

# Versuche über das Ausströmen von Luft durch konisch divergente Rohre

Autor(en): **Fliegner, A.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **31/32 (1898)**

Heft 12

PDF erstellt am: **21.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-20742>

## **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.

INHALT: Versuche über das Ausströmen von Luft durch konisch divergente Rohre. III. (Schluss.) — Wohnhaus-Speicher in Ruederswyl, Emmenthal. — Miscellanea: Das Bauwesen in Genf. Elektrische Turmbahn. Eine Eisenbahnverbindung vom Roten Meere zum Nil. Ausgrabung der altathenischen Wasserleitung. — Konkurrenzen: Städtisches Ver-

tungsgebäude in Aachen. — Nekrologie: Henry Bessemer. Karl von Leibbrand. — Vereinsnachrichten: Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein. Gesellschaft ehemaliger Studierender: Stellenvermittlung.

Hiezu eine Tafel: «Das Bauernhaus in Deutschland, Oesterreich-Ungarn und der Schweiz.»

### Versuche über das Ausströmen von Luft durch konisch divergente Rohre.

Von Prof. A. Fliegner.

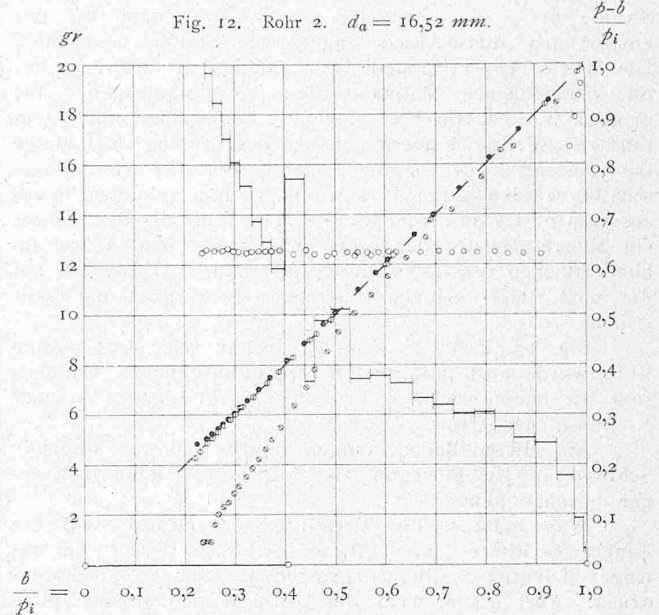
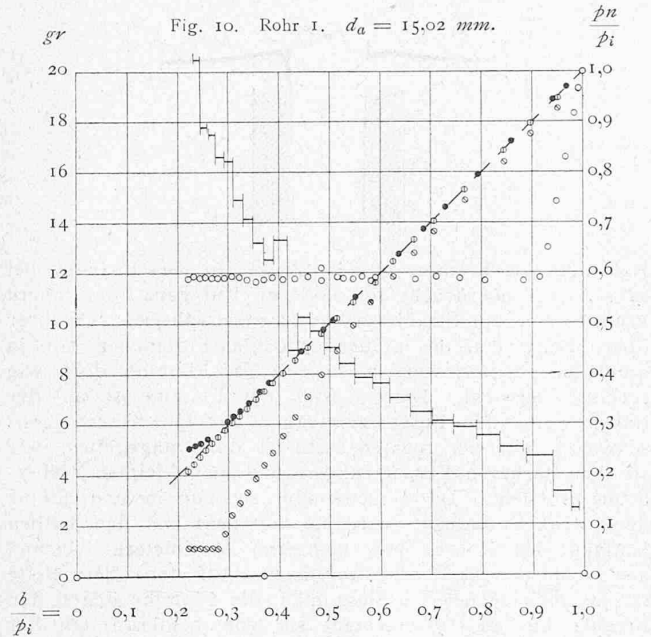
#### III. (Schluss.)

Fig 10 und 11, Rohr 1,  $d_a = 15,02 \text{ mm}$ .  $p_0$  und  $p_1$  sind wieder kleiner geworden als vorhin,  $p_2$  und  $p$  entfernen sich noch weniger vom Atmosphärendrucke. In dem Linienzuge der Ausflussmengen tritt bei  $b/p_i \approx 0,4$  eine be-

man sich diese Unstetigkeit ausgeglichen, so hat sich die Ausflussmenge gegenüber Fig. 8 nicht wesentlich geändert.

Fig. 11 und 11a zeigen wieder die Druckverteilung im Strahle bei  $e = 1 \text{ mm}$ .

Fig. 12, Rohr 2,  $d_a = 16,52 \text{ mm}$ . Dass hier  $p_0$  etwas grösser ist als vorhin, hat, wie schon früher angedeutet wurde, seinen Grund wahrscheinlich in nicht genau gleicher Beschaffenheit der Abrundung beider Rohre. Hier hat sich nicht nur  $p_2$  und  $p_0$ , sondern auch  $p_1$  dem Atmosphärendrucke mehr genähert. Die Ausflussmenge ist dagegen



deutende Unstetigkeit auf, eine noch stärkere sogar in Fig. 12. Als Ursache hat sich nachträglich herausgestellt, dass das kleine Quecksilbergefässmanometer, das zur Be-

wesentlich wieder die vorige. Da sie sich mit zunehmender Erweiterung nicht mehr zu ändern scheint, so habe ich sie weiterhin gar nicht mehr beobachtet. Der Ueberdruck im Strahle aussen hat auch schon so weit abgenommen, dass

Fig. 11. Rohr 1.  $d_a = 15,02 \text{ mm}$ .

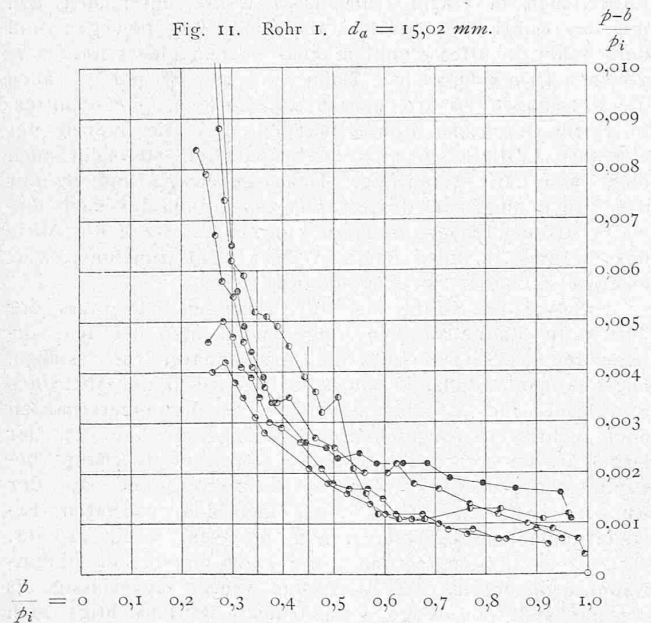
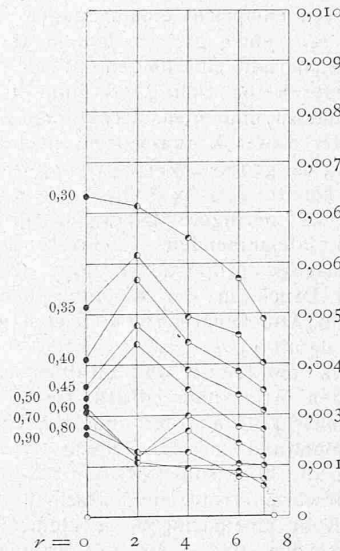


