

<b>Zeitschrift:</b>	Schweizerische Bauzeitung
<b>Herausgeber:</b>	Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
<b>Band:</b>	43/44 (1904)
<b>Heft:</b>	12
<b>Artikel:</b>	Die grösste Ausströmungsgeschwindigkeit elastischer Flüssigkeiten
<b>Autor:</b>	Fliegner, A.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-24696">https://doi.org/10.5169/seals-24696</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:** 05.02.2026

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

**Das neue Aufnahmegebäude im Bahnhof Basel.** Zur Ausführung bestimmter Entwurf der Schweiz. Bundesbahnen.

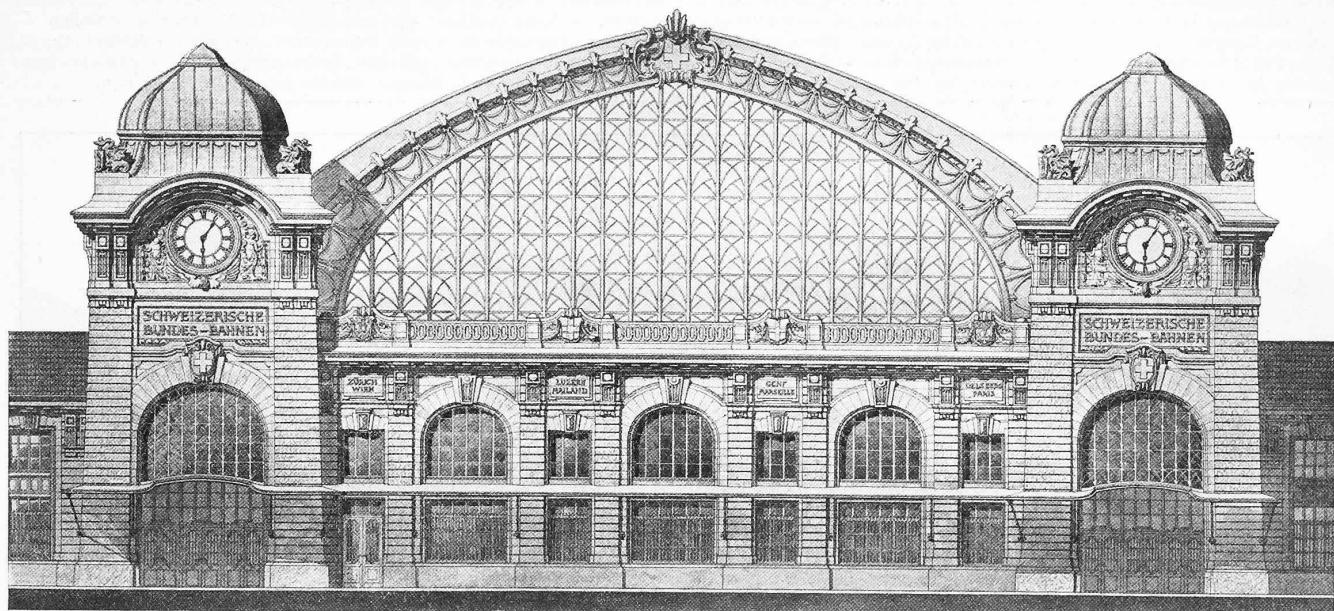


Abb. 3. Aufriss des Mittelbaus. — Maßstab 1:300.

rung der Reisenden, wie für die Aufrechterhaltung der Ordnung von grossem Wert.

Unmittelbar neben der Mündung des Ausgangstunnels liegt östlich davon die Gepäckabgabe, auf die noch weiter östlich am Ende dieses Flügels die Zimmer für den Bahnhofsdienst, sowie für Post und Telegraph folgen. Im Zwischen geschoss dieses Gebäudeteils finden sich disponibile Zimmer und die Wohnung des Abwärts, im ersten Stock zwei Konferenzsäle und die Wohnung des Vorstandes.

Westlich, von vorne gesehen und rechts vom Zentralvestibül, sind auf der Eingangsseite zunächst die Handgepäck ablage, die Buchhandlung und eine Wechselstube angeordnet, dann die Wart- und Retsaurationssäle, die Toiletten mit Wasch- und Baderäumen und ein Coiffeurlokal. Ein Wartsaal für Massentransporte ist noch weiter westlich im Untergeschoss, von aussen direkt zugänglich, vorgesehen. Auf dieser Seite finden sich in den Obergeschossen: die Küche mit ihren Nebenräumen und Magazinen, Zimmer für das Küchenpersonal und die Wohnung des Restaurateurs.

Auf dem westlichen Flügel des Aufnahmegebäudes, durch ein besonderes Eingangsportal von aussen charakterisiert, befinden sich die Einrichtungen für den *Reisendenverkehr von und nach Elsass-Lothringen*. Diese umfassen Gepäckaufgabe, Kassen, Wartsäle, Räume für den Bahnhofsdienst dieser Seite, die Lokalitäten für die deutsche und die schweizerische Zoll manipulation und in den Obergeschossen die Bureaux für die Beamten dieser Dienste. Die Anordnung dieses Gebäude flügels ist derart, dass die Fremden aus Deutschland auf dem kürzesten Weg den Schweizerzoll passierend zur schweizerischen Abteilung des Bahnhofes gelangen, sowie dass die mit den Elsass-Lothringer Bahnzügen Ankommenden oder Abgehenden sich schon vor den Wartsälen kreuzen und nicht erst nach denselben, womit einem ausdrücklichen Begehrungen der deutschen Zollverwaltung entsprochen worden ist.

