

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 35/36 (1900)
Heft: 21

Artikel: Anwendungen der graphischen Statik. III. Teil: Der kontinuierliche Balken
Autor: Mantel, G.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-21996>

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.](#)

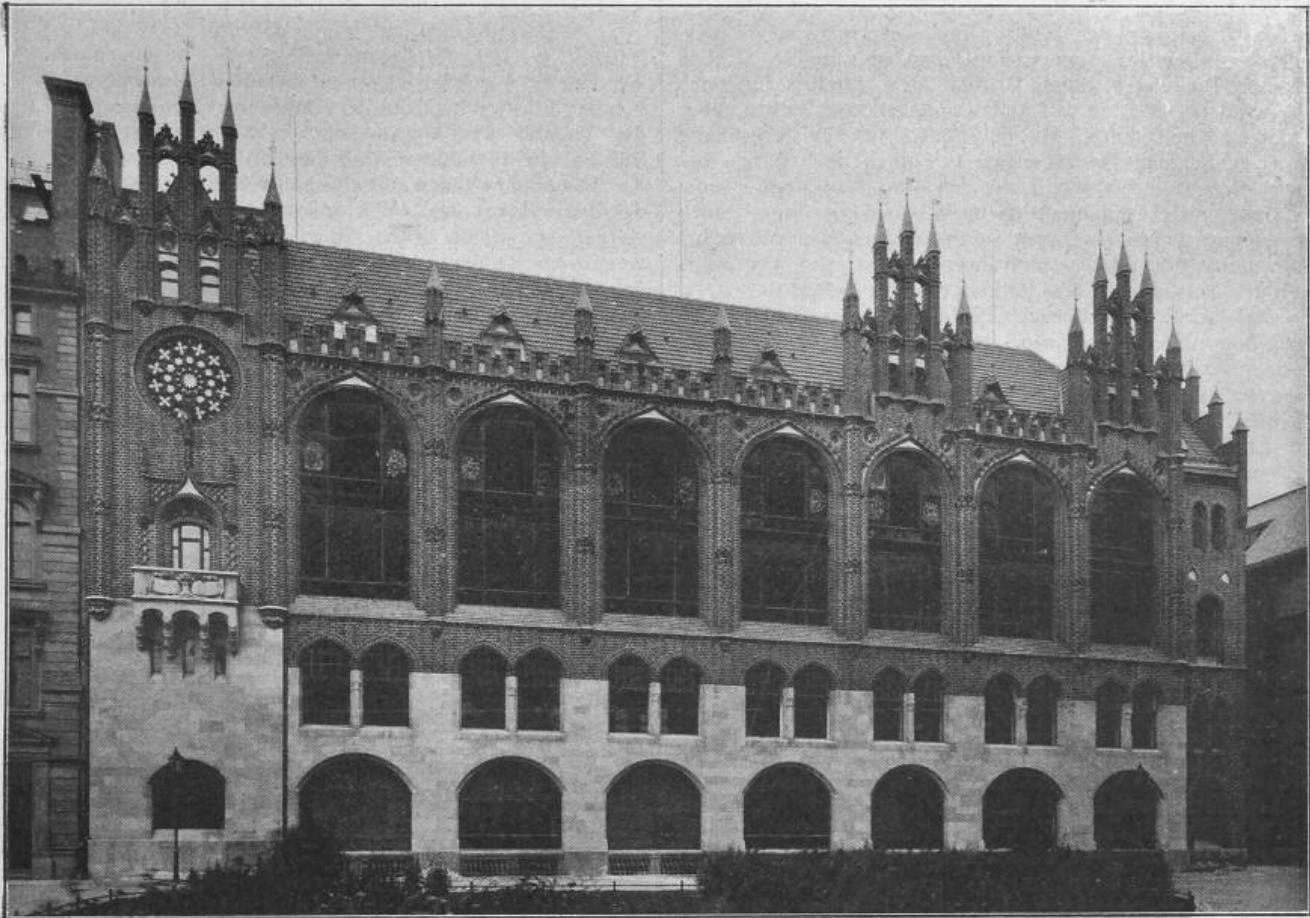
Download PDF: 06.02.2025

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

INHALT: Anwendungen der graphischen Statik. — Die Dampfturbinen. I. — Neue Berliner Kauf- und Warenhäuser. XV. — Bauten im Elsass. — Miscellanea: Fahrbahnplasterung mit Asphalt-Betonplatten in Zürich. Der Telephonograph. Betonausbau eines Schachtes. Weltausstellung in Paris 1900. Aluminium-Elektroden für Bogenlampen. — Konkurrenzen:

Evangelische Kirche in Biebrich a. Rh. Entwürfe für Arbeiterwohnhäuser in Kirchdittmold bei Kassel. — Nekrologie: † William Lindley. † Theodor Baumgartner. — Litteratur: Eingegangene litterarische Neuigkeiten. — Vereinsnachrichten: Association des anciens élèves de l'école polytechnique fédérale suisse de Zurich.

