

<b>Zeitschrift:</b>	Schweizerische Bauzeitung
<b>Herausgeber:</b>	Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
<b>Band:</b>	43/44 (1904)
<b>Heft:</b>	9
<b>Artikel:</b>	Die grösste Ausströmungsgeschwindigkeit elastischer Flüssigkeiten
<b>Autor:</b>	Fliegner, A.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-24689">https://doi.org/10.5169/seals-24689</a>

### **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:** 04.02.2026

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

chaussée est distribué pour magasins et bureaux; le premier contient les locaux du cercle d'escrime, lesquels sont parfaitement aménagés et décorés avec beaucoup de goût. Si d'une façon générale nous donnons à cette dernière maison la préférence sur les autres que nous venons de citer des mêmes artistes, nous nous permettrons cependant de faire quelque réserve au sujet du couronnement d'angle en coupole de forme ovale surmontée d'un piédestal à consoles et à guirlandes; nous préférions la lucarne à fronton de la maison Wolfrath comme se prêtant mieux au caractère d'une maison particulière; il a du reste été fait ces dernières années un si

und gleichzeitig die Geschwindigkeitsrichtungen zum Querschnitte senkrecht stehen, damit der Parallelismus der Flüssigkeitsfäden gesichert ist. Ein *Wärmeaustausch* mit der Umgebung sollte immer berücksichtigt werden. Wenigstens haben meine vergleichenden Versuche mit Luft zwischen gut abgerundeten Mündungen aus Messing und solchen aus Buchsbaumholz<sup>1)</sup> für die ersten eine merkbar grössere Wärmeaufnahme von den wärmeren Mündungswandungen her nachgewiesen. Bei Dampf tritt vielleicht umgekehrt ein Wärmeverlust auf. Selbstverständlich müssen auch *Widerstände* berücksichtigt werden. Diese beiden Einflüsse werden am einfachsten und mit genügender Genauigkeit der Temperaturänderung proportional angenommen. Dadurch erhält man für die Strecke vom Inneren des Ausflussgefäßes bis zur Mündungsebene eine *polytropische* Zustandsänderung.

Die unter diesen Annahmen entwickelten Formeln ergeben bekanntlich für einen bestimmten Druck in der Mündungsebene einen *grössten Wert* für die Ausflussmenge. Und da es widersinnig erscheint, dass die Ausflussmenge mit abnehmendem Mündungs-, also zunehmendem Ueberdrucke schliesslich wieder abnehmen sollte, so muss man aus diesem Verhalten der Formeln schliessen, dass der Druck in der Mündungsebene jenen Grenzwert keinesfalls unterschreiten kann. Ob er ihn aber überhaupt erreicht und dann unter welchen Bedingungen, lässt sich aus den Formeln nicht erkennen. Meine eigenen Druckmessungen unmittelbar innerhalb der Mündungsebene von gut abgerundeten Mündungen<sup>2)</sup> und im freien Strahl unmittelbar ausserhalb langerer Ansatzröhren<sup>3)</sup> haben ergeben, dass der Druck in der Mündungsebene stets grösser bleibt, als der Druck der Umgebung, und dass jener Grenzwert jedenfalls erst beim Ausströmen in einen vollkommen

leeren Raum erreicht werden würde. Doch verläuft der Druck in der Mündungsebene so, dass man für alle Anwendungen unbedenklich von der bekannten angenäherteren Annahme von *de Saint Venant* und *Wantzel* Gebrauch machen darf.

<sup>1)</sup> Zivilingenieur, 1877, Seite 443—510, namentlich 498—504.

<sup>2)</sup> Zivilingenieur, 1877, Seite 452—466.

<sup>3)</sup> Schweiz. Bauzeitung, 1898, Bd. XXXI, Seite 68, 78 und 84.

L'architecture contemporaine dans la Suisse romande.



Fig. 12. Entrée de la Banque cantonale de Neuchâtel au faubourg de l'Hôpital.  
Architecte M. Alfred Rychner à Neuchâtel.

énorme abus de coupoles et de tourelles, qu'elles risquent d'exciter la critique même lorsqu'elles sont motivées et par-  
donnables.

(à suivre.)

### Die grösste Ausströmungsgeschwindigkeit elastischer Flüssigkeiten.

Von Prof. Dr. A. Fliegner in Zürich.

Die Formeln, welche für die strömende Bewegung der elastischen Flüssigkeiten entwickelt werden, gelten, *streng genommen*, nur unter folgenden einschränkenden Bedingungen. Es müssen in jedem ebenen Querschnitt die Zustandsgrössen: Der Druck, das spezifische Volumen, die Temperatur und die Geschwindigkeit in allen Punkten je die gleichen Werte besitzen

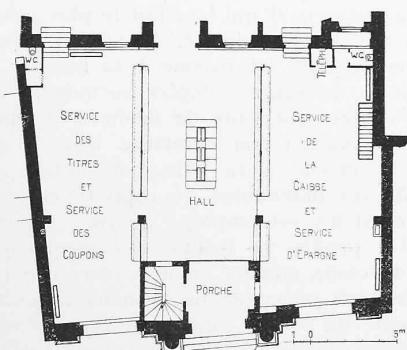


Fig. 13. Banque cantonale à Neuchâtel.  
Plan du rez-de-chaussee. — Echelle 1:400.



