

Hydrodynamische Darstellungen der E.T.H. an der I.A.B.W. in Basel 1925

Autor(en): **Prášil, Franz**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Schweizerische Bauzeitung**

Band (Jahr): **87/88 (1926)**

Heft 11

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-40954>

Nutzungsbedingungen

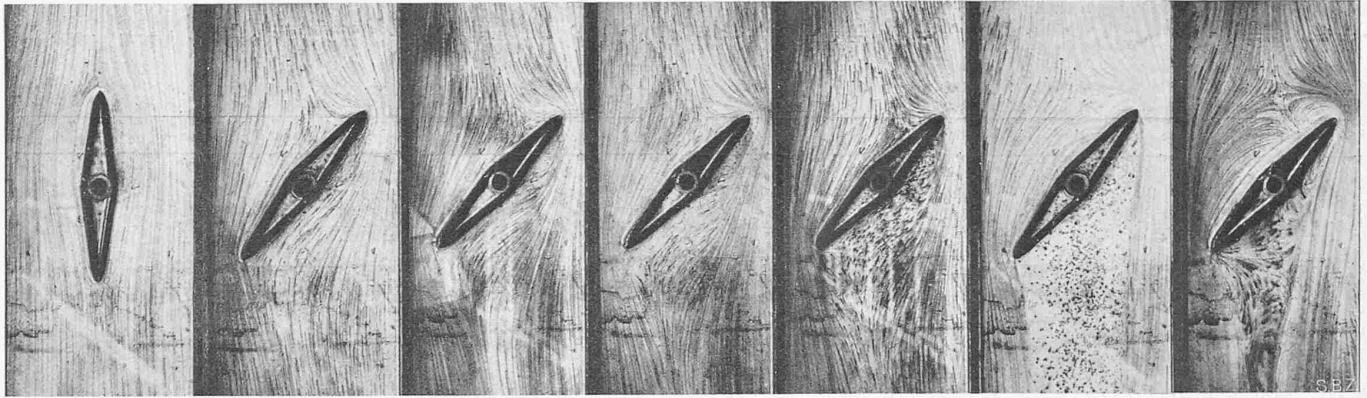
Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

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.



$v = 1,5 \text{ cm/sek}$ $v = 1,5 \text{ cm/sek}$ $v = 2,8 \text{ cm/sek}$ $v = 2,8 \text{ cm/sek}$ $v = 4,0 \text{ cm/sek}$ $v = 6,7 \text{ cm/sek}$ $v = 9,2 \text{ cm/sek}$

Abb. 2. Strömung um eine Drosselklappe bei verschiedenen Fließgeschwindigkeiten des Wassers.

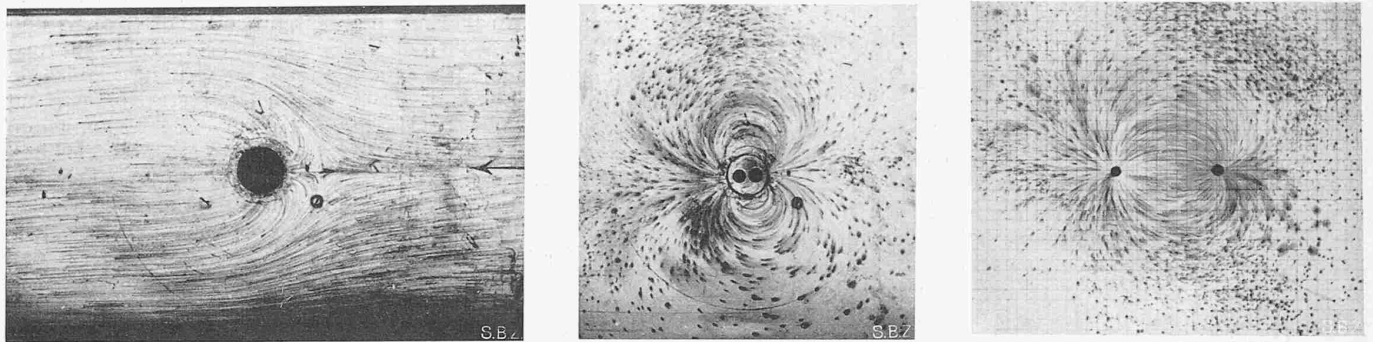


Abb. 1. Bodenströmungen: a Einfache Quelle im Parallelstrom; b Angenäherte Doppelquelle (Quelle, rechts, mit naheliegender Senke); c Quelle (rechts) und Senke (links).