Neue Berliner Kauf- und Warenhäuser.



B. A. W. Fig. 74. Kaufhaus Riemer. — Fassade nach dem Marienkirchhof.
Architekt: Albert Riets in Berlin.

Anwendungen der graphischen Statik.

III. Teil. Der kontinuierliche Balken.¹⁾

Das Erscheinen des dritten Teiles der auf fünf Bände berechneten Serie bildet für die Freunde der zeichnerischen Behandlung der Statik um so mehr ein erfreuliches Ereignis, als es recht lange auf sich hat warten lassen. Der Verfasser giebt in der Einleitung die Erklärung für die lange Unterbrechung, welche übrigens der Reife und Vertiefung des Werkes zu gute kam. — Vor allem darf gesagt werden, dass der Band über den kontinuierlichen Balken einem Bedürfnis entgegenkommt, denn *Culmann* war in der zweiten Auflage seiner graphischen Statik nur bis zur Vorbereitung des Problems gelangt und die kleine Monographie *Ritters*: „Die elastische Linie und ihre Anwendung auf den kontinuierlichen Balken“ gab nur das unmittelbar notwendigste für den einfachsten Fall des Parallelträgers. Allerdings macht sich in neuerer Zeit eine Strömung geltend, welche dem kontinuierlichen Balken wegen seiner statischen Unbestimmtheit und der damit verbundenen schädlichen Folgen von Stützensenkungen und lokalen Tem-

peraturwirkungen die Berechtigung absprechen und ihn in allen Fällen durch einfache Balken oder durch Kragträger ersetzen will. In der Vorrede wendet sich der Verfasser gegen diese Strömung und mit Recht. Namentlich die Gefahr der Stützensenkungen scheint vielfach überschätzt zu werden, wenigstens sind mir keine solchen bei grösseren Bauwerken bekannt geworden, wo ja immer die Fundierung eine sorgfältige zu sein pflegt. Wenn aber auch die Hauptträger der Brücken nicht mehr so häufig durchlaufend ausgeführt werden sollten, wie bisher, so behält die Theorie des kontinuierlichen Balkens doch für eine Menge anderer Fälle ihre Bedeutung, da ja Schwellenträger, Schienen, die einzelnen Gurtungen der Hauptträger kontinuierlich sind und aus der Kontinuität dieser und anderer Teile der Brücken und Hochbauten vielfach Nebenspannungen erwachsen.

Mit Berücksichtigung des Umstandes, dass die graphische Berechnung des kontinuierlichen Balkens auf der Lehre von der elastischen Linie beruht, durchgeht der Verfasser in einem einleitenden Kapitel die bereits in den früheren Bänden entwickelten Methoden zur Darstellung derselben und giebt einige nützliche Erweiterungen und Zusammenstellungen. Im zweiten Kapitel wird in erster Linie die bekannte zeichnerische Behandlungsweise des kontinuierlichen Balkens mit konstantem Trägheitsmoment in klarer und übersichtlicher Weise entwickelt und die Behandlung gleichmässiger Lasten auf eine angenäherte und eine genauere Art in zwei Tafeln durchgeführt. Dass der erstere Weg in den Vordergrund gestellt wird, finden wir sehr berechtigt, denn er giebt zu-

¹⁾ Anwendungen der graphischen Statik nach Prof. Dr. Culmann, bearbeitet von Dr. W. Ritter, Professor am eidgenössischen Polytechnikum zu Zürich. Dritter Teil: *Der kontinuierliche Balken*. Mit 184 Textfiguren und 4 Tafeln. Zürich, Verlag von Albert Raustein (vormals Meyer & Zellers Verlag). 1900. Preis 12 Fr.

