

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 37/38 (1901)  
**Heft:** 2

**Artikel:** Beweis einiger Konstruktionen mit Hülfe der graphischen Statik  
**Autor:** Kinkel, M.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-22656>

#### 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:** 15.01.2026

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

mit der Fensteranordnung des ersten Stockes. Immerhin zeigt die Fassade und hauptsächlich die Perspektive eine schöne Silhouette.

Nr. I. Motto: *Ad gloriam generis structurae bernensis*. Sehr schönes Projekt, hat den Eingang von der Aulastrasse; derselbe ist monumental gedacht, hat aber den Nachteil, dass die Cirkulation im Erdgeschoss, zwischen den Antritten der Haupttreppe und den Garderobenräumen etwas eingeeengt ist, ebenso die Passagen im ersten Stock vom Austritt der Haupttreppen nach dem Haupteingang des grossen sowie des kleinen Konzertsaales. Die Sitzreihen auf den Galerien sind zu steil für einen Konzertsaal. Die Galerie ist ohnehin zu hoch disponiert.

Die Restaurierung im ersten Stock neben dem Konzertsaal ist unstatthaft. Im übrigen hat das Projekt hinsichtlich der Fassaden und des allgemeinen Eindrucks Qualitäten, die es zur Berücksichtigung und Prämierung eignen.

Demnach wurden die Projekte:

II. *Jungfrau und Panem et Circenses* mit je 2000 Fr.;

III. *Gaudemus* mit 1600 Fr.;

IV. *Bundesstadt* und *ad gloriam generis structurae bernensis* mit je 1200 Fr. honoriert.

Als Verfasser der Projekte ergeben sich:

Motto: *Jungfrau*, Herr Architekt Paul Lindt in Bern;

Motto: *Panem et Circenses*, Herren Prince & Béguin, Architekten in Neuenburg;

Motto: *Gaudemus*, Herr Architekt Oskar Weber in Bern;

Motto: *Der Bundesstadt*, Herren Architekten Hodler & Joos in Bern;

Motto: *Ad gloriam generis*, Herr Architekt H. v. Fischer in Bern. Bern, den 17. September 1900.

Die Mitglieder des Preisgerichtes:

(Sign.): Geiser, Stadtbaumeister von Zürich, Präsident; Herzog, Ingenieur, Gemeinderat; Bezençenet, Architekt; Juvet, Architekt; Biely, gew. Restaurator; Dr. Munzinger, Musik-Direktor; Stettler, Architekt.

Parallele zu den Richtungen gezogen werden. *CE* ist dann der Auflagerdruck in *B*, *ED* derjenige in *A*.

Diese Methode leidet, namentlich bei flachen Dächern, an zwei Uebelständen:

1. Fällt meistenteils der Schnittpunkt der Richtungen der Mittelkraft und der Reaktionen sehr weit fort, wenn nicht gar ausserhalb des Blattes, in welchem Falle zu einer Hülfskonstruktion gegriffen werden muss.

2. Wird der Schnitt der Auflagerdrücke im Kräfteeck meistens sehr schleifend und dadurch unsicher. Die Genauigkeit des Ergebnisses ist daher eine geringe, was dadurch zum Ausdruck kommt, dass der Cremona, der sich aus dem Kräfteeck entwickelt, nicht zum Schluss gebracht werden kann.

Eine bedeutend grössere Genauigkeit kann erreicht werden, wenn das Seileck zur Bestimmung der Mittelkraft nicht beliebig gelegt wird, sondern so, dass seine erste Seite durch das feste Auflager *B* geht, wie es in Fig. 2 geschehen ist. Hierin ist *CD* das Kräfteeck und *O* sein Pol. Verlängert man die letzte Seite des Seileckes bis *F* auf der Auflagerdruckrichtung von *A*, so kann mit *FB* die Schlusslinie gezogen werden. Da Gleichgewicht besteht, so liegen die Endpunkte der Kräfte auf den entsprechenden Polstrahlen des Kräfteecks. Zieht man daher durch *O* eine Parallel zu *FB* und durch *D* eine Parallel zur Auflagerdruckrichtung von *A*, so werden die Reaktionen: *A* = *DE* und, da das Kräfteeck geschlossen sein muss, *B* = *EC*. Weil bei günstiger Wahl von *O* der Strahl *OE* die Richtung *DE* beinahe unter rechtem Winkel schneiden wird, so ist die Genauigkeit der Grösse und Richtung der Auflagerdrücke eine vollkommen.

