

Zeitschrift: Schweizerische Bauzeitung
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 9/10 (1887)
Heft: 5

Artikel: Ueber den Einfluss der Zwischen-Düsen beim Locomotiven-Blaserohr
Autor: Fliegner, Albert
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-14405>

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: 16.02.2026

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

INHALT: Ueber den Einfluss der Zwischen-Düsen beim Locomotiven-Blaserohr. Von Albert Fliegner, Prof. der theor. Maschinenlehre am eidgen. Polytechnikum. — Aus dem Festbericht des fünfzigjährigen Bestehens des Schweiz. Ingenieur- und Architecten-Vereins am 24. und 25. Juli 1887 in Solothurn. — Grundsätze für das Verfahren bei öffent-

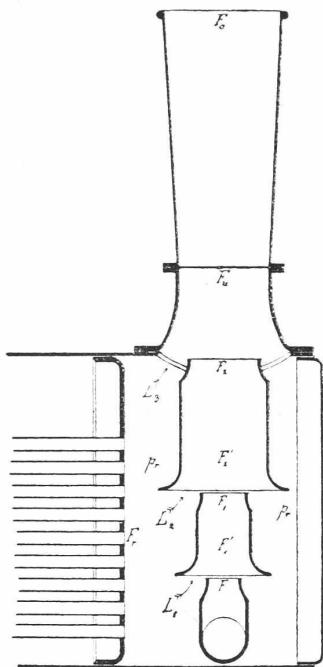
lichen architectonischen Concurrenzen. — XXXII. Versammlung und Feier des fünfzigjährigen Bestehens des Schweiz. Ingenieur- und Architecten-Vereins den 24. und 25. Juli 1887 in Solothurn. — Miscellanea: Ein neues Strassenproject für Bern. — Correspondenz.

Ueber den Einfluss der Zwischen-Düsen beim Locomotiven-Blaserohr.

Von Albert Fliegner, Prof. der theor. Maschinenlehre am eidg. Polytechnikum.

Zweck der nachstehenden Untersuchung ist, zu ermitteln, ob und in welcher Art die in America typischen, aber auch sonst gelegentlich angewandten Düsen zwischen dem Blaserohr und der Esse einer Locomotive auf die Zugerzeugung von Einfluss sind, sowie etwaige Constructionsregeln für dieselben herzuleiten.

Die Untersuchung ist eine Erweiterung der bekannten Zeuner'schen Theorie des Blaserohres und stützt sich auf die nämlichen Annäherungen, wie jene. Nur in einem Punkte weiche ich von der Zeuner'schen Auffassung ab, und werde ich diese Abweichung an der betreffenden Stelle begründen. Ich halte es aber doch für angezeigt, nicht nur einfach auf



jene Quelle zu verweisen, sondern ziehe es vor, den ganzen Gang der Entwicklung, wenigstens in seinen Hauptpunkten, anzugeben.

Um die Formeln in allgemeinerer Gestalt zu erhalten, habe ich gleich zwei Düsen übereinander angenommen, welche Zahl auch vorkommt.*). Aus demselben Grunde habe ich, wie die nebenstehende Figur zeigt, die Düsen ein Stück weit cylindrisch vorausgesetzt und sie oben mit einer engeren Ausmündung versehen. Die untere Erweiterung kommt dagegen bei der Rechnung nicht in Betracht.

In der Figur sind nur die Bezeichnungen für die Querschnitte eingetragen. Die Geschwindigkeiten, Widerstandskoeffizienten und Pressungen sollen die gleichen Indices erhalten, wie die Querschnitte, auf welche sie sich beziehen. Der Druck in der Rauchkammer muss und darf dabei an allen Stellen gleich gross angenommen werden. Da ausserdem die Pressungs-Differenzen, unter deren Einfluss die

*) Z. B. an der von C. Frescot construirten Personenzug-Locomotive der oberitalienischen Eisenbahn. — Zeitschr. d. Vereins deutscher Ingenieure, 1886, S. 89, aus Engineering, Juli 1884, S. 32.

Bewegungen erfolgen, nur ziemlich klein sind, so darf man den Druck in den Mündungsebenen: F des Blaserohres, F_1 und F_2 der Düsen und F_r der Rauchröhren, gleich demjenigen in der Rauchkammer setzen. Ebenso ist der Druck im oberen Essenquerschnitt F_o gleich dem Atmosphärendruck p_o . Die Pressungen sollen übrigens von vorneherein als Differenzen gegenüber dem Atmosphärendruck eingeführt werden. Es bezeichnet also:

p den Blaserohr-Ueberdruck; der absolute Druck wäre daher $(p_o + p)$ kg/qm. (Hat der Dampf in den Abdampfröhren eine grössere Geschwindigkeit, so kann die zugehörige Geschwindigkeitshöhe schon in p addirt vorausgesetzt werden.)

p_r die Depression in der Rauchkammer; der absolute Druck ist $p_o - p_r$.

