



Doctoral Thesis

Sicherheit statisch unbestimmter Fachwerke bei Veränderung einzelner Stabquerschnitte Anwendung auf die Verstärkung von Fachwerkträgern

Author(s):

Stüssi, Fritz

Publication Date:

1930

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000126638> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Sicherheit statisch unbestimmter Fachwerke bei Veränderung einzelner Stabquerschnitte

Anwendung auf die Verstärkung von Fachwerkträgern

Von der
Eidgenössischen Technischen Hochschule
in Zürich

zur Erlangung der
Würde eines Doktors der technischen Wissenschaften
genehmigte

Promotionsarbeit

vorgelegt von
DIPL. ING. FRITZ STÜSSI
aus **Glarus** und **Wädenswil**

Referent: Herr Prof. Dr. L. Karner
Korreferent: Herr Prof. Dr. M. Ritter

Nr. 600.



ZÜRICH □ 1930.
Diss.-Druckerei A.-G. Gebr. Leemann & Co.
Stockerstr. 64.

charakteristischen Belastungen für das ganze Tragwerk mit einer sehr schwach ausgebildeten Diagonale (wir können sagen: für unharmonisch konstruierte Tragwerke) sind kleiner als die entsprechenden Belastungen eines Teilsystems, oder mit andern Worten: die Tragfähigkeit eines statisch unbestimmten Systems kann unter Umständen unter derjenigen eines seiner Teilsysteme liegen. Da derart ausgebildete Tragwerke praktisch wohl kaum vorkommen werden, besitzt diese Feststellung wohl kaum große praktische Bedeutung, dafür aber vielleicht einiges theoretisches Interesse.

4. Folgerungen und Zusammenfassung.

Wir haben festgestellt, daß ein statisch unbestimmtes Tragwerk, das für eine bestimmte zulässige Beanspruchung dimensioniert ist, unter Umständen eine wesentlich höhere Sicherheit gegen das Erreichen der Fließgrenze oder der Bruchgrenze in einzelnen Teilen besitzt, als das statisch bestimmte Vergleichstragwerk. Die Einhaltung einer bestimmten zulässigen Beanspruchung bei statisch unbestimmten Tragwerken ist deshalb, wir stellen dies in Übereinstimmung mit einer von Prof. Grüning ausgesprochenen Forderung⁷⁾ fest, sachlich nicht begründet. Die Forderung, bei der Dimensionierung von Eisenbauwerken von der Fließ- oder Streckgrenze auszugehen, ist ebenfalls nicht neu.⁸⁾ Wir fassen diese beiden Forderungen zusammen:

Ein statisch unbestimmtes Tragwerk soll derart dimensioniert werden, daß es die gleiche Sicherheit gegen Eintreten der Fließgrenze in irgend einem Tragwerksteil besitzt, wie ein statisch bestimmtes Vergleichstragwerk, das auf die vorgeschriebene zulässige Beanspruchung dimensioniert ist.

⁷⁾ Prof. M. Grüning: Die Tragfähigkeit statisch unbestimmter Tragwerke aus Stahl bei beliebig häufig wiederholter Belastung. Berlin 1926.

⁸⁾ Prof. L. Kulka: Die Streckgrenze als Berechnungsgrundlage für den Konstrukteur. Stahlbau 1923, Heft 1.

In Form einer Gleichung angeschrieben, lautet dieser Satz:

$$\underline{P_{max. vorh.} \leq \nu_F \cdot P_{zul.}} \quad (15)$$

Dabei ist $P_{zul.}$ durch Gleichung 8 definiert.

Da, wie wir nachgewiesen haben, ν_B stets größer oder mindestens gleich groß ist wie ν_F , ist durch Gl. 15 auch stets die durch die Festsetzung einer zulässigen Beanspruchung bei statisch bestimmten Tragwerken indirekt geforderte Sicherheit gegen Erreichen der Bruchgrenze garantiert.

Die Feststellung, daß das Sicherheitsverhältnis gegen Bruch ν_B stets mindestens gleich groß ist wie das Sicherheitsverhältnis gegen Fließen ν_F , ist, ebenso wie die Erfahrung $\nu \geq 1$, eine Folge der Form des Spannungsdehnungsdiagrammes. Sie gilt deshalb nicht nur für die untersuchte Fachwerkkonsole, sondern sie ist praktisch auf statisch unbestimmte Tragwerke überhaupt übertragbar. Sie ist praktisch eine wichtige Stützung der Forderung, die Fließgrenze als Dimensionierungsgrundlage einzuführen.