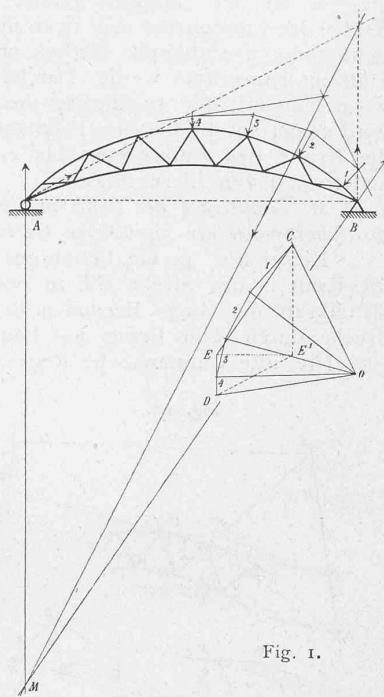


Fig. 1.

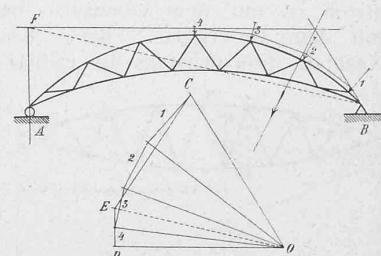


Fig. 2.

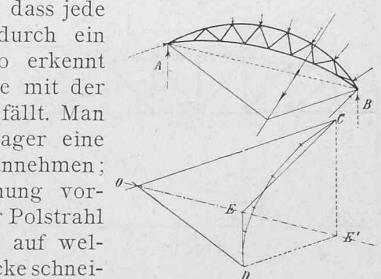


Fig. 3.

## Beweis einiger Konstruktionen mit Hülfe der graphischen Statik.

In neuerer Zeit tritt mehr und mehr das Bestreben auf, die graphische Statik von den übrigen Disciplinen unabhängig zu machen, ihre verwickelteren Konstruktionen auf ihre Fundamentsätze zurückzuführen und mit ihnen zu beweisen, ohne auf die Analysis oder die neuere Geometrie zurückzugreifen. Diese Bemühungen sind um so mehr zu begrüssen, als durch dieselben dem Schüler die Grundlagen der zeichnerischen Kräftevermittlung immer und immer wieder vor Augen geführt und stets aufs neue eingeprägt werden; außerdem wird hierdurch die Wertschätzung derselben gehoben, wenn man erkennt, dass auch in komplizierten Fällen die Statik allein zum Ziele führt. Es werden daher im folgenden einige Sätze auf statischem Wege nachgewiesen.

I. Die Auflagerdrücke eines gelenkig aufgelagerten Trägers schneiden sich im Kräfteeck stets auf einer Geraden, welche der Auflagersehne des Trägers parallel ist, deren Lage von der Belastung, nicht aber von der Art der Stützung abhängt.

Bei der graphischen Berechnung der Kräfte, welche in einem statisch bestimmt aufgelagerten Dachbinder durch Winddruck hervorgerufen werden, verfährt man in der Regel wie Fig. 1 zeigt.

In dieser sind die Windkräfte 1, 2, 3 und 4 an ihren Angriffspunkten im Trägernetz gegeben, ihre Richtung ist normal zur Obergurtachse, während ihre Grösse im Kräfteeck dargestellt ist. *A* sei das horizontal verschiebbliche, *B* das unverschiebbliche Auflager.