verlässige und beinahe ganz genaue Werte bei grösster Arbeitsreduktion gegenüber dem früher gebräuchlicheren, ausführlicheren Verfahren. Der im allgemeinen etwas lange Gedankengang des Problems ist soweit abgekürzt, dass das Verfahren wohl rascher als jedes andere zum Kräfteplan eines kontinuierlichen Balkens führen dürfte, abgesehen von derjenigen beschränkten Anzahl von Fällen, in welchen sich die *Winkler'schen* Tabellen unmittelbar anwenden lassen. An die Erklärung der Kräftepläne schliessen sich Untersuchungen über den Einfluss der Formänderung der Streben auf die Biegemomente, über den Einfluss ungleich hoher Stützen, über an den Enden eingespannte Balken, über kontinuierliche Säulen; je ein Kapitel ist der Berechnung der Durchbiegung kontinuierlicher Balken und deren Beanspruchung beim Verschieben gewidmet, ein Montierungsverfahren, welches namentlich in Westeuropa immer noch Anwendung findet. — Damit ist mit einigen wertvollen Erweiterungen der Inhalt der früheren Schrift des Verfassers über den kontinuierlichen Balken wiedergegeben.

Die erste Erweiterung bildet selbstverständlich die *Ermittlung der Einflusslinien*, die in neuerer Zeit immer häufiger zur Berechnung auch dieses Trägersystems herangezogen werden, ja für die Berechnung der Eisenbahnbrücken Verwendung finden müssen, weil der Ersatz der Einzellasten durch verteilte Last, als zu wenig zuverlässig, vielfach von den staatlichen Aufsichtsbehörden untersagt ist. Zuerst wird die Bestimmung der Einflusslinien mit Zugrundelegung des bekannten Verfahrens von *Lippich* für die Behandlung von Einzellasten gezeigt und auf die vollständige Durchführung eines Kräfteplanes mit Berücksichtigung aller notwendigen Belastungskombinationen angewendet, was namentlich für den Anfänger von Wert ist. Hierauf wird die Ermittlung der Einflusslinien als Seilkurven bzw. Durchbiegungslinien erläutert und gezeigt, mit welchem Vorteil sich diese Methode auf die Berechnung von kleinern Bauwerken, z. B. von Strassenbrücken anwenden lässt, wo man nur einiger weniger Einflusslinien bedarf. Namentlich die Verzeichnung dieser Linien mit Hilfe der leicht zu berechnenden Lage einiger Tangenten, wie es auf Seite 95 angedeutet ist, macht dieses Verfahren für Kräftepläne, ähnlich dem auf Seite 97 des Werkes dargestellten, besonders brauchbar.

Im folgenden Kapitel kommen diejenigen Fälle zur Behandlung, in welchen die Veränderlichkeit des Trägheitsmomentes nicht mehr ausser acht gelassen werden darf, was bei veränderlicher Trägerhöhe der Fall ist, und es wird auf Tafel 4 wieder ein vollständiges Beispiel durchgeführt. Durch einige neue Gedanken ist das Verfahren besonders elegant geworden und dürfte sich für die Verwendung sehr empfehlen. Ferner wird auch der Einfluss der Füllungsglieder besprochen und bei dem durchgerechneten Beispiel der Einfluss ihrer Formänderung auf die Resultate geprüft. Spezielle Abschnitte sind dann dem Parallelträger mit veränderlichem Trägheitsmoment und dem Balken mit nur zwei Oeffnungen gewidmet. — Die eingehenden Untersuchungen dieses Kapitels bringen willkommene Klarheit darüber, in welchen Fällen die Einflüsse der Veränderlichkeit des Trägheitsmomentes und diejenigen der Längenänderung der Streben vernachlässigt werden dürfen und in welchen sie Berücksichtigung erfordern.

Die beiden nächsten Kapitel führen graphische Lösungen von bisher nur rechnerisch behandelten Problemen vor. Zwar hat schon *Winkler* erkannt und ausgesprochen, dass für den kontinuierlichen Balken auf elastisch drehbaren Stützen die Abweichung der graphischen Behandlung dem gewöhnlichen Balken gegenüber nur darin bestehe, dass die Festpunkte sich verschieben; aber eine vollständige Theorie fehlte meines Wissens bis jetzt. Ihr Anwendungsgebiet ist nicht ein sehr grosses, doch haben wir z. B. gerade in der Schweiz eine ganze Anzahl von Thalübergängen, bei welchen die kontinuierlichen Ueberbauten durch so lange Auflager auf die eisernen Zwischenpfeiler aufgelagert sind, dass bei der Berechnung notwendigerweise feste Verbindung zwischen beiden Teilen angenommen werden musste; dadurch wurde

zwar nicht die Beanspruchung der Ueberbauten wesentlich geändert, wohl aber traten für die Pfeiler nicht zu vernachlässigende Beanspruchungen auf. In diesen Fällen hat die vorgeführte Berechnungsweise treffliche Dienste geleistet. Auch die Temperaturdehnungen des Unterbaues und die Bremsung der Züge beanspruchen diese Pfeiler beträchtlich; der Verfasser zeigt in Nr. 43 an einem bestimmten Beispiel, wie diese Einflüsse zu behandeln sind.

