

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 69/70 (1917)
Heft: 13

Artikel: Beziehungen der Baustatik zum Brückenbau
Autor: Rohn, A.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-33947>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 01.04.2025

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

Beziehungen der Baustatik zum Brückenbau.

Von Prof. A. Rohn, Zürich.

Vortrag gehalten in der Sektion für Ingenieurwesen an der 99. Jahresversammlung der «Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft».

Die „Baustatik“, d. h. die *Ingenieurwissenschaft*, die die reine Statik den Bedürfnissen des Bauwesens anpasst, die die *Bemessung* der Ingenieurbauten, vornehmlich der Brückenbauten ermöglicht, ist eine relativ junge Wissenschaft, die sich naturgemäß entwickelt hat, sobald grosse Brücken für schwere Lasten ökonomisch hergestellt werden mussten. Erst die Entwicklung des Bahnbaues führte dazu, Täler in beträchtlicher Höhe und grosse schiffbare Flüsse zu überbrücken, in beiden Fällen mit weitgespannten Ueberbauten. Während vor einem Jahrhundert die grössten Öffnungen, die mit Stein bzw. Eisen überspannt waren, etwa 50 bzw. 75 m betragen, werden heute massive Brücken bis zu 100 m Spannweite, eiserne Brücken bis 550 m Spannweite erstellt.

Diese neuern kühnen Lösungen liessen sich nicht aus ältern, durch die Erfahrung bestätigten Ausführungen ableiten, sie erforderten eine weitere Vertiefung in das innere Kräftespiel der Ingenieurtragwerke, wozu die *wissenschaftliche Materialprüfung* wegleitend mitzuwirken hatte. Hand in Hand mit der Erstellung kühner Ingenieurbauten ging die *Verbesserung der Baumaterialien*, des Eisens und des Zementes, vor sich.

in Vereinfachungen, in Vorschriften gehüllt, die der wissenschaftlichen Entwicklung entgegenlaufen.

*

Ich möchte den heutigen Anlass dazu benutzen, auf einige *Punkte dieser Anwendung der Statik auf das Ingenieurwesen* hinzuweisen.

Die grundlegenden Gesetze der Mechanik, die der Ingenieur anzuwenden hat, müssen von ihm den *Verhältnissen der Praxis* und den *Erfahrungen*, die die Materialprüfung sammelt, angepasst werden. Während beispielsweise die reine Statik nur bestimmte Belastungsfälle betrachtet, muss der Brückenbauer *bewegte Lasten*, deren *Verteilung* auf das Bauwerk unsicher ist, berücksichtigen, hierfür statt dynamische statische Wirkungen einführen und die ungünstigsten Laststellungen ausfindig machen. Die für die *Elastizität* und *Festigkeit* der Baustoffe beobachteten Gesetze müssen andererseits in *vereinfachter Form* in den Berechnungen aufgenommen werden, sodass sie in *für die Praxis brauchbarer Weise* zum Ziele, zum *sichern Bauen* führen.

Es gehört ein gewisser Mut dazu, diese *vereinfachten Hypothesen*, die erst die Verwendbarkeit der Statik im Ingenieurfach ermöglicht, *vorzuschlagen*:

Zum Beispiel sei daran erinnert, dass vor 60 Jahren nur *vollwandige* Tragwerke — mit Hilfe der Biegemomente und Querkräfte — berechnet wurden. Es ent-

Umbau des Rebleuten-Zunfthauses in Chur.



Abb. 7. Treppenhaus (Halle) im I. Stock.

