# Lastanordnung und Tragwerkwiderstand

Autor(en): **Lüchinger, Paul / Wenaweser, Otto / Wolfensberger, Rudolf**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizer Ingenieur und Architekt**

Band (Jahr): **101 (1983)**

Heft 7: **Prof. Dr. Bruno Thürlimann zum 60. Geburtstag II.**

PDF erstellt am: **27.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-75070

**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.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

**http://www.e-periodica.ch**

nicht auf die Rechtswissenschaft, sondern schliesst diejenige bewährte Lehre anderer Disziplinen, also auch der Baufächer, ein. Die SIA-Normen als Ordnungen und als Technische Normen können Ausdruck dieser bewährten Lehre sein. Die Normenschaffenden müssen diese Sicht des Richters antizipieren und deshalb einen hohen Qualitätsmassstab anlegen, vor allem aber verdeutlichen, wie die SIA-Normen verantwortungsbewusst zu handhaben sind.

Der *Strafrichter* ist mit den Regeln der Baukunde, vor allem bei der Beurteilung der Schuldform der Fahrlässigkeit bei strafbaren Handlungen gegen Leib und Leben und bei der Anwendung des Straftatbestandes «Gefährdung durch Verletzung der Regeln der Baukunde» (Art. 229 StGB), konfrontiert. Ausformulierte Regeln der Baukunde können in den Technischen SIA-Normen gesehen werden, doch wird der Strafrichter sorgfältig beurteilen müssen, ob eine konkrete Aussage einer Technischen Norm wirklich eine anerkannte Regel darstellt und ob der Angeklagte einer Pflicht zum Handeln untersteht. Wie dem auch sei, beim Erlass der Normen ist mit in Betracht zu ziehen, dass diese als Regeln der Baukunde verstanden werden können. Auch unter diesem Gesichtspunkt drängt sich der Hinweis auf die Notwendigkeit einer allgemeinen Aussage auf, wie die Technischen Normen durch die Adressaten nach «bestem Wissen und Gewissen» zu beachten sind. Auf alle Fälle wird der Normadressat von der Beantwortung der Frage, ob die SIA-Normen auf die Behandlung eines konkreten Einzelproblems sinnvoll angewandt werden können, nicht entbunden. Umgekehrt entlastet dies die Normenschaffenden von der Aufgabe, alle denkbaren Fälle einzufangen. Sie können sich auf den Regelfall beschränken.

## Bereinigung Schritt für Schritt

Ein so grosses Normenwerk wie das des SIA kann nicht von einem Tag auf den andern überholt werden. Dennoch ist der Zeitpunkt gekommen, die «Philosophie» und die zu Grunde zu legenden Methoden der Ausarbeitung nachzuprüfen. Bereits zeichnen sich *sichtbare Veränderungen* ab, die auf eine eingehende Diskussion der Grundintentionen zurückgehen. Die Norm SIA 162, die sogenannte *Beton-Norm*, die gegenwärtig überarbeitet wird, folgt der Linie, sich auf Verhaltens-Normen, also auf echte Regeln der Baukunst, zu beschränken. Bedeutungsvoll ist sodann der Wandel, den die in Ausarbeitung befindliche Dokumentation über die Sicherheit und Gebrauchsfähigkeit von Tragwerken (mit der Nummer 260) erfahren hat. Im Verlauf der Bearbeitung wurde ihr – zu Recht – der Charakter einer Norm abgesprochen. Sie wurde zu einer vereinsinternen *Weisung* an die für die Bearbeitung des Normenwerkes verantwortlichen Kommissionen umgestaltet.

In diesen positiven Ansätzen liegt eine echte Chance für die Weiterentwicklung der SIA-Normen. Die sachliche Legitimation wird sich erhöhen. Dies erlaubt dem Gesetzgeber, von staatlichen Gesetzen über die technischen Anforderungen an das Bauen auch weiterhin abzusehen – ein echter Beitrag zur Entlastung des überforderten Staates und vor allem ein Auftrag an die Ingenieure und Architekten, Unternehmer und Bauherren, ihren Verantwortungssinn unabhängig und frei von gesetzlichen Normen weiterhin zu stärken. Es wäre wünschenswert, wenn auch in andern Sachbereichen die staatliche Verordnungsgesetzgebung mit dem Titel «Technische Anforderungen» zurückgenommen und vermehrt die Sachkompetenz der Fachleute angesprochen würde. Dieser Weg stärkt das Verantwortungsbewusstsein aller Beteiligten!