Fig. 11 a. Rohr 1.  $d_a = 15,02 \text{ mm}$ .



stimmung von  $p_i < 1 \text{ m Hg}$  benutzt wurde, unbemerkt Quecksilber verloren hatte, so dass sich das Gefäss bei höherem Stande des Quecksilbers im Glasrohre ganz entleerte. Dadurch sind solche Pressungen zu niedrig beobachtet. Denkt

er sich bei kleinerem  $p_i$  nicht mehr genau genug bestimmen liess, so dass ich ihn auch nicht weiter gemessen habe.

Fig. 13, Rohr 1,  $d_a = 18,79 \text{ mm}$ .  $p_0$  ist anfangs wieder kleiner als vorhin; der spätere, ganz abweichende

Verlauf hat seinen Grund jedenfalls in einer Undichtheit der Verbindung nach dem Vakuummeter. Die übrigen Pressungen haben sich dem Atmosphärendrucke noch mehr genähert.

Fig. 14, Rohr 2,  $d_a = 24,10 \text{ mm}$ . Hier hat  $p_0$  wieder seinen sonstigen Verlauf.  $p_2$  und  $p$  sind kaum noch vom Atmosphärendrucke zu unterscheiden, doch ist noch immer  $p > b > p_2 > p_1$ .

Die zuletzt untersuchte Erweiterung war die stärkste, die ich mit den Rohren erreichen konnte. Ich habe dann das Rohr 2 noch etwa 7 mm ausserhalb der mittleren Seitenbohrung abschneiden lassen, aber ohne zunächst an der Divergenz etwas zu ändern. Das ergab:

Fig. 15 und 16, Rohr 2, kurz,  $d_a = 14,43 \text{ mm}$ .  $p_0$  hat ungefähr den gleichen Verlauf, wie vorhin beim langen Rohre,  $p_1$  und  $p$  sind dagegen wieder stärker vom Atmosphärendrucke verschieden. Die Druckänderung im Strahle bei  $e = 1 \text{ mm}$  ist wieder für einige auf der horizontalen Achse links angegebene Stellen beobachtet. Die Werte  $(p-b)/p_i$  sind dann anfangs im zehnten, weiter im hundertfachen Masstabe der  $b/p_i$  aufgetragen. Bei grossen Werten von  $b/p_i$  zeigen die Punktreihen eine eigentümliche Welle, zu deren genauer Bestimmung dort einige Beobachtungen bei stetig abnehmendem Drucke eingeschaltet werden mussten. Auch ist es hier gelungen, etwas ausserhalb des äusseren Randes der Bohrung des Rohres ein Saugen festzustellen, das sich unter der Achse im hundertfachen Masstabe aufgetragen findet. Die Zone, auf die sich dieses Saugen erstreckte, war aber nur sehr schmal.

Fig. 17, Rohr 2, kurz,  $d_a = 24,50 \text{ mm}$ . Das vorige Rohr wurde noch möglichst divergent ausgebohrt. Dadurch sind die beiden einzigen beobachteten Pressungen  $p_0$  und  $p_1$  entschieden etwas gewachsen.

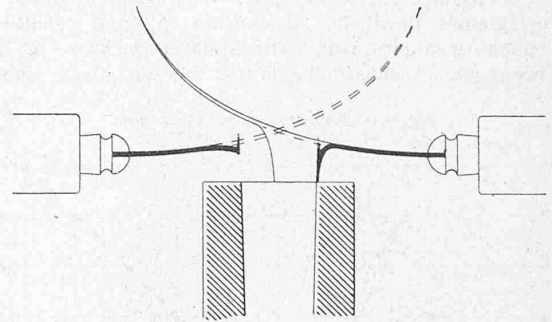
Aus diesen Beobachtungen lassen sich nun folgende Schlüsse auf die Bewegung der Luft durch konisch divergente Rohre ziehen:

Was zunächst die Verteilung des Druckes auf die Länge des Rohres anbetrifft, so bleibt der Druck bei geringer Divergenz überall grösser als der Atmosphärendruck. Aber schon, wenn der ganze Winkel an der Spitze des Kegels auf nur etwa  $1^\circ$  gewachsen ist, beginnt auf gewissen Gebieten ein Saugen. Gleichzeitig nehmen die Punktreihen der  $p_0/p_i$  und  $p_1/p_i$  eine wesentlich andere Gestalt an: sie sind ein kürzeres oder längeres Stück horizontal und gehen dann mit beinahe scharfer Ecke in einen ansteigenden Ast über, der seine hohle Seite nach rechts unten zu kehrt. Der ganze unter der  $45^\circ$ -Linie liegende Teil dieser Kurven entspricht einem Saugen. Ob auch die Punktreihe der  $p_2/p_i$  einen gleichartigen Verlauf hat, lässt sich nicht mit Sicherheit entscheiden. Wenn in Fig. 4 der erste Punkt dieser Reihe richtig bestimmt ist, so würde das allerdings darauf hindeuten. Denkt man sich alle drei Punktreihen unter dieser Voraussetzung nach links zu fortgesetzt, so würde bei grossen Werten von  $p_i$ , wie ich sie nicht mehr erreichen konnte,  $p_0 > p_1 > p_2 > b$  sein müssen; man hätte dann, wie bei geringerer Divergenz, im ganzen Rohre Ueberdruck. Mit abnehmendem  $p_i$  würden die drei andern Pressungen zunächst proportional mit abnehmen, bis schliesslich der Druck in der Mündungsebene am Rande des Strahles dem Atmosphärendrucke gleich geworden ist. Nimmt  $p_i$  und damit  $p_0$ ,  $p_1$  und  $p_2$  noch weiter ab, so muss der Druck am Rande des Strahles am Ende des Rohres unter den Atmosphärendruck sinken. Sowie das geschehen ist, muss Luft aus der umgebenden Atmosphäre zwischen der Rohrwand und dem eigentlichen Strahle angesaugt werden, die aber sofort wieder mit hinausgerissen wird. Diese einwärts strömende Luftschicht wird um so weiter in das Rohr hineindringen, je kleiner die übrigen Pressungen geworden sind. Die proportionale Abnahme der verschiedenen Pressungen kann aber offenbar nur so lange fortbestehen, als die Stellen, an der sie gemessen sind, von dem eingesaugten Luftstrome noch nicht erreicht werden. Man wird daher annehmen müssen, dass dieser

Luftstrom dann bis an eine Seitenbohrung eingedrungen ist, wenn die zugehörige Punktreihe ihre Ecke zeigt. Nur bei  $p_0$  wird man vielleicht nicht die Seitenbohrung selbst, sondern das Ende des konischen Teiles des Rohres erreicht annehmen müssen.

