

Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 111 (1993)
Heft: 11

Artikel: Vereinfachte Konstruktionsnormen. Teil I: Einwirkungen auf Tragwerke
Autor: Herzog, Max
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-78146>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 25.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

dätisches Referenzsystem, Höhenreferenz, Höhen-Einheit und Satellitenfahrplan.

Im folgenden sind die Erfahrungen aufgeführt, die wir im Rahmen unseres Messtages gemacht haben und die für eine erfolgreiche GPS-Anwendung wichtig sind.

Beide Messstationen müssen von gut eingearbeiteten Personen betrieben werden. Neben der Gerätemanipulation gehören dazu insbesondere unerlässliche Grundlagenkenntnisse im Bereich Geodäsie, Satellitengeometrie und Kartenprojektionen. Denn bevor die GPS-Messwerte verwendet werden können, müssen sie auf das unserer Landesvermessung zugrundeliegende geodätische Referenzsystem und anschliessend von geographischen auf Landeskordinaten umgerechnet werden. Ersteres kann allenfalls in den GPS-Messvorgang integriert werden, falls die notwendigen Modellparameter bekannt sind.

Funkgeräte sind für die entscheidenden Messschrittabstimmungen praktisch unentbehrlich.

Zur Minimierung der vielen potentiellen Fehlerquellen (vgl. Grundeinstellungs-Parameter) ist eine sehr genaue Vorbereitung äusserst wichtig. Dazu gehört insbesondere die Berücksichtigung des Satellitenfahrplanes und der daraus ableitbaren möglichen Messtermine. Periodisch ist die Anzahl der empfangbaren Satelliten oder mindestens ihre Geometrie stundenweise für genaue Messungen ungenügend. Der Batterieverbrauch ist vor allem bei fehlender Anwendungserfahrung sehr hoch.

Als Hauptschwierigkeit erwies sich die Topographie mit dem engen, tiefen Taleinschnitt. Aufgrund des sehr kleinen Himmelsausschnittes war es im unteren Talbereich während unseres Messtages nie möglich, gleichzeitig die Signale von vier Satelliten zu empfangen. Das heisst, dass die schwierigen Gelände-

verhältnisse Messungen genau an den für unsere Zielsetzung interessanten Orten verunmöglichten.

Auch ohne es im Detail abgeklärt zu haben, kann folglich davon ausgegangen werden, dass im unteren engen Talbereich das differentielle GPS-Verfahren, das auf die Signale von vier Satelliten angewiesen ist, nicht anwendbar ist. Vier Satellitensignale sind allenfalls empfangbar, aber die ungünstige Geometrie verunmöglicht eine brauchbare Positionsrechnung. Allgemein kann daraus gefolgert werden, dass zuverlässige GPS-Messungen, die über eine genügende Signal- und Satellitengeometrie-Qualität verfügen, auf geländemässig offene Standorte mit einem weiten Horizont beschränkt sind.

Adresse des Verfassers: Peter Laager, dipl. Geograph, GEODATA WEIBEL, Postfach, 8810 Horgen

Vereinfachte Konstruktionsnormen

Teil I: Einwirkungen auf Tragwerke

Das Konzept der geltenden Konstruktionsnormen ist verbesserungsbedürftig. An Stelle von Bemessungsprinzipien und einem Kommentar zur praktischen Umsetzung, wie dies beispielsweise in der 1. Ausgabe der CEB-Regeln für Stahlbeton aus dem Jahr 1964 der Fall war, wird der Konstrukteur gegenwärtig mit Rechenanweisungen für alles und jedes regelrecht vergewaltigt. Dieser Missstand muss unbedingt geändert werden, wenn die Kreativität noch eine Chance haben soll und wir nicht in uniformen Problemlösungen ersticken wollen. Zur Änderung des unbefriedigenden status quo, der auf eine krasse Untervertretung von Praktikern in den Normenkommissionen zurückzuführen ist, werden in drei aufeinanderfolgenden Teilen Vorschläge zur Vereinfachung folgender SIA-Normen unterbreitet – SIA 160: Einwirkungen auf Tragwerke, SIA 162: Betonbauten und SIA 161: Stahlbauten.

