

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 35/36 (1900)
Heft: 20

Artikel: Maschinentechnische Rundschau: die Entwicklung der Dampfmaschine in den letzten fünfzig Jahren
Autor: Escher, Rudolf
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-21991>

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

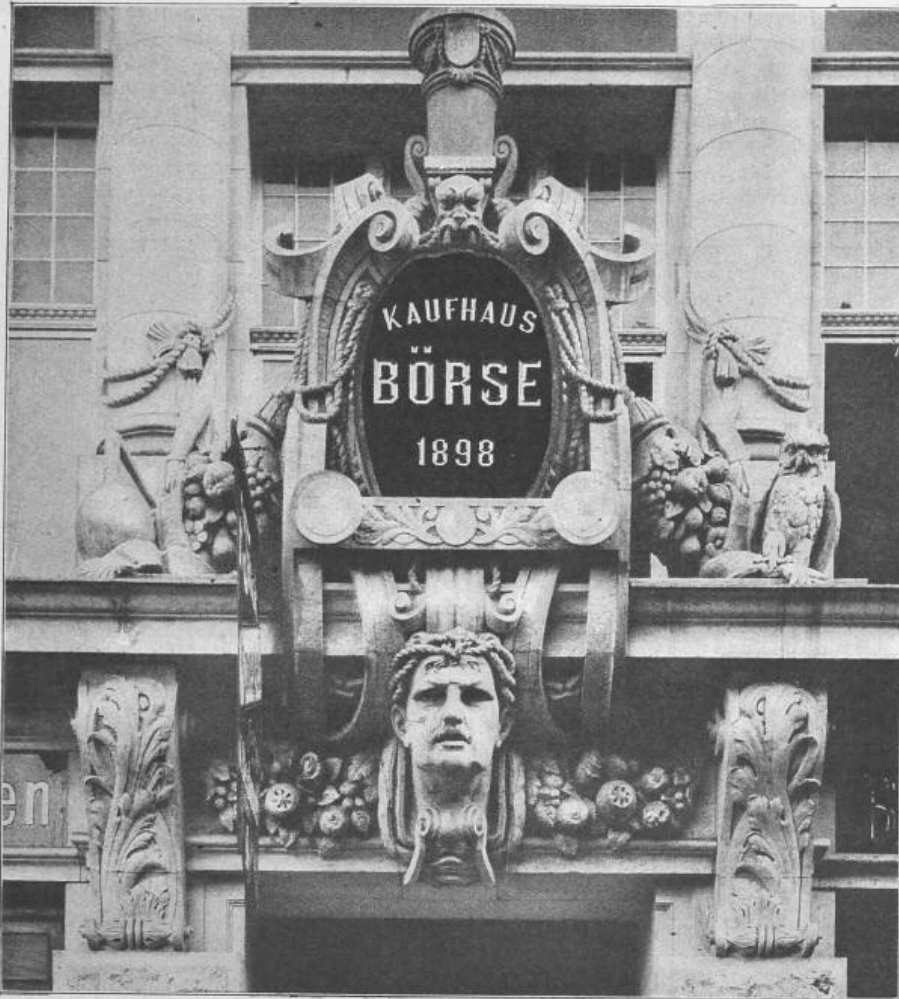
ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

INHALT: Maschinentechnische Rundschau. — Die Richtersweiler Holzriesen. II. (Schluss.) — Statische Gewölbeuntersuchungen. — Das projektierte aargauische Sanatorium für Lungenkranke auf der Barmelweid. — Neue Berliner Kauf- und Warenhäuser. XIV. — Concours pour l'élaboration des plans d'une nouvelle maison d'école pour le quartier de la Neuveville à Fribourg. — Miscellanea: Diesel-Motoren. Doppelspuriger Ausbau von Linien der schweizerischen Hauptbahnen. Exposition universelle de 1900 à Paris.