Dass wirklich um den austretenden Strahl Luft in das Rohr eingesaugt wird, habe ich durch die Gestaltsänderung einer in den Strahl gehaltenen Gasflamme aus einem horizontalen Schnittbrenner feststellen können. Eine solche sich selbst überlassene Flamme krümmt sich nach *aufwärts*, wie es in Fig. 18, teilweise gestrichelt, angegeben ist.

Fig. 18.



Hält man die Flamme in den Strahl, so verschwindet bei grösserem Ueberdrucke ihr äusserer Teil ganz, der innere krümmt sich am Strahle nach *abwärts*, während auf ihrer obern Seite einzelne glühende Kohlenstoffteilchen mit in die Höhe gerissen werden, so dass die Flamme dort wie zerfasert aussieht. Diese Gestalt der Flamme ist auf der linken Seite der Figur gezeichnet, ihr Querschnitt ganz schwarz. Auf der rechten Seite ist dann angegeben, wie sie bei stärkeren Erweiterungen und bei kleinem Ueberdruck aussieht. Da verschwindet sie nur in und hinter dem Strahle, dagegen wird sie auf mehr als den halben Umfang des Rohres von mehreren Millimetern Abstand *aus bis an das Rohr selbst angesaugt*. Auf der obern Seite ist sie auch zerfasert. Sieht man die Flamme gegen den Brenner hin an, so erscheint sie von beiden Seiten her über oben nach der Mitte zu zusammengerollt.

Was die Druckverteilung in den Strahlquerschnitten anbetrifft, so muss man annehmen, dass sich die einzelnen Luftteilchen in einem *cylindrischen* Rohre unter sich und mit der Rohrachse parallel, also geradlinig bewegen, und dass daher in allen Punkten eines ebenen Querschnittes je gleicher Druck herrscht. Dann sind  $p_0$ ,  $p_1$  und  $p_2$  auch die Pressungen in den ganzen zugehörigen Querschnitten. In einem *divergenten* Rohre dagegen sind die Bahnen der einzelnen Luftteilchen nicht mehr parallel, vielleicht auch nicht mehr alle geradlinig. Dann geben  $p_1$  und  $p_2$  nur den Druck am *Rande* des Strahles, oder dann der nach einwärts strömenden angesaugten Luftmenge. Nach der Mitte des Strahles zu muss dagegen der Druck zunehmen, wie, entzieht sich aber der Beobachtung.

Sowie der Strahl das Rohr verlassen hat, muss der Druck am Rande auf den umgebenden, also bei den vorliegenden Versuchen auf den Atmosphärendruck sinken. Diese Abnahme pflanzt sich allmählich nach der Mitte des Strahles zu fort, ist aber in den untersuchten Querschnitten noch nicht weit vorgeschritten. Wenigstens hat sich der Druck in der Achse des Strahles, soweit er überhaupt bestimmt worden ist, *ausnahmslos grösser* ergeben, als der Atmosphärendruck, wenn auch bei den stärkeren Erweiterungen und bei kleineren  $p_i$  nur sehr wenig grösser.

Diese Pressungen und alle übrigen mit der Morphium-Nadel beobachteten sind allerdings weniger zuverlässig, als die auf anderem Wege gefundenen. Berücksichtigt man aber, was über die wahrscheinliche Art der Fehler schon früher hervorgehoben wurde und beachtet ferner, dass der Druck von der Mitte des Strahles nach aussen zu jedenfalls nicht zunehmen kann, so wird man über die Druck-

Fig. 13. Rohr 1.  $d_a = 18,97 \text{ mm}$ .

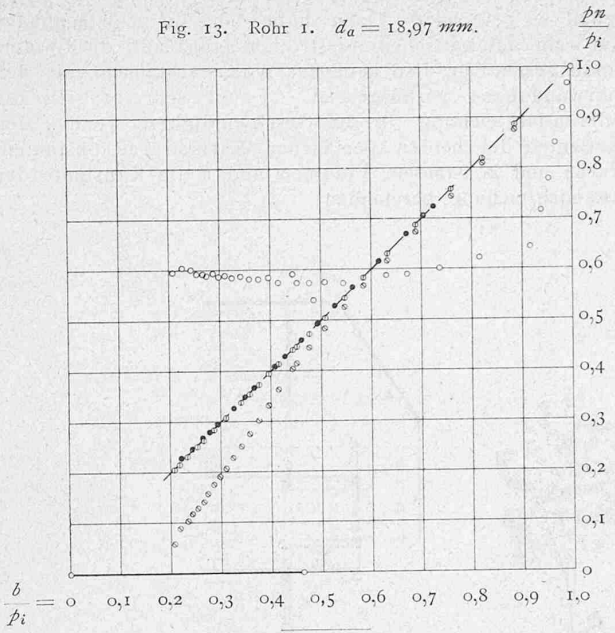


Fig. 14. Rohr 2.  $d_a = 24,10 \text{ mm}$ .

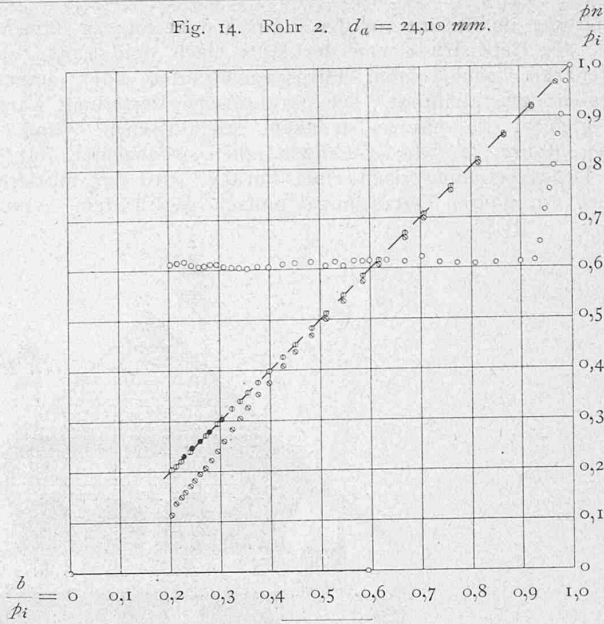


Fig. 15. Rohr 2 kurz,  $d_a = 14,43 \text{ mm}$ .