Vergleicht man den Umfang (in Seiten) verschiedener Ausgaben der Konstruktionsnormen des SIA (vgl. Kästchen), so fragt man sich unwillkürlich, ob denn unsere Tragwerke proportional zum Normenumfang besser geworden sind? Der Anteil der Sanierungsarbeiten am gegenwärtigen Bauvolumen lässt diese Frage eindeutig verneinen.

Aufgabe der Konstruktionsnormen

Die Aufgabe der Konstruktionsnormen besteht in der Kodifizierung jener Re-

geln der Baukunde, die im allgemeinen ein einwandfreies Ergebnis erwarten lassen. Es kann aber niemals Aufgabe der Normen sein, für jedes denkbare Konstruktionsproblem eine in alle Einzelheiten gehende Rechenanweisung im Sinne von «so und nicht anders» vorzuschreiben.

Sicherheitsphilosophie

Am 3. IVBH-Kongress in Lüttich 1948 wurde der Begriff der Sicherheit von Tragkonstruktionen zum erstenmal im Lichte wahrscheinlichkeits-theoreti-

scher Zusammenhänge diskutiert. Heute, 44 Jahre danach, ist man sich wenigstens über das Grundsätzliche einig geworden. Es besteht in der Aufspaltung des Sicherheitsbeiwerts in den Lastbeiwert (load factor), mit dem die einwirkenden Lasten zu vergrössern sind, und in den Widerstandsbeiwert (resistance factor), durch den die kennzeichnenden Festigkeiten (characteri-

VON MAX HERZOG, AARAU

stic strengths) zu verkleinern sind. Letztere entsprechen im allgemeinen den 5%-Fraktile der Versuchswerte. Mit anderen Worten, die kennzeichnende Festigkeit darf nur von 5% aller Versuchswerte unterschritten werden.

Grenzzustände der Bemessung

Es werden folgende Grenzzustände (limit states) der Bemessung unterschieden:

SIA-Normen: Anzahl Seiten

| Nr. | Thema | 1956 | 68/74 | 79/81 | 89/90 |
|-----|--------------|------|-------|-------|-------|
| 160 | Einwirkungen | 32 | 36 | – | 101 |
| 161 | Stahlbauten | 18 | 39 | 104 | 114 |
| 162 | Betonbauten | 37 | 83 | – | 83 |
| 164 | Holzbauten | 17 | – | 78 | – |

| Bauwerkstyp | kN/m ² |
|---|-------------------|
| Wohnhäuser | 1 |
| öffentl. Gebäude, Schulen, Spitäler, Sitzplatztribünen | 2 |
| Gewerbebauten | 3 |
| Menschengedränge (Treppen in öffentl. Gebäuden, Stehplatztribünen u.ä.) | 5 |
| Industriebauten | 2 bis 20 |

Tabelle 1

- auf Tragfähigkeit,
- auf Gebrauchsfähigkeit und
- auf Ermüdung oder Erdbeben.

Die für die Bemessung massgebenden Einwirkungen (früher: Lasten) setzen sich zusammen aus der Eigenlast, der Leitgefahr (z.B. Nutz- oder Verkehrslast) und einer von mehreren Begleitgefahren (z.B. Wind, Schnee, Fahrzeuganprall usw.) sowie eventuell Erdbeben.

Tragfähigkeitsnachweis

Entsprechend ihrer Bedeutung für den Tragfähigkeitsnachweis werden die Einwirkungen mit folgenden Lastbeiwerten vervielfacht:

- Eigenlast $\gamma_L = 1,3$
- Leitgefahr 1,5
- Begleitgefahr 1,0

Da der Tragfähigkeitsnachweis die Sicherheit gegen Erreichen des Bruchzustands gewährleisten muss, darf die Tragfähigkeit unter Zulassung plastischer Verformungen und unter Vernachlässigung von Zwängungen entweder nach der Plastizitätstheorie oder durch Versuche ermittelt werden.

G. Kazinczy hat 1914 aufgrund von Versuchen mit eingespannten Walzprofilträgern zum ersten Mal auf die bedeutenden Tragreserven statisch unbestimmter Tragwerke gegenüber der üblichen elastischen Berechnung hingewiesen.