Das Aufnahmegebäude mit allen Perrons wird in der Höhe des ersten Geschosses durchschnitten durch die sogenannte Froben-Passerelle, welche das Gundeldingerquartier mit dem Bahnhofplatz verbindet. Der Aufgang vom Zentralbahnhofplatz zur Passerelle befindet sich neben dem Portal des Elsass-Lothringer Flügels; einige vor die Flucht des Gebäudes vortretende Stufen deuten den Aufgang zur Passerelle an.

Durch die beschriebene Anordnung der Ein- und Ausgänge gewinnt die Fassade ein charakteristisches Aussehen, dessen architektonischer Wert in der knappen Anpassung an das Notwendige liegt. Auf der Nordseite, gegen den

Zentralbahnhofplatz, erscheinen in der langen, beidseitig durch die mehrgeschossigen Dienstgebäude abgeschlossenen Front allein die beiden Hauptportale durch turmartige Aufbauten ausgezeichnet, während hinter dem niedriger gehaltenen Mittelbau das gewölbte Dach der Eingangshalle als charakteristisches Merkmal des Bahnhofs emporsteigt und am westlichen Flügel ein vorspringender Portalbau den Eingang zur Elsass-Lothringer-Bahn bezeichnet. Auch im einzelnen ist die architektonische Gliederung im Stil eines ernsten, monumentalen Nutzbaus gehalten und die schmückenden Zutaten auf wenige Punkte beschränkt.

Die gesamte überbaute Fläche des Aufnahmegebäudes beträgt  $8205 \text{ m}^2$ , sein Kubikinhalt  $116\,000 \text{ m}^3$ . Die Bau kosten sind auf  $2750\,000 \text{ Fr.}$  oder  $\text{Fr. } 23,70 \text{ für den } \text{m}^3$  berechnet, welcher Betrag im Gesamtvoranschlag für den Umbau des Bahnhofes Basel von  $17\,400\,000 \text{ Fr.}$  mitenthalten ist.

### Die grösste Ausströmungsgeschwindigkeit elastischer Flüssigkeiten.

Von Prof. Dr. A. Fliegner in Zürich.

(Schluss.)

Die vorstehenden Entwickelungen zeigen, dass sich die Versuchsergebnisse von Lewicki mindestens ebenso gut, wenn nicht besser durch einen Strahl mit Schallwellen erklären lassen, als durch einen, in welchem sich eine bleibend grössere Geschwindigkeit eingestellt hat. Nimmt man dazu die Versuche von P. Emden, die unbedingt die Schallgeschwindigkeit ergeben haben, sowie die Versuche von Schüller<sup>1)</sup>, die gleichfalls auf die Schallgeschwindigkeit hindeuten, so erscheint es doch richtiger, auch bei der von Lewicki untersuchten *de Laval'schen* Düse die Schallgeschwindigkeit anzunehmen. Es ist dann nicht nötig, einstweilen noch ganz unbekannte Einflüsse einzuführen, die unter sonst ganz gleichen Verhältnissen bald nur diese, bald eine bedeutend grössere Geschwindigkeit entstehen lassen. Keinesfalls dürfen aber die Versuche von Lewicki als ein experimenteller Beweis für eine bleibende grössere Geschwindigkeit angesehen werden. Versuche dieser Art sind zur Entscheidung der Frage überhaupt nicht geeignet, weil sie keinerlei Aufschluss über die innere Beschaffenheit des Strahles geben und weil sie verschiedene Deutungen zulassen.

<sup>1)</sup> «Die Ausnutzung des Dampfes in den Laval-Turbinen». Inaugural-Dissertation. Siehe auch: Schweiz. Bauzeitung 1901, Bd. XXXVIII, S. 151.

Bei meinen eigenen Versuchen habe ich divergente Rohre benutzt, die schlanker und namentlich verhältnismässig viel länger waren, als eine *de Laval'sche* Düse. Daher musste sich der Strahl schliesslich immer wieder anlegen und die Mündungsebene mit vollem Querschnitt und im wesentlichen homogen durchströmen. Beim Anlegen treten nun bedeutende Widerstände auf, die die beobachtete Kleinheit der Geschwindigkeit leicht erklären. Aber auch der anliegende Strahl hat Widerstände zu überwinden, nur gestatten die Versuche noch nicht, zu entscheiden, ob es sich dabei um reine Rohrreibung handelt, oder ob die Zunahme des Querschnittes noch besondere Widerstände verursacht. Doch ist es möglich, auf den Verlauf der Geschwindigkeit im Rohre einen Schluss zu ziehen. Um auf ihn zu kommen, muss und darf man hier auch mit genügender Genauigkeit von der allgemeinen Bewegungsgleichung in der Form:

$$(5) \quad d\left(\frac{w^2}{2g}\right) = -v dp - \zeta dx$$

ausgehen. Darin führt das letzte Glied die Widerstände ein, und zwar bezogen auf das Längenelement  $dx$  des Rohres.  $\zeta$  ist anzusehen als abhängig von den Zustandsgrössen, namentlich von  $w$  und wahrscheinlich auch vom Grade der Erweiterung, also von  $dF/dx$ . Jedenfalls ist aber  $\zeta$  positiv. Gleichung (5) lässt sofort erkennen, dass gleichzeitig

$$(6) \quad d\left(\frac{w^2}{2g}\right) \geq 0 \text{ und } \zeta \geq -v \frac{dp}{dx}$$

sein muss. Die meisten meiner Versuche haben nun im äusseren Teile des Rohres eine Zunahme des Druckes ergeben, also  $dp/dx > 0$ . Daher gilt das untere Vorzeichen und die Geschwindigkeit hat abgenommen. Nur bei den schlanksten Rohren war für gewisse Pressungen  $dp/dx < 0$ , aber mit so kleinen Zahlenwerten, dass doch wahrscheinlich auch hier das untere Ungleichheitszeichen gegolten hat.

Ich muss noch einige weitere Versuchsreihen besprechen, die auch einen Einblick in die innere Beschaffenheit des Strahles gewähren, nämlich die von *Stodola*<sup>1)</sup> durchgeföhrten. Bei diesen Versuchen wurde mit Hülfe eines achsial eingeführten Messröhrcchens mit Seitenöffnung der Druck in der Nähe der Strahlachse gemessen. Im Ausflussgefasse wurde der Druck stets ungeändert auf etwa 10,5 Atm. gehalten, während der Druck vor der Mündungsebene in den weitesten Grenzen geändert wurde.

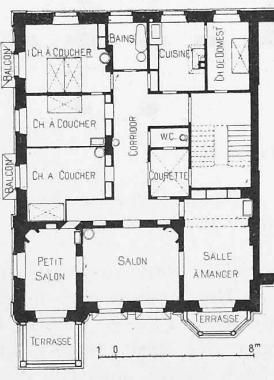
Die eine der Versuchsreihen, in Abb. 9 auf Seite 19 dargestellt, diente zur Bestimmung des Druckes in der Strahlachse vom Ausflussgefasse bis zur Mündungsebene und ergab für ihn folgenden Verlauf: Er fängt schon im Inneren des Gefäßes an, langsam zu sinken, beim Eintritt in die Düse sinkt er dann immer rascher, erreicht einen kleinsten Wert und steigt endlich bis zur Mündungsebene ununterbrochen an, wenn auch gelegentlich etwas wellig. Der tiefste Druck liegt bei kleinerem Ueberdrucke in der Nähe des engsten Querschnittes der Düse. Je grösser der Ueberdruck wird, desto weiter rückt die Stelle des kleinsten Druckes hinaus, und schliesslich fällt sie fast in die Mündungsebene.

<sup>1)</sup> «Die Dampfturbine und die Aussichten der Wärmeleistungsmaschinen» Berlin, Julius Springer, 1903.



Fig. 30. Plan du rez-de-chaussée.

Maison Reutter à Neuchâtel. — Architecte M. Léo Châtelain.



Echelle 1:400.

Fig. 31. Plan du premier étage.

Liegt der kleinste Druck noch innerhalb der Mitte der Länge, so wächst der Druck auf dem äusseren Teile der Düse verhältnismässig langsam und oft nahezu geradlinig. Man muss daher annehmen, dass sich der Dampf auf dieser Strecke in allen aufeinanderfolgenden Querschnitten wesentlich gleichartig bewegt. Jedenfalls liegt dort der Strahl an den Wandungen an und ist in jedem Querschnitte angenähert homogen. Würde er sich nun schon von der Stelle des niedrigsten Druckes an so bewegen, so müsste man erwarten, dass der Druck schon von dieser Stelle an gleichförmig zu steigen beginnt. Tatsächlich erfolgt aber der erste Anstieg bedeutend steiler, und daraus muss man schliessen, dass sich hier andere Vorgänge abspielen, als im späteren Teile der Düse. Diese Vorgänge können nun kaum in etwas anderem bestehen, als in einer vorübergehenden Lostrennung des Strahles von den Wandungen und darauf in einem Stossen gegen die äussere,

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



Fig. 29. Maison Reutter à Neuchâtel. — Architecte M. Léo Châtelain.

langsamer strömende Dampfmasse, wodurch er sich wieder anlegt. Ein von Anfang an anliegender homogener Strahl ist bei den Versuchen überhaupt nicht erreicht worden.

Bleibt bei dieser Bewegung der Ueberdruck noch sehr klein, so muss der freie Strahl ein kurzes Stück als zylindrisches Gebilde weiter strömen, bis er sich durch den Stoss gegen die vordere Dampfmasse ausbreitet und anlegt. Wenn dagegen der Ueberdruck so gross geworden ist, dass sich in einem ins Freie oder in einen grösseren Raum austreibenden Strahle Schallwellen ausbilden würden, so ist nicht recht abzusehen, warum das nicht auch in der allmählich erweiterten Düse der Fall sein sollte. Solange der Ueberdruck dabei noch verhältnismässig klein bleibt, wird die erste Schallwelle spitzer anfangen, als die Düse erweitert ist. Eine solche Welle kann sich dann auch ungehindert entwickeln. Mit zunehmendem Ueberdrucke setzt aber die erste Schallwelle immer stumpfer an, und es muss daher schliesslich eine Grenze erreicht werden, hinter der sie sich nicht mehr in natürlicher Weise ausbilden kann.