Man bestimmt nun durch ein beliebig liegendes Seileck die Mittelkraft der durch den Wind hervorgerufenen Drucke und bringt sie in *M* zum Schnitt mit der bekannten Richtung der einen Auflagerkraft, hier der Lotrechten durch *A*. Die Verbindungsline des andern Auflagers mit diesem Schnittpunkte *BM* ist dann die Richtung des Auflagerdrückes *B*. Die Grösse der Reaktionen ergiebt sich hierauf im Kräfteeck, indem durch die Endpunkte *C* und *D* des letzten

Geht man noch einen Schritt weiter und legt das Seileck zur Bestimmung der Mittelkraft so, dass jede der beiden Endseiten durch ein Auflager geht, Fig. 3, so erkennt man, dass die Schlusslinie mit der Auflagersehne zusammenfällt. Man kann nun in jedem Auflager eine ganz beliebige Stützung annehmen; so lange keine Einspannung vorhanden ist, wird stets der Polstrahl *OE* diejenige Linie sein, auf welcher sich die Auflagerdrücke schneiden. Hierbei ist es ganz gleichgültig, ob *A* oder *B*, oder auch beide festgelagert sind, ob die Richtung der einen Reaktion lotrecht oder schief ist; unter allen Umständen muss ihr Schnittpunkt auf dem der Auflagersehne parallelen Polstrahl *OE* liegen. Es folgt hieraus der am Kopf ausgesprochene Satz. Die Anwendungen desselben dürfen ziemlich mannigfaltig sein, es seien hier nur zwei angeführt:

1. Es sei in Fig. 1 *A* das feste, *B* das bewegliche lotrecht wirkende Auflager, also umgekehrt wie zuerst angenommen, so erhält man die dieser Stützung entsprechenden Auflagerdrücke, indem man durch *E* eine Parallele *E E'* zur Auflagersehne *A B* zieht. Dann ist:  $A' = D E'$  und  $B' = C E'$ . Man erkennt, wie einfach aus einem Paar bekannter Stützen drücke alle andern sich ableiten lassen.

2. Ist der Untergurt gerade, so ändern sich nur die Kräfte des Untergurtes und zwar um die Grösse  $E E'$ , sämtliche anderen Stabkräfte bleiben ungeändert, wie auch die Stützung angeordnet werde. Der Beweis ergiebt sich sofort, wenn man mit der Ausführung des Cremonas beginnt; man wird genau auf die gleichen Schnittpunkte kommen, nur sind die Kräfte des Untergurtes das eine Mal von *E* und das andere Mal von *E'* zu messen.

#### II. Ermittlung der Kraft in einem Füllungsstäbe im Falle der Schnittpunkt der zugehörigen Gurtstäbe unzugänglich ist.

Es sei Fig. 4a ein beliebiges Fachwerk, in welchem die Kraft in der Strebe *C E* zu bestimmen sei, wenn die Mittelkraft der links liegenden Belastungen und Auflagerdrücke durch *A* in Bezug auf Lage und Grösse gegeben ist. Die alte Culmann'sche Regel:

Fig. 4a.

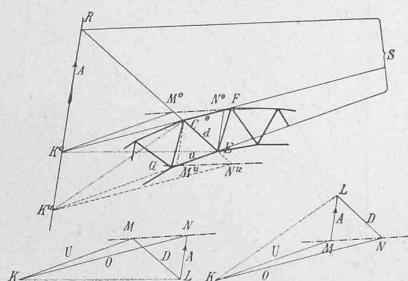


Fig. 4b.

Fig. 4c.