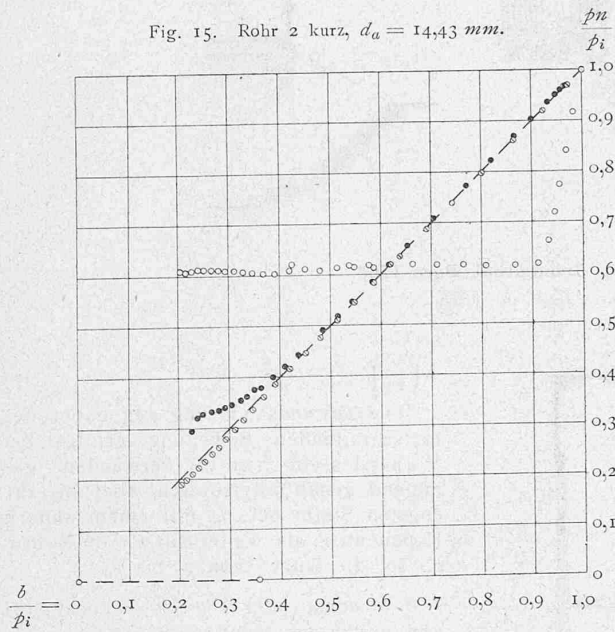


Fig. 16. Rohr 2 kurz,  $d_a = 14,43 \text{ mm}$ .

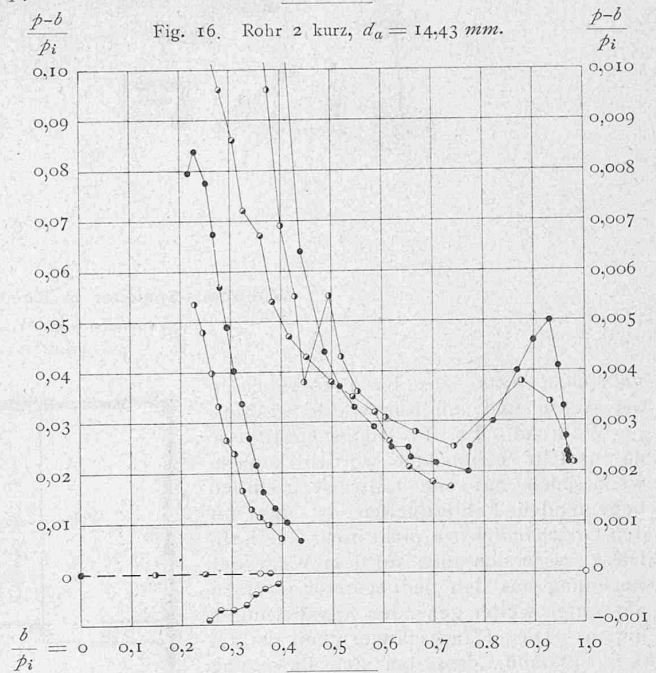


Fig. 17. Rohr 2 kurz,  $d_a = 24,50 \text{ mm}$ .

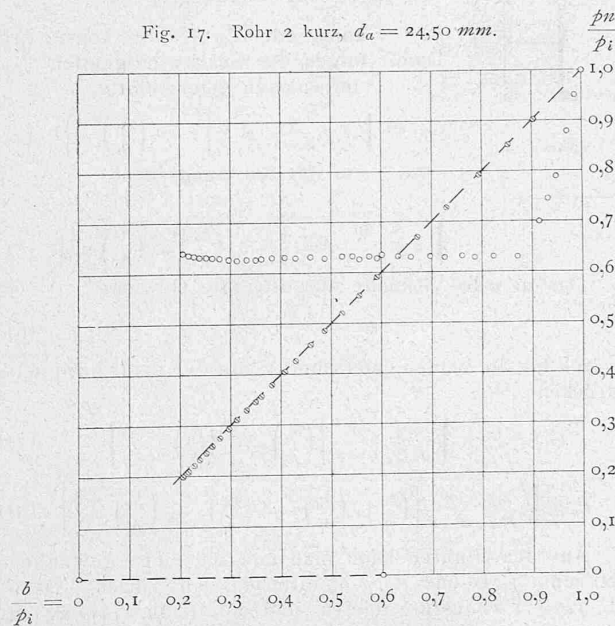
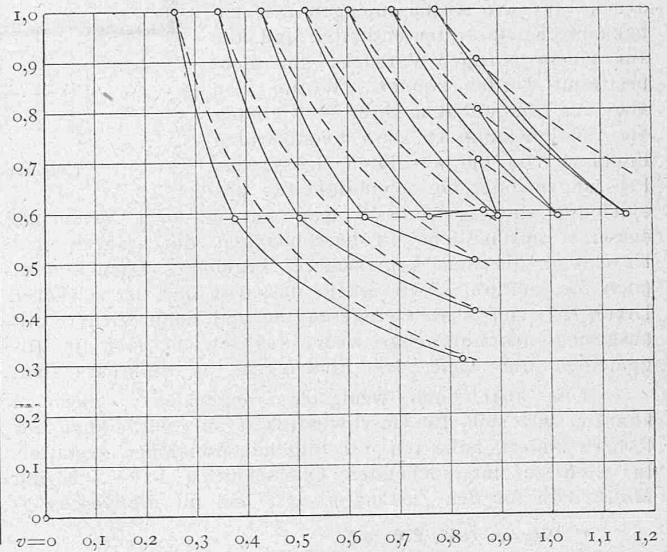
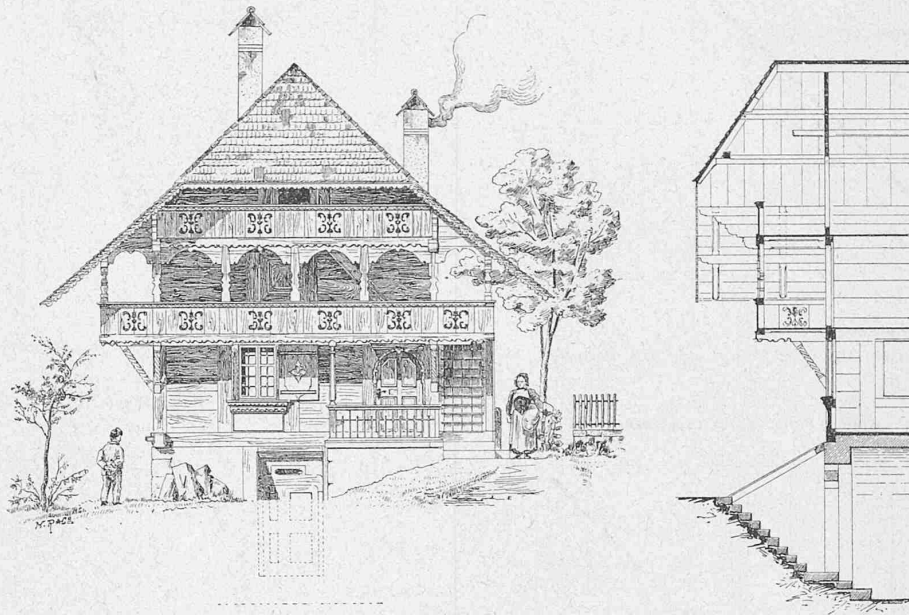