Vollständig neu und originell, wohl das Glanzstück des Bandes, wo sich die Geschicklichkeit des Autors in der Verwertung der durch ihn weiter entwickelten *Culmann'schen* Lehre von der Elasticitätseellipse in schönstem Lichte zeigt, ist aber die Theorie des kontinuierlichen Balkens auf elastischen Stützen, die in neuerer Zeit namentlich für die Beurteilung der Eisenbahnschienen auf Querschwellen eine so grosse Bedeutung erlangt hat. Wer schon eine Aufgabe aus diesem Gebiet auf rechnerischem Wege zu lösen in der Lage war, weiss, was es heissen will, wenn der Verfasser sagen darf, dass das entwickelte zeichnerische Verfahren „die Aufgabe *beinahe spielend* zu lösen gestattet, und zwar in allen Fällen, auch wo die Spannweiten und die elastischen Widerstände veränderlich sind: selbst veränderliches Trägheitsmoment, sowie der Einfluss der Scherkräfte lassen sich ohne Schwierigkeit mit berücksichtigen.“ Der Schreiber dieser Zeilen kann die Richtigkeit dieser Behauptung bestätigen; bereits vor 10 Jahren hat er nach der ihm freundlich mitgetheilten Methode eine 12 m-Schiene auf 15 ungleich verteilten Schwellen unter Annahme halben Trägheitsmomentes in der Stossöffnung untersucht, eine Aufgabe, die rechnerisch kaum zu bewältigen gewesen wäre, da die Momente jederseits über fünf bis sechs Schwellen hinaus zu verfolgen waren (ohne freilich ein mögliches Abheben der Schienen zu berücksichtigen). Die Möglichkeit dieser Vereinfachung erklärt sich dadurch, dass die Aufgabe durch die Verwendung der Elasticitäts-Ellipse sozusagen in zwei Teile zerlegt wird. Den ersten bildet die Bestimmung dieser Ellipsen und deren Zusammensetzung, wobei die gesamten, die Formänderungen bedingenden Verhältnisse von Stützen und Balken ihre Berücksichtigung finden. Den zweiten Teil bildet dann die Lösung der Bedingungen der Aufgabe selbst; diese bleibt nun gleich einfach, ob die Elasticitätsellipsen einfache oder kompliziertere Formänderungsverhältnisse ausdrücken, d. h. ob veränderliche oder gleiche Feldweiten bei veränderlichem oder konstantem Trägheitsmoment, veränderliche oder gleiche Stützwiderstände, ob auch Querschnittsverschiebungen neben den Querschnittsdrehungen mitberücksichtigt seien oder nicht. Es ist ja nicht müheelos, sich in den Gedankengang hineinzufinden, aber sobald es einmal geschehen, geht die Lösung der schwierigsten Aufgaben auf diesem Gebiete mit Leichtigkeit von statten. Angewendet wird das Verfahren auf die Berechnung einer Schiffbrücke und auf diejenige der Obergürtung der Pfosten einer Halbparabelbrücke mit freistehender Wand. — Aus der graphischen Theorie werden dann ferner die Momente und Auflagerdrücke für den kontinuierlichen Balken gleichen Querschnittes mit unendlich vielen gleichweiten Oeffnungen abgeleitet, womit eine bis jetzt ungelöste Aufgabe ihre Erledigung findet, eine Aufgabe, deren Lösung um so nützlicher erscheint, als nachträglich in Erweiterung derselben auch noch dem Falle Rechnung getragen ist, dass das belastete Feld andere Stützweite besitzt, und dass zweitens gleichzeitig auch sein Trägheitsmoment vom normalen abweicht. Zur Erleichterung der Anwendung dienen Tabellen und mit diesen sind nun verschiedene Aufgaben gelöst. Es wird die Beanspruchung von Brückenquerträgern, von Brückenlängträgern, von Obergürtungen und Pfosten offener Parallelträger-Brücken, namentlich aber von Eisenbahnschienen auf Querschwellen unter den verschiedenen Auflagerbedingungen der letztern berechnet. Besonders die letztern Lösungen dürften willkommen sein, weil sie die einfache Ermittlung der Schienenbeanspruchung auf sehr annähernd richtiger rechnerischer Grundlage zeigen, wobei freilich für genauere Vergleichung verschiedener Anordnungen, entgegen der Ansicht des Verfassers, die Durchbiegung der

Schwellen wohl mit berücksichtigt werden sollte. Zum Schluss werden noch die *Winkler'schen* Formeln für den Langschwellenoberbau abgeleitet und die Berechnung der Querschwellen durch einiges Probieren gegeben.

