

Zur Geschichte des Simplon-Unternehmens

Autor(en): **Pestalozzi, S.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **45/46 (1905)**

Heft 12

PDF erstellt am: **25.04.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-25406>

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.

Zur Geschichte des Simplon-Unternehmens.

Von Ingenieur S. Pestalossi in Zürich.

(Fortsetzung.)

III. Die Simplon-Bahn-Gesellschaft.

1874 — 1881.

Für das neue Konsortium, das am 16. März 1874 die Ligne d'Italie durch Ersteigerung übernommen hatte, waren die Bestimmungen der bundesrätlichen Konzession vom September 1873, in Kraft gesetzt durch Beschluss vom 22. April 1874, massgebend. Hiernach hatten die Konzessionäre die bereits im Betrieb befindliche Bahnstrecke Bouveret-Siders vollends auszubauen und in betriebsfähigem Stand zu halten, ferner den Bau der bereits begonnenen Strecken weiter zu führen und so zu fördern, dass das Stück Siders-Leuk auf den 1. Mai 1877, Leuk-Visp auf den 1. Mai 1878 eröffnet werden könnte. Die Arbeiten an der weiteren Strecke von Visp über Brig bis zur italienischen Grenze konnten so lange verschoben werden, bis der Simplon-Uebergang auf schweizerischem und italienischem Gebiet gesichert wäre. Wenn letzteres bis zum 1. Mai 1880 nicht der Fall sein sollte, so hätten der Bund und der Kanton Wallis das Recht, sich gegen Ersatz der Ausgaben in den Besitz der ganzen „Ligne d'Italie“ zu setzen.

Das aus der „Société financière vaudoise“ und der „Compagnie des chemins de fer de la Suisse Occidentale“ gebildete Konsortium übernahm die Bahn mit 1. Juni 1874 und übertrug den Betrieb auf der Strecke Bouveret-Siders sofort an die letztere Gesellschaft. Im übrigen erweiterte sich dieses Konsortium zu einer neuen Gesellschaft mit dem Namen „Compagnie du chemin de fer du Simplon“, welche 1875 ihre Statuten festsetzte und einen Verwaltungsrat von 15 Mitgliedern unter dem Präsidium von Oberstleutnant J. Barman wählte. Die spezielle Geschäftsleitung wurde am 4. Oktober 1875 einem Direktionskomitee übertragen, bestehend aus den Herren Bundesrat Cérésole als Präsidenten, *Renevier* als Delegierten für das Rechnungswesen, und *Lommel* als Delegierten für den Bau, den Betrieb und die Studien für den Simplonübergang.

Ein Grundkapital von 4 000 000 Fr. in Aktien wurde durch die beiden

Gesellschaften, aus denen sich die neue Gesellschaft gebildet hatte, gezeichnet. Die nunmehrigen Gesellschaftsbehörden betrachteten als ihre Hauptaufgaben, erstens den Ausbau der Bahn bis Visp, eventuell bis Brig möglichst zu beschleunigen, zweitens neue, womöglich definitive Projekte nebst Kostenberechnungen über den Simplonübergang und die Zufahrt auf der italienischen Seite aufzustellen, und drittens mit

Frankreich und Italien neuerdings wegen ihrer Mitwirkung in Unter-

handlung zu treten. Von Italien war noch die Konzession zu erwerben, und dann, dachte man sich, würde der Staat die Zufahrtslinie bis zum südlichen Tunnelausgang auf seine Kosten übernehmen.

Moderne Innenräume.