Hydrodynamische Darstellungen der E. T. H. an der I. A. B. W. in Basel 1926.

Von Prof. Dr. FRANZ PRÁŠIL, Zürich.

Die im folgenden wiedergegebenen Strömungsbilder und Turbinencharakteristiken sind unter dem Leitgedanken entstanden, die aus den Gebieten der experimentellen und statistischen Hydrodynamik, gelegentlich der vom Berichterstatter am 2., 3. und 4. Oktober 1923 gehaltenen Vorträge über „Hydrodynamische Versuche und Studien im Maschinenlaboratorium der E. T. H.“, vorgeführten Darstellungen in einem die Erkenntnis der Strömungsvorgänge und Wirkungen in den Kanälen und Räumen von Wasserturbinen fördernden Umfang zu erweitern. Ueber die weitem in Basel ausgestellten Darstellungen soll, im Zusammenhang mit der Ausstellung der übrigen Abteilungen der E. T. H., später berichtet werden.

I. Strömungsbilder.

Ueber die Methodik dieser im Maschinenlaboratorium der E. T. H. in Zürich erfolgten Aufnahmen geben die Referate in der „S. B. Z.“ Band 82, No. 25 (22. Dezember 1923) und Band 83, Nr. 24 (14. Juni 1924) Aufschluss; die in Basel ausgestellten Aufnahmen sind in den hier vorgeführten Abbildungsgruppen 1 bis 12 zusammengestellt.

Die Bilder der Abbildungen 1 und 2 sind durch Einstreuen von Kaliumpermanganat-Körnern in die Strömung erhalten worden, zeigen also Bodenströmungen im offenen Kanal. Die Bilder der Abbildungen 3 bis 6 stellen Strömungen zwischen zwei im Abstand von 0,5 mm liegenden parallelen Wänden mit eingebauten Leitgrenzen dar und sind durch Farbstoffzuführung in Düsen nach dem Verfahren von Hele Shaw angefertigt. Die Abbildungen 7 bis 13 auf den folgenden Seiten zeigen Strömungen im polaren Feld zwischen zwei im Abstand von 30 mm liegenden, parallelen Wänden, und zwar die Abbildungen 7 bis 10 mit Einbau verschieden geformter Leitprofile, die Abbildungen 11 bis 13 ohne Einbauten in den Strömungsraum; sie sind gleichfalls durch Farbstoff-Zuführung mittels Düsen entstanden. Ein Teil solcher Aufnahmen ist mit der in den angeführten Referaten beschriebenen Methode der Darstellung von Zeitkurven¹⁾ durchgeführt. Bei allen Strömungen im polaren Feld mit äusserer Zuführung wurde das Wasser am ganzen Umfang

¹⁾ Im Band 82 ist an erwähnter Stelle auch die Verwendung der Zeitkurven für die Bestimmung der Geschwindigkeits-Verteilung beschrieben.

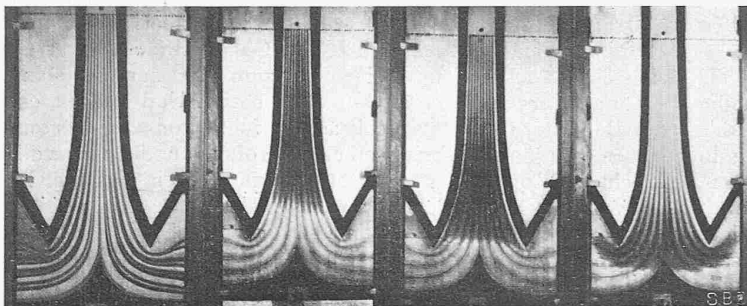


Abb. 3. Laminare Saugrohrströmungen, ohne Zeitkurven.

