

<b>Zeitschrift:</b>	Schweizerische Bauzeitung
<b>Herausgeber:</b>	Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
<b>Band:</b>	31/32 (1898)
<b>Heft:</b>	11
<b>Artikel:</b>	Versuche über das Ausströmen von Luft durch konisch divergente Rohre
<b>Autor:</b>	Fliegner, A.
<b>DOI:</b>	<a href="https://doi.org/10.5169/seals-20741">https://doi.org/10.5169/seals-20741</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:** 20.02.2026

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

INHALT: Versuche über das Ausströmen von Luft durch konisch divergente Röhre. II. — Wettbewerb für ein neues Stadttheater in Bern. III. (Schluss.) — Miscellanea: Anhalten einer Lokomotive durch Gegendampf. Der II. internationale Kongress für gewerblichen Rechtsschutz. Volksabstimmung über den Eisenbahn-Rückkauf. Ein neues Verfahren zur Erzeugung von elektrischem Glühlicht. Schutz des Strassenplasters neben

Schienen. Die Elektricität auf der Pariser Weltausstellung 1900. Das metrische System in Russland. — Nekrologie: † Gottlieb Streit. — Litteratur: Petite encyclopédie pratique du bâtiment. — Vereinsnachrichten: Stellenvermittlung. XXIX. Adressverzeichnis.

Hiezu eine Tafel: Wettbewerb für ein neues Stadttheater in Bern.

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

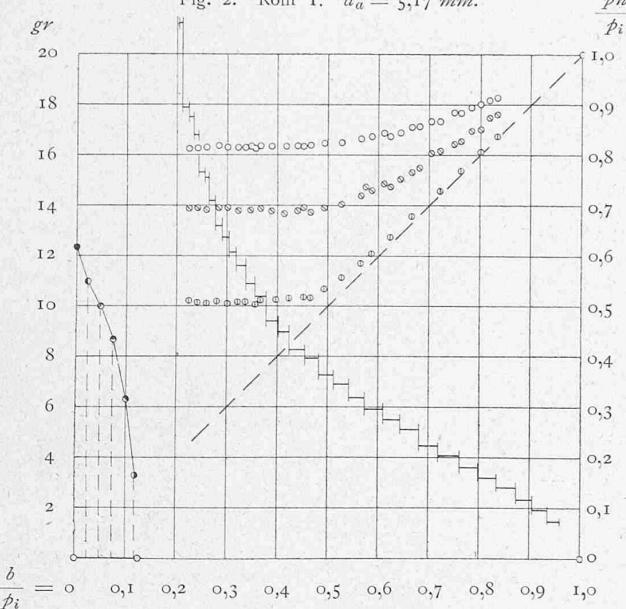
Von Prof. A. Fliegner.

### II.

Ich gehe jetzt dazu über, die einzelnen Fälle an Hand der Figuren zu besprechen.

Fig. 2 stellt die Ergebnisse dar, die mit Rohr 1,  $d_a = 5,17 \text{ mm}$ , also mit einem *cylindrischen* Rohre gefunden worden sind. Hier bleibt der Druck auf der ganzen Länge des Rohres grösser, als der Atmosphärendruck; er nimmt aber bei grösserem Ueberdrucke nicht, wie in einer geschlossenen Rohrleitung, gleichförmig mit der Länge ab, sondern auf der äusseren Hälfte fast doppelt so rasch, als auf der inneren. Bei kleinerem Ueberdrucke wird dagegen die Druckabnahme gleichförmiger. Zu der Kurve der Ausflussmengen ist nichts Besonderes zu bemerken. Die Punktreihe in der linken unteren Ecke giebt die Aen-

Fig. 2. Rohr 1.  $d_a = 5,17 \text{ mm}$ .