„Man verlängere die Richtung der Diagonale bis zum Schnittpunkt mit *A* in *R* und zerlege *A* in die Richtung der Strebe und nach dem Schnittpunkte *S* der entsprechenden Gurtstäbe“, sei hier nicht anwendbar, da dieser Punkt vom Blatte fällt. Für diesen Fall hat bereits der alte Meister die indirekte Lösung gegeben, indem er einen

Gurtstab bis zur äussern Kraft verlängerte und letztere in die Richtung des ersten und nach dem Schnittpunkt der Diagonale mit dem andern Gurtstab zerlegte, worauf er durch eine weitere Zerlegung die Kraft im zweiten Gurtstab und in dem Füllungsgliede bestimmte. In Fig. 4b und 4c sind diese Zerlegungen vorgenommen; in der ersten ist mit dem Obergurte begonnen, in der zweiten mit dem Untergurte. Beide Konstruktionen haben den Nachteil, dass meistens die Linien *O* und *U* in den Kräftecken sehr lang werden, ferner wird die Grösse der Kraft *A* sehr oft ziemlich entfernt vom Trägernetze bestimmt, so dass die langen Richtungen *o* und *u* weit parallel verschoben werden müssen. Dazu kommen noch die Wirkungen der schleifenden Schnitte; die Genauigkeit und Bequemlichkeit dieser Hülfskonstruktion muss also als eine sehr geringe bezeichnet werden.

Ein Vergleich der beiden Kräftezerlegungen Fig. 4b und Fig. 4c zeigt, dass die Grösse *M N* die Resultierende der Gurt der Richtung *R S* sein

muss. Um sie zu finden, lässt sich folgender Weg einschlagen. Man legt die Kraft *A* in das Trägernetz derart, dass ihr Anfangspunkt *E* mit dem Fusspunkt der Strebe zusammenfällt, während ihr Endpunkt *N* auf die Achse des Obergurtes zu liegen kommt, was durch entsprechende Wahl des Kräfteamstabes sich leicht erreichen lässt. Hierauf verlängert man die Richtung des Obergurtes bis zum Schnitt-

punkt *K* mit der wirklichen Kraft *A* und zerlegt *K E*, die Mittelkraft der Untergurt- und der Strebenkraft, in ihre Komponenten, und erkennt sofort, dass das Kräfteck der Punkte *E N* *M* *K* genau dem der Fig. 4b entspricht. Die Richtung *M N* ist damit gegeben und die gesuchte Strebenkraft wird durch das Dreieck *L M N* gefunden.

Für die gewöhnlich vorkommenden Fälle, bei denen ausserhalb des Schnittes nur eine lotrechte Auflagerkraft wirkt (Fachwerkbalken mit Verkehrslast) sind in den Fig. 5 und Fig. 6 die entsprechenden Linienzüge angegeben. Eine Erläuterung dürfte überflüssig sein, ebenso die Beschreibung des Verfahrens, das einzuschlagen ist, wenn die Außenkraft der Stabrichtung parallel liegt. Diese Konstruktionen sind in den Trägernetzen fein oder gestrichelt ausgezogen worden, je nach dem, ob mit dem Obergurte entsprechend Fig. 4b, oder, ob mit dem Untergurte entsprechend Fig. 4c bei den Zerlegungen begonnen wurde.

Es sei noch erwähnt, dass diese Lösung im „Taschenbuch der Hütte“ analytisch angewendet ist, dass aber daselbst die Bequemlichkeit der Linie *M N*, deren Endpunkte im Trägernetze dort ebenfalls bestimmt sind, nicht angegeben ist.

M<sup>a</sup> Kinkel.