Adresse des Verfassers: Dr. *M. Lendi*, Professor für Rechtswissenschaft, ETH-Hönggerberg, 8093 Zürich.

# Lastanordnung und Tragwerkwiderstand

Von Paul Lüchinger, Otto Wenaweser und Rudolf Wolfensberger, Zürich

**Der Einfluss der Lastanordnung und der Verteilung der Querschnittswiderstände auf die Traglast eines Tragwerkes wird untersucht. An einfachen Beispielen wird gezeigt, dass für Teilbelastungen die Traglast oft reduziert wird, wenn ein negativer Biegewiderstand im Feld fehlt. Der Bemessung eines Tragwerkes sind immer Teilbelastungen unter Beachtung extremer Zustände zugrunde zu legen.**

**On examine l'influence de la disposition des charges et la configuration de la résistance des sections sur la charge ultime d'une construction. A l'aide d'exemples, on peut démontrer que dans des cas de charges partielles, la charge ultime sera souvent réduite, si une résistance négative à la flexion fait défaut en travée. Pour le dimensionnement d'une construction on utilisera toujours des charges partielles en tenant compte des situations extrêmes.**

**The influence on the ultimate load of a structure due to the loading and configuration of the strength of the sections is examined. By means of examples it is shown that in case of partial loading the ultimate load is reduced, if a negative bending resistance does not exist in the middle of the span. The design of a structure must always be based on partial loadings while taking extreme situations into consideration.**

## Anforderungen an das Tragwerk

Aufgabe des Ingenieurs ist es, wirtschaftliche Tragwerke unter Beachtung der Randbedingungen bezüglich *Tragfähigkeit* und *Gebrauchsfähigkeit* zu entwerfen. Entsprechend diesen unterschiedlichen Anforderungen an das Tragwerk muss der Bemessungsvorgang aufgebaut werden. Der Nachweis der Tragfähigkeit dient zur *Sicherheit* und zum *Schutz von Personen vor einem Tragwerkversagen*. Dem Tragwerkwiderstand, der infolge Unregelmässigkeit oftmals im Vergleich zum geplanten Wert reduziert sein kann, sind extreme Einwirkungen und Lasten gegenüberzustellen. Mit dem Nachweis der Gebrauchsfähigkeit soll ein im voraus vereinbartes Tragwerkverhalten unter normaler Nutzung erreicht werden. Die für die Tragfähigkeit massgebenden Einwirkungen und Lasten unterscheiden sich deshalb grundsätzlich sowohl durch ihre Anordnung als auch Intensität von den Einwirkungen, die für die Gebrauchsfähigkeit von Bedeutung sind.

## Einwirkungen

Das Tragwerk wird während der Errichtung und seiner Nutzung verschiedensten Einwirkungen unterworfen. Für die Mehrzahl dieser Einwirkungen und die Kombination verschiedenartiger Einwirkungen ist die *Gebrauchsfä-*