## L'architecture contemporaine dans la Suisse romande.



Fig. 24. Maison de Monsieur de B. à Neuchâtel. Façade sur le jardin du côté du lac. — Architecte M. Alfred Rychner.

Es erscheint nun von vornherein durchaus wahrscheinlich, dass dadurch die Ausbildung der Schallwelle *nicht* überhaupt verhindert, sondern *nur verzögert* wird; ich will eine solche Welle eine „verlängerte Schallwelle“ nennen. Voraussichtlich wird durch diese Verzögerung bewirkt, dass in gleich grossen Querschnitten bei der verlängerten Schallwelle andere Verhältnisse herrschen, als bei der natürlichen; es scheint auch, dass der Durchmesser des Bauches bei der verlängerten Welle grösser wird. Wie weit aber dabei etwa das Messrörchen einen störenden Einfluss ausgeübt hat, entzieht sich der Beurteilung vollständig. Hat sich nun eine solche Welle weit genug ausgebildet, so muss sie sich endlich etwas vor ihrem Bauche von den Wandungen loslösen, und da weiterhin deren störender Einfluss fortfällt, so wird sich der Teil zwischen Bauch und Knoten ähnlich weiter entwickeln, wie bei einer natürlichen Welle, namentlich wird er viel kürzer ausfallen, als das Stück zwischen der engsten Stelle der Düse und dem Bauche.

Bei allen in Abb. 9 dargestellten Versuchen für grösseren Ueberdruck hat sich nun *nur je eine einzige Schallwelle* ausgebildet, ähnlich wie im gleichen Falle bei den Vakuumstrahlen von R. Emden. Der Bauch liegt an der Stelle, wo der Druck in der Strahlachse seinen kleinsten Wert erreicht hat. In der Gegend, in welcher der folgende Knoten zu erwarten wäre, zeigen die Drucklinien in ihrem ansteigenden Teile meist kleinere Einbuchtungen, die sich auch bis

zu eigentlichen Wellen steigern; eine der Linien, H, erscheint sogar auf eine Länge von etwa 40 mm doppelt, mit gegenseitig verschobenen Wellen. Namentlich diese Linie deutet darauf hin, dass es sich bei diesen Wellen nicht um einen gesetzmässigen Vorgang handeln kann, sondern dass veränderliche Wirbel vorliegen, die durch den Stoss des freien Strahles gegen die vordere Dampfmasse veranlasst werden. Diese Wellen bezeichnen also die Stelle des Stosses.

Wie die Verhältnisse bei den grössten benutzten Ueberdrücken liegen, lässt sich aus der Abbildung nicht mehr erkennen, weil die ansteigenden Teile der Drucklinien dazu zu kurz geworden sind. Hier tritt nun eine andere Versuchsreihe in die Lücke, deren Ergebnisse auf Seite 35 und 36 in Abbildung 24 und 24 a dargestellt sind. Bei dieser Reihe war vor der Düse eine grössere Vorlage angebracht, in der verschiedene Pressungen hergestellt werden konnten. Gemessen wurde ebenfalls der Druck in der Strahlachse, aber nicht nur innerhalb der Düse, sondern auch noch ein Stück weit *ausserhalb* im freien Strahle.

Hier genügt eine ausführlichere Besprechung der Drucklinie Abb. 24 a, C. Diese Linie sinkt auf fast der ganzen Länge der Düse, erreicht kurz vor der Mündungsebene ihren tiefsten Punkt und ist in dieser schon wieder etwas gestiegen, doch *bleibt der dort angezeigte Druck noch weit unter dem Drucke in der Vorlage*. Der Druck steigt darauf im freien Strahle weiter bis über den äusseren Druck und

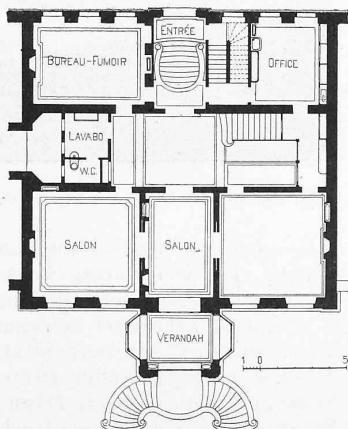
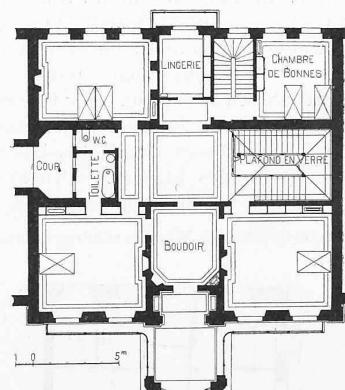


Fig. 25. Rez-de-chaussée.

Maison de Monsieur de B. — Architecte M. Alfred Rychner.



Echelle 1:400.