Alle übrigen Pressungen, p_i , sind kleiner als der Atmosphärendruck eingeführt, ihr absoluter Werth ist also $p_o - p_i$.

Ferner soll bezeichnen:

D das in jeder Secunde ausströmende Dampfgewicht, L das in jeder Secunde angesaugte Gewicht von Rauchgasen,

L_1 , L_2 , L_3 die Theile der Rauchgase, welche zwischen Blaserohr und erster Düse, zwischen beiden Düsen und zwischen der zweiten Düse und der Esse abströmen.

Endlich soll für das Verhältniss der beiden an jeder Düse vorkommenden Querschnitte die Bezeichnung eingeführt werden:

$$\frac{F_1}{F'_1} \equiv \alpha_1, \quad \dots \quad \frac{F_2}{F'_2} \equiv \alpha_2. \quad (1)$$

Um überhaupt eine Formelentwicklung durchführen zu können, muss man nun die Annahme machen, dass die durch die Blaserohrrvorrichtung strömenden elastischen Flüssigkeiten, der Dampf und die Rauchgase, unter sich gleiches und an allen in Frage kommenden Punkten constantes specifisches Gewicht, γ , besitzen. Dann berechnen sich die Geschwindigkeiten nach den gewöhnlichen hydraulischen Formeln. Man erhält daher für die einzelnen Theile der Vorrichtung folgende Gleichungen, in welchen theilweise von vorneherein neue kürzere Bezeichnungen eingeführt werden sollen:

für das Ausströmen des Dampfes aus dem Blaserohr:

$$(1 + \zeta) \frac{w^2}{2g} \equiv \frac{w^2}{\varphi g} = \frac{p + p_r}{\gamma}; \quad D = F w \gamma; \quad (2)$$

für den Durchtritt der Rauchgase durch Aschenfall, Rost, Brennstoffschicht und Rauchröhren in die Rauchkammer:

$$(1 + \zeta_r) \frac{w_r^2}{2g} \equiv \frac{w_r^2}{\varphi_r g} = \frac{p_r}{\gamma}; \quad L = L_1 + L_2 + L_3 = F_r w_r \gamma. \quad (3)$$

Durch die beiden Düsen strömen folgende Gewichte, und für die beiden Geschwindigkeiten in jeder ergeben sich daraus nach (1) folgende Beziehungen:

$$D + L_1 = F'_1 w'_1 \gamma = F_1 w_1 \gamma; \quad w'_1 = \alpha_1 w_1; \quad (4)$$

$$D + L_1 + L_2 = F'_2 w'_2 \gamma = F_2 w_2 \gamma; \quad w'_2 = \alpha_2 w_2. \quad (5)$$

Durch die Esse strömt nach Figur und nach Gl. (2) und (3):

$$D + L = F_u w_u \gamma = F_o w_o \gamma = F w \gamma + F_r w_r \gamma. \quad (6)$$

Der durch das Blaserohr ausströmende Dampf D und die in die untere Düse eintretende Luftmenge L_1 legen sich an die Düsenwandung in dem Querschnitt F'_1 unter dem Drucke $p_o - p'_1$ an. Um F'_1 mit Sicherheit angeben zu können, wurde diese Düse ein Stück weit cylindrisch vorausgesetzt. Der Druck $p_o - p'_1$ ist eine Folge des Rauchkammerdruckes $p_o - p_r$ auf die Fläche F'_1 und der Kräfte, welche durch die

Geschwindigkeitsänderungen der Massen hervorgerufen werden. D verlangsamt nämlich seine Bewegung aus w in w_1 , während L_2 , das in dem grossen Raum der Rauchkammer als ruhend angesehen werden kann, die Geschwindigkeit w_1 annimmt. Es muss daher sein:

$$F'_1(p_o - p'_1) = F'_1(p_o - p_r) + \frac{D}{g}(w - w'_1) - \frac{L_1}{g}w'_1.$$

Hieraus folgt durch eine einfache Umformung mit Hülfe von Gl. (1), (2) und (4)

$$\frac{p_r - p'_1}{\gamma} = \alpha_1 \frac{F w^2}{F_1 g} - \alpha_1^2 \frac{w_1^2}{g}. \quad (7)$$