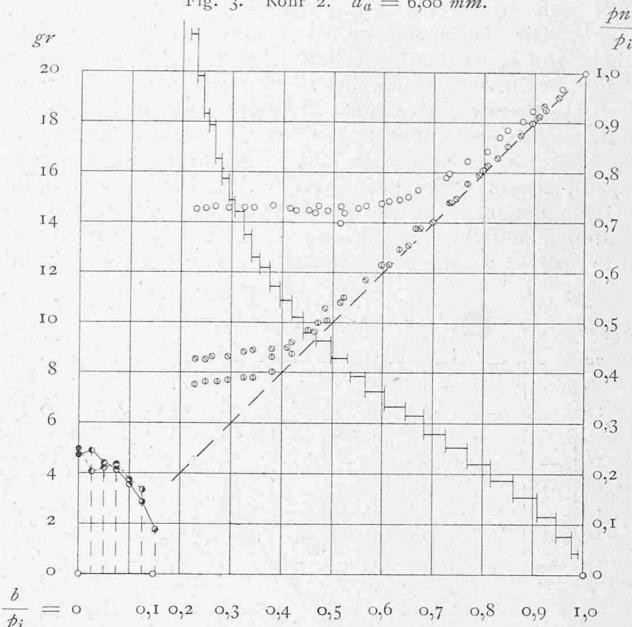


derung des Druckes in einem Strahlradius im Abstande von  $e = 1,3 \text{ mm}$  vor dem Rohre, gemessen bei konstantem innerem Drucke von im Mittel  $p_i = 952,16 \text{ mm Hg}$  und einem Barometerstande von  $b = 719,74 \text{ mm}$ . Dargestellt sind die Quotienten  $(p-b)/p_i$  und zwar im zehnfachen Massstab der Werte von  $p_0/p_i, p_1/p_i, p_2/p_i$  im übrigen Teile der Figur. Dabei giebt das voll ausgezogene Kreischen auf der vertikalen Koordinatenachse den Ueberdruck im Mittelpunkte des Strahles, die übrigen verschiedenartig halb ausgefüllten Kreischen den Ueberdruck in dem aus der Figur ersichtlichen Abstande von der Mitte.

Fig. 3. Rohr 2,  $d_a = 6,00 \text{ mm}$ .  $p_0, p_1, p_2$  sind gegen vorhin kleiner geworden.  $p_1$  und  $p_2$  unterscheiden sich nur noch wenig von einander; bei grösserem Ueberdrucke bleibt aber noch  $p_1 > p_2$ ; bei kleinerem dagegen gestalten die Versuchsergebnisse wegen der unvermeidlichen Beobachtungsfehler kein sicheres Urteil mehr darüber, welche dieser beiden Pressungen die grössere ist. Doch bleiben beide stets grösser, als der Atmosphärendruck. Als Folge der überall kleineren Pressungen wird die Ausflussmenge hier überall grösser, als vorhin. Der Ueberdruck im Strahlquerschnitt

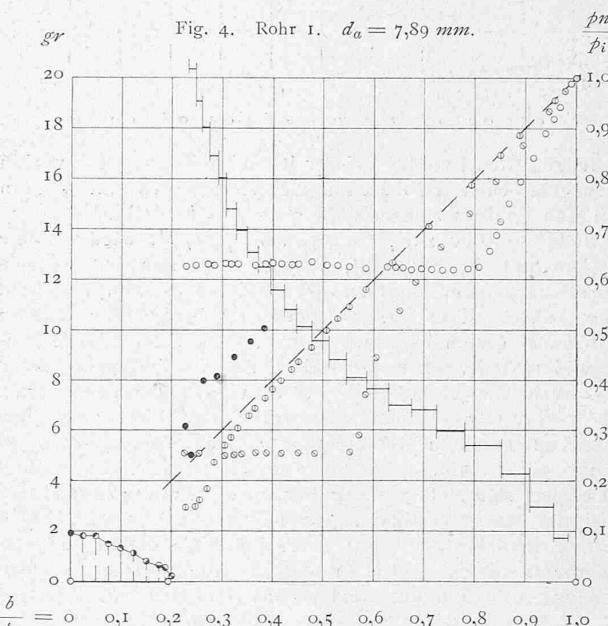
ist hier zweimal gemessen worden, im Abstande von  $e = 1,5 \text{ mm}$  vor dem Rohre bei  $p_i = 875,09 \text{ mm}$  und  $b = 726,5 \text{ mm}$ , dargestellt durch die mit ausgezogenen Linien verbundenen Punkte, und bei  $e = 0$ ,  $p_i = 868,44 \text{ mm}$ ,  $b = 726,67 \text{ mm}$ , dargestellt durch die mit gestrichelten

