

**Zeitschrift:** Schweizerische Bauzeitung  
**Herausgeber:** Verlags-AG der akademischen technischen Vereine  
**Band:** 47/48 (1906)  
**Heft:** 9

**Artikel:** Beiträge zur Dynamik der elastischen Flüssigkeiten  
**Autor:** Fliegner, A.  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-26063>

### **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:** 01.02.2026

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

INHALT: Ausstellung für angewandte Kunst in München 1905. — Beiträge zur Dynamik der elastischen Flüssigkeiten. IV. — Ueber neuere Fundierungsmethoden mit Betonpfählen. (Fortsetzung). — Schweizerische Bundesgesetzgebung über das Wasserrecht. — Konkurrenzen: Evangelisch-reformierte Kirche für Arosa. — Miscellanea: Ausstellungen des Kunstgewerbemuseums der Stadt Zürich. Elektrischer Betrieb auf der Strecke Camden-Atlantic City. Elektrische Drahtseil- (event. Zahnrad-) Bahn von Ligerz nach Prêles. Baugesetzgebung in Darmstadt. Verein für die Schifffahrt auf dem

Oberrhein. Akustik des Bundeshauses in Bern. Neubau der Universität in Zürich. Herrscherhalle der Kaiser-Wilhelm-Gedächtniskirche in Berlin. Simplon-Tunnel. Neue Kirche in Oerlikon. Hotel Semiramis in Kairo. Eidg. Polytechnikum. — Nekrologie: † C. Gianella. † August von Borries. — Literatur: Krane. Schweizer Kalender für Elektrotechniker. Eingegangene literarische Neuigkeiten. — Vereinsnachrichten: Tessinischer Ingenieur- und Architekten-Verein. Zürcher Ingenieur- und Architekten-Verein. Gesellschaft ehemaliger Studierender: Stellenvermittlung.

Nachdruck von Text oder Abbildungen ist nur unter der Bedingung genauester Quellenangabe gestattet.

## Ausstellung für angewandte Kunst in München 1905.

Die erste Ausstellung der Münchener Vereinigung für angewandte Kunst, die im Sommer und Herbst 1905 im Studiengebäude des neuen Königlichen Nationalmuseums in München stattfand, erfüllte namentlich im Hinblick auf die lebhaft und schöpferische Tätigkeit in Darmstadt, nicht ganz die Erwartungen und Hoffnungen, die man vor allem in München selbst auf diese Veranstaltung gesetzt hatte. Wenn man die 28 Räume, den Friedhof und den Garten durchschritt, musste man sich überzeugen, dass wenig zielbewusster Fortschritt und wirkliche Klärung verspürt werden konnte, sondern dass diesmal Möbel und Zimmer, statt wie einst in Renaissance, grösstenteils im Empire- oder im Biedermeier-Stil entworfen und ausgeführt waren.

Am ausgesprochensten kam dies bei dem von *Th. Th. Heine* zwar fein und einheitlich, aber doch wenig individuell entworfenen Empire-Herrenzimmer (Abb. 2 S. 104)<sup>1)</sup> zur Geltung. Karminrote, klein gemusterte Tapeten und grüne, senkrecht gestreifte Stoffe auf Möbeln von hellolivbraunem, glatteckigem Holzwerk sahen eher wie alte wieder benutzte Stücke aus, als wie freie Kunstschöpfungen der Neuzeit. Auch das in grün und weiss gehaltene Schlafzimmer von *C. Niemeyer* (Abb. 3, S. 105) mit Möbeln mit matt graubraunen Sammtbezügen war nicht von allzusehr ausgesprochener Individualität.

Da und dort zerstreute Einzelleistungen allerdings, wie z. B. die tadellosen Scharffeuerplatten von *Scharvogel*, liessen eine lebendigere Beziehung zur modernen Welt erkennen; auch die Schöpfungen eines *Bruno Paul*, eines *Pankok* oder *Hermann Obrist* dürfen nicht übergangen oder mit den übrigen Leistungen in eine Linie gestellt werden. Als Raumbildner ist namentlich Bruno Paul zu nennen, in dessen

Musiksaal (Abb. 4, S. 106) Ordnung und geschmackvolle Sachlichkeit den ganzen Raum und seine Ausstattung beherrschen.

An Erfindungskraft ist ihm Pankok allerdings überlegen; sein Damenzimmer (Abb. 6, S. 107) mit seiner einzigartigen Deckenaufteilung war auf der Ausstellung sicher die interessanteste Schöpfung, wenn auch zugegeben werden muss, dass seine dünnen zierlichen Möbel im Vergleich mit Bruno Paulschen Arbeiten, fast wie Spielerei wirken. Von Hermann Obrist schliesslich, der sich bis heute in seiner kühnen und logischen Entwicklung treu blieb, war nur Weniges zu sehen, darunter zwei Grabmäler, von denen wir eines im Bild vorführen können (Abb. 5, S. 106).