Für die Bewegung durch die untere Düse gilt, wenn ζ_1 den Widerstandscoefficienten für die Mündung oben bedeutet, die hydrodynamische Gleichung:

$$\frac{w_1^2}{2g} + \frac{p_o - p'_1}{\gamma} = (1 + \zeta_1) \frac{w_1^2}{2g} + \frac{p_o - p_r}{\gamma}.$$

Aus derselben berechnet sich, unter Einführung von α_1 nach Gl. (1)

$$\frac{p_r - p'_1}{\gamma} = (1 + \zeta_1 - \alpha_1^2) \frac{w_1^2}{2g}. \quad (8)$$

Durch Gleichsetzen der beiden Ausdrücke für $(p_r - p'_1)/\gamma$ aus Gl. (7) und (8) erhält man w_1 in Function von w zu:

$$\frac{w_1^2}{g} = \frac{2 \alpha_1}{1 + \zeta_1 + \alpha_1^2} \frac{F w^2}{F_1 g}. \quad (9)$$

Auf demselben Wege findet sich an der zweiten Düse der Zusammenhang zwischen w_2 und w_1 . Die Formel ist mit Gl. (9) identisch, nur sind die Indices rechts unten um je eine Einheit zu erhöhen. Setzt man dann noch w_1 aus Gl. (9) ein, so wird:

$$\frac{w_2^2}{g} = \frac{2 \alpha_2}{1 + \zeta_2 + \alpha_2^2} \frac{F_1 w_1^2}{F_2 g} = \frac{2 \alpha_1}{1 + \zeta_1 + \alpha_1^2} \frac{2 \alpha_2}{1 + \zeta_2 + \alpha_2^2} \frac{F w^2}{F_2 g}$$

Für die Mischung des aus der oberen Düse austretenden Gemenges von $(D + L_1 + L_2)^kg$ mit den noch übrigen L_3^kg der Rauchgase gilt eine analoge Beziehung, wie sie vor Gl. (7) aufgestellt wurde. Es ist nämlich:

$$F_u(p_o - p_u) = F_u(p_o - p_r) + \frac{D + L_1 + L_2}{g}(w_2 - w_u) - \frac{L_3}{g}w_u,$$

und hieraus folgt mit Hülfe von Gl. (5), (6) und (10) die Depression in der Rauchkammer zu:

$$\frac{p_r - p_u}{\gamma} = \frac{p_u}{\gamma} + \frac{2 \alpha_1}{1 + \zeta_1 + \alpha_1^2} \frac{2 \alpha_2}{1 + \zeta_2 + \alpha_2^2} \frac{F w^2}{F_u g} - \frac{w_u^2}{g}. \quad (11)$$

Eine eingehendere Betrachtung erfordert die Bewegung des Gemenges $D + L$ durch die gleich allgemein *conisch divergent* angenommene *Esse*. Jedes Kilogramm des Gemenges enthält in dem unteren (engsten) Essenquerschnitt F_u theils in Form von Geschwindigkeit, theils in Form von Druck eine Arbeit $w^2/2g + (p_o - p_u)/\gamma$ verfügbar. Im oberen Essenquerschnitt F_o ist diese Arbeit $w^2/2g + p_o/\gamma$. Es fragt sich nun, ob man diese beiden Arbeiten einfach einander gleich setzen darf, oder ob man *Arbeitsverluste* in Folge von Widerständen bei der Bewegung durch die Esse einführen muss.

In seiner Abhandlung: „Ueber die Wirkung des Blasrohr-Apparates bei Locomotiven mit conisch-divergenter Esse“ („Civilingenieur“, Bd. XVII) hebt es zwar Zeuner nicht ausdrücklich hervor, es folgt aber aus den mitgetheilten Schlussformeln, dass er die Widerstände bei der Bewegung durch die Esse vernachlässigt. Damals war diese Vernachlässigung wohl gerechtfertigt, da über den Einfluss allmählicher Erweiterungen nur die in dieser Richtung wenig ausführlichen Versuche von Weisbach vorlagen, aus denen keine nennenswerthen Widerstände folgten.