Fig. 3. Rohr 2.  $d_a = 6,00 \text{ mm}$ .



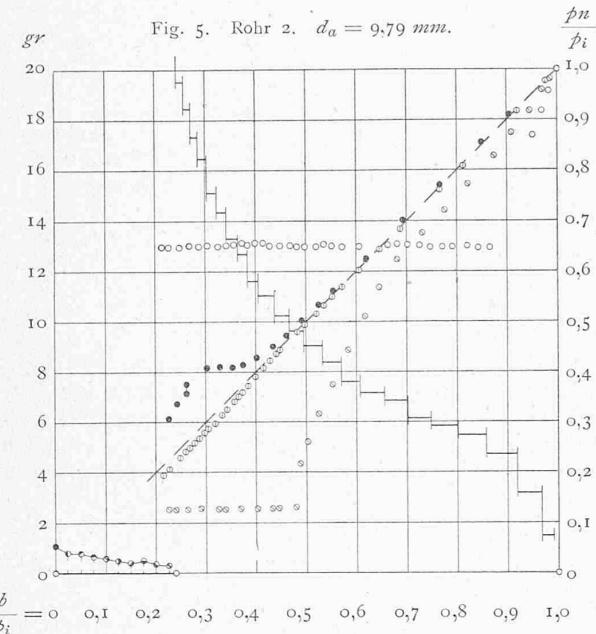
Linien verbundenen Punkte. Die letzte Punktreihe enthält offenbar in der Nähe der Strahlmitte grössere Beobachtungsfehler; denkt man diese ausgeglichen, so ergibt sich der Ueberdruck bei  $e = 0$  etwas grösser, als bei  $e = 1,5 \text{ mm}$ .

Fig. 4, Rohr 1,  $d_a = 7,89 \text{ mm}$ . Hier verlaufen die



Pressungen  $p_0, p_1$  und  $p_2$  ganz anders, als bisher.  $p_0$  ist wieder kleiner geworden, der Quotient  $p_0/p_i$  bleibt aber bis etwa  $b/p_i = 0,8$  angenähert konstant, wobei schliesslich  $p_0 < b$  wird. Die in der Figur deutlich erkennbare Abnahme hinter  $b/p_i \approx 0,6$  bin ich geneigt, auf Rechnung

von Beobachtungsfehlern zu schreiben; in dieser Gegend musste das Manometer für  $p_0$  gewechselt werden, weil dort ein Saugen begonnen hatte. Von  $b/p_i \approx 0,8$  an fängt  $p_0$  an zu steigen, bleibt aber doch bis zum Ende kleiner als der Atmosphärendruck.  $p_1$  ist anfangs, bis  $b/p_i \approx 0,56$ , auch konstant, zuerst mit Ueberdruck, dann mit starkem Saugen. Darauf nimmt  $p_1$  absolut zu, um weiter den horizontalen Ast der Kurve  $p_0$  zu schneiden.  $p_2$  ist von Anfang an  $< b$  und bleibt es auch auf der ganzen Strecke; die Punktreihe  $p_2/p_i$  scheint bei grossem Ueberdrucke auch ein horizontales Stück zu besitzen. Während also am Anfange die Pressungen in dem Verhältnis stehen  $p_0 > p_1 > b > p_2$ , kehrt sich dieses Verhältnis schliesslich um in  $p_0 < p_1 < p_2 < b$ . Die Ausflussmenge ist infolge der weiteren Abnahme von  $p_0$  wieder gewachsen. Im ausgetretenen Strahle wurde die Druckänderung bei  $e = 1,5$  mm,  $p_i = 802,63$  mm,  $b = 718,41$  mm beobachtet. Es hat sich dabei in einem Abstande von der Strahlmitte, grösser als  $\frac{1}{2} d_a$ , noch ein Ueberdruck ergeben, weil sich der Strahl, der so schon divergent austritt, aussen noch mehr ausbreite. Dagegen habe ich vor der Mündung mit der Morphium-Nadel nirgends ein Saugen feststellen können. Hier habe ich auch  $p$  in der Strahlmitte für  $e = 1,5$  mm bei grösserem Ueberdrucke beobachtet,