Bau von Dampfturbinen-Dynamos in der Schweiz. — Konkurrenzen: Entwürfe über den Bau eines Krematoriums in Mainz. — Preisausschreiben: Entwurf einer Vorrichtung zum Umladen von max. 15 000 t Kohle aus Kanalschiffen in Seeschiffe binnen 24 Stunden. — Vereinsnachrichten: Schweiz. Ingenieur- u. Architekten-Verein. Gesellschaft ehem. Polytechniker: Stellenvermittlung.

Hiezu eine Tafel: Neue Berliner Kauf- und Warenhäuser. Kaufhaus Börse, Neue Promenade 4.

Neue Berliner Kauf- und Warenhäuser.



B. A. W. Fig. 71. Kaufhaus Börse, Neue Promenade 4. — Portalkrönung.

Architekten: Eckert & Danneberg (Haupt) in Berlin.

Maschinentechnische Rundschau.

Die Entwicklung der Dampfmaschine in den letzten fünfzig Jahren.

Die Redaktion der „Schweiz. Bauzeitung“ stellte dem Verfasser dieser Zeilen die Aufgabe, einen Ueberblick über die allerjüngsten Fortschritte zu geben, welche die Entwicklung der Dampfmaschine gemacht hat oder zu machen im Begriffe ist. Das bot dem Verfasser Veranlassung, einen Blick von der Gegenwart nach rückwärts zu werfen; dabei erstaunte er über die gewaltigen Veränderungen, die er selbst als Augenzeuge auf diesem Gebiete sich hat vollziehen sehen. Er bekam die Empfindung, es müsste für unsere jüngeren Fachgenossen nicht uninteressant sein, eine kurze Schilderung dieser Wandlungen zu vernehmen, und so mag die Redaktion es gestatten, dass der Verfasser zunächst von der Vergangenheit spricht, soweit als er sie selbst mit erlebt hat.

Zu der Zeit, als dem Verfasser die Augen anfangen aufzugehen, beherrschte die vertikale Anordnung ausschliesslich das Feld. Die senkrechte Cylinderstellung war vom Ursprung der Dampfmaschine an etwas gegebenes, und lange Zeit dachte man überhaupt nicht daran, dass eine

andere Lage möglich sei. Zwar wurde die alte *Watt'sche* Balanciermaschine wenig mehr gebaut, wenn sie auch noch hie und da bis in die Neuzeit hinein zur Ausführung gelangte. An der Pariser Ausstellung 1889 war noch eine Balanciermaschine zu sehen mit der ganzen Sorgfalt in der architektonischen Ausbildung der Formen, mit Gesimsen und Kanellüren, wie sie vor zwei Menschenaltern beliebt waren. Selbst eine sogenannte Grashoppermaschine grösserer Ausführung — übersetzen wir keck ins „Züritütsche“: Heuströfelmachine — stellte sich dem erstaunten Publikum dar. Sie soll freilich dem betreffenden Oberingenieur seine Stellung gekostet haben, als die Jury dem gespenstischen Ungeheuer keinen Geschmack abgewinnen konnte. Noch vor acht oder neun Jahren wurde bei Escher Wyss & Cie. eine grössere Balanciermaschine gebaut. Sie bildete die Erweiterung einer vor längerer Zeit errichteten Maschinenanlage. Der Besitzer war mit seiner Balanciermaschine so ausgezeichnet zufrieden gewesen, dass er durchaus noch ein Pendant dazu haben wollte. Diese Liebhaberei ist soweit nicht unbegründet: die Balanciermaschine konnte sich nicht überhasten; sie arbeitete ruhig und gemächlich und blieb dabei gesund bis ins höchste Alter.

An die Stelle der Balanciermaschine war die direkt wirkende vertikale Maschine mit oben liegender Kurbelwelle getreten, wie sie der geehrte Leser in dem ersten besten populären Handbuch der Physik abgebildet findet, sofern dasselbe nicht noch bei der *Watt'schen* Balanciermaschine mit Kofferkessel stehen geblieben ist.