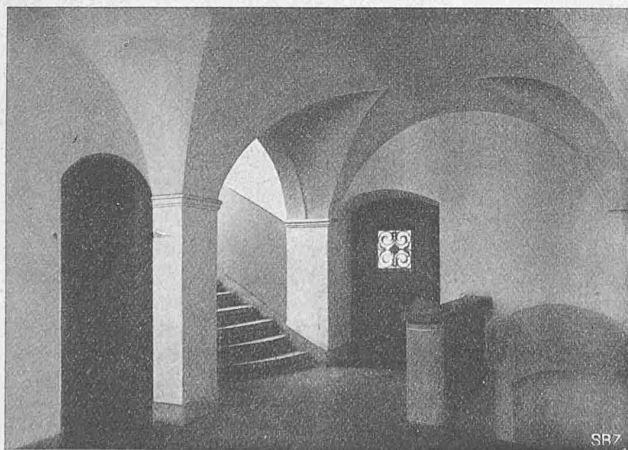


Abb. 8. Treppenhaus im I. Stock.



Abb. 9. Speisesaal im I. Stock.

Bei allen Ingenieurwerken ist die *Statik nicht Selbstzweck*, sie wird als Hilfsmittel angewendet zur Erzielung möglichst *genauer knapper Dimensionen* der einzelnen Bauteile. Der *wirtschaftliche Konkurrenzkampf* hat einerseits die Baustatik gefördert, denn nur das genaue Rechnen erlaubt eine zielbewusste Materialersparnis; andererseits haben wirtschaftliche Gesichtspunkte die Baustatik schablonisiert,

standen deshalb damals die grössten, bis 150 m weitgespannten Blechträger, deren Wände später, ohne an den Rechenmethoden etwas zu ändern, in Form engmaschiger Gitterwerke leichter gehalten wurden.

1852 hatte Culmann den Mut, das *Fachwerk* als ein Stabgebilde mit reibungslosen gelenkigen Knotenpunkten aufzufassen und zu berechnen; erst später ist gezeigt

worden, dass diese Voraussetzung Stabkräfte liefert mit der relativ geringen Fehlergrenze von 20 bis 40%.

Als anderes Beispiel zur Einführung neuer Hypothesen sei das *Gewölbe* erwähnt, das bis vor 20 Jahren nach Methoden, die allmählich verfeinert worden sind, als *starre* Zusammensetzung von Wölb-Elementen aufgefasst wurde, und erst nachdem der Nachweis der allerdings nicht einfachen Gesetze der elastischen *Formänderungen der Steinmaterialien* erbracht worden war, als *elastischer Bogenträger* berechnet werden konnte. Wegen der Veränderlichkeit des Dehnungskoeffizienten der Steinbaustoffe war es nicht leicht, den Uebergang von der Theorie des starren zu derjenigen des elastischen Gewölbes vorzunehmen.

Die stetige Verfeinerung der statischen Rechnungs-Verfahren hat zur Folge gehabt, dass heute die *Grundlagen*, auf denen sie aufgebaut sind, *leicht übersehen* werden.

Andererseits wird oft das der Bestimmung des Spannungszustandes zugrunde gelegte schematische *geometrische Bild* des Tragwerkes *identifiziert* mit dem wirklichen Trägerbild; z. B. wird heute allgemein das Gewölbe mit Aufbau aus Längswänden ohne Berücksichtigung der letzteren, die doch eine wesentliche Versteifung des Tragwerkes darstellen und namentlich den Temperatureinfluss recht ungünstig beeinflussen, durchgeführt. Man hat sich daran gewöhnt, die Aufbauten nur als Belastungen einzusetzen. Ähnliches geschieht im eisernen Tragwerk: man betrachtet den Spannungszustand in der Trägerebene und legt nur zu häufig Stäbe oder Stabteile einseitig ausserhalb derselben!

Mit der statischen Behandlung des geometrischen Bildes ist die statische Arbeit übrigens bei weitem *nicht erledigt*; die Neben- und Zusatzspannungen, die durch eine mangelhafte *konstruktive Ausbildung* hervorgerufen werden, *unterschätzt man meistens*.