Sehr hübsch in der Behandlungsweise und jedenfalls sehr brauchbar ist auch die im achten Kapitel dargelegte Berechnung aller möglichen Arten von Spreng- und Hängwerken, welche neuerdings wieder grössere Bedeutung durch ihre vielfache Verwendung zur Verstärkung sowohl der Hauptträger wie einzelner Fahrbahnteile zu schwach gewordener Eisenbahnbrücken gewonnen haben. Es werden namentlich die excentrischen und verkürzten Hängwerke behandelt, welche für Verstärkungen besonders brauchbar sind. Denn dieselben unmittelbar und ausschliesslich an die Untergurtungen statt in die Schwereachse der Brückenwand, bzw. an beide Gurtungen zu befestigen, ist erstens leichter ausführbar und zweitens vorteilhafter, weil Ober- wie Untergurtung hierbei stärker entlastet werden; andererseits gestatten die Auflagerverhältnisse oft den Anschluss des Hängwerkes an die wirklichen Brückenenden nicht, sodass man gezwungen ist, mit demselben um ein Feld zurück zu weichen, das Hängewerk zu verkürzen.

Das letzte Kapitel beschäftigt sich ausführlich mit den kontinuierlichen Gelenkträgern. Erst wird allgemein die Ableitung der Einflusslinien gezeigt, welche eine übersichtliche Berechnung in allen Fällen gestatten, darauf etwas vereinfachte Verfahren für Eisenbahnbrücken und für Strassenbrücken abgeleitet, und noch besonders Kräftepläne für Parallelträger gegeben. Einer ergänzenden Erörterung unterzieht der Verfasser den Gelenkträger mit Hängegurtung und entwickelt die Aenderung der Verfahren für elastisch senkbare und für elastisch verbundene Stützen. Letztere Trägerform findet bekanntlich namentlich Verwendung für die eisernen Viadukte städtischer Hochbahnen. Zum Schluss werden noch Formeln für die Durchbiegung der Gelenkträger gegeben und Vergleichen mit den Einsenkungen kontinuierlicher Träger ohne Gelenke angestellt. — Ein Nachtrag enthält einige grundlegende Sätze über virtuelle Arbeit, über Elasticitätsellipsen und Einflusslinien, von welchen im Verlauf der vorstehend besprochenen Untersuchungen Gebrauch gemacht wurde.

Damit hoffen wir einen ungefähren Begriff von dem reichen Inhalt des Bandes gegeben zu haben. Dass er auf der Höhe der beiden vorhergegangenen steht, darf zum mindesten gesagt werden; er scheint uns eher mehr des neuen und originellen zu bieten. Dass er auch auf der Höhe der Zeit steht und alle neuesten Hilfsmittel der Wissenschaft benutzt, soweit sie den Zwecken der hauptsächlich zeichnerischen Statik dienstbar gemacht werden können — wir denken dabei namentlich an die so fruchtbare Verwertung des Arbeitsprinzipes, welches auch hier neue Wege eröffnet hat — ist selbstverständlich; ebenso, dass *Ritters* Statik der klassischen im Sinne *Cullmanns* treu geblieben, welche ihre Lösungen nicht auf dem Wege zeichnerischer Auswertung von analytischen Formeln sucht. — Wenn daneben der Verfasser sich nicht gescheut hat, hie und da behufs Vervollständigung einer Lösung den Rahmen der graphischen Behandlungsweisen etwas zu verlassen, so können wir das nur begrüssen; graphische und rechnerische Statik stehen sich nicht gegensätzlich gegenüber, sondern können sich in vorteilhafter Weise ergänzen.