Eigentümlich mutet den modernen Mechaniker die Scheu an, mit der man der Reibung zwischen Kreuzkopf und Geradföhrung aus dem Wege zu gehen suchte. Vielfach wurden Lenkerföhrungen angewandt, oder man versah den Kreuzkopf mit Laufrollen, alles nur, um die gleitende Reibung zu vermeiden. Es ist nicht unmöglich, dass die *Morin'schen* Reibungskoeffizienten, wie wir sie bis auf den heutigen Tag in jedem Handbuch finden, daran eine wesentliche Mitschuld trugen. Im Lichte dieser Koeffizienten erscheinen die zu erwartenden Reibungsverluste viel grösser, als sie es bei guter Schmierung thatsächlich sind. Mit dem Dampfdruck war man langsam auf vier bis höchstens fünf Atmosphären gestiegen, und gleichzeitig suchte man mehr und mehr durch Anwendung der Expansion eine bessere Ausnützung des Dampfes zu erzielen. Freilich entwickelten sich die Expansionssteuerungen recht langsam und bei den ausschliesslich zur Anwendung kommenden Schiebersteuerungen bot namentlich die Unterstellung der Expansion unter die Kontrolle des Regulators grosse Schwierigkeiten. Eine vielbeliebte Einrichtung bestand in einem auf dem Deckel des Schieberkastens aufgesetzten Expansionsventil mit horizontaler Achse (!), das von einem direkt mit der Regulatorhölse verbundenen Daumenkegel bewegt wurde. Man benötigte sich vielfach damit, die Expansion von Hand ein-

zustellen und liess dann den Regulator auf eine Drosselklappe wirken, ein Zustand, der sich übrigens noch recht lange fortgeschleppt hat.

Der Uebergang zur horizontalen Anordnung, deren Anfänge sich allerdings weit gegen den Beginn des Jahrhunderts zurück verfolgen lassen, vollzog sich ziemlich rasch und vollständig. Er hängt mit dem Bedarf nach immer stärkeren Maschinen zusammen. Die Vorzüge — bequeme Zugänglichkeit und solide Lagerung, Erleichterung der Zwillingsanordnung — schlugen durch; die erwarteten Nachteile — einseitige Abnutzung des Cylinders — waren lange nicht so schlimm, wie man befürchtete. Das Gestell hatte die bekannte, rechteckige, rahmenförmige Gestalt; erst von Ende der sechziger Jahre an wurde die Form durch den von *Corliss* eingeführten Bayonettbalken verdrängt, der bei geringerem Gewicht eine direktere, also bessere Verbindung zwischen Cylinder und Kurbellager herstellte¹⁾.

Schon bei der Balanciermaschine hatte *Woolf* zwei Cylinder von verschiedener Grösse nebeneinander derart aufgestellt, dass der Dampf mit vollem Druck in den kleinen Cylinder eintrat und darauf im grossen Cylinder expandierte. Diese Anordnung verdankt ihre Ausbreitung wohl in erster Linie dem Umstande, dass es dabei möglich war, mit einer einfachen Schiebersteuerung eine ziemlich weitgehende Expansion zu erzielen. Von der Bedeutung der mehrstufigen Expansion in Bezug auf die thermischen Vorgänge hatte man lange Zeit noch gar keine Vorstellung. Der Verfasser findet in seinem Kollegienheft vom Zürcher Polytechnikum die Notiz, dass die *Woolf'schen* Maschinen in Beziehung auf die Ausnutzung des Dampfes nicht besser als einylindrige Maschinen wären, und dass ihr Vorteil nur in einem ruhigeren Gange bestünde (sic!). Als dann die vertikalen Maschinen mit oben liegender Kurbelachse aufkamen, verliess man die *Woolf'sche* Anordnung, weil die Anbringung von zwei Cylindern aus konstruktiven Gründen zur Unmöglichkeit wurde, wenn man nicht in allerlei schwere Uebelstände verfallen wollte, wie z. B. übermässig hohe Lage der Kurbelwelle. Die horizontale Anordnung bot bequeme Gelegenheit, auf das *Woolf'sche* System zurückzukommen, und so finden wir die horizontale *Woolf'sche* Maschine mit zwei hintereinander liegenden Cylindern („Tandem“-Anordnung) in den sechziger Jahren vielfach ausgeführt.