Fig. 14. Le Hall vitré de la Banque cantonale. — Architecte M. Alfred Rychner.

Es zeigt sich ferner, wie ich an anderer Stelle nachgewiesen habe<sup>1)</sup>, dass selbst beim Ausströmen in einen leeren Raum die Geschwindigkeit in der Mündungsebene *kleiner* bleibt, als die der dortigen Temperatur für die polytropische Zustandsänderung entsprechende *Schallgeschwindigkeit*. Bei endlichem äusserem Drucke ist sie erst recht kleiner. Die dortige Gleichung (36) lässt auch erkennen, dass sie kleiner bleibt, als die der Temperatur für adiabatische Zustandsänderung entsprechende Schallgeschwindigkeit in der freien Luft. Nur bei sehr starken Wärmeverlusten, wie etwa bei Dampf, könnte vielleicht das Entgegengesetzte eintreten; die verfügbaren Versuche deuten aber nicht darauf hin.

Sofern der Uebdruck überhaupt dazu ausreicht, bilden sich dann aussen im freien Strahl bei schwach konvergenten Ansatzröhren und bei Mündungen in dünner Wand, stehende Wellen aus, worauf schon ältere Versuche von *Parenty*<sup>2)</sup> hindeuten, und was dann durch Schlieren-Beobachtungen von *Robert Emden*<sup>3)</sup> für Gase und Kohlensäure und später von *Paul Emden*<sup>4)</sup> für Wasserdampf nachgewiesen worden ist. Die Wellen beginnen unmittelbar nach dem Verlassen der Mündungsebene mit einem *unstetigen Vorgange*<sup>5)</sup>, bei welchem die Flüssigkeitsteilchen von aussen nach innen fortschreitend zu ihrer axialen Geschwindigkeit plötzlich noch eine endliche, nach auswärts gerichtete, radiale Geschwindigkeit annehmen, sodass der Querschnitt des Strahles wächst. Das dauert an, bis sich im ganzen Strahlquerschnitt der umgebende Druck eingestellt hat. Den Querschnitt in dem das geschehen ist, der aber vielleicht keine Ebene bildet, will ich den „mittleren Querschnitt“ nennen, weil er gegenüber den umgebenden eine mittlere Grösse besitzt. Hinter ihm wird der Druck im Inneren des Strahles kleiner, als in der Umgebung, was

schreiten eines Bauches eine Abnahme des Querschnittes zur Folge hat. Das führt schliesslich zu einem Knoten, in dem und in dessen Nähe der Druck im Strahle von innen nach aussen zu abnimmt. Jetzt folgt eine zweite Welle und weitere, nur dass diese nicht, wie die erste, mit einer unstetigen Geschwindigkeitsentstehung in radialer Richtung beginnen.

Gut abgerundete Mündungen sind noch nicht auf die Ausbildung des freien Strahles untersucht worden; es ist aber zu erwarten, dass sie ein ähnliches Verhalten zeigen werden.

Stehende Wellen in einem solchen Strahle deuten nun darauf hin, dass sich die Flüssigkeit in ihm im Mittel mit der *Schallgeschwindigkeit* fortbewegt und zwar jedenfalls mit der einer adiabatischen Zustandsänderung entsprechenden. Diese Geschwindigkeit wird aber voraussichtlich nur in der Nähe der mittleren Querschnitte erreicht, während sie wegen der dortigen anderen Pressungen in den Bäuchen grösser, in den Knoten kleiner sein muss. Man könnte nun diese Verhältnisse so auffassen, dass man dem Strahl eine periodisch veränderliche Strömungsgeschwindigkeit beilegt. Es erscheint aber doch zweckmässiger, die *mittlere*, also die *Schallgeschwindigkeit*, als *eigentliche Ausflussgeschwindigkeit* anzusehen und die Abweichungen von ihr der relativen Schwingungsbewegung zuzuschreiben. Dass die Schallgeschwindigkeit erreicht ist, lässt sich nur aus dem Vorhandensein der Schallwellen erkennen. Spricht man daher von ihr, so kann das nur so verstanden werden, dass damit die *bleibende, mitt-*

*lere Geschwindigkeit* gemeint ist und dass die *augenblickliche, wirkliche Geschwindigkeit vorübergehend* bald grösser, bald aber auch kleiner wird, als die Schallgeschwindigkeit. Ich mache ausdrücklich auf diese Verhältnisse aufmerksam, weil es mir scheint, dass wenigstens ein Teil der Meinungsverschiedenheiten, die über die vorliegende Frage zum

#### L'architecture contemporaine dans la Suisse romande.



Fig. 17. Maison Wolfrath, rue du Temple Neuf à Neuchâtel.  
Architectes MM. Prince & Béguin.