die ausgefüllten Punkte. Unter Berücksichtigung der vorhin hervorgehobenen Beobachtungsschwierigkeiten muss man doch den Schluss ziehen, dass stets  $p > b$  bleibt.

Fig. 5, Rohr 2,  $d_a = 9,79$  mm.  $p_0/p_i$  ist wieder lange Zeit konstant, bis fast  $b/p_i = 0,9$ . Dagegen hat es sich hier etwas grösser ergeben, als vorhin. Das kann vielleicht daher röhren, dass die Abrundungen bei beiden Rohren nicht ganz gleich ausgefallen sind, was verschiedene Eintrittswiderstände zur Folge haben muss. Vielleicht haben aber auch die Manometer etwas verschieden gearbeitet.  $p_1/p_i$  verläuft wesentlich wie vorhin, nur bleibt auf dem ganzen untersuchten Gebiete  $p_1 < b$ . Das Saugen bei  $p_2$  ist kleiner als vorhin.  $p$  ist so weit als möglich beobachtet und es hat sich stets  $> b$  ergeben. Der 3. und 4. Punkt sind dabei mit einem vertikalen Striche verbunden. Sie gehören derselben Beobachtung an; beim unteren Stande ist das Manometer stehen geblieben und im Augenblicke der Aufzeichnung plötzlich um rund 50 mm Hg gestiegen. Ich sehe das als Beweis dafür an, dass und warum  $p$  anfangs zu niedrig beobachtet werden musste. Die Ausflussmenge ist bis etwa  $b/p_i = 0,8$  von der vorigen nicht wesentlich verschieden, nachher aber unverkennbar grösser, weil  $p_0/p_i$  länger konstant bleibt. Die Druckverteilung im Strahle aussen ist gemessen bei  $e = 1,5$  mm,  $p_i = 800,93$  mm,  $b = 728,0$  mm.

Fig. 6. Rohr 1.  $d_a = 11,80$  mm.

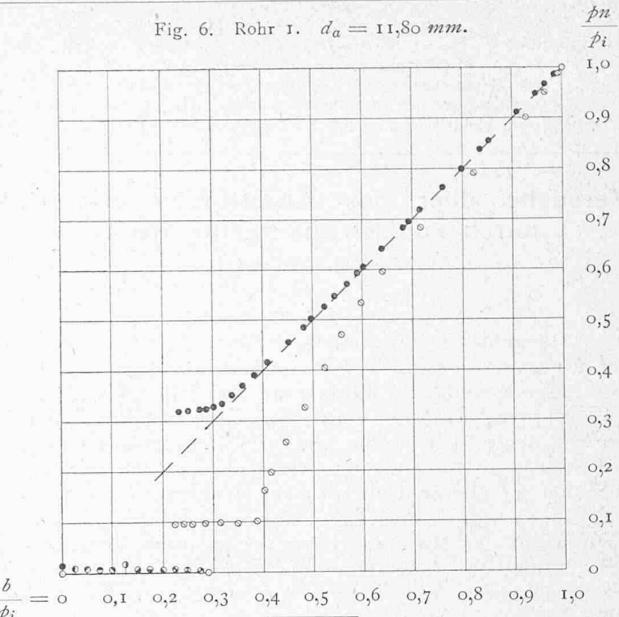


Fig. 7. Rohr 1.  $d_a = 11,80$  mm.