Die Behandlung des Stoffes ist durchgehend knapp und doch klar, Figuren und Tafeln meist tadellos. Einige Aussetzungen mögen gestattet sein: In erster Linie bedauern wir, dass der Verfasser in Fig. 18 die Durchbiegungslinien nicht mehr in die Tangenten eingetragen hat, wie es *Culmann* in der letzten Figur seiner Tafel 17 des ersten Bandes that. Diese scheinen uns den Zusammenhang der verschiedenen, in Frage kommenden Linien und Strecken in trefflicher Weise zu veranschaulichen und so gleich ein Urteil über alle die Veränderungen zu gewähren, die eintreten, wenn das Trägheitsmoment der Balken nicht mehr konstant ist. Im ferneren möchten wir wün-

schen, die Erklärungen wären an einigen Stellen etwas ausführlicher gehalten. Nicht in den ersten Kapiteln; aber da, wo der Verfasser wesentlich Neues bringt, würde etwas grössere Breite dem auf das Selbststudium Angewiesenen da und dort das Verständnis erleichtert haben. Endlich sind einige der Figuren entschieden in zu kleinem Masstab wiedergegeben. Ich erwähne Fig. 100, auch 163, 85, welche dem Lernenden vielfach nicht mehr gestatten, durch Nachkonstruieren, Nachmessen mit dem Zirkel, sich über ihm zweifelhafte Punkte Gewissheit zu verschaffen. — Natürlich können diese kleinen, subjektiven Beanstandungen den innern Wert des Werkes nicht vermindern. Wir haben die Ueberzeugung, dass der Band wieder eine bedeutende Leistung auf dem Gebiet der Statik, im besonderen natürlich der zeichnerischen, darstellt und wir zweifeln nicht, dass sich das Werk die ihm gebührende Anerkennung in weiten Kreisen des Fachpublikums verschaffen wird.

Zürich, Mai 1900.

G. Mantel.

Die Dampfturbinen.

I.

Bei unsern Dampfmaschinen erzeugt der Dampfdruck zunächst eine hin- und hergehende Bewegung des Kolbens, die dann erst durch den Kurbelmechanismus in eine Drehbewegung umgesetzt wird. Diese Umsetzung wird vielfach

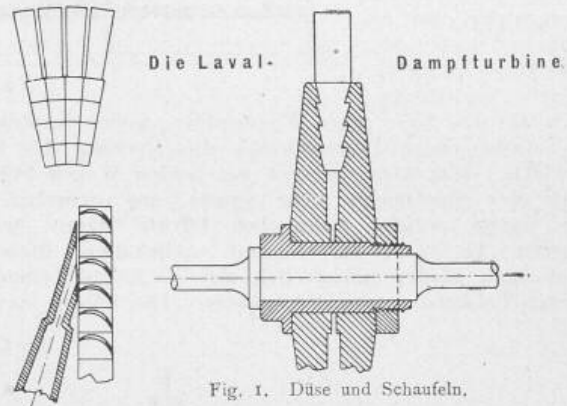


Fig. 1. Düse und Schaufeln.

als ein Umweg empfunden und daher sind die Bemühungen, durch den Dampfdruck direkt eine Rotationsbewegung hervorzubringen, sehr alt. Der erste Vorschlag zu einer derartigen „rotierenden Dampfmaschine“ rührt schon von *Watt* her; seitdem sind immer und immer wieder neue Vor-

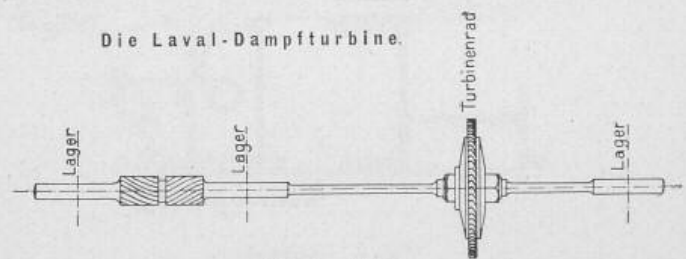


Fig. 2. Achse.

schläge aufgetaucht, haben aber nie irgend welchen Erfolg gehabt. Alle diese rotierenden Dampfmaschinen fallen unter den Begriff der Kapselräder. In einem feststehenden Gehäuse (Kapsel, daher Kapselrad) sind ein oder zwei oder auch mehr radförmige Körper drehbar untergebracht, sodass ihre vorstehenden Teile oder Flügel sich dicht an die Wände anlegen. Der Dampf, der an einem Punkte des Gehäuses eintritt, muss die Flügel vor sich her schieben, um zum Austritt zu gelangen, und setzt so die Vorrichtung in Bewegung. Die Schwierigkeit, an der diese Vorschläge noch immer Schiffbruch gelitten haben, besteht darin, dass es nicht gelingt, zwischen Flügeln und Wänden eine dampfdichte Berührung herzustellen. Da diese Aufgabe als un-