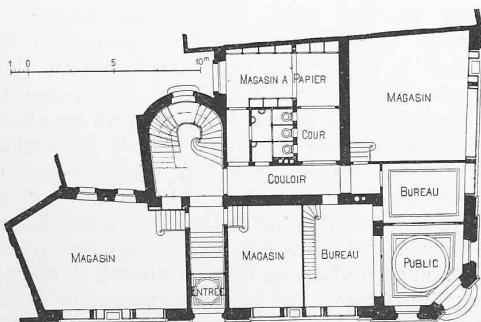


Fig. 18. Maison Wolfrath. — Plan du rez-de-chaussée. — 1:400.

eine Verlangsamung der Querschnittszunahme und nach Ueber-

<sup>1)</sup> Vierteljahrsschrift der Naturforsch. Gesellschaft in Zürich 1902, S. 34.

<sup>2)</sup> Annales de Chimie et de Physique, Ser. VII, Bd. XII, S. 289—373.

<sup>3)</sup> «Ueber die Ausströmungerscheinungen permanenter Gase.» Habilitationsschrift. Leipzig, Barth.

<sup>4)</sup> «Die Ausströmungerscheinungen des Wasserdampfes.» Inaugural-Dissertation. München, Oldenbourg.

<sup>5)</sup> Vierteljahrsschr. der Naturf. Gesellschaft in Zürich, 1903, S. 104 u. flgd.

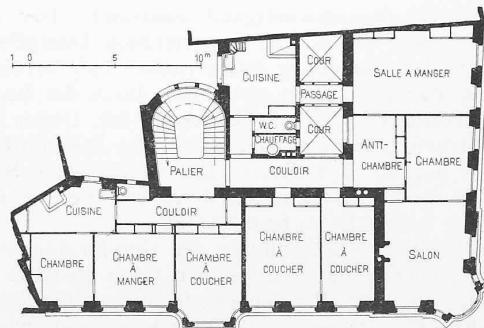


Fig. 19. Maison Wolfrath. — Plan du premier étage. — 1:400.

Ausdrücke gekommen sind, dadurch veranlasst worden ist, dass der Unterschied zwischen der mittleren, bleibenden und der vorübergehenden, veränderlichen Geschwindigkeit nicht genügend hervorgehoben wird.

Allerdings beziehen sich diese Meinungsverschiedenheiten nicht auf die bisher erwähnten Ausflussmündungen, sondern auf das *konisch divergente Ansatzrohr*, das fast nur mit

gut abgerundetem Anschluss an die Gefässwand untersucht worden ist. Ueber dieses haben sich nicht nur die Anschauungen noch nicht abgeklärt, es scheint sogar, dass die Versuche zu ganz widersprechenden Ergebnissen führen. So habe ich selbst<sup>1)</sup> auch beim grössten erreichten Ueberdrucke eine Ausflussgeschwindigkeit gefunden, die stets kleiner blieb, als die Schallgeschwindigkeit, und die um so kleiner wurde, je rascher sich das Rohr erweiterte. P. Emden giebt dagegen a. o. O. die Schallgeschwindigkeit an, während Lewicki aus einer ungefähr gleichzeitig veröffentlichten Versuchsreihe<sup>2)</sup> auf eine noch bedeutend grössere Geschwindigkeit schliesst. Namentlich auffällig ist dabei der Widerspruch zwischen den beiden letzten Beobachtern, denn beide haben als divergente Rohre Düsen benutzt, wie sie *de Laval* als Leitvorrichtung für seine Dampfturbinen anwendet, und sie haben auch mit den Pressungen gearbeitet, für welche die untersuchten Düsen bestimmt waren. Es wäre nun allerdings nicht ausgeschlossen, dass vielleicht doch beide Beobachter recht haben, nur müssten dann noch ganz unbekannte Einflüsse im Spiele sein, die je nachdem stark verschiedene Geschwindigkeiten entstehen lassen. Da aber eine solche Annahme kaum grosse innere Wahrscheinlichkeit besitzt, so bleibt nur die andere übrig, dass wenigstens der eine dieser beiden Beobachter aus seinen Versuchen unrichtige Schlüsse gezogen hat, und es erscheint daher nötig, die beidseitigen Schlussfolgerungen auf ihre Zulässigkeit zu prüfen.

Nun hat P. Emden bei seinen Versuchen das *Schlieren*-Verfahren angewendet. Die damit erhaltenen Strahlbilder sind vollkommen frei von jedem persönlichen Fehler, und sie lassen auch keine andere Auslegung zu, als die, dass der eigentliche Strahl, ohne den Endquerschnitt der Düse auszufüllen, mit Schallwellen, also mit der Schallgeschwindigkeit ausströmt. Der diesen Kern umgebende Mantel von losgetrennten Dampfteilchen und von aus der Umgebung mitgerissener Luft berührt die Wandungen der Düse auch nicht, was durch die Beobachtung des Einsaugens von Luft bewiesen wird. Dieser Mantel strömt natürlich bedeutend langsamer; die Schallgeschwindigkeit gilt nur für den Kern. Die angegebenen Schlussfolgerungen aus den Emdenschen Versuchen werden meines Wissens von keiner Seite beanstandet.