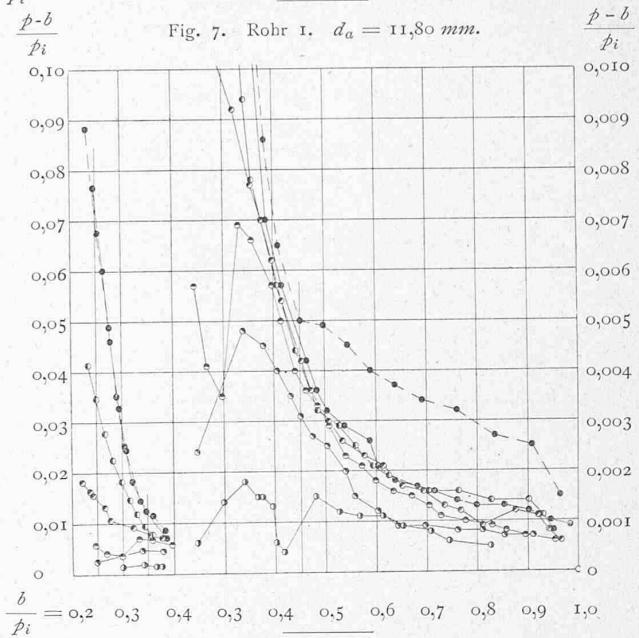


Fig. 7 a.

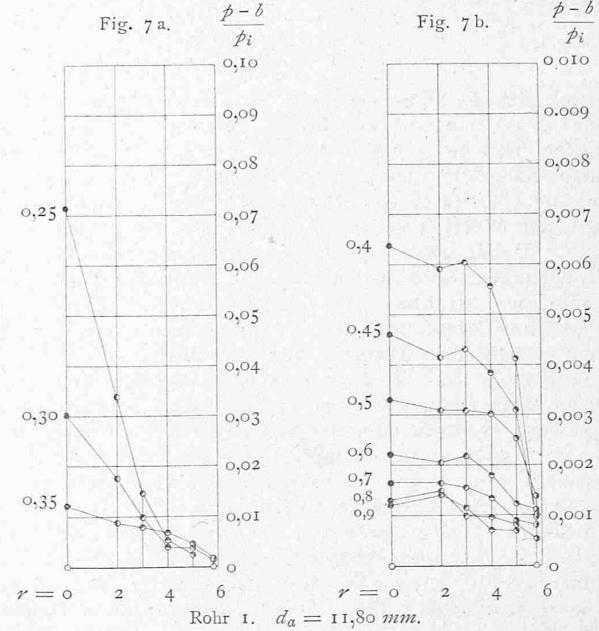


Fig. 7 b.