Fig. 26. Premier étage.

schwingt endlich um diesen. Will man aus einem solchen Verlaufe des Druckes in der Strahlachse einen Schluss auf die innere Beschaffenheit des Strahles ziehen, so muss man beachten, dass ein aus irgend einer Mündung mit *vollem Querschnitt* ausströmender Flüssigkeitsstrahl in der Mündungsebene am Umfang unmöglich einen kleineren Druck annehmen kann, als aussen in der Umgebung herrscht. Denn selbst wenn man einen solchen Zustand durch irgend welche Mittel vorübergehend herstellen könnte, so müsste er doch sofort aufhören, sobald man den Vorgang sich selbst überlässt, weil die umgebende Flüssigkeit in die Mündung eindringen und den Strahl von den Wandungen trennen würde. Diese eingedrungene Flüssigkeit würde wieder mit nach aussen fortgerissen werden, sodass sich um den Strahl ein Mantel ausbilden würde, an dessen Oberfläche in der Mündungsebene wegen des Einsaugens allerdings ein etwas kleinerer Druck herrschen müsste, als in der Umgebung. An der Oberfläche des *Kernes* ist aber in der Mündungsebene, wie auch weiter aussen, der Druck der Umgebung zu erwarten. Zeigt sich nun in der Mitte der Mündungsebene ein bedeutend kleinerer Druck, als in der umgebenden Flüssigkeit, so folgt hieraus mit Notwendigkeit, dass der Strahl dort *nicht mehr homogen* sein kann. Der Druck muss vielmehr in ihm von der Mitte nach dem Rande hin zunehmen. Ein solcher Zustand des Strahles ist bisher nur in den Bäuchen von Schallwellen beobachtet worden, und man muss daher in diesem Falle auch auf das Vorhandensein von *Schallwellen* schliessen. Danach hat man es bei dem betrachteten Strahle mit einer *verlängerten Schallwelle* zu tun, deren Bauch noch im Inneren der Düse liegt, aber doch sehr nahe an der Mün-

dungsebene. Dem ersten Druckmaximum entspricht der erste Knoten u. s. w.

Jetzt sind die übrigen Drucklinien der beiden Abbildungen leicht verständlich. Sie verlaufen sämtlich wesentlich gleich und unterscheiden sich nur durch die Lage, Länge und Höhe der Wellen, sowie durch die Lage und

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

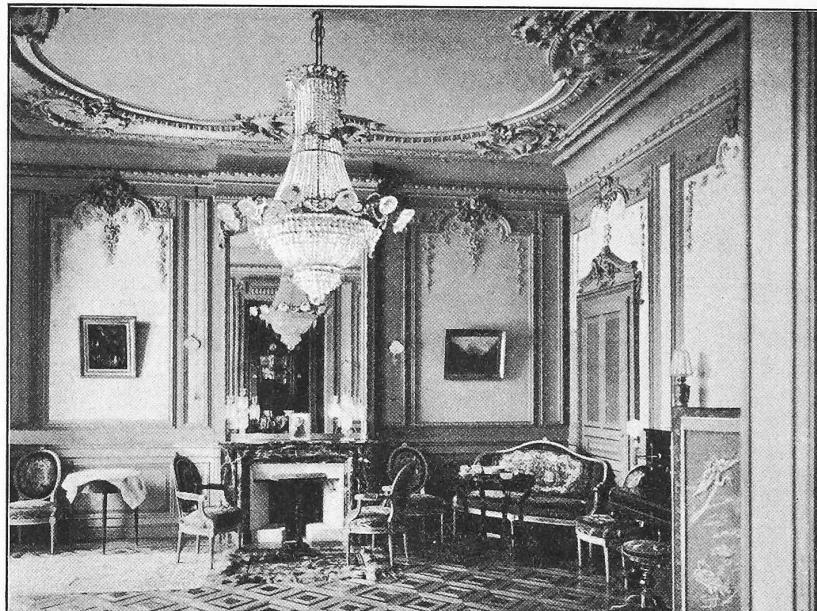


Fig. 28. Salon Louis XV de la Maison de M. de B. — Architecte M. Alfred Rychner.

Art des Ueberganges vom anliegenden zum freien Strahle. Bei grösserem Drucke in der Vorlage, wie bei Abb. 24 a, D, rückt der erste Bauch weiter in das Innere der Düse hinein und der erste Knoten nahe an die Mündungsebene heran. Bei kleinerem äusserem Drucke, wie bei Abb. 24, D, fällt der erste Bauch fast genau in die Mündungsebene. In allen diesen Fällen muss der Strahl als *freier Strahl* durch die Mündungsebene strömen, wie es P. Emden bei der *de Lavalschen* Düse auch wirklich beobachtet hat. Sinkt der Druck in der Vorlage noch weiter, so wird die verlängerte Schallwelle immer länger. Dadurch rückt in Abb. 24, C, der erste Bauch vor die Mündungsebene hinaus, in ihr herrscht aber doch noch ein kleinerer Druck, als in der Vorlage, sodass auch dieser Strahl nicht homogen sein kann. Bei Abb. 24, B und A und Abb. 24 a, A bleibt der Druck in der Mitte der Mündungsebene dagegen grösser, als der umgebende, daher muss der Druck in der Strahlachse aussen zunächst noch weiter sinken, aber weil sich der Strahl dort frei entwickeln kann, bedeutend rascher, als vorher im Inneren des Rohres. Dann schwingt er um den äusseren Druck. Der erste Bauch fällt vor die Mündungsebene. In den drei letzten Fällen füllt der Strahl den Mündungsquerschnitt jedenfalls ganz aus.