Fig. 19. Rohr 1.  $d_a = 15,02 \text{ mm}$



verteilung im Strahle aus den Figuren doch folgern dürfen, dass der Ueberdruck von der Mitte nach dem Rande zu angenähert nach einem Ellipsenquadranten oder einem Parabelbogen abnimmt. Die parabolische Verteilung wäre die gleiche, die *Albans* bei einem geschlossenen cylindrischen Rohre für die Geschwindigkeit beobachtet hat.\*) Bei Druckverteilung nach einer Parabel wird der mittlere Druck im ganzen Querschnitte einfach gleich dem arith-

digkeit  $w$  gerechnet. Dann habe ich die Abweichungen vom rein adiabatischen Ausströmen ganz auf die Widerstände geschoben, also keinerlei Wärmeaustausch mit den Rohrwandungen vorausgesetzt. Damit schreibt sich die Differentialgleichung für die Geschwindigkeit, wenn  $n$  den Quotienten der beiden specifischen Wärmen bei konstantem Drucke und konstantem Volumen und  $R$  die Konstante der Zustandsgleichung bezeichnen:



1 : 150.

Wohnhaus-Speicher in Ruederswyl, Emmenthal, Bern 1755.

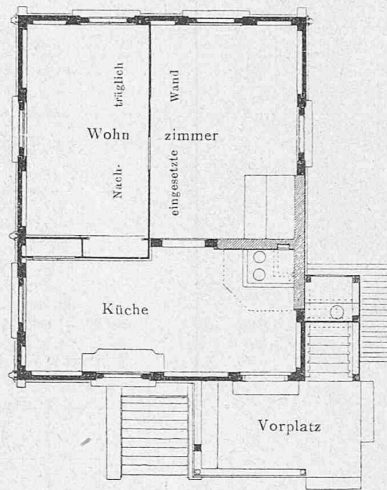
Aufgenommen von Arch. Jacques Gros in Zürich.  
Ansicht der Hinterfront und Schnitt.

metischen Mittel aus den Pressungen in der Achse und am Rande des Strahles.

Während die Pressungsverhältnisse unmittelbar beobachtet werden können, wenn auch nur mit teilweise ziemlich bedeutenden Fehlerquellen, ist das mit den *Geschwindigkeiten* nicht mehr der Fall. Diese lassen sich auch auf dem Wege der Rechnung aus den beobachteten Grössen nur unter weiter gehenden Annäherungen finden. Die Hauptschwierigkeit bildet der Umstand, dass bei der Bewegung sowohl Wärmeübergänge als auch Widerstände auftreten, dass also in dem Ausdrucke für die Ausflussmengen *zwei* unbekannte Koeffizienten enthalten sind, die aus einem einzigen Versuche gar nicht bestimmt werden können. Wollte man aber zur Ermöglichung ihrer Bestimmung die Annahme zulassen, dass die störenden Einflüsse von der absoluten Grösse der Pressungen oder Geschwindigkeiten unabhängig sind, so müsste man aus je zwei Versuchen äusserst umständliche Proberechnungen durchführen und hätte doch durchaus kein sicheres Ergebnis. Dazu kommt noch die weitere Schwierigkeit, dass von der bei stärkerer Divergenz von aussen eingesaugten und dann wieder mit ausgestossenen Luftmenge weder das Gewicht noch im allgemeinen die Tiefe des Eindringens bestimmbar sind.

Um aber doch wenigstens angenähert sehen zu können, wie sich die Geschwindigkeit auf der Länge der Röhren ändert, habe ich mir folgende Annahmen gestattet: In allen zu untersuchenden Querschnitten habe ich mit *Mittelwerten* für den Zustand  $p, v, T$  und für die Geschwin-

\*) *Dingler*, 1888, 270, 368.



Erdgeschoss 1 : 150.

$$d\left(\frac{w^2}{2g}\right) = -\frac{n}{n-1} R dT. \dots (1)$$

Die Zustandsänderung gegenüber der fortschreitenden Bewegung erfolgt bei Vorhandensein von Widerständen genügend genau polytropisch, aber bis zur engsten Stelle bei  $p_0$  mit einem andern Exponenten, als weiter aussen im Rohre. Es sei die Kurve von  $p_i$  bis  $p_0$ :

$$p v^n = \text{konst. oder } T p^{\frac{n-1}{n}} = \text{konst.}, (2)$$

von  $p_0$  bis zur Mündungsebene:

$$p v^\lambda = \text{konst. oder } T p^{\frac{\lambda-1}{\lambda}} = \text{konst.}, (3)$$

Damit folgen die Geschwindigkeiten im engsten Querschnitte:

$$w_0 = \sqrt{2g \frac{n}{n-1} R T_i \left[ 1 - \left(\frac{p_0}{p_i}\right)^{\frac{n-1}{n}} \right]}, (4)$$

in der Mündungsebene:

$$w_a = \sqrt{2g \frac{n}{n-1} R T_i \left[ 1 - \left(\frac{p_0}{p_i}\right)^{\frac{n-1}{n}} \left(\frac{p_a}{p_0}\right)^{\frac{\lambda-1}{\lambda}} \right]}. (5)$$

Das in jeder Sekunde ausgeströmte Gewicht

$$G = \frac{F w}{v} \dots (6)$$

lässt sich für die beiden Querschnitte mit (2) bis (5) doppelt ausdrücken:

$$G = F_0 p_i \sqrt{\frac{2g}{R T_i} \frac{n}{n-1} \left[ \left(\frac{p_0}{p_i}\right)^{\frac{2}{n}} - \left(\frac{p_0}{p_i}\right)^{\frac{n+1}{n}} \right]}. (7)$$

$$G = F_a p_i \sqrt{\frac{2g}{R T_i} \frac{n}{n-1} \left[ \left(\frac{p_0}{p_i}\right)^{\frac{2}{n}} \left(\frac{p_a}{p_0}\right)^{\frac{2}{\lambda}} - \left(\frac{p_0}{p_i}\right)^{\frac{n+1}{n}} \left(\frac{p_a}{p_0}\right)^{\frac{\lambda+1}{\lambda}} \right]}. (8)$$