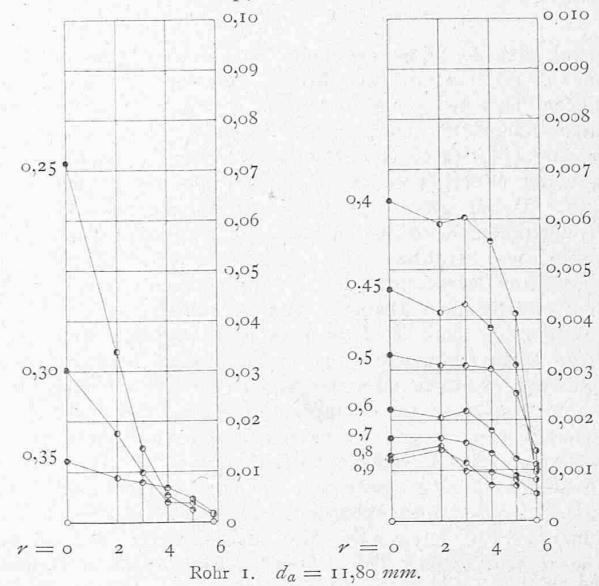


Fig. 6 und 7, Rohr 1,  $d_a = 11,80 \text{ mm}$ . Bei dieser Erweiterung mussten die Versuche längere Zeit unterbrochen werden, und es ist das Rohr dann durch ein Versehen weiter ausgebohrt worden, ehe es vollständig erledigt war. Daher fehlen Versuche über die Ausflussmenge ganz, und von den Pressungen ist nur beobachtet  $p_1$ ,  $p$  und die Druckverteilung im Strahle bei  $e = 1,5 \text{ mm}$ . In Fig. 6 ist diese für den konstanten inneren Druck  $p_i = 790,06 \text{ mm}$  und  $b = 720,26 \text{ mm}$  angegeben. Der Ueberdruck ist aber schon so klein geworden, dass eine genaue Beobachtung nicht mehr möglich war. Ich habe daher diese Druckverteilung auch noch bei veränderlichem Druck untersucht. Die Ergebnisse sind in Fig. 7 dargestellt und zwar in der Form

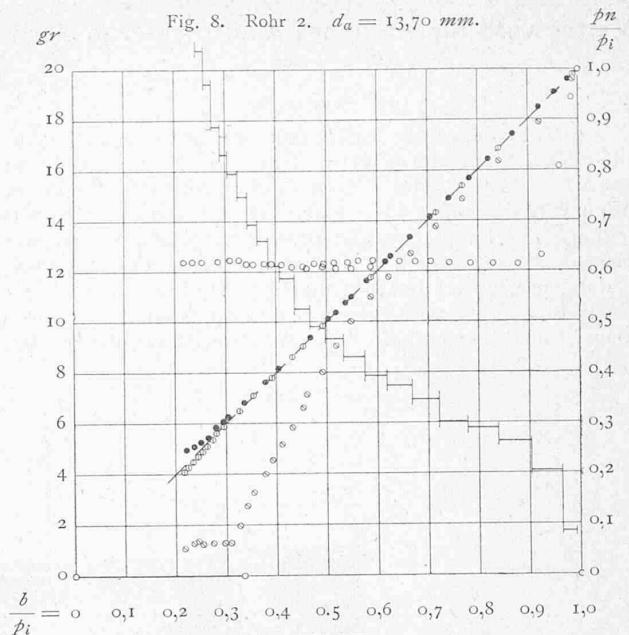
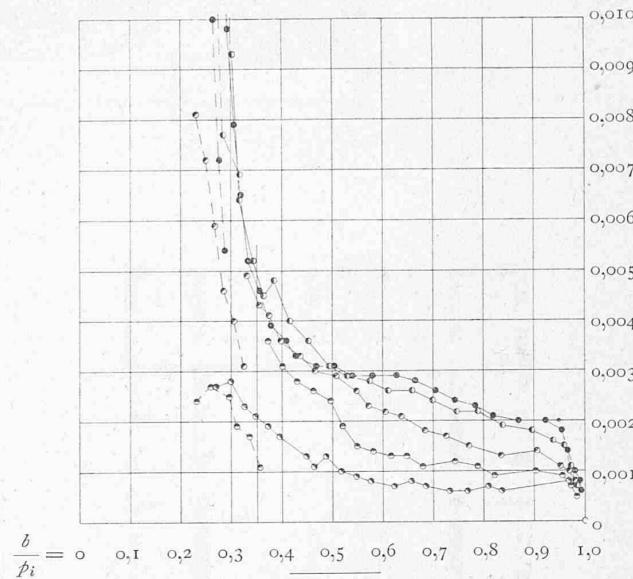
$$\frac{p-b}{p_i} = f\left(\frac{b}{p_i}\right)$$