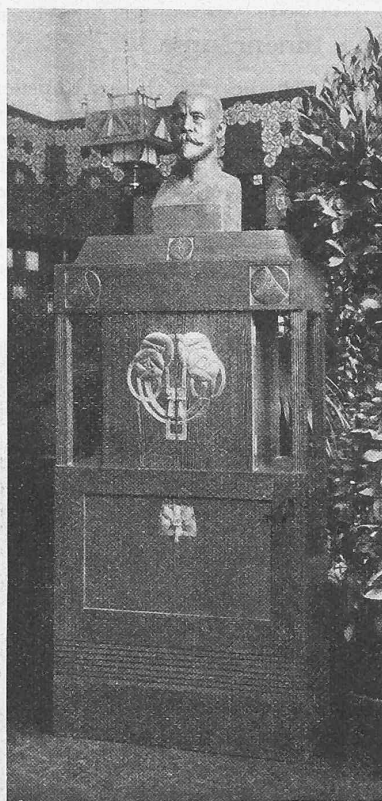


Abb. 7. Notenschränkchen. Von A. Pfenninger.

Ausgeführt von Wolff & Aschbacher in Zürich.

wurde es erreicht, dass die Bahnstrecken Siders-Leuk auf den 1. Juni 1877 und Leuk-Visp-Brig auf den 1. Juli 1878, also beinahe auf den konzessionsmässigen Termin, eröffnet werden konnten.

Behufs Ermöglichung eines durchgehenden Verkehrs vor Eröffnung des langen Haupttunnels trat die Direktion im Frühjahr 1876 in Unterhandlung mit der „Compagnie du Rail Central“ in London, die das „System Fell“ zur provisorischen Ueberschreitung des Mont Cenis eingeführt und betrieben hatte. Letztere Gesellschaft zeigte sich geneigt, dieses System auf der bestehenden Simplonstrasse anzuwenden und die Bahn bis Anfangs 1879 betriebsfähig fertig zu stellen. Doch war es ihr in der Folge, wegen politischer Verhältnisse nicht möglich, das dazu erforderliche Geld aufzubringen, sodass die Ausführung unterbleiben musste, was wahrscheinlich als ein grosses Glück zu betrachten ist.

Bezüglich des eigentlichen Simplonüberganges holte das Direktionskomitee gleich im Anfang ein Gutachten von L. Favre, dem Unternehmer des Gotthardtunnels, ein; dieses sprach sich sehr bestimmt für einen möglichst tief liegenden und dementsprechend langen Basistunnel aus. Nach seinen Ideen entwarf Ingenieur Clo 1875 ein neues Projekt, nach welchem die nördliche Tunnelmündung nicht mehr in oder neben die Saltineschlucht, sondern direkt in die Rhoneebene, etwa 3 km oberhalb Brig auf die Höhe von 680 m, bloss 4 m über dem Rhonehochwasser, verlegt wurde. Die Südmündung war etwas unterhalb Iselle in 644,5 m Höhe angenommen, was eine Tunnellänge von 19 850 m ergab. In der nördlichen Tunnelhälfte sollte die Bahn mit 1 ‰ bis zur Höhe von 689,9 m ansteigen, in der südlichen mit 4 ‰ fallen. Vom Südausgang bis

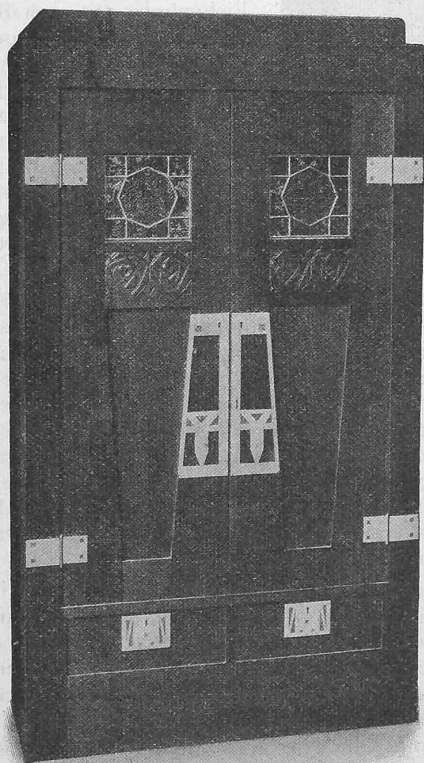


Abb. 6. Schrank. Von Architekt J. Haller.
Ausgeführt von Wolff & Aschbacher.