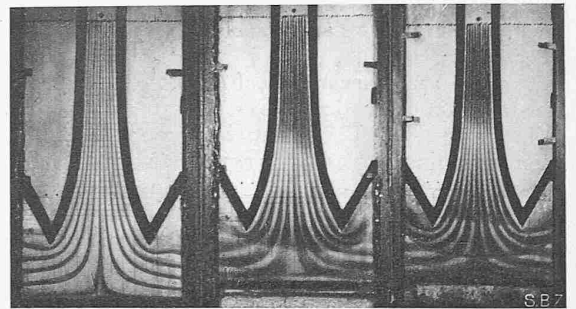


Abb. 4. Laminare Saugrohrströmungen, mit Zeitkurven.

HYDRODYNAMISCHE DARSTELLUNGEN DER E. T. H. AN DER I. A. B. W. IN BASEL 1926.

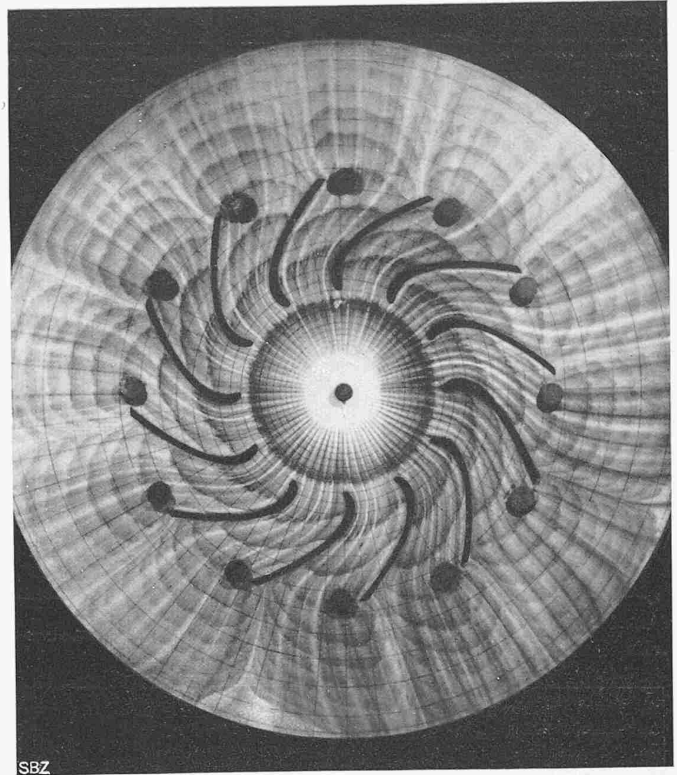
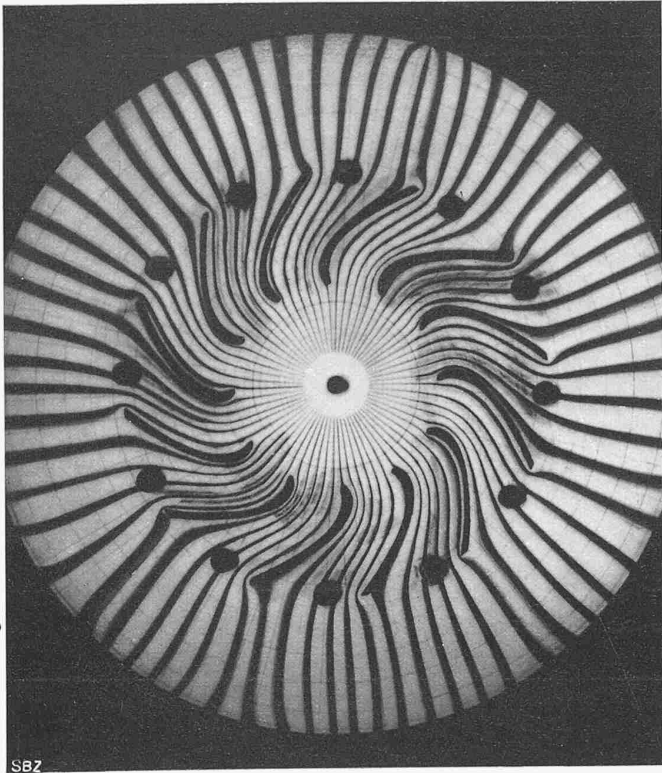