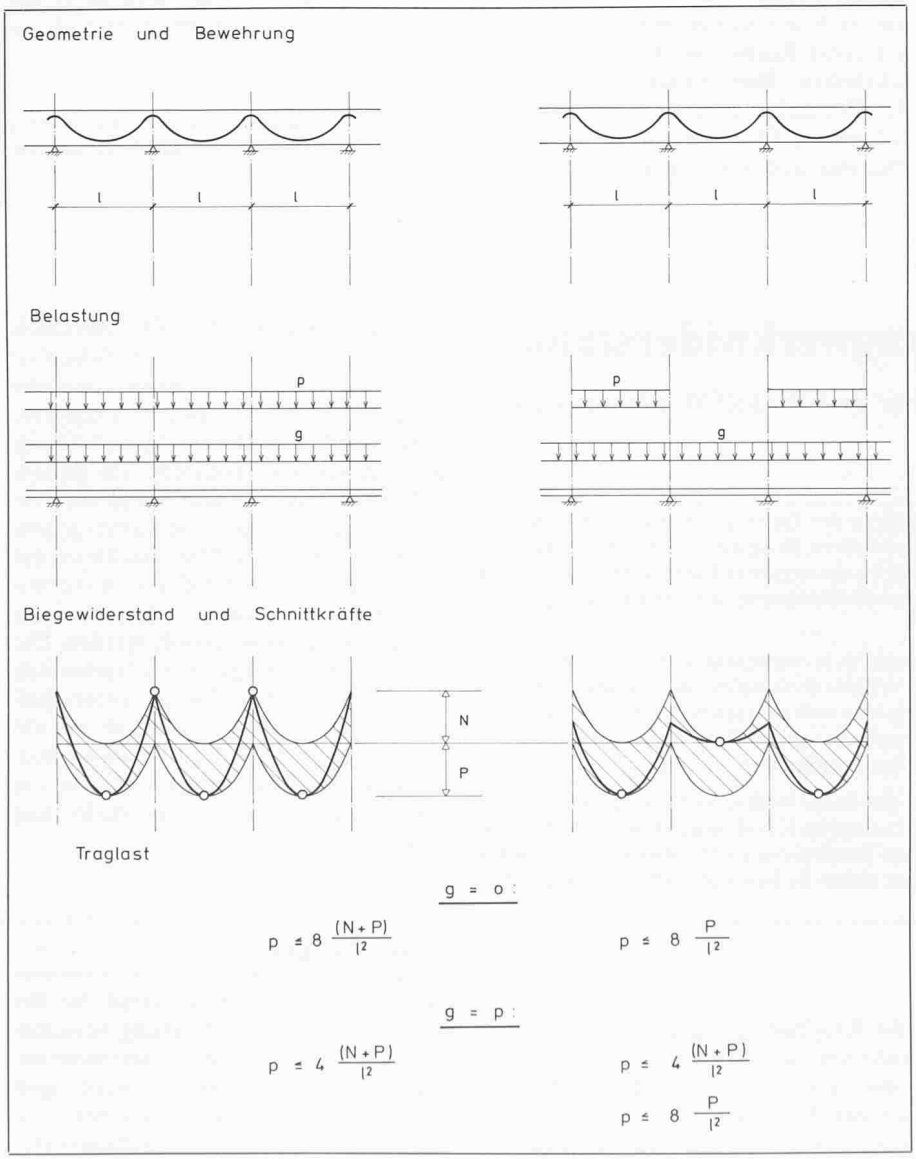
*higkeit* zu gewährleisten. Neben diesen Einwirkungen muss das Tragwerk gegenüber möglichen extremen Einwirkungen eine ausreichende *Tragfähigkeit* aufweisen. Die Gefährdungen und die dazugehörigen Einwirkungen sind durch Analysen möglicher extremer Zustände anhand von sogenannten *Gefährdungsbildern* zu ermitteln. Neben der hauptsächlichen Einwirkung, der sogenannten *Leitgefahr,* sind alle gleichzeitig mit ihr auftretenden Einwirkungen (Begleitumstand) zu beachten. Da die Leitgefahr in extremer Anordnung und Grösse berücksichtigt werden muss, treten gleichzeitig nur wenige weitere Einwirkungen in relevanter Grösse auf. Im allgemeinen genügt also die Kombination einer beschränkten Anzahl von Einwirkungen zusammen mit der Leitgefahr. Hingegen ist es von ausserordentlicher Bedeutung, alle möglichen extremen Zustände zu erfassen. Insbesondere ist die *ungleichmässige Verteilung von Lasten* zu beachten, die auf ein Tragwerk wirken.

Eine ungleichmässige Verteilung von Lasten wird vornehmlich auch durch *menschlichen Eingriff* verursacht. Lagergüter werden in Bereichen gestapelt, die durch wenig belastete Verkehrswege getrennt werden. Erd- und Schneelasten werden lokal aufgeschüttet. Diese ungleichmässige Verteilung der Lasten führt zu einer oft kaum beachteten, speziellen Gefährdung der Tragwerke.

## Bestimmung der Traglast

Als Traglast wird die Belastung bezeichnet, die als statische Last zum Versagen des Tragwerkes führt. Die Traglast ist abhängig vom statischen System, der Lastanordnung und der Verteilung der Querschnittswiderstände. Im nachfolgenden soll an zwei einfachen Beispielen der *Einfluss der Lastanordnung* und der *Verteilung der Querschnittswiderstände* aufgezeigt werden.

*Bild 1. Durchlaufender Spannbetonträger*




Im ersten Beispiel wird die Traglast eines unendlich langen Spannbetonträgers mit durchgehendem Spannkabel unter Vollast und Teilbelastung bestimmt. Im zweiten Beispiel wird ein Stahlbetonträger mit einer unteren, durchgehenden Bewehrung und einer oberen Stützenbewehrung untersucht. Unter Vollast ist die Belastung $p$ gleichmässig über die ganze Trägerlänge verteilt. Bei Teilbelastung wirkt neben dem Eigengewicht $g$ die Belastung $p$ nur in jedem zweiten Feld.