Wie wesentlich die *Statik der konstruktiven Einzelheiten* ist, kann nicht besser gezeigt werden, als am Beispiel der St. Lawrence-Brücke bei Quebec, die während des Baues zum ersten Male 1907, bei einwandfreier Dimensionierung der Stabquerschnitte, infolge mangelhafter konstruktiver Ausbildung eines Druckstabes einstürzte, zum zweiten Male 1916 einen Unfall infolge schlechter Ausbildung eines Lagers erlitt.¹⁾

*

Nachdem die vorhandenen statischen Methoden heute ungefähr dazu genügen, die üblichen Bauwerke der Praxis zu dimensionieren, sollte der Statiker und Konstrukteur, statt nach weiteren Verfeinerungen baustatischer Verfahren zu suchen, deren *material-technische Grundlagen revidieren*, den Einfluss der üblichen Vereinfachungen prüfen, auch der Statik der *konstruktiven Details* mehr Wert beilegen und den Spannungsverlauf immer mehr durch *Versuche und Messungen* an fertigen Bauwerken *kontrollieren*, um hieraus neue, theoretisch verwendbare Anregungen zu schöpfen.

*

Während die Frage der Statik der Konstruktionsdetails namentlich für die eisernen Tragwerke gefördert werden sollte, tritt bei Beton- und namentlich Eisenbetonbauten die genauere Berücksichtigung der *Materialeigenschaften* in den Vordergrund.

Die Elastizitätsbedingungen, die bei statisch unbestimmten, d. h. nicht frei deformierbaren Tragwerken die Ermittlung der innern und äussern Kräfte ermöglichen, basieren bekanntlich auf der Bestimmung einer Anzahl elastischer Bewegungen, hängen somit vom Dehnungskoeffizienten ab. Dieser Dehnungskoeffizient ist für Flusseisen angenähert konstant, für Beton dagegen sehr veränderlich, für armierten Beton endlich noch unbestimmter, da der Umfang der Mitwirkung des auf Zug beanspruchten Betons unsicher ist.

Die elastischen Bewegungen müssen umso genauer eingeführt werden, je mehr Elastizitätsgleichungen zu lösen

¹⁾ Siehe Bd. L, S. 167 (28. Sept. 1907) und 280 (30. Nov. 1907), ferner Bd. LXVIII, S. 146 (23. Sept. 1916), sowie S. 217 u. 233 (4./11. Nov. 1916).

sind. Hierbei wird jedoch meistens der Dehnungskoeffizient der Materialien unveränderlich eingesetzt, eine Fehlerquelle, die den Genauigkeitsgrad der Bestimmung der Deformationen zum Teil *illusorisch* macht und jedenfalls davor warnen sollte, den Genauigkeitsgrad der Ergebnisse der Berechnungen vielfach unbestimmter Tragwerke zu hoch einzuschätzen.

Es scheint, dass seit Einführung der Elastizitätsberechnungen die für Eisen gültigen Vereinfachungen etwas schnell für Stein, dann Beton und schliesslich Eisenbeton übernommen worden sind; man denke nur an den beschränkten Gültigkeitsbereich des Hooke'schen Gesetzes für die letztgenannten Baustoffe.

Vielmehr könnten Bauprobleme einfacher gelöst werden als durch Einführung eines Grundsystems, das die Aufstellung einer grossen Anzahl von Elastizitätsbedingungen nötig macht.

Die Tüchtigkeit des Statikers liegt doch in erster Linie in der *richtigen Beurteilung* des Wertes des Ergebnisses seiner Rechnungen und erst dann in deren formal richtiger statischen Behandlung.

Ein Faktor gleicher Ordnung ist die *Beschaffenheit des Baugrundes*. Während die Formänderungen des äusserlich unbestimmten Tragwerkes unter gewissen Voraussetzungen möglichst genau ermittelt werden, bleiben die Bewegungen seiner Auflagerungen infolge Formänderung der Pfeiler und des Bodens meistens ausser Betracht. Eingespannte schwere Gewölbe z. B. werden häufig auf wenig tragfähigem Baugrunde erstellt, ohne Nachprüfung des Einflusses allfälliger Kämpferbewegungen. Drehungen der Auflagerungen werden in solchen Fällen durch möglichst gleichmässige Lastverteilung im Fundament vermieden werden.