Abb. 5. Laminare Leitradströmungen, links ohne, rechts mit Zeitkurven. — Die schwarzen Punkte am äusseren Umfang des Leitapparates sind in der Glasplatte vorhandene Löcher, die für einen andern Versuch benötigt wurden, für die vorliegenden aber wieder zugemacht worden waren; sie sind somit wegzudenken.

zugeführt, die Farbstoffdüsen hingegen sind nur auf einen Teil des äusseren Umfanges verteilt; bei der laminaren Leitradströmung mit Zuführung von innen (Abb. 5) sind die Düsen auf den ganzen Umfang eines innern Kreises verteilt.

Die Ausbildung des Rankine-Wirbels (Abb. 14) erfolgte durch Zuführung des Wassers über eine in das offene Ende eines zylindrischen Glasgefässes eingesetzte Schraubenfläche. Alle Aufnahmen sind natürlich Momentaufnahmen.

Den auf diese Art erhaltenen Bildern sind folgende Eigenschaften der verschiedenen Strömungen zu entnehmen:

Die in Abbildung 1 dargestellten Bodenströmungen erweisen sich infolge der Stabilität der Stromlinien als laminar, trotzdem die Strömung im offenen Kanal und mit einigen Zentimetern Wassertiefe stattfand; der Bestand dieser Bodenströmung deutet daraufhin, dass die derzeit gebräuchliche Hypothese des Haftens der Flüssigkeit an der Wand zum mindesten einer Modifikation bedarf.

Die Strömungsbilder um eine Drosselklappe (Abb. 2) weisen die Ausbildung von Wirbelsäcken hinter der Drossel-

klappe auf, deren Gebiet sich mit zunehmender Strömungsgeschwindigkeit zuerst vergrössert, dann wieder verkleinert; bei den grössern Geschwindigkeiten zeigen sich eigentümliche Diskontinuitäts-Erscheinungen schon vor der Klappe.

Die laminaren Saugrohr- und Leitradströmungen (Abbildungen 3 bis 5) entsprechen den in den erwähnten Referaten aufgenommenen Schilderungen und Bildern.

Die Strömung im Kanal mit Rechteckprofil (Abb. 6) wurde zur Darstellung der Geschwindigkeitsverteilung bei ebener Parallelströmung mittels Zeitkurven aufgenommen; auch dieser Versuch zeigt am Rand nicht stetige Abnahme der Geschwindigkeit auf Null, also kein Haften.

Die Bilder der Strömungen zwischen Leitradschaukeln (Abbildungen 7 bis 10) sind hinsichtlich Entstehung und Herstellung bereits im erwähnten Bericht in Band 83 beschrieben; die Zeitkurven treten als punktierte Linien in Erscheinung; auf die Ausbildung von Diskontinuitäten an den Blechschaukeln und Fehlen von solchen an den geformten Schaukeln wurde auch schon an der selben Stelle hingewiesen.

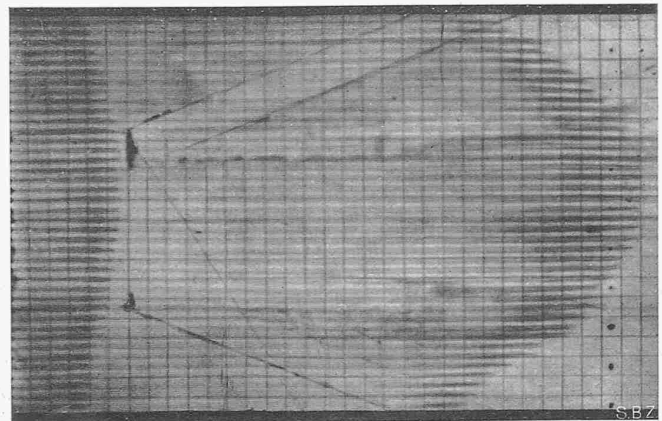
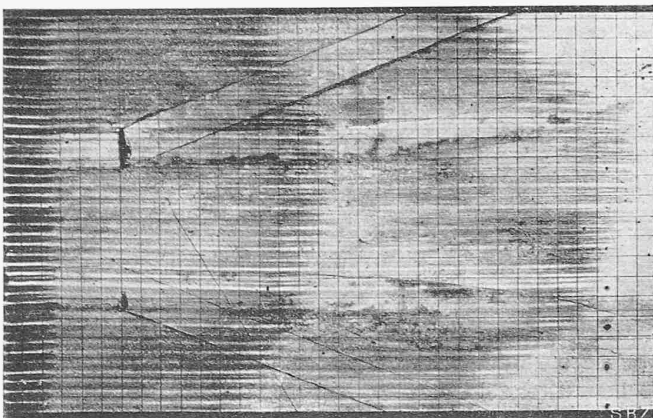


