

Objekttyp: **TableOfContent**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **115/116 (1940)**

Heft 18

PDF erstellt am: **25.04.2024**

### **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.

INHALT: Baustatik vor 100 Jahren - die Baustatik Naviers. — Praktische Fourier-Analyse. — Das Riesenteleskop des Mount Palomar. — Die wirtschaftliche Bedeutung der technischen Forschung für die zukünftige Friedenswirtschaft. — Ein Arzthaus in Zürich-Wollishofen. — Zur Berech-

nung von Flanschverbindungen. — Mitteilungen: Kohlen- und Erzvorkommen in der Schweiz. Eidg. Technische Hochschule. Fährbare Notstromgruppen. Rhoneschiffahrt. — Nekrologe: Adolf Hottinger. Paul Buser. — Literatur. — Mitteilungen der Vereine. — Vortrags-Kalender.

## Band 116

Der S. I. A. ist für den Inhalt des redaktionellen Teils seiner Vereinsorgane nicht verantwortlich  
Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur mit Zustimmung der Redaktion und nur mit genauer Quellenangabe gestattet

Nr. 18

## Baustatik vor 100 Jahren - die Baustatik Naviers

Von Prof. Dr. F. STÜSSI, E. T. H., Zürich<sup>1)</sup>

1. Es ist eine besonders reizvolle Aufgabe, dem Stand der Baustatik im ersten Drittel des letzten Jahrhunderts nachzuspüren, weil sich gerade in jener Zeit erstmals eine typisch *baustatische Denkweise* feststellen lässt, eine besondere Art also, die Gesetze und Regeln der Mechanik auf die Bemessung von Tragwerken anzuwenden. Die ausgesprochen quantitative Problemstellung, die bei dieser Aufgabe auftritt, d. h. die Notwendigkeit, ein Problem der Mechanik hier nicht diskutierend zu ergründen, sondern unter Beachtung der gegebenen Besonderheiten des Einzelfalles numerisch zu lösen, erfordert gegenüber den Methoden der theoretischen Mechanik eine besondere Betrachtungsweise. Vor der Zeit, die wir hier betrachten, haben eine Reihe der hervorragenden Theoretiker der Mechanik gelebt: Galilei, Newton, Jakob Bernoulli, Euler, Leibniz, Lagrange u. a.; ihre Arbeiten hatten aber auf das Bauwesen keinen oder nur einen unwesentlichen Einfluss, weil sie sich auf zu stark idealisierte Voraussetzungen statt auf die wirklichen Eigenschaften der Baustoffe und auf die wirklichen Arbeitsbedingungen der Tragwerke stützten und weil ihre mathematische Formulierung meist für den Konstrukteur unverständlich und deshalb auf den Konstruktionstisch nicht übertragbar war. Aus dieser Negierung der praktischen Bedürfnisse des Bauwesens durch die theoretischen Mechaniker ist wohl der boshafte Spruch zu erklären, den uns der englische Ingenieur Tredgold<sup>2)</sup> überliefert hat: «The Stability of a building is inversely proportional to the science of the builder». Den Gegensatz zwischen Theorie und Praxis, der in diesem Spruch zum Ausdruck kommt und der auch heute noch gelegentlich als Schlagwort weiterlebt, hat vor allem ein Ingenieur zu überbrücken gesucht: *Louis Navier*.

Die Aufgabe, die sich Navier (1785 bis 1836) gestellt hat, bedeutet nichts Geringeres als die Aufstellung einer eigentlichen Baustatik. Vor Navier und auch von seinen Zeitgenossen wird der Zweck der Baustatik durch zwei Gruppen von Gleichgewichtsaufgaben umschrieben, von denen sich die erste auf das Gleichgewicht der äusseren Kräfte, die andere auf das Gleichgewicht zwischen Schnittkräften und inneren Spannungen bezieht. Wir finden diese Definition beispielsweise im Werke von P. S. Girard über die Festigkeit der Körper<sup>3)</sup> und in ganz ähnlicher Form bei Tredgold<sup>4)</sup>, der die erste Gruppe unter der Bezeichnung «Stability of Position» und die zweite Gruppe mit «Stability of Resistance» zusammengefasst hat. Im Gegensatz zu dieser damals offenbar allgemeinen Umschreibung der Aufgabe der angewandten Mechanik steht Navier<sup>5)</sup>, der zwei Hauptaufgaben der angewandten Mechanik bei der Bemessung von Tragwerken zu lösen sucht, nämlich die Ermittlung der Formänderungen unter der Belastung und die Ermittlung der grössten tragbaren Last oder der Bruchlast eines Tragwerkes. Beide Aufgaben beruhen auf Baustoffeigenschaften, die nur auf dem Versuchsweg bestimmt werden können, nämlich auf dem Elastizitätsmodul und der Bruchfestigkeit. Von allem Anfang an baut sich das Werk Naviers auf diesen beiden wirklichen Eigenschaften der Baustoffe auf. Dass hier Gleichgewichtsaufgaben vorliegen, ist offenbar für Navier so selbstverständlich, dass er in seinem Vorwort dies gar nicht besonders hervorhebt. Aus der Bruchlast kann nach Navier durch Nachrechnung bestehender Bauwerke, die sich bewährt haben, und Vergleich der dort feststellbaren vorhandenen Beanspruchungen mit den Festigkeiten der erforderliche Sicherheitsgrad oder, etwas anders ausgedrückt, die zulässige Beanspruchung für jeden Baustoff und jede Beanspruchungsart bestimmt werden. Der Gegensatz zwischen Navier und seinen Vorgängern und Zeitgenossen ist ein grundsätzlicher:

Navier stellt sich auf den Boden der Erfahrung und der durch Versuche zu bestimmenden Grundlagen einer Baustatik, während vor, und teilweise auch noch nach ihm, die Baustatik lediglich als die Theorie der Gleichgewichtsaufgaben betrachtet wurde, zu deren Lösung weder Erfahrung noch Versuche, sondern lediglich theoretische Überlegungen notwendig seien.