Domo d'Ossola sollte das Gefäll bloss 15‰ betragen, was eine künstliche Längenentwicklung im Val Antigorio (dem obern Teil des Tosats) erforderlich machte. Als Gesamtkosten dieses Projekts wurden 82 300 000 Fr. berechnet.

Mit der Weiterführung solcher Studien ward nun Ingenieur *Lommel* beauftragt¹⁾, der dieselben mit Vorname von einlässlichen Terrainaufnahmen begann. Obschon bereits eine Reihe von Projekten mit Kostenanschlägen aufgestellt worden waren, fehlten besonders auf der Südseite noch alle, auf richtigen Aufnahmen basierte Detailpläne; man hatte sich für die Studien mit ganz flüchtigen Aufnahmen oder den vorhandenen, höchst mangelhaften italienischen Generalstabskarten behelfen müssen. Nun war gerade damals (im Frühjahr 1876) bei der Gotthardbahn die bekannte Krisis eingetreten, die sich anfänglich in dem enormen Fehlbetrag von 102 Mill. Fr. an der Kostensumme äusserte und allgemeine Bestürzung erregte. Neben andern Ursachen wurde dieser Rechnungsfehler dem Umstand zugeschrieben, dass die generellen Pläne, auf die sich der Voranschlag gestützt hatte, in zu kleinem Masstab angefertigt und deshalb für eine annähernd zutreffende Berechnung völlig ungenügend gewesen seien. Wollte man beim Simplon vor einer ähnlichen Ueberraschung gesichert sein, so mussten vorerst Pläne hergestellt werden, über deren Zuverlässigkeit man beruhigt sein konnte. Die Operationen auf dem Terrain begannen unter Lommels Leitung im April 1876 und nahmen die Zeit bis zum Februar 1877 in Anspruch. Sie bestanden vorerst in einer Triangulation über das Bergmassiv des Simplon, verbunden mit Messung zweier Basen in den ebenen Geländen von Brig und Domo d'Ossola, wodurch es möglich wurde, die Richtung und Länge des Tunnels genau festzustellen. Sodann wurden von beiden Tunnelausgängen aus, ungefähr in der Richtung, welche die künftige Bahnlinie nehmen sollte, Polygonzüge von Operationslinien abgesteckt, durch Winkelmessungen in die allgemeine Triangulation einbezogen, sorgfältig nivelliert und von ihnen aus die Katasterpläne, und eine genügende Anzahl Querprofile aufgenommen. Diese, sowie verschiedene Ergänzungsaufnahmen ermöglichten die Herstellung von Situationsplänen im Masstab 1:1000

kommenden Wasserläufe vorgenommen, da man im voraus eine mechanische Bohrung des Tunnels ins Auge fasste und die vorhandenen Wasserkräfte dafür benutzen wollte.

Moderne Innenräume.



Abb. 4. Speisezimmer. Von Kunstmaler A. Pfenniger in Zürich.
Ausgeführt von der Mechl. Schreinerei Hofmann & Hansen in Zürich V.

Auf der Nordseite kam hierfür die Rhone, auf der Südseite die Diveria und die Cairasca, die oberhalb Varzo der Diveria zuströmt, in Betracht, deren Abflussquantitäten in verschiedenen Jahreszeiten gemessen wurden. Endlich fanden im Herbst 1877 neuerdings geologische Untersuchungen über die Struktur des Gebirges statt.¹⁾