Gebrauchsfähigkeitsnachweis

Bei der Bemessung muss aber nicht nur der Nachweis einer ausreichenden Tragfähigkeit, sondern auch derjenige einer ausreichenden Gebrauchsfähigkeit erbracht werden. Dabei ist nachzuweisen, dass die zu erwartenden Verformungen des Tragwerks unter normaler Beanspruchung akzeptabel sind. Die normale Beanspruchung setzt sich aus 100% Eigenlast, 70% Leitgefahr und 50% Begleitgefahr zusammen. Im allgemeinen wird für den Gebrauchszustand ein elastisches Verhalten des Tragwerks vorausgesetzt. Bei Betonbauten sind jedoch die Schnittkraftumlagerungen infolge von Rissbildungen

sowie die Langzeiteinflüsse von Schwinden und Kriechen gebührend zu beachten. Die rechnerischen Verformungen sind mit der vorgesehenen Nutzung des Tragwerks abzustimmen. So ist beispielsweise zu prüfen, ob die nichttragenden Bauteile, wie Zwischenwände, den Verformungen des Tragwerks folgen können, ohne Schaden zu nehmen.

Besondere Nachweise

Für dynamisch beanspruchte Tragwerke – wie Schleusentore, Eisenbahn- und Strassenbrücken, Kranbrücken und -bahnen usw. – ist eine ausreichende Ermüdungssicherheit nachzuweisen.

Die Ermüdungsfestigkeit geschweisster Stahltragwerke mit im allg. grossen Eigenspannungen ist näherungsweise mittelspannungsunabhängig (nur die Spannungsamplitude ist massgebend), diejenige genietet oder geschraubter Stahltragwerke ist jedoch mittelspannungsabhängig. Der letztgenannte Umstand hat erheblichen Einfluss auf die Restlebensdauer älterer Stahltragwerke.

Bei dynamisch beanspruchten Tragwerken aus Stahl- und Spannbeton ist zu beachten, dass die Ermüdungsfestigkeit des Betons mittelspannungsabhängig ist und diejenige des Bewehrungs- und Spannstahls mittelspannungsunabhängig ist. Die ertragbare Spannungsamplitude hängt bei der schlaffen Bewehrung von den Kerbwirkungen der Oberflächenprofilierung und bei den Spanngliedern von den Ankerdetails ab.

Bei den erdbebenbeanspruchten Tragwerken ist erstens zwischen dem grössten möglichen Erdbeben (maximum credible earthquake) und dem wahrscheinlichen Betriebsbeben (probable service earthquake) zu unterscheiden und zweitens zwischen der Baugrundbeschleunigung (sowohl horizontal als auch vertikal) und der von der Natur des Baugrunds sowie der Steifigkeit des Tragwerks abhängigen Antwortbeschleunigung des Tragwerks.

Lastannahmen

Obwohl die Lastannahmen häufig widerspruchsfrei von Generation zu Generation weitergereicht werden, lohnt es sich, diese Werte aufgrund von ausgeführten Lastmessungen zu hinterfragen.

Eigenlasten

Ihre Werte sind im allgemeinen am zuverlässigsten bekannt und auch während der geplanten Lebensdauer des Tragwerks nur selten grösseren Veränderungen unterworfen.

Nutzlasten im Hoch- und Industriebau

Ihre Grösse wird auf den ungünstigsten möglichen Fall ausgelegt. Fehlen gemessene Werte, so darf begleitend mit Nutzlasten gemäss Tabelle 1 gerechnet werden.

Bei der Festlegung von Nutzlasten für Industriebauten sollte man nicht übersehen, dass rings um noch so schwere Maschinen stets Verkehrsflächen für das Bedienungspersonal frei bleiben. Hält man sich zudem vor Augen, dass eine Nutzlast von 10 kN/m² bereits einer Wassertiefe von 1 m entspricht, so gelingt rasch eine vernünftige Abschätzung.

Bei vielgeschossigen Gebäuden dürfen die Nutzlasten entsprechend der Wahrscheinlichkeit ihres gleichzeitigen Auftretens zur Bemessung der Stützen reduziert werden.