Von energischem, einheitlichem Zug ist auch das Speisezimmer von *Paul Ludw. Trost* (Abb. 1) dessen hochlehnlige, mit grünem Leder überzogene Stühle mit der weissen Wandverkleidung lebhaft kontrastieren und zusammen mit den gelben glänzenden Metallbeschlägen des Anrichtetisches eine heitere, festliche Stimmung hervorrufen.

Als Gesamteindruck der Ausstellung ergab sich hinsichtlich der Raumstimmung das Vorherrschen eines Strebens nach wohl lautender Farbentönung, dabei eine Vernachlässigung des Ornaments und eine Beseitigung alles Unkonstruktiven, Anregungen, die gewiss zu begrüßen sind und, wenn sie sich erst von dem teilweise noch allzu gesuchten Primitivismus befreit haben, sicher die Grundlage erfreulicher Ergebnisse bilden werden.

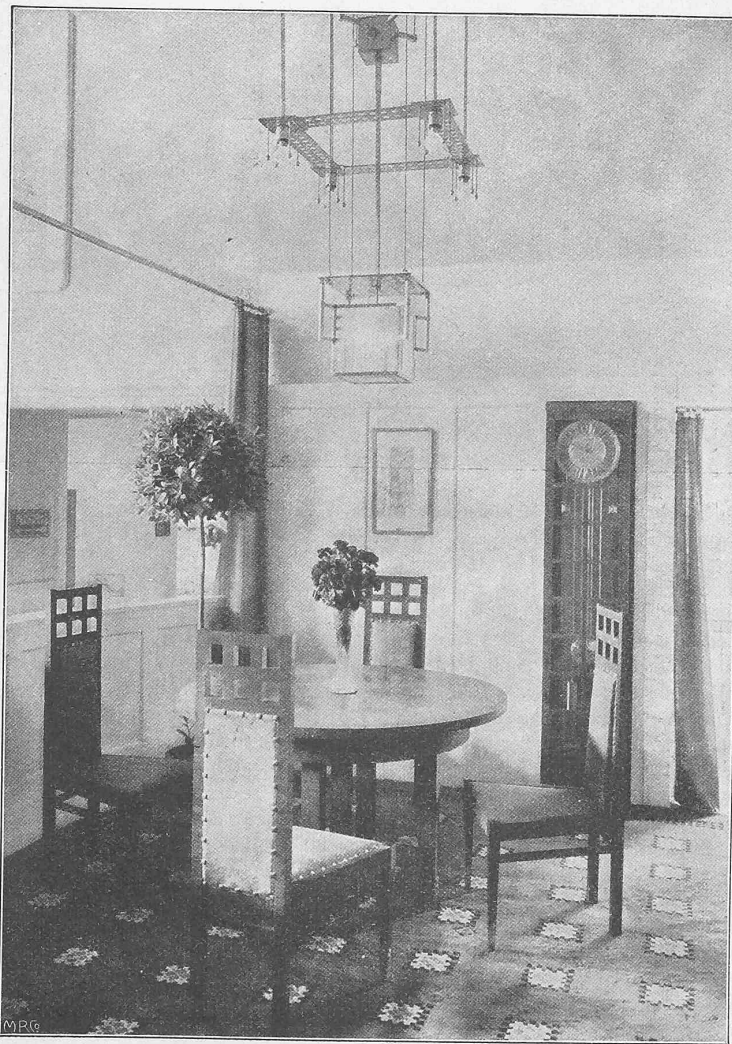


Abb. 1. Speisezimmer aus ostindischem Ebenholz nach Entwürfen von *P. L. Trost*. Ausgeführt von der Hofmöbelfabrik *M. Ballin* in München.

## Beiträge zur Dynamik der elastischen Flüssigkeiten.

Von Professor Dr. *A. Fliegner* in Zürich.

### IV.

Da sich die allgemeinen Bewegungsgleichungen für einen freien Strahl noch gar nicht genau integrieren lassen, so geht die Frage nach der wirklichen Strömungsgeschwindigkeit nur durch Versuche zu lösen. Die neueren einschlagenden Versuche sind aber nicht so durchgeführt worden, dass sie in dieser Richtung verwertet werden könnten.

<sup>1)</sup> Die Bildstöcke zu den Abbildungen 1, 2 und 3 entstammen der Zeitschrift *«Kunst und Handwerk»*, Verlag von R. Oldenbourg in München, jene der Abbildungen 4, 5 und 6 der in Düsseldorf bei Fischer & Franke erscheinenden Zeitschrift *«Die Rheinlande»*.

## Ausstellung für angewandte Kunst in München 1905.



Abb. 2. Herrenzimmer in Rüsternholz mit Einlagen nach Entwürfen von Th. Th. Heine.  
Ausgeführt von den «Vereinigten Werkstätten für Kunst im Handwerk» in München.

Dagegen liegt eine ältere Versuchsreihe von *Parenty* <sup>1)</sup> vor, aus welcher der Beobachter selbst den Schluss zieht (a. v. O., S. 303, Ende des ersten Absatzes): er könne auf Grund seiner Versuche mit vollkommener Sicherheit behaupten, dass die Geschwindigkeit des Strahles nach dem Verlassen der Mündungsebene zu wachsen aufhöre, dass die Bewegung eine endliche Zeit gleichförmig bleibe. Leider berechnet er keine Geschwindigkeiten, sodass man nicht genauer feststellen kann, wie er zu diesen Ergebnissen gekommen ist. Seine letzte Behauptung steht jedenfalls mit den von ihm selbst gefundenen Wellen im Strahle nicht recht im Einklange.

Bei meinen früheren Veröffentlichungen hatte ich die Versuche von *Parenty* nicht näher berücksichtigt, weil ich die dabei vorgenommenen Druckbestimmungen für nicht genügend zuverlässig hielt. Neuere Beschäftigung mit der Frage hat mich aber zur Ueberzeugung gebracht, dass man aus diesen Versuchen zwar keine genauen Ergebnisse herleiten kann, dass sie aber doch gestatten, wenigstens mit grosser Wahrscheinlichkeit die ungefähre Grössenordnung der Geschwindigkeiten zu bestimmen.

*Parenty* hat freie Dampfstrahlen in der Weise untersucht, dass er in verschiedenen Querschnitten und in jedem Querschnitt an verschiedenen Stellen mehrere Pressungen durch eingeführte Sonden gemessen hat. Eine gerade Sonde wurde achsial, mit ihrer Oeffnung dem Strome entgegen, hineingehalten; sie zeigte also, wie die *Pitotsche* Röhre, einen Druck an, den ich hier „achsialen Stossdruck“ nennen will. Eine zweite Sonde war am Ende U-förmig umgebogen, sodass ihre Oeffnung von der Mündungsebene weggerichtet war; sie mass den „achsialen Saugdruck“. Endlich wurde eine dritte, rechtwinkelig abgekröpfte Sonde

radial eingeführt und mass den „radialen Stoss- oder Saugdruck“, jenachdem der Dampf an der untersuchten Stelle eine radial nach auswärts oder einwärts gerichtete Geschwindigkeitskomponente besass.

*Parenty* scheint sich zur Herleitung seiner Schlussfolgerungen nur auf die Differenzen der *achsialen* Stoss- und Saugdrücke gestützt zu haben. Die letzten Drücke können aber kaum als sehr zuverlässig bestimmt angesehen werden, denn die Dampfteilchen müssen durch die U-förmige Kröpfung doch wohl stark abgelenkt worden sein, sodass sie auf die Messöffnung der Sonde nicht richtig einwirken konnten. Aber auch die *radialen* Drucke konnte ich nach meinen eigenen Beobachtungen mit solchen Sonden <sup>1)</sup> nicht als richtig ansehen. Sie müssen zu klein ausgefallen sein, weil die Dampfteilchen, durch die Sonde abgelenkt, auch Geschwindigkeiten annehmen, die von der Sondenöffnung weggerichtet sind, sodass sich dort eine Saugwirkung ausbildet. Und in der Tat fand *Parenty* für diese radialen Pressungen Zahlenwerte, die *sämtlich kleiner* blieben, als der umgebende Atmosphärendruck. Das geht sogar so weit, dass wenn die Sonde durch die ganze Dicke des Strahles hindurchgeführt wurde und sich ihre Oeffnung an einer Stelle befand, die eigentlich schon ausserhalb des sich selbst überlassenen Strahles lag, sich dort doch noch ein bedeutendes Saugen von 9 bis 13 cm Hg ergab.

Trotzdem kann man diese radialen Pressungen zu weiteren Rechnungen verwerten. Dabei beschränke ich mich aber auf die beiden Versuchsreihen, die *Parenty* mit einem unter 13° konvergierenden Ansatzrohre von 3 mm Mündungsdurchmesser angestellt hat, den einen bei einem Kesseldrucke  $p_i = 266 \text{ cm Hg}$  (a. o. O., S. 321 bis 323), den andern bei  $p_i = 285 \text{ cm Hg}$  (a. o. O., S. 328 u. 330). Ausserdem untersuche ich nur die Verhältnisse in den *Achsen*

<sup>1)</sup> Annales de Chimie et de Physique, VII. Ser., Tom XII, 1897, Seite 289 bis 373.

<sup>1)</sup> Schweizer. Bauztg., Band XXXI, Seite 69, links, erster Absatz.



## Ausstellung für angewandte Kunst in München 1905



Abb. 3. Schlafzimmer, weiss lackiert mit schwarzen Beschlägen, nach Entwürfen von *Adelbert Niemeyer*.  
Ausgeführt von den «Werkstätten für Wohnungseinrichtung, K. Fertsch» in München.

der Strahlen. Die beobachteten und berechneten Werte finden sich in Tabelle II zusammengestellt. Darin enthält die erste Spalte die laufende Nummer des Versuches, die zweite die achsialen Abstände  $a$  von der Mündungsebene in  $mm$ , die dritte den beobachteten achsialen Stossdruck  $p_a$ , die vierte den beobachteten radialen Druck  $p_r$ , alle Pressungen in  $cm\ Hg$ .

Tabelle II.

1 Nr.	2 $a$	3 $p_a$	4 $p$	5 $p$	6 $p_a - p$	7 $w$
----------	----------	------------	----------	----------	----------------	----------

A.  $p_i = 266\ cm\ Hg.$   $c = 428\ m/Skd.$

$p_m = 154\ cm\ Hg.$   $v_m = 0,7908\ m^3/kg.$   $w_m = 421\ m/Skd.$

1	4	142	60	81	61	306
2	5	115	58	79	36	180
3	6	162	57	78	84	421
4	8	227	49	70	157	787
5	12	162	52	73	89	446
6	17	192	52	73	119	596
7	20	197	58	79	118	591
8	21	207	55	76	131	657

B.  $p_i = 285\ cm\ Hg.$   $c = 429\ m/Skd.$

$p_m = 165\ cm\ Hg.$   $v_m = 0,7413\ m^3/kg.$   $w_m = 422\ m/Skd.$

1	4	151	58	76	75	352
2	5,5	108	63	81	27	127
3	6	116	64	82	34	159
4	8	173	59	77	96	450
5	12	177	53	71	106	497
6	17,5	187	52	70	117	548
7	20	190	55	73	117	548

Zur Berechnung der Geschwindigkeiten habe ich nun folgenden Weg eingeschlagen. Bezeichnet  $p$  den dynami-

schen Druck an irgend einer Stelle, so wie er bei Untersuchungen über die Zustandsänderung gegenüber der fortschreitenden Bewegung eingeführt werden müsste,  $v$  das zugehörige spezifische Volumen,  $w$  die Geschwindigkeit und  $\xi$  einen Erfahrungskoeffizienten, so müsste der achsiale Stossdruck  $p_a$  in  $kg/m^2$  werden:

$$p_a = p + \xi \frac{w}{g v} w \quad (10)$$

In jedem Flüssigkeitsfaden bleibt nun das durchgeströmte Gewicht an allen Stellen das nämliche, daher wird, wenn sich der Zeiger  $m$  auf die Mündungsebene bezieht:

$$\frac{F v}{v} = \frac{F_m w_m}{v_m} \quad (11)$$

Ersetzt man hiernach den Quotienten  $w/v$  in Gleichung (10), so folgt aus dieser zur Berechnung der Geschwindigkeiten:

$$w = \frac{g v_m}{\xi w_m} \frac{F}{F_m} (p_a - p) \quad (12)$$

Für den Stosskoeffizienten  $\xi$  hat *Krell* mit Luft bei parallelen Bahnen der Flüssigkeitsteilchen den Wert 0,5 gefunden, ziemlich unabhängig von der besonderen Form der Zuspitzung der Sonde<sup>1)</sup>. Ob der Wert auch für nicht parallele Bahnen gilt, muss ich einstweilen dahingestellt sein lassen; in Ermangelung von einschlagenden Versuchen nehme ich  $\xi$  zunächst unveränderlich an.

Zur Berechnung der Werte von  $v_m$  und  $w_m$  bin ich von der Angabe *Parentys* ausgegangen, dass der Dampf im Kessel 5 v. H. Wasser enthält. Dafür nimmt der Exponent der angenäherten *Zeuner*'schen Gleichung der Adiabate den Wert  $\kappa = 1,130$  an. Die Widerstände bei der Bewegung aus dem Inneren des Kessels bis in die Mündungsebene habe ich gleich gross vorausgesetzt, wie ich sie bei meinen früheren Versuchen über das Ausströmen

<sup>1)</sup> *Otto Krell jr.* Ueber Messung von dynamischem und statischem Druck bewegter Luft. München und Berlin, R. Oldenbourg, 1904. Namentlich S. 11 und 22.

von Luft durch gut abgerundete Mündungen aus Buchsbaumholz gefunden hatte<sup>1)</sup>. Dort war bei einem Verhältnis der beiden spezifischen Wärmen von  $\kappa = 1,41$  der Exponent der polytropischen Expansionskurve zu  $\lambda = 1,395$  gefunden worden. Wenn man nun die Abweichung von der Adiabate lediglich Widerständen zuschreibt, einen Wärmeaustausch also unberücksichtigt lässt, und wenn man die Widerstände durch eine Grösse  $q$  einführt, so lässt sich der Exponent der Polytrope auch:

$$\lambda = \frac{\kappa + q}{1 + q} \quad (13)$$

schreiben, und hieraus folgt umgekehrt:

$$q = \frac{\kappa - \lambda}{\lambda - 1} = 0,0366 \quad (14)$$

Damit berechnet sich für den vorliegenden Dampf nach Gleichung (13):

$$\lambda = 1,1254.$$

Die so für die Mündungsebene gefundenen Werte des Druckes  $p_m$ , des spezifischen Volumens  $v_m$  und der Geschwindigkeit  $w_m$  sind in der Tabelle angegeben. Hinzugefügt ist noch die Geschwindigkeit  $c$ , die sich bei genau adiabatischem Vorgang in der Mündungsebene einstellen würde, also die Schallgeschwindigkeit. Es zeigt sich, dass  $w_m$  kleiner bleibt als  $c$ , wenn auch nur wenig.

<sup>1)</sup> Civilingenieur, 1877, Bd. XXIII, S. 497 und folg.

<sup>2)</sup> Ebenda, S. 495. Siehe auch: Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich, 1902, S. 33 unten.



Abb. 5. Grabmal von Hermann Obrist.

Zustandsänderungen und daherige Aenderungen der Schallgeschwindigkeit im freien Strahle lasse ich der Einfachheit wegen unberücksichtigt.

Ueber die Aenderung des Strahlquerschnittes, d. h. über das Verhältnis  $F/F_m$  liegen keinerlei unmittelbare Messungen vor. Bei dem nicht besonders grossen Ueberdrucke lässt sich aber erwarten, dass die Aenderung ziemlich klein geblieben ist, sodass sich kein grosser Fehler ergeben kann, wenn mit  $F = F_m$  gerechnet wird. Da die wirkliche Aenderung nur in einer Zunahme von  $F$  gegenüber  $F_m$  bestehen kann, so werden die so gefundenen Werte von  $w$  immerhin etwas zu klein ausfallen.

Von den beobachteten Pressungen geht  $p_a$  unmittelbar zu benutzen,  $p_r$  hat sich dagegen überall zu klein ergeben, und es muss daher versucht werden, zu bestimmen, welchen Betrag der Fehler erreicht. In der Achse eines Dampfstrahles mit Wellen, die bei Parenty jedenfalls vorhanden gewesen sind, muss sich der Druck so ändern, dass er in der Mitte eines Bauches kleiner, in einem Knoten dagegen grösser wird, als der umgebende, also hier der Atmosphärendruck. Wären die untersuchten Stellen gleichförmig über die Länge des Strahles verteilt, so müsste sich daher als Mittelwert der richtigen Werte von  $p$  der Atmosphärendruck ergeben, den Parenty mit 76 cm Hg einführt. Nun wird der Mittelwert der beobachteten Pressungen  $p_r$  aus der vierten Spalte der Tabelle im Falle A: 55 cm, im Falle B: 58 cm. Nimmt man in Ermangelung einer anderen Grundlage an, alle Werte seien um je gleichviel zu klein beobachtet worden, so müsste man hiernach bei A je 21 cm, bei B je 18 cm addieren, um die voraussichtlich richtigen Werte von  $p$  zu erhalten. Dass die beiden Korrekturen verschiedene Beträge erreichen, erscheint nicht recht wahrscheinlich. Der Grund dieser Verschiedenheit dürfte darin liegen, dass die untersuchten Stellen nicht gleichartig gegenüber den Wellen verteilt waren. Ich habe trotzdem die Werte von  $p_r$  um die beiden angegebenen Beträge vergrössert und damit die korrigierten Werte  $p$  der fünften Spalte der Tabelle erhalten. In der sechsten Spalte habe ich dann noch die Differenzen  $p_a - p$  hinzugefügt. Jetzt gingen die Geschwindigkeiten  $w$  nach Gleichung (12) zu berechnen. Sie sind in der siebenten Spalte angegeben.

Diese Geschwindigkeiten zeigen nun auffallend starke Schwankungen, im Verhältnis von 1 zu rund  $4\frac{1}{3}$ . Dabei liegt für A bei Nr. 2 die kleinste Geschwindigkeit mit 180 m/Skd. um 248 unter, bei Nr. 4 die grösste Geschwindigkeit mit 787 m/Skd. um 359 über der zugehörigen Schallgeschwindigkeit, während das Mittel aus allen acht Werten mit 498 die Schallgeschwindigkeit um 70 m/Skd. übersteigt. Für B dagegen bleibt die kleinste Geschwindigkeit bei Nr. 2 mit 127 m/Skd. um 302 unter der Schallgeschwindigkeit, der grösste Wert bei Nr. 6 und 7 von 548 m/Skd. überschreitet sie um nur 119, und das Mittel aus allen sieben Versuchen ist mit 383 m/Skd. um 46 kleiner als die Schallgeschwindigkeit. An den ausserhalb der Strahlachse untersuchten Stellen scheinen die Geschwindigkeiten angenähert zwischen dieselben Grenzen zu fallen, nur in dem äusseren Mantel werden sie bedeutend kleiner. Wenn nun die ganze Rechnung vollkommen einwandfrei

#### Ausstellung für angewandte Kunst in München 1905.

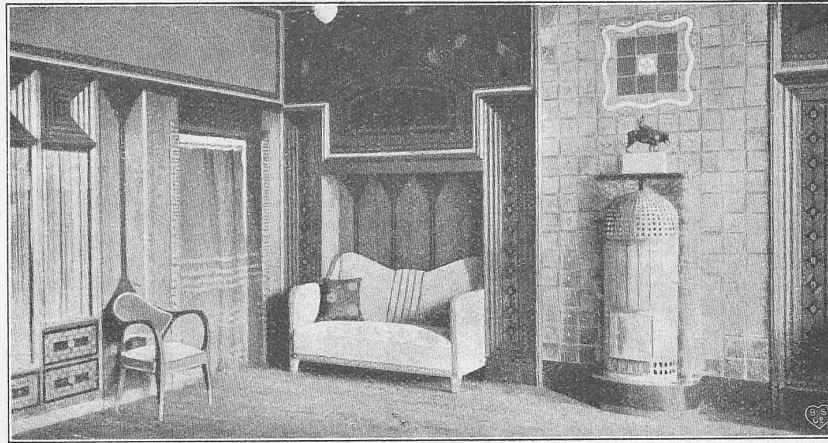


Abb. 4. Musiksaal mit Wandvertäfelung in gebeiztem eingelegetem Eichenholz.

Möbel in Wassereichenholz, Wandfliese von J. J. Scharvogel.

Entworfen von Bruno Paul, ausgeführt v. d. «Vereinig. Werkstätten für Kunst im Handwerk».



durchgeführt wäre, so würden ihre Ergebnisse die Schlussfolgerung von *Parenty* doch im wesentlichen in dem Sinne bestätigen, dass die *mittlere* Geschwindigkeit im eigentlichen Strahle der Schallgeschwindigkeit ziemlich nahe kommen würde.

Nun zeigt aber die Tabelle doch noch einiges Auffallende. Zunächst haben sich die Geschwindigkeiten im Falle A bei dem kleineren Kesseldrucke im Mittel grösser ergeben, als im Falle B bei dem grösseren Kesseldrucke.

Das könnte allerdings vielleicht durch die zufällig andere Verteilung der untersuchten Querschnitte über die Länge des Strahles veranlasst sein, so dass ich auf diesen Widerspruch kein zu grosses Gewicht legen möchte.

Dagegen stehen die dynamischen Pressungen  $p$  mit den Geschwindigkeiten  $w$  nicht überall im richtigen Verhältnis. Bei der Reihe B entsprechen zwar im allgemeinen den kleinern Pressungen die grössern Geschwindigkeiten, wie es erwartet werden muss. Die Reihe A zeigt jedoch stärkere Abweichungen. So wird z. B. für den gleichen Druck von  $p = 79 \text{ cm Hg}$  bei Nr. 2:  $w = 180$ , bei Nr. 7:

$w = 591 \text{ m/Skd.}$

Bei Nr. 6 und 8 entspricht dem kleineren Drucke die kleinere Geschwindigkeit. Ausserdem ändern sich die Pressungen  $p$  überhaupt auffallend wenig gegenüber der grossen Verschiedenheit der Geschwindigkeiten.

Als hauptsächlichste Ursache aller dieser Widersprüche kann ich nur die ansehen, dass bei der Rechnung sowohl der Stosskoeffizient  $\xi$  als auch die Differenzen  $p - p_r$  je konstant angenommen worden sind. Es scheint mir hiernach vielmehr nötig und auch durchaus zulässig, vorzusetzen, dass sich beide Grössen mit den besonderen Verhältnissen ändern. Die Einwirkung des Dampfes auf die Sonden hängt nämlich wesentlich davon ab, wie stark er von ihnen abgelenkt wird. Diese Ablenkung kann vielleicht mit von der Grösse der Geschwindigkeit beeinflusst werden, namentlich aber muss sie unbedingt verschieden ausfallen, je nachdem die Bahnen der Dampfteilchen an der untersuchten Stelle konvergieren, parallel verlaufen oder divergieren. Je stärker der Dampf abgelenkt wird, desto grösser

müssen  $\xi$  und  $p - p_r$  werden. Das hätte dann zur Folge, dass die Rechnung einen kleineren Wert für  $p_a - p$  und nach Gleichung (12) auch für die Geschwindigkeit ergeben würde. Für schwächere Ablenkung tritt das Umgekehrte ein.

Man wird weiterhin annehmen müssen, dass die Ablenkung bei Konvergenz der Bahnen nach der einen, bei Divergenz nach der andern Seite von der Ablenkung abweichen wird, die sich bei Parallelismus ausbildet. Daher müssen die in der Tabelle für Parallelität der Bahnen

berechneten Werte von  $p$  und  $w$  teils zu gross, teils zu klein ausgefallen sein. Wie stark sie aber abweichen, liesse sich nur durch eingehendere Versuche feststellen.

Wenn man die richtigen Korrekturen wüsste und mit ihnen rechnen könnte, so müsste sich hiernach ergeben, dass die dynamischen Pressungen  $p$  stärker schwanken, als in der Tabelle, dass die kleineren noch kleiner, die grössern noch grösser werden. Ihr Mittelwert müsste aber selbstverständlich wieder gleich dem vorigen, also gleich  $76 \text{ cm Hg}$  ausfallen. Die Geschwindigkeiten dagegen würden weniger schwanken, und zwar müsste man erwarten dass die kleineren grösser, die grösseren kleiner werden, und dass daher die für Parallelität der Bahnen vorhin gefundenen Mittelwerte ebenfalls, wenigstens angenähert, Mittelwerte bleiben würden. Dann würden aber die vorigen Schlussfolgerungen im

#### Ausstellung für angewandte Kunst in München 1905.



Abb. 6. Damenzimmer von Bernhard Pankok.

Ausgeführt von den «Vereinigten Werkstätten für Kunst im Handwerk» in München.

wesentlichen doch ihre Geltung beibehalten.

Die Versuche von *Parenty* lassen allerdings noch zu viele Unsicherheiten übrig, um als eine einwandfreie Lösung der Frage angesehen werden zu dürfen. Sie sprechen aber doch mehr für die Schallgeschwindigkeit als mittlere Strömungsgeschwindigkeit und scheinen daher eher eine Bestätigung der Auffassung zu bilden, nach der stehende Wellen in einem solchen Strahl als Beweis dafür angesehen werden, dass in ihm im Mittel die Schallgeschwindigkeit herrscht.

Immerhin lässt sich gegen diese Versuche noch der Einwand erheben, dass der Strahl bei der geringen Grösse des Mündungsdurchmessers durch das Einführen der Sonden vielleicht zu stark in seiner natürlichen Ausbildung gestört worden sei, sodass bei den Versuchen ganz andere Ver-

hältnisse geherrscht haben, als in einem vollkommen sich selbst überlassenen Strahle. Eine sichere Entscheidung liesse sich nur treffen, wenn man die Geschwindigkeiten messen könnte, ohne Sonden oder andere Vorrichtungen in den Strahl einzuführen. Derartige Versuche finden sich aber leider bis jetzt noch nirgends veröffentlicht.

Zürich, Dezember 1905.

## Ueber neuere Fundierungsmethoden mit Betonpfählen.

Von Ingenieur K. E. Hilgard, Prof. am eidg. Polytechnikum in Zürich.

(Fortsetzung.)

Die je nach den Bodenverhältnissen oft sehr förderliche und vorteilhafte Unterstützung des Einrammens von Pfählen durch Einspülung mit Druckwasser ist auch bei diesen Raymond-Pfählen leicht zu bewerkstelligen mittels einer zentralen Durchbohrung von Kern und Hülse am untern Ende zur Aufnahme einer dünnen Röhre für Zuleitung des Druckwassers. Praktische Versuche, die damit in hiefür besonders günstigem Boden angestellt wurden, führten zu der aus der Abbildung 40 ersichtlichen Modifikation des ganzen Verfahrens. Die Hülse besteht hier aus einer Anzahl konischer Rohrstücke von je 2,5 m Länge, die bei gleichem Verjüngungsverhältnis teleskopartig in einander passen und zu einer einzigen langen Rohrhülse ausgezogen werden können, sodass die schliessliche Länge des Pfahles und seiner Umhüllung beliebig der nötigen Rammtiefe angepasst werden kann. Das unterste, engste Rohrstück ist mit einer gusseisernen, schweren, stumpfen Spitze abgeschlossen; durch diese ist ein Gasrohr gesteckt, das nach oben, je nach Bedarf, durch Anfügen weiterer Stücke verlängert werden kann. Durch das Rohr wird, nachdem die Hülse nach Abbildung 40 a anfänglich aufgestellt sind, das Spül- bzw. Druckwasser eingeführt, während das unterste Rohrstück sich selbsttätig immer tiefer einbettet und die folgenden Rohrstücke unter dem Gewicht des sukzessive eingestampften Betons nach sich in die Tiefe zieht. Dieser Prozess eignet sich besonders in lockerem, sandigem Boden, in Trieb-

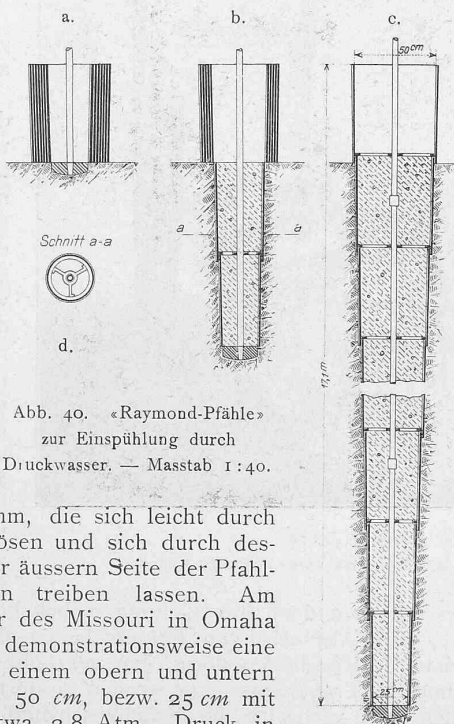


Abb. 40. «Raymond-Pfähle» zur Einspülung durch Druckwasser. — Masstab 1:40.

sand und Schlamm, die sich leicht durch das Spülwasser lösen und sich durch dessen Druck auf der äussern Seite der Pfahlhülse nach oben treiben lassen. Am schlammigen Ufer des Missouri in Omaha (Nebraska) wurde demonstrationsweise eine solche Hülse mit einem obern und untern Durchmesser von 50 cm, bzw. 25 cm mit Wasser unter etwa 2,8 Atm. Druck in kürzester Zeit 22 m tief in den Boden eingespült und ein entsprechend langer, äusserst tragfähiger Betonpfahl hergestellt. Da diese Methode auch in Boden, der mit Wasser bedeckt ist, ebensogut angewendet werden kann, ist die Raymond Co. bereit, zu jeder Zeit in dafür günstigem Boden die Herstellung solcher Betonpfähle von beliebiger Länge bis zu Durchmessern von 1,20 m am Kopf- und 0,60 m am Spitzende zu übernehmen.

Vor kürzerer Zeit ist es in Schenectady (New-York)

dem dortigen Ingenieur Pearson gelungen, unter Zuhilfenahme des Einspülverfahrens, bei der Fundierung einer schweren Bohrmaschine für die dortige „General Electric Co.“ die eiserne Umhüllung für einen massiven Betonzylinder von 2,70 m Durchmesser 4 m tief durch Triebsand hindurch einzuspülen, ohne dass dadurch die geringste Bodenbewegung oder die bei der Anwendung anderer Methoden befürchteten Beschädigungen benachbarter Fundamente anderer wichtiger, bereits im Gebrauch stehender Maschinen und der schweren, das Werkstattgebäude tragenden eisernen Säulen beobachtet worden wären. (Nach „Engineering Record“, Novb. 4, 1905.)

Bei der Anwendung des Einspülverfahrens kann, im Falle dass ein Rammkern, und muss, im Falle dass Teleskop-



Abb. 42 Pfahlspitzen aus mit Streckmetall armiertem Beton.

hülsen verwendet werden, das durch besondere Spreizringe (Abb. 40 d) genau in der Pfahlachse gehaltene Druckwasserrohr im Beton verbleiben. Es bildet dann mit der Hülse eine nicht unwillkommene Armierung des Betonpfahles, die ihm seitliche Widerstandsfähigkeit verleiht und die auch, wenn die Pfähle über die Bodenoberfläche hinausragend etwa im Wasser frei stehen müssen, durch weitere mehr gegen die Peripherie des Querschnittes hin verlegte Eisenstäbe nach Wunsch verstärkt werden kann, da auf eine längere Haltbarkeit der Stahlhülse ja nicht zu rechnen ist.

In noch kürzerer Zeit als der „Raymond“-Pfahl hat seit dem Jahre 1903 der bereits genannte „Simplex“-Betonpfahl ein weitverbreitetes und enorm wachsendes Anwendungsgebiet erobert. Während der erstere seine grosse Tragfähigkeit durch seine starke Verjüngung und sein daher keilartig wirkendes Eindringen in dem mit jedem Schläge der Ramme auf seine ganze Länge mehr und mehr komprimierten Boden erhält, sucht der letztere dieselbe ausser durch eine ähnliche Kompression des umgebenden Bodens besonders auch durch einen innigen Kontakt desselben mit der seitlich in ihn eingequetschten, rauhen Ausenfläche der jeder bleibenden Umhüllung baren, gänzlich freien Betonmasse zu erreichen.

Um den „Simplex“-Pfahl herzustellen, wird ein dem Durchmesser des Pfahles entsprechendes schmiedeisernes Treibrohr, dessen unteres Ende mit einem lose eingesetzten granatenförmigen, gusstählernen Pfahlschuh (Abb. 41 a) abgeschlossen ist, mittels eines armierten eichenen Rammaufsatzes („Jungfer“) so tief in den Boden eingerammt, bis der der gewünschten Tragfähigkeit des Pfahles entsprechende Widerstand erreicht ist. Hierauf wird ungefähr 1 Meter hoch Beton in das Treibrohr über dem unten bleibenden Pfahlschuh eingefüllt und dasselbe sodann unter sukzessivem Einstampfen und Nachfüllen von Beton allmählich wieder in die Höhe gezogen. (Abb. 41 b).

Der Schutz, den die Raymondsche Pfahlhülse gegen jede schädliche Vermischung von Triebsand, Grundwasser oder Erde mit der Betonmasse des Pfahles gewährt, scheint