Navier hat in seinen beiden baustatischen Hauptwerken, dem bereits erwähnten *Résumé des Leçons*, und in seinem Werk über Hängebrücken<sup>6)</sup> in umfassender Weise die Bemessungsgrundlagen zusammengestellt, die die Baupraxis seiner Zeit benötigte. Es sollen im Folgenden einige dieser Aufgaben und ihre Lösung durch Navier herausgegriffen und skizziert werden, um so zu einem Bild über die Denkweise Naviers und damit über den Ausgangspunkt der Entwicklung der Baustatik während der letzten 100 Jahre zu gelangen.

2. Die bekannteste Leistung Naviers ist die nach ihm benannte klassische *Biegungslehre*, die auch heute noch in der Praxis voll befriedigt, mit Ausnahme jener Fälle, die wir etwa unter der Bezeichnung der Biegung und Verdrehung zusammengesetzter dünnwandiger Stahlstäbe zusammenfassen können.

Die ersten Versuche, die Tragfähigkeit von auf Biegung beanspruchten Balken zu berechnen, gehen auf Galileo Galilei<sup>7)</sup> zurück. Galilei nimmt an, dass im Bruchquerschnitt eine Drehung um den untern Querschnittsrand eintrete, dass ferner die dem Moment  $Pl$  Gleichgewicht haltenden Spannungen über die ganze Querschnittsfläche konstant seien (Abb. 1). Die Momentengleichgewichtsbedingung bei rechteckigem Balkenquerschnitt lautet somit

$$Pl = \sigma \frac{bh^2}{2}$$

Diese Darstellungsweise liefert selbstverständlich unrichtige Werte für die Biegezugfestigkeit, sie erlaubt aber andererseits doch schon gewisse Aufgaben zu lösen, bei denen es nur auf einen relativen Vergleich der tragbaren Momente ankommt, wie beispielsweise die Konstruktion eines Trägers gleicher Festigkeit.

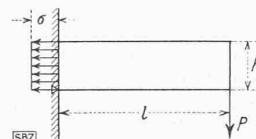


Abb. 1. Biegung nach Galilei

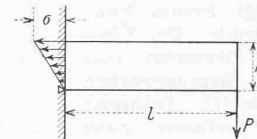


Abb. 2. Biegung nach Leibniz

Leibniz<sup>8)</sup>, angeregt durch Beobachtungen von Mariotte, schreibt den einzelnen Fasern des Balkens elastische Eigenschaften zu; die Beanspruchungen sind danach nicht mehr konstant, sondern proportional zum Abstand von der Drehaxe (Abbildung 2). Die Gleichgewichtsbedingung liefert uns hier den Zusammenhang

$$Pl = \sigma \frac{bh^2}{3}$$

In diesen beiden Formeln ist wohl die Momentengleichgewichtsbedingung erfüllt, dagegen nicht die Bedingung, dass die Resultierenden der Zug- und Druckspannungen sich gegenseitig aufheben müssen.

Einen wertvollen Einblick in den Stand der Biegungslehre unmittelbar vor Navier erhalten wir durch das bereits erwähnte Werk von Girard<sup>9)</sup>. Girard sieht beide Brucharten als möglich an, er schreibt die Form nach Galilei unelastischen Materialien wie etwa Stein zu, während die Form nach Leibniz für elastische Körper wie etwa Holz gelten soll. Es ist Girard bekannt, dass Jacob Bernoulli schon im Jahre 1704<sup>10)</sup> beobachtet hat, dass nur ein Teil der Fasern des Balkens auf Zug, ein anderer Teil jedoch auf Druck beansprucht ist und dass spannungslose Fasern entsprechend der Nulllinie als Gleichgewichtsaxe sich innerhalb des Querschnittes befinden. Allerdings zieht Bernoulli und mit ihm auch Girard den falschen Schluss, dass die Lage dieser Nulllinie ohne Einfluss auf das Moment der

<sup>1)</sup> Nach einem Vortrag gehalten in der S. I. A.-Fachgruppe der Ingenieure für Brückenbau und Hochbau am 18. März 1939.

<sup>2)</sup> T. Tredgold (gestorben 1829, 41 Jahre alt): Practical Essay on the Strength of Cast Iron and other Metals. 3. Aufl. 1831.

<sup>3)</sup> P. S. Girard: Traité analytique de la Résistance des Solides et des Solides d'égale Résistance, Paris 1798.

<sup>4)</sup> T. Tredgold: Elementary Principles of Carpentry. 3. Aufl. bearbeitet von P. Barlow, London 1840.

<sup>5)</sup> L. Navier: Résumé des Leçons données à l'Ecole des Ponts et Chaussées sur l'Application de la Mécanique à l'Etablissement des Constructions et des Machines, Paris 1826, 1ère Partie, 2. Aufl., 1833.

<sup>6)</sup> L. Navier: Rapport et Mémoire sur les Ponts suspendus, Paris 1823.

<sup>7)</sup> Galileo Galilei: Discorsi e Dimostrazioni Matematiche, 1638.

<sup>8)</sup> G. [G. Leibniz]: Demonstrationes novae de Resistentia Solidorum, Acta Erudit. Lipsiae 1684.

<sup>9)</sup> Jacob Bernoulli: Mémoires de l'Académie des Sciences, 1704.