Verkehrslasten von Brücken

Strassenbrücken sind für die Fahrspur-lasten bei Verkehrsstau von 3 kN/m für Personenwagen und 20 kN/m für Lastwagen zu bemessen. Bei Eisenbahnbrücken liegt die Gleislast zwischen 100 kN/m für Lokomotiven und Kesselwagen sowie 10 kN/m für leere Güterwagen. Einzelteile von Brücken sind für die grössten Rad- bzw. Achslasten auszuliegen. Letztere betragen für Strassenbrücken 120 kN und für Eisenbahnbrücken 250 kN. Die Stosszuschläge zur Erfassung von Fahrbahnunebenheiten und unrunder Räder betragen bei gutem Fahrbahn- oder Gleisunterhalt 10% und bei schlechtem 20%.

Zum Nachweis der Ermüdungssicherheit dürfen die statischen Gleis- und Fahrspurlasten auf die kleineren Betriebslasten (Bahn 70%, Strassenhauptspur 50% und -nebenspur 25%), mit deren wahrscheinlichem Auftreten zu rechnen ist, abgemindert werden.

Windlast

Seit dem Einsturz der Eisenbahnbrücke über den Tay in Schottland im Jahr 1879 (seinerzeitige Lastannahme 0,49 kN/m²) wird die Windlast ernst genommen. Der Staudruck $q = V^2/1600$ (in kN/m²) ist eine Funktion der Windgeschwindigkeit V (in m/s). Das Verhältnis der tatsächlichen Windlast auf ein Tragwerk (Druck oder Sog) zum Staudruck wird vom Formbeiwert bestimmt. (Die ersten Messungen an Gebäudemodellen im Windkanal unternahm G. Eiffel im Jahr 1914.)

Aus wirtschaftlichen Gründen muss die Abnahme der Windgeschwindigkeit in Bodennähe in Abhängigkeit von der Bodenrauigkeit, welche in Stadtkernen mit Hochhäusern wesentlich höher

ist als auf dem freien Land, ebenso berücksichtigt werden wie aus Sicherheitsgründen die Kanalisierung der Luftströmung in den Strassenschluchten moderner Grossstädte. Zu beachten sind auch die Sogkräfte auf Dachrändern.

Schneelast

Die Schneelast kann im Gebirge als Leitgefahr für die Bemessung von Dächern massgebend werden. In den Alpen wurden schon Werte von über 20 kN/m² gemessen. Hier sind auch die örtlichen Verhältnisse, wie Treibschneean-sammlungen, gebührend zu beachten. Im schweizerischen Mittelland beträgt die Schneelast kaum mehr als 1 kN/m².

Temperaturänderungen

Temperaturänderungen von $\pm 20^\circ$ Celsius bei Betonbauten bis $\pm 30^\circ$ bei Stahlbauten gegenüber dem Jahresmittelwert von $+10^\circ$ verursachen stets Längenänderungen. Ungleichmässige Temperaturänderungen (Temperaturgefälle) im Querschnitt des Tragwerks verursachen Zwängungen, die beispielsweise bei der Bemessung von Brückenlagern zu beachten sind.

Erddruck

Die Grösse des wirkenden Erddrucks liegt zwischen dem aktiven Erddruck als Kleinstwert, der sich jedoch erst nach einer kleinen Bewegung (Verschiebung und/oder Kippung) der Stützwand einstellt, und dem sogenannten Ruhrdruck, welcher etwa um die Hälfte grösser ist als der aktive Erddruck, bei dem keine Bewegung der Stützwand stattfindet. Der passive Erddruck, auch Erdwiderstand genannt, als Grösstwert kann nur durch eine Verschiebung der Stützwand gegen das Erdreich hervorgerufen werden.

Anfahr-, Brems- und Fliehkräfte

Diese Zusatzlasten sind im Brückenbau und bei Kranbahnen zu berücksichtigen. Sie werden im allgemeinen nur für die Bemessung fester Lager und von deren Unterbauten massgebend. Die Anfahr- und Bremslasten betragen bei Eisenbahnbrücken 10% der ruhenden Verkehrslast ohne Stosszuschlag und bei Strassenbrücken 5%.