Wesentlich jünger als die *Woolf'sche* Maschine mit zwei im Gleichtakt arbeitenden Cylindern ist die „Verbund“-Maschine, bei der die beiden Cylinder an zwei verschiedenen, unter 90° versetzten Kurbeln angreifen. Diese Anordnung ist wohl zuerst bei den oszillierenden Schiffmaschinen in allgemeine Anwendung gekommen, bei denen eine Expansionssteuerung nicht wohl angebracht werden, wo also eine ausgiebige Expansion nur durch die Zweistufigkeit erzielt werden konnte, und wo wegen des Anlaufens aus jeder Stellung zwei Kurbeln unter 90° unumgänglich notwendig waren. Diese „Phasenverschiebung“ gab den Leuten viel zu denken; einer unserer Lehrer meinte, dieselbe schlage aller Theorie ins Gesicht. Lange Zeit hindurch legte man zwischen den beiden Cylindern einen Zwischenbehälter oder „Receiver“ an, und erst seit kurzem lässt man ihn weg, weil man gemerkt hat, dass es auch ohne denselben geht!

Es wurde schon oben bemerkt, wie wenig Verständnis man die längste Zeit den thermischen Vorgängen entgegenbrachte, die sich zwischen Dampf und Cylinderwand vollziehen. Schon der Schutz des Cylinders gegen Abkühlung nach aussen wurde recht nachlässig betrieben. Nackte Dampfzylinder sind dem Verfasser noch vielfach zu Gesicht gekommen, wenn auch nur an Maschinen von kleineren Abmessungen und von minderer Herkunft. Wie gleichgiltig aber die Cylinderverschalung selbst in besseren Werkstätten angelegt wurde, soll konstatiert werden zum Beweise, dass die Welt im Fortschritt begriffen ist. Dass

¹⁾ Auf diese Form des Gestelles will die Bezeichnung «Rahmen» freilich nicht recht passen. Warum aber dasselbe Wort in der englischen Form «Frame» besser anwendbar sein soll, ist schwer einzusehen.

der Konstrukteur beim Entwerfen der Maschine die Verschalung mit entwarf, war nicht üblich; er nahm die Flanschen etwas länger, als für die Schrauben gerade notwendig gewesen wäre, und damit war seine Arbeit gethan. Wenn dann die Maschine im Montierraum fertig zusammengestellt war, kam der Schreiner und nagelte seine daubenförmigen Brettchen um den Cylinder herum, wie es eben gehen wollte. Kam die Verschalung mit einem Schmierhahn oder Schlammhahn in Kollision, so wurde das Holz darum herum kaltblütig ausgeschnitten, bis der Griff am Hahnschlüssel Platz genug hatte.

Mit ähnlicher Sorglosigkeit wurden damals noch viele Dinge behandelt, die man als Nebensachen ansah. So z. B. war es im ganzen Gebiet des Maschinenbaues nur ganz ausnahmsweise üblich, schon beim Entwerfen Rücksicht auf das den Lagern entweichende Tropföl zu nehmen und an der Maschine Oelfänger anzubringen. Das überliess man getrost dem Empfänger. Fühlte sich dieser durch das Tropfen geniert, so liess er sich Gefässe aus Weissblech anfertigen, die mit Bindfaden oder Draht oder sonstwie an passender Stelle befestigt wurden.

