. Bauaufgaben, die die Lebensgrundlagen eines grossen Bevölkerungskreises gefährden, sind ebenfalls als Sicherheitsproblem zu behandeln, auch wenn keine unmittelbare Gefahr für Personen droht. Zu diesen Bauaufgaben zählen Hochwasserschutzanlagen oder Tankanlagen im Bereich von genutztem Grundwasser. Gleicherweise sind Bauaufgaben dann als Sicherheitsproblem zu betrachten, wenn unersetzliche Kulturgüter gefährdet sind.

Die Beurteilung der Sicherheit gegenüber einer Gefahr erfolgt vorzugsweise anhand von konkreten Situationsanalysen. Der Ingenieur stellt mögliche gefährliche Situationen, die im Verlaufe der vorgesehenen Nutzungsdauer auf ein Bauwerk zutreffen können, gedanklich dar. Eine solche Darstellung wird Gefährdungsbild genannt.

Dieser Begriff ist von dem im Englischen geläufigen Ausdruck hazard scenario hergeleitet.

Beispiele

Mit Hilfe der einzelnen Gefährdungsbilder analysiert der Ingenieur das Ausmass der möglichen Gefährdung und trifft fallweise die bestgeeignete Massnahme zur Gefahrenabwehr. Eine solche gefährliche Situation hat am 25. September 1978 auf einer Autobahn in Deutschland geherrscht, als ein schweres Silofahrzeug beim Überholen von der Fahrbahn abkam, die Leitschranken überfuhr und die Mittelpfeiler einer Brücke mitriss. Der plötzliche Brückeneinsturz verursachte folgenschwere Auffahrunfälle mit Todes- und Verletzungsoffern. Eine im Brückenüberbau liegende Wasserleitung barst beim Einsturz und verursachte weitere schwerwiegende Folgeschäden.

Der Unfall kann als Beispiel für ein Gefährdungsbild aufgeführt werden und kann dazu dienen, allgemein gültige Massnahmen zur Gefahrenabwehr zu formulieren. Als mögliche Massnahme lassen sich die folgenden aufreihen:

- Die Brücke über eine Autobahn überspannt diese ohne Mittelabstüt-

zung, z. B. als Sprengwerk. Dadurch wird die Gefahr des Anpralls auf die Mittelabstützung an der Gefahrenquelle selbst eliminiert.

- In der Folge auf den oben beschriebenen Unfall sind von den zuständigen Behörden im Bereiche von gefährdeten Stützen Überholverbote und Geschwindigkeitsbegrenzungen für schwere Fahrzeuge empfohlen worden. Die Gefahr wird also mittels Kontrollen reduziert.
- Das Tragwerk wird in solcher Weise konzipiert und bemessen, dass entweder die Mittelabstützung dem Anprall standhält, oder dass der Brückenüberbau beim Ausfall zwar grosse Verformungen erleiden kann, aber nicht einstürzt. Die Gefahr wird durch Vorhalten von Tragreserven überwältigt. Solche Tragreserven waren es, die am 16. November 1979 einen Brückeneinsturz in Deutschland verhinderten. Ebenfalls ein schweres Silofahrzeug prallte bei regennasser Fahrbahn, Seitenwind und schlechten Sichtverhältnissen auf die Mittelabstützung und riss diese weg. Die zum Zeitpunkt des Aufpralls unbelastete Brücke sackte um 27 cm ab. Die Autobahn konnte aber nach dem Einbau einer provisorischen Stütze nach nur 14 Stunden für den Verkehr wieder geöffnet werden.
- Sicherheit gegenüber jeder Gefahr ist nicht erreichbar. Seltene Ereignisse mit absehbarem Schadenausmass müssen als Rest-Risiko akzeptiert werden.