Nach Beendigung der Arbeiten im Freien wurde im Laufe des Jahres 1877 das Projekt für die Bahn von Brig, beziehungsweise Visp, bis Domo d'Ossola, durchstudiert und ausgearbeitet. Was die Lage des Tunnels betraf, befürwortete Lommel eine Höhe, die zwischen den Projekten von Stockalper und von Favre ungefähr die Mitte hielt. Das Projekt Stockalper verwarf er wegen grosser Schwierigkeiten der Zufahrtslinien zu beiden Tunnelmündungen, nördlich von Visp aus an den dortigen Hängen der Rhone, südlich auf der 3 km langen Strecke zwischen Gondo und Iselle. Dem Projekt Favre-Clo dagegen machte er die allzu grosse Tunnellänge, durch die ein Jahr längere Bauzeit und 8 Mill. Fr. Mehrkosten bedingt waren, zum Vorwurf. So gelangte Lommel dazu, die Nordmündung des Tunnels in der Höhe von 711 m auf der rechten Seite der Saltine, zwischen der Ortschaft Brig und der Napoleonsbrücke, anzunehmen; um von der Talsohle aus hinaufzugelangen, war bloss eine Strecke von 4 bis 5 km der Berglehne entlang mit 11‰ Steigung anzulegen, wobei sich die neue Station Brig bequem auf diesem Terrain anbringen liess. Für die Südmündung beantragte er die Höhe 687 m, die ungefähr



Abb. 2. Herrenzimmer. Von Architekt J. Haller in Zürich.
Ausgeführt von der Möbelfabrik Wolff & Aschbacher in Zürich.

mit Horizontalkurven in Abständen von je 2 m. Ferner wurden Erhebungen über die Wassermengen der in Frage

¹⁾ «Eisenbahn», Bd. X, Nr. 18 und 19.

1100 m oberhalb Iselle angetroffen wird. Der völlig geradlinige Tunnel bekam sonach eine Länge von 18 507 m,

¹⁾ «Eisenbahn», Bd. VIII, Nr. 7.

mit Steigungen gegen die Mitte, nördlich von 2‰ , südlich von $4,5\text{‰}$. Vom Südausgang oberhalb Iselle gelangte Lommel mit konstantem Gefäll von $23,7\text{‰}$ nach Domo d'Ossola; er fand, dass ein solches Tracé um 8 bis 9 Mill. Franken billiger zu stehen komme als das von Favre vorgeschlagene mit bloss 15‰ . Die Gesamtkosten berechnete er zu 99 Mill. Fr., wovon 77 Mill. Fr. auf den Tunnel, 5 Mill. Fr. auf die nördliche und 17 Mill. auf die südliche Zufahrtslinie fallen sollten.

Nach Fertigstellung dieser Detailpläne sowie der Kostenanschläge und erläuternden Berichte legte die Direktion dieselben im Juni 1877 den Bundes- und Kantonsbehörden vor, hielt es aber auch für angezeigt, für ihre Bestrebungen Propaganda zu machen und namentlich Frankreich dafür zu gewinnen. Im April und Mai 1878 wurden die Pläne dem Verein der Ingénieurs Civils de France in Paris vorgewiesen und von den Herren William Huber und Lommel Vorträge darüber gehalten, die sodann veröffentlicht wurden. Zu jener Zeit war die Lage der Gotthardbahn ziemlich misslich und es war noch gar nicht sicher, ob die für den Weiterbau des Netzes erforderlichen Nachsubventionen erhältlich sein würden. Diesen Umstand

Moderne Innenräume.

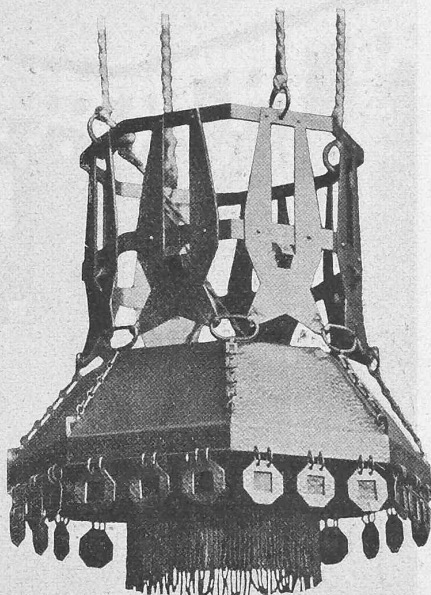


Abb. 3. Beleuchtungskörper, von J. Haller.
Ausgeführt von Egloff & Cie. in Turgi (Limmattal).