Mit der Anbringung einer leicht wärmedichten Verkleidung des Cylinders glaubte man lange Zeit alles gethan zu haben, was zu thun war. Zwar hatten die Elsässer unter Führung von *Hirn* schon längst auf den schädlichen, wechselweisen Wärmeaustausch zwischen Dampf und Cylinderwand und auf die Mittel hingewiesen, diesen Austausch einzuschränken; allein sie fanden lange Zeit nicht die gebührende Beachtung. Die Theoretiker stellten die Möglichkeit eines so energischen Wärmeaustausches bei der Kürze der Berührungszeit in Abrede. Den grossen Unterschied zwischen dem aus dem Admissionsvolumen berechneten und dem tatsächlichen Dampfverbrauch erklärte man durch Undichtigkeiten des Schiebers und ganz besonders des Kolbens. Diesen Anschauungen entsprechend wurde die Heizung des Cylinders von aussen durch einen Dampfmantel als nutzlos und sogar als schädlich erklärt, weil dadurch nur die äussere Abkühlungsfläche vergrössert werde. Der Verfasser erinnert sich noch recht gut, dass er an seiner „Diplom-Maschine“ infolge einer in der Vorlesung gehörten Auseinandersetzung den bereits entworfenen Dampfmantel wieder wegwischte. Die Diskussionen über die Zweckmässigkeit oder Nutzlosigkeit der Cylinderheizung mittels Dampfmantel ziehen sich in den technischen Zeitschriften bis tief in die siebziger Jahre hinein. Es nimmt übrigens auch nicht Wunder, wenn die Leute verschiedener Meinung waren; traf man doch so viele falsch angelegte Mäntel. Dass der Mantel durch eine besondere Zweigleitung mit stagnierendem Dampf gespeist wurde, war die Regel; natürlich war dann der Mantel nach kurzer Zeit mit Luft statt mit Dampf gefüllt. Es wurde selbst versucht, ihn mit dem Abdampf zu heizen!

Durch die ganze Zeit der Entwicklung und bis auf den heutigen Tag zieht sich neben allen übrigen Verbesserungen ein langsames aber stetiges Zunehmen des Dampfdruckes und der Geschwindigkeit, beides erst ermöglicht durch die übrigen Fortschritte und wieder anspornend auf diese zurückwirkend, wie z. B. der Vorteil der mehrstufigen Expansion erst bei höherem Druck recht hervortritt.

Mit höherem Dampfdruck fingen, besonders bei grösseren Abmessungen, die Schieber an, unbequem zu werden und durch ihre stärkere Abnutzung Schwierigkeiten zu bereiten. Schon früher hatte man versucht, die Schieberreibung durch Entlastungsvorrichtungen zu vermindern. Das Mittel war aber kompliziert, sein Erfolg zweifelhaft und für Expansionssteuerungen kaum anwendbar. Die Schmierung der Schieber und der Kolben liess freilich recht viel zu wünschen übrig. Die hierfür gebräuchlichen Einrichtungen, die Schmierhähne, bestanden aus einem kleinen Gefäss mit zwei Hähnen; durch den obern wurde das Gefäss gefüllt und darauf sein Inhalt durch den untern Hahn in den Schieberkasten oder in den Cylinder abgelassen. Den grössten Teil des Schmiermittels fegte natürlich als-