Erdbeben

Die in der Schweiz bisher aufgetretenen Erdbeben verursachen im allgemeinen so kleine Baugrundbeschleunigungen

(0,02 g), dass die ausreichende Erdbbensicherheit bereits durch die Bemessung auf Wind gewährleistet wird. Bei grösseren Baugrundbeschleunigungen (0,02 bis 0,05 g), die in einzelnen örtlich begrenzten Gebieten auftreten können (z.B. Oberrhein und Wallis), erreichen die Bauwerksbeschleunigungen je nach Baugrund und Steifigkeit des Bauwerks Werte bis zu 0,1 g über Fels und 0,25 g über Alluvium.

Baukontrolle und periodische Überwachung

Die Kontrolle der Bauausführung sollte nach Möglichkeit durch den Projektanten erfolgen, da dieser allein in der Lage ist, die Auswirkung einer Abweichung sofort zu beurteilen.

Auch nach Inbetriebnahme sollte jedes Tragwerk vom Projektanten periodisch auf seinen baulichen Zustand überprüft werden. Die Länge der Inspektionsintervalle ist der Gefährdung und Bedeutung des Bauwerks anzupassen (z.B. Brücken alle 5 Jahre und Hochbauten alle 20 Jahre).

Adresse des Verfassers: Dr. Max Herzog, dipl. Bauing., Rohrerstrasse 3, 5000 Aarau.

Vereinfachte Konstruktionsnormen

Teil II: Betonbauten

Der völlig unbefriedigende Zustand des Normenwesens im Betonbau hat im April 1991 zur Abhaltung des IVBH-

VON MAX HERZOG, AARAU

Kolloquiums über «Konstruktionsbeton» in Stuttgart geführt, wo sich rund 300 Vertreter des Betonbaues aus über 30 Ländern wenigstens auf eine gemeinsame Absichtserklärung einigen konnten. Mit ihr wird sowohl eine Vereinheitlichung als auch eine Vereinfachung des gegenwärtigen Zustands angestrebt. Obwohl in der Schweiz die Vereinheitlichung der Bemessung von Bauten aus unbewehrtem Beton, Stahlbeton und Spannbeton mit der Ausgabe 1989 der SIA-Norm 162 erreicht worden ist, muss die erwünschte Vereinfachung noch dringend nachgeholt werden.

Vereinfachte Bemessungsverfahren sind im Zeitalter der EDV und der Personal Computers zur raschen Kontrolle umfangreicher Computerausdrucke unbedingt erforderlich. Nicht der Ingenieur, welcher am besten rechnen kann, ist der Meister, sondern jener, welcher am besten schätzen kann.

Baustoffe

Zemente

In der Schweiz werden fünf Zementtypen unterschieden:

- normal erhärtender Portlandzement (PC),
- schneller erhärtender (hochwertiger) Portlandzement (HPC),
- sehr schnell erhärtender Tonerdeschmelzzement (Lafarge-Zement),

– Hochofenzement entsteht durch Nassvermahlen von Hochofenschlacke mit normalem Portlandzement (geringe Wärmetönung).

– Puzzolan- oder Trasszement entsteht durch Zusatz von Puzzolan oder Trass (beides Vulkanaschen) zum bereits vermahlenden normalen Portlandzement (geringe Wärmetönung).

Zu beachten ist, dass die anfänglich sehr hohe Druckfestigkeit von Beton aus Tonerdeschmelzzement im Laufe der Zeit wieder auf Werte absinkt, die unter denjenigen von gleichaltem Beton aus normalem Portlandzement liegen.

Zuschlagstoffe

Kies und Sand müssen vor der Verarbeitung zu Beton gewaschen und nach Durchmessern sortiert werden. Der Sandanteil (Korndurchmesser kleiner als 8 mm) des verwendeten Gemisches sollte 50 Gewichtsprozente möglichst nicht überschreiten. Ein zu kleiner Mehlkornanteil unter 0,02 mm muss notfalls mit einem Fillerzusatz angehoben werden. Das verwendete Grösst-