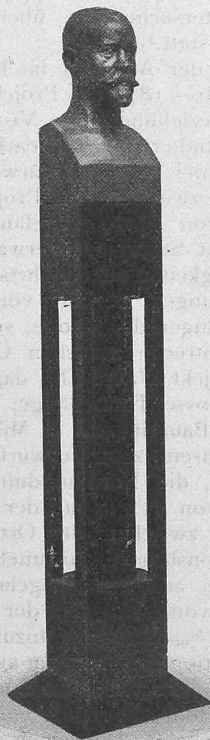


Abb. 8. Sockel, von A. Pfenninger
mit Büste von A. Meyer.

glaubten sich die beiden Herren zu Nutzen machen zu sollen, indem sie in ihren Vorträgen betonten, die Gotthardbahngesellschaft könne die Mittel zum Weiterbau nicht aufreiben, die sehr schwierigen Zufahrtslinien werden noch lange nicht begonnen, mit Unterstützung Frankreichs könnte die Simplonbahn vielleicht noch vor der Gotthardbahn eröffnet werden usw. — Später wurden die Pläne und übrigen Materialien an der damaligen Pariser Weltausstellung dem grossen Publikum vor Augen geführt und bei der Preisverteilung mit einem Ehrendiplom bedacht, sodass angenommen werden durfte, die Angelegenheit habe Eindruck hinterlassen.

Das war aber in Wirklichkeit nur in geringem Grade der Fall. In Frankreich hatte nämlich der Simplon nicht nur Freunde, sondern auch mächtige und einflussreiche Gegner, worunter namentlich die grosse Bahngesellschaft der Paris-Lyon-Méditerranée.

Diese trachtete begreiflicherweise darnach, den Verkehr zwischen Paris und Italien so lange als möglich auf ihrem Netz zu behalten und sah eine Konkurrenz mit dem Mont Cenis nicht gern. Nun zweigt die direkteste Verbindung von Paris nach dem Simplon in Dijon von der Hauptlinie ab und geht über Dôle, Pontarlier, Jougne und Vallorbe nach Lausanne, von Jougne an über Schweizergebiet. Es konnte mit einiger Berechtigung darauf hingewiesen werden, dass sich der dortige Juraübergang zwischen Pontarlier und Vallorbes mit der Scheitelhöhe von 1014 m, Steigungen bis auf 25‰ und der Spitzkehre in Vallorbe für eine internationale Bahnverbindung nicht eigne, dass hier jedenfalls weitgehende und kostspielige Verlegungen vorgenommen werden müssten. Das Bestreben der Franzosen ging nun dahin, eine neue Verbindung mit Italien ausfindig zu machen, die kürzer wäre als die Mont Cenis-Route, womöglich das neutrale Gebiet der Schweiz nicht berührte und den genannten Uebelständen auswich. Eine solche Verbindung, glaubte man, sei zwischen den Tälern der Arve in Savoyen und der Dora Baltea in Piemont möglich, und müsste zu diesem Ende die Gebirgskette des Montblanc durchbrochen werden. Schon 1857 war versucht worden, die Aufmerksamkeit des Publikums auf ein solches Unternehmen zu richten; 1874 hatte ein belgischer Ingenieur, Stamm, dafür ein generelles Projekt nebst Längenprofil entworfen und dasselbe am geographischen Kongress in Paris 1875 ausgestellt. Seither wurde diese Idee von Bérard, Jules Philippe aus Annecy, dem Senator Chardon und verschiedenen Ingenieuren verfochten. Damals, zu Ende der 70er Jahre, war von einer Bahn durchs Arve-Tal von Annemasse aufwärts noch gar nichts vorhanden; auf der italienischen Seite war die Strecke Chivasso-Ivrea vollendet, Ivrea-Aosta im Bau.¹⁾ Der grosse Haupttunnel wäre ungefähr zwischen Chamonix und Pré-St. Didier in einer Höhe zwischen 1000 und 1100 m anzulegen und erhielte eine Länge von 18,9 bis 19,2 km. Die beidseitigen Zufahrten glaubten die das Projekt verfassenden Ingenieure mit 13 bis höchstens $14,5\text{‰}$ Steigung erstellen zu können, unbekümmert darum, ob sie sich mit ihrem Tracé bis auf 100 m oder mehr an den Hängen über die Talsohle erheben und in schwer erreichbare Felsregionen gelangen würden.