Sicherheitsplan

Die Sicherheitsziele und die Gefährdungsbilder, die in Betracht gezogen werden müssen, werden im Sicherheitsplan festgehalten bzw. zusammengefasst. Im Sicherheitsplan werden auch die Massnahmen zur Gefahrenabwehr bestimmt. Für die Ausführungsphase legt der Sicherheitsplan zudem die Kontrollen fest. Überwachungs- und Unterhaltsanweisungen fassen jene Teile zusammen, die für den Eigentümer und Benützer wichtig sind. Grundsätzlich muss für jedes Bauwerk ein Sicherheitsplan aufgestellt werden. Die Angaben in den Konstruktionsnormen sind jedoch so abgefasst, dass für den Grossteil der Bauwerke der Sicherheitsplan sich stark vereinfacht. Insbesondere sind die Sicherheitsziele in den Normen allgemein verbindlich festgelegt. Das akzeptierte Risiko ist mit der Angabe der Kennwerte für Tragwiderstand und Einwirkung bestimmt. Regeln für die Überwachung der Bauausführungen sind in den Konstruktionsnormen ebenso enthalten, wie in der neuen Empfehlung SIA 169 Hinweise zum

Unterhalt aufgeführt sind. Im Normalfall enthält also der Sicherheitsplan die Gefährdungsbilder, die zu berücksichtigen sind, und die entsprechenden Massnahmen zur Gefahrenabwehr.

Gebrauchstauglichkeit

Unter dem Begriff der Gebrauchstauglichkeit werden all jene Merkmale und Eigenschaften eines Tragwerkes eingereiht, die seine vorausgeplante und vereinbarte Nutzung gewährleisten. Die Gebrauchstauglichkeit gilt als gegeben, wenn sich das Tragwerk unter den vereinbarten Nutzungszuständen im Rahmen bestimmter Grenzen verhält.

Die Anforderungen an die Gebrauchstauglichkeit werden durch Nutzungsziele festgelegt. In den Konstruktionsnormen werden drei Nutzungsziele unterschieden:

- Dauerhaftigkeit des Tragwerks,
- Funktionstüchtigkeit des Tragwerks,
- gutes Aussehen des Tragwerks.

Die Dauerhaftigkeit des Tragwerks wird beeinträchtigt durch Korrosion, durch witterungsbedingte Einwirkungen wie Feuchtigkeit und Frost, durch betriebsbedingte Einwirkungen wie Abrieb und Frosttausalz oder chemische Einflüsse. Die Funktionstüchtigkeit des Tragwerks wird einerseits in bezug auf die Dichtigkeit und in bezug auf bauphysikalische Anforderungen wie Schallisolation definiert. Sie wird auch beurteilt anhand der Randbedingungen sekundärer Bauteile, Einrichtungen und Maschinen. Die Funktionstüchtigkeit des Tragwerks gilt aber nicht zuletzt auch für den Komfort der Benützer. Das gute Aussehen des Tragwerks kann beispielsweise durch grosse Verformungen, klaffende Risse oder eindringendes Wasser gestört werden.

Die Nutzungsziele lassen sich mit Hilfe vielfältiger Massnahmen erreichen. Als wirksame Massnahmen drängen sich auf: Eine sorgfältige Auswahl der Baustoffe und konstruktive Durchbildung, eine ausreichende Bemessung der Tragelemente, eine zweckmässige Ausführung und sinnvolle Überwachung. Nach der Erstellung können aber die Dauerhaftigkeit, die Funktionstüchtigkeit und das gute Aussehen nur mittels angemessenem Unterhalt aufrechterhalten werden.

Ob die Nutzungsziele erreicht werden, wird mit Hilfe der im voraus festgelegten Kriterien überprüft. Für die Dauerhaftigkeit und Dichtigkeit von Betonbauten ist beispielsweise das Risseverhalten von massgebender Bedeutung. Sekundäre Bauteile und Einrichtungen können infolge grosser Verformungen

des Tragwerks beschädigt werden; also sind die Verformungen unter Kontrolle zu halten.

Aus leicht einsehbaren Gründen können Nutzungszustände und Grenzen des Tragwerksverhaltens nicht allgemein gültig festgelegt werden. So sind die Anforderungen an die Auslenkungen eines Turmes mit Richtstrahlantennen niemals dieselben wie jene an einen Aussichtsturm. Sicher wird auch das Risseverhalten eines Behälters unterschiedlich beurteilt gegenüber dem Risseverhalten einer Flachdecke in einem Gebäude.

