

WASSERABFLUSS DURCH STOLLEN

UNTERSUCHUNGEN AUS DEM FLUSSBAULABORATORIUM
DER TECHNISCHEN HOCHSCHULE
ZU KARLSRUHE

VON

Dr.-Ing. ERNST SCHLEIERMACHER



DRUCK UND VERLAG VON R. OLDENBOURG
MÜNCHEN UND BERLIN 1928

**Alle Rechte, einschließlich des Übersetzungsrechtes, vorbehalten.
Copyright 1928 by R. Oldenbourg, München und Berlin.**

Vorwort.

Die nachstehende, als Doktorarbeit vorgelegte Abhandlung „Wasserabfluß durch Stollen“ ist während meiner Tätigkeit als Assistent am Flußbaulaboratorium der Technischen Hochschule zu Karlsruhe entstanden. Ich möchte mir daher erlauben, zunächst dem Direktor des Flußbaulaboratoriums, Herrn Geh. Oberbaurat Dr.-Ing. e. h. Rehbock, auch an dieser Stelle meinen besten Dank auszusprechen. Geheimrat Rehbock ermöglichte mir die Ausführung der Arbeit, indem er den Aufbau der Rinnenanlage aus vorhandenem Material, vor allem aber mit den Mitteln des Laboratoriums genehmigte und mir gestattete, in meiner dienstfreien Zeit die notwendigen Versuche anzustellen. Für Zuwendungen von Baumaterial habe ich auch den Herren Professor Dr.-Ing. Probst und Professor Hoepfner zu danken. Die Kosten für die Drucklegung dieser Arbeit wurden zu erheblichem Teil von der Karlsruher Hochschulvereinigung zur Verfügung gestellt, wofür auch hier zu danken ich nicht versäumen möchte. Für wertvolle Ratschläge und Mitteilungen bin ich dem Betriebsleiter am Flußbaulaboratorium, Herrn Regierungsbaurat Dr.-Ing. Böß, und meinem Vater, Geh. Hofrat Dr. Schleiermacher, sowie den Herrn Professoren K. v. Sanden und Spannhake und Herrn Dipl.-Ing. A. J. Keller (Bernische Kraftwerke A.-G.) zu Dank verpflichtet.

Besonderen Dank schulde ich aber den Herren Geheimrat Rehbock als dem Referenten und Professor Spannhake als dem Korreferenten dieser Arbeit für die Übernahme der Referate und die damit verbundene Mühewaltung.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Erster Teil: Die Versuche	1
Der Versuchsplan	1
I. Die Versuchsanlage	2
II. Maßstab und Größenverhältnisse der Modelle	3
III. Genauigkeit der Messungen und Berechnungen	4
1. Grobe Fehler	5
2. Systematische Fehler	5
3. Unvermeidliche Fehler	9
Zweiter Teil: Die Versuchsergebnisse und ihre Auswertung	10
IV. Ermittlung des Geschwindigkeitshöhen-Ausgleichwertes α_u	10
V. Ermittlung der Drucklinie	15
Unterdruck über der Strahleinschnürung	15
Vergrößerung des Unterdruckes bei zunehmender Abflußmenge	19
Wirksame Druckhöhe	19
Vergleich mit dem Ausfluß durch Ansatzröhren	20
Vergleich mit dem Grundausfluß mit Ansatz (Koch)	21
Helmholtzsche Trennungsfläche	24
μ -Werte und Strahlform	26
Einfluß der Fliehkraft auf die Druckhöhe	27
Stetigkeit der Energielinie am Stolleneinlauf	29
Bestätigungen für das Auftreten der Fliehkraftwirkung	30
VI. Der Verlauf der Energielinie	31
Abflußmöglichkeiten durch Stollen	33
Möglicher Verlauf der Energie- und Drucklinie im Druckstollen	38
Die Geschwindigkeitsformel und der Rauigkeitsbeiwert	39
Berechnung des ersten Beispieles	39
Der Grenzfüllwinkel des Kreisquerschnittes	42
Berechnung des zweiten Beispieles	42
Berechnung des dritten Beispieles	47
VII. Das Mitreißen von Luft in den Stollen	53
Zusammenfassung	52
Literaturverzeichnis	54

Erster Teil.

Die Versuche.

Der Versuchsplan.

Baurat Dr.-Ing. Böß machte mich gelegentlich darauf aufmerksam, daß über die ganze Gruppe hydraulischer Fragen, die sich beim Abfluß von wechselnden Wassermengen durch Stollen ergeben, noch kaum Laboratoriumsversuche veröffentlicht worden sind. Da Stollen für den Hydrauliker ja nur Rohrleitungen mit geringem Gefälle und im allgemeinen nicht kreisrundem Querschnitt sind, so sind reine Druckstollen als Druckrohrleitungen wohl ausreichend untersucht. Dagegen sind die Erscheinungen, die sich beim Übergang des Stollens vom Zustande des Freispiegelstollens in denjenigen des Druckstollens ergeben müssen, am Modell noch nicht erforscht worden. Durch Beobachtungen am wirklichen Stollen ist die Arbeit von Dipl.-Ing. A. J. Keller: »Die Versuche am Grundablaßstollen Mühleberg und deren Verarbeitung« [9]¹⁾ entstanden. Und da beim Übergang des Druckstollens in den Freispiegelstollen sich der Wasserspiegel von der Stollendecke löst und eine Belüftung des sich bildenden Zwischenraumes eintreten muß, so ist die Abhandlung von Dr.-Ing. Winkel: »Abhängigkeit der Wasserbewegung in einer Rohrleitung, insbesondere die Abhängigkeit der fließenden Wassermenge von der Höhenlage und der Ausbildung des Einlaufes, d. h. des Mundstückes« [27] für die hier beabsichtigten Untersuchungen von Wichtigkeit.

Es schien mir daher zunächst meine Aufgabe zu sein, die in diesen beiden Arbeiten beschriebenen Abflußvorgänge am Modell zu wiederholen bzw. nachzuprüfen und dann etwa von mir gefundene Neuerscheinungen theoretisch zu untersuchen. Keller verlangt selbst am Schlusse seiner Abhandlung, daß einige Erscheinungen am Stolleneinlauf durch Modellversuche geklärt würden. Gleichzeitig ergab sich die Möglichkeit, durch Versuche an Stollenmodellen von 250 qcm bzw. 295 qcm Querschnitt mit einer Abflußmenge von 15 bis 36 l/s die Übertragbarkeit der von Winkel an Rohren von 9,1 qcm Querschnitt mit einer Abflußmenge von etwa 0,8 l/s bis 1,0 l/s gefundenen Ergebnissen auf die Wirklichkeit zu untersuchen. In dieser Weise ist von Rehbock in Fällen, wo die Anwendung des Ähnlichkeitsgesetzes nicht ohne weiteres erlaubt schien, die Übertragbarkeit der Ergebnisse an Modellen auf die Wirklichkeit bewiesen worden, indem Modelle in den verschiedensten Verkleinerungsmaßstäben untersucht wurden.

Endzweck dieser Versuche über die Möglichkeit des schießenden Abflusses und des Mitreißen von Luft in Stollen war, die hier gefundenen Ergebnisse zur Berechnung der Lage des Wasserspiegels bzw. der Drucklinie im Stollen zu verwerten.

¹⁾ Die in eckigen Klammern beigesetzten Zahlen verweisen auf das am Schlusse angefügte Literaturverzeichnis.