Aus den Figuren kann man nun für einen gewählten Wert von  $b/p_i$   $G$  und  $p_0/p_i$  unmittelbar einschätzen. Dann geht aus (7)  $x$  auszuprobieren und damit aus (4)  $w_0$  zu

berechnen.  $p_a/p_i$  liess sich dagegen aus den Figuren nicht unmittelbar bestimmen. Ich habe dafür beim cylindrischen Rohre einfach  $p_2/p_i$  genommen, also dort nicht eigentlich für die Mündungsebene gerechnet, sondern für einen weiter einwärts liegenden Querschnitt. Bei Rohr 2,  $d_a = 6,00$  mm habe ich für  $p_a/p_i$  den Mittelwert der 1,5 mm ausserhalb beobachteten Pressungen eingeführt, also einen etwas zu kleinen Wert, so dass das zugehörige  $w_a$  etwas zu gross ausfallen muss. Bei den übrigen Erweiterungen habe ich  $p_a/p_i$  einfach gleich dem arithmetischen Mittel aus  $p/p_i$  in der Mitte des Strahles 1,5 bis 1 mm ausserhalb des Rohres und aus  $b/p_i$  angenommen. So ist in der Mitte ein zu kleiner, am Rande, wo in Wirklichkeit schon Saugen stattfindet, ein zu grosser Wert eingeführt, der benutzte Mittelwert kann sich also nicht stark vom wirklichen entfernen. Jede andere Annahme wäre aber mindestens ebenso willkürlich gewesen. Mit diesem Werte von  $p_a/p_i$  ergab sich dann einfach  $p_a/p_0$ , und dann konnte mit (8)  $\lambda$  ausprobiert und endlich aus (5)  $w_a$  berechnet werden.

Diese Rechnungen habe ich durchgeführt für einen mittleren Barometerstand von  $b = 720$  mm, eine mittlere innere Temperatur  $T_i = 288^\circ$ , mit  $R = 29,27$  und  $n = 1,405$  und habe die Ergebnisse in der nachstehenden Tabelle

durch das ganze Rohr ändert, sind die in dieser Hinsicht am regelmässigsten ausgefallenen Ergebnisse für Rohr 1,  $d_a = 15,02$  mm in Fig. 19 zusammengestellt, aber nicht in der gebräuchlichen Form  $p = f(v)$ , weil die verschiedenen Kurven so zu nahe zusammengefallen wären, sondern als  $p/p_i = f(v)$ . Die Ausgangspunkte  $p/p_i = 1$ , und die Punkte  $p_0/p_i$  und  $p_a/p_i$  sind angeringelt. Hinzugefügt ist in der gleichen Darstellungsweise die Isotherme durch den Anfangspunkt als gestrichelte Linie.

Bei  $b/p_i = 0,3, 0,4$  und  $0,5$  nimmt der Druck vom Inneren des Gefässes bis zur Mündungsebene mit zunehmendem Volumen ununterbrochen ab, im Rohre selbst allerdings langsamer, als beim Eintritte durch die Abrundung. Bei  $b/p_i = 0,6$  nimmt in der Erweiterung das Volumen auch noch zu, der Druck aber ebenfalls. Bei  $b/p_i = 0,7, 0,8$  und  $0,9$  findet dagegen in der Erweiterung eine *Kompression* statt.  $T_a$  scheint in den letzten Fällen etwas über  $T_i$  zu steigen; die bei der Rechnung zugelassenen Annäherungen gehen aber zu weit, um diese Frage mit Sicherheit entscheiden zu können.

Die hier besprochenen Versuche zeigen nun, dass meine Zweifel gegenüber den eingangs erwähnten Anschauungen über die Wirkung der Leitvorrichtung der

$b/p_i$	$p_0/p_i$	$p/p_i$	$p_a/p_i$	$G$	$z$	$\lambda$	$w_0$	$w_a$
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
Rohr 1, $d_a = 5,17$ mm, $F_a = F_0 = 20,9928$ mm <sup>2</sup> .								
0,3	0,814	0,508	0,508	12,52	1,386	1,187	178,7	265,9
0,4	0,817	0,513	0,513	9,20	1,372	1,178	174,9	259,7
0,5	0,823	0,536	0,536	7,08	1,348	1,157	167,8	243,0
0,6	0,836	0,612	0,612	5,80	1,359	1,132	162,5	214,3
0,7	0,864	0,709	0,709	4,26	1,294	1,082	137,0	164,4
0,8	0,901	0,808	0,808	2,16	1,113	1,024	77,8	86,6
Rohr 2, $d_a = 6,00$ mm, $F_a = 28,2743$ mm <sup>2</sup> .								
0,837	0,878	—	0,8543	3,78	1,384	0,651	142,6	110,2
Rohr 1, $d_a = 7,89$ mm, $F_a = 48,8926$ mm <sup>2</sup> .								
0,3	0,631	0,430	0,3650	16,02	1,429	0,908	272,1	213,2
0,4	0,631	0,513	0,4565	11,90	1,419	0,798	270,1	173,7
Rohr 2, $d_a = 9,79$ mm, $F_a = 75,2757$ mm <sup>2</sup> .								
0,3	0,650	0,410	0,3550	15,78	1,424	0,870	262,8	146,6
0,4	0,650	0,427	0,4135	11,36	1,385	0,882	254,4	126,4
0,5	0,650	0,508	0,5040	9,26	1,402	0,708	258,2	103,0
0,6	0,650	0,606	0,6030	7,40	1,364	0,422	249,7	83,1
0,7	0,650	0,704	0,7020	6,52	1,389	— 2,254	255,3	73,6
0,8	0,650	0,802	0,8010	5,62	1,375	+ 2,223	252,3	38,8
0,9	0,747	0,901	0,9005	4,22	1,306	+ 1,532	194,8	44,9

$b/p_i$	$p_0/p_i$	$p/p_i$	$p_a/p_i$	$G$	$z$	$\lambda$	$w_0$	$w_a$
1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.
Rohr 2, $d_a = 13,70$ mm, $F_a = 147,411$ mm <sup>2</sup> .								
0,3	0,618	0,310	0,3050	16,42	1,448	0,841	281,7	92,7
0,4	0,618	0,407	0,4035	12,08	1,428	0,762	277,6	78,9
0,5	0,618	0,505	0,5025	9,52	1,413	0,616	274,5	81,5
0,6	0,618	0,604	0,6020	7,82	1,400	0,176	271,5	91,6
0,7	0,618	0,703	0,7015	6,66	1,393	— 19,49	269,9	38,6
0,8	0,618	0,802	0,8010	5,84	1,396	+ 2,072	270,5	36,1
0,9	0,618	0,901	0,9005	4,76	1,325	+ 1,448	252,7	28,6
Rohr 1, $d_a = 15,02$ mm, $F_a = 177,186$ mm <sup>2</sup> .								
0,3	0,589	0,309	0,3045	16,16	1,424	0,818	289,2	76,5
0,4	0,589	0,403	0,4015	11,74	1,392	0,728	281,8	56,4
0,5	0,589	0,503	0,5015	9,18	1,372	0,538	276,9	54,3
0,6	0,589	0,602	0,6010	7,60	1,366	— 0,169	275,5	36,9
0,7	0,589	0,702	0,7010	6,30	1,340	+ 4,246	268,5	26,5
0,8	0,589	0,802	0,8010	5,66	1,361	+ 1,827	274,1	25,7
0,9	0,589	0,902	0,9010	4,82	1,328	+ 1,439	265,1	23,9
Rohr 2, $d_a = 16,52$ mm, $F_a = 214,343$ mm <sup>2</sup> .								
0,3	0,624	0,306	0,3030	16,14	1,433	0,851	276,0	94,5
0,4	0,624	0,406	0,4030	11,54	1,387	0,773	266,0	44,5
0,5	0,624	0,506	0,5030	9,24	1,388	0,625	266,2	37,0
0,6	0,624	0,605	0,6025	7,64	1,381	0,214	264,6	31,1
0,7	0,624	0,705	0,7025	6,50	1,374	— 4,325	263,0	imaginär
0,8	0,624	0,804	0,8020	5,88	1,404	+ 2,162	269,9	22,3
0,9	0,624	0,902	0,9010	5,00	1,365	+ 1,630	260,8	imaginär