Immerhin ist aus dem Vorstehenden ersichtlich, dass der Simplon am Montblanc einen nicht zu unterschätzenden Konkurrenten erhalten hatte und es grosser Anstrengungen bedurfte, um dem erstern zum Sieg zu verhelfen. An Bemühungen liessen es die Bahndirektion und der Bundesrat nicht fehlen, eine bestimmte Antwort von Seite Frankreichs blieb aber immer aus. So oft bei den offiziellen

¹⁾ Gegenwärtig geht bekanntlich die Normalbahn von Annemasse über Cluse bis Fayet; von Fayet bis Chamonix ist eine elektrische Schmalspurbahn angelegt.

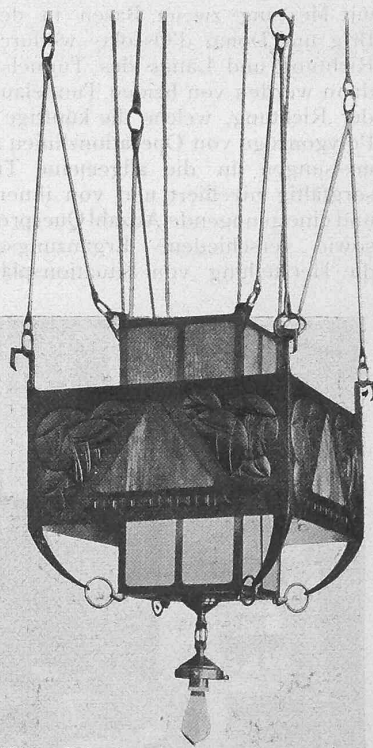


Abb. 5. Beleuchtungskörper, von A. Pfenninger.
Ausgeführt von Egloff & Cie. in Turgi.

Kreisen Schritte zur Unterstützung des Simplondurchstichs getan werden wollten, regten sich auch die Anhänger und Interessenten der Montblanc-Bahn für Unterstützung ihrer Bestrebungen. Auf beiden Seiten wurden dafür Schriften herausgegeben, zugunsten des Montblanc von Bérard und Chardon, zugunsten des Simplon von Lommel, Wilson und Professor Colladon. Als sodann am 25. November 1880 in der französischen Deputiertenkammer 109 Abgeordnete einen neuen Antrag stellten auf Gewährung eines Kredites von 50 Mill. Fr., auf zehn Jahre verteilt, behufs Ermöglichung des Simplondurchstichs, wurde derselbe einer Kommission überwiesen mit dem Auftrag, die Frage des Simplon und Montblanc näher zu prüfen. Diese Kommission hielt es für nötig, neue Erhebungen, namentlich für den Montblanc, zur Vergleichung beider Uebergänge anstellen zu lassen und Augenscheine an Ort und Stelle zu bewerkstelligen; damit hatte es aber für diesmal wiederum sein Bewenden, was bei den schwankenden politischen Verhältnissen in Frankreich nicht zu verwundern war.