Die Untersuchungen basieren auf den Grundlagen der Plastizitätstheorie, insbesondere den beiden *Grenzwertsätzen*. Zur Vereinfachung werden die Einflüsse der Querkräfte und der Membrankräfte vernachlässigt. Der Biegewiderstand wird für positive Momente mit $P$ und für negative Momente mit $N$ bezeichnet. Die Auswertung der Formeln für die Traglast erfolgt einerseits für $g = 0$ und anderseits für $g = p$.

### Spannbetonträger

Bild 1 zeigt den unendlich langen Spannbetonträger mit durchgehendem Spannkabel. Das Spannkabel ist feldweise parabolisch geführt. Unterhalb der Belastungsangabe sind der Biegewiderstand und die statisch zulässige Schnittkraftverteilung aufgezeichnet. Zusätzlich sind die neben dem Eigengewicht $g$ möglichen Belastungen $p$ in Funktion der Biegewiderstände $P$ und $N$ und der Spannweite $l$ angegeben. Bei gegenüber der Traglast sehr kleinem Eigengewicht ($g = 0$) und bei gleich grossen positiven und negativen Biegewiderständen ($P = N$) wird die Traglast $p$ für Teilbelastung auf die Hälfte der Traglast für Vollast reduziert. Durch ein feldweises Entlasten des vollbelasteten Tragwerkes kann also ein Versagen verursacht werden. Ist das Eigengewicht $g$ gleich der Belastung $p$, so findet eine Reduktion der Traglast bei einer Entlastung dann statt, wenn der negative Biegewiderstand $N$ grösser ist als der positive Biegewiderstand $P$.

### Stahlbetonträger

Bild 2 zeigt den unendlich langen Stahlbetonträger. Die untere Bewehrung ist durchgehend, die obere Stützenbewehrung wird beidseitig der Auflager je über die Viertelpunkte der Spannweiten geführt. Unterhalb der Belastungsangabe sind der Biegewiderstand und die statisch zulässige Schnittkraftverteilung aufgezeichnet. Zusätzlich sind die neben dem Eigengewicht $g$ möglichen Belastungen $p$ in Funktion der Biegewiderstände $P$ und $N$ und der Spannweite $l$ angegeben. Die aufgeführten Formeln gelten nur, sofern der negative Biegewiderstand $N$ nicht dreimal grös-

ser ist als der positive Biegewiderstand *P*.

Üblicherweise ist der negative Biegewiderstand *N* grösser als der positive Biegewiderstand *P*. Deshalb ist die Reduktion der Traglast für Teilbelastung ausgeprägter als im ersten Beispiel. Bei gegenüber der Traglast sehr kleinem Eigengewicht ($g = 0$) sinkt die Traglast bis zu einem Viertel des Ausgangswertes.

## Schlussfolgerungen

Die beiden aufgeführten Beispiele verdeutlichen den Einfluss der Lastanordnung und der Verteilung der Querschnittswiderstände auf die Traglast. Die Feststellungen, die mit Hilfe dieser Beispiele gemacht werden, sind aber *nicht nur für Stabtragwerke gültig. Sie gelten genauso für linien- und punktgestützte Platten.* Es können somit folgende *allgemeingültige Schlüsse* gezogen werden:

- Die Vollast auf ein Tragwerk darf nie als einziger Lastfall untersucht werden. Es sind immer unter Beachtung möglicher extremer Zustände Teilbelastungen der Bemessung der Tragwerke zugrunde zu legen.
- Die Traglast darf nie an einem herausgeschnittenen Teilbereich des Systems ohne Berücksichtigung der Nachbarbereiche ermittelt werden. Es genügt bei Balken und Platten also nicht, Einzelfelder isoliert zu betrachten, was oft fälschlicherweise gemacht wird.
- Nicht allein die Grösse der Querschnittswiderstände, sondern auch deren Verteilung beeinflusst im wesentlichen die Traglast. Damit der Biegewiderstand über der Stütze ausgenutzt werden kann, muss oft auch im Feld ein negativer Biegewiderstand vorgesehen werden.
- Werden die Spannkabel von vorgespannten Flachdecken oder Trägern auf Vollast bemessen, so sind zur Aufnahme einer feldweisen Teilbelastung eine obere oder untere schlaffe Feldbewehrung einzulegen oder die Spannkabel zu verstärken.
- Ist das Eigengewicht gross gegenüber der Auflast, die für extreme Zustände zu berücksichtigen ist, so sind die Unterschiede der Traglast für die verschiedenen Belastungsanordnungen klein. Bei feldweiser Belastung darf deshalb nicht mit einem zu hohen Wert des Eigengewichtes gerechnet werden, da sonst die günstige Wirkung des Eigengewichtes überschätzt wird.