zusammengestellt. Dass dabei  $z$  gelegentlich grösser ausgefallen ist als  $n$ , ist eine Folge der weitgehenden Annäherungen, der Unsicherheit der Einschätzungen aus den Figuren und vielleicht einer, namentlich bei grösserem innerem Drucke störenden Undichtigkeit des Ausflusskessels.  $\lambda$  hat sich dagegen zunächst kleiner ergeben, als  $n$ ; bei den geringeren Rohrerweiterungen bleibt es positiv, bei den grösseren wird es dagegen bei abnehmendem  $p_i$  zunächst negativ und dann durch das Unendliche wieder positiv, aber grösser als  $n$ .

Die Tabelle zeigt nun, dass die Geschwindigkeit nur beim cylindrischen Rohre nach aussen hin stetig zunimmt, bei den divergenten Rohren wird dagegen stets, auch bei der kleinsten untersuchten Divergenz,

$$w_a < w_0$$

Beim letzten in der Tabelle aufgenommenen Rohre ist  $w_a$  sogar so klein geworden, dass sich aus der Rechnung dafür zweimal *imaginäre* Werte ergeben konnten, während gleichzeitig an der engsten Stelle  $w_0 > 260$  m blieb. Um zu zeigen, wie sich der Zustand der Luft beim Strömen

de Laval'schen Turbine durchaus berechtigt waren. Zunächst sinkt der *mittlere* Druck in der Mündungsebene niemals bis auf den umgebenden Druck. Am *Rande* des Strahles geschieht das allerdings bald, und zwar schon bei einer sehr geringen Erweiterung. Wahrscheinlich haben die Erbauer der Turbine durch Beobachtung mit einer Seitenöffnung das Aufhören eines Ueberdruckes gefunden und dieses nur für den Rand geltende Verhalten auf den ganzen Strahlquerschnitt übertragen. Ebenso unrichtig ist die zweite Annahme, dass die Zustandsänderung in der Erweiterung adiabatisch erfolge, verbunden mit einer entsprechenden Zunahme der Geschwindigkeit. In Wirklichkeit nimmt vielmehr die Geschwindigkeit mit wachsendem Rohrquerschnitte, auch bei nach aussen zu noch sinkendem Drucke, entschieden ab.

Aus diesem Verhalten muss man schliessen, dass eine Zunahme des Rohrquerschnittes auch bei elastischen Flüssigkeiten stets *bedeutende Widerstände* verursacht. Wo es auf Erzeugung einer möglichst grossen Ausflussgeschwindigkeit ankommt, sollten daher auch bei diesen Flüssigkeiten,

wie bei den tropfbaren, *Erweiterungen möglichst vermieden* werden.

Für Dampf gelten jedenfalls wesentlich gleiche Verhältnisse, und ich muss daher die Möglichkeit, seine Geschwindigkeit bei den heutigen Kesselpressungen bis über 1000 m steigern zu können, für vollkommen ausgeschlossen halten.

Zürich, Juli 1897.

### Wohnhaus-Speicher in Ruederswyl, Emmenthal<sup>1)</sup>.

(Mit einer Tafel.)

Die ganze Behäbigkeit und zugleich Zierlichkeit des Emmenthaler Baustils tritt uns hier entgegen.<sup>2)</sup> Es ist kein eigentliches Bauernhaus: es fehlt die Scheuer. Es ist vielmehr ein sogenanntes „Stöckli“, ein kleines Wohnhaus, in welches das wohlhabende Elternpaar, Haus und Hof den herangewachsenen Kindern überlassend, sich zurückgezogen hat.

Ueber dem gemauerten Unterbau mit gewölbtem Keller erheben sich zwei Stockwerke in Ständern: Schwellen, Ständer und Deckbalken bilden feste Rahmen, in welche die Bretterwandung eingenetet ist. Die Schwellen, an den Kreuzungspunkten sich überschneidend, greifen durch lange Zapfen in einander, die mit starken Holznägeln angetrieben und geschlossen werden (daher der Name „Schliessen“). Die Ständer reichen von den Schwellen, in die sie eingezapft sind, bis unter das Dachgebälk. Nur die drei obersten Wandbalken zeigen Blockverband, auf den Ständern ruhend. Diese Balken, am Giebel vorragend und profiliert, stützen die Fusspfetten des Schindeldachs. Die übrigen Pfetten werden von einem stehenden Dachstuhl getragen.

Sein schmuckes Aussehen verdankt der Bau wesentlich den zierlichen Lauben. Am hier (Textfigur, S. 87) abgebildeten hintern Giebel erscheinen zwei Stirnlauben übereinander. Es ist das auffallend. Denn Stirnlauben sind zwar im Emmenthal nicht gar selten. Aber, wie schon der Name es besagt, erscheinen sie stets am vorderen Giebel, an der Hauptfront. Wenn das Gegenteil hier der Fall ist, so wird dadurch bestätigt, dass dieser Bau einer Speicherform angepasst ist, deren Hauptfront der Giebel mit dem Eingang bildet, während der gegenüberliegende Giebel gar keine Lichtöffnung hat.

Jene Stirnlaube setzt sich dann in beiden Seitenlauben fort. Die obere Stirnlaube, in der Höhe des Estrichs, wird beidseitig von den vorspringenden Dachflügeln abgeschlossen<sup>3)</sup>. Beide Lauben ruhen auf den vorragenden, zierlich profilierten Dielenträgern. Diese selbst, bei der untern Laube, werden gestützt durch hübsch geschnitzte Büge, bei der obern Laube hingegen durch Pfosten, die von der Brüstung der untern Laube aufsteigen, und die auf den Traufseiten die weit ausladenden Rafen erreichen. Die Laubenbrüstung zeigt zierliche Ausschnitte, und zwischen den Laubpfosten des Giebels spannen sich malerische Bogen.