Auch mit Italien waren seit 1876 Unterhandlungen gepflogen worden, teils um die Bewilligung zu Tracéstudien auf der Südseite zu erlangen, teils um die Konzession für die auf italienischem Gebiet liegende Tunnelstrecke auszuwirken, die Zusicherung zum rechtzeitigen Bau der Zufahrtslinien zu erhalten und die Frage der Subvention oder einer statt derselben zu leistenden anderweitigen Kompensation einer Lösung entgegenzuführen. Die italienische Regierung erklärte sich im Prinzip zur Erteilung einer Konzession an die Bahngesellschaft und zur Fertigstellung der Zufahrtslinie bis zum Tunnelleingang geneigt, hielt aber an dem Standpunkt fest, für den Tunnelbau selbst keine direkte Subvention zu gewähren. Ueber die verschiedenen Studien und Projekte der Gesellschaft wurde sie stets auf dem Laufenden gehalten. (Fortsetzung folgt.)

Vergleichende Untersuchungen an Reaktions-Niederdruckturbinen.

Von Professor Dr. Franz Prášil in Zürich.

Nachdruck verboten.

(Fortsetzung.)

G. Theoretische Untersuchungen.

— Ad 1 —

Für die Untersuchung der Erscheinung des der Hauptsache nach geradlinigen Verlaufes der Momentenkurve für $Q = \text{konstant}$ ist es am besten, von demjenigen Gesetze der Mechanik auszugehen, das für ein bewegtes System, welches eine virtuelle Verdrehung um eine Achse zulässt, die Beziehung zwischen dem äusseren Moment und den Beschleunigungen der Bewegungsgrössen der bewegten Massen gibt. Dieses Gesetz, d. i. der sogenannte Flächensatz, lautet: „Die Geschwindigkeit, mit der die Summe der auf die Rotationsachse bezogenen Momente der Bewegungsgrössen, d. i. $\Sigma m \cdot v' \cdot s$, zunimmt, ist in jedem Augenblick gleich der Summe der Momente ΣM der wirkenden äusseren Kräfte, bezogen auf dieselbe Achse“.

Die Gültigkeit dieses Satzes erfordert, dass das resultierende Moment der innern Kräfte in Bezug auf die Rotationsachse gleich Null ist; der Satz ist ausgedrückt durch die Formel:

$$\frac{d \Sigma m v' s}{dt} = \Sigma M$$

Hierbei bedeutet m die Grösse der Masse eines Körperelementes, das zur Zeit eine absolute Geschwindigkeit besitzt, deren Projektion auf eine Ebene senkrecht zur Rotationsachse $= v'$ ist und deren Richtungslinie von der Rotationsachse die kürzeste Entfernung s hat. Für den vorliegenden Fall erscheint es geeignet, das Produkt $v' \cdot s$ noch umzuformen: Mit Hilfe der aus der

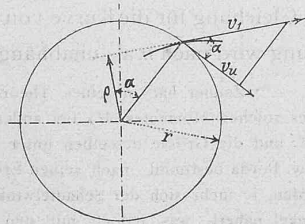


Abb. 28.

untenstehenden Abbildung 28 ersichtlichen geometrischen Relationen ist

$$v' = \frac{v_u}{\cos \alpha}; \quad s = r \cdot \cos \alpha, \text{ also } v' \cdot s = v_u \cdot r,$$

wodurch die obige Formel übergeht in

$$\frac{d \Sigma m \cdot v_u \cdot r}{dt} = \Sigma M.$$

v_u ist nichts anders als die Komponente der absoluten Geschwindigkeit auf eine Richtung, die durch die Tangente an denjenigen Kreis bestimmt ist, der in der durch den Schwerpunkt des Elementes gelegten Ebene senkrecht zur Rotationsachse mit dem Abstand r des Schwerpunktes von der Rotationsachse gezogen ist; diese Richtung fällt daher mit derjenigen zusammen, die der (Umfangs-) Geschwindigkeit eines mit der Rotationsachse im Abstand r fest verbundenen Punktes zukommt.¹⁾