Die meisten der besprochenen Drucklinien zeigen in der Vorlage regelmässige Wellen von abnehmender Höhe. Nur Abb. 24, A und Abb. 24 a, D scheinen eine Ausnahme zu machen. Die Abweichungen dürfen aber unbedingt zufälligen Störungen zuzuschreiben sein. Diese regelmässigen Druckschwankungen beweisen, dass die im Inneren entstandene verlängerte Schallwelle aussen in natürliche Schallwellen übergegangen ist. Jedenfalls bewegt sich also der freie Strahl im Mittel mit der *Schallgeschwindigkeit*. In der Mündungsebene oder an der Stelle, an welcher sich der Strahl von den Düsenwandungen trennt, herrscht dagegen im allgemeinen eine andere Geschwindigkeit. Diese ist aber bei grösserem Drucke in der Vorlage auch grösser, als bei kleinerem, darf also nicht als eigentliche Ausflussgeschwindigkeit angesehen werden. Das ist vielmehr die *Schallgeschwindigkeit*.



Fig. 27. Maison de M. de B. — Porte d'entrée sur la rue.

## L'architecture contemporaine dans la Suisse romande.

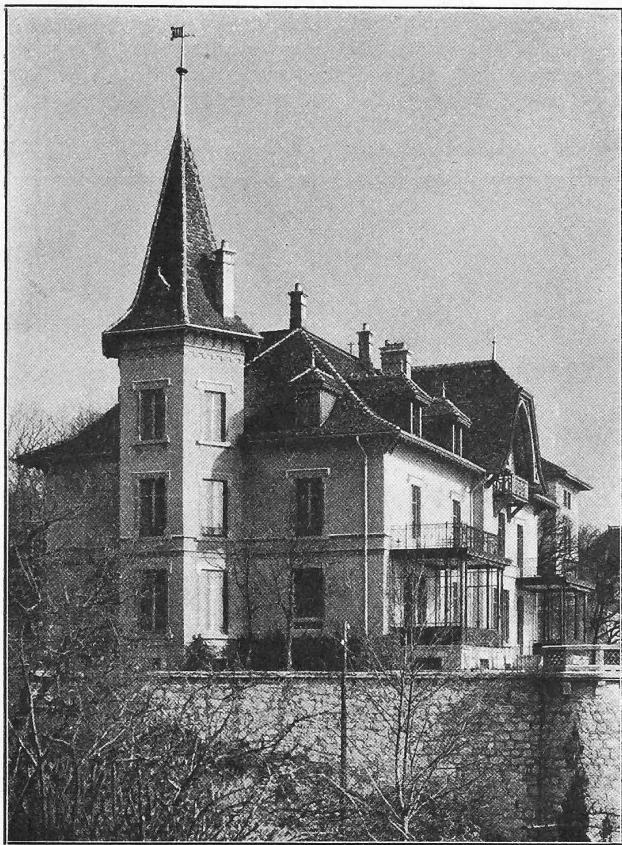


Fig. 32. Villa au Pertuis du Soc à Neuchâtel. — Arch. M. Léo Châtelain.

Ein Grenzfall muss noch besonders besprochen werden, Abb. 24 a, B, bei dem der Druck in der Mitte der Mündungsebene dem Druck in der Vorlage gerade gleich war. In diesem Falle zeigt sich in der Achse des freien Strahles kaum eine Aenderung des Druckes. Und wenn nur dieser eine Versuch allein vorhanden wäre, so würde man den Druck unbedingt als konstant ansehen, hätte dann aber keinerlei Anhaltspunkte zur Beurteilung der Geschwindigkeit im freien Strahl. Betrachtet man aber die Drucklinie genauer, unter Anlegen eines Lineals, so findet man in ihr doch ebenfalls Wellen angedeutet, namentlich deutlich die erste und den Anfang der dritten, während allerdings die zweite nicht hervortritt. Die erste Welle passt auch nach Lage und Länge ganz gut zwischen die Wellen der beidseitig benachbarten Drucklinien hinein. Es haben sich also unbedingt auch in diesem Strahle Schallwellen ausgebildet, nur sind sie sehr klein geblieben, weil sie allein durch die Divergenz der Geschwindigkeitsrichtungen in der Mündungsebene veranlasst worden sind, aber nicht, wie in den anderen Fällen, auch durch einen anfänglichen Druckunterschied gegenüber der Umgebung im ersten freien Querschnitte. Daraus folgt aber, dass die verlängerte Schallwelle jetzt gerade mit ihrem mittleren Querschnitte in die Mündungsebene gelangt ist und dass sich der Strahl schon in dieser vorübergehend und dann aussen im Mittel gleichfalls mit der Schallgeschwindigkeit bewegt. Es zeigt sich also, dass die verschiedenen Fälle vollkommen stetig ineinander übergehen.