Lewicki hat zur Bestimmung der Geschwindigkeit den Strahl gegen eine senkrecht zu seiner Achse gestellte ebene Platte geleitet und aus dem gegen sie ausgeübten *Stosse* die Geschwindigkeit berechnet. Dazu macht er aber, wenn ich ihn nicht ganz missverstehe, ausdrücklich die Annahmen, dass sich der Dampf in der Düse bis zur Mündungsebene adiabatisch auf den äusseren Druck ausgedehnt, dass er dabei dort schon die entsprechende grosse Geschwindigkeit erreicht hat und dass er dann mit dieser Geschwindigkeit gleichförmig und ohne Druckänderung weitergestromt ist.

<sup>1)</sup> Schweiz. Bauzeitung, 1898, Bd. XXXI, Seite 68, 78 und 84.

<sup>2)</sup> Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure, 1903, Seite 441, 491 und 525.

Bei den Versuchen (S. 491 u. 492) ist der Abstand der Stossplatte vom Düsenende zwischen den Grenzen 50 und 224 mm geändert worden, ohne dass dadurch die Stosswirkung wesentlich beeinflusst worden wäre. Man muss aus diesem Verhalten schliessen, dass sich die Bewegungsverhältnisse im freien Strahl auch nicht wesentlich geändert haben. Dabei zeigt das äussere Aussehen des Strahles

(Textblatt 1) eine ununterbrochene Zunahme des Querschnittes auf der ganzen Strecke. Ein solcher Strahl kann nun unmöglich in jedem seiner ganzen Querschnitte homogen sein. Denn wenn sich die Geschwindigkeit nicht ändert, so müsste das spezifische Volumen proportional mit dem Querschnitt zunehmen. Eine solche Zunahme würde aber bei der angenommenen Unveränderlichkeit des Druckes eine Wärmeleitung erfordern, während in Wirklichkeit nur der heisse Dampf an die kältere Umgebung Wärme abgeben kann. Es bliebe also nichts Anderes übrig, als einen in seinen Querschnitten nicht homogenen Strahl vorauszusetzen, bestehend aus einem angenähert zylindrischen Kern und einem Mantel aus losgetrennten Dampf- und mitgerissenen Luftteilchen. Bei dieser Annahme stösst man aber auch auf eine Schwierigkeit. Wenn der Strahl den Mündungsquerschnitt wirklich vollständig ausfüllen würde, so müssten die Dampfteilchen in divergenten Bahnen austreten. Diese Bahnen müssten dann aussen für den Kern erst parallel werden. Das würde auch jedenfalls geschehen und zwar dadurch veranlasst, dass sich infolge der divergenten Bewegung im Inneren des Strahles

ein Unterdruck ausbilden würde. In dem Augenblicke aber, in welchem die Bahnen parallel geworden wären, könnte der Druck im Inneren noch nicht wieder auf den Druck der Umgebung gestiegen sein, weil die Ursache seiner Abnahme, die Divergenz der Bahnen, bis dahin ununterbrochen weiter gewirkt hätte. Der Strahl müsste sich also hinter diesem Querschnitt wieder zusammenziehen; es müssten sich in ihm periodische Änderungen des Querschnittes, also Schallwellen ausbilden. Die von Lewicki gemachten Annahmen erscheinen daher keineswegs einwandfrei.

In gleicher Weise wie mit der *de Laval*schen Düse hat Lewicki Stossversuche auch mit einem schwach konvergenten Ansatzrohr durchgeführt. Dabei hat er zwischen beiden Mündungen vollkommen Uebereinstimmung gefunden, sodass er auch auf eine bei beiden gleiche Strahlbildung schliesst. Seiner Auffassung folgend nimmt er aber an, dass der Druck im freien, aus dem konvergenten Ansatzrohr gestromten Strahle von dem höheren Wert in der Mündungsebene rasch auf den Druck der Umgebung sinkt, dass die Geschwindigkeit dadurch weit über die Schallgeschwindigkeit ansteigt und dass sie diesen hohen Wert dann bis zum Auftreffen auf die Stossplatte beibehält. Es ist aber auch hier nicht recht ersichtlich, durch welche Kraftwirkungen ein solcher Verlauf des Strahles hervorgebracht werden könnte. Ausserdem haben aber die Versuche von R. Emden mit Gasen und die von P. Emden mit Wasserdampf für ein konvergentes Ansatzrohr unbedingt Schallwellen nachgewiesen, und

#### L'architecture contemporaine dans la Suisse romande.



Fig. 20. Maison de rapport, rue de l'Hôpital à Neuchâtel.