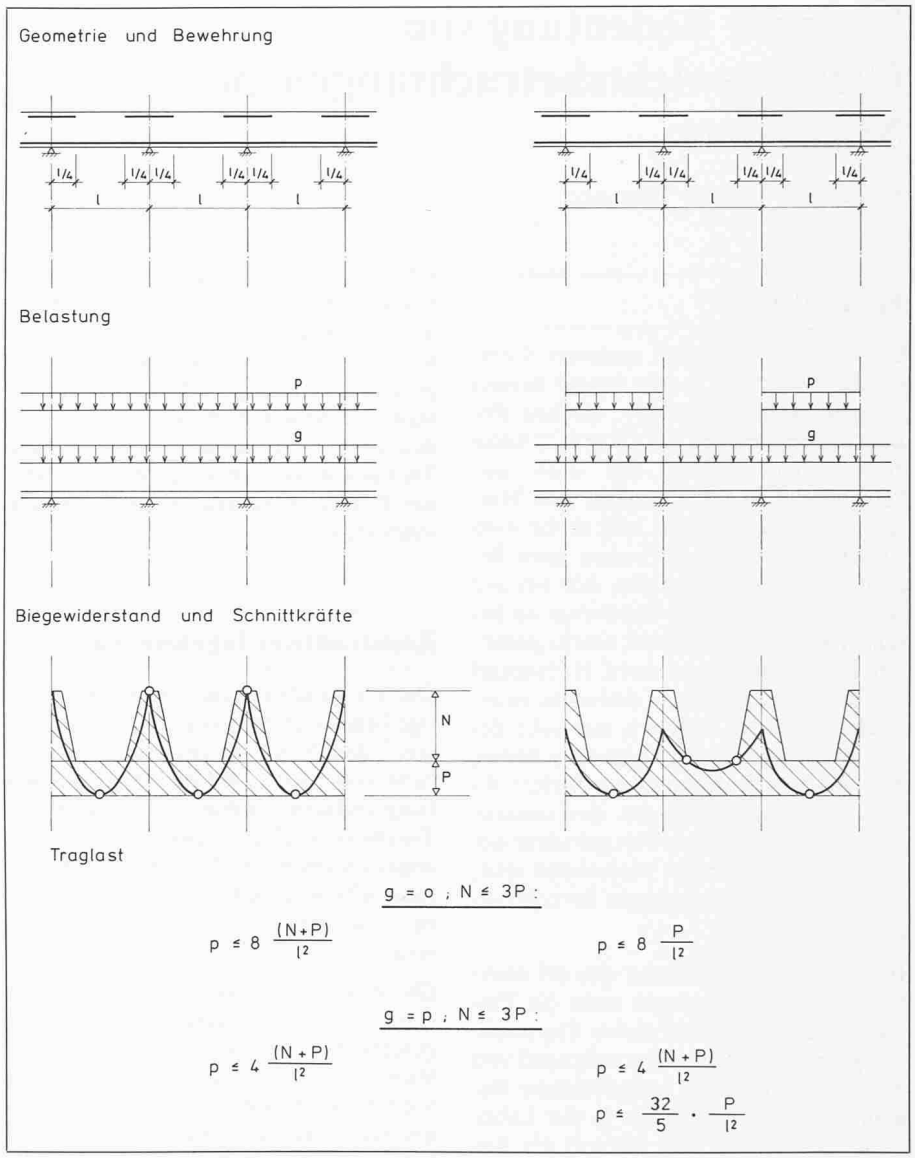



*Bild 2. Durchlaufender Stahlbetonträger*

Adresse der Verfasser: Dr. *P. Lüchinger, O. Wenaweser,* Dr. *R. Wolfensberger,* Ingenieurbüro Wenaweser & Dr. Wolfensberger AG, Reinhardstr. 10, 8008 Zürich.