Mit diesem Grenzfall ist nun durch den Versuch ein

Ausströmen nachgewiesen, bei welchem der Strahl mit vollem Querschnitt aus der Mündungsebene der Düse austritt, dort den Druck der Umgebung angenommen hat und mit der Schallgeschwindigkeit durch- und weiterströmt. Bekanntlich sind von verschiedenen Seiten Rechnungen über solche Düsen durchgeführt worden, aus welchen für eine derartige Druckabnahme eine weit grössere Geschwindigkeit gefolgt wird. Da dieses Ergebnis mit dem Versuch im Widerspruch steht, so folgt, dass sich die Rechnungen auf Annahmen stützen müssen, die mit den wirklichen Verhältnissen doch zu wenig übereinstimmen. Namentlich unzulässig dürfte die vollständige Vernachlässigung der *radialen* Bewegung im Strahle sein; und diese erreicht gerade im mittleren Querschnitte voraussichtlich ihren höchsten Betrag. Man wird sogar durch das Ergebnis des Versuches zu der Annahme gezwungen, dass der an der engsten Stelle der Düse noch vorhandene Ueberdruck, soweit er nicht durch Widerstände aufgezehrt wird, nur zu einem Teil die achsiale Geschwindigkeit beschleunigt, während sich der übrige, und vielleicht sogar der grössere Teil in radiale Bewegung umsetzt. Die Verteilung der radialen Geschwindigkeiten und auch die der Pressungen über die einzelnen Querschnitte ist aber vollständig unbekannt. Ebenso wenig kennt man die Widerstände, welche der unstete Vorgang bei der Bildung einer ersten natürlichen Schallwelle verursacht und die Aenderung dieser Widerstände durch eine Verzögerung der Ausbildung bei einer verlängerten Schallwelle. Es lassen sich also auf diesem Gebiet einstweilen überhaupt noch keine Formeln aufstellen und keine Rechnungen durchführen, die irgend welchen Anspruch auf Zuverlässigkeit erheben dürften.

Durch die vorstehenden Entwicklungen ist der scheinbare Widerspruch zwischen den Ergebnissen der verschiedenen Versuche mit divergenten Düsen vollständig beseitigt. Es zeigt sich, dass bei genügendem Ueberdruck in allen Fällen gleich hinter der engsten Stelle die Ausbildung einer natürlichen oder verlängerten Schallwelle beginnt. Der weitere Verlauf hängt dann ab vom gegenseitigen Verhältnis zwischen der Länge der Düse, der Stärke ihrer Erweiterung und dem Ueberdrucke. Je nachdem trennt sich der

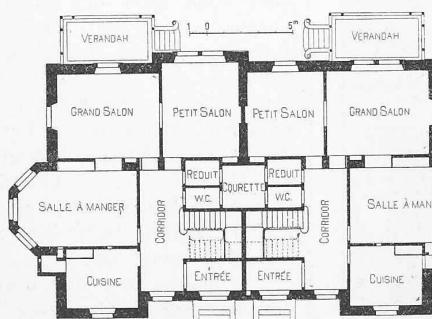


Fig. 33. Plan du rez-de-chaussée. Echelle 1:400. Villa au Pertuis du Soc. — Architecte M. Léo Châtelain.

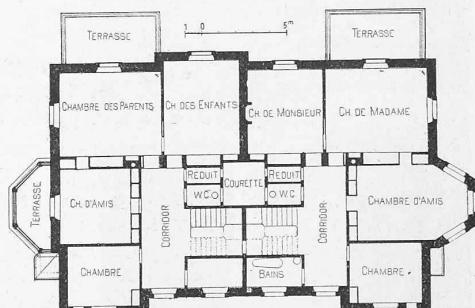


Fig. 34. Plan du premier étage. Villa au Pertuis du Soc. — Architecte M. Léo Châtelain.

Strahl im Inneren der Düse vorübergehend von den Wandungen, legt sich dann wieder an und tritt mit vollem Querschnitt aus, aber wegen der grossen Widerstände beim Wiederaufliegen mit kleiner Geschwindigkeit. Dieser Fall hat bei meinen langen Rohren vorgelegen und wahrscheinlich auch bei der von Lewicki untersuchten *de Laval*-Düse für kleinere Drucke. Oder der Strahl trennt sich auch schon im Inneren der Düse von den Wandungen, legt sich aber nicht wieder an, sondern tritt als freier Strahl mit der Schallgeschwindigkeit aus der Mündungsebene aus. Ein sol-

ches Ausströmen ist von *P. Emden* beobachtet worden, es hat jedenfalls auch bei *Schütz* vorgelegen, und man muss es daher für die höheren Pressungen bei *Lewicki* ebenfalls erwarten. Endlich kann sich auch die verlängerte Schallwelle über die ganze Länge der Düse ausdehnen; dann strömt der Strahl auch mit vollem Querschnitt aus und nimmt aussen ebenfalls die Schallgeschwindigkeit an. Dieser Fall ist bisher nur von *Stodola* beobachtet worden, bei dem aber auch die beiden anderen Fälle vorkommen sind.

Die scheinbar verschiedenen Arten des Ausströmens aus einer divergenten Düse entsprechen hiernach nur verschieden langen Strecken derselben Vorganges.