Architectes MM. Prince & Béguin.

es erscheint daher doch richtiger, bei den Versuchen von Lewicki ebenfalls Schallwellen anzunehmen und dann umgekehrt diese Annahme auch auf die *de Laval'sche* Düse zu übertragen. Dadurch würden alle diese Versuche in vollste Uebereinstimmung gebracht. Es fragt sich nur, ob sich die von Lewicki gefundenen Ergebnisse auch bei einem Strahle mit Schallwellen erklären lassen.

Beim Auftreffen auf die Stossplatte müssen die Wellen natürlich verschwinden. Wie weit sich dabei die Störung durch die Platte in den Strahl zurückstrecken würde, lässt sich aus den Beobachtungen von R. Emden an seinen Vakuumstrahlen schliessen. Bei diesen Versuchen strömte ein Gasstrahl durch eine Vorlage, in deren der Mündung gegenüberliegender Wand ein mit der Mündung koachsiales, weiteres Rohr angebracht war. In diesem legte sich der Strahl an und konnte so die Vorlage leersaugen, wesentlich wie bei einem Lokomotiven-Blasrohr. Dabei übernimmt die im weiten Rohre langsamere strömende Gasmasse die Rolle der vorigen Stossplatte. Nun lassen die Abbildungen 14 und 15 auf Taf. I der Habilitationsschrift deutlich erkennen, dass sich nur je eine Schallwelle bis zum Knoten ausbildet. Abb. 13 zeigt das Gleiche, wenn auch weniger deutlich. Abb. 12 hat zwei Wellen, die auch mit einem Knoten aufzuhören scheinen. Man darf hiernach wohl annehmen, dass sich der Rückstau immer bis zu einem Knoten erstreckt. In einem Knoten herrscht aber ein mittlerer Druck  $p$ , der grösser ist als der Druck  $p_a$  in der Umgebung. Dieser Ueberdruck würde sich durch den Ausbreitungskegel bis zur Stossfläche fortpflanzen und dort die Wirkung der Geschwindigkeitsänderung unterstützen. Bezeichnet nun  $F$  den Querschnitt des Knotens,  $w$  die mittlere Geschwindigkeit darin,  $M$  die in jeder Sekunde durch  $F$  strömende Flüssigkeitsmasse, so müsste die Stosswirkung gegen die Platte werden:

$$(1) \quad P = Mw + F(p - p_a).$$

$P = 76297 F$ , d. i. rund  $0,92 P_a$  oder  $8 v. H.$  weniger. Nun hat Lewicki allerdings meistens eine etwas geringere Abweichung gegenüber  $P_a$  gefunden. Der wirkliche Druck ist aber aus zwei Gründen auch etwas grösser zu erwarten, als der eben berechnete Wert von  $P$ . Zunächst ist in einem Knoten  $p$  wahrscheinlich etwas kleiner,  $w$  daher etwas grösser, als im engsten Querschnitte, was  $P$  vergrössern würde. Sodann trennt sich aber bis zum letzten Knoten in jeder Sekunde eine gewisse Dampfmasse,  $m$ , vom Kern ab, reisst eine Luftmasse,  $um$  aus der Umgebung mit und bewegt sich mit dieser im Mantel mit einer kleineren Geschwindigkeit  $w_a$  und unter einem Drucke, der kaum wesentlich verschieden vom Drucke der Umgebung sein kann. Nimmt man an, die Mischung erfolge adiabatisch, und vernachlässigt man den Einfluss der Temperaturen, so müsste

$$(2) \quad m \frac{w^2}{2} = (1 + \mu) m \frac{w_a^2}{2}$$

sein, und diese Massen würden auf die Stossplatte einen Druck

$$(3) \quad P' = (1 + \mu) m w_a = m w \sqrt{1 + \mu} \geq m w$$

ausüben. Der Einfluss wird vielleicht noch dadurch vergrössert, dass sich die Dampfteilchen mehr in der Nähe der Bäuche löstrennen, wo eine grössere Geschwindigkeit herrscht, als in den Knoten. Ob alle diese Umstände genügen, um Uebereinstimmung mit den Versuchen zu erhalten, lässt sich nicht entscheiden, da namentlich  $\mu$  vollständig unbekannt ist. Noch weniger geht aber der kleine berechnete Unterschied als ein unbedingter Widerspruch mit den Versuchen anzusehen.

Ausser durch die Stossversuche hat Lewicki die beiden Düsen auch an einer Turbine miteinander verglichen und zwar bei verschiedenen Pressungen (S. 526 Abb. 14 u. 15). Für das konvergente Ansatzrohr steigen die Kurven: Leistung in Funktion des Kesseldruckes fast genau geradlinig an, was darauf hindeutet, dass auf dem ganzen Gebiete wesentlich gleiche Verhältnisse bestehen. Für die *de Laval'sche* Düse liegen dagegen die Kurven anfangs tiefer, als die vorigen, und sie verlaufen dort auch flacher; bei höheren Pressungen steigen sie dagegen steiler an und schneiden schliesslich die anderen, sodass weiterhin die divergente Düse günstiger wird, als die konvergente. Lewicki schliesst hieraus auch auf die grosse Geschwindigkeit bei der divergenten Düse für hohe Pressungen. Wenn aber diese Auffassungen richtig wären, so müsste in den Mündungsebenen beider Düsen

$$(4) \quad U + p v + \frac{w^2}{2g} = U_i + p_i v_i$$

L'architecture contemporaine dans la Suisse romande.