Für eisernen Tragwerke liegen, wie schon erwähnt, die Elastizitäts-, jedoch auch die Auflagerungsverhältnisse günstiger, letztere, weil es meistens möglich ist, Tragwerke auszuführen, deren Auflagerungen bei allfälligen Stützenbewegungen wieder nachgestellt werden können. Dagegen sind die *inneren konstruktiven Verhältnisse* der eisernen Tragwerke viel schwieriger zu beurteilen, als bei Betonbauten. Die Anpassung der Stabquerschnitte an die Netzwerkstäbe, die Knotenpunkt-Anschlüsse, sind oft statisch ungenügend behandelt. Noch mehr Wert ist auf die konstruktive Ausbildung gedrückter Stäbe zu legen, vor allem auf die Verbindung mehrteiliger Querschnitte, die als einheitliche in Rechnung gesetzt werden, und auf die Knickberechnung elastisch gestützter Stäbe. Fast alle eisernen Brücken, die eingestürzt sind, sind infolge der einen oder andern dieser Knickursachen zu Grunde gegangen.

Auch liegt hier ein weiter Schritt zwischen den Voraussetzungen der Knickungslehre und den so unbestimmten Lagerungs- und Belastungs-Verhältnissen der Druckstäbe der Brückenträger.

*

Recht hemmend für weitere Fortschritte ist die häufige Aeusserung der Praxis: dieses Bauwerk *hält schon so und so lange* und wird deshalb noch weiter halten, auch wenn seine Berechnungsgrundlagen ungenügende Standicherheit nachweisen lassen.

Aus dem vorhergesagten geht zur Genüge hervor, dass ein ziemlich reichlicher *Sicherheitsgrad* bei allen Bauten nötig ist, ein Begriff, der übrigens der reinen Statik, im Gegensatz zur Baustatik, ganz fremd ist. Der Streit um die Standsicherheit eines Tragwerkes liegt meistens nur in der Beurteilung seines Sicherheitsgrades, die vorausgesetzten ungünstigsten Belastungen und Einflüsse verschiedener Art treten event. nur sehr selten gleichzeitig auf, sodass das Bauwerk lange Zeit halten und dennoch zu schwach bemessen sein kann. Leider haben *Unfälle* dies nur *zu oft bestätigt*: Einsturz eines Tragwerkes beim Auftreten der grössten Verkehrslasten, gleichzeitige Wirkung von Winddruck usw. Solche Unfälle waren dann jeweilen der Stein des Anstosses zu erneuter höherer Einschätzung *wissenschaftlicher Untersuchungen*.

Zusammenfassend möchte ich anregen, für die Elastizitätsprobleme des Ingenieurwesens möglichst einfache statische Lösungen in Aussicht zu nehmen, vorläufig von einer weiteren Verfeinerung der baustatischen Verfahren Abstand zu nehmen und mehr Augenmerk auf den Einfluss der Hypothesen, die die Materialprüfung liefert, und auch mehr Wert auf die Statik der Konstruktionsdetails zu legen. Was nützt es, im geometrischen Bild primäre Spannungen von 800 kg/cm^2 nachzuweisen, wenn bei exzentrischen Anschlüssen ausserhalb der Trägerebene oder bei den Anschlüssen der Vergitterung zweiteiliger gedrückter Stäbe doppelt so hohe Zusatzspannungen entstehen!

Volle Unterstützung verdient die Richtung, die bei uns die Brückeningenieure des Eisenbahndepartements und der Bundesbahnen, sowie der Verband schweizerischer Brückenbauanstalten eingeschlagen haben durch *Beobachtung an fertigen Bauwerken*, durch *Spannungs- und Deformationsmessungen* den Wert der Voraussetzungen und damit den Grad der Genauigkeit der statischen Berechnungen zu prüfen, eine *Korrektur* derselben zu ermöglichen und somit der Theorie, gestützt auf die Erfahrung, neue Wege zu bahnen, sie neu zu beleben und zu einem immer brauchbareren Werkzeug des bauenden Ingenieurs zu gestalten.