Aus der Vielzahl der Möglichkeiten versuchen jedoch die neuen Konstruktionsnormen für allgemein übliche Bauten Regeln und Bestimmungen zur Gebrauchstauglichkeit sowohl in bezug auf die Nutzungszustände als auch in bezug auf das Tragwerksverhalten festzulegen. Aufgrund von Wirtschaftlichkeits- und Risikoüberlegungen können aber zwischen dem Bauherrn und den verantwortlichen Fachleuten abweichende Anforderungen vereinbart werden.

Als Beispiel einer solchen Absprache sei eine Parkgarage aufgeführt. Die Autos bringen bei Regen und vor allem bei Schnee Feuchtigkeit in die Garage. Wasser, das durch die Geschossdecken dringt, beschädigt die Lackierung der darunter parkierten Autos, weil das Wasser beim Durchfliessen durch den Beton alkalisch wird. Das Risiko muss dem Bauherrn bekannt gemacht werden. Wenn nun der Bauherr das Risiko nicht eingehen will, müssen Massnahmen zur Dichtigkeit der Geschossdecken ergriffen werden. Entweder können auftretende Risse durch eine ausreichende Bewehrung fein verteilt werden, und zusammen mit der Anwendung einer geeigneten Betonrezeptur kann ein dichtes Tragwerk erreicht werden. Auch kann eine Schutzschicht vorgesehen werden, die gleichzeitig als Isolation und Belag dient. Zusammen mit einer guten Entwässerung der Oberfläche dringt dann kein Wasser durch die Geschossdecken, auch wenn diese vielleicht Risse aufweisen. Die Kosten für Erstellung und Unterhalt sind sicher unterschiedlich für die beiden aufgeführten Varianten. Mit den verschiedenen Massnahmen werden aber auch unterschiedliche Nutzen erreicht. Eine sorgfältige Beratung durch die beteiligten Fachleute und eine frühzeitige Absprache mit dem Bauherrn sind in solchen Fällen ratsam.

Analog zum Sicherheitsplan dient der Nutzungsplan zur Festlegung der Nutzungsziele. Im Nutzungsplan sind sodann die massgebenden Zustände, die sogenannten Nutzungszustände aufge-

führt. Die Nutzungszustände sind charakterisiert durch Einwirkungen aus der Nutzung selbst und solchen aus der Umwelt. Im weiteren hält der Nutzungsplan die gewählten Massnahmen fest und gibt Anweisungen für die Überwachung und den Unterhalt. Im Normalfall enthält der Nutzungsplan nur die Nutzungsziele, die Massnahmen und die Angaben zu Überwachung und Unterhalt. Die Einwirkungen zu den massgebenden Nutzungszuständen und die Grenzwerte der zu überprüfenden Kriterien sind ohne besondere Vereinbarungen den Normen zu entnehmen. Ein diesbezüglicher Hinweis im Nutzungsplan genügt.

Ermüdung

Die Tragsicherheit eines Bauwerks wird immer unter der Annahme nachgewiesen, dass der Tragwiderstand über die geplante Nutzungsdauer erhalten bleibt oder sogar zunimmt. Gegenüber Korrosion und schädlichen Einwirkungen aus der Umwelt kann aber nur ein angemessener Unterhalt einen ausreichenden und über die Zeit konstanten Tragwiderstand gewährleisten. Der Tragwiderstand wird aber auch durch die Belastungen selbst beeinflusst. Bei oft wiederholten Beanspruchungen wird der Tragwiderstand gefährdeter Bauwerke reduziert. Der Bruch tritt

dann unter normaler Nutzung infolge Ermüdung der Baustoffe ein: Eine Erkenntnis, die erstmals nach dem Brückeneinsturz in Münchenstein im letzten Jahrhundert klar ins Bewusstsein der Fachleute gedrungen ist.

Aus diesem Grunde enthalten die Konstruktionsnormen nebst den Nachweisen der Tragsicherheit und Gebrauchstauglichkeit auch einen Nachweis der Ermüdungssicherheit.

Adressen der Verfasser: Dr. sc. techn. M. Grenacher, dipl. Ing. ETH/SIA, Fröhlichstr. 29, 5200 Brugg; Dr. sc. techn. P. Lüchinger, dipl. Ing. ETH/SIA, Wenaweser + Wolfensberger AG, Reinhardstr. 10, 8034 Zürich.