bald der Dampf weg und bis zum nächsten Schmieren mussten sich Schieber und Kolben mit der kleinen Menge des adhärenenden Fettes begnügen. Gewöhnlich fand zum Schmieren geschmolzener Talg Verwendung. Dieses Material wurde, wie die übrigen organischen Schmiermittel, in dem Maasse gefährlicher, als der Dampfdruck und damit die Dampftemperatur stieg, weil dabei die Zersetzung unter Bildung von Fett- bzw. Oelsäure um so schneller vor sich ging; welche gräuliche Zerstörungen aber diese Säuren dort, wo sie ungestört nagen konnten, anrichteten, davon macht man sich schwer einen Begriff, wenn man es nicht selbst gesehen hat. Eine gründliche Besserung in allen Richtungen brachte die Einführung der schweren Mineralöle für die Cylinderschmierung. Einmal fiel damit die fressende Wirkung dahin, weil diese sich nicht zersetzen; dann eignen sich diese Oele, weil auch bei niedriger Temperatur flüssig bleibend, leicht für die heutzutage allgemein üblich gewordene kontinuierliche Schmierung, die den Dampf vor dem Eintritt in die Steuerung fettet, so dass dadurch alle Teile, die mit dem Dampf in Berührung kommen, eine gleichmässige, ausgiebige und doch sparsame Schmierung erhalten. Die ersten kontinuierlichen Schmierapparate bestanden aus einem Gefäss, das mit Oel gefüllt wurde und durch einen Ueberlauf mit dem Dampfraum in Verbindung stand; der eintretende Dampf schlug sich nieder und das Kondensierwasser veranlasste ein langsames Ausfliessen des Oeles. Später kamen die sicherer wirkenden und genauer regulierbaren Schmierpumpen und Schmierpressen. Auch auf die Schmierung der übrigen Teile der Dampfmaschine wurde mehr und mehr Sorgfalt verwandt. Man sehe sich die „Schmierorgel“ einer modernen vertikalen Dampfmaschine an und man wird es nicht stark übertrieben finden, wenn gesagt wird, dass heute der Konstrukteur auf diese Dinge mehr Nachdenken und Arbeit verwendet, als früher auf die ganze Dampfmaschine. Viele der neuesten Fortschritte sind erst durch die besseren Schmiermittel und Schmiervorrichtungen möglich geworden.

Trotz aller dieser Verbesserungen wurden die Uebelstände der Schieberreibung immer und immer wieder empfunden, besonders als die Elektrotechnik das Bedürfnis nach hohen Umdrehungszahlen wach rief. Das gab Veranlassung, auf den Kolbenschieber zurückzugreifen, der schon in der frühen Jugendzeit der Dampfmaschine Anwendung gefunden hatte, und trotz seiner Nachteile — grosse schädliche Räume und mangelhafte Dichtigkeit — ist er für Schnellläufer bekanntlich vielfach in Gebrauch gekommen.

Ein anderer Nachteil, der ebenfalls immer in stärkerem Maasse empfunden wurde, liegt in der Schwierigkeit, bei der Schiebersteuerung die Veränderung der Expansion durch den Regulator bewirken zu lassen. Wir besitzen bis auf den heutigen Tag nur zwei befriedigende Lösungen dieser Aufgabe. Die eine ist die *Rider*-steuerung, die andere bilden jene Steuerungen, bei welchen der Hub und der Voreilwinkel des Expansionsexcenters durch einen auf der Kurbelwelle sitzenden Federregulator direkt verändert werden¹⁾.

Ende der sechziger Jahre zeigten *Corliss* und Gebrüder *Sulzer* den Ausweg aus diesen Schwierigkeiten und veranlassten damit eine Schwenkung auf der ganzen Linie. Die vier getrennten Drehscheiben von *Corliss* bedeuten eine ganz eigenartige Entwicklung; das Doppelsitzventil dagegen war schon ganz früh in Gebrauch gewesen, wurde seither stetsfort hie und da für Betriebsmaschinen verwendet und ist bei den Wasserhaltungsmaschinen immer in Anwendung geblieben. Was aber bei der *Sulzer*'schen Steuerung durchschlug, war die geschickte Anordnung der Ventile an beiden Cylinderenden, die Eintrittsventile oben, die Austrittsventile mit abwärts gehender Ventilstange unten, sodann aber — wie bei *Corliss* — die vom Regulator bewirkte Auslösung der Schlussbewegung, die sich unter dem

¹⁾ Diese Regulatoren besitzen Pendel, die in einer Ebene normal zur Achse schwingen. Es fehlt noch immer an einer treffenden Bezeichnung dafür. Man nennt sie wohl Flachregulatoren oder Schwungradregulatoren. Treffender würde wohl der Name Kurbelwellenregulator sein, wenn er nicht zu schwerfällig wäre.