Abb. 6. Strömung im Kanal mit Rechteckprofil, mit Zeitkurven.

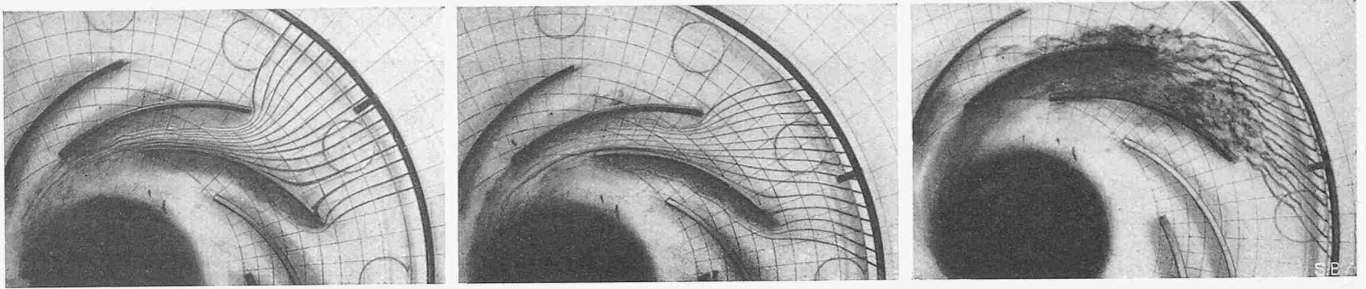


Abb. 7. Strömungen zwischen Leitrad-schaufeln: Schaufeln aus Blech, ohne Zeitkurven. — Farbstoffzuführung bei Abb. 7·bis 10 in mittlerer Höhe.

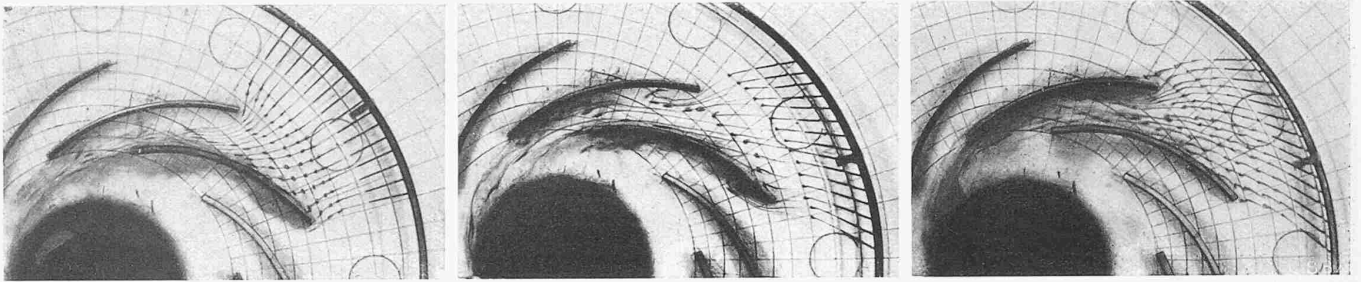


Abb. 8. Strömungen zwischen Leitrad-schaufeln: Schaufeln aus Blech, mit Zeitkurven.