Zürich, am 11. September 1917.

Zur 99. Jahresversammlung der Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft in Zürich 1917.

Die Sektion XII: „Hydrobiologie und Fischereiwesen“ hatte für die Abwicklung ihres Vortrags-Programms eine sehr glückliche und nutzbringende Organisation getroffen, indem der Nachmittag des 11. September d. J. ausschliesslich Vorträgen vorbehalten war, die der Schilderung und *Besprechung biologischer, physikalischer und chemischer Erscheinungen am Rätomsee* galten. Es sprach Prof. Dr. M. Düggeli (Zürich) über bakteriologische Beobachtungen; Direktor Dr. Leon Collet (Bern) brachte eine *étude physique et chimique*, und Fischerei-Inspektor Dr. Surbeck (Bern) eine solche über die Fische im Rätomsee; Frl. Schwyzer (Luzern) war eingeladen worden, über ihre ebenfalls an Ort gemachten Beobachtungen und Messungen zu berichten. Die Untersuchungen von Düggeli, Surbeck und Schwyzer sind auf Veranlassung der hydro-biologischen Kommission der Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft durchgeführt, die von Collet dargelegten Erscheinungen im Arbeitsgebiet der Abteilung für Wasserwirtschaft des Eidg. Departements des Innern ermittelt worden.

Ueber den sachlichen Inhalt der einzelnen Vorträge werden in den „Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft“ die statutarischen Referate erscheinen. An dieser Stelle sei nur darauf hingewiesen, dass dank der getroffenen Organisation diese Vorträge und Mitteilungen, sowie die vom Präsidenten der Sektion, Prof. Dr. Bachmann (Luzern), diskussionsweise gegebenen, verbindenden Erläuterungen, und schliesslich die von Inspektor Dr. Surbeck gebrachten Lichtbilder auch denjenigen Zuhörern, die selbst nicht in hydro-biologischer Richtung arbeiten, ein schön zusammengefasstes Bild der Erscheinungen am Rätomsee vermittelten. Man bekam einen durchaus klaren Einblick in den Einfluss, den der im Seewasser in scharfer Grenze unterhalb des Horizontes $1818,5 \text{ m ü. M.}$, d. i. etwa 13 m unter Seeoberfläche bis zum Grund festgestellte Gehalt an Schwefelwasserstoff¹⁾ einerseits auf die bakteriologischen Eigenschaften des Seewassers, andererseits auf die Besiedelung mit Fischen ausübt, und zwar sowohl für die Zeit vor dem Anstich am 3. und 4. Februar d. J., als auch nach demselben. Für den Hydrauliker waren von besonderem Interesse die thermischen Erscheinungen in verschiedenen Tiefen, ein durch die Verschiedenheit der Dichte erklärbares thermisches Paradoxon, die Indikation der Strömungserscheinung nach erfolgtem Anstich durch die Ortsveränderung verschiedener Bakterienarten und die durch die Lichtbilder veranschaulichten Erdbewegungen, welche durch die Absenkung des Wasserspiegels nach dem Abstich verursacht wurden und topographische Veränderungen befürchten lassen, die

¹⁾ Vergl. Band LXIX, S. 238, insbesondere S. 240 (vom 26. Mai 1917). Red.

eine allerdings betrübliche Aussicht auf die zukünftige Fischwirtschaft des Sees eröffnen.

Dem unterzeichneten Berichterstatter kam während der Vorträge je länger je mehr die förderliche Wirkung der Organisation dieser Vortrags-Serie zum Bewusstsein und hiermit die Frage, ob in Zukunft bei ähnlichen Versammlungen und Vorhandensein passender Objekte nicht auch eine ähnliche Organisation angewendet werden könnte; im Gedanken verfolgte er den Nutzen, der sich ergeben hätte, wenn noch z. B. durch Organe der S. B. B. die mit der Benützung des Rätomsees als Akkumulierungsbecken für die künftige hydroelektrische Zentrale verbundenen technischen Probleme und die ohne Zweifel vorhandenen und schwierigen Wirtschaftsprobleme in angepasstem Umfang behandelt worden wären! Die reine Wissenschaft mit ihrer Objektivität hätte Hand in Hand mit der angewandten Wissenschaft und deren, den Lebensinteressen des Landes zugewandten Problemen ein Bild fruchtbarer Tätigkeit entrollt unter der Fahne der *Kulturwissenschaften*, zu denen der Philosoph Rickert ja auch die Gebiete der Technik zählt.