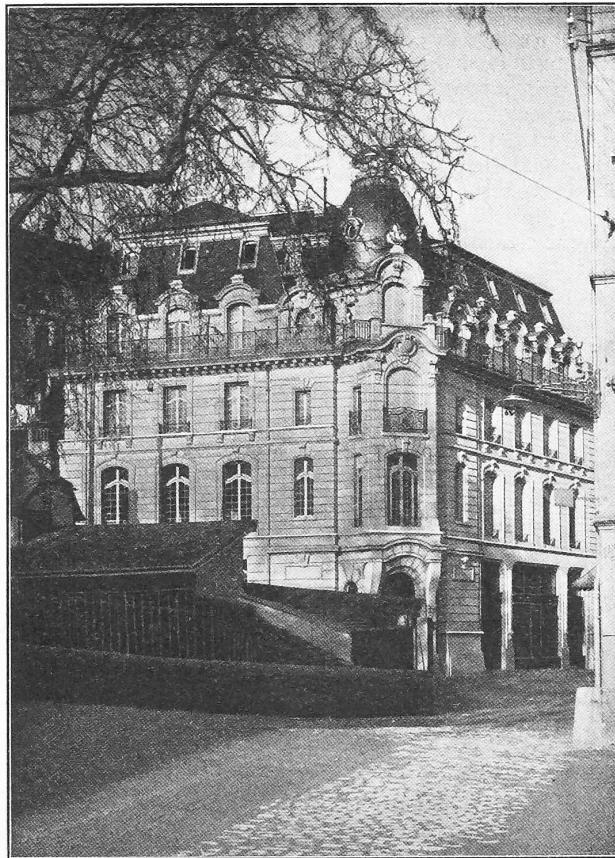


Fig. 21. Maison de rapport, rue de la Balance à Neuchâtel..

Architectes MM. Prince & Béguin.

zur Stossfläche fortpflanzen und dort die Wirkung der Geschwindigkeitsänderung unterstützen. Bezeichnet nun  $F$  den Querschnitt des Knotens,  $w$  die mittlere Geschwindigkeit darin,  $M$  die in jeder Sekunde durch  $F$  strömende Flüssigkeitsmasse, so müsste die Stosswirkung gegen die Platte werden:

$$(1) \quad P = Mw + F(p - p_a).$$

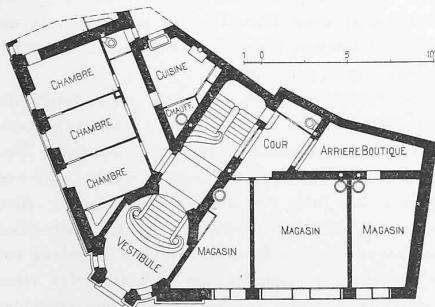
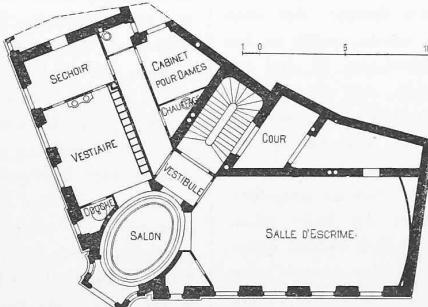


Fig. 22. Plan du rez-de-chaussée. — Echelle 1:400, — Fig. 23. Plan du premier étage.

Rechnet man hiermit adiabatisch für trockenen gesättigten Dampf von 7 Atm. Kesseldruck, so erhält man nach Lewicki für  $p = p_a$  und die entsprechend grosse Geschwindigkeit  $P_a = 82942 F$ , mit den Werten von  $p$  und  $w$  für die Mündungsebene oder den engsten Querschnitt dagegen



sein, wo  $U$  die „innere Arbeit“ bezeichnet und der Zeiger  $i$  für das Innere des Ausflussgefäßes gilt. Hiernach sollte es für die Arbeitsleistung in der Turbine eigentlich gleichgültig sein, ob der Dampf aus der konvergenten Düse mit kleiner Geschwindigkeit, aber mit Ueberdruck austritt, oder

aus der divergenten mit grosser Geschwindigkeit ohne Ueberdruck, vorausgesetzt allerdings, dass die Turbine beide Male die richtige Umdrehungszahl einhält und dass beim Auf treffen des Strahles mit Ueberdruck eine Arbeit verrichtende Expansion in den Turbinenkanälen ermöglicht ist. Es zeigen sich also auch hier bei der Auffassung von *Lewicki* gewisse Schwierigkeiten.