#### Miscellanea.

**Die Verwendung des Aluminiums zu elektrischen Leitungen.** In Amerika besteht eine stattliche Anzahl von elektrischen Anlagen mit Aluminium-Fernleitungen, zumeist solche, welche hochgespannten Wechsel- oder Drehstrom auf weitere Entfernung übertragen; u. a. die 10000 P. S. leistende Anlage der «Snoqualmie Falls Power Co.» in Tacoma Scattle, deren 55 km langes Aluminium-Leitungsnetz mit Strom von 29000 Volt gespeist wird, die Anlage der «Telluride Power Comp.» in Provo, Utah, deren Aluminiumleitung eine Länge von 128 km besitzt und Strom von 40000 Volt Spannung überträgt, ferner die Kraftanlage der Standard Electric Co. in S. Francisco mit 60000 Volt Stromspannung bei 240 km Länge der Aluminiumleitung. In diesen Anlagen kommen, wie wir der «Zeitschr. f. Elektrotechnik» entnehmen, teils blanke Drähte von 7—9 mm Drm. oder Litzenkabel zur Verwendung. Die bis 35 und 45 m weit gespannten Drähte sind durch Dreifachmantelisolatoren an hölzernen Masten befestigt. Das Zusammenstoßen der Draht-Enden geschieht anstatt durch Lötzung durch die sogen. Mc. Intire-Verbindung.

Für Speisekabel von elektrischen Bahnen hat Aluminium noch keine erhebliche Verwendung gefunden. Die anfangs dieses Jahres eröffnete 9 km lange Hochbahnlinie der «Northwestern Elevated Railroad» in Chicago, welche für die Stromzuführung das System der dritten Stromschiene im Niveau des Bahnkörpers adoptiert hat, ist eine der bedeutendsten Bahnanlagen mit Aluminiumleitungskabeln. Durch armierte Kupferkabel wird der Strom von der 1,2 km entfernten Centrale in unterirdisch gemauerten Kanälen zu einem Verteilungskasten, durch Aluminiumkabel von dort nach den einzelnen Teilstrecken der Trolleybahn geführt. Es sind blanke Litzenkabel in drei Grössen in Verwendung, und zwar von 506, 677 und 890 mm<sup>2</sup> Querschnitt, welche bis zu acht nebeneinander in einem hölzernen Gehäuse verlegt, und alle 3 m durch auf hölzernen Querschwellen befestigte Isolatoren aus verglastem Thon unterstützt werden. Für jede 20. Unterstützung sind zweiteilige Klemm-Isolatoren verwendet worden, um den Kabeln die nötige Spannung geben zu können. Ausser der genannten Hochbahn ist auch die Bahnlinie Kansas-City-Leaden-North mit Aluminiumdrähten von 19 mm Durchmesser in einer Gesamtlänge von 112 km ausgerüstet, und die «Manhattan Elevated Railroad» in New-York beabsichtigt, bei der Umwandlung des gegenwärtigen Dampfbetriebes in den elektrischen, Aluminium zu Leitungszwecken zu verwenden. — Ueber Trolleydrähte aus Aluminium liegen nähere Daten nicht vor.

Aluminium-Lichtkabel sind bis jetzt noch verhältnismässig wenig im Gebrauch, dagegen ist in der Verwendung des Aluminiums für Schwachstromleitungen ein grosser Fortschritt zu verzeichnen. So hat die «Pennsylvania Railroad Comp.» eine 26 km lange Telegraphenlinie aus 3,7 mm dickem Aluminiumdraht ausführen lassen. Auch die neue Telegraphenlinie zwischen Manila und Cavite (Philippinen), 40 km lang, benutzt Aluminiumdraht von 3,3 mm Drm., und die «Pacific States Telegraph and Telephone Comp.» hat seit einiger Zeit über 300 km Leitungsdraht aus Aluminium mit bestem Erfolge in Benutzung. Ferner soll auch die New Yorker Telephon-Centrale nach dem Berichte ihres Direktors gute Erfahrungen mit solchen Leitungen gemacht haben; die Spannweite der

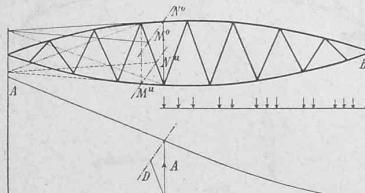


Fig. 5.

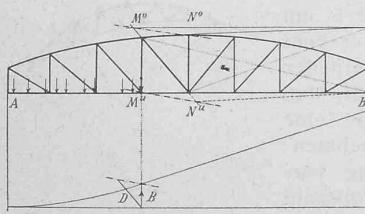


Fig. 6.