Eine Verwirklichung dieses Gedankens wäre allerdings am Vortragstag nicht mehr möglich gewesen; aber was nicht war, kann werden.

Zürich, 14. September 1917.

F. Prášil.

Die Schweiz. Prüfanstalt für hydrometrische Flügel Papiermühle bei Bern.

Bis zum Jahre 1896 bestand in der Schweiz zur Eichung hydrometrischer Flügel, wie sie durch Woltmann als Messapparate für die Geschwindigkeit strömender Flüssigkeiten ausgebildet wurden, keine Anlage von bleibendem Charakter, ausser der zu Anfang der siebziger Jahre des vorigen Jahrhunderts angelegten kleinen Prüfanstalt von J. Amsler-Laffon in Schaffhausen. Der Bundesbeschluss vom 17. August 1895, der die „Hydrometrische Abteilung des Eidg. Oberbauinspektorates“ mit der planmässigen Untersuchung der Wasserverhältnisse der Schweiz zur Ermittlung der vorhandenen Wasserkräfte beauftragte, gab aber damals den Anlass zur Errichtung einer bleibenden und amtlichen Prüfanstalt für hydro-

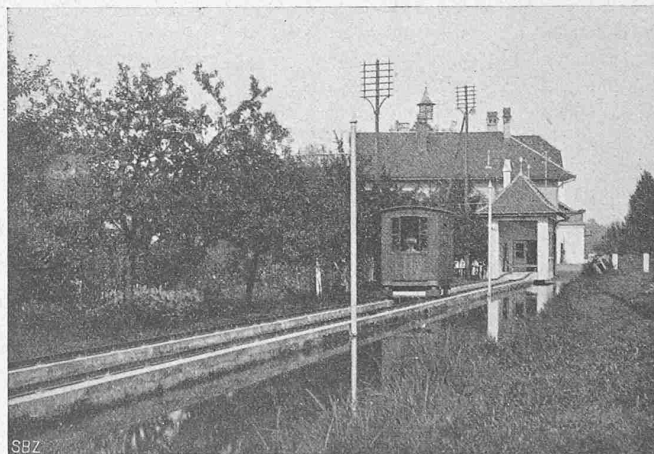


Abb. 1. Die Schweizerische Prüfanstalt für hydrometrische Flügel.

metrische Flügel. Schon im Jahre 1896 war die genannte „Hydrometrische Abteilung“ in der Lage, den Betrieb einer eigenen „Flügelprüfanstalt“ in Papiermühle bei Bern aufzunehmen, deren Tätigkeit sich in der Folge in gleichem Masse steigerte, als die Arbeiten des durch das Bundesgesetz vom 23. Dezember 1908 zur selbständigen „Abteilung für Landeshydrographie“ des Eidg. Departements des Innern erweiterten Amtes an Umfang und Bedeutung zunahm. Unterdessen war auch die Flügelprüfanstalt Papiermühle mit ihrem lediglich für Handbetrieb eingerichteten Messwagen erneuerungsbedürftig geworden, sodass im Jahre 1913 deren Umbau beschlossen und im Laufe des Jahres 1914 durchgeführt wurde. Das seit 1. Januar 1915 als „Abteilung für Wasserwirtschaft des Schweiz. Departements des Innern“ bezeichnete Amt verfügt nunmehr mit der Vervollständigung der messtechnischen Ausrüstung der Flügelprüfanstalt über eine durchaus neuzeitliche und aufs beste