Es sei nun eine Röhre mit kleinen Querschnittsdimensionen in Betracht gezogen, die in passender Weise mit einer Welle derart fest verbunden ist, dass sie mit dieser Welle um die Achse ZZ rotieren kann (Abb. 29). Der Röhre ströme zur Zeit t eine sekundliche Wassermenge q mit der absoluten Geschwindigkeit v_1 zu; zur selben Zeit ströme eine gleiche Quantität Wasser mit der absoluten Geschwindigkeit v_2 aus der Röhre aus; dies wird für Wasser immer erfüllt sein, wenn Beharrungszustand vorhanden ist. Ist das System nicht im Beharrungszustand, so kann, auch bei vollständiger Ausfüllung der Röhre mit Wasser die Quantität des ausströmenden Wassers eine andere sein wie die des einströmenden in dem Fall, wenn die Form der Röhre die Ausbildung diskontinuierlicher Strömungen zulässt, deren Bereich eben bei Aenderung des Beharrungszustandes ebenfalls geändert werden kann. Die Einströmung finde unter der Pressung p_1 , die Ausströmung unter der Pressung p_2 statt; r_1 und r_2 seien die den Schwerpunkten der Endquerschnitte f_1 und f_2 entsprechenden Radien; die diesen Radien zugehörigen Komponenten der absoluten Geschwindigkeiten seien v_{u1} und v_{u2} .

Unter diesen Umständen kann bei der Strömung des Wassers durch die Röhre ein äusseres Moment ΣM überwunden und hiermit bei der Drehung derselben eine Total-Arbeit geleistet werden, die durch $L = \omega \Sigma M$ bestimmt ist.

Die Bewegung dieses Systems, teils fester rotierender, teils flüssiger strömender Massen, soll nun mit Hilfe der Gleichung A untersucht werden und es seien in erster Linie die Bedingungen für die Anwendbarkeit der Gleichung festgestellt, d. h. es sei untersucht, unter welchen Umständen die Summe der Momente der innern Kräfte bezogen auf die Rotationsachse gleich Null ist.

Dies wird der Fall sein, wenn der ganze Raum der Röhre mit Wasser ausgefüllt ist; denn da die innern Kräfte lediglich Oberflächenkräfte, die an zwei benachbarten, gegenüberstehenden Flächenelementen der Grösse nach gleich, aber entgegengesetzt gerichtet sind, so heben sich deren Momente gegenseitig auf; nur diejenigen Oberflächenkräfte, die am Eintritts- und Austrittsquerschnitt wirksam sind, haben in Bezug auf das ganze in Bewegung befindliche System keine Gegenkräfte und es muss daher deren resultierendes Moment, sofern durch die Richtung

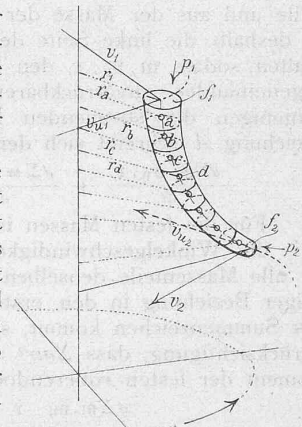


Abb. 29.

¹⁾ A. Rateau hat in seinem Werk: *Traité des Turbo-Machines*, Paris 1900, für die Entwicklung seiner Turbinentheorie von diesem Satz Gebrauch gemacht, ihn aber lediglich auf die strömende Flüssigkeit bezogen; es unterliegt keiner Schwierigkeit, denselben auf das ganze bewegte System anzuwenden, was gerade mit Rücksicht auf den Gültigkeitsbereich des Satzes von Vorteil erscheint.