Fast man dagegen die Vorgänge so auf, wie es durch die Versuche von *P. Emden* nahe gelegt wird, so lässt sich das von *Lewicki* beobachtete Verhalten durchaus zwanglos erklären. Man muss nur zum Vergleich die Versuche heranziehen, die ich früher über die Bewegung des Wassers durch allmähliche Erweiterungen durchgeführt habe.<sup>1)</sup> Diese Versuche haben gezeigt, dass der Widerstandskoeffizient, ausgenommen bei ganz kleinen Pressungen, mit wachsendem Drucke zunimmt und schliesslich dem für eine plötzliche Erweiterung gefundenen gleich wird, sobald die Geschwindigkeit an der engsten Stelle den Betrag von rund 20 m/Skd. überschreitet. Das beweist, dass sich der Strahl dann von den Wandungen *getrennt* und erst weiter aussen wieder angelegt hat. Man muss hiernach für die *de Laval*sche Düse erwarten, dass der Dampf bei den kleinsten Pressungen vielleicht anliegend bleibt; die allmähliche Erweiterung verursacht aber Widerstände, welche die Ausflussgeschwindigkeit verkleinern. Bei mittleren Pressungen wird sich der Strahl loslösen, weiter aussen aber zunächst wieder anlegen; das erzeugt grosse Widerstände und zieht die Geschwindigkeit stark hinunter. Bei den grössten Pressungen legt sich der Strahl dagegen nicht mehr an, sondern tritt als freier Strahl mit der Schallgeschwindigkeit aus; dann übt die Düse überhaupt keinen wesentlichen Einfluss mehr aus. Das erklärt den beobachteten Verlauf der Leistung gegenüber dem Drucke bei der divergenten Düse.

Bei der konvergenten Düse dagegen kann sich der Strahl überhaupt nicht natürlich entwickeln, weil ihn die periodisch vor der Mündungsebene vorbeikommenden Turbinenschaufeln in seiner Ausbildung stören. Dadurch scheinen auch Widerstände eingeschaltet zu werden, die aber bei kleinen Pressungen kleiner bleiben, als die Widerstände in der divergenten Düse, sodass sich auf diesem Gebiete die konvergente Düse günstiger stellt. Bei den höheren Pressungen bleibt der schädliche Einfluss der Schaufeln für die konvergente Düse unverändert bestehen, für die divergente fällt er dagegen weg, weil sich der Strahl schon in ihrem Inneren, also in genügendem Abstande von den Schaufeln ausbildet, und daher kann diese Düse jetzt bessere Ergebnisse liefern.

(Schluss folgt.)

### Miscellanea.

**Der Umbau der linksufrigen Zürichseebahn vor den Bundesbahnbehörden.** In der «Neuen Zürcher Zeitung» vom 23. d. Mts. (Morgenblatt und zweites Abendblatt) ist unter obigem Titel ein ausführlicher Überblick über die Verhandlungen erschienen, welche die städtischen Behörden mit der Generaldirektion der schweizerischen Bundesbahnen in genannter Angelegenheit geflogen haben. Der beachtenswerte Bericht, der ohne Zweifel von Herrn Stadtpräsident Pestalozzi verfasst wurde, knüpft an den in Nr. 5 und 7 mitgeteilten Beschluss der Generaldirektion an und bespricht die von jener Seite vorgelegten vier Entwürfe, auf die wir uns vorbehalten später ausführlich zurückzukommen. In der Zusammenkunft vom 27. und 28. Januar d. J. stellte Herr Pestalozzi den Antrag, die Generaldirektion möge ein Expertengutachten darüber veranlassen, ob, im Falle der Umbau der linksufrigen Zürichseebahn als Tiefbau ausgeführt würde, sich aus der Ueberleitung des Sihlflusses über die Bahn solche Nachteile ergeben, dass diese Lösung als unannehbar erklärt werden müsse. Die Generaldirektion bezeichnete eine weitere Expertise über diesen Gegenstand als überflüssig, da bereits eine solche vom eidg. Oberbauinspektorat vorliege, die zwar die Ausführung eines solchen Baues nicht als unausführbar betrachte, aber doch gewisse Befürchtungen nicht unterdrücken könne.

Der Stadtrat hat sich jedoch mit dieser Erklärung nicht zufrieden gegeben, sondern am 30. Januar die Herren Ingenieur Eduard Locher und Professor C. Zschokke um ein Gutachten über folgende Fragen ersucht:

<sup>1)</sup> *Zivilingenieur*, 1875, S. 97—132.

1. Bedeutet die Verlegung der Sihl mit Erhöhung der Flussohle längs dem bestehenden Sihlkanal im Sinne des generellen Projektes des Tiefbauamtes vom Juni 1903 eine beständige Gefährdung der Bahnanlage? Wenn dies Ihrer Ansicht nach der Fall sein sollte: Ist eine jede Gefährdung der tiefliegenden Bahnanlage ausschliessende Sihlverlegung überhaupt möglich und in welcher Art und Weise wäre dieselbe zu gestalten?