Durch Gl. 15 ist der Größtwert derjenigen Belastung, die dem Tragwerk zugemutet werden darf, festgelegt. Seine beiden bestimmenden Faktoren, ν_F und $P_{zul.}$ sind von der Form und den Querschnittsabmessungen des Tragwerks abhängig. Wichtig für uns ist dabei, daß $P_{zul.}$ durch Querschnittsveränderung (direkte und indirekte Verstärkung) ziemlich beträchtlich verändert werden kann. Das Sicherheitsverhältnis ν_F charakterisiert zahlenmäßig die Ungleichmässigkeit des Spannungszustandes eines Tragwerks. Je verschiedener die Beanspruchungen der verschiedenen Tragwerksteile sind, umso größer ist die Möglichkeit eines Spannungsausgleichs, und umso größer ist der Wert $\nu_F - 1$.

Es ist eine Erfahrungstatsache, daß es bei Brückenverstärkungen nur in seltenen Fällen gelingt, das neu aufgebrachte Verstärkungsmaterial voll auszunützen. Eine verstärkte Brücke ist demnach fast immer ein ungleichmässig beanspruchtes Tragwerk, bei denen die Möglichkeit, die tragbare Belastung gegenüber der durch eine zulässige Beanspruchung bestimmten zu vergrößern, besondere Bedeutung besitzt.

Wir wiederholen in diesem Zusammenhang, daß sowohl die Veränderungsmöglichkeit von $P_{zul.}$, wie auch die Tatsache, daß

$\nu_B \geq \nu_F \geq 1$ sind, statisch unbestimmte Stahltragwerke von statisch bestimmten grundsätzlich unterscheiden. Die Sicherheitsverhältnisse ν stellen dabei ein Korrektiv gegen hohe lokale Beanspruchungen in statisch unbestimmten Tragwerken (Stützenmomente in durchlaufenden Balken konstanten Trägheitsmoments) dar und sind damit charakteristische Größen statisch unbestimmter Tragwerke.

Wir sind bei der vorliegenden Untersuchung von einem einfachen Beispiel ausgegangen. Dabei haben wir uns auf die Untersuchung einer Belastung beschränkt, unter welcher die Beanspruchungen die Proportionalitätsgrenze nur einmal überschreiten, die also nur in der Größe $\sigma \leq \sigma_p$ sich beliebig wiederholen. Die am Beispiel der Fachwerkkonsole gefundenen Resultate und Anschauungen sind allgemein übertragbar.

Der untersuchte einfache Belastungsvorgang wurde mit Rücksicht auf das ausgesprochen praktische Endziel der Untersuchung gewählt. Sie unterscheidet sich dadurch von der zitierten Untersuchung Prof. Grünings, die eine wiederholte Belastung beliebiger Größe, sowie den Einfluß von Temperaturänderungen und von Stützenverschiebungen untersucht. Die Resultate der vorliegenden Untersuchungen stehen nicht in einem Gegensatz zu den von Prof. Grünig gefundenen; wir möchten sie eher als Spezialfall, der der zahlenmäßigen Erfassung und damit der praktischen Verwendbarkeit leichter zugänglich ist, aufgefaßt wissen.

Wir möchten hier noch auf eine Erscheinung, die mit dem behandelten Problem eine gewisse Ähnlichkeit besitzt, hinweisen: Wir fanden, daß die Sicherheit eines Stabes gegen Bruch oder gegen Erreichen der Streckgrenze nicht mehr nur von seiner eigenen Bruchfestigkeit oder Streckgrenze abhängt, sondern auch von der Beanspruchung und vom elastischen Verhalten aller übrigen Tragwerksteile. Die erwähnte Analogie ist für die Knick-sicherheit gedrückter Bestandteile einer Stabverbindung bekannt: durch die mehr oder weniger stets vorhandene elastische Ein-spannung der Stabenden wird die Knickgefahr eines eingebauten Stabes vermindert.⁹⁾ Diese beiden Fälle unterscheiden sich jedoch

⁹⁾ Dr. Ing. H. Zimmermann: Knickfestigkeit der Stabverbindungen. Berlin 1925.

grundsätzlich voneinander: beim Knickproblem verändern Einspannmomente die freie Knicklänge des betrachteten Stabes, also eine für seine Stabilität charakteristische Größe, während in unserem Falle eine Kräfteumlagerung eintritt.

Die praktische Durchführung der Berechnung der Sicherheitsverhältnisse ν_F wird dadurch etwas erschwert, weil nicht alle Tragwerksteile für die verschiedenen Belastungsarten (Laststellungen) ihre maßgebende Beanspruchung erfahren. Der Wert von ν_F wird deshalb beim gleichen Tragwerk für verschiedene Belastungsanordnungen etwas verschieden sein. Doch wird es in der Regel genügen, die Berechnung für die vermutete gefährlichste aller Laststellungen, z. B. Totalbelastung bei einfachen Balken, durchzuführen.

Über die Art der Durchführung einer derartigen Berechnung dürfte am besten das im nachfolgenden zweiten Teil behandelte Anwendungsbeispiel orientieren.