die Ordinaten bei grossem Ueberdruck im zehnfachen, bei kleinem im hundertfachen Maßstabe der Abscissen. Die ersten Werte sind auch um 0,2 nach links verschoben eingezeichnet, damit die Figur deutlicher wird. Für den Ueberdruck in der Mitte des Strahles liegen zwei Versuchsreihen vor, die eine vor der Unterbrechung, deren Punkte durch gestrichelte Linien miteinander verbunden sind, die andere nachher, mit ausgezogenen Verbindungslinien. Die erste Punktreihe liegt, namentlich bei kleinem Ueberdrucke, entschieden zu hoch, warum, lässt sich jetzt nicht mehr entscheiden. Aus den übrigen Versuchen habe ich dann die Figuren 7a und 7b in folgender Weise hergeleitet: Ich habe die mit den verschiedenen Einstellungen der Nadel gefundenen Punktreihen durch einen Zug gerader Linien verbunden, also ohne jede Ausgleichung. Dann habe ich die Schnittpunkte dieser geraden Verbindungslinien mit folgenden Abscissen bestimmt: bei grösserem Ueberdrucke mit  $b/p_i = 0,25, 0,30$  und  $0,35$ , bei kleinerem mit  $b/p_i = 0,4, 0,45, 0,5, 0,6, 0,7, 0,8$  und  $0,9$ . Diese Schnittpunkte habe ich dann, die ersten in Fig. 7a, die letzten in Fig. 7b auf die zugehörigen Abstände  $r$  von der Mitte des Strahles übertragen. Die so für die verschiedenen Werte von  $b/p_i$  erhaltenen Kurven:

$$\frac{p-b}{p_i} = f(r)$$

haben die gleiche Bedeutung, wie die linken, unteren Punktreihen der vorigen Figuren. Daher ist auch der Halbmesser des Endquerschnittes wie dort auf der horizontalen Achse von links an als dicke Linie eingezeichnet.

Fig. 8 und 9, Rohr 2,  $d_a = 13,70 \text{ mm}$ . In Fig. 8 sind die Pressungen  $p_0$ ,  $p_1$ ,  $p_2$  und  $p$  und die Ausflussmengen dargestellt.  $p_0/p_i$  und  $p_1/p_i$  sind kleiner geworden, als bisher,  $p_2$  und  $p$  haben sich dem Atmosphärendrucke mehr genähert; bei kleinerem Ueberdrucke ist die Abweichung vom Atmosphärendrucke so klein geworden, dass sie in dem Maßstabe der Figur nicht immer deutlich hervortritt, doch bleibt bis zum Ende  $p > b > p_2$ . In Figur 9 ist wieder der Verlauf der Druckverteilung im Strahle aussen dargestellt, aber nur bei kleinerem Ueberdrucke und im hundertfachen Maßstabe der Abscissen. Hier sind auch zwei Versuchsreihen zu unterscheiden. Die durch gestrichelte Linien verbundenen Punkte sind im Abstande  $e = 1,5 \text{ mm}$  beobachtet. Nach diesen Versuchen war die erste Morphium-Nadel zerbrochen und musste durch eine neue ersetzt werden, bei der  $e$  nur  $1,0 \text{ mm}$  betrug. Diese Punkte sind durch ausgezogene Linien verbunden. Sie liegen im allgemeinen höher als die vorigen, was seinen hauptsächlichsten Grund in der Druckänderung in der Längenrichtung des Strahles haben dürfte. Vielleicht ist aber auch eine etwas andere Beschaffenheit der Endfläche der Nadel mit daran Schuld. Aus Fig. 9 ist dann 9a hergeleitet, wie vorhin 7a, b aus 7. Hier ist wieder in einem Abstande  $r > \frac{1}{2} d_a$  noch Ueberdruck festgestellt (Schluss folgt.)

Fig. 8. Rohr 2.  $d_a = 13,70 \text{ mm}$ .Fig. 9. Rohr 2.  $d_a = 13,70 \text{ mm}$ .