Betreten wir das Innere. Die Hausthür, wie immer beim eigentlichen „Stöckli“, liegt am hintern Giebel seitlich.

<sup>1)</sup> Dank der Gefälligkeit des Centralkomitees des Schweiz. Ing.- und Arch.-Vereins sind wir in der Lage, unseren Lesern die Wiedergabe von zwei Tafeln aus dem in Vorbereitung begriffenen Werke «Das Bauernhaus in Deutschland, Oesterreich-Ungarn und der Schweiz» und zwar aus dem III. Bande dieser Veröffentlichung «Das Bauernhaus in der Schweiz und in ihren Grenzgebieten» vorzulegen. Die Darstellungen — Tafel und Textbilder — sind ungefähr im halben Masstabe der Publikation nach den Originalaufnahmen von Arch. J. Gros in Zürich ausgeführt. Den begleitenden Text verdanken wir Herrn Dr. J. Hunziker, der bekanntlich den beschreibenden Teil zu Band III des obgenannten Werkes übernommen hat. Die Red.

<sup>2)</sup> Abgesehen von einigen brieflichen Notizen, liegen der folgenden Beschreibung ausschliesslich die vorliegenden Pläne und Ansichten zu Grunde.

<sup>3)</sup> Ob auf der Seitenansicht die zwei Büge das Vorhandensein einer Stirnlaube auch am vordern Giebel andeuten, bleibt dahingestellt.

Die Thüröffnung ist rund; der Thürsturz verbindet sich mit den Thürpfosten durch schrägen Schnitt, wie häufig am dreisässigen und am Länderhaus. Aus einer kleinen Vorlaube gelangen wir in die Küche, und von da in die beiden Stuben. Alles, Herd, Rauchfang, Schränke etc. ist hier modern eingerichtet. Modern ist auch die symmetrische Anordnung der Fenster. Ihre Konstruktion findet sich genau beschrieben bei Gladbach, Schweizer Holzstil, I, S. 25 Fig. 61. — Der Oberstock ist ein hohler Raum, der als Speicher und Magazin benutzt wird. Ebenso der Estrich.

Werfen wir noch einen Blick auf die zwei typischen Bauten, die unserm Haus als Motiv gedient haben. Sowohl der in Holz gebaute Speicher, als das gemauerte einzeln stehende „Stöckli“, dienten ursprünglich, zur Aufbewahrung verschiedener Habseligkeiten und Lebensmittel; später wurden sie, wie gesagt, auch verwendet als Austrägerwohnung. Daher die nicht seltene Verwechslung beider. Ihre Verbreitung ist aber sehr verschieden. Der Holzspeicher kommt vor durch die ganze deutsche Schweiz und einen Teil der romanischen. Das „Stöckli“ als Einzelgebäude ist beschränkt auf den Jura und die schweizerische Hochebene bis zur Reuss, Limmat und Aare. Wahrscheinlich ist dieses Bauwerk älter als die deutsche Einwanderung.

Aarau, den 15. Februar 1898.

Dr. J. Hunziker.

### Miscellanea.

**Das Bauwesen in Genf.** Nach Th. L'Huilliers Handelsbericht vom letzten November sind in den verflossenen drei Jahren in Genf 247 neue Hochbauten, und 88 Landhäuser oder Villen in den Aussengemeinden und zwar vorwiegend zu Spekulationszwecken errichtet worden. In den 335 neuen Bauten sind aber nur Miethäuser inbegriffen. Zu diesen kommen noch etwa 100 Bauten, welche die Eigentümer selbst bewohnen, Häuser Landsitze, Chalets, Schweizerhäuschen an der Peripherie der Stadt und geschmackvolle Villen längs den Strassen nach Vernier, Chêne, Châtelaine, Petit-Sacconex, Prégny; ferner die Arbeiterhäuser «Klein aber Mein», von welchen um Lancy herum bereits 30 erstellt sind, die beiden Fabriken für elektrische Apparate bei Sécheron, ferner elektrochemische Fabriken in Chèvres und Vernier, wie jene der «Compagnie genevoise d'électricité et de produits chimiques» (Calcium-Carbid) und der «Société Volta», welche letztere nach einem neuen Verfahren Chlorkalk, Soda u. s. w. herstellt. Diese beiden Dörfer werden sich in kurzem zu wichtigen industriellen, fabrikreichen Ortschaften entwickelt haben; schon jetzt herrscht dort Wohnungsmangel für Arbeiter und infolgedessen eine ungemein rege Bauhätigkeit. Im letzten Jahrzehnt ist der Wert der Gebäude in Genf von 371 Millionen Fr. auf 446 200 000 Fr. und der Ertrag derselben von 16 686 000 Fr. auf 20 080 000 Fr. gestiegen. Im Jahre 1896 wurden 814 Liegenschafts- d. h. Häuserverkäufe im Betrage von 25 113 600 Fr. abgeschlossen, wofür der Staat 1¼ Millionen Fr. an Gebühren bezogen hat. Die entsprechenden Zahlen für 1897 liegen noch nicht vor. In Genf selbst hat die Baulust jetzt merklich nachgelassen, was wohl teilweise mit der Preissteigerung der Bauplätze und des Baumaterials zusammenhängt.

**Elektrische Turmbahn.** Für die «Allgemeine amerikanische Ausstellung», die auf der Cayuga-Insel in der Nähe der Niagara-Fälle stattfinden soll, wird der Bau eines kegelförmigen Turmes geplant, auf welchem man wendeltreppenartig eine elektrische Bahn hinauffahren will. Der 160 m hohe Turm wird aus Stahl gebaut und die Bahn bis zu einer Plattform von 130 m Höhe über der Basis des Turmes geführt. Der Durchmesser dieser Plattform ist 10 m, derjenige der Grundfläche 25 m. Die Steigung pro Umlauf beträgt 13 m, so dass die Bahn bis zu ihrem Endpunkt zehnmal um den Turm fährt. Zur Ueberwindung der 17—25 % betragenden Steigung erhält die Bahn Zahnradbetrieb und es sind die Wagen mit denselben Bremsvorrichtungen versehen, wie die, welche bei der Mount Washington- und Pike's Peak-Bahn Anwendung fanden. Die Schienenstränge bilden eine doppelgängige Schraube. Die Wagensitze werden so angebracht, dass man die schöne Aussicht in vollem Umfange geniessen kann.

**Eine Eisenbahnverbindung vom Roten Meere zum Nil.** Schon vor mehreren Jahren erteilte Menelik von Abessinien an Ingenieur Ilg und den Franzosen Chefneux die Konzession zum Bau einer Eisenbahn, die das Rote Meer mit dem Nil unter Berührung der Hauptstadt Addis-Abbeba verbinden soll. Nach Berichten Pariser Börsenblätter hat nunmehr eine französische Aktien-Gesellschaft unter dem Namen «Compagnie impériale