Massnahmen gegen menscheninduzierte Bauwerksschwingungen

Von Hugo Bachmann, Zürich

Von Menschen erregte Schwingungen können vor allem die Gebrauchstauglichkeit von Bauwerken erheblich beeinträchtigen. Gefährdet sind insbesondere Fussgängerbauwerke, Bürogebäude, Turn- und Sporthallen, Tanzlokale und Konzertsäle sowie Sprungtürme in Schwimmbädern.

Als Gegenmassnahme kommt vor allem die Frequenzabstimmung in Betracht. Dabei muss berücksichtigt werden, dass wesentliche Kräfte nicht nur in der eigentlichen Schritt-, Hüpf- oder Tanzfrequenz, sondern auch in den Frequenzen von oberen bzw. unteren Harmonischen des zeitlichen Verlaufs der dynamischen Last abgegeben werden.

Vermehrt auftretende Problemfälle

Zunehmend treten Fälle auf, wo Bauwerke durch Menschen zu störenden oder gar schädlichen Schwingungen angeregt werden. Wegen der verhältnismässig geringen Nutzlast, die normalerweise als statisch wirkend angenommen wird, sind solche Tragwerke oft sehr schlank konstruiert. Häufig wird die Gefahr übersehen oder unterschätzt, dass dynamische Lasten für die Dimensionierung massgebend sein können.

Dabei geht es oft weniger um eine unzulässige Beanspruchung der eigentlichen Tragkonstruktion, sondern vor allem um eine mögliche Beeinträchtigung von Personen. Schwingungen werden nicht nur als unangenehm empfunden, sie können den Menschen auch stark verunsichern, was bis zum fluchtartigen Verlassen des Aufenthaltsortes führen kann [2].

Insbesondere bei Hochbauten können auch Sekundärelemente wie Fassaden-

teile, Beleuchtungskörper, Ausrüstungsgegenstände usw. Schäden erleiden. Menscheninduzierte Schwingungen sind somit vorwiegend ausgesprochene Probleme der Gebrauchstauglichkeit.

Vielfältige dynamische Lasten

Körperliche Aktivitäten des Menschen können sehr verschiedenartige dynamische Lasten verursachen. Für die Beanspruchungen von Bauwerken stehen die periodischen Lasten im Vordergrund. Sie resultieren vor allem aus folgenden menschlichen Bewegungsformen:

- Gehen,
- Laufen,
- Hüpfen,
- Tanzen

In dieser Grobeinteilung können andere Bewegungsformen wie rhythmische Sprungübungen bei Konditionstrainings, Jazztanzübungen, Fussstampfen und Händeklatschen sowie Mitwippen

des Körpers bei Konzertveranstaltungen usw. eingeschlossen sein, oder sie stellen allenfalls Kombinationen dieser Bewegungsformen dar.

Transiente Lasten ergeben sich vor allem, wenn ein Einzelstoss auf ein Bauwerk oder Bauteil ausgeübt wird, wie z.B. beim Absprung von einem Sprungturm, beim Auftreffen auf einen Hallenboden nach Absprung aus erhöhter Lage, oder bei einem Schulterstoss gegen eine Wand.

Bei periodischen Lasten sind sowohl die Form des zeitlichen Verlaufs als auch die Frequenz der Last von der Bewegungsform abhängig. Ausserdem spielt auch die Anzahl der beteiligten Personen eine Rolle. Hier sei nicht näher auf die verschiedenen möglichen zeitlichen Verläufe dynamischer Lasten eingegangen; eine systematische Darstellung und Diskussion ist in [1] enthalten.

Von erheblicher Bedeutung ist jedoch die Feststellung, dass unter Umständen wesentliche Lasten nicht nur in der eigentlichen Schritt-, Hüpf- oder Tanzfrequenz, sondern auch in den Frequenzen von oberen bzw. unteren Harmonischen des zeitlichen Verlaufs der dynamischen Last abgegeben werden (vor allem doppelte und halbe Schrittfrequenz, doppelte Hüpfrequenz, usw.).

Mögliche Massnahmen

Bei den Massnahmen gegen menscheninduzierte Bauwerksschwingungen steht die Frequenzabstimmung im Vordergrund; die im allgemeinen eine zweckmässige Lösung erlaubt. In be-