Meine späteren umfangreicheren Versuche über den Einfluss von Erweiterungen in Rohrleitungen (veröffentlicht im „Civilingenieur“, Bd. XXI) haben aber gezeigt, dass eine allmähliche Erweiterung zwar bei kleineren Geschwindigkeiten den Widerstand mehr oder weniger reducirt, dass man aber bei genügend grossen Geschwindigkeiten stets denselben Widerstand erhält, den eine plötzliche Querschnittserweiterung verursacht. Es röhrt das daher, dass der natürliche Ausbreitungsconus des Flüssigkeitsstrahles mit zunehmender

Geschwindigkeit immer spitzer wird, so dass er schliesslich ganz in das Innere auch der allmählichsten Rohrerweiterung tritt. Dann sind die divergenten Wandungen aber ohne Einfluss auf die Bewegung des Strahles; dieselbe erfolgt also wie bei einer plötzlichen Querschnittszunahme des Rohres. Umgekehrt kann bei gegebener Geschwindigkeit eine allmähliche Erweiterung nur dann eine Reduction des Widerstandes hervorbringen, wenn sie mit ihren Wandungen in den natürlichen Ausbreitungskegel hineinragt.

Diese Versuche waren allerdings mit *Wasser* angestellt. Soweit aber bis jetzt elastische Flüssigkeiten untersucht worden sind, lassen dieselben ein im Wesentlichen ganz gleichartiges Verhalten erwarten. Die Beantwortung der Frage, ob und welche Widerstände bei einer *conisch-divergenten Esse* für die Geschwindigkeitsabnahme in derselben einzuführen sind, wird also davon abhängen, wie die Divergenz der Esse gegenüber der Divergenz des freien Strahles beschaffen ist. Ueber den Divergenzwinkel eines in die Atmosphäre austretenden Dampfstrahles sind mir nur die Messungen Zeuner's in seinem „Locomotiven-Blasrohr“ bekannt, wo er auf S. 90 für einen Ueberdruck von $1/2$, 1 und $1\frac{1}{2}$ Atmosphären: $24^\circ 4'$, $21^\circ 36'$ und $20^\circ 24'$ angibt. Der aus einem Blasrohr ausströmende Dampf nimmt in dem Abdampfrohre von den viel heisseren Rauchgasen jedenfalls eine gewisse Wärmemenge auf, ist also in der Mündungsebene trockener, als beim gewöhnlichen Ausströmen in die Atmosphäre; vielleicht ist er sogar schon überhitzt. Er lässt daher auch eine etwas grössere Geschwindigkeit und einen kleineren Divergenzwinkel erwarten, als ihn jene Versuche ergeben. Man wird also nicht stark fehl gehen, wenn man den natürlichen Divergenzwinkel des eine Locomotiv-Esse durchströmenden Gemenges im Mittel auf rund 20° annimmt. (Schluss folgt.)

Aus dem Festbericht über die Jubelfeier des fünfzigjährigen Bestehens des Schweizerischen Ingenieur- und Architecten-Vereins am 24. und 25. Juli 1887 in Solothurn.

Etwas mehr als fünfzig Jahre sind verflossen, seit sich die Gesellschaft schweizerischer Ingenieure und Architekten den 24. Januar 1837 zu ihrer ersten Sitzung in Aarau versammelte. Welche Änderungen haben nicht seither im Gebiete der Bauwissenschaft und der Bautechnik stattgefunden, wie sind die Anschaungen über vorhandene ökonomische Kräfte ganz andere geworden, und wie sehr hat sich auch die staatliche Organisation des Bauwesens umgestaltet! Da lohnt es sich wol als Feier des fünfzigjährigen Jubiläums, zu vergleichen, was die Stifter unserer Gesellschaft angestrebt haben mit dem, was jetzt unsere Ziele sind, sich Rechenschaft darüber zu geben, was der Verein während fünfzig Jahren leistete und welches dessen Stellung und Aufgabe jetzt noch ist.

Zweck des Vereins. Die in der ersten Versammlung vorgelegten Statuten nannten als „Zweck der Gesellschaft: Die Beförderung von Kenntnissen in den Fächern der Architectur- und Ingenieur-Wissenschaften durch Mittheilung gesammelter Erfahrungen und Beurtheilung vorgelegter, in dieses Gebiet einschlagender Fragen. Wer der Gesellschaft beitreten will, soll in irgend einem Zweige der Ingenieur- und Bauwissenschaften oder im Maschinenwesen Kenntnis besitzen und den ernsten Willen haben, die Zwecke der Gesellschaft zu fördern.“

In der Eröffnungsrede des Präsidenten waren daneben als ein erster und sehr wichtiger Gewinn der Versammlungen die persönlichen Bekanntschaften und freundschaftlichen Verhältnisse, die dabei angeknüpft werden dürften, angeführt.

Die jetzigen Statuten lauten wie folgt: „Der Schweizerische Ingenieur- und Architecten-Verein bezweckt, die gegenseitigen Beziehungen zwischen Fachgenossen zu heben, das Studium der Baukunst nach ihrer wissenschaftlichen,