Einfluss einer gespannten Feder vollzieht. Der Regulator, der nicht mehr direkt an der Bewegung des Steuerorgans beteiligt ist, wurde dadurch in einem Grade entlastet, dass er die Steuerung in einem früher nie erreichten Maasse beherrschen kann. Seit jener Zeit sind die „Präzisionssteuerungen“, wie man sie — nicht sehr glücklich — benannt hat, in zahllosen Varianten gebaut worden, anders zwar, aber kaum besser als ihre Vorbilder. Neben den Auslös-Steuerungen kamen bald Formen mit zwangsläufiger Bewegung auch während des Schliessens auf, ohne indessen einen entschiedenen Fortschritt zu verwirklichen, weil eben die Nachteile der Auslös-Steuerungen — die Unmöglichkeit, den Augenblick des vollzogenen Schlusses zum Voraus genau bestimmen zu können, indem dabei die Luftbuffer noch mitwirken — mehr in der Vorstellung als in der Wirklichkeit bestehen.

Einen grossen Einfluss übte in den letzten fünfzehn Jahren die Entwicklung der Elektrotechnik aus. Für den direkten Antrieb der Dynamomaschinen entstand das Bedürfnis nach rasch laufenden, leistungsfähigen und in hohem Grade regulierfähigen Dampfmaschinen. Es schloss sich in so vielen Fällen noch die Bedingung einer möglichst kleinen Grundfläche an. Daraus haben sich die allbekanntesten Typen der vertikalen Maschinen mit oben liegenden Cylindern und untenliegender Kurbelwelle entwickelt, die übrigens sehr vollständige Vorbilder in den Maschinen der Schraubenschiffe haben. Die jüngste Phase in dieser Entwicklung ist der Uebergang zur Ventilsteuerung, deren Anwendung auf stehende Cylinder indessen sich auch hier als ein etwas widerhaariges Problem erweist.

Mai 1900.

Prof. Rudolf Escher.

Die Richtersweiler Holzriese.

Von Prof. Dr. W. Ritter.

II. (Schluss.)

Hinsichtlich der für die Anlage ausgeführten geometrischen und statischen Berechnungen sei zum Schlusse noch folgendes bemerkt.

Zunächst wurde ausgemacht, dass das Tragseil bei einer Oeffnung von 400 m einen Durchhang von 5 ‰ gleich 20 m haben solle. Da das Seil 3,6 kg pro Meter wiegt, so ergibt sich hieraus dessen Horizontalzug im unbelasteten Zustande

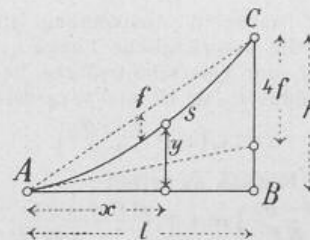
$$H_0 = \frac{p l^2}{8f} = \frac{3,6 \cdot 400^2}{8 \cdot 20} = 3600 \text{ kg} = 3,6 \text{ t.} \quad (1)$$

Da ferner der Durchhang dem Quadrate der Länge proportional ist, so ergibt sich zur Berechnung des Durchhangs die Formel

$$f = \frac{l^2}{8000} \quad (2)$$

Um die Länge des ganzen Seiles zu berechnen,

Fig. 9.



betrachten wir (Fig. 9) die Linie AC als Parabel und setzen

$$y = \frac{h-4f}{l} x + \frac{4f}{l^2} x^2$$

Differenziert man diesen Ausdruck nach x und setzt $ds^2 = dx^2 + dy^2$, so findet man unter Vernachlässigung der höheren Potenzen von $\frac{dy}{dx}$

$$s = l + \frac{8f^2}{3l} + \frac{h^2}{2l} \quad (3)$$