Soweit die bis jetzt durchgeföhrten Versuche einen Einblick in die innere Beschaffenheit des Strahles gestatten, zeigen sie also *völlig übereinstimmend*, dass beim Ausströmen elastischer Flüssigkeiten aus allen untersuchten Gefässmündungen als *mittlere Geschwindigkeit im freien Strahl* höchstens die *Schallgeschwindigkeit* erreicht wird. Grössere Geschwindigkeiten treten nur vorübergehend in den Bäuchen der Schallwellen auf, aber unter einem mittleren Drucke, der

kleiner ist, als der Druck der Umgebung. Diejenigen Versuche, aus denen bisher auf eine grössere bleibende Geschwindigkeit geschlossen worden ist, lassen sich auch mit einer kleineren Geschwindigkeit erklären, was zuerst schon *Schütz* für seine Versuche erkannt hat. Dagegen liegt bis jetzt noch kein einziger Versuch vor, der als ein einwandfreier Beweis für das Vorhandensein einer grösseren bleibenden Geschwindigkeit an-

gesehen werden müsste, sodass Zweifel an deren Möglichkeit durchaus berechtigt erscheinen. Bis vielleicht einmal ein solcher experimenteller Beweis erbracht sein wird, muss man also für alle Arten von Mündungen die *Schallgeschwindigkeit als die oberste erreichbare Grenze* ansehen.

Was im besondern die *de Laval'sche* Düse anbetrifft, so zeigen die neueren Versuche, dass ich sie s. Z., gestützt auf meine Versuche mit den läng-

ren Rohren, doch zu ungünstig beurteilt hatte. So wie sie ausgeführt und benutzt wird, scheint der Dampf bei ihr immer als freier Strahl mit der Schallgeschwindigkeit auszutreten. Einfach als Ausflussmündung betrachtet, würde sie also einem konvergenten Ansatzrohre wesentlich gleichstehen, wenn nicht etwa die Verzögerung der Ausbildung der verlängerten Schallwelle einen Unterschied zu ihren Ungunsten veranlasst. Als Leitvorrichtung für eine Turbine dagegen verdient die divergente Düse den Vorzug, wahrscheinlich, weil bei ihr der störende Einfluss der Laufradschaufeln auf die Ausbildung des Strahles fortfällt.

Zürich, Januar 1904.

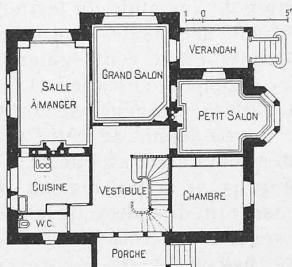
### L'architecture contemporaine dans la Suisse romande.

Par *A. Lambert*, Architecte.

#### Neuchâtel. III.

Il a aussi été construit au quartier de l'Est quelques hôtels particuliers établis avec luxe et confort, citons comme spécimen la *maison de Mons. de B.* (Fig. 24 à 28) œuvre de Monsieur *Alfred Rychner*. C'est un joli hôtel dans le goût français avec jardin du côté du lac, et deux façades, une sur le jardin, l'autre à l'opposé, sur la rue; il est enfermé des deux autres cotés entre des murs mitoyens. Malgré cela, le plan, d'une grande distinction, est parfaitement clair, grâce à un plafond vitré sur la cage de l'escalier et à une courette à l'autre extrémité du corridor. Le beau salon en style Louis XV (Fig. 28) est bien dans le caractère de l'hôtel aristocratique du XVIII<sup>e</sup> siècle.

[Fig. 39. Plan de la maison Chable.  
Echelle 1:400.



Dans le même quartier s'élève une maison à loyer (Fig. 29, 30 et 31), œuvre de Monsieur *Léo Châtelain*. C'est

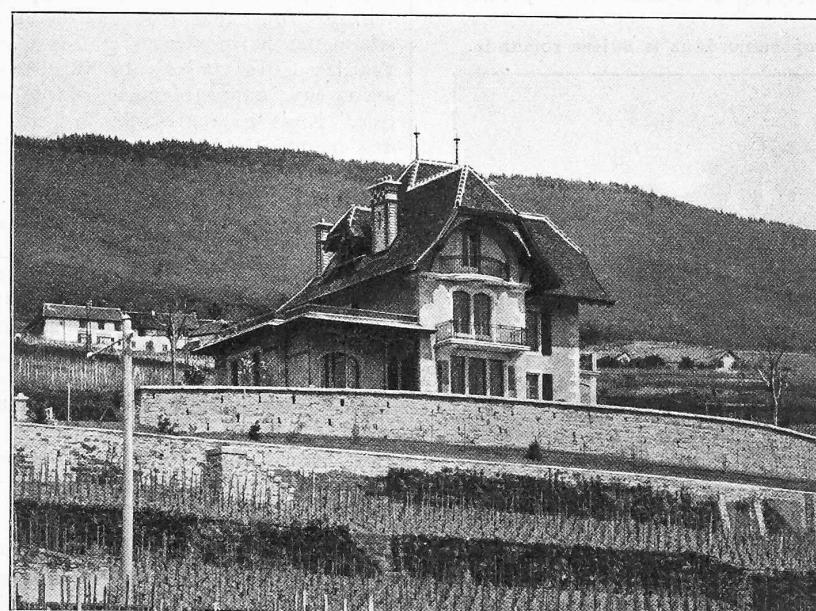


Fig. 40. Maison de Reynier à Neuchâtel. — Architecte M. G. Chable.



Fig. 38. Maison Chable à Neuchâtel. — Architecte M. G. Chable.