2. Bedeutet die Belastung des Untergrundes nach dem Hochbahnprojekte der schweizer. Bundesbahnen auf bestehendem Tracee mit Rücksicht auf die Bodenbeschaffenheit, die Grund- und Seewasserstände längs des Tracees auf der Strecke Station Enge-Wollishofen nicht eine beständige Gefahr für die Bahnanlage selbst und die anstossenden Liegenschaften? Wenn dies Ihrer Ansicht nach der Fall sein sollte: Welche Sicherheitsmassregeln (Konsolidierung des Untergrundes u. s. w.) halten Sie für notwendig?

Die genannten Herren Experten haben das ihnen zugesetzte Mandat übernommen und sich miteinander betr. Beantwortung dieser Fragen ins Einvernehmen gesetzt.

Im fernern ist die städtische Bauverwaltung zur Zeit mit einer genaueren Ueberprüfung der vier Entwürfe der Generaldirektion beschäftigt und endlich hat kürzlich eine Versammlung der zürcherischen Mitglieder des Verwaltungsrates der S. B. B. und der stadtzürcherischen Vertreter in der Bundesversammlung stattgefunden, die unterm 17. d. M. folgenden Abänderungsantrag<sup>1)</sup> betr. den Umbau der linksufrigen Zürichseebahn eingesandt hat:

Der Verwaltungsrat, auf Grund folgender Erwägungen:

1. Die Untersuchungen über Anlage und Kosten eines neuen Tracees für die linksufrige Zürichseebahn erscheinen weder in technischer noch in finanzieller Beziehung als abgeschlossen.

2. Die Behörden von Zürich haben sofort nach Kenntnisgabe der Projekte der Generaldirektion neue Erhebungen angeordnet und sie haben den Wunsch, hierüber mit der Generaldirektion in Verhandlungen zu treten; beschliesst:

1. In Sachen des Umbaus der linksufrigen Zürichseebahn wird zur Zeit von einer verbindlichen Schlussnahme abgesehen.

2. Die Generaldirektion wird beauftragt, mit den zürcherischen Behörden in einen Meinungsaustausch einzutreten, sowohl wegen der Wahl des Tracees, als wegen der finanziellen Beteiligung der Stadt Zürich an den Kosten des Umbaus.

3. Dabei ist verstanden, dass die Genehmigung des Bauplanes durch den Verwaltungsrat im laufenden Jahre stattfinde und eine erste Baurate in den Voranschlag des Jahres 1905 eingestellt werde.

Erfreulich ist es zu sehen, wie energisch und zielbewusst die Behörden der Stadt Zürich nunmehr für eine richtige Lösung der mit grossen Schwierigkeiten verbundenen Umbaupräge einstehen. Wir können uns dem Schlusswort des genannten Berichtes mit voller Ueberzeugung anschliessen, in dem gesagt wird:

«Es ist zu erwarten, dass der Verwaltungsrat diesen Vorschlägen, welche ohne eine Verschleppung des allseitig als dringlich erachteten Geschäftes zu bewirken, einen Meinungsaustausch zwischen den Bundesbahnbehörden und der Stadtverwaltung bezuwecken, seine Zustimmung nicht versagen und der Stadt Zürich dadurch Gelegenheit geboten werde, mit allem Nachdruck ihren Begehren und Wünschen in dieser für die bauliche Entwicklung der Stadt so hochwichtigen Frage Geltung zu verschaffen.»

**Entwürfe für Neubauten auf städtischem Gelände in der Altstadt zu Frankfurt a./M.** Die in Nummer 7 der Schweiz. Bauzeitung (S. 85 und 86) enthaltenen Mitteilungen über Entwürfe für Neubauten in der Altstadt zu Frankfurt a./M. veranlassen daran zu erinnern, dass Bestrebungen, wie sie hier zu Tage treten, nicht überall Anklang finden.

Es zeugt zwar ohne Zweifel von einer an sich lobenswerten Begeisterung für die altägyptischen Bauweisen, wenn der Versuch gemacht wird «die Bebauung neuer Strassen inmitten einer alten historischen Umgebung nach bestimmten künstlerischen Grundsätzen zu leiten» und «sie in ihrer Architektur möglichst dem Bilde der Altstadt anzupassen». Aber vielleicht steht jene Anschaugung doch noch höher, welcher es barbarisch erscheint, neben das verehrungswürdige *echte* Altertum eine Sammlung von Nachahmungen der alten Bauweisen hinzustellen, die so sehr an das *Vieux Anvers* und *Vieux Paris* der Ausstellungen erinnert. Sind diese gesuchten Grundrissbildungen, die überhängenden Fassaden, Schiesscharten u. s. w. nicht eine grosse architektonische Lüge, die uns in gewissenloser Weise einen historischen Hintergrund vorläuscht und durchaus im Widerspruch steht mit der modernen Zweckbestimmung der Gebäude?

<sup>1)</sup> In der Sitzung vom 26. Februar 1904 hat der Verwaltungsrat der S. B. B. mit 27 gegen 15 Stimmen diese Anträge zu Gunsten des Antrags der Generaldirektion abgelehnt.