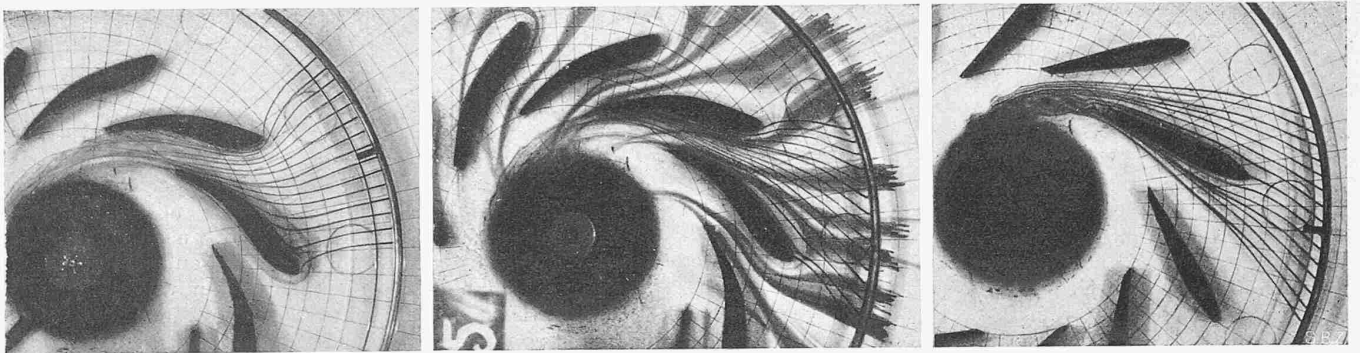


Abb. 9. Strömungen zwischen Leitrad-schaufeln: geformte Schaufeln, ohne Zeitkurven.

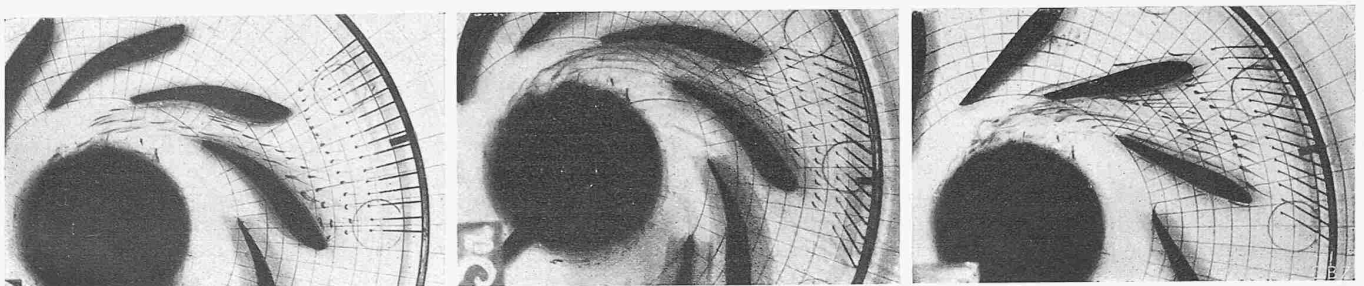


Abb. 10. Strömungen zwischen Leitrad-schaufeln: geformte Schaufeln, mit Zeitkurven.

Von Wichtigkeit ist die im zweiten und dritten Bild der Abbildung 7 sich zeigende Verschiedenheit der Strömungsform bei schräger aber nicht tangentieller Zuführung und bei tangentieller Zuführung; im ersten Fall tritt Diskontinuität ein, indem sich an einer Seite der Schaufel Ablösung und Ausbildung eines Wirbelsackes, hingegen im übrigen Strömungsraum geordnete Strömung einstellt; im zweiten Fall tritt typische Turbulenz im ganzen Strömungsraum ein. Im zweiten Bild der Abbildung 9 sind gleichzeitig die Stromlinien der Bodenströmung und der Strömung in der Mittelebene sichtbar gemacht; man erkennt auch hier, dass die Geschwindigkeit der Bodenströmung nicht gleich Null, und weiter, dass die Geschwindigkeitsverteilung eine dreidimensionale ist.

Besonders interessant erscheinen die Darstellungen über die „Ausbildung der Turbulenz“ (Abbildungen 11 bis 13): die der geradlinigen Parallelströmungen zeigen die typische Ausbildung im geschlossenen Kanal, in dem die Wasserwiderstände am ganzen Umfang des Profils Anlass zur Turbulenzbildung geben; die Darstellungen sowohl der geradlinigen als auch der spiralförmigen Strömung im polaren Feld begründen deutlich die Zulässigkeit der von Lorentz eingeführten Annahme, für die theoretische Beschreibung eine turbulente Strömung als Ueberlagerung einer fortschreitenden Hauptströmung und einer wirbelnden Bewegung zu betrachten. In den vorliegenden Fällen findet die fortschreitende Bewegung trotz Fehlen von Leitschaufeln in den durch die Eintrittsrichtung bestimmten geraden oder spirali-

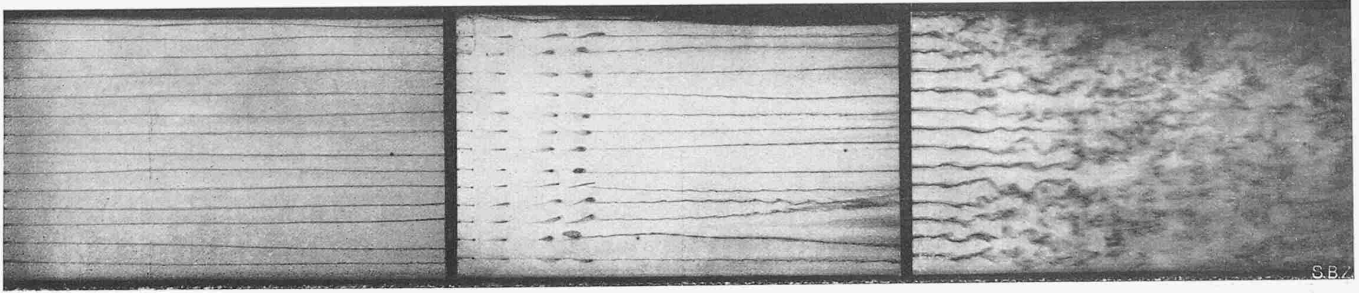


Abb. 11. Ausbildung der Turbulenz bei geradliniger Parallelströmung.

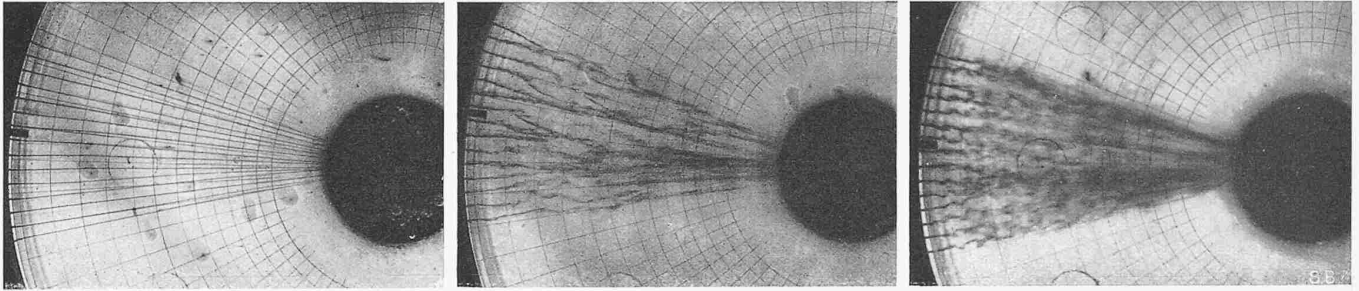


Abb. 12. Ausbildung der Turbulenz bei radialer Strömung im polaren Netz.

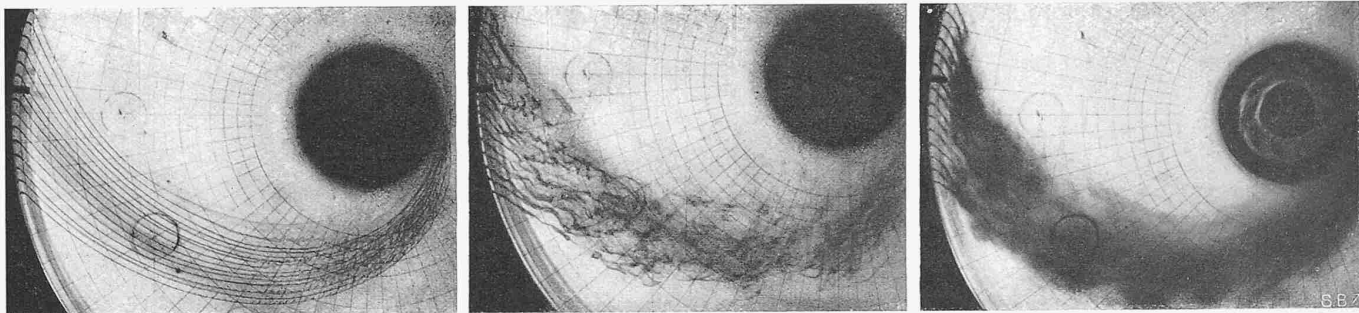


Abb. 13. Ausbildung der Turbulenz bei spiralförmiger Strömung im polaren Netz.

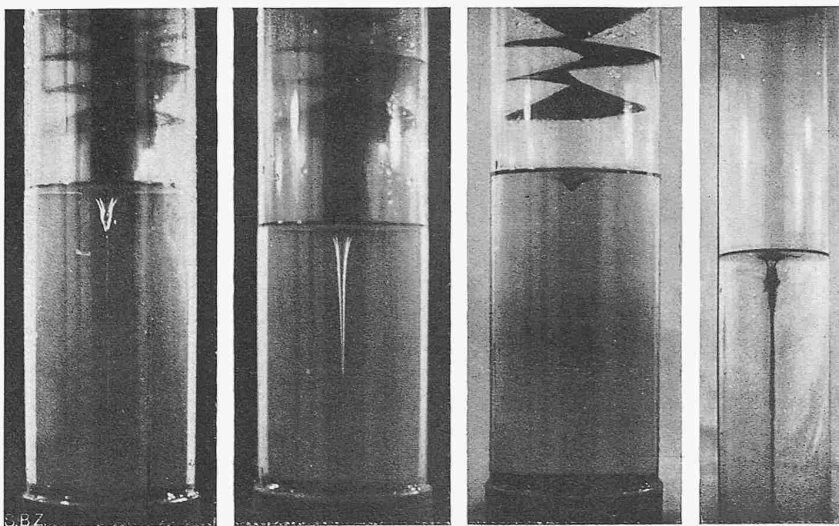


Abb. 14. Ausbildung des Rankine-Wirbels.

gen Form statt und sie wird von den längs der Stromlinien sich bildenden sekundären Wirbeln überlagert; es zeigt sich ferner beim Vergleich mit der Darstellung der turbulenten Strömung zwischen Bleischaufeln bei diesen deutlich der Einfluss der durch die Widerstände an den Leitschaufeln verursachten Turbulenz.

In den Darstellungen des Rankine-Wirbels (Abb. 14) ist die hyperbolische Form der Meridianlinie der freien Oberfläche zu erkennen, und hiermit, dass durch die Einführung des Wassers über die Schraubenfläche eine kreisende Bewegung entsteht, in der das Geschwindigkeitsmoment bis auf die durch innere Widerstände verursachte Abweichungen einen konstanten Wert besitzt; hätte die Flüssigkeit im Zylinder eine kreisende Bewegung mit gleicher Winkel-Geschwindigkeit in allen Teilen, so müsste die freie Oberfläche bekanntlich ein Rotations-Paraboloid sein.

In der im Druck befindlichen und im Verlag von Julius Springer, Berlin, demnächst erscheinenden zweiten Auflage der „Technischen Hydrodynamik“ des Verfassers sind diese und weitere Erscheinungen auch theoretisch untersucht.

Für eine quantitative Verwertung der erhaltenen Ergebnisse müssen die bisher verwendeten Versuchseinrichtungen noch

wesentlich verfeinert und präzise Messeinrichtungen geschaffen werden; nach Erstellung solcher Vervollkommnungen werden sicher manche für die Erkenntnis der beschriebenen und ähnlicher Strömungs Erscheinungen brauchbare Ergebnisse aus dieser Methodik der experimentellen Hydrodynamik